



JE Bohunice
NPP Bohunice

Označenie/: 6-SPR/011
Designation

Vydanie č./: 01
Edition No.

Číslo kópie/:
Copy number

--

6-SPR/011

FINÁLNA SPRÁVA ZO STRES TESTOV EBO3,4 / FINAL STRES TEST REPORT EBO3,4

SCHVAĽOVACÍ LIST / APPROVAL LIST

Funkcia/Position	Meno/Name	Podpis/Signature	Dátum/Date
Spracovateľ/Prepared by			
Funkcia	Meno: Meno:		
Kontroloval/Checked by			
Funkcia:	Meno: ██████████		
Odsúhlasil/Approved by			
Funkcia: Riaditeľ inžinieringu	Meno: ██████████		

OBSAH

ÚVOD	12
1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI	16
1.1. POPIS A CHARAKTERISTIKA LOKALITY	17
1.2. HLAVNÉ CHARAKTERISTIKY KAŽDÉHO JADROVÉHO BLOKU	22
1.3. SYSTÉMY NA ZABEZPEČENIE PLNENIA HLAVNÝCH BEZPEČNOSTNÝCH FUNKCIÍ	27
1.3.1. Riadenie reaktivity	29
1.3.2. Odvod tepla z AZ do UHS.	34
1.3.2.1. Všetky existujúce systémy/ reťazce používané pre odvod tepla z reaktora do UHS v jednotlivých režimoch bloku s odstaveným reaktorom (R3-R6).	34
1.3.2.2. Priestorové rozloženie trás pre prenos tepla: trasy redundantných a diverzných potrubí odvodu tepla a umiestnenie hlavného zariadenia.	35
1.3.2.3. Možné časové obmedzenia pre použiteľnosť odlišných trás odvodu tepla, a možnosti predĺženia času použitím vonkajších zdrojov (napr. Spotrebovanie zásobníkov vody a možnosti na ich doplnenie).	40
1.3.2.4. Zdroje striedavého napájania a batérie, ktoré by mohli poskytnúť potrebné elektrické napájanie každej trasy (napr.: napájanie čerpadiel a armatúr, pre riadenie prevádzky systémov).	46
1.3.2.5. Potreby a metódy chladenia zariadení na odvod tepla z AZ, ktoré patria do určitej trasy odvodu tepla, špeciálny dôraz by mal byť daný na verifikáciu pravdivej diversity alternatívnych trás na odvod tepla (napr. Chladenie vzduchom, chladenie vodou z alternatívnych zdrojov, potenciálne obmedzenia pre poskytnutie príslušného chladiva).	46
1.3.3. Odvod tepla z BSVP do konečného odvodu tepla	48
1.3.3.1. Všetky existujúce prostriedky/ trasy na odvod tepla z BSVP	48
1.3.3.2. Príslušné informácie o rozmiestnení, fyzickej ochrane, časových obmedzeniach pre použitie, o napájacích zdrojoch a požiadavkách na chladenie zariadení pojednaných v bode 1.3.3.	49
1.3.4. Odvod tepla z kontajmentu do UHS	56
1.3.4.1. Všetky existujúce systémy/ reťazce používané pre odvod tepla z kontajmentu do atmosféry	59
1.3.4.2. Príslušné informácie o rozmiestnení, fyzickej ochrane, časových obmedzeniach pre použitie, o napájacích zdrojoch a požiadavkách na chladenie zariadení pojednaných v bode 1.3.4.	60
1.3.5. Striedavé zdroje napájania	60
1.3.5.1. Napájanie zo siete	60
1.3.5.1.1. Informácie o spoľahlivosti napájania zo siete: historické dáta minimálne z výpadkov siete, ich trvanie, počas prevádzky elektrárne	60
1.3.5.1.2. Prepojenie elektrárne s vonkajšou sieťou: prenosové linky a potenciálne zemné trasy s ich pripojovacími bodmi, fyzická ochrana a projektové opatrenia proti vnútorným a vonkajším ohrozeniam.	60
1.3.5.2. Elektrické napájanie vlastnej spotreby	62
1.3.5.2.1. Hlavné káblové trasy a rozvodne	62
1.3.5.2.2. Rozmiestnenie, umiestnenie a fyzická ochrana proti interným a externým ohrozeniam	64
1.3.5.3. Hlavné zdroje záložného napájania	65
1.3.5.3.1. Zdroje napájania vlastnej spotreby ako náhrada pri strate napájania zo siete	65
1.3.5.3.2. Redundancia, separácia redundantných zdrojov (štruktúrami alebo vzdialenosťou) a ich fyzická ochrana proti interným a externým ohrozeniam.	66

1.3.5.3.3.	Časové obmedzenie pre dostupnosť týchto zdrojov a externé opatrenia na predĺženie ich použiteľnosti (napr. objem palivových nádrží)	66
1.3.5.4.	Diverzné záložné zdroje napájania permanentne inštalované na lokalite.	66
1.3.5.4.1.	Všetky diverzné zdroje, ktoré môžu byť použité na rovnakú účel ako hlavné záložné zdroje, alebo pre obmedzenejšie špecializované účely (napr. na odvod tepla z reaktora keď primárny okruh je neporušený, na zabezpečenie prevádzky systémov chrániacich integritu kontajneru po roztavení paliva v AZ).....	66
1.3.5.4.2.	Príslušné informácie o umiestnení, fyzickej ochrane a časových obmedzeniach zariadení pojednaných v bode 1.3.5.3.....	66
1.3.5.5.	Ostatné napájacie zdroje, ktoré sú plánované a udržiavané v pohotovosti ako posledný prostriedok pre prevenciu vážnej havárie ohrozujúcej reaktor alebo bazén vyhoreného paliva.	67
1.3.5.5.1.	Potenciálne použiteľné špeciálne prepojenia s vedľajším blokom alebo susednými elektrárnami.....	67
1.3.5.5.2.	Možnosti pripojenia mobilných napájacích zdrojov pre napájanie konkrétnych bezpečnostných systémov	67
1.3.5.5.3.	Informácie o každom napájacom zdroji: výkon, napätie a ostatné relevantné obmedzenia.....	67
1.3.5.5.4.	Príprava pre uvedenie zdroja do prevádzky: potreba špeciálneho personálu, predpisy a výcvik, potrebný čas na pripojenie, zmluvné zabezpečenie, ak vlastníkom nie je držiteľ licencie, zraniteľnosť zdrojov a pripájacích trás externými ohrozeniami a poveternostnými podmienkami, ako aj opatrenia na ich uvedenie do prevádzky vrátane toho kde sú skladované (oboje v súvislosti.....	67
1.3.6.	Batérie pre jednosmerné napájanie	68
1.3.6.1.	Popis batérií ktoré je možné použiť pre napájanie bezpečnostných spotrebičov: kapacita a čas ich vybitia v jednotlivých prevádzkových situáciách (režimoch)	68
1.3.6.2.	Spotrebiče napájané jednotlivými zostavami batérií: pohony armatúr riadiace systémy, meracie zariadenia a pod....	69
1.3.6.3.	Fyzické umiestnenie batérií a separácia zostáv, ochrana proti vnútorným a vonkajším ohrozeniam.	69
1.3.6.4.	Alternatívne možnosti pre dobíjanie batérií každej zostavy.....	69
1.4.	VÝZNAMNÉ ROZDIELY MEDZI BLOKMI	70
1.5.	ROZSAH A HLAVNÉ VÝSLEDKY PSA L1 A L2.....	71
2.	ZEMETRASENIE	74
2.1.	PROJEKTOVÁ ZÁKLADŇA	75
2.1.1.	Zemetrasenie uvažované v projekte elektrárne	75
2.1.1.1.	Charakteristika projektového zemetrasenia (DBE).....	75
2.1.1.2.	Metodológia použitá na hodnotenie projektového zemetrasenia EBO	75
2.1.1.3.	Závery ohľadne adekvátnosti seizmickej projektovej základne	80
2.1.2.	Opatrenia na ochranu elektrárne proti projektovému zemetraseniu	81
2.1.2.1.	Identifikácia KSK (SSCs), ktoré sú potrebné pre dosiahnutie bezpečného odstavenia.....	81
2.1.2.2.	Hlavné náhradné prevádzkové postupy v prípade závad vyvolaných zemetrasením, ktoré by mohli ohroziť dosiahnutie bezpečného odstaveného stavu.....	83
2.1.2.3.	Ochrana proti nepriamym dôsledkom zemetrasenia	83
2.1.2.3.1.	Hodnotenie potenciálnych zlyhaní ťažkých štruktúr, tlakových zariadení, rotačných zariadení, alebo systémov obsahujúcich veľké množstvo vody ktoré nie sú projektované ako odolné proti DBE a ktoré by mohli ohroziť prenos tepla do konečného recipientu mechanickou interakciou alebo vyvolaním vnútornej záplavy.....	84
2.1.2.3.2.	Strata externého napájania, ktorá by mohla zhoršiť dopad seizmicky vyvolaných interných zlyhaní v JE	85
2.1.2.3.3.	Situácia mimo elektrárne, vrátane ohrozenia dostupnosti JE pre personál alebo zdržanie príchodu personálu alebo zariadenia	85
2.1.2.3.4.	Ostatné nepriame dôsledky (požiar, explózia).....	86
2.1.3.	Súlad so súčasne platnou licenčnou základňou	87

2.1.3.1.	Organizačné procesy u prevádzkovateľa	87
2.1.3.2.	Organizačné procesy u prevádzkovateľa, ktoré zabezpečujú, že mobilné zariadenia a zásoby, ktoré majú byť podľa plánu k dispozícii po zemetrasení, sú trvale udržiavané v stave pohotovosti.....	87
2.1.3.3.	Potenciálne odchýlky od licenčnej bázy a postupy aplikované v podobných situáciách.	87
2.2.	HODNOTENIE BEZPEČNOSTNÝCH REZERV	87
2.2.1.	Rozsah intenzity zemetrasenia, vedúceho k ťažkému poškodeniu paliva	87
2.2.2.	Rozsah intenzity zemetrasenia, vedúceho k strate integrity kontajneru	88
2.2.3.	Zemetrasenie prevyšujúce projektové zemetrasenie a následná záplava prevyšujúca maximálnu projektovú záplavu.	88
2.2.4.	Potenciálna potreba zvýšiť odolnosť elektrárne proti zemetraseniu	88
3.	ZÁPLAVY	89
3.1.	PROJEKTOVÁ ZÁKLADŇA	90
3.1.1.	Záplava uvažovaná v projekte.....	90
3.1.1.1.	Charakteristika projektovej záplavy	90
3.1.1.2.	Metodika použitá na odvodenie projektovej záplavy	90
3.1.1.3.	Záver o dostatočnosti ochrany proti externým záplavám.....	99
3.1.2.	Opatrenia na ochranu elektrárne proti projektovým záplavám	100
3.1.2.1.	Identifikácia SKK, ktoré sú potrebné pre dosiahnutie a udržiavanie bezpečného odstavenia a sú najviac ohrozené pri zvyšovaní hladiny vody	100
3.1.2.2.	Hlavné projektové a konštrukčné opatrenia na prevenciu dopadov záplav na elektrárň	101
3.1.2.3.	Hlavné prevádzkové opatrenia na prevenciu dopadov záplav na elektrárň.....	101
3.1.2.4.	Situácia mimo elektrárne, vrátane zabránenia dostupnosti alebo zdržania prístupu personálu a zariadenia do elektrárne.....	101
3.1.3.	Súlady elektrárne so súčasne platnou licenčnou základňou	102
3.1.3.1.	Organizačné procesy u prevádzkovateľa, ktoré zabezpečujú, že SKK potrebné pre dosiahnutie a udržiavanie bezpečného odstaveného stavu ako aj systémy a štruktúry projektované ako ochrana proti záplavám, sú udržiavané v bezchybnom stave	102
3.1.3.2.	Organizačné procesy u prevádzkovateľa, ktoré zabezpečujú, že mobilné zariadenia a zásoby, ktoré majú byť podľa plánu k dispozícii pri záplavách, sú trvale udržiavané v stave pohotovosti..	102
3.2.	OHODNOTENIE BEZPEČNOSTNÝCH REZERV	103
3.2.1.	Ohodnotenie bezpečnostných rezerv proti záplavám	103
3.2.2.	Potenciálne zvýšenie odolnosti elektrárne proti záplave	105
4.	EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY	106
4.1.	PROJEKTOVÁ ZÁKLADŇA	107
4.1.1.	Prehodnotenie meteorologických podmienok uvažovaných v projekte	107
4.1.1.1.	Overenie meteorologických podmienok, ktoré boli uvažované v projekte SKK: maximálna teplota, minimálna teplota, rôzne typy búrok, prudké dažde, víchrice a pod.	107

4.1.1.2.	Postulovanie špecifikácií pre extrémne poveternostné podmienky, pokiaľ neboli zahrnuté v pôvodnej projektovej základni	112
4.1.1.3.	Zhodnotenie očakávanej frekvencie vzniku extrémnych podmienok uvažovaných v pôvodnom projekte resp. predefinovaných podmienok.....	116
4.1.1.4.	Posúdenie možnosti vzniku kombinácií extrémnych poveternostných podmienok.....	116
4.2.	OHODNOTENIE BEZPEČNOSTNÝCH REZERV	118
4.2.1.	Zhodnotenie bezpečnostných rezerv pri vzniku extrémnych poveternostných podmienok.....	118
4.2.2.	Potenciálna potreba zvýšiť odolnosť elektrárne proti extrémnym poveternostným podmienkam ..	123
5.	STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA	125
5.1.	JADROVÉ REAKTORY	126
5.1.1.	Strata napájania	126
5.1.1.1.	Strata napájania zo siete.....	126
5.1.1.1.1.	Projektové opatrenia v tejto situácii: inštalované záložné zdroje, kapacity a pripravenosť ich prevádzky	126
5.1.1.1.2.	Autonómia zdrojov napájania v elektrárni a opatrenia na predĺženie prevádzky striedavých zdrojov	127
5.1.1.2.	Strata napájania zo siete a strata základných náhradných zdrojov striedavého napájania	127
5.1.1.2.1.	Projektové opatrenia: rôzne inštalované striedavé zdroje a/alebo včasné zabezpečenie ďalších striedavých zdrojov, výkon, pripravenosť uviesť ich do prevádzky.....	127
5.1.1.3.	Strata napájania zo siete a strata základného náhradného zdroja striedavého napájania, strata diverzných zdrojov záložného striedavého napájania	128
5.1.1.3.1.	Kapacita batérií, trvanie a možnosť ich dobíjania v tejto situácii	128
5.1.1.3.2.	Predpokladané činnosti na zriadenie striedavého napájania z mobilného zdroja, alebo špeciálneho zdroja mimo JE	128
5.1.1.3.3.	Kompetencia zmenového personálu realizovať potrebné prepojenia a čas potrebný na tieto činnosti. Čas potrebný pre realizáciu prepojení špecialistami	129
5.1.1.3.4.	Čas k dispozícii pre obnovenie striedavého napájania a obnovenie chladenia pred vznikom poškodenia paliva: uvažovať variantné časové intervaly po odstavení reaktora a stratu normálnych podmienok chladenia AZ (napr. strata vody z primárneho okruhu)	129
5.1.2.	Možné opatrenia pre zvýšenie odolnosti elektrárne v prípade straty elektrického napájania.....	132
5.1.3.	Strata konečného UHS.....	133
5.1.3.1.	Projektové opatrenia na zabránenie straty primárneho konečného recipienta tepla, ako napr. náhradných vpustí morskej vody alebo systémov na zabránenie zablokovania vpustí	133
5.1.3.2.	Strata primárneho UHS (napr. strata prívodu chladiacej vody z rieky, jazera alebo strata hlavných chladiacich veží).....	134
5.1.3.2.1.	Dostupnosť náhradného UHS	135
5.1.3.2.2.	Možné časové obmedzenia pre pohotovosť náhradného UHS a posúdenie možností predĺžiť čas pohotovosti	135
5.1.3.3.	Strata konečného a náhradného UHS.....	136
5.1.3.3.1.	Predpokladané externé akcie na prevenciu degradácie paliva	140
5.1.3.3.2.	Čas k dispozícii pre obnovenie jedného z konečných UHS iniciáciou činností smerujúcich k obnoveniu chladenia pred poškodením paliva: uvažovať situácie s rôznym oneskorením od odstavenia reaktora do straty normálneho režimu odvodu tepla (napr. začiatok straty chladiva z primárneho okruhu).....	140
5.1.3.4.	Strata primárneho konečného UHS kombinovaná s SBO (t.j. strata napájania zo siete a strata havarijných zdrojov striedavého napájania)	141
5.1.3.4.1.	Doba autonómie lokality pred začiatkom úniku vody z primárneho okruhu	141
5.1.3.4.2.	Externé činnosti smerujúce k prevencii poškodenia paliva	141
5.1.4.	Možné opatrenia smerujúce k zvýšeniu odolnosti elektrárne v prípade straty UHS.....	141
5.2.	BAZÉN SKLADOVANIA VYHORENÉHO PALIVA.....	142

5.2.1.	Strata elektrického napájania	142
5.2.2.	Možné opatrenia smerujúce k zvýšeniu odolnosti elektrárne v prípade straty elektrického napájania	143
5.2.3.	Strata konečného UHS	143
5.2.4.	Možné opatrenia smerujúce k zvýšeniu odolnosti elektrárne v prípade straty UHS	145
5.2.5.	Strata primárneho UHS kombinovaná s SBO (t.j. strata napájania zo siete a strata havarijných zdrojov striedavého napájania).	146
5.2.5.1.	Možné opatrenia smerujúce k zvýšeniu odolnosti elektrárne v prípade Straty konečného recipienta tepla kombinovanej s SBO (t.j. strata napájania zo siete a strata havarijných zdrojov striedavého napájania)	146
6.	RIADENIE ŤAŽKÝCH HAVÁRIÍ	147
6.1.	ORGANIZÁCIA A PRAVIDLÁ PRE RIADENIE HAVÁRIÍ ZAVEDENÉ U PREVÁDZKOVATEĽA	148
6.1.1.	Organizácia havarijnej odozvy u prevádzkovateľa	148
6.1.1.2.	Obsadenie zmien a riadenie zmien počas normálnej prevádzky	150
6.1.1.3.	Plány na posilnenie organizácie havarijnej odozvy v lokalite pre riadenie havárií	151
6.1.1.4.	Opatrenia umožňujúce optimálne zásahy personálu	153
6.1.1.5.	Využívanie externej technickej podpory	159
6.1.1.6.	Predpisy, výcvik a cvičenia	160
6.1.2.	Možnosti využívať existujúce zariadenie	161
6.1.2.1.	Opatrenia umožňujúce používať mobilné zariadenia (disponovanie s takýmito zariadeniami, čas potrebný na ich inštaláciu a na ich uvedenie do prevádzky)	161
6.1.2.2.	Opatrenia a riadenie zásob médií (palivo pre DG a pod.)	162
6.1.2.3.	Riadenie rádioaktívnych výpustí, opatrenia na ich obmedzenie	162
6.1.2.4.	Komunikácia a informačné systémy (interné a externé)	163
6.1.3.	Posúdenie faktorov, ktoré by mohli negatívne ovplyvniť AM a príslušné náhradné opatrenia	164
6.1.3.1.	Významná deštrukcia infraštruktúry alebo zaplavenie znemožňujúce dostupnosť	164
6.1.3.2.	Strata komunikačných zariadení/ systémov	165
6.1.3.3.	Negatívny vplyv vysokých lokálnych dávok, rádioaktívnej kontaminácie a deštrukcie niektorých zariadení na vykonateľnosť činností	166
6.1.3.4.	Dopady na dostupnosť a obývateľnosť hlavnej a núdzovej BD, opatrenia na prevenciu alebo riadenie takejto situácie	166
6.1.3.5.	Dopady na rôzne objekty využívané krízovým tímom alebo potrebným pre riadenie havárie	167
6.1.3.6.	Realizovateľnosť a efektívnosť opatrení AM v podmienkach extrémnych externých udalostí (zemetrasenie, záplavy)	167
6.1.3.7.	Neprevádzkyschopnosť zdrojov napájania	167
6.1.3.8.	Potenciálne zlyhania prístrojového vybavenia	167
6.1.3.9.	Potenciálne vplyvy susedných zariadení v lokalite	168
6.1.4.	Možné opatrenia na zlepšenie schopnosti riadenia havárií	168

6.2.	ZACHOVANIE INTEGRITY KONTAJNMENTU PO VZNIKU VÝZNAMNÉHO POŠKODENIA PALIVA V AZ (AŽ DO JEJ ROZTAVENIA)	169
6.2.1.	Prevencia poškodenia/ roztavenia paliva pri vysokom tlaku v PO	169
6.2.1.1.	Projektové opatrenia	169
6.2.1.2.	Prevádzkové opatrenia	169
6.2.2.	Riadenie rizika súvisiaceho s vodíkom v kontajnmemente	170
6.2.2.1.	Projektové opatrenia, vrátane posúdenia dostatočnosti vzhľadom na rýchlosť tvorby vodíka a jeho množstvo	170
6.2.2.2.	Prevádzkové opatrenia	171
6.2.3.	Prevencia vzniku pretlaku v kontajnmemente	171
6.2.3.1.	Projektové opatrenia, vrátane prostriedkov na obmedzenie radiačných únikov, pokiaľ prevencia pretlaku vyžaduje venting plynu/ pary z kontajnmementu	171
6.2.3.2.	Prevádzkové a organizačné opatrenia	172
6.2.4.	Prevencia obnovenia kritického stavu	172
6.2.4.1.	Projektové opatrenia	172
6.2.5.	Prevencia pretavenia základovej dosky	173
6.2.5.1.	Potenciálne projektové riešenia umožňujúce zadržať taveninu v TNR	173
6.2.5.2.	Možné opatrenia umožňujúce chladenie kória vnútri kontajnmementu po zlyhaní TNR	174
6.2.5.3.	Cliff edge efekty v časovom intervale medzi odstavením reaktora a roztavením AZ	175
6.2.6.	Potreba dodávky striedavého elektrického napájania a jednosmerného napájania a tlakového vzduchu pre zariadenia využívané pre ochranu integrity kontajnmementu	175
6.2.6.1.	Projektové opatrenia	175
6.2.7.	Meracia a riadiaca inštrumentácia potrebná pre ochranu integrity kontajnmementu	176
6.2.8.	Možné opatrenia na zvýšenie schopnosti udržiavať integritu kontajnmementu po vzniku ťažkého poškodenia paliva v AZ	177
6.3.	OPATRENIA AM SMERUJÚCE K OBMEDZENIU RA ÚNIKOV	178
6.3.1.	Ra úniky po strate integrity kontajnmementu	178
6.3.1.1.	Projektové opatrenia	178
6.3.2.	Činnosti AM po odhalení vrchných častí palivových kaziet uložených v BSVP	178
6.3.2.1.	Riadenie vodíka	178
6.3.2.2.	Zabezpečenie dostatočného tienenia proti radiácii	179
6.3.2.3.	Obmedzovanie RA únikov po ťažkom poškodení paliva v BSVP	179
6.3.2.4.	Inštrumentácia potrebná pre monitorovanie stavu paliva uloženého v BSVP a pre riadenie havárie v BSVP	179
6.3.2.5.	Dostupnosť a obývateľnosť BD	179
6.3.3.	Možné opatrenia smerujúce k zlepšeniu schopnosti obmedziť RA úniky	179
7.	SUMÁRNE ZHODNOTENIE	181
8.	IDENTIFIKOVANÉ OBLASTI PRE ZLEPŠENIE A PLÁN IMPLEMENTÁCIE NÁPRAVNÝCH OPATRENÍ A ANALÝZ	186

PRÍLOHA 1	191
Tab. 1.2.1- 1: Uvedenie do prevádzky	25
Tab. 4.1.1- 1: MaxiMaximálne a minimálne teploty zaznamenané v TDS	109
Tab. 8.1.1- 1: Kapitola 2 - Zemetrasenie	187
Tab. 8.1.1- 2: Kapitola 3 - Záplavy	187
Tab. 8.1.1- 3: Kapitola 4 – Extrémne meteorologické podmienky	188
Tab. 8.1.1- 4: Kapitola 5 – Strata elektrického napájania a konečného odvodu tepla	189
Tab. 8.1.1- 5: Kapitola 6 – Riadenie ťažkých havárií	190
Tab. 8.1.1- 6: Kvantitatívne reprezentatívne charakteristiky komponentov vo vzťahu k BDB EE:	194
Obr. 1.1.1- 1: Širšie okolie EBO3,4	18
Obr. 1.1.1- 2: Základná mapa závodu	20
Obr. 1.2.1- 1: Technologická schéma EBO3,4	23
Obr. 1.2.1- 2: Schéma elektrického napájania EBO3,4	24
Obr. 1.2.1- 3: Výškové rozmiestnenie BSVP	26
Obr. 1.3.4- 1: Vertikálny rez budovy reaktora	58
Obr. 1.3.5- 1: Začlenenie EBO3,4 do elektrizačnej sústavy Slovenska http://www.sepsas.sk/seps	61
Obr. 1.3.5- 2: Schéma elektrického napájania vlastnej spotreby	64
Obr. 2.1.1- 1: Geologická mapa	79
Obr. 2.1.1- 2: Rozmiestnenie seizmických monitorovacích staníc v okolí EBO a EMO	81
Obr. 2.1.2- 1: Pracovný priestor pre činnosť s vrtuľníkom	86
Obr. 3.1.1- 1: Povodie rieky Váh	91
Obr. 6.1.1- 1: Národná organizácia havarijnej odozvy SR	149
Obr. 6.1.1- 2: Mapa oblasti ohrozenia EBO3,4 s vyznačenými pásmami a evakuačnými trasami	150
Obr. 6.1.1- 3: Štruktúra základnej zmeny EBO3,4	151
Obr. 6.1.1- 4: Havarijná odozva prebieha v dvoch fázach podľa nasledujúcej schémy:	152
Graf 1.5.1- 1: Príspevky iniciačných udalostí k frekvencii poškodenia AZ pre výkonovú prevádzku	72
Graf 1.5.1- 2: Príspevky iniciačných udalostí k frekvencii poškodenia AZ pre odstavený blok na výmenu paliva	73
Graf 2.1.1- 1: Vývoj hodnotenia seizmického ohrozenia lokality EBO vyjadrený graficky	80
Graf 3.1.1- 1: Denné úhrny zrážok za obdobie 3/2010-8/2011 pre Jaslovské Bohunice a Piešťany	94
Graf 3.1.1- 2: Piešťany - ročný priebeh max. denných úhrnov zrážok za obdobie rokov 1976-2010	94
Graf 3.2.1- 1: Predikcia časových rezerv do ohrozenia havarijných čerpadiel záplavou	104
Graf 4.1.1- 1: Denné maximá a minimá teplôt za obdobie 3/2010-8/2011 pre Jaslovské Bohunice a Piešťany	108
Graf 4.1.1- 2: Piešťany - ročný priebeh max. a min. denných teplôt za obdobie rokov 1976-2010	109
Graf 4.1.1- 3: Výška snehovej pokrývky za obdobie 3/2010-8/2011 pre Jaslovské Bohunice a Piešťany ..	110
Graf 4.1.1- 4: Piešťany - ročný priebeh výšky snehovej pokrývky za obdobie rokov 1976-2010	110
Graf 4.1.1- 5: Maximálny ustálený vietor za obdobie 3/2010-8/2011 pre Jaslovské Bohunice a Piešťany ..	111
Graf 4.1.1- 6: Piešťany - ročný priebeh maximálnej ustálenej rýchlosti vetra za deň za obdobie rokov 1976-2010	111
Graf 5.1.1- 1: Priebeh teploty na výstupe AZ počas SBO	130
Graf 5.1.3- 1: Priebeh teploty na výstupe AZ počas straty UHS	138

SKRATKY

AM	Riadenie havárie	HO	Havarijné opatrenia
AZ	Aktívna zóna	HP	Havarijné postupy
BD	Bloková dozorňa	HPP	Havarijné plánovanie a pripravenosť
BPP	Budova pomocných prevádzok	HRS	Havarijné riadiace stredisko
BS	Bezpečnostná správa	HSCHAZ	Havarijný systém chladenia aktívnej zóny
BSVP	Bazén skladovania a vyhorelého paliva	HVB	Hlavný výrobný blok
CČS	Centrálna čerpacia stanica	HZ	Hermetická zóna
CDF	Frekvencia poškodenia aktívnej zóny	IAEA	Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu
CDFM	Metóda pre určenie hraničnej seizmickej odolnosti	INPO	Inštitút prevádzkovateľov jadrových elektrární
CO	Civilná ochrana	IS	Informačné stredisko
CV	Cirkulačná voda	ISM	Integrovaný systém manažérstva
ČS	Čerpacia stanica	IU	Iniciačná udalosť
ČSKAE	Československá komisia pre atómovú energiu	JE	Jadrová elektrárň
ČSN	Československá štátna norma	JZ	Jadrové zariadenie
DG	Diesel generátor	KJ	Kálium jodid
DGS	Diesel generátorová stanica	KO	Kompenzátor objemu
DRK	Dozorňa radiačnej kontroly	KP	Kontrolované pásmo
EBO3,4	Jadrová elektrárň Bohunice 3. a 4. blok	LERF	Veľké skoré úniky rádioaktívnych látok
ESFAS	Prostriedky pre aktiváciu bezpečnostných systémov	LOCA	Havária so stratou chladiva
ESTE	SW Prognostický a klasifikačný nástroj	LPS	Predpisy pre likvidáciu poruchových stavov
FO	Fyzická ochrana	LRKO	Laboratória radiačnej kontroly okolia
GIP	metóda odbornej obhliadkovej inšpekcie za účelom určenia HCLPF	MAAE	Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu
GRS	spektrum odozvy na úrovni terénu	MLVH	Ministerstvo lesného a vodného hospodárstva
HA	Hydroakumulátory	MS	Monitorovacie stredisko
HaZZ	Hasičský a záchranný zbor	MSK64	Stupnica na hodnotenie intenzity zemetrasenia
HCC	Hlavné cirkulačné čerpadlo	MSVP	Medzisklad vyhorelého paliva
HCLPF	hraničná seizmická odolnosť konštrukcie, systému a komponentu v existujúcom stave	MV SR	Ministerstvo vnútra SR
HK	Hlavný kondenzátor	ND	Núdzová dozorňa
HK	Havarijná komisia	NN	Napájacia nádrž
		NRC	Národný úrad pre jadrovú energiu

NT	Nízkotlaký	SHN	Super havarijné napájanie
NV	Napájacia voda	SHNČ	Superhavarijné napájacie čerpadlo
NV	Napájacia voda	SKK	Systémy, konštrukcie a komponenty
OHO	Organizácia havarijnej odozvy	SKR	Systém kontroly a riadenia
OHO EBO3,4	Organizácia havarijnej odozvy na jadrovej elektrárni Bohunice 3. a 4. blok	SLOP	Stredisko logistickej podpory
OPO	Operátor primárneho okruhu	SME	zemetrasenie na hranici seizmickej odolnosti
OSO	Operátor sekundárneho okruhu	SO	Stavebný objekt
OTP	Operatívne technický personál	SOER	Významné prevádzkové hlásenia WANO
PG	Parogenerátor	SORR	Systém ochrany riadenia reaktora
PGA	špičkové zrýchlenie na úrovni terénu	SPSA	Pravdepodobnostné hodnotenie bezpečnosti pre odstavený reaktor
PHP	Predpisy pre havarijnú prevádzku	SSEL	zoznam zariadení pre bezpečné odstavenie bloku po seizmickej udalosti
PIO	Prostriedky individuálnej ochrany	STN	Slovenská technická norma
PO	Primárny okruh	STP	Stredisko technickej podpory
POS	Plant operational state	TDS	Teledozimetrický systém
PSA	Pravdepodobnostné hodnotenie jadrovej bezpečnosti	TNR	Tlaková nádoba reaktora
PSA	Pravdepodobnostné hodnotenie jadrovej bezpečnosti	TPS	Technologický počítačový systém
PSK	Prepúšťacia stanica do kondenzátora	TR	Transformátor
PVKO	Poistný ventil kompenzátora objemu	TSC	Stredisko technickej podpory
PZ	Policačný zbor	TSRT	Technologický systém radiačnej kontroly
RAO	Rádioaktívne odpady	TSÚ RAO	Technológie spracovania a úpravy rádioaktívnych odpadov
RB	Reaktorový blok	TVD	Technická voda dôležitá
RC FO	Riadiace centrum fyzickej ochrany	ÚJD SR	Úrad jadrového dozoru SR
RHR	Odvod zvyškového tepla	UPS	Záložný zdroj
RK	Radiačná kontrola	US NRC	Americký národný úrad pre jadrovú energiu
RLE	kontrolná úroveň zemetrasenia	ÚVZ SR	Úrad verejného zdravotníctva SR
S.O.	Sekundárny okruh	VARVYR	Varovanie a vyznenie
SAM	Ťažké havárie	VE	Vodná elektrárňa
SAMG	Predpisy pre riadenie ťažkých havárii	VHP	Vnútorňý havarijný plán
SBO	Úplná strata napájania vlastnej spotreby, (station black-out)	VCHV	Ventilátorové chladiace veže
SE, a.s.	Slovenské elektrárne	VP	Výmena paliva
SHMÚ	Slovenský hydrometeorologický ústav	VRB	Vedúci reaktorového bloku
		VS	Vlastná spotreba

VT	Vysokotlaký
VUC	Vyšší územný celok
VÚJE	Výskumný ústav jadrových elektrární
WANO	Združenie prevádzkovateľov jadrových elektrární
ZČ	Zdrojový člen
ZHRS	Záložné havarijné a radiace stredisko
ZHÚ	Závodný hasičský útvar
ZI	Zmenový inžinier

ÚVOD

Slovensko je krajina s vyše päťdesiatročnou skúsenosťou z výstavby a prevádzkovania jadrových elektrární. V súčasnosti sú v prevádzke bloky nového typu VVER 440/213, dva v lokalite Jaslovské Bohunice JE V2 a dva v Mochovciach (bloky 1 a 2). V lokalite Mochovce sú vo výstavbe aj dva projektovo vylepšené bloky typu VVER 440/213. Inštalovaný výkon prevádzkovaných blokov VVER/213 je 1952 MWe. Tri slovenské jadrové bloky v lokalite Jaslovské Bohunice sú v procese vyradovania z prevádzky - prvý československý blok A1 prevádzkovaný v rokoch 1972 - 1976 a dva bloky staršieho typu VVER/230, ktoré boli v prevádzke od 1979 – 2008.

Jadrové bloky EBO3,4 boli uvedené do prevádzky v rokoch 1984 a 1985, až do roku 1996 bolo v nich vykonaných viac ako 300 modifikácií hardvéru i softvéru. V roku 1996 sa realizovalo periodické bezpečnostné hodnotenie po 10 rokoch. Jedným z jeho odporúčaní bolo vypracovanie „Bezpečnostného konceptu pre modernizáciu a zvyšovanie jadrovej bezpečnosti pre bloky EBO3,4“ a jeho realizácia.

Základným podkladom pre program zvyšovania bezpečnosti jadrových elektrární EBO a EMO je dokument „Bezpečnostné problémy a ich odstupňovanie JE s reaktormi VVER 440/213“ (Safety Issues and their Ranking for WWER 440/213 NPP) a výsledky posudzovania úrovne bezpečnosti blokov, ktoré vykonali rôzne misie v rokoch 1994 až 1998.

Projekt Program modernizácie a zvyšovania bezpečnosti EBO3,4 (ďalej v skratke MOD V2) bol najvýznamnejším investičným projektom v rámci celých Slovenských elektrární v rokoch 2002 až 2008. Projekt MOD V2 bol zameraný najmä na riešenie bezpečnostných problémov, ale riešil aj zvyšovanie prevádzkovej spoľahlivosti zariadení. Na MOD V2 nadväzoval projekt Zvyšovania výkonu blokov EBO3,4, realizovaný v rokoch 2006 – 2010, v ktorom bolo riešené:

- zvýšenie bezpečnosti
- zlepšenie účinnosti tepelného cyklu
- vyvedenie výkonu
- inovácia systému kontroly a riadenie blokov
- zvýšenie tepelného výkonu reaktorov

Výmenou všetkých hlavných komponentov na sekundárnom okruhu sa dosiahlo zvýšenie výkonu blokov z pôvodných 425 MWe na 506MWe.

V roku 2006 sa realizovalo druhé periodické hodnotenie bezpečnosti. Jedným z odporúčaní bola realizácia opatrení SAM s realizáciou v rokoch 2009 – 2013. Projekt SAM predstavuje najkomplexnejšie riešenie problematiky ťažkých havárií na blokoch VVER.

Jadrové elektrárne V2 boli často cieľom tímov preverovateľov z rôznych medzinárodných organizácií a inštitúcií. Len v rokoch 1991 až 2011 sa v EBO3,4 uskutočnilo 11 medzinárodných misií, z ktorých časť bola venovaná aj oblastiam relevantným z hľadiska tejto správy, napríklad hodnoteniu seizmickej odolnosti:

- V roku 1991 misia MAAE – Safety Review Mission in Relation to the Design of Seismic Upgrading for Jaslovské Bohunice

- V roku 1993 misia MAAE - Site Safety Review Mission to Review the Design Basis Seismic Input for Bohunice and Mochovce NPP Sites.
- V roku 1994 misia MAAE – IAEA Review Mission to Slovakia - Seismic Safety Review for Bohunice and Mochovce NPPs -
- Od roku 1994 až 1998 posudzovali úroveň bezpečnosti ďalšie misie MAAE. Na základe ich hodnotenia vznikol dokument „Bezpečnostné problémy a ich odstupňovanie JE s reaktormi VVER 440/213“ (Safety Issues and their Ranking for NPP WWER 440/213).
- V septembri 1996 sa v EBO3,4 uskutočnila prvá OSART misia - previerka prevádzkovej bezpečnosti - organizovaná Medzinárodnou agentúrou pre atómovú energiu. Preverovanými oblasťami boli manažment a organizácia, výcvik a kvalifikácia personálu, prevádzka, údržba, technická podpora, radiačná ochrana, chémia a havarijné plánovanie a pripravenosť.
- Následná Follow-up OSART previerka sa konala v dňoch 2. – 6. marca 1998, 17 mesiacov po uskutočnení OSART misie.
- V roku 1998 misia MAAE – IAEA Review Mission to Slovakia - Seismic Safety Review for Bohunice NPP. Najdôležitejšou časťou záverečných správ boli záverečné odporúčania pre elimináciu nedostatkov zistených počas pôsobenia členov misie na lokalite.
- V septembri 1999 misia IPERS organizovaná MAAE hodnotila štúdiu PSA 1. úrovne pre nízke výkony a pre odstavený reaktor (SPSA). Potvrdila správnosť použitých postupov hodnotenia. Štúdia slúži ako pilotná pre sovietske projekty VVER-440/V-213 a predstavuje najkomplexnejšie pravdepodobnostné hodnotenie rizika na odstavenom reaktore pre VVER-440.
- Partnerská previerka WANO bola vykonaná v EBO3,4 v októbri 2007. Preverenými oblasťami boli organizácia a riadenie, prevádzka, údržba, technická podpora, využívanie skúseností, radiačná ochrana, chémia, školenie a kvalifikácia. Výsledky previerky boli zhrnuté v záverečnej správe WANO
- Následná partnerská previerka Follow-up Peer Review WANO sa uskutočnila v októbri 2009, 24 mesiacov po uskutočnení partnerskej previerky z roku 2007. Činnosť previerky bola zameraná na kontrolu plnenia nápravných opatrení z misie WANO z roku 2007.
- V novembri 2010 sa v EBO3,4 uskutočnila druhá misia OSART. Preverovanými oblasťami boli manažment a organizácia, prevádzka, údržba, technická podpora, program spätnej väzby, radiačná ochrana, chémia a havarijné plánovanie a pripravenosť. Na špeciálnu požiadavku EBO bola hodnotená aj dlhodobá prevádzka.

Na základe dostupných faktov o havárii v japonskej jadrovej elektrárni Fukushima Dai-ichi v marci 2011 vydali medzinárodné jadrové inštitúcie závery a ponaučenia pre jadrový priemysel a národné jadrové dozory, ktoré sú aplikovateľné pre všetky typy reaktorov. ÚJD SR zadal prevádzkovateľom jadrových zariadení SR vypracovať hodnotenie bezpečnosti v súlade s medzinárodnými dokumentmi vydanými po havárii:

ENSREG: Declaration of ENSREG on 13 March 2011, EU „Stres tests“ specifications
ENSREG Guidelines 17.July 2011

WANO: SOER 2011-2:Poškodenie jadrovej elektrárne Fukušima Dai-ichi spôsobené zemetrasením a tsunami, Marec 2011.

IAEA:	International fact finding expert mission of the Fukushima Dai-ichi NPP accident following the great east Japan earthquake and Tsunami, 16th june 2011
US NRC:	Recommendation for enhancing reactor safety in the 21th century, 12. júl 2011. Identifikovaných 12 oblastí pre zlepšenie. Opatrenia sú adresované jadrovým dozorom USA.
INPO:	IERL1-11-1: Poškodenie jadrovej elektrárne Fukušima Dai-ichi spôsobené zemetrasením a tsunami, 15. marec 2011
INPO:	IERL1-11-2: Atómová elektrárň Fukushima Da-ichi, bazén vyhoretého paliva, strata chladenia a dopĺňania, 25.apríl 2011

Na konci marca 2011 bol menovaný projektový tím, ktorý realizuje aktivity súvisiace s požadovanými hodnoteniami odozvy elektrární na extrémne udalosti na blokoch EBO 3,4, EMO 1,2 a MO 3,4. Výsledky, výstupy na potvrdenie získaných záverov uvedených v tejto správe vyplývajú z inžinierskych analýz, z projektovej dokumentácie, špeciálnych analýz a štúdií vypracovaných externým dodávateľom, z pochôdzkových kontrol po zariadeniach, komponentoch a budovách JE, z vykonaných neštandardných testov a z ostatných dostupných zdrojov informácií. Časť potrebných informácií vzhľadom na neobvyklosť problematiky nebola v SE ani na Slovensku k dispozícii.

Tento dokument predstavuje zhrnutie základných zistení ku dňu 31.10.2011, obsiahnutých v správe vypracovávanej prevádzkovateľom v súlade s listom ÚJD SR zo dňa 15.6.2011 „Záťažové testy“ (číslo 874/2011). Obsah správy je v súlade s obsahom dokumentu ENSREG. Kompletná finálna správa zo stres testov so štúdiami, s doteraz vykonanými analýzami, výsledkami skúšok a obhliadok je dostupná ÚJD SR u držiteľa povolenia na SE a.s.

V kap. 1 tohto dokumentu je uvedený stručný popis lokality, popis jadrovej elektrárne a stručný popis základných konfigurácií umožňujúcich zabezpečovať definované bezpečnostné funkcie. Detailný popis konfigurácií a databázového software je v Kompletnej finálnej správe zo stres testov, dostupnej u prevádzkovateľa SE a.s. Kapitola obsahuje aj základné výsledky pravdepodobnostného hodnotenia bezpečnosti PSA prvej a druhej úrovne.

V kap. 2 tohto dokumentu sú zhrnuté výsledky analýz súvisiacich s hodnotením seizmicity lokality a odozvy JE na seizmickú udalosť v súlade so zadaním ENSREG a UJD SR. Detailný popis použitého postupu pri hodnotení, identifikovaných výsledkov a opatrení je uvedený v Kompletnej finálnej správe zo stres testov, dostupnej u prevádzkovateľa SE a.s.

V kap. 3 tohto dokumentu sú zhrnuté výsledky hodnotenia dôsledkov extrémnych externých záplav a odozvy JE na vzniknuté situácie v súlade so zadaním ENSREG a UJD SR. Detailný popis použitého postupu pri hodnotení, identifikovaných výsledkov a opatrení je uvedený v Kompletnej finálnej správe zo stres testov, dostupnej u prevádzkovateľa SE a.s.

V kap. 4 tohto dokumentu sú uvedené výsledky hodnotenia vplyvu extrémnych meteorologických podmienok na schopnosť udržiavania bezpečnostných funkcií v súlade so zadaním ENSREG a UJD SR. Detailný popis použitého postupu pri hodnotení, identifikovaných výsledkov a opatrení je uvedený v Kompletnej finálnej správe zo stres testov, dostupnej u prevádzkovateľa SE a.s.

V kap. 5 tohto dokumentu sú uvedené rozborov dvoch extrémnych udalostí, a to station black-out a strata konečného odvodu tepla. Tieto udalosti predstavujú z hľadiska dopadu na bezpečnosť limitné prípady a umožňujú hodnotiť robustnosť základného projektu elektrárne. Analýzy sú vypracované v súlade

s požiadavkami a štruktúrou ENSREG. Detailný popis použitého postupu pri hodnotení, identifikovaných výsledkov a opatrení je uvedený v Kompletnej finálnej správe zo stres testov, dostupnej u prevádzkovateľa SE a.s.

V prvej časti kap. 6 je popísaná organizácia havarijnej pripravenosti a havarijnej odozvy, logistika a organizačné zabezpečenie odozvy na havarijné podmienky vyvolané extrémnymi externými podmienkami. V druhej časti kapitoly je popísaný v súčasnosti realizovaný Projekt implementácie SAM na prevádzkovaných blokoch SE, a.s., a základné skupiny modifikácií a rozšírení projektu VVER 213 umožňujúce zvládnutie závažných nadprojektových udalostí a minimalizáciu následkov ťažkých havárií na okolie JE zlepšenou ochranou kontajnementu. Vzhľadom na to, že tento projekt prebieha už od roku 2009 a väčšia časť modifikácií bola už nainštalovaná počas odstávok blokov v súlade s jeho harmonogramom (ukončenie sa predpokladá v r. 2013), v analýzach a hodnoteniach považujeme cieľový stav (t.j. očakávanú a analyticky preukázanú robustnosť riešenia) za východiskový v rámci stres testov. Analýzy sú vypracované v súlade s požiadavkami a štruktúrou ENSREG. Detailný popis použitého postupu pri hodnotení, identifikované výsledky a opatrenia sú uvedené v Kompletnej finálnej správe zo stres testov, dostupnej u prevádzkovateľa SE a.s.

V kap.7 je uvedené sumárne zhodnotenie výsledkov stres testov.

V kap. 8 sú v tabuľkovej forme po oblastiach/ kapitolách uvedené identifikované oblasti pre zlepšenie a rámcový plán implementácie nápravných opatrení, vrátane vykonania doplňujúcich analýz.

V prílohe č.1 správy je uvedený stručný popis metodiky použitej pri stres testoch.

1.VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

1.1. POPIS A CHARAKTERISTIKA LOKALITY

Umiestnenie

EBO3,4 sa nachádza v lokalite Jaslovské Bohunice. Lokalita Jaslovské Bohunice sa nachádza v západnej časti Slovenskej republiky. Súradnice areálu EBO3,4 sú v štátnom súradnicovom systéme jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej S-JTSK:

$$X = 1\,246\,030,170 \text{ m}, Y = 526\,726,490 \text{ m}$$

Zemepisné súradnice v európskom terestrickom referenčnom systéme 1989- ETRS89:

$$B = 48^{\circ}29'47,5258'', L = 17^{\circ}41'35,0420''$$

Pri projektovaní EBO3,4 bola stanovená referenčná výška $\pm 0,000$ m v nadmorskej výške 168,600 m vo výškovom systéme BpV (Balt po vyrovnaní). Referenčná výška sa vzťahuje k okoliu ventilačného komína a hlavného výrobného bloku.

Lokalita EBO Jaslovské Bohunice je umiestnená nad údolím rieky Váh, na úpätí východných výbežkov Malých Karpát situovaných v južnej Podunajskej pahorkatine, zvanej Trnavská pahorkatina. Vo východnej časti tohto údolia prechádza krajinný reliéf do kopcov Považského Inovca, ktorého najvyšší vrch je Považský Inovec (1042 m.n.m.).

Rieka Váh je vzdialená približne 8 km východne od lokality EBO. Výškový rozdiel cca 11m na východe vo vzdialenosti cca 3 km, oddeľuje areál od rovinného a v tejto časti i dostatočne širokého údolia Váhu. Váh dosahuje priemerný prietok cca 150 m³/s v Piešťanoch. Sucho sa prejavuje na celom toku Váhu najcitelnejšie v januári a vo februári. Váh spôsoboval v minulosti mnohé záplavy až do vybudovania systému priehrad a vodných elektrární tzv. Vážskej kaskády. V údolí Váhu sú vystavané dopravné siete, ktoré sú súčasťou hlavného dopravného koridoru Slovenska (diaľnica, cesty 1. triedy, železnica).

Medzi areálom EBO3,4 a riekou Váh ako jeho pravostranný prítok preteká nížinná rieka Dudvák s priemerným prietokom 1,3 m³/s v Siladiciach. Po pravej strane Váhu je vybudovaný Drahovský odpadový kanál z vodnej elektrárne Madunice.

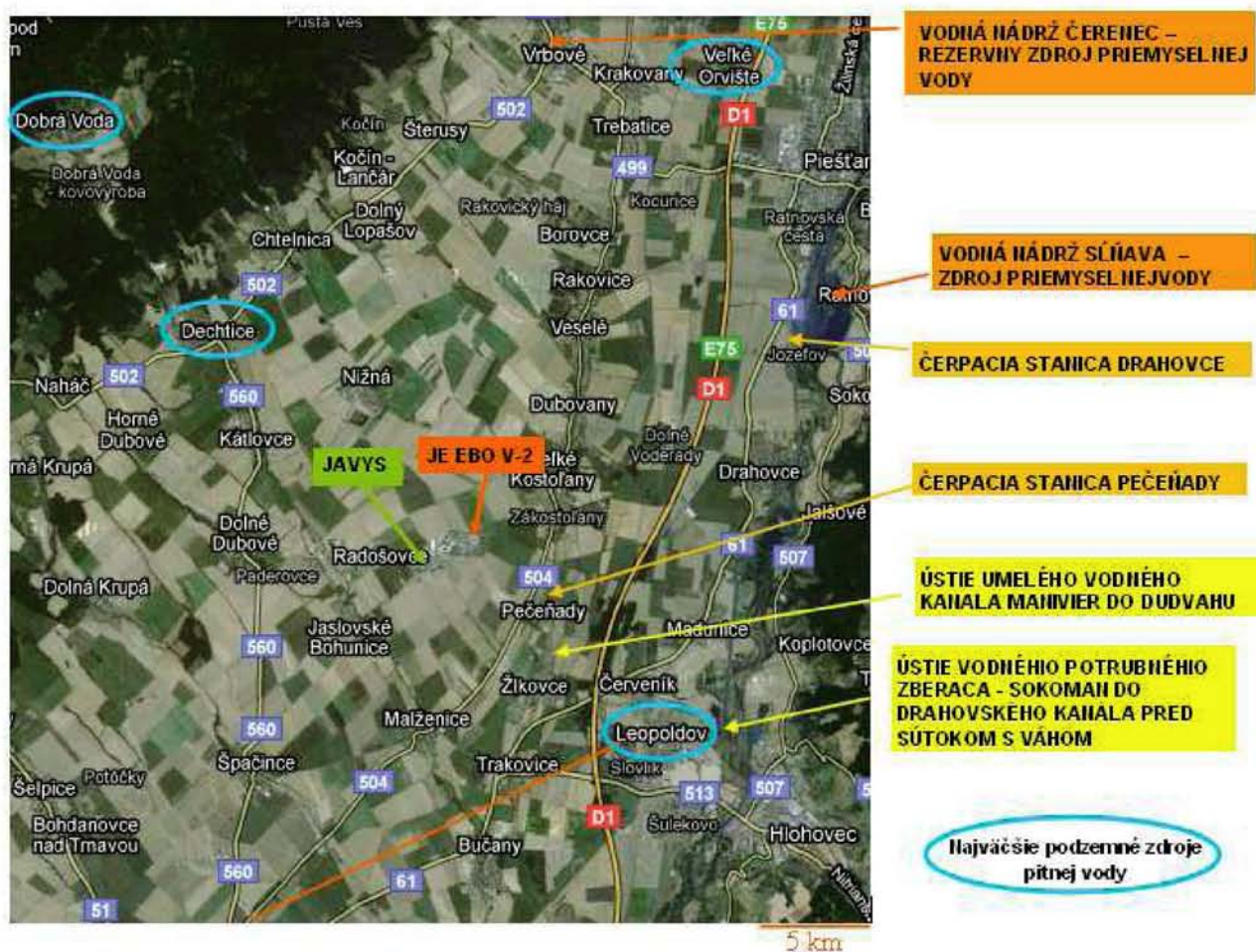
Na rieke Váh sa nachádza umelá vodná nádrž Sĺňava s rozlohou vodnej plochy cca 480 ha. a max. objemom vody 12,3 mil. m³. Zo Sĺňavy je priemyselnou vodou cez čerpaciu stanicu v Pečeňadoch zásobovaná EBO3,4. Odber priemyselnej vody z nádrže Sĺňava je realizovaný štyrmi násoskovými potrubiami do čerpacej stanice Drahovce, odkiaľ voda preteká štyrmi potrubiami gravitačne cez armatúrnú šachtu do sacej jímky čerpacej stanice Pečeňady. Z čerpacej stanice je voda výtlačnými čerpadlami dodávaná cez dva výtlačné rády do objektov chemickej úpravy vody EBO3,4.

Dažďová kanalizácia EBO3,4 zberá zrážkové vody z intravilánu a extravilánu. Vody dažďovej kanalizácie sú odvádzané cez poistné nádrže potrubím dažďového zberača priemeru cca 1,8 do Manivieru. Kanál Manivier má stály prietok a ústí do Dudváhu. Manivierska dolina je zbernicou dažďovej vody z polí okolo EBO3,4.

Všetky odpadové vody z EBO3,4 sa v súčasnosti odvádzajú potrubným zberačom Sokoman cez objekt merania odpadových vôd. Sokoman je zaústený do Drahovského kanálu asi 100 m pred jeho sútokom s Váhom.

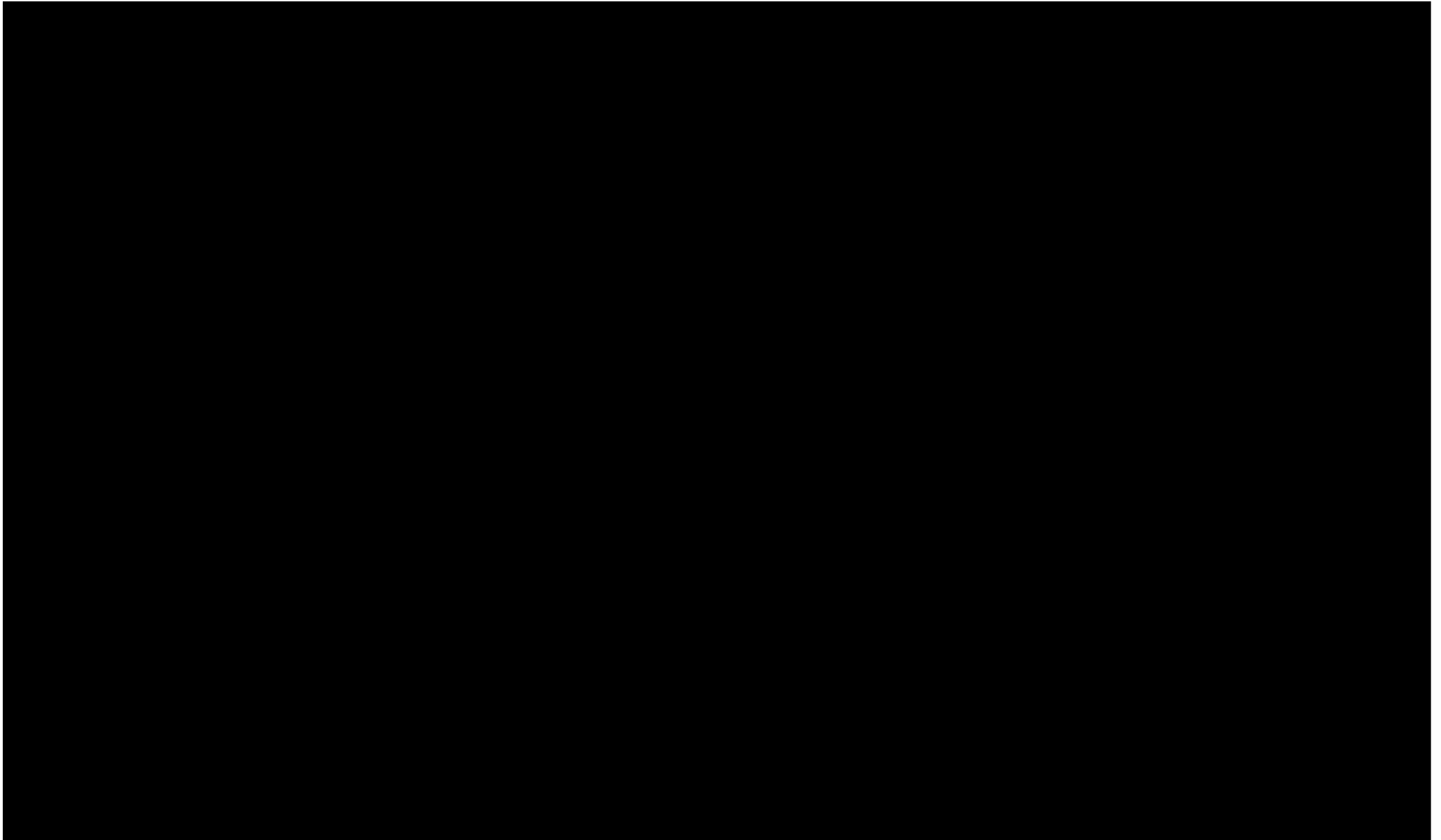
Pitná voda pre EBO3,4 je dodávaná vodárenskou spoločnosťou TAVOS, a.s. Piešťany na základe zmluvného vzťahu z dvoch nezávislých vodných zdrojov, a to Dobrá Voda alebo Veľké Orvište.

1.VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI



Obr. 1.1.1- 1.: Širšie okolie EBO3,4

Lokalita EBO Jaslovské Bohunice sa nachádza na úrovni vrstiev pliocenu (levant). Tieto vrstvy sú vytvorené hlinou a pieskmi so štrkom. Pod týmito vrstvami sa nachádza usporiadanie pentových vrstiev hlinitých s piesočnými a štrkovými oblasťami. Najhlbšie sa nachádza súvrstvie sarmatu a tertenu.





Obr. 1.1.1- 2.: Základná mapa závodu

Počet blokov

V EBO3,4 sú v prevádzke 2 bloky, každý s tlakovodným reaktorom typu VVER 440/213. Bloky boli uvedené do prevádzky v rokoch 1984 a 1985. Každý reaktor má tepelný výkon 1471 MW_t. Elektrický výkon každého bloku je 505 MW.

Držiteľ povolenia

Držiteľom povolenia pre prevádzku EBO3,4 je akciová spoločnosť Slovenské elektrárne a.s., Mlynské nivy 47, 821 09 Bratislava.

Držiteľ povolenia vykonáva na základe Atómového zákona, príslušnej legislatívy, požiadaviek ÚJD SR ako i dobrej medzinárodnej praxe pravidelné periodické hodnotenie bezpečnosti v rámci ktorého sa neustále zvyšuje bezpečnosť blokov.

Aktuálne platné povolenie pre prevádzku 3.a 4. bloku EBO3,4 bolo vydané Rozhodnutím ÚJD SR č. 275/2008 zo dňa 30.10.2008. Platnosť povolenia je 10 rokov.

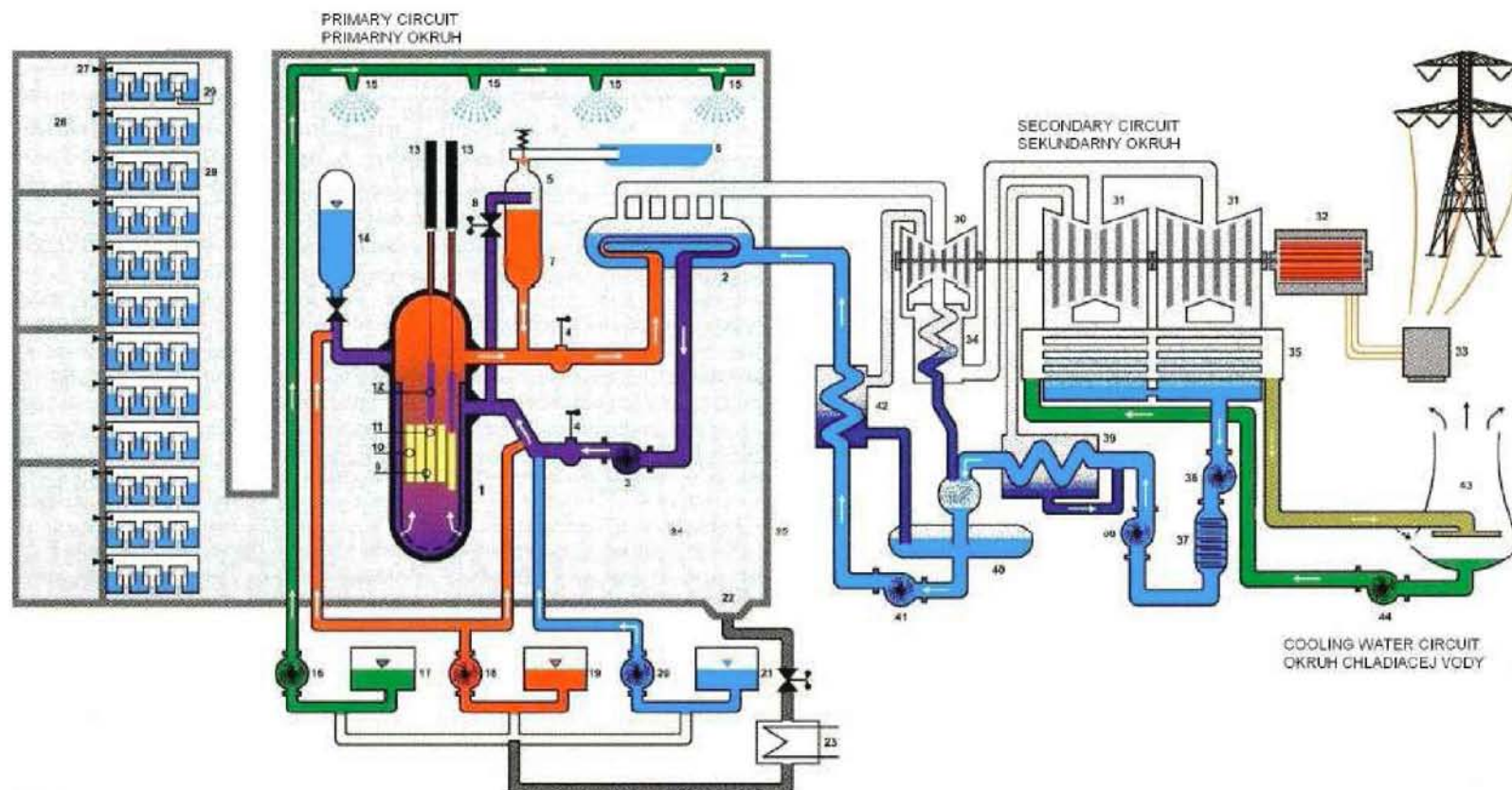
1.2. HLAVNÉ CHARAKTERISTIKY KAŽDÉHO JADROVÉHO BLOKU

Typ reaktora

V EBO3,4 je použitý štandardný projekt jadrovej elektrárne s tlakovodnými reaktormi sovietskej konštrukcie, označovaný ako VVER-440 model V213. EBO3,4 je projektovaná, vybudovaná a prevádzkovaná ako dvojblok. Medzi 3. a 4. blokom EBO3,4 nie sú žiadne bezpečnostne významné rozdiely. Bloky boli v rokoch 2002 až 2008 počas prevádzky významne modernizované a seizmicky z odolnené.

Technologická schéma

Technologická schéma blokov EBO3,4 pozostáva z troch základných okruhov – primárneho, sekundárneho a terciálneho. Technologická schéma JE VVER440/V213 s legendou je na nasledujúcom obrázku.



1 – Reaktor, 2 – Parogenerátor, 3 – Hlavné cirkulačné čerpadlo, 4 – Hlavná uzatváracia armatúra, 5 – Kompenzátor objemu, 6 – Barbotážna nádrž, 7 – Kompenzátor objemu, 8 – Vstreky KO, 9 – Aktivná zóna, 10 – Palivová kazeta, 11 – Automatická regulačná kazeta (ARK), palivová časť, 12 – Automatická regulačná kazeta (ARK), absorpčná časť, 13 – Pohony ARK, 14 – Hydroakumulátory, 15 – Sprchový systém, 16 – Sprchové čerpadlo, 17 – Zásobná nádrž sprchového systému, 18 – Nízkotlakové sprchové čerpadlo, 19 – Zásobná nádrž nízkotlakového havarijného systému, 20 – VT havarijné čerpadlo, 21 – Zásobná nádrž VT havarijného systému, 22 – Sanie z hermetickej zóny, 23 – Chladič sprchového systému, 24 – Kontajment, 25 – Ochranná obálka kontajmentu, 26 – Záchytná komora barbotážnej veže, 27 – Spätná klapka, 28 – Barbotážna veža, 29 – Žľaby barbotážnej veže, 30 – VT diel parnej turbíny, 31 – NT diel parnej turbíny, 32 – Elektrický generátor, 33 – Blokový transformátor, 34 – Separátor a prehrievač pary, 35 – Kondenzátor, 36 – Kondenzátne čerpadlo, 37 – Kondenzátne čerpadlo I°, 38 – Kondenzátne čerpadlo I°, 39 – NT regenerácia, 40 – Napájacia nádrž, 41 – Hlavné elektronapájacie čerpadlo, 42 – VT regenerácia, 43 – Chladiaca veža CV, 44 – Čerpadlá CV

Obr. 1.2.1- 1.: Technologická schéma EBO3,4

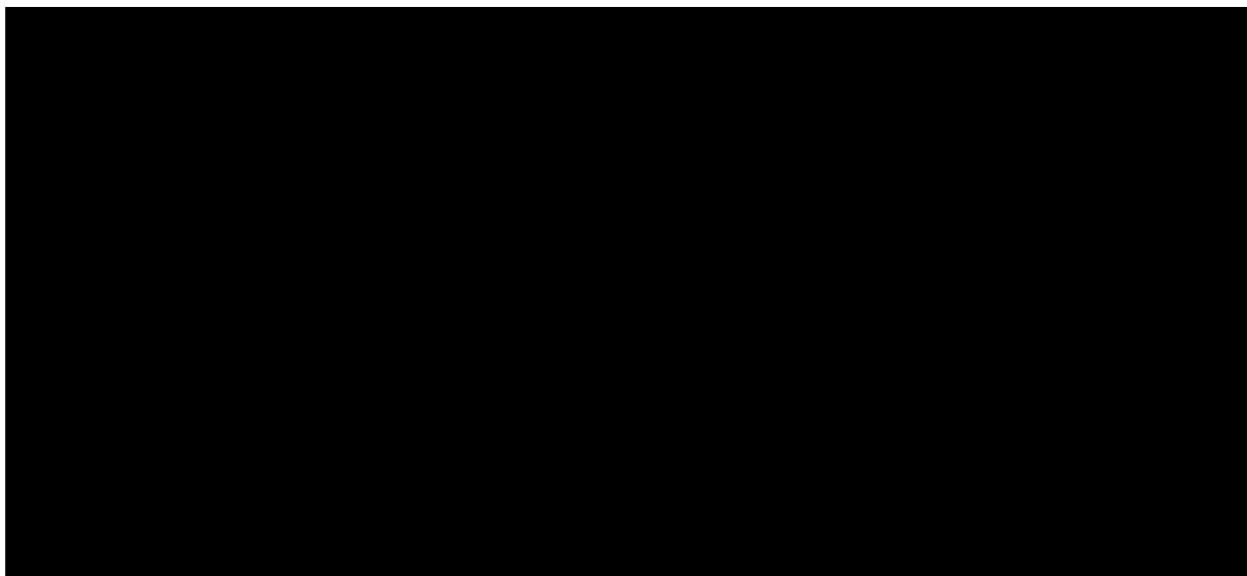
1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

Primárny okruh, rádioaktívny, pozostáva z tlakovodného heterogénneho reaktora typu V-213 a zo šiestich hlavných cirkulačných slučiek. Teplo z aktívnej zóny je odoberané sekundárnym okruhom cez parogenerátory.

Sekundárny okruh je nerádioaktívny, tvorí ho parná strana parogenerátorov, potrubie ostrej pary, hlavný parný kolektor, 2 turbogenerátory s kondenzáciou a regeneráciou s príslušenstvom, napájacie zariadenie, potrubia a pomocné zariadenia strojovne.

Terciálny okruh je nerádioaktívny, tvorí ho strana cirkulačnej vody hlavných kondenzátorov, štyri čerpadlá BQVD, potrubia a pomocné zariadenia a štyri chladiace veže výšky 120 m.

Elektrická energia je vyrábaná v hlavných synchronných generátoroch, ktoré sú na spoločnom hriadeli s turbínou a budiacim generátorom. U každého reaktorového bloku je vyvedenie výkonu do elektrizačnej sústavy zabezpečené cez dve paralelné vetvy, vždy od hlavného generátora cez blokový transformátor s príslušenstvom. Obidve vetvy sa spájajú vo vývodovej rozvodni do jedného 400 kV vedenia.



Obr. 1.2.1-2.: Schéma elektrického napájania EBO3,4

Kontajnement predstavuje poslednú bariéru pred únikom rádioaktívnych produktov štiepenia do okolia JE a jeho funkciou je, aby pri vzniku havarijných podmienok (vrátane maximálnej projektovej havárie), spojených s únikom rádioaktívnych látok a ionizujúceho žiarenia, zabránil únikom do okolia JE.

EBO3,4 má pasívny kontajnement so systémom potlačenia tlaku - barbotážnym kondenzátorom. Barbotážny kondenzátor obmedzuje maximálnu hodnotu tlaku v kontajnmente pri LOCA alebo roztrhnutí parovodu v kontajnmente kondenzáciou expandujúceho chladiva. Pasívnosť kontajnementu spočíva v tom, že nie je nutná prevádzka aktívneho systému na zabránenie neprípustného zvýšenia tlaku pri havárii.

Vo vnútri kontajnementu sú umiestnené všetky hlavné zariadenia PO (reaktor, PG, KO, HCČ). Odvod tepla z kontajnementu v pohavarijných stavoch je zabezpečený aktívnym sprchovým systémom kontajnementu recirkuláciou chladiva z podlahy kontajnementu cez chladič HSCHAZ.

Tepelný výkon reaktora

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

Pôvodný projektový tepelný výkon každého reaktora bol 1 375 MW a elektrický výkon na blok dosahoval 440 MW.

Realizáciou „Programu modernizácie a zvyšovania bezpečnosti JE V2“ boli vytvorené podmienky pre zvýšenie nominálneho výkonu blokov JE V2. Na základe dôsledného prehodnotenia bezpečnostných a kapacitných rezerv jednotlivých systémov JE V2 a na základe skúseností z realizácie na JE Dukovany boli navrhnuté opatrenia, ktoré umožnili zvýšenie nominálneho výkonu reaktorov na hodnotu 107% pôvodného nominálneho výkonu, t.j. z hodnoty 1375 MWt na hodnotu 1471,25 MWt.

Dosiahnutie prvého kritického stavu

Tab. 1.2.1- 1.: Uvedenie do prevádzky

EBO3,4	Dosiahnutie prvého kritického stavu	Prvé fázovanie na sieť	Komerčná prevádzka bloku
3. blok	7.8.1984	20.8.1984	14.2.1985
4. blok	2.8.1985	9.8.1985	18.12.1985

Zariadenie na skladovanie vyhoretého jadrového paliva

Vyhoreté jadrové palivo sa po ukončení jeho energetického využitia vyvezie z reaktora a umiestni v bazéne skladovania, ktorý sa nachádza v blízkosti reaktora. Pre každý reaktor je samostatný bazén skladovania. V bazéne skladovania zotrvá vyhorené jadrové palivo cca 4-7 rokov. Vyhoreté jadrové palivo je v bazéne skladované vo zvislej polohe v kompaktnej trojuholníkovej mreži v skladovacích roštach, ktoré umožňuje dobrú cirkuláciu chladiaceho média. Krok rozmiestnenia paliva je 225 mm.

Dolný rošt (pracovný) je nevyberateľný, horný rošt (rezervný) je vyberateľný a spoločný pre obidva bloky. Pracovné a rezervné rošty v BS sú dvojvrstvé. VJP je skladované v spodnej časti BS. Základná mreža pre všetky obidva bloky EBO3,4 má kapacitu 319 miest pre vyhoreté palivové kazety a 60 hermetických puzdier pre netesné palivo (t.j. cca 1 závažka). Na 4.bloku je jedna pozícia dolného roštu (85-106) nepoužiteľná. Základná mreža (dolný rošt) má kapacitu 319 miest pre vyhoreté palivové kazety a 60 hermetických puzdier pre netesné palivo (t.j. cca 1 závažka).

Pre prípad krátkodobého uskladnenia palivových kaziet vyvezených z reaktora pri revíziách alebo opravách vnútorných častí reaktora sa používa rezervná skladovacia mreža. Umiestňuje sa nad kompaktnú mrežu a jej kapacita je 296 palivových kaziet a 54 hermetických puzdier. Nad skladovacím bazénom s vyhoretým jadrovým palivom musí byť umiestnené prekrytie, ktoré sa sníma len v dobe výmeny paliva a odvozu do Medziskladu vyhoretého paliva.

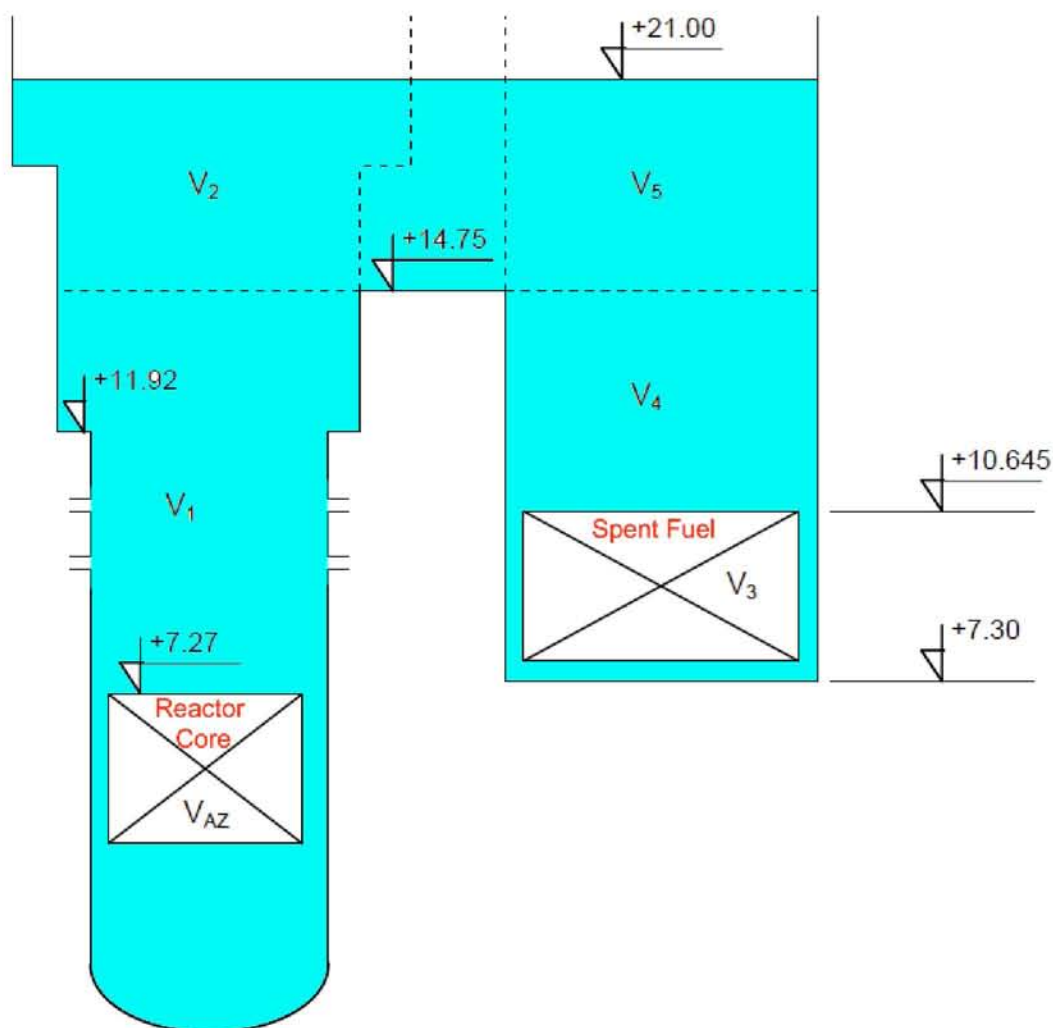
Konštrukcia hermetického puzdra zabezpečuje spoľahlivú izoláciu plyných produktov štiepenia unikajúcich porušeným pokrytím palivovej kazety, odvod zvyškového tepla, bezpečný transport a manipuláciu s palivovou kazetou, dlhodobé skladovanie VJP s poškodeným pokrytím.

V bazéne skladovania sa v súčasnosti nachádzajú 2 typy použitého paliva, a to palivo tzv. 1.generácie (t.j. profilované palivo so stredným obohatením 3,82 % U235 pre palivové kazety aj kazety HRK) a palivo tzv. 2.generácie typu Gd-II (t.j. profilované palivo so stredným obohatením 4,25% U235 a obsahom 3,35 % Gd2O3 v šiestich prútikoch pre palivové kazety, a so stredným obohatením 3,84 % U235 a obsahom 3,35 % Gd2O3 v šiestich prútikoch pre kazety HRK).

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

V súčasnom období sa v reaktore počas odstávky na výmenu paliva vymieňa v priemere 72-78 kaziet .

Chladiacim médiom je roztok kyseliny boritej. Bazén skladu je zaplnený roztokom kyseliny boritej do úrovne + 14,45 m. Počas výmeny paliva je bazén skladovania prepojený s bazénom výmeny a zaplnený do úrovne +21,0 m. Minimálna koncentrácia kyseliny boritej vyplýva z neutrónovo-fyzikálnych charakteristík paliva.



Obr. 1.2.1-3.: Výškové rozmiestnenie BSVP

Dlhodobé skladovanie vyhoretého jadrového paliva (40-50 rokov po jeho využití v reaktore) je v Medzisklade vyhoretého paliva v lokalite EBO Jaslovské Bohunice (MSVP, JAVYS,a.s.).

1.3. SYSTÉMY NA ZABEZPEČENIE PLNENIA HLAVNÝCH BEZPEČNOSTNÝCH FUNKCIÍ

Systematické zhodnotenie odozvy JE na BDB EE a ich prípadné kombinácie, s dôrazom na dlhodobý vývoj podmienok na JE a na identifikáciu „cliff-edge“ efektov pri zabezpečovaní dôležitých podporných funkcií (jednosmerné a striedavé napájanie, chladenie TVD,...) a cez ne samotných bezpečnostných funkcií prekračuje možnosti informačných zdrojov, ktoré sú v súčasnosti k dispozícii (PP, BS, PSA L1- L2, špecifické bezpečnostné analýzy na podporu EOP/SAMG,...). V dostupných analýzach pre hodnotenie OdH na prechode medzi 3. úrovňou na a 4. úrovni v rôznom rozsahu uvažujú nielen systémy bezpečnostné ale aj systémy normálnej prevádzky. Z hľadiska dopadu externých udalostí na pohotovosť systémov sa doposiaľ uvažovali udalosti iba v rozsahu DB a aj kvalifikácia komponentov z hľadiska externých udalostí sa hodnotila iba pre rozsah DB EE. Z tohto dôvodu v súčasnosti chýbajú informácie o odozve JE na BDB EE a aj na interné iniciačné udalosti vyvolané BDB EE, ak pohotovosť a prevádzkyschopnosť komponentov a systémov, predstavujúcich v analýzach bezpečnosti počiatočné a okrajové podmienky, je narušená ako následok BDB EE.

Z tohto dôvodu Stres testom, definovaným ako hodnotenie zraniteľnosti JE (resp. zraniteľnosti vybraných bezpečnostných funkcií) pri BDB EE, musí predchádzať systematické posúdenie zraniteľnosti kľúčových komponentov systémov normálnej prevádzky a bezpečnostných systémov zabezpečujúcich plnenie kritických bezpečnostných funkcií v priebehu udalosti iniciovanej hypotetickou BDB EE. Túto analýzu je potrebné vykonať pre všetky prevádzkové režimy bloku. Strata prevádzkyschopnosti kľúčových komponentov sa totiž premietne do straty prevádzkyschopnosti príslušného systému, majúce za následok zníženie stupňa zálohovania, alebo definitívnu stratu, schopnosti zabezpečovať plnenie niektorej z kritických bezpečnostných funkcií. Je potrebné zdôrazniť, že ak sa na 3. a 4. úrovni OdH uvažujú systémy normálnej prevádzky a aj bezpečnostné systémy, je počiatočná redundancia zabezpečenia bezpečnostných funkcií relatívne vysoká, ako je možné vidieť z predpisov pre normálnu prevádzku a predovšetkým z EOP.

Prevod hodnotenia zraniteľnosti kritických bezpečnostných funkcií u JE ako celku na hodnotenie zraniteľnosti vybraných komponentov, systémov a konštrukcií (SKK) je identický iba vtedy, ak BDB EE alebo ich kombinácia nevyvolá ako závislé zlyhanie internú udalosť, majúcu vlastný vývoj. V takomto prípade by bolo potrebné hodnotenie vývoja udalosti rozšíriť o hodnotenie zabezpečenia ďalších bezpečnostných funkcií.

Napríklad pri silne nadprojektovom zemetrasení môže byť nielen ovplyvnená/stratená prevádzkyschopnosť systémov pre odvod tepla z AZ/BSVP a systémov potrebných pre riadenie podkritičnosti, ale môže vzniknúť aj následná netesnosť PO/BSVP ako porucha vyvolaná iniciačnou udalosťou. V takomto prípade by bolo nevyhnutné skúmať aj ďalšie aspekty ovplyvňujúce bezpečnosť AZ, kontajmentu a paliva v BSVP, minimálne napríklad schopnosť zabezpečovať kritickú bezpečnostnú funkciu Riadenie inventáru chladiva. Takéto komplexné hodnotenie však nie je možné vykonať inžinierskou úvahou na základe dostupných informácií, ale sú nevyhnutné náročné bezpečnostné analýzy.

Z uvedených dôvodov hodnotenia v rámci stres testov nezahrňujú možnosť vzniku vyvolaných interných udalostí v dôsledku BDB EE alebo kombinácie. Jediným uvažovaným mechanizmom ohrozenia bezpečnostných funkcií sú straty prevádzkyschopnosti systémov, ktoré ich zabezpečujú. Z hľadiska fenomenologického vývoja udalosti sa teda jedná o udalosť typu Tranzient, t.j. udalosť s narušením odvodu tepla a udalosť „strata podkritičnosti/sekundárna

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

kritičnosť“. Kľúčové komponenty/systémy/ konštrukcie sú ovplyvnené priamo (napr. zlyhanie v dôsledku zaplavenia) alebo nepriamo (napr. stratou napájania alebo iných podporných funkcií).

Súčasná architektúra PSA štúdií JE V2 a EMO12, predovšetkým rozsah zahrnutia systémov normálnej prevádzky, neumožňuje ich využitie pre identifikáciu VŠETKÝCH REDUNDANTNÝCH kombinácií SKK, umožňujúcich zabezpečovanie uvažovaných bezpečnostných funkcií aspoň krátkodobo alebo dočasne. Preto musia byť analýzy v rámci Stres testov založené na deterministickej základni.

Pre potreby vypracovania tejto správy bol použitý metodický prístup založený na tvorbe konfigurácií HW elektrárne, z ktorých každá je schopná zabezpečiť minimálne jednu hlavnú bezpečnostnú funkciu:

- Riadenie podkritičnosti AZ a BSVP
- Odvod tepla z AZ
- Odvod tepla z BSVP
- Odvod tepla z kontajneru

Pre každú z hlavných BF boli na základe predpisov pre normálnu prevádzku, BS (obsahujúcej udalosti v rozsahu DB riešené konzervatívne činnosťou bezpečnostných systémov – OdH na 3. úrovni) a EOPs (udalosti DB abdba riešené realisticky OdH na prechode 3. a 4. úrovni) definované principiálne možnosti ich zabezpečenia konkrétnym systémom zariadení elektrárne alebo spoluprácou niekoľkých systémov. Následne boli tieto možnosti ďalej skupiny, podrobne rozpracované až na úroveň minimálnych konfigurácií. Vzhľadom na to, že implementácia SAMG nie je ukončená, nie sú pre účely tejto štúdie identifikované konfigurácie na 4. úrovni OdH. Dopady na riadenie ťažkých havárií musia byť pojednané samostatne.

Minimálna konfigurácia vždy predstavuje jednu konkrétnu a minimálnu množinu zariadení schopných zabezpečiť minimálne jednu BF, napr. je reprezentovaná:

- zásobná nádrž s chladivom
- čerpadlo
- minimálna množina armatúr potrebná na nastavenie chladiacej trasy (prietochné a izolačné armatúry)
- chladič
- pomocné systémy (olej, chladenie,...).

Každé zo zariadení má ako svoje atribúty zadané parametre relevantné z pohľadu požiadaviek zadania tejto správy. Sú to napríklad:

- umiestnenie v budove a v miestnosti
- rozvádzač elektrického napájania
- seizmická odolnosť voči záplave
- odolnosť voči extrémnym poveternostným vplyvom

Keďže uvedené parametre sú definované aj pre stavebné objekty a rozvádzače, potom je možné vytvoriť komplexnú databázu a za jej využitia hodnotiť odozvu elektrárne na analyzovanú IU. V nasledovných kapitolách budú detailne popísané jednotlivé rodiny konfigurácií pre každú zo zabezpečovaných BF.

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

V ďalšom budeme používať pojem Režim, pod ktorým budeme rozumieť konkrétny stav reaktorového bloku definovaný výkonom reaktora, tlakom, strednou teplotou chladiva PO. Režimy pre bloky VVER-440/V213 uvažované v tejto správe sú v súlade s predpismi 3,4-LAP-001.

1.3.1. Riadenie reaktivity

REAKTOR

Krok palivovej mreže zabezpečuje samoregulačné vlastnosti aktívnej zóny pri práci na ľubovoľnom výkone v dôsledku záporných spätných väzieb od výkonu a teploty moderátora a paliva (koeficienty reaktivity od výkonu a teploty sú záporné).

Vďaka relatívne malým rozmerom aktívnej zóny je táto stabilná voči radiálnemu a axiálnemu kolísaniu rozloženia výkonu pri prechodových procesoch od xenónu.

V navrhovaných palivových cykloch je celková zásoba reaktivity aktívnej zóny v studenom neutrávenom stave na začiatku kampane 14,57-15,19 %.

Pre kompenzáciu tejto zásoby reaktivity a pre riadenie reaktora sú určené dva nezávislé systémy riadenia reaktivity, založené na rozličných technických princípoch:

- Mechanický systém, skladajúci sa z 37 kaziet HRK
- Systémy založené na zmene koncentrácie kyseliny boritej v chladive primárneho okruhu

Mechanický systém pohyblivých kaziet HRK je schopný kompenzovať efekty reaktivity od zmeny teploty chladiva a paliva, ktoré sprevádzajú každú zmenu výkonu v celom rozsahu od nominálneho výkonu až po odstavenie reaktora v Režime 3, nie je však schopný udržať podkritičnosť studeného reaktora bez kyseliny bórtej.

Prevádzkové systémy

Systém normálneho dopĺňovania a bórovej regulácie (TK)

Je klasifikovaný ako prevádzkový systém so vzťahom k bezpečnosti. Systém je schopný dopĺňať bórny koncentrát zo zásobných nádrží do AZ reaktora vo všetkých Režimoch a tým zabezpečiť zvýšenie a udržanie koncentrácie kyseliny boritej v PO na úrovni, ktorá je potrebná na dosiahnutie podkritického stavu AZ.

Projektom uvažovaná konfigurácia tohto systému využíva systém kontinuálneho čistenia chladiva PO (TC) a systém odpúšťania chladiva PO (TE). Bórny koncentrát je do systému TK dodávaný nízkotlakými čerpadlami systému bórneho koncentráta (TB) z príslušných zásobných nádrží TB. Drenážované chladivo PO je dopravované čerpadlami systému TE do nádrží drenážnych vôd systému OTD. Táto stratégia je podrobne popísaná v príslušných prevádzkových predpisoch. Pomocným systémom pre systém TC je systém vloženého okruhu HCČ TF10, ktorý je chladiacim medziokrum pre dochladzovač systému TC.

i. Potenciálny čas dosiahnutia očakávaného stavu:

Pod očakávaným stavom sa rozumie stav, kedy z pohľadu hodnotenia odozvy bloku v tejto správe je dosiahnutá dlhodobá dostatočná podkritičnosť AZ.

Režim	Použitelnosť	Dosiahnutie stavu [h]	Vysvetlenie
-------	--------------	-----------------------	-------------

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

1, 2, 3	Áno	cca 20 minút	Max. 15 m ³ pri prietoku 55 m ³ /h.
4, 5, 6	Áno	-	Východiskový stav predpokladá zabezpečení podkritičnosť AZ, je vytvorená odstavná koncentrácia v súlade s 3-TPP-001.

S prihliadnutím k požadovanej zásobe podkritičnosti AZ v režimoch 1, 2, 3 v súlade s LaP, je možné zvýšiť koncentráciu kyseliny boritej v PO len doplnením potrebného množstva kyseliny bez potreby odpúšťania prebytočného chladiva z PO. Po odstavení bloku je totiž v KO k dispozícii viac ako 25 m³ voľného objemu. Na základe typického priebehu odstavnej koncentrácie pre horúci stav počas kampane možno určiť minimálny objem kyseliny boritej s konc. 39 g/kg, ktorú je potrebné pre PO doplniť. Pri zachovaní konzervativizmu aj pre prípad prirodzenej cirkulácie chladiva v PO bol tento objem stanovený na úrovni 15 m³. Preto v tomto prípade nie je nutné využívať odpúšťanie PO, čo výrazne zrobustní tieto konfigurácie.

V Režimoch 4, 5, 6 musí byť v súlade s 3-TPP-001 vytvorená odstavná koncentrácia v PO (jedná sa dokonca o odstavnú koncentráciu na výmenu paliva). V prípade vzniku IU v jednom z týchto režimov je preto z definície BF Podkritičnosť AZ zabezpečená.

Množstvo zásoby koncentráту H₃BO₃ v nádržiach 1TB10,50 plne postačuje na zabezpečenie požadovanej podkritičnosti AZ v ľubovoľnom prevádzkovom režime bloku VVER-440/V213 a v ľubovoľnom časovom bode kampane reaktora. Minimálna zásoba koncentráту bóru je uvedená v 3-LAP-001.

ii. Odolnosť proti extrémnym externým udalostiam (vid' kap.3)

Všetky zariadenia sú umiestnené v HVB. Okrem hraničných armatúr a tepelných výmenníkov 1TC nie je uvedená konfigurácia seizmicky kvalifikovaná. Čerpadlá 1TK20,40,60D02 sú seizmicky kvalifikované len po strane chladiacej vody TVD. Po seizmickej udalosti prekračujúcej PGA = 0,05g možno uvažovať o strate schopnosti tejto rodiny konfigurácií plniť BF Podkritičnosť AZ.

Z hľadiska externých záplav v prípade nefunkčnosti dažďovej kanalizácie a neuvažovania prirodzeného odtoku vody z areálu samospádom budú s pravdepodobnosťou <10⁻⁴ pre trvanie záplavových podmienok ktoré musia trvať viac ako 2 dni ohrozené zariadenia systému 1TB a olejového systému 1TK čerpadiel 1TA30,40,50, nakoľko sú umiestnené v suteréne HVB. Zvyšok zariadení uvažovaných v uvedenej rodine konfigurácií nebude externou záplavou ovplyvnený.

Vplyv extrémnych teplôt, vetra a dažďov na zariadenia sa vzhľadom na ich umiestnenie v HVB považuje za nepravdepodobný.

Systém bórneho koncentráту (TB)

Systém bórneho koncentráту 1TB11,12 je klasifikovaný ako prevádzkový systém. Systém je schopný dopĺňať bórný koncentrát zo zásobných nádrží do AZ reaktora vo všetkých prevádzkových režimoch a tým zabezpečiť zvýšenie koncentrácie kyseliny boritej v PO na úroveň, ktorá je potrebná na dosiahnutie podkritického stavu AZ.

Projektom uvažovaná konfigurácia tohto systému využíva trasovanie cez systém kontinuálneho systému čistenia chladiva PO (1TC) a vybrané časti systému normálneho dopĺňovania 1TK (trasy od sacieho kolektoru 1TK čerpadiel cez dopĺňovacie magistrály 1TK až po

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

vstup do systému 1TC). Do PO je možné dopĺňať bórny koncentrát vysokotlakými čerpadlami systému 1TB.

i. Potenciálny čas dosiahnutia očakávaného stavu

Pod očakávaným stavom sa rozumie stav, kedy z pohľadu hodnotenia odozvy bloku v tejto správe je dosiahnutá dlhodobá dostatočná podkritičnosť AZ.

Režim	Použitelnosť	Dosiahnutie stavu [h]	Vysvetlenie
1, 2, 3	Áno	cca 2,5 h	Max. 15 m ³ pri prietoku 6 m ³ /h.
4, 5, 6	Áno	-	Východiskový stav predpokladá zabezpečení podkritičnosť AZ, je vytvorená odstavňá koncentrácia v súlade s 3-TPP-001.

ii. Odolnosť proti extrémnym externým udalostiam (viď kap.3)

Všetky zariadenia sú umiestnené v HVB. Okrem hraničných armatúr a tepelných výmenníkov 1TC nie je uvedená konfigurácia seizmicky kvalifikovaná. Po seizmickej udalosti prekračujúcej $PGA = 0,05g$ možno uvažovať o strate schopnosti tejto rodiny konfigurácií plniť BF Podkritičnosť AZ.

Z hľadiska externých záplav v prípade nefunkčnosti dažďovej kanalizácie a neuvažovania prirodzeného odtoku vody z areálu samospádom budú s pravdepodobnosťou $<10^{-4}$ pre trvanie záplavových podmienok ktoré musia trvať viac ako 2 dni ohrozené zariadenia systému 1TB, nakoľko sú umiestnené v suteréne HVB. Zvyšok zariadení uvažovaných v uvedenej rodine konfigurácií nebude externou záplavou ovplyvnený.

Vplyv extrémnych teplôt, vetra a dažďov na zariadenia sa vzhľadom na ich umiestnenie v HVB považuje za nepravdepodobný.

Bezpečnostné systémy

Havarijné systémy chladenia AZ (vysokotlaký TJ)

Vysokotlaký havarijný systém chladenia AZ je klasifikovaný ako bezpečnostný systém. Systém je schopný dopĺňovať bórny koncentrát z havarijných zásobných nádrží do AZ reaktora vo všetkých režimoch a tým zabezpečiť zvýšenie koncentrácie kyseliny boritej v PO na úroveň, ktorá je potrebná na dosiahnutie podkritického stavu AZ.

V prípade použitia týchto systémov dochádza zároveň k odvodu tepla z AZ. Bližší popis použitia týchto systémov je preto v kapitole 1.3.2.

Vzhľadom k využiteľnému prietoku čerpadel TJ a v kontexte predchádzajúcich odstavcov je možné očakávať požadované zabórovanie PO v prípade využitia TJ na úrovni 15 minút.

Ostatné systémy

Vzhľadom k skutočnosti, že hodnotenie blokov má byť vykonané aj v oblasti nadprojektových udalostí, pre zabezpečenie BF Podkritičnosť v AZ boli uvažované aj nasledovné konfigurácie systémov elektrárne vychádzajúce za rámec ich typického projektového použitia.

Systém normálneho dopĺňovania a bórovej regulácie (TK)

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

Trasovanie je identické ako v prípade projektového nasadenia systému TK. Rozdiel spočíva v nasadení alternatívnych zdrojov bórneho koncentráta pre systém TK. Ako zásobné nádrže sú použité nádrže havarijnej zásoby koncentráta bóru TJ. Na dopravu bórneho koncentráta pre potreby TK sú použité čerpadlá systému TM, resp. TD60 a nevyhnutné potrubné trasy systému TM, resp. TD. Drenážované chladivo PO je dopravované čerpadlami systému TE do nádrží drenážnych vôd systému OTD v súlade s projektovým bórovaním PO.

i. Potenciálny čas do dosiahnutia očakávaného stavu

Pod očakávaným stavom sa rozumie stav, kedy z pohľadu hodnotenia odozvy bloku v tejto správe je dosiahnutá dlhodobá dostatočná podkritičnosť AZ.

Režim	Použitelnosť	Dosiahnutie stavu [h]	Vysvetlenie
1, 2, 3	Áno	20 min až 1 h	Max. 15 m ³ pri prietoku 15 – 45 m ³ /h.
4, 5, 6	Áno	-	Východiskový stav predpokladá zabezpečenie podkritičnosť AZ, je vytvorená odstavná koncentrácia v súlade s 3-TPP-001.

ii. Odolnosť proti extrémnym externým udalostiam (viď kap.3)

Všetky zariadenia sú umiestnené v HVB. Okrem hraničných armatúr a tepelných výmenníkov 1TC nie je uvedená konfigurácia seizmicky kvalifikovaná. Čerpadlá 1TKxyD02 sú seizmicky kvalifikované len po strane chladiacej vody TVD. Po seizmickej udalosti prekračujúcej PGA = 0,05g možno uvažovať o strate schopnosti tejto rodiny konfigurácií plniť BF Podkritičnosť AZ.

Z hľadiska externých záplav v prípade nefunkčnosti dažďovej kanalizácie a neuvažovania prirodzeného odtoku vody z areálu samospádom budú s pravdepodobnosťou $<10^{-4}$ pre trvanie záplavových podmienok ktoré musia trvať viac ako 2 dni ohrozené zariadenia systému 1TB, 1TM, 1TD a olejového systému 1TK čerpadiel 1TA30,40,50, nakoľko sú umiestnené v suteréne HVB. Zvyšok zariadení uvažovaných v uvedenej rodine konfigurácií nebude externou záplavou ovplyvnený.

Vplyv extrémnych teplôt, vetra a dažďov na zariadenia sa vzhľadom na ich umiestnenie v HVB považuje za nepravdepodobný.

Havarijné systémy chladenia AZ (vysokotlaký havarijný systém (TJ))

Systém TJ je využívaný ako zdroj dopĺňajúci bórný koncentrát do PO. Na drenáž prebytočné chladiva je použité projektové trasovanie odpúšťania/drenáže chladiva PO za využitia systémov TC, TK, TE a OTD.

i. Potenciálny čas dosiahnutia požadovaného stavu

Pod očakávaným stavom sa rozumie stav, kedy z pohľadu hodnotenia odozvy bloku v tejto správe je dosiahnutá dlhodobá dostatočná podkritičnosť AZ.

Režim	Použitelnosť	Dosiahnutie stavu [h]	Vysvetlenie
1, 2, 3	Áno	cca 15 minút	Max. 15 m ³ pri prietoku 65 m ³ /h.
4, 5, 6	Áno	-	Východiskový stav predpokladá zabezpečenie podkritičnosť AZ, je vytvorená odstavná koncentrácia v súlade s 3-TPP-001.

ii. *Odolnosť proti extrémnym externým udalostiam (viď kap. 3)*

Všetky zariadenia sú umiestnené v HVB. Okrem hraničných armatúr a tepelných výmenníkov TC a taktiež systému TJ, nie je uvedená konfigurácia seizmicky kvalifikovaná. Po seizmickej udalosti prekračujúcej $PGA = 0,05g$ možno uvažovať o strate schopnosti tejto rodiny konfigurácií plniť BF Podkritičnosť AZ. Keďže pri havarijnom zabórovaní nie je potrebné odpúšťanie, budú v tejto rodine konfigurácií využívané len časti vysokotlakého havarijného doplnovania TJ, ktoré má plnú seizmickú kvalifikáciu na hodnotu $PGA = 0,344g$.

Z hľadiska externých záplav v prípade nefunkčnosti dažďovej kanalizácie a neuvažovania prirodzeného odtoku vody z areálu samospádom budú s pravdepodobnosťou $<10^{-4}$ pre trvanie záplavových podmienok ktoré musia trvať viac ako 2 dni ohrozené čerpadlá TJ, nakoľko sú umiestnené v suteréne HVB. Zvyšok zariadení uvažovaných v uvedenej rodine konfigurácií nebude externou záplavou ovplyvnený.

Vplyv extrémnych teplôt, vetra a dažďov na zariadenia sa vzhľadom na ich umiestnenie v HVB považuje za nepravdepodobný.

BAZÉN SKLADU VYHORETÉHO PALIVA (BSVP)

Podkritičnosť súboru palivových kaziet v bazéne skladu JE EBO je zabezpečená dvoma nezávislými spôsobmi:

- geometriou skladovacieho roštu - palivové kazety sú umiestnené v trojuholníkovej mreži s krokom 0,225 m (krok v AZ je 0,147 m)
- koncentráciou kyseliny boritej minimálne 12 g/kg vody v celom objeme chladiva BS

Za podmienok normálnej prevádzky, sa vyhoreté jadrové palivo (v Režime 7 aj palivo operatívne vyvezené z AZ) skladuje v roštach bazénu skladovania vyhoreného paliva a je chladené vodným roztokom kyseliny boritej s koncentráciou 12 g/kg. V JE V-2 je palivo skladované v nezkompaktnom rošte s dĺžkou kroku mreže 225 mm. Podľa projektu je v zkompaktných ako aj nezkompaktných roštach bazénu skladovania zabezpečená podkritickosť minimálne 0,05 ($K_{ef} < 0,95$) za neprítomnosti kyseliny boritej v chladive aj pri zavezení roštov čerstvým (nevyhoreným) jadrovým palivom.

V rámci procesu vypracovávaní licenčnej dokumentácie pre palivo Gd-II-4,87% bolo vykonané hodnotenie jadrovej bezpečnosti pri skladovaní vyhoreného paliva v nezkompaktnom rošte BSVP. Výpočty sa vykonávali na plnorozmerovom modeli sekcie roštu kazetovej časti bazénu skladovania vyhoreného paliva s použitím modelu palivovej kazety s minimálnym počtom palivových prútikov s Gd (šesť prvkov).

Výsledok výpočtu na plnorozmerovom modeli sekcie roštu ukázal, že v podmienkach normálnej prevádzky sa požiadavka $K_{ef} < 0,95$ plní.

Ďalej bol posúdený prípad varu chladiva vo vnútri palivovej kazety pri nemennej hustote vody za hranicou šesťhranného obalu. Konzervatívne bolo prijaté, že analyzovaná hodnota hustoty chladiva (svedčiaci o procese varu) je rovnaká po celej výške palivového stĺpca. Výsledky ukázali, že so zohľadnením prítomnosti kyseliny boritej v chladive bazénu skladu vyhoreného paliva hodnota K_{ef} nepresiahne hodnotu 0,51 v celom rozsahu zmeny hustoty vody.

Za účelom analýzy vplyvu hustoty vody na K_{ef} boli vykonané výpočty hypotetickej situácie – rovnomerná zmena hustoty vo všetkých prvkoch modelu BSVP. Z výsledkov vyplýva, že $K_{ef} < 0,95$ v celom rozsahu zmeny hustoty vody

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

V podmienkach normálnej prevádzky roštov BSVP, pri havárii s úplným prerušením elektronapájania JE, sprevádzanej prerušením cirkulácie chladiva v roštoch BSVP a ako následok – zmenou hustoty chladiva, je teda požiadavka $K_{ef} < 0,95$ splnená.

Pri nadprojektovej havárii sprevádzanej úplným vypustením vody z BSVP je požiadavka $K_{ef} < 0,98$ splnená. [6-BSP bezpečnostná správa, 1. Vydanie/3. revízia]

Výsledky analýz teda dokazujú, že podkritičnosť paliva uloženého v BS je zabezpečená vždy ak je palivo buď zaliate roztokom H_3BO_3 s platnosťou pre celý rozsah koncentrácií kyseliny boritej 0-12 g/kg, alebo čiastočne zaliate roztokom H_3BO_3 viac ako 12 g/kg s platnosťou pre celý rozsah hustôt chladiaceho média (var nevynímajúc).

Podkritičnosť paliva v BSVP je zabezpečená vždy keď je zabezpečený odvod tepla. Konfigurácie pre odvod tepla z BSVP uvedené v kap. 1.3.3 platia aj pre zabezpečenie pokritičnosti v BSVP.

1.3.2. Odvod tepla z AZ do UHS.

1.3.2.1. Všetky existujúce systémy/ reťazce používané pre odvod tepla z reaktora do UHS v jednotlivých režimoch bloku s odstaveným reaktorom (R3-R6)

Pre zabezpečenie BF **Odvody tepla z AZ** reaktora sú v projekte VVER-440/V213 navrhnuté nasledovné systémy:

- Systém kondenzácie TG,
- Systém dochladzovania,
- Parogenerátory so systémom poistných ventilov PG, resp. PSA PG a príslušným systémom ich napájania,
- Havarijné systémy chladenia AZ (vysokotlaký, nízkotlaký).

Z pohľadu bezpečnostnej klasifikácie tieto systémy možno rozdeliť nasledovne:

- **Prevádzkové:**
 - Systém kondenzácie TG,
 - Systém dochladzovania.
- **Bezpečnostné:**
 - Parogenerátory s PV PG/PSA PG a SHNČ
 - Havarijné systémy chladenia AZ (vysokotlaký, nízkotlaký) – režimy Feed&Bleed, resp. RHR.
- **Ostatné:**

V tomto prípade sa jedná o konfigurácie zariadení vychádzajúce za rámec ich projektového určenia. Môže preto dochádzať ku používaniu takých konfigurácií zariadení pre zabezpečenie BF Odvod tepla z AZ, kedy sa súčasne využíva spolupráca bezpečnostných a prevádzkových systémov, ako aj kríženie redundancií BS.

1.3.2.2. Priestorové rozloženie trás pre prenos tepla: trasy redundantných a diverzných potrubí odvodu tepla a umiestnenie hlavného zariadenia. Fyzická ochrana zariadenia proti vnútorným a vonkajším ohrozeniam.

Prevádzkové systémy

Systém kondenzácie TG

Projektom uvažovaná konfigurácia tohto systému využíva trasovanie cez systémy S.O. elektrárne. Na strane PO je odvod tepla z AZ realizovaný prostredníctvom prirodzenej alebo nútenej cirkulácie chladiwa (v prípade, že HCČ sú v prevádzke). Teplo odovzdané chladiwu PO je z PO odoberané v PG. Para vyrobená v PG je vedená potrubnými rozvodmi pary (04.7.) do kondenzátora TG. Kondenzačné teplo odoberá cirkulačná chladiaca voda (CCHV). Hladina v PG zabezpečujúca dostatočný prestup tepla z PO do S.O. je udržiavaná prečerpávaním kondezátu z HK TG čerpadlami kondenzácie TG do napájacích nádrží (systém 04.3.) a odtiaľ čerpadlami a potrubiami normálneho, resp. havarijného napájania PG do PG. Systém CCHV je zároveň konečným recipientom tepla (prísne vzaté, konečným recipientom je atmosféra, pomocou systému CCHV je však v chladiacich vežiach CCHV predané atmosfére všetko teplo odvedené z AZ). Vzhľadom ku komplexnosti a zraniteľnosti tohto základného spôsobu odvodu tepla z AZ, nie je v ďalšom použití tejto konfigurácie zariadení blokov VVER uvažované.

Systém dochladzovania

Projekt uvažuje s tromi základnými konfiguráciami využitia tohto systému. Jedná sa o tzv. parný, resp. vodný režim a odvod zvyškového tepla. Vzhľadom k skutočnosti, že vodný režim (2. etapa) a režim odvodu zvyškového tepla (3. etapa) sa prakticky líšia len počtom pripojených PG, v ďalšom ich preto budeme považovať za jeden režim a prevádzka systému dochladzovania prebieha buď v parnej alebo vodnej (vodovodnej) etape. Konečným recipientom tepla v oboch režimoch systém technickej vody dôležitej a odvod tepla z AZ na strane PO je realizovaný v režime prirodzenej alebo nútenej cirkulácie. Tepelným výmenníkom sprostredkujúcim prestup tepla do systému TVD je technologický kondenzátor systému dochladzovania. PG sú využívané na odvod tepla z PO na S.O. tak, ako v predchádzajúcom prípade. Systém využíva potrubné rozvody pary na S.O. až po HPK odkiaľ teplotnosné médium S.O. vstupuje priamo do systému dochladzovania.

V parnom režime je para odvádzaná z PG cez HPK a redukčnú stanicu dochladzovania do technologického kondenzátora, kde kondenzačné teplo pary odvádzajú systém TVD. Kondenzát z technologického kondenzátora oteká do ZNK, resp. NN. Hladina v PG dostatočná pre požadovaný prestup tepla z PO do S.O. je zabezpečovaná systémom normálneho, resp. havarijného dopĺňovania PG. Prípadný úbytok vody v systéme je dopĺňaný zo systému demivody 1,0MPa.

i. Odolnosť proti extrémnym externým udalostiam

Všetky zariadenia sú umiestnené v pozdĺžnej etažérke, resp. v strojovni. Po seizmickej udalosti prekračujúcej $PGA = 0,03 \text{ g}$ možno uvažovať o strate schopnosti tejto rodiny konfigurácií plniť BF Odvod tepla z AZ.

Systém dochladzovania je prevádzkovým systémom. Pri jeho projektovaní neboli brané do úvahy požiadavky na fyzickú separáciu jednotlivých redundancií. Systém je redundantný len po funkčnej stránke. Redundantnosť na úrovni dochladzovacích čerpadiel je $3 \times 100\%$, na úrovni redukčných staníc dochladzovania (RSD) $2 \times 100\%$ a na úrovni technologických

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

kondenzátorov (TK) taktiež 2 x 100%. Každý z technologických kondenzátorov je chladený inou redundanciou TVD. Zároveň je možné v prípade výpadku danej redundancie TVD použiť ako náhradnú 3. redundanciu TVD pre každý z TK. Dochladzovacie čerpadlá sú umiestnené na spoločnom mieste na kóte 0,0 m v strojovni, technologické kondenzátory taktiež na spoločnom mieste v strojovni na kóte +9,6 m. RSD sú umiestnené na spoločnom mieste v pozdĺžnej etažérke na podlaží +14,7 m.

Z hľadiska externých záplav sú teoreticky ohrozené čerpadlá HNČ, ktoré sú umiestnené na kóte 0,0 m v strojovni. Vzhľadom k topológii tohto podlažia však možno očakávať vznik súvislej vodnej hladiny na kóte 0,0 m až po úplnom zaplnení suterénu strojovne -5.5m. Takáto situácia je v zásade možná, avšak pravdepodobnosť výskytu je zanedbateľne malá. Hladina vody v areály JE V-2 by sa musela dlhodobo držať na úrovni +20cm (frekvencia dosiahnutia úrovne 10cm je 1/10000rokov). Ďalšiu diskusiu k tomuto problému možno nájsť v kapitole 3. Zvyšok zariadení používaný pri parnej etape dochladzovania nebude vzhľadom k ich výškovému umiestneniu v predmetných budovách ovplyvnený záplavou.

Doterajšie analýzy nenasvedčujú, že vplyv extrémnych teplôt a vetra môže ovplyvniť okruh TVD (kapitola 4). Pre zariadenia umiestnené v strojovni a s prihliadnutím k teplote média S.O. počas parnej etapy dochladzovania je vplyv extrémne nízkych teplôt považovaný za nepravdepodobný.

Vo vodovodnom režime je technologický kondenzátor systému dochladzovania využívaný ako tepelný výmenník voda/voda. PG ako aj potrubné rozvody pary od PG cez HPK a celého systému dochladzovania sú zaplnené vodou. Cirkuláciu chladiwa v okruhu zabezpečujú čerpadlá systému dochladzovania. Prípadné straty vody v systéme sú doplňované zo zásobných nádrží DV systému 18.2. Pri tejto konfigurácii je vždy využívaná minimálne jedna NN, ktorá je k chladiacemu okruhu pripojená a plní funkciu kompenzátora objemu.

i. *Odolnosť proti extrémnym externým udalostiam*

Všetky zariadenia sú umiestnené v pozdĺžnej etažérke, resp. v strojovni. Po seizmickej udalosti prekračujúcej $PGA = 0,03$ g možno uvažovať o strate schopnosti tejto rodiny konfigurácií plniť BF Odvod tepla z AZ.

Systém dochladzovania je prevádzkovým systémom. Pri jeho projektovaní neboli brané do úvahy požiadavky na fyzickú separáciu jednotlivých redundancií. Systém je redundantný len po funkčnej stránke. Redundantnosť na úrovni dochladzovacích čerpadiel je 3 x 100%, na úrovni redukčných staníc dochladzovania (RSD) 2 x 100% a na úrovni technologických kondenzátorov (TK) taktiež 2 x 100%. Každý z technologických kondenzátorov je chladený inou redundanciou TVD. Zároveň je možné v prípade výpadku danej redundancie TVD použiť ako náhradnú 3. redundanciu TVD pre každý z TK. Dochladzovacie čerpadlá sú umiestnené na spoločnom mieste na kóte 0,0 m v strojovni, technologické kondenzátory taktiež na spoločnom mieste v strojovni na kóte +9,6 m. RSD sú umiestnené na spoločnom mieste v pozdĺžnej etažérke na podlaží +14,7 m.

Z hľadiska externých záplav sú teoreticky ohrozené čerpadlá HNČ a DČ, ktoré sú umiestnené na kóte 0,0 m v strojovni. Vzhľadom k topológii tohto podlažia však možno očakávať vznik súvislej vodnej hladiny na kóte 0,0 m až po úplnom zaplnení suterénu strojovne -5.5m. Takáto situácia je v zásade možná, avšak pravdepodobnosť výskytu je zanedbateľne malá. Hladina vody v areály JE V-2 by sa musela dlhodobo držať na úrovni +20cm (frekvencia dosiahnutia úrovne 10cm je 1/10000rokov). Ďalšiu diskusiu k tomuto

problému možno nájsť v kapitole 3. Zvyšok zariadení používaný pri parnej etape dochladzovania nebude vzhľadom k ich výškovému umiestneniu v predmetných budovách ovplyvnený záplavou.

Doterajšie analýzy nenasvedčujú, že vplyv extrémnych teplôt a vetra môže ovplyvniť okruh TVD (kapitola 4). Pre zariadenia umiestnené v strojovni a s prihliadnutím k skutočnosti, že teplotu média S.O. počas vodovodnej etapy dochladzovania je vždy možné stabilizovať na hodnote okolo 100°C, vplyv extrémne nízkych teplôt považujeme za nepravdepodobný.

Bezpečnostné systémy

Parogenerátory so súborom poistných ventilov PG, resp. PSA PG

V prípade tohto odvodu tepla nie je S.O. uzavretý. Odvod tepla na strane PO je realizovaný v režime prirodzenej alebo nútenej cirkulácie. Prestup tepla z PO do S.O. je realizovaný v PG pri zachovaní dostatočnej hladiny vody v PG. Dopĺňanie vody je realizované pomocou SHNČ a odvod pary z PG je možný cez poistné ventily PG, resp. cez prepúšťacie stanice do atmosféry PSA PG. V prípade odvodu pary cez PSA PG je v princípe možné na dopĺňanie vody do PG použiť aj systémy normálneho, resp. havarijného napájania PG. Vo všetkých prípadoch sa teda jedná o stratégiu Feed&Bleed na S.O. V ďalšom však budeme vyšetrovať konfigurácie len s SHNČ. Konfigurácie s HNČ sú zahrnuté medzi Ostatné systémy.

i. Odolnosť proti extrémnym externým udalostiam

Všetky zariadenia uzla SHNČ sú umiestnené v pozdĺžnej etažérke, resp. na demilinke. a majú plnú seizmickú kvalifikáciu pre $PGA = 0,344 g$.

Pravdepodobnosť ohrozenia SHNČ externou záplavou je zanedbateľne malá. SHNČ sa nachádzajú na podlaží 0,0 m na demilinke umiestnené sú na 30cm podstavcoch.. Ďalšiu diskusiu k tomuto problému možno nájsť v kapitole 3. Zvyšok zariadení používaný pre konfigurácie Feed&Bleed na S.O. nebude vzhľadom k ich výškovému umiestneniu v predmetných budovách ovplyvnený záplavou.

Doterajšie analýzy nenasvedčujú, že vplyv extrémnych teplôt a vetra môže ovplyvniť okruh TVD (kapitola 4).

Nepredpokladá sa, že extrémne nízke teploty môžu spôsobiť zamrznutie SHNČ a zásobných nádrží, pretože ohrev systému je možné realizovať marením hydraulickej práce čerpadiel.

Havarijné systémy chladenia AZ (vysokotlaký TJ, nízkotlaký TH)

Vysokotlaký havarijný systém chladenia AZ je možné využiť na odvod tepla z AZ v režime Feed&Bleed. Studené chladivo je do PO dopĺňované prostredníctvom čerpadiel TJ. Horúce chladivo je z PO odvádzané cez PV, resp. OV KO do kontajneru. Po kondenzácii expandovaného chladiva PO v kontajneru za pomoci sprchového systému TQ je toto chladivo nasávané čerpadlami TJ a TQ z podlahy kontajneru a vedené cez chladič HSCHAZ priamo na sanie TJ a TQ čerpadiel, ktoré ho dopravujú späť do PO, resp. do sprchových trysiek systému TQ. Odvod tepla je realizovaný vo výmenníku HSCHAZ. Chladiacim médiom (konečným recipientom tepla) je systém TVD. Podľa analýz je maximálny dosiahnutý pretlak bez prevádzky TQ systému je 40kPa a preto nie je nutné tento systém uvažovať v tejto konfigurácii.

i. Odolnosť proti extrémnym externým udalostiam

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

Všetky zariadenia sú umiestnené v HVB a sú seizmicky z odolnené pre $PGA = 0,344 \text{ g}$.

Z hľadiska externých záplav v prípade nefunkčnosti dažďovej kanalizácie a neuvažovania prirodzeného odtoku vody z areálu samospádom budú s pravdepodobnosťou $<10^{-4}$ pri trvaní záplavových podmienok viac ako 2 dni ohrozené čerpadlá TJ, nakoľko sú umiestnené v suteréne HVB. Zvyšok zariadení uvažovaných v uvedenej rodine konfigurácií nebude externou záplavou ovplyvnený.

Vplyv extrémnych teplôt, vetra a dažďov na zariadenia sa vzhľadom na ich umiestnenie v HVB považuje za nepravdepodobný.

Nízkotlaký havarijný systém chladenia AZ je možné využiť na odvod tepla v konfigurácii **RHR**. Odvod tepla z AZ je realizovaný vo vodovodnom režime. Nútenú cirkuláciu v PO zabezpečuje nízkotlaké havarijné čerpadlo TH. Chladivo po prechode cez AZ reaktora je privedené potrubným systémom RHR na chladič HSCHAZ, kde je ochladené a odtiaľ privedené na sanie čerpadla TH, ktoré ho späť dopravuje do PO. Konečným recipientom tepla je opäť systém TVD.

i. *Odolnosť proti extrémnym externým udalostiam*

Všetky zariadenia sú umiestnené v HVB a sú seizmicky z odolnené pre $PGA = 0,344 \text{ g}$.

Z hľadiska externých záplav v prípade nefunkčnosti dažďovej kanalizácie a neuvažovania prirodzeného odtoku vody z areálu samospádom budú s pravdepodobnosťou $<10^{-4}$ pre trvanie záplavových podmienok ktoré musia trvať viac ako 2 dni ohrozené čerpadlá TH, nakoľko sú umiestnené v suteréne HVB. Zvyšok zariadení uvažovaných v uvedenej rodine konfigurácií nebude externou záplavou ovplyvnený.

Vplyv extrémnych teplôt, vetra a dažďov na zariadenia sa vzhľadom na ich umiestnenie v HVB považuje za nepravdepodobný.

Ostatné systémy:

Vzhľadom k skutočnosti, že hodnotenie blokov má byť vykonané aj v oblasti nadprojektových udalostí, pre zabezpečenie BF Odvod tepla v AZ boli uvažované aj nasledovné konfigurácie systémov elektrárne vychádzajúce za rámec ich typického projektového použitia.

Parogenerátory so súborom poistných ventilov PG, resp. PSA PG

Pre nadprojektové udalosti je možné uvažovať s dopĺňaním PG pomocou **SHNČ cez trasy odluhov a odkalov PG**. Taktiež je možné prejsť k využitiu HW vzájomným krížením redundancií ako aj využitiu čerpadiel zo susedného bloku. Z hľadiska trasovania, parametrov zariadení a ich zraniteľnosti sa jedná o konfigurácie analogické projektovému použitiu systému SHNČ.

V prípade udalosti SBO, ktorá nie je kombinovaná/indukovaná seizmickou záťažou bloku je možné ako zdroj NV využiť **gravitačné plnenie PG** priamo z NN bez použitia akéhokoľvek čerpadla systému normálneho, resp. havarijného doplnenia. Jedná sa teda o pasívny spôsob napájania PG. Trasa odvodu tepla je totožná s trasou projektového prevádzkového napájania PG v kombinácii s odvod pary z PG na PSA PG. Táto stratégia je súčasťou riešenia udalosti SBO v predpise PHP ECA-0.0.

i. *Odolnosť proti extrémnym externým udalostiam*

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

Všetky zariadenia sú umiestnené v pozdĺžnej etažérke a v strojovni. Po seizmickej udalosti prekračujúcej $PGA = 0,03$ g možno uvažovať o strate schopnosti rodiny konfigurácií s NN plniť BF Odvod tepla z AZ.

Keďže sa jedná o pasívny systém (a aj s ohľadom na výškové umiestnenie zariadení) nie sú zariadenia ovplyvnené externou záplavou.

Pre zariadenia umiestnené v strojovni a na etažérke a s prihliadnutím k teplote média S.O. počas gravitačného plnenia a časovania pre jeho nasadenie pri IU SBO je vplyv extrémne nízkych teplôt považovaný za nepravdepodobný.

Stratégiu **Feed&Bleed** na S.O. je možno realizovať aj alternatívnym spôsobom za využitia **HNČ** a PSA PG. V prípade, že nie je po seizmickej IU, je možné uvažovať s plnou funkčnosťou napájacieho uzla. HNČ vtedy dopĺňajú NV z NN a para je z PG odvádzaná cez PSA PG do atmosféry. V prípade, že je k dispozícii systém demivody 1 MPa, je možné úbytok vody v NN doplniť z tohto systému.

i. *Odolnosť proti extrémnym externým udalostiam*

Všetky zariadenia sú umiestnené v pozdĺžnej etažérke, v strojovni resp. na demilinke. Po seizmickej udalosti prekračujúcej $PGA = 0,03$ g možno uvažovať o strate schopnosti rodiny konfigurácií s HNČ plniť BF Odvod tepla z AZ.

Z hľadiska externých záplav sú teoreticky ohrozené čerpadlá HNČ a DV 1 MPa. HNČ sú umiestnené na kóte 0,0 m v strojovni. Čerpadlá DV 1 MPa sa nachádzajú v suteréne demilinky. Vzhľadom k topológii tohto podlažia však možno očakávať vznik súvislej vodnej hladiny na kóte 0,0 m až po úplnom zaplnení suterénu strojovne -5.5m. Takáto situácia je v zásade možná, avšak pravdepodobnosť výskytu je zanedbateľne malá. Hladina vody v areály JE V-2 by sa musela dlhodobo držať na úrovni +20cm (frekvencia dosiahnutia úrovne 10cm je 1/10000rokov). Ďalšiu diskusiu k tomuto problému možno nájsť v kapitole 3. Zvyšok zariadení používaný pre konfigurácie Feed&Bleed na S.O. nebude vzhľadom k ich výškovému umiestneniu v predmetných budovách ovplyvnený záplavou.

Doterajšie analýzy nenasvedčujú, že vplyv extrémnych teplôt a vetra môže ovplyvniť okruh TVD.

Pre zariadenia umiestnené v strojovni a na etažérke a s prihliadnutím k teplote média S.O. počas Feed&Bleed s HNČ je vplyv extrémne nízkych teplôt považovaný za nepravdepodobný.

Havarijné systémy chladenia AZ (vysokotlaký TJ, nízkotlaký TH)

V režime **Feed&Bleed za použitia TJ** čerpadiel je možné prejsť podobne ako pri SHNČ v predchádzajúcom prípade na konfigurácie HW, ktoré vychádzajú za rámec jednotlivých redundancií BS. V princípe je totiž možné tvoriť konfigurácie pre túto stratégiu aj krížením HW z rôznych redundancií. Z hľadiska trasovania, parametrov zariadení a ich zraniteľnosti sa jedná o konfigurácie analogické projektovému použitiu bezpečnostných systémov po redundanciách.

V režime **RHR pri využití TH čerpadiel** je možné prejsť podobne ako v predchádzajúcom prípade na konfigurácie HW, ktoré vychádzajú za rámec jednotlivých redundancií BS. V princípe je totiž možné tvoriť konfigurácie pre túto stratégiu aj krížením HW z rôznych redundancií. Z hľadiska trasovania, parametrov zariadení a ich zraniteľnosti sa jedná o konfigurácie analogické projektovému použitiu bezpečnostných systémov po redundanciách.

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

Nízkotlaký havarijný systém chladenia AZ je možné využiť na odvod tepla z AZ v režime Feed&Bleed. Studené chladivo je do PO doplňované prostredníctvom čerpadiel TH. Horúce chladivo je z PO odvádzané cez PV KO do kontajneru. Po kondenzácii expandovaného chladiva PO v kontajneru za pomoci sprchového systému TQ je toto chladivo nasávané čerpadlami TH a TQ z podlahy kontajneru a vedené cez chladič HSCHAZ priamo na sanie TH a TQ čerpadiel, ktoré ho dopravujú späť do PO, resp. do sprchových trysiek systému TQ. Odvod tepla je realizovaný vo výmenníku HSCHAZ. Chladiacim médiom (konečným recipientom tepla) je systém TVD. Taktiež, ako v predchádzajúcich prípadoch, je možné pristúpiť ku kríženiu HW navzájom medzi redundanciami BS, čím zvýšime robustnosť tejto stratégie.

i. Odolnosť proti extrémnym externým udalostiam

Všetky zariadenia sú umiestnené v HVB a sú seizmicky odolné pre $PGA = 0,344 g$.

Z hľadiska externých záplav v prípade nefunkčnosti dažďovej kanalizácie a neuvažovania prirodzeného odtoku vody z areálu samospádom budú s pravdepodobnosťou $<10^{-4}$ pre trvanie záplavových podmienok ktoré musia trvať viac ako 2 dni ohrozené čerpadlá TH, nakoľko sú umiestnené v suteréne HVB. Zvyšok zariadení uvažovaných v uvedenej rodine konfigurácií nebude externou záplavou ovplyvnený.

Vplyv extrémnych teplôt, vetra a dažďov na zariadenia sa vzhľadom na ich umiestnenie v HVB považuje za nepravdepodobný.

Kríženie redundancií TVD

Pri špecifických nadprojektových udalostiach je možné pristúpiť ku kríženiu redundancií TVD a tým pádom využiť aj projektovo neuvažovanú redundantnosť TVD pre každú redundanciu BS. V tomto kontexte je následne robustnosť systému TVD v prípade BDBA výrazne zvýšená, nakoľko každý z BS môže využívať ako konečný recipient tepla ľubovoľný zo systémov TVD. Vzájomné prepojenie redundancií TVD je možné realizovať na privodných a odvodných rádoch TVD technologických kondenzátorov systému dochladzovania.

1.3.2.3. Možné časové obmedzenia pre použiteľnosť odlišných trás odvodu tepla, a možnosti predĺženia času použitím vonkajších zdrojov (napr. Spotrebovanie zásobníkov vody a možnosti na ich doplnenie).

Prevádzkové systémy

Na základe konzervatívnych ručných výpočtov a porovnaním s dostupnými analýzami možno stanoviť nasledovné časové obmedzenia pre uvažované konfigurácie HW:

Systém dochladzovania - Parná etapa

i. Potenciálny mission time

Režim	Použiteľnosť	Dosiahnutie stavu [h]	Vysvetlenie
1, 2, 3	Áno	neobmedzene	dostatočná zásoba demivody
4	Áno	neobmedzene	dostatočná zásoba demivody
5, 6	Nie	-	nízka stredná teplota PO

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

Pre nábeh systému dochladzovania zo studeného stavu sú potrebné približne 4 hodiny. Do tej doby je nutné odvádzať zvyškový výkon alternatívnym spôsobom. V kontexte použitia týchto konfigurácií je možné použiť počas tohto obdobia Feed & Bleed na S.O. kde budú HNČ dopĺňať vodu z NN do PG a para bude odvádzaná na PSA PG. Úbytok vody v NN je dopĺňovaný zo systému demivody 1 MPa. Počas tohto režimu je možné predpokladať maximálnu spotrebu demivody na úrovni 120 t (v prípade, že blok je pri vzniku IU odstavený z plného výkonu AO1). Zásoba DV je v každej nádrži DV cca 300 t pre potreby systému DV 1MPa (zvyšných cca 700 t je pre SHNČ). Hodnota 120 t je konzervatívna aj pre nižšie režimy, pretože v tomto prípade je nižšia počiatočná hodnota zvyškového výkonu reaktora. Parná etapa dochladzovania je využiteľná len v prípade, keď je stredná teplota PO viac ako 100°C. Preto môžeme v ďalšom uvažovať, že táto rodina konfigurácií je použiteľná iba v režimoch 1, 2, 3 a 4. V týchto režimoch je na viac možné prevádzkovať tieto konfigurácie v kontexte tejto správy neobmedzene dlho.

Systém dochladzovania - Vodovodná etapa

i. Potenciálny mission time

Režim	Použiteľnosť	Dosiahnutie stavu [h]	Vysvetlenie
1, 2, 3	Nie	-	vysoká stredná teplota PO
4	Áno	neobmedzene	len pri spodnej hranici režimu 4, tesne pred prechodom do režimu 5
5, 6	Áno	neobmedzene	dostatočná zásoba vody na S.O.

Vodovodná etapa dochladzovania prirodzene nadväzuje na parnú etapu. Pre prevádzku systému dochladzovania vo vodovodnej etape je potrebné zaplniť PG ich parovody, HPK a celý systém dochladzovania vodou. Pre zaplnenie PG je potrebných približne 144 t vody, pre zaplnenie parných potrubí približne 160 t vody. Celkovo sa jedná o cca 300 t vody. Ak uvažujeme, s prihliadnutím k topológii systému dochladzovanie, s približne 10% nárastom tejto hodnoty (zjavne konzervatívny odhad) na zavodenie dochladzovacích čerpadiel, celkovo je nutné počítať so spotrebou cca 330 t. Obe NN pri nominálnych hladinách poskytujú minimálne 220 t. V jednej nádrži demivody je k dispozícii cca 300 t, čo robí celkovo 520 t. Ak uvažujeme s prechodom na vodovodnú etapu pri strednej teplote PO pod 140°C, je tento prechod možný približne po 12 hodinách od odstavenia bloku z nominálneho výkonu (uvažovaný trend dochladzovania 15°C/h po nábehu systému dochladzovania po cca 4 h). V súlade s predchádzajúcim bodom je potrebných cca 120 t DV počas prvých 4 h na odvod zvyškového výkonu a stabilizáciu strednej teploty PO na cca 260°C. Následne môžeme konzervatívne uvažovať s ďalšími 12 t vody počas dochladzovania na vychladzovanie NN. Pre zaplnenie dochladzovacieho okruhu je potrebných 330 t. Celkovo je teda potrebných menej ako 400 t vody. Na dochladenie bloku a nepretržitú prevádzku systému dochladzovania vo vodovodnej etape na odvod zvyškového výkonu plne postačuje zásoba vody z dvoch NN pri nominálnej hladine a zásoba DV z jednej nádrže DV pre systém DV 1 MPa.

Dochladenie bloku na strednú teplotu cca 140°C je možné skrátiť o 4 hodiny v prípade, že počas nábehu dochladzovacieho systému v parnom režime pristúpime zároveň k vychladzovaniu bloku trendom 15°C/h. Keďže uvažujeme počas prvých 4 hodín s režimom Feed&Bleed na S.O., je potrebné určiť spotrebu vody na dochladzovanie PO počas prvých 4 hodín. Na základe tepelnej kapacity PO experimentálne určenej počas

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

horúcich skúšok pri spúšťaní blokov EBO je dodatočná spotreba vody pri dochladzovaní PO trendom 15°C/h cca 5 t/h. To znamená celkové zvýšenie spotreby vody približne o 20 t. V kontexte predchádzajúceho odseku toto dodatočné navýšenie nepredstavuje riziko. Zároveň treba zdôrazniť, že integrál spotreby NV na dochladenie bloku na danú teplotu nezávisí na trende dochladzovania. Zvýšením trendu je preto možné získať čas a ušetriť zásoby NV v rádoch desiatok ton na odvode zvyškového výkonu do doby, než sa chladiaci okruh na S.O. uzatvorí.

V prípade vzniku IU v nižšom režime ako je režim 3, bude spotreba vody adekvátne nižšia. V prípade, že by k vzniku IU došlo na konci parnej etapy dochladzovania tesne pred prechodom na vodovodnú etapu, zásoba vody v NN je dostatočná na zaplnenie dochladzovacieho okruhu. Systém dochladzovania bloku by sa preto plne zaobišiel bez systému DV 1 MPa. Následne by bolo možné považovať systém dochladzovať za schopný plniť danú BF bez obmedzenia.

Bezpečnostné systémy

Na základe konzervatívnych výpočtov a porovnaním s dostupnými analýzami možno stanoviť nasledovné časové obmedzenia pre uvažované konfigurácie HW:

Parogenerátory so súborom poistných ventilov PG, resp. PSA PG

i. Potenciálny mission time konfigurácie s SHNČ:

Režim	Použitelnosť	Dosiahnutie stavu [h]	Vysvetlenie
1, 2, 3	Áno	cca 90h	zásoba demivody v nádrži DV
4	Áno	cca 90h	zásoba demivody v nádrži DV
5, 6	Nie	-	nedostatočná teplota PO

Hodnoty uvedené v tabuľke sú odhadnuté pre prevádzkovú zásobu demivody v jednej nádrži DV (cca 1000 t) konzervatívne znížený o 10%. Tento odhad je zároveň vypracovaný pre odstavenie z nominálneho výkonu v režime 1. Pre nižšie režimy (2, 3, 4) je možné uvažovať s ďalšou časovou rezervou až na úrovni 10h. V režimoch 5 a 6 neuvažujeme funkčnosť týchto konfigurácií, nakoľko pre maximalizáciu výdrže je nutné pracovať v parnom režime Feed&Bleed na S.O.. Vodovodný režim by bol možný až cca 10 dní po odstavení reaktora (s prihliadnutím k hydraulikej charakteristike SHNČ) avšak jeho potenciálny mission time je len v rádoch hodín.

V kontexte dvojblokovej havárie je nutné použiť druhú nádrž DV pre potreby susedného bloku. Pre typickú prevádzkovú konfiguráciu bude teda k dispozícii ešte tretia nádrž DV (ďalších 500 t vody na blok). Tým pádom je možné predĺžiť sebestačnosť stratégie Feed&Bleed s SHNČ o ďalších cca 70h na blok pri zohľadnení zvyškového výkonu bloku po cca 90 h. Sumárne je preto možné očakávať, že pri vzniku IU v lokalite EBO je stratégia F&B s SHNČ schopná zabezpečiť BF Odvod tepla z AZ po dobu približne 160 h pre každý z blokov bez potreby dopĺňania vody z externých zdrojov.

ii. Možnosť doplnenia chladiva

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

Nádrže DV je možné dopĺňať z hasičských áut cez existujúce nátrubky. Tým je možné predĺžiť dobu použiteľnosti konfigurácií s SHNČ v kontexte Záťažových testov na neobmedzene dlhú dobu.

Havarijné systémy chladenia AZ (vysokotlaký TJ, nízkotlaký TH):

Režim Feed&Bleed za použitia vysokotlakého havarijný systému chladenia AZ - TJ.

i. Potenciálna doba použiteľnosti

Režim	Použiteľnosť	Dosiahnutie stavu [h]	Vysvetlenie
1, 2, 3	Áno	neobmedzene	recirkulačný režim z podlahy kontajment
4, 5	Áno	neobmedzene	recirkulačný režim z podlahy kontajment
6	Áno	neobmedzene	recirkulačný režim z podlahy kontajment

Pre úspešnosť stratégie F&B je nutná disponibilita jednej redundancie BS – vysokotlakého čerpadla TJ a príslušnej zásobnej nádrže kyseliny boritej. Tento režim odvodu tepla je popísaný v predpise PHP, do ktorého operátor vstupuje pri červenej prioritě pre KBF Odvod tepla z AZ. Táto stratégia je havarijnou možnosťou odvodu tepla z AZ v prípade, že došlo k strate odvodu tepla na S.O., napríklad v dôsledku straty napájania PG. V prípade prechodu na recirkulačnú fázu je možné túto konfiguráciu prevádzkovať dlhodobo, nakoľko sa jedná o uzatvorený chladiaci okruh. Chladičom je chladič HSCHAZ (1TQ23,63W01).

Prísne vzaté, v režimoch 4, 5, 6 je vrcholovým predpisom pre KBF Odvod tepla z AZ predpis SDFR-H.1. Z fyzikálneho hľadiska je však režim Feed&Bleed použiteľný v ľubovoľnom režime.

Nízkotlaký havarijný systém chladenia AZ v konfigurácii RHR.

i. Potenciálna doba použiteľnosti

Režim	Použiteľnosť	Dosiahnutie stavu [h]	Vysvetlenie
1, 2, 3	Nie	-	príliš vysoký tlak a teplota v PO
4	Nie	-	príliš vysoký tlak a teplota v PO
5, 6	Áno	neobmedzene	uzatvorený cirkulačný okruh

Pre úspešnosť stratégie F&B je nutná disponibilita redundancie 20, resp. 60 BS – nízkotlakého čerpadla TH a príslušného chladiča HSCHAZ. Tento režim odvodu tepla je popísaný v predpise PHP, do ktorého operátor vstupuje pri červenej prioritě pre KBF Odvod tepla z AZ. Táto stratégia je havarijnou možnosťou odvodu tepla z AZ v prípade, že došlo k strate odvodu tepla na S.O.. Keďže sa jedná o uzatvorený cirkulačný okruh, je možné túto konfiguráciu prevádzkovať dlhodobo. Chladičom je chladič HSCHAZ.

Ostatné systémy

Na základe konzervatívnych výpočtov a porovnaním s dostupnými analýzami možno stanoviť nasledovné časové obmedzenia pre uvažované konfigurácie HW:

Parogenerátory s PSA PG v kombinácii s HNČ (alternatívny Feed&Bleed na S.O.)

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

i. Potenciálny mission time

Režim	Použitelnosť	Dosiahnutie stavu [h]	Vysvetlenie
1, 2, 3	Áno	cca 34h	zásoba vody v nádrži DV a NN
4	Áno	cca 34h	zásoba vody v nádrži DV a NN
5, 6	Nie	-	nedostatočná teplota PO

Hodnoty uvedené z tabuľky sú odhadnuté pre prevádzkovú zásobu demivody v jednej nádrži DV pre čerpadlá systému DV 1 MPa (cca 300 t) a dvoch NN pri nominálnej hladine (220 t) konzervatívne znížený o 10%. Tento odhad je zároveň vypracovaný pre odstavenie z nominálneho výkonu v režime 1. Pre nižšie režimy (2, 3, 4) je možné uvažovať s ďalšou časovou rezervou až na úrovni 3h. V režimoch 5 a 6 neuvažujeme funkčnosť týchto konfigurácií, nakoľko pre maximalizáciu výdrže je nutné pracovať v parnom režime Feed&Bleed na S.O.. Vodovodný režim by bol možný až cca 10 dní po odstavení reaktora (s prihliadnutím k hydraulickej charakteristike HNČ).

V kontexte dvojblokového havárie je nutné použiť druhú nádrž DV pre potreby susedného bloku. Pre typickú prevádzkovú konfiguráciu bude teda k dispozícii ešte tretia nádrž DV (ďalších 150 t vody na blok). Tým pádom je možné predĺžiť sebestačnosť stratégie Feed&Bleed s HNČ o ďalších cca 15h na blok pri zohľadnení zvyškového výkonu bloku po cca 34 h. Sumárne je preto možné očakávať, že pri vzniku IU v lokalite EBO je stratégia F&B s HNČ schopná zabezpečiť BF Odvod tepla z AZ po dobu približne 50 h pre každý z blokov bez potreby dopĺňania vody z externých zdrojov.

V prípade nedisponibility systému DV 1 MPa je s prihliadnutím k zásobe vody v PG na prvých približne 5 h po odstavení možné uvažovať s potenciálnym mission time tejto sady konfigurácií na úrovni cca 14h.

ii. Možnosť doplnenia chladiva

Nádrže DV je možné dopĺňať z hasičských áut cez existujúce nátrubky. Tým je možné predĺžiť mission time konfigurácií s HNČ v kontexte Záťažových testov na neobmedzene dlhú dobu.

Parogenerátory s PSA PG v kombinácii s SHNČ (alternatívny Feed&Bleed na S.O.)

Pre nadprojektové udalosti je možné uvažovať s dopĺňaním PG **pomocou SHNČ cez trasy odluhov a odkalov PG**. Taktiež je možné prejsť k využitiu HW vzájomným krížením redundancií ako aj využitiu čerpadiel zo susedného bloku. Z hľadiska časovej výdrže sú však tieto konfigurácie totožné s konfiguráciami, kedy je systém SHNČ využívaný v projektovej konfigurácii (striktne rozdelenie podľa redundancií). Význam týchto konfigurácií spočíva v zásadnom zrobusťnení stratégie Feed&Bleed na S.O..

Parogenerátory s PSA PG v kombinácii s gravitačným plnením PG priamo z NN

V prípade udalosti SBO, ktorá nie je kombinovaná/indukovaná seizmickou záťažou bloku je možné ako zdroj NV využiť **gravitačné plnenie PG priamo z NN** bez použitia akéhokoľvek čerpadla systému normálneho, resp. havarijného doplnenia. Jedná sa teda o pasívny spôsob napájania PG. Táto stratégia je popísaná v predpise PHP ECA-0.0 podrobnejšie je táto stratégia popísaná v kapitole 5.

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

Havarijné systémy chladenia AZ (vysokotlaký TJ, nízkotlaký TH)

V režime **Feed&Bleed za použitia TJ** čerpadiel je možné prejsť podobne ako pri SHNČ v predchádzajúcom prípade na konfigurácie HW, ktoré vychádzajú za rámec jednotlivých redundancií BS. V princípe je totiž možné tvoriť konfigurácie pre túto stratégiu aj krížením HW z rôznych redundancií. Z hľadiska časovej výdrže sú však tieto konfigurácie totožné s konfiguráciami, kedy sú bezpečnostné systémy bloku využívané v projektovej konfigurácii (striktne rozdelenie podľa redundancií). Význam týchto konfigurácií spočíva v zásadnom zrobusnení stratégie Feed&Bleed na PO za použitia TJ čerpadiel.

V režime **RHR pri využití TH** čerpadiel je možné prejsť podobne ako v predchádzajúcom prípade na konfigurácie HW, ktoré vychádzajú za rámec jednotlivých redundancií BS. V princípe je totiž možné tvoriť konfigurácie pre túto stratégiu aj krížením HW z rôznych redundancií. Z hľadiska časovej výdrže sú však tieto konfigurácie totožné s konfiguráciami, kedy sú bezpečnostné systémy bloku využívané v projektovej konfigurácii (striktne rozdelenie podľa redundancií). Význam týchto konfigurácií spočíva v zásadnom zrobusnení stratégie RHR na PO za použitia TH čerpadiel.

Nízkotlaký havarijný systém chladenia AZ je možné využiť na odvod tepla z AZ v režime Feed&Bleed.

i. Potenciálny mission time

Režim	Použitelnosť	Dosiahnutie stavu [h]	Vysvetlenie
1, 2, 3	Nie	-	-
4, 5	Áno	neobmedzene	recirkulačný režim z podlahy kontajment
6	Áno	neobmedzene	recirkulačný režim z podlahy kontajment

Použitelnosť stratégie F&B s nízkotlakým čerpadlom TH je silne závislá na okrajových podmienkach IU, kedy je možné uvažovať o nasadení tejto konfigurácie. Dominantným parametrom je celkové akumulované teplo v PO, nakoľko tento parameter ovplyvňuje schopnosť rýchleho odtakovania PO prostredníctvom uzlu PV KO pod záverný tlak čerpadiel TH. Okrem samotného čerpadla je pre tieto konfigurácie nutná disponibilita príslušnej zásobnej nádrže kyseliny boritej. Tento režim odvodu tepla je popísaný v predpise PHP FR-H.1, resp. SDFR-H.1 do ktorého operátor vstupuje pri červenej priorite pre KBF Odvod tepla z AZ. Táto stratégia je havarijnou možnosťou odvodu tepla z AZ v prípade, že došlo k strate odvodu tepla na S.O., napríklad v dôsledku straty napájania PG a navyše nie je k dispozícii vysokotlaký zdroj dopĺňovania chladiča PO (TJ). V prípade prechodu na recirkulačnú fázu je možné túto konfiguráciu prevádzkovať dlhodobo, nakoľko sa jedná o uzatvorený chladiaci okruh. Chladenie zabezpečuje TVD v chladiči HSCHAZ (1TQ23,63W01).

Kríženie redundancií TVD

Pri špecifických nadprojektových udalostiach je možné pristúpiť ku kríženiu redundancií TVD a tým pádom využiť aj projektovo neuvažovanú redundantnosť TVD pre každú redundanciu BS. V tomto kontexte je následne robustnosť systému TVD v prípadebdba výrazne zvýšená, nakoľko každý z BS môže využívať ako konečný recipient tepla ľubovoľný zo systémov TVD. Vzájomné prepojenie redundancií TVD je možné realizovať na prírodných a odvodných rádoch TVD technologických kondenzátorov systému dochladzovania.

Odvod tepla v režime varu pri otvorenom reaktore

Chladivo v AZ sa ohrieva na teplotu sýtosti a následne dochádza k varu. Teplo je z aktívnej zóny odvádzané v dôsledku produkcie pary, ktorá stúpa cez bazén výmeny paliva na reaktorovú sálu. Pri tomto spôsobe odvodu tepla dochádza k zníženiu množstva chladiva v I.O. a pokiaľ nie je zabezpečené adekvátne doplňovanie môže dôjsť až obnaženiu AZ a poškodeniu paliva. Na doplňovanie PO. je možné použiť akýkoľvek nízkotlaký zdroj vody. Z čerpadiel pripojených na II. kategóriu zaisteného napájania je možné využiť doplňovanie PO pomocou VT a NT havarijných čerpadiel a čerpadiel normálneho doplňovania a odpúšťania z PO. Zahusťovanie chladiva je riešené periodickým preplachom (metóda je popísaná v podpornom dokumente pre TSC). Zaujímavou alternatívou v prípade SBO je použitie gravitačného plnenia I.O. z barbotážnych žľabov. Tento režim odvodu tepla je možné po úplnom zaplnení bazénu výmeny paliva kombinovať s odvodom tepla cez PSA (PVPG). Dôjde pri tom k významnej redukcii odparu z bazénu výmeny paliva 60-80% (viď. kapitola 5.1.1.3). Odparovanie primárneho chladiva na reaktorovú sálu je akceptovateľné len ak nie sú k dispozícii žiadne iné možnosti odvodu tepla.

1.3.2.4. Zdroje striedavého napájania a batérie, ktoré by mohli poskytnúť potrebné elektrické napájanie každej trasy (napr.: napájanie čerpadiel a armatúr, pre riadenie prevádzky systémov).

Komponenty uvedených konfigurácií sú napájané hlavne z II. kat. SYZAN, čo znamená, že v prípade výpadku pracovného alebo rezervného napájania je ich možné elektricky napájať z DG. Zároveň PSA PG a RČA na parovodoch PG a na všetkých systémoch nachádzajúcich sa na strane PO sú napájané z I. kat. SYZAN. Tieto armatúry je preto možné napájať z batérií. Z hľadiska redundantnosti je elektrické napájanie navrhnuté tak, že v prípade prevádzky redundantných zariadení/trás v daných systémoch je ich napájanie realizované redundantne z jedného DG. Ako bolo spomenuté v kapitole 1.3, každé zariadenie má v databáze priradené všetky elektrické príводы, z ktorých je napájateľné. Preto pri filtrovaní cez danú IU je možné analyzovať straty zariadení v dôsledku výpadkov všetkých prívodov elektrického napájania.

1.3.2.5. Potreby a metódy chladenia zariadení na odvod tepla z AZ, ktoré patria do určitej trasy odvodu tepla, špeciálny dôraz by mal byť daný na verifikáciu pravdivej diversity alternatívnych trás na odvod tepla (napr. Chladenie vzduchom, chladenie vodou z alternatívnych zdrojov, potenciálne obmedzenia pre poskytnutie príslušného chladiva).

Prevádzkové systémy

Systém dochladzovania

- Konečným recipientom tepla v oboch uvažovaných prevádzkových režimoch je systém technickej vody dôležitej. Na strane PO je odvod tepla z AZ realizovaný v režime prirodzenej cirkulácie (konzervatívny predpoklad použitý pri tvorbe konfigurácii).
- Parný a vodný režim dochladzovania predstavujú vo svojej podstate dve HW a fyzikálne diverzité konfigurácie nakoľko každý z režimov používa na cirkuláciu chladiva v chladiacom okruhu vzájomne odlišné čerpadlá (HNČ, resp. DČ).

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

- Strata TVD spôsobí neprevádzkyschopnosť systému dochladzovania, pretože pre tento systém predstavuje konečný odvod tepla. Zároveň čerpadlá HNC a DČ strácajú chladenie upchávok. Elektromotory čerpadiel sú chladené vzduchom.
- TK1 je chladený systémom TVD 1VF20, TK2 je chladený systémom TVD 1VF40. Pre potreby chladenia každého TK systém TVD 1VF60 predstavuje redundantnú zálohu.
- Konečným odvodom tepla pre systém TVD je atmosféra. Oteplená TVD sa totiž chladí na chladiacich vežiach TVD. Každý systém má vlastnú sadu veží a čerpadiel. Bližší popis systému možno nájsť v kapitole 5.

Bezpečnostné systémy

Feed&Bleed na S.O. s SHNČ

- Konečným recipientom tepla je atmosféra. Odvod tepla z AZ preto nie je závislý na špeciálnom chladiacom okruhu, ktorý sprostredkúva prenos tepla z PO do konečného recipientu.
- Strata TVD spôsobí neprevádzkyschopnosť systému, pretože dôjde k výpadku DG, ktoré poskytujú autonómne napájanie SHNČ.
- SHNČ sú chladené vzduchom. Pre ich prevádzku nie sú potrebné akékoľvek dedikované pomocné systémy.
- Stratégia Feed&Bleed na S.O. je diverzitnou stratégiou odvodu tepla, pretože predstavuje najjednoduchší a najrobustnejší spôsob odvodu tepla cez S.O. realizovateľný s minimom zariadení.

Havarijné systémy chladenia AZ (vysokotlaký a nízkotlaký)

- Konečným recipientom tepla je vždy TVD. Na odvod tepla sa využíva chladič HSCHAZ .
- Strata TVD spôsobí neprevádzkyschopnosť systému, pretože dôjde k výpadku DG, ktoré poskytujú autonómne napájanie týmito konfiguráciami. V prípade, že by bolo k dispozícii napájanie čerpadiel, konfigurácie stratili konečný odvod tepla. Navyše, čerpadlo TJ stratilo chladenie.
- V prípade nefunkčnosti sprchového chladiča je možné v rádoch desiatok hodín odvádzať teplo z AZ v akumuláčnom režime. Je možné využiť akumuláčnú schopnosť chladiča z nádrží HSCHAZ ako aj žľabov barbotážneho systému XL. Celkovo je k dispozícii viac ako 2000 m³ chladiča.
- Stratégie odvodu tepla s využitím havarijných systémov predstavujú ďalší diverzitný spôsob odvodu tepla na úrovni primárnych zariadení. V prípade systému konečného dlhodobého odvodu tepla sú závislé na systéme TVD.

Ostatné systémy

Feed&Bleed na S.O. s HNC

- Pre tieto konfigurácie platia tvrdenia z konfigurácií analogických za použitia s SHNČ. Jediný rozdiel spočíva v nutnosti chladiť upchávky HNC pomocou TVD a odlišným je aj zdroj chladiča. Ten svojou kapacitou výrazne zaostáva za možnosťami konfigurácií s SHNČ a v prípade nefunkčnosti systému DV 1 MPa nie je možné predĺžovať dobu jeho použiteľnosti.

Gravitačné plnenie PG z NN

- Konečným recipientom tepla je atmosféra. V princípe sa jedná o režim Feed&Bleed.
- Využitelnosť tejto stratégie je, podobne ako v predchádzajúcom prípade, limitovaná objemom vody v NN, ktorý ani v prípade optimistických odhadov spravidla neprevyšuje 250t.
- Keďže sa však jedná o pasívny systém nevyužívajúci čerpadlá, môžeme ho považovať za ďalší diverzitný spôsob zabezpečenia BF Odvod tepla z AZ.

Doplňovanie PG pomocou mobilných čerpadiel

- Konečným recipientom tepla je atmosféra. V princípe sa jedná o režim Feed&Bleed.
- Využitelnosť tejto stratégie nie je limitovaná objemom vody pretože je možnosť doplňovania vody z cisterien ZHÚ

1.3.3. Odvod tepla z BSVP do konečného odvodu tepla

Z hľadiska odvodu tepla z BSVP sú určujúce dva režimy skladovania vyhoretého, resp. ožiareného paliva:

- Vyhoreté palivo z predchádzajúcich kampaní za účelom zníženia ich aktivity a zvyškového tepelného výkonu. Nominálna hladina v tomto režime je min. 14,3 m,
- Operatívne vyvezenie celého obsahu aktívnej zóny v čase rozšírenej GO – čiastočne vyhorené palivo z AZ je vtedy skladované spolu s vyhoreným palivom z predchádzajúcich kampaní. Palivo je v tomto režime umiestnené v dvoch roštach uložených nad sebou. Hladina v BS je zvýšená na min. 21 m.

Odvod zvyškového tepla z vyhoretého jadrového paliva je realizované nepretržitou nútenou cirkuláciou chladiacej vody v BS cez chladiče chladené technickou vodou dôležitou. Konečným recipientom zvyškového tepla z paliva je TVD (pre projektové, aj nadprojektové udalosti). Strata poslednej funkčnej redundancie projektového systému odvodu tepla z BSVP predstavuje významný cliff-edge efekt a od tohto momentu je nutné odvádzať vznikajúce teplo priamo varom a vyparovaním chladiča v BSVP.

1.3.3.1. Všetky existujúce prostriedky/ trasy na odvod tepla z BSVP

Pre zabezpečenie BF **Odvody tepla z BSVP** reaktora sú v projekte VVER-440/V213 navrhnuté nasledovné systémy:

- Systém TG11,12,16,
- Havarijný systém chladenia AZ,
- Systém pasívneho potlačenia tlaku v HZ XL,

Z pohľadu bezpečnostnej klasifikácie tieto systémy možno rozdeliť nasledovne:

- **Prevádzkové:**
 - Systém TG11,12,16.
- **Bezpečnostné/Ostatné:**
 - Havarijný systém chladenia AZ ,

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

- Systém pasívneho potlačenia tlaku v HZ XL.

V tomto prípade sa jedná o konfigurácie zariadení vychádzajúce za rámec ich projektového určenia. Môže preto dochádzať ku používaniu takých konfigurácií zariadení pre zabezpečenie BF Odvod tepla z BSVP, kedy sa súčasne využíva spolupráca bezpečnostných a prevádzkových systémov, ako aj kríženie redundancií BS.

1.3.3.2. Príslušné informácie o rozmiestnení, časových obmedzeniach pre použitie, o napájacích zdrojoch a požiadavkách na chladenie zariadení pojednaných v bode 1.3.3.

Prevádzkové systémy

Teplota v skladovacom bazéne sa počas normálnej prevádzky udržiava na hodnote $31 \pm 40^\circ\text{C}$ pomocou troch nezávislých chladiacich systémov. Dva pôvodné systémy TG11 a TG12 dokážu každý samostatne odvieť zostatkové teplo z paliva skladovaného v základnej mreži ako aj maximálnu tepelnú záťaž z operatívneho vyvezenia paliva. Nový, tretí systém TG16, dobudovaný na základe prevádzkovo bezpečnostných požiadaviek, dokáže odvieť iba zostatkové teplo z paliva z minulých kampaní, ktoré je uložené v základnej mreži za účelom zníženia jeho dávkového a tepelného príkonu. Prevádzku systému podrobne opisuje predpis 3-TPP-208. Spôsob riešenia nepravdepodobného súčasného zlyhania všetkých troch systémov chladenia BSVP (ešte pred narušením Kritickej Bezpečnostnej Funkcie) opisujú prevádzkové predpisy 3-TPP-208/A01 a 3-TPP-208/A02.

Systém chladenia vody bazénov 1TG11(12)

Základný systém na odvod tepla z BSVP počas všetkých režimov normálnej prevádzky. Systém sa skladá z dvoch redundantných rovnocenných okruhov TG11 a TG12, každý o výkone 8,14 MW.

i. Odolnosť proti extrémnym externým udalostiam:

Všetky zariadenia sú umiestnené v HVB a sú seizmicky z odolné pre $\text{PGA} = 0,344 \text{ g}$. Externou záplavou nebudú ohrozené čerpadlá TG, nakoľko sú umiestnené na +6,0m. Vplyv extrémnych teplôt, vetra a dažďov na zariadenia sa vzhľadom na ich umiestnenie v HVB považuje za nepravdepodobný. Z vykonaných analýz vyplýva, že extrémne teploty a vietor nemôže ovplyvniť okruh TVD (kapitola 4).

Systém chladenia vody bazénov 1TG16.

Systém na odvod tepla z BSVP keď je výkon BSVP max 1,0 MW.

i. Použitelnosť v jednotlivých prevádzkových režimoch BSVP:

Režim BSVP	Použitelnosť	Časové obmedzenie [h]
všetko palivo vyvezené do BSVP, hladina v BSVP 21,0m, výkon 4,87MWt	Do výkonu 1MW	žiadne
v BSVP je iba vyhoreté palivo z minulých záväzkov, hladina v BSVP 14,3m, výkon 1,25MWt	Do výkonu 1.0MW	žiadne

ii. Odolnosť proti extrémnym externým udalostiam

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

Odolnosť systému je rovnaká ako pre systém TG11,12.

Doplňovanie z nízkotlakových nádrží TH a odpúšťanie z BSVP

Trasou je možné chladiť BSVP drenážovaním a prepúšťaním vody pomocou nízkotlakého systému chladenia PO po strate chladenia technickou vodou dôležitou.

i. Použiteľnosť v jednotlivých prevádzkových režimoch BSVP

Režim BSVP	Dosiahnutie stavu [h]
všetko palivo vyvezené do BSVP, hladina v BSVP 21,0 m	Podrobne v kapitole 5.2
v BSVP je iba vyhoreté palivo z minulých záväzkov, hladina v BSVP 14,3 m, výkon 1,25 MWt	Podrobne v kapitole 5.2

ii. Odolnosť proti extrémnym externým udalostiam:

Všetky zariadenia sú umiestnené v HVB a sú seizmicky z odolnené pre $PGA = 0,344$ g.

Z hľadiska externých záplav v prípade nefunkčnosti dažďovej kanalizácie a neuvažovania prirodzeného odtoku vody z areálu samospádom budú s pravdepodobnosťou $<10^{-4}$ pre trvanie záplavových podmienok ktoré musia trvať viac ako 2 dni ohrozené čerpadlo 1TG10D01. Zvyšok zariadení uvažovaných v uvedenej rodine konfigurácií nebude externou záplavou ovplyvnený.

Vplyv extrémnych teplôt, vetra a dažďov na zariadenia sa vzhľadom na ich umiestnenie v HVB považuje za nepravdepodobný.

Ostatné systémy

Podmienky v BSVP sú trvale monitorované a vyhodnocované pomocou stromu stavov KBF. Problematike núdzových stavov BSVP (zlyhanie všetkých troch vyššieuvedených projektových systémov, resp. strata integrity BSVP a následné porušenie KBF) je venovaná séria predpisov POF - SFP FR-A až E z skupiny predpisov 3-PHP-005. Uvedené dokumenty predpokladajú pre zabezpečenie KBF využitie systémov, ktoré v bežných prev. podmienkach plnia iné funkcie. Tieto systémy sú však potenciálne využiteľné aj pre tento účel.

Okrem systémov pre zabezpečenie odvodu tepla z BSVP popísaných v spomínaných predpisoch boli v priebehu stres testov identifikované niektoré ďalšie trasy zabezpečujúce odvod tepla z BSVP. Všetky konkrétne konfigurácie systémov a komponentov použiteľné pre splnenie KBF pre BSVP sú súčasťou Databázy konfiguračných matric vytvorenej pre účely hodnotenia vplyvov externých udalostí na redundantnosť zabezpečenia BF.

Pre udalosť strata odvodu tepla z BSVP je najkritickejšim scenárom vyvezenie celej aktívnej zóny do BS. V takomto prípade je nutné odvádzať celý jej zvyškový výkon, ako aj výkon kaziet z predchádzajúcich kampaní, dočasne skladovaných v BS. Vyvezenie celej AZ je z prevádzkových dôvodov realizovateľné najskôr 10 dní po odstavení reaktora. V prípade plánovaného vyvezenia AZ (rozšírená GO) je tento čas ešte dlhší.

Zvyškový výkon pre výpočet časových obmedzení v režime dočasného vyvezenia celej AZ bol určený podľa vzťahu Untermeyer-Weills a následne konzervatívne vynásobený koeficientom 1,15 získaným z experimentálneho merania zvyškového výkonu v BS (reálny náhrev bazénu skladu). Integrálne množstvo tepla (a tým aj spotreba chladiacej vody) bolo určované štandardným

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

programom. Pre stanovenie časových rezerv pri skladovaní vyhoretých vymierajúcich kaziet bol prijatý konzervatívny predpoklad konštantného výkonu 1,25 MWt.

Stratégie navrhované predpismi pre havarijnú prevádzku uprednostňujú riešenia používajúce na odvod tepla z BSVP iba ohrev vody, čím sa snažia predísť kontaminácii reaktorovej sály, ktorá logicky nasleduje po ustanovení varu v BSVP. V podmienkach normálnej prevádzky je takýto predpoklad správny a poskytuje dostatočný časový priestor pre obnovu projektového chladiaceho systému. Pri udalostiach, kedy existuje oprávnený predpoklad, že systém nie je možné bežnými zásahmi uviesť do prevádzky, zvažujú sa potenciálne riziká a prínosy a v prípade potreby je možné použitie dostupných zásob chladiva v JE pre režim odvodu tepla z BSVP varom.

Pre určenie časových rezerv do obnaženia paliva bol prijatý práve predpoklad odvodu tepla z BSVP v režime dodávky chladiva a varu pri atmosférickom tlaku.

Doplňovanie BSVP zo žľabov vákuovo-barbotážneho systému (XL)

Doplňovanie BSVP zo systému XL je možné dvoma spôsobmi. Prvý spôsob využíva iba pasívne drenážovanie horných siedmych žľabov, druhý spôsob uvažuje aj s činnosťou čerpadla 1XL10D01 a teda umožňuje prečerpanie zvyšných dolných piatich žľabov do BSVP.

i. Použitelnosť v jednotlivých prevádzkových režimoch BSVP

Stav BSVP	Doba do odparenia 7 horných žľabov systému XL [h]	Doba do odparenia všetkých 12 žľabov systému XL [h]
Operatívne vyvezenie AZ	112	204
Vyhoreté palivo z predchádzajúcich zavážok	429	736

ii. Odolnosť voči extrémnym udalostiam:

Všetky uvažované zariadenia sú umiestnené v budove HVB, preto sú odolné voči extrémnym teplotám, vetru, mrazom a dažďom. Čerpadlo XL10D01, uvažované v druhom variante, sa nachádza na podlaží + 0,0 m v kobke izolovanej vodotesnými dverami a preto nie je ohrozené pri potenciálnej záplave. Systém barbotážnych žľabov aj so stavbou, ako aj systémy TG sú seizmicky z odolné na hodnotu PGA 0,344g.

Doplňovanie BSVP čerpadlami 1TM13,14D01 z nádrží NT havarijného systému 1TH20,40,60B01

Dodávku vody do BSVP je možné zabezpečiť z nádrží NT havarijného systému chladenia AZ, prostredníctvom čerpadiel 1TM13,14D01 systému čistenia vody bazénu skladu, nádrží havarijných systémov a žľabov barbotéra.

i. Použitelnosť v jednotlivých prevádzkových režimoch BSVP

Stav BSVP	Doba do odparenia nádrží systému TH [h]
Operatívne vyvezenie AZ	113
Vyhoreté palivo z predchádzajúcich zavážok	433

ii. Odolnosť voči extrémnym udalostiam:

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

Z hľadiska externých záplav v prípade nefunkčnosti dažďovej kanalizácie a neuvažovania prirodzeného odtoku vody z areálu samospádom budú s pravdepodobnosťou $<10^{-4}$ pre trvanie záplavových podmienok ktoré musia trvať viac ako 2 dni sú tieto čerpadlá ohrozené.

Čerpadlá a trasy systému TM sú seizmicky odolné do hodnoty PGA 0,05g. Nádrže systému TH ako aj potrubia systému TG využívané v tomto variante sú seizmicky zodolnené na hodnotu PGA 0,344g.

Doplňovanie BSVP čerpadlami 1TM13,14D01 z nádrží VT havarijného systému 1TJ20,40,60B01

V uvedenom variante sa uvažuje s dodávkou vody z nádrží VT havarijného systému chladienia AZ, prostredníctvom čerpadiel 1TM13,14D01 (Systém čistenia vody bazénu skladu, nádrží havarijných systémov a žľabov barbotéra) obtokom filtrov daného systému priamo do výtlačných trás prevádzkového systému odvodu tepla z BSVP.

i. Použitelnosť v jednotlivých prevádzkových režimoch BSVP

Stav BSVP	Doba do odparenia nádrží systému TJ [h]
Operatívne vyvezenie AZ	36
Vyhoreté palivo z predchádzajúcich zavážok	146

ii. Odolnosť voči extrémnym udalostiam:

Všetky uvažované zariadenia sú umiestnené v budove HVB, preto sú odolné voči extrémnym teplotám, vetru a dažďom. Čerpadlá 1TM13,14D01, potrebné na dodávku vody, sa nachádzajú na podlaží -6,5m, Z hľadiska externých záplav v prípade nefunkčnosti dažďovej kanalizácie a neuvažovania prirodzeného odtoku vody z areálu samospádom budú s pravdepodobnosťou $<10^{-4}$ pre trvanie záplavových podmienok ktoré musia trvať viac ako 2 dni sú tieto čerpadlá ohrozené.

Čerpadlá a trasy systému TM sú seizmicky odolné do hodnoty PGA 0,05g. Nádrže systému TJ ako aj potrubia systému TG využívané v tomto variante sú seizmicky zodolnené na hodnotu PGA 0,344g.

Doplňovanie BSVP čerpadlom 1TD63D01 z nádrží VT havarijného systému TJ20,40,60B01

Predpis: Uvedená trasa je navrhovaná predpismi SFP FR-A,B,C a D. Operatívny personál

Chladiace médium z troch nádrží VT havarijného systému chladienia AZ (TJ 20,40,60B01) je dopravované do BSVP čerpadlom podávania roztoku H_3BO_3 - TD63D01. Roztok kyseliny boritej je z výtlačku čerpadla vedený obtokom filtrov systému čistenia chladiva bazénov a nádrží HSCHZ, odkiaľ postupuje priamo do výtlačných potrubí projektového systému odvodu tepla z BSVP –1 TG11,12.

i. Použitelnosť v jednotlivých prevádzkových režimoch BSVP

Stav BSVP	Doba do odparenia nádrží systému TJ [h]
Operatívne vyvezenie AZ	36

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

Vyhoreté palivo z predchádzajúcich zavážok	146
--	-----

ii. *Odolnosť voči extrémnym udalostiam:*

Všetky uvažované zariadenia sú umiestnené v budove HVB, sú preto odolné voči extrémnym teplotám, vetru a dažďom. Čerpadlo 1TD63D01 sa nachádza na podlaží -6,5m. Z hľadiska externých záplav v prípade nefunkčnosti dažďovej kanalizácie a neuvažovania prirodzeného odtoku vody z areálu samospádom budú s pravdepodobnosťou $<10^{-4}$ pre trvanie záplavových podmienok ktoré musia trvať viac ako 2 dni je toto čerpadlo ohrozené.

Čerpadlo a trasy systému 1TD63 sú seizmicky odolné do hodnoty PGA 0,05g. Nádrž systému TJ ako aj potrubia systému TG využívané v tomto variante sú seizmicky zodolnené na hodnotu PGA 0,344g.

Doplňovanie BSVP čerpadlom 1TG10D01 z nádrží NT havarijného systému TH20,40,60B01 a súčasné chladenie média chladičom 1TQ23,43,63W01 pomocou čerpadla TH21,41,61D01

Predpis SFP uvažuje dodávku vody z NT nádrží havarijného systému (TH) prostredníctvom čerpadla 1TG10D01 do BSVP, jej ohrev a následný návrat drenážovaním späť do TH nádrží. Oproti prevádzkovému predpisu 3-TPP-208/A01,2 však navrhuje recirkuláciu chladiča príslušným TH čerpadlom cez zodpovedajúci chladič sprchového systému 1TQ23,43,63W01. Čiastočné chladenie média odďaľuje moment, kedy budú všetky dostupné TH nádrže nahriať na neprípustnú teplotu a poskytuje tak ďalší časový priestor pre obnovu projektového systému chladenia BSVP. V prípade nedostupnosti chladiacej trasy je funkcionálna konfigurácia uvažovaná iba v medziach dodávky vody do BSVP a odvodu zvyškového tepla jej odparom do atmosféry. Tento predpoklad bol tiež použitý pri určovaní doby použiteľnosti danej konfigurácie.

Predpis SFP FR-A tiež využíva čerpadlo 1TG10D01 na dodávku roztoku kyseliny boritej do BSVP z VT nádrží havarijného systému (TJ).

i. *Použiteľnosť v jednotlivých prevádzkových režimoch BSVP*

Stav BSVP	Doba do odparenia nádrží systému TJ a TH [h]
Operatívne vyvezenie AZ	149
Vyhoreté palivo z predchádzajúcich zavážok	579

ii. *Odolnosť voči extrémnym udalostiam:*

Okrem okruhu chladiaceho okruhu TVD sú všetky uvažované zariadenia umiestnené v budove HVB, preto sú odolné voči extrémnym teplotám, vetru a dažďom. Doterajšie analýzy nenasvedčujú, že vplyv extrémnych teplôt a vetra môže ovplyvniť okruh TVD (kapitola 4).

Čerpadlá 1TG10D01 a 1TH21,41,61D01 sa nachádzajú na podlaží -6,5m. Z hľadiska externých záplav v prípade nefunkčnosti dažďovej kanalizácie a neuvažovania prirodzeného odtoku vody z areálu samospádom budú s pravdepodobnosťou $<10^{-4}$ pre trvanie záplavových podmienok ktoré musia trvať viac ako 2 dni sú tieto čerpadlá ohrozené.

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

Doplňovanie BSVP čerpadlami TJ, TH z nádrží VT a NT havarijného systému 1TJ20,40,60B01 a 1TH20,40,60B01

Variant uvažuje s dodávkou roztoku kyseliny boritej z akejkoľvek dostupnej VT alebo NT nádrže havarijnej zásoby H_3BO_3 ľubovoľným čerpadlom VT alebo NT systému (kríženie redundancií BS). V databáze konfiguračných matric bolo identifikovaných 400 takýchto trás a možných vzájomných prepojení. Vzhľadom na to, že výstupy havarijných čerpadiel sú zaústené priamo do PO dodávka vody do BSVP týmito systémami je možná iba za predpokladu, že PO je roztesnený (veko reaktora) a existuje spojenie medzi BS a BV (hradidlo medzi BS a BV nie je založené alebo BS a BV sú spojené drenážnym potrubím).

i. Použitelnosť v jednotlivých prevádzkových režimoch BSVP

Stav BSVP	Doba do odparenia nádrží systému TJ a TH [h]
Operatívne vyvezenie AZ	149

ii. Odolnosť voči extrémnym udalostiam:

Všetky uvažované zariadenia sú umiestnené v budove HVB, preto sú odolné voči extrémnym teplotám, vetru a dažďom. Čerpadlá systému 1TJ a 1TH sa nachádzajú na podlaží -6,5m. Z hľadiska externých záplav v prípade nefunkčnosti dažďovej kanalizácie a neuvažovania prirodzeného odtoku vody z areálu samospádom budú s pravdepodobnosťou $<10^{-4}$ pri trvaní záplavových podmienok viac ako 2 dni tieto čerpadlá ohrozené. Systémy TJ a TH sú odolné na hodnotu PGA 0,344g.

Doplnenie BSVP roztokom H_3BO_3 z hydroakumulátorov

- *Predpis: Nápravné opatrenia sú navrhované predpismi SFP FR-A a B. Operatívny personál do nich vstupuje z predpisu SFP F-0.0 – Strom stavov KBF Bazén skladovania vyhorelého paliva.*

Uvažovaná stratégia je, podobne ako predchádzajúca, použiteľná pri roztesnenom PO (veko reaktora) a prepojenom BS s BV. Obsah hydroakumulátorov je možné riadeným spôsobom vylievať do PO, odkiaľ pokračuje do BSVP.

i. Použitelnosť v jednotlivých prevádzkových režimoch BSVP

Stav BSVP	Doba do odparenia hydroakumulátorov [h]
Operatívne vyvezenie AZ	21

ii. Odolnosť voči extrémnym udalostiam:

Všetky uvažované zariadenia sú umiestnené v budove HVB, preto sú odolné voči extrémnym teplotám, vetru a dažďom. Hydroakumulátory tvoria tlakovú hranicu PO, sú preto seizmicky odolné do hodnoty PGA 0,344g.

Dodávka chladiva cez uzol normálneho doplňovania a odpúšťania TK, TE

- *Predpis: Uvedené trasy sú navrhované predpismi SFP FR-A a B. Operatívny personál do nich vstupuje z predpisu SFP F-0.0 – Strom stavov KBF Bazén skladovania vyhorelého paliva.*

V prípade, že PO je roztesnený a spojený s BS je možné realizovať dodávku:

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

- primárneho média z odplyňovačov – 1TK10,50B01,
- čistého kondenzátu zo systému rozvodu čistého kondenzátu a demivody OTK, OTN,
- roztoku kyseliny boritej zo systému 1TB10,50

cez systém normálneho doplňovania a odpúšťania 1TK, TE, systém čistenia chladiva 1TC10,50 priamo do PO a odtiaľ prepojom do BSVP.

Čistý kondenzát je možné do PO dopĺňať iba za predpokladu, že všetko palivo z reaktora je vyvezené, koncentrácia kyseliny boritej v BSVP je najmenej 12g/kg

Navrhované stratégie sú prednostne postavené na nepotrebnosti čerpadiel systému 1TK, 1TE – doprava chladiva je možná buď samospádom, čerpadlami systémov demivody, alebo čerpadlami bórneho koncentráta. Nie je však vylúčená ani spolupráca čerpadiel týchto systémov, resp. samostatná činnosť čerpadiel normálneho doplňovania 1TK20,40,60D01,02 (v prípade dodávky vody z odplyňovačov alebo v prípade dodávky čistého kondenzátu).

i. Použitelnosť v jednotlivých prevádzkových režimoch BSVP

Stav BSVP	Doba do odparenia 1TK10,50B01 [h]	Doba do odparenia OTD51,52B01 [h]	Doba do odparenia 1TB10,50B02 [h]	Spolu [h]
Operatívne vyvezenie AZ	3,27	72,16	6,8	82,23

ii. Odolnosť voči extrémnym udalostiam

Doplňovanie z nádrží 1TK10,50B01 a 0TB10,50 nie je ovplyvnené extrémnymi externými teplotami, vetrom ani mrazom.

Z hľadiska externých záplav v prípade nefunkčnosti dažďovej kanalizácie a neuvažovania prirodzeného odtoku vody z areálu samospádom budú s pravdepodobnosťou $<10^{-4}$ pri trvaní záplavových podmienok viac ako 2 dni sú ohrozené čerpadlá umiestnené pod úrovňou terénu - 1TB11,12,20,40,60D01

Určité riziko vzniká pri dodávke čistého kondenzátu z budovy pomocných prevádzok. Pri extrémnych mrazoch kombinovaných s SBO existuje možnosť zamrznutia prírodného potrubia uloženého v spojovacom moste medzi HVB a BPP. Časť trás tejto skupiny konfigurácií je seizmicky odolná do hodnoty PGA 0,05g. Časť od výtlakov čerpadiel 1TK20,40,60D02 je z odolnená do úrovne PGA 0,344g.

Dodávka čistého kondenzátu do BSVP cez systém čistenia chladiva bazénov a nádrží HSCHZ

- **Predpis:** Nápravné opatrenia sú navrhované predpismi SFP FR-A a B. Operatívny personál doň vstupuje z predpisu SFP F-0.0 – Strom stavov KBF Bazén skladovania vyhorelého paliva.

Vo prípadoch, ak je zaručené že bazén skladu je tesný, je možné pre doplňovanie použiť čistý kondenzát. Navrhovaná trasa vedie zo zásobných nádrží čistého kondenzátu OTD51,52B01, obtokom filtrov systému čistenia chladiva bazénov a nádrží priamo do výstupných potrubí projektového systému odvodu tepla BSVP – TG11,12. Akčným prvkom trasy sú čerpadlá OTN50D01,2 alebo OTK13,14,21,41,61D01, pričom však časť vody z uvedených nádrží môže natiect' do BSVP aj gravitačne.

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

i. Použitelnosť v jednotlivých prevádzkových režimoch BSVP

Režim BSVP	Doba do odparenia 0TD51,52B01 [h]
Operatívne vyvezenie AZ	72,16
Vyhoreté palivo z predchádzajúcich zavážok	283

ii. Odolnosť voči extrémnym udalostiam:

Pri extrémnych mrazoch kombinovaných s SBO existuje možnosť zamrznutia prírodného potrubia uloženého v spojovacom moste medzi HVB a BPP.

Nádrže a trasy systémov 0TD, 0TM, 0TK sú seizmicky z odolnené na hodnotu PGA 0,05g. Celý systém 1TG, a teda aj jeho časť využívaná v tejto skupine konfigurácií, je z odolnená na hodnotu PGA 0,344g.

Doplnenie chladiva z mobilných hasičských cisterien

- *Predpis: HPP*

Stratégia je založená na dodávke vody z mobilných zariadení ZHÚ hadicami priamo do BSVP. Dve hasičské autá sú schopné zabezpečiť kontinuálnu dodávku chladiva kompenzujúcu odpar vody z BSVP.

i. Použitelnosť v jednotlivých prevádzkových režimoch BSVP

Stav BSVP	Doba do odparenia hydroakumulátorov [h]
Operatívne vyvezenie AZ	Neobmedzene
Vyhoreté palivo z predchádzajúcich zavážok	Neobmedzene

ii. Odolnosť voči extrémnym udalostiam:

Proces dodávky chladiva z hasičských cisterien môže byť dočasne do vykonania opatrení voči extrémnym meteorologickým podmienkam - kombinácia sneh-vietor.

1.3.4. Odvod tepla z kontajneru do UHS

Systém ochrannej obálky JE V-2 je komplex, tvorený rôznymi systémami, umožňujúcimi mu vo vzájomnej súčinnosti plniť jeho bezpečnostné funkcie.

Súčasťou hermetickej zóny okrem stavebnej časti dimenzovanej na vnútorný pretlak sú i zariadenia zabezpečujúce jej hermetickosť. Sú to nasledovné hermetické zariadenia:

- hermetická výstelka, tzv. oblicovka (vonkajšia, vnútorná),
- hermetické priechodky (elektro, technologické),
- hermetické dvere a prielezy,
- poklopy,
- poklop (tzv. kolpak) reaktora,

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

- hradidlo bazénu výmeny paliva,
- mechanizmus pohonov ionizačných komôr,
- rýchločinné armatúry.

Na základe bezpečnostných rozborov pri MPH boli stanovené nasledovné požiadavky na dimenzovanie hermetickej zóny:

- max. výpočtový tlak: 245 kPa
- min. výpočtový tlak: 80 kPa
- max. teplota: 129 0C
- max. vlhkosť: 100 % s obsahom vodných kvapiek
- max. dávka ionizujúceho žiarenia: 10^5 Gy za 10 rokov (toto sa týka miestnosti PG).

V koncepčnom riešení sú priestory hermetickej zóny situované v budove reaktora, ktorá je dispozične začlenená do komplexu HVB, s ktorým tvorí jeden celok.

Hermetické priestory sú dislokované v nasledovných priestoroch budovy reaktora:

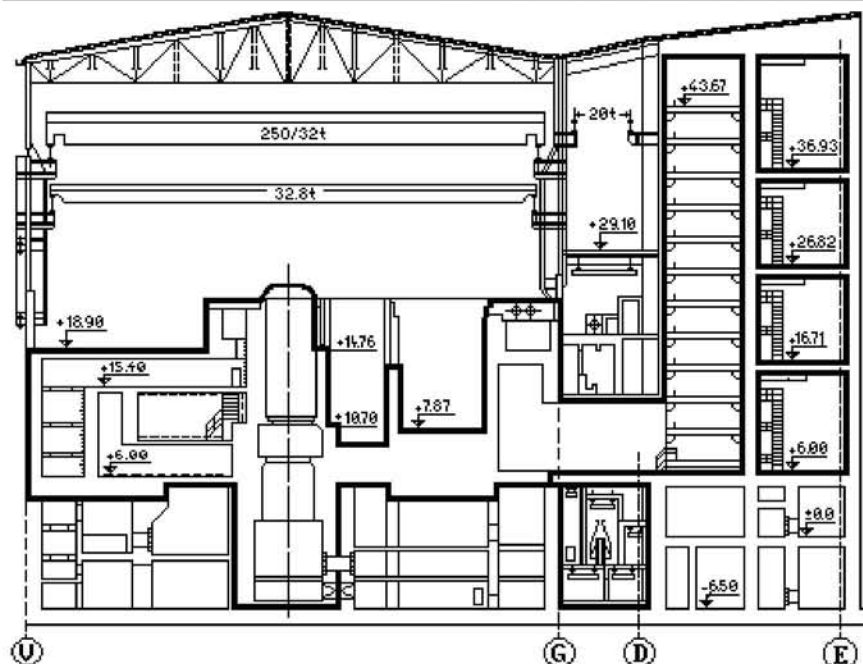
- box parogenerátorov,
- barbotážna veža, so šachtou lokalizácie havárie (ŠLH) a štyrmi plynojemami,
- ventilačné centrum,
- BV (kolpak + hradidlo).

Hlavné systémy kontajnementu:

V závislosti na funkciách, ktoré jednotlivé systémy plniace podporné úlohy pre kontajnement plnia, ich možno rozdeliť do nasledovných skupín:

Systém izolácie kontajnementu – jeho úlohou je oddeliť kontajnement od okolitého prostredia zatvorením RČA na potrubiach prechádzajúcich hranicami kontajnementu, čím sa zabráni priamemu úniku rádioaktivity do okolitého prostredia. Aktivuje sa od zvýšenia tlaku v kontajnmente.

Sprchový systém kontajnementu (TQ) – tento systém plní dve základné požiadavky. Prvou je odvod tepla z kontajnementu počas havárie. Chladivo rozstrekané v kontajnmente absorbuje teplo z kontajnementu v recirkulačnom režime ho odovzdáva v chladiči HSCHAZ technickej vode dôležitej. Zároveň, vďaka chemickým prímiesiam obsiahnutým v rozstrekanom chladive, dochádza k chemickému vyvážovaniu rádioaktívneho jódu a jeho zlúčením, čím pozitívne prispieva k minimalizácii rádioaktívnych únikov.



Poznámka: hrubá čiara - vonkajšia hranica HP

Obr. 1.3.4- 1.: Vertikálny rez budovy reaktora

Vzduchotechnické systémy kontajneru – recirkulačné vzduchotechnické systémy kontajneru zabezpečujú chladenie vzduchu v kontajneroch počas normálnej prevádzky. Pre tieto činnosti sú navrhnuté systémy TL10 (chladí box PG) a TL11 (chladí šachtu reaktora). Chladiče týchto systémov sú chladené systémom chladenej vody (VC) a technickej vody dôležitej (VF). V projekte SAM boli navyše modifikované časti vzduchovodov TL11 na umožnenie stratégie IVR (bližšie v kap. 6).

Systém pre pasívne potlačenie tlaku v kontajneroch – tento systém obmedzuje maximálnu hodnotu tlaku v kontajneroch pri LOCA alebo SLB havárii v kontajneroch. Pre túto činnosť sa využívajú tzv. barbotážne žľaby systému XL, v ktorých kondenzuje expandujúce chladivo, čo pozitívne ovplyvňuje priebeh maxima tlaku v kontajneroch.

Systém pre manažment vodíka – vid' kapitola 6.

Funkcia barbotážneho systému:

Barbotážny systém umiestnený v barbotážnej veži je s ostatnými priestormi hermetickými zónami prepojený spojovacím koridorom o prietlačnom priereze cca 11x7 m, ktorý je zaústený do vstupnej komory ŠLH. Odtiaľ sa parovzdušná zmes rozvádza pod barbotážne žľaby umiestnené v 12 poschodiach nad sebou. Pre udržiavanie množstva vody, potrebnej pre kondenzáciu pary v prípade MPH, je v každom poschodí umiestnených 10 žľabov pracujúcich paralelne. Parovzdušná zmes sa ku každému žľabu privádza pomocou kanálov vytvorených opornými nosníkmi, dnami (privarenými k nosníkom) a bočnými plechmi. Barbotážne žľaby sú naplnené borovou vodou s obsahom kyseliny boritej 12 g $H_3BO_3/kg H_2O$. Táto konštrukcia umožňuje hydraulické utesnenie medzi atmosférou hermetických priestorov a priestorom za barbotážnymi kondenzátormi.

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O LOKALITE / ELEKTRÁRNI

Priestor nad barbotážnymi žľabmi je cez zdvojené spätné armatúry (klapky $\hat{1}$ 500 mm) spojený so záchytnými komorami (plynojemami). Plynojemý sú štyri [REDAKOVANÉ] a ku každému sú pripojené tri poschodia barbotážnych žľabov. Medzi priestorom nad žľabmi a ŠLH sú na každom poschodí dve samouzatváracie klapky Js 250, ktoré zamedzujú vytlačaniu vody zo žľabov pri malých haváriách. Umožňujú prietok len v smere z priestoru nad žľabmi do priestoru šachty barbotéra a úplne sa zatvárajú ak je absolútny tlak v priestore šachty barbotéra väčší než 170 kPa.

Potlačenie tlaku v kontajnmemente v prípade MPH a zabráneniu jeho nárastu nad neprípustné hodnoty je pasívne zabezpečené barbotážnym systémom. Nie sú preto potrebné akékoľvek aktívne systémy (napr. sprchový systém kontajnementu) na to, aby v prípade veľkej LOCA havárie nedošlo k porušeniu kontajnementu v dôsledku pretlaku.

1.3.4.1. Všetky existujúce systémy/ reťazce používané pre odvod tepla z kontajnementu do atmosféry

Pre zabezpečenie **BF Integrita kontajnementu** (v kontexte tejto správy sa jedná len o Odvod tepla z kontajnementu) sú v projekte VVER-440/V213 navrhnuté nasledovné systémy:

Vzduchotechnické systémy chladenia kontajnementu (TL10, 11)

Projektom uvažovaná konfigurácia tohto systému sa využíva na chladenie vzduchu boxu PG (systém TL10) a šachty reaktora (systém TL11). Použitie týchto systémov sa uvažuje len za normálne prevádzky. Konečným recipientom tepla odvedeného z kontajnementu je systém TVD a systém chladenej vody VC. Odvod tepla sa realizuje v chladičoch systémov TL10, 11.

Sprchový systém kontajnementu (TQ)

Projektom uvažovaná konfigurácia tohto systému využíva trasovanie cez tepelný výmenník HSCHAZ a recirkuláciu chladiva PO z podlahy kontajnementu. Konečným recipientom tepla je systém TVD. Odvod tepla z kontajnementu je realizovaný týmto systémom počas DBA sekvencií, v ktorých dochádza k úniku chladiva PO alebo S.O. v kontajnmemente.

Vzhľadom k skutočnosti, že hodnotenie blokov má byť vykonané aj **v oblasti nadprojektových udalostí, pre zabezpečenie BF Integrita kontajnementu** boli uvažované aj nasledovné konfigurácie systémov elektrárne vychádzajúce za rámec ich typického projektového použitia.

Vzduchotechnické systémy chladenia (TL10, 11)

V prípade BDBA je v prípade splnenia špecifických podmienok s prihliadnutím na charakter danej udalosti prístup k stratégii odvodu tepla z kontajnementu aj za pomoci systémov TL10, 11. Sumárny chladiaci výkon týchto systémov však bude závisieť na aktuálnej prevádzkyschopnosti systému chladenej vody VC a TVD.

Sprchový systém kontajnementu (TQ)

V prípade BDBA je možné uvažovať s využitím TQ čerpadiel, podobne ako v prípade stratégií za využitia čerpadiel TJ, TH spomenutých vyššie, v takých konfiguráciách HW, ktoré vychádzajú za rámec jednotlivých redundancií BS. V princípe je totiž možné tvoriť konfigurácie pre túto stratégiu aj krížením HW z rôznych redundancií.

1.3.4.2. Príslušné informácie o rozmiestnení, fyzickej ochrane, časových obmedzeniach pre použitie, o napájacích zdrojoch a požiadavkách na chladenie zariadení pojednaných v bode 1.3.4.

Vzduchotechnické systémy chladenia kontajneru (TL10, 11)

Keďže sa jedná o recirkulačné systémy, tieto môžu byť v prevádzke nepretržite.

i. Odolnosť proti extrémnym externým udalostiam

Všetky zariadenia sú umiestnené v HVB a priamo v kontajneru. Nie sú preto ohrozené extrémnymi poveternostnými vplyvmi.

Sprchový systém kontajneru (TQ)

Systém TQ je po premanipulovaní sania na podlahu kontajneru recirkulačný, preto môže byť v prevádzke nepretržite.

i. Odolnosť proti extrémnym externým udalostiam

Všetky zariadenia sú umiestnené v HVB a sú seizmicky odolné pre $PGA = 0,344 g$.

Z hľadiska externých záplav v prípade nefunkčnosti dažďovej kanalizácie a neuvažovania prirodzeného odtoku vody z areálu samospádom budú s pravdepodobnosťou $<10^{-4}$ pre trvanie záplavových podmienok ktoré musia trvať viac ako 2 dni ohrozené čerpadlá TQ. Zvyšok zariadení uvažovaných v uvedenej rodine konfigurácií nebude externou záplavou ovplyvnený.

Vplyv extrémnych teplôt, vetra a dažďov na zariadenia sa vzhľadom na ich umiestnenie v HVB považuje za nepravdepodobný.

1.3.5. Striedavé zdroje napájania

1.3.5.1. Napájanie zo siete

1.3.5.1.1. Informácie o spoľahlivosti napájania zo siete: historické dáta minimálne z výpadkov siete, ich trvanie, počas prevádzky elektrárne

Zoznam a presný popis udalostí spojených s poruchami siete sú v rozšírenej verzii zo záťažových testov EBO3,4.

1.3.5.1.2. Prepojenie elektrárne s vonkajšou sieťou: prenosové linky a potenciálne zemné trasy s ich pripojovacími bodmi, fyzická ochrana a projektové opatrenia proti vnútorným a vonkajším ohrozeniam.

Na EBO3,4 sú nasledovné možnosti napájania spotrebičov:

- Z jedného zo štyroch generátorov elektrárne, pokiaľ elektrárne dodáva energiu do siete 400 kV a tiež v prípade zregulovania práce bloku na chod na vlastnú spotrebu
- 2 x zo siete rozvodu 400 kV - cez trasy vyvedenia výkonu bloku do elektrickej siete, keď sú TG odstavené (400 kV linka z rozvodne Bošáca alebo 400 kV linka z rozvodne Križovany)
- 2 x z rezervných transformátorov bloku (z rozvodne Bošáca 110kV z rozvodne Križovany 220 kV, ak je vývod do siete 400 kV vypnutý)
- 1x zo siete 110kV z hydrocentrály Madunice

Na každom reaktorovom bloku sú inštalované 2 turbogenerátory.

Výkon generátorov je zapuzdrenými vodičmi privedený na blokové transformátory 300 MVA; 15,75 kV. Po transformácii na napätie 400 kV je privedený do 400 kV zvn rozvodne, ktorá je zaradená za blokovým transformátorom. Do rozvodne je zaústené 400 kV vedenie, ktorým je vyrábaný výkon prenášaný do 400 kV zvn rozvodní mimo elektrárne. Z 3. bloku JE V2 je výkon vyvedený jednou linkou do rozvodne zvn 400 kV Bošáca pri Novom Meste n/Váhom) vzdialenej cca 41 km.

Výkon z generátorov 4. bloku JE V2 je vyvedený jednou linkou do rozvodne zvn/vvn 400/220/110 kV Križovany vzdialenej cca 20 km.

Elektrická schéma umožňuje zabezpečiť pri práci aspoň jedného RB, bez ohľadu na prechodné stavy v ES napájanie rezervného TR druhého bloku a tým napájanie celej VS tohto bloku.

Začlenenie EBO3,4 do prenosovej sústavy 400 kV ES Slovenska je na obr. 1.3.5-1.

1.3.5.2. Elektrické napájanie vlastnej spotreby

1.3.5.2.1. Hlavné káblové trasy a rozvodne

Schéma napájania vlastnej spotreby začína pracovnými TR VS 1 BT01(02), ktoré sú napájané z línie vyvedenia výkonu odbočkou za generátorovým odpojovačom. Týmto TR sa znižuje napätie z 15,75 kV na hodnotu 6,3 kV, vhodnú pre napájanie spotrebičov vo VS.

Z každého pracovného TR VS sú napájané dva rozvádzače 6 kV nezaisteného napájania. Z TR 1 BT01 sú to rozvádzače 1BA a 1BB, z TR 1BT02 rozvádzače 1BC a 1BD. Z týchto rozvádzačov sú napájané spotrebiče VS, ktoré vzhľadom na svoj výkon vyžadujú napájacie napätie 6 kV. TR VS je pripojený na trasu vyvedenia výkonu pred blokovým TR zapuzdrenými vodičmi 15,75kV/11kA. Vývod do 6 kV rozvodní nezaisteného napájania je urobený zapuzdrenými vodičmi 6kV/2,5 kA.

Okrem týchto pracovných zdrojov VS je možné použiť aj rezervné zdroje. Rezervným zdrojom pre napájanie VS 1.bloku EBO3,4 je rezervný TR AU01, ktorý je napájaný vedením 220 kV z rozvodne pri JE A-1. Pre druhý RB je určený rezervný TR AU02, ktorý je napájaný vedením 110 kV z rozvodne pri JE V-1 Oba tieto TR je možno použiť v prípade potreby pre napájanie VS 1.RB, resp. 2.RB. Rezervné prípojnice sú vyhotovené zo zapuzdrených vodičov 6kV/2,5 kA.

Z rezervných TR VS sú napájané rezervné rozvodne 6 kV BE a BF a z nich priebežné rezervné prípojnice 6 kV BL a BM. Z rezervných prípojnic sú urobené rezervné privody na jednotlivé 6 kV rozvádzače

nezaisteného napájania. Z prípojnice 1BL je urobený rezervný prívod na rozvádzače 1BA, 1BD, z prípojnice 1BM je urobený rezervný prívod na rozvádzače 1BB a 1BC.

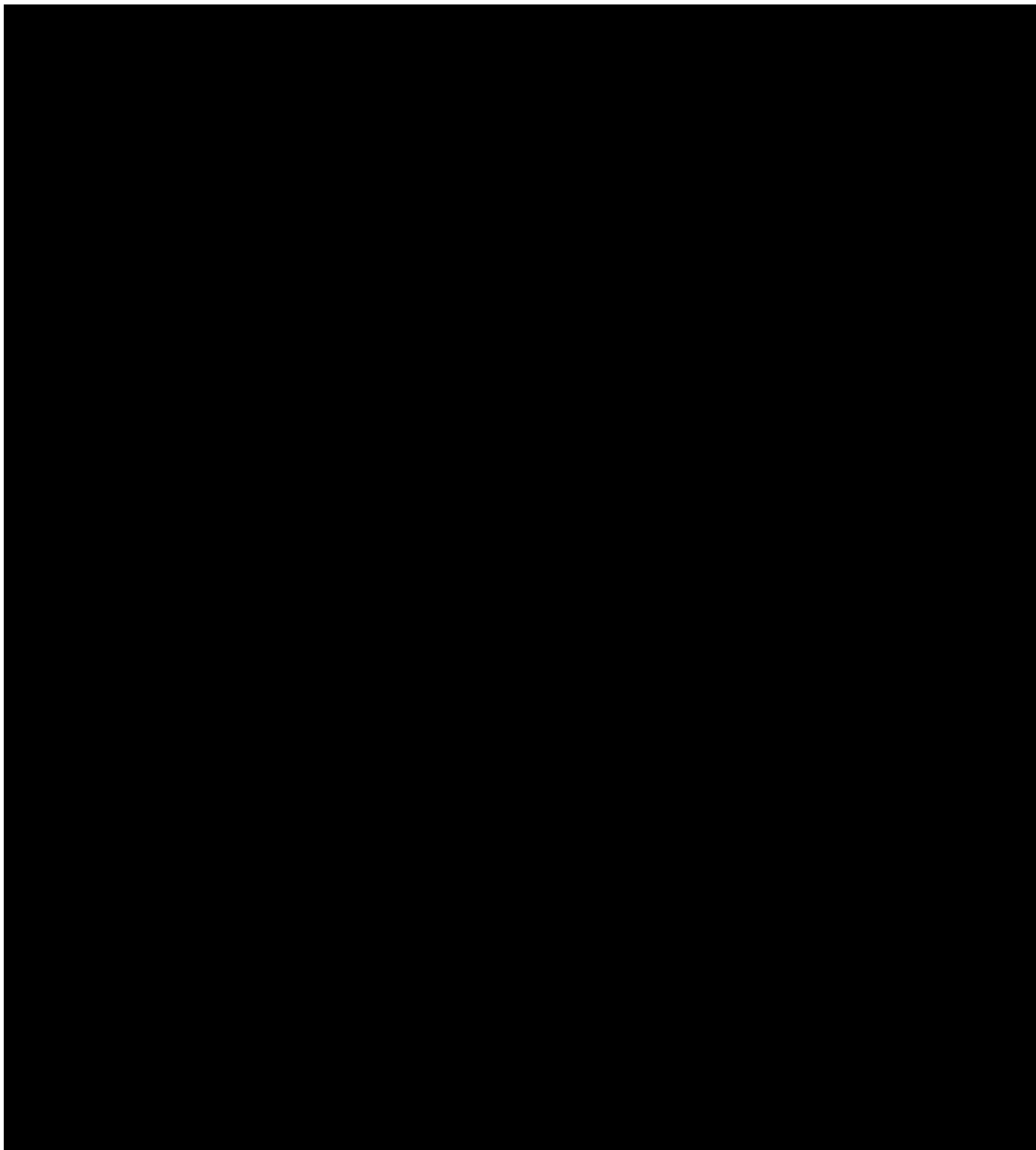
Na 6 kV rozvádzače VS nezaisteného napájania 1BA, 1BB, 1BC a 1BD sú pripojené spotrebiče, ktoré vyžadujú napájacie napätie 6 kV a vývody na znižujúce TR 6/0,4 kV (0,175 kV) označované CT. Tieto TR napájajú 0,4 kV rozvádzače nezaisteného 1CA, 1CB, 1CH, 1CC, 1CD, 1CS, 0CS (rezervný rozvádzač 1CR je napájaný z 2. RB) a 0,175 kV rozvádzače 1CE a 1CF, z ktorých sú napájané silové časti systému SORR.

Napájanie spoločných spotrebičov je umožnené z oboch RB. Každý zo spotrebičov má prívod z 1. aj 2. RB, ktoré sú prevádzkované podľa potreby.

V schéme VS EBO3,4 sú vyčlenené 3 nezávislé, identické systémy zaisteného napájania (SYZAN). Tieto systémy sú za nominálnych podmienok napájané zo 6 kV rozvádzačov nezaisteného napájania za nominálnych podmienok spojené so 6 kV rozvádzačmi II. kategórie SYZAN. Prepojené sú rozvádzače 1BB-1BV, 1BC-1BX, 1BD-1BW. Na každý 6 kV rozvádzač II. kategórie SYZAN sa môže ako núdzový zdroj SYZAN pripojiť DG. Z rozvádzačov 1BV, BX, BW sú napájané 6 kV spotrebiče II. kategórie a ďalšie EZ II. a I. kategórie SYZAN.

V schéme VS je okrem troch nezávislých SYZAN vytvorený aj tzv. 4. systém zaisteného napájania I. kategórie, ktorý je zdvojený (zdroje „A“, „B“). Tento systém nie je rovnocenný s tromi spomínanými SYZAN. Je napájaný z II. kategórie prvého SYZAN (zdroj „A“), resp. z II. kategórie druhého SYZAN (zdroj „B“).

Ďalším systémom vytvoreným v schéme VS, je systém silového napájania SORR. Tento systém je tiež nazývaný 5. systém. Tvoria ho dva TR 6/0,175 kV 1CT08,09 a rozvádzače 175 V 1CE a 1CF. Núdzový zások tvorí batéria 1EE05 a j. s. rozvádzač 1EJ.



Obr. 1.3.5- 2.: Schéma elektrického napájania vlastnej spotreby

1.3.5.2.2. Rozmiestnenie, umiestnenie a fyzická ochrana proti interným a externým ohrozeniam

Transformátory rezervného napájania blokov EBO3,4 AU01 a AU02 sú umiestnené pri vonkajšej stene strojovne oddelené medzi sebou protipožiarnou stenou (požiarna odolnosť steny 120min, oceľovej konštrukcie 45min).

TR VS sú umiestnené pri vonkajšej stene strojovne v rade s blokovými TR, od ktorých ich oddeľuje protipožiarna stena. TR stojí na podvozku s vybetónovanou zbernou jímkou oleja. Stanovisko TR je vybavené stabilným hasiacim zariadením.

Spojovacie vedenie medzi TR VS a 6 kV rozvodňami nezaisteného napájania je urobené zapuzdrenými vodičmi 2,5kA/6kV s podpernými izolátormi a vzduchovou izoláciou. Tieto vodiče sú schopné prenášať väčšie výkony ako káble.

Rozvádzače 6kV sú použité skriňové rozvádzače typu IRODEL VH151 a VH112 (výrobok EJF Brno). Izolovanie je urobené systémom pevná látka - vzduch. Časť izolácie je urobená pevnou izolačnou hmotou, do ktorej sú živé časti zaliate, alebo sú ňou obklopené. Bezpečná obsluha je zaistená dokonalým krytím a blokovaním.

Rozvodne 6 kV sa nachádzajú v priečnej a pozdĺžnej etažérke na ± 0 m.

Elektrické zariadenia pre druhú kategóriu ZN vlastnej spotreby EBO3,4 sú, okrem DGS a ventilátorových chladiacich veží, umiestnené v HVB v etažérkach (objekt 805, 806, 807) na podlaží $\pm 0,0$ m a $+ 9,6$ m.

Rozvod 0,4 kV VS je napájaný zo 6 kV rozvádzačov cez TR 6/0, 4 kV. Sú umiestnené v rozvodniach 0,4 kV v bezprostrednej blízkosti rozvádzačov. Zo strany 6 kV sú TR pripojené celoplastovými káblami z príslušnej skrine 6 kV rozvádzača.

Rozvádzače 0,4 kV nesystémové sú umiestnené v rozvodniach v HVB v priečnej a pozdĺžnej etažérke na ± 0 m.

S rozvádzačmi sa v rozvodni nachádzajú tiež príslušné napájacie transformátory

Rozvodne 0,4 kV nezaisteného napájania slúžia na napájanie spotrebičov do výkonu 175 kW a napájanie podružných rozvádzačov primárneho a sekundárneho okruhu. V rozvodni je spolu s rozvádzačom umiestnený aj TR, z ktorého je tento rozvádzač napájaný. Rozvádzače sú skriňového prevedenia typu JRP s krytím IP-40.

Opatrenia a zariadenia použité pre prevenciu vzniku a pre ochranu proti šíreniu požiaru v káblových priestoroch vyplývajú z bezpečnostných požiadaviek a protipožiarnych opatrení ČSN.

1.3.5.3. Hlavné zdroje záložného napájania

1.3.5.3.1. Zdroje napájania vlastnej spotreby ako náhrada pri strate napájania zo siete

V prípade zlyhania napájania zo siete dôjde k prechodu napájania dôležitých spotrebičov na napájanie z DG. Pripojenie jedného z trojice DG, každý o napätí 6kV a výkone 2,8MW, postačuje na zabezpečenie splnenia bezpečnostných funkcií.

Zdrojom napájania vlastnej spotreby ako náhrada pri strate napájania zo siete sú tri DG QV, QW a QX, ktoré môžu byť pripojené na 6 kV rozvádzače BV, BW a BX.

Základným režimom práce DG je režim „horúca rezerva“. V tomto režime je DG a jeho pomocné systémy pripravený k okamžitému automatickému štartu a plnému zaťaženiu spotrebičmi ZN II. kategórie.

Pripravenosť DG v tomto režime je kontrolovaná obsluhou BD. Nepripravenosť resp. porucha DG je signalizovaná na BD, kde je privedený súčtový signál poruchy resp. nepripravenosti DG.

1.3.5.3.2. Redundancia, separácia redundantných zdrojov (štruktúrami alebo vzdialenosťou) a ich fyzická ochrana proti interným a externým ohrozeniam.

DG je nezávislý od pracovného aj od rezervného napájania vlastnej spotreby. DG sú umiestnené samostatne v seizmicky a požiarne odolnej budove, ktorá je rozdelená na šesť samostatných kobiek. V každej kobke je dieselový motor, generátor striedavého prúdu, jednosmerné napájanie 24V, meracie, signalizačné a regulačné prístroje, vzduchotechnika, dozorňa, elektrorozvodne a pomocné systémy DG.

1.3.5.3.3. Časové obmedzenie pre dostupnosť týchto zdrojov a externé opatrenia na predĺženie ich použiteľnosti (napr. objem palivových nádrží)

Minimálna zásoba paliva - motorovej nafty je podľa Limit a podmienok 330m³ na jeden reaktorový blok, pričom zásoba paliva pre jeden DG nesmie klesnúť pod 55m³. Palivo je rovnomerne rozložené na tri DG. Jeden DG má zásobu paliva na 10 dní. Spotreba paliva pri nominálnom výkone dieslového motora 3,3MW je 644kg/hod. Pri trojdňovom chode DG 2QV na záťaž 1,5-1,6MW (4-PRG-042/A1011/2011) bola priemerná spotreba nafty 426kg/hod. Externé palivo na lokalite sa nachádza v susednej JE vo vyraďovaní – JAVYS, kde sa nachádza 6 DG, ktoré sú pripojiteľné k zaisteným sekciám EBO3,4.

1.3.5.4. Diverzné záložné zdroje napájania permanentne inštalované na lokalite.

1.3.5.4.1. Všetky diverzné zdroje, ktoré môžu byť použité na rovnakú úroveň ako hlavné záložné zdroje, alebo pre obmedzenejšie špecializované účely (napr. na odvod tepla z reaktora keď primárny okruh je neporušený, na zabezpečenie prevádzky systémov chrániacich integritu kontajneru po roztavení paliva v AZ)

Pre účely využitia pri ťažkých haváriách – SAM, kedy prišlo k zlyhaniu všetkých záložných zdrojov napájania sa buduje jeden DG aj s príslušnými rozvádzačmi a spotrebičmi na riešenie ťažkých havárií.

Zapojenie diesla SAM do elektrickej schémy vlastnej spotreby bude cez rozvádzač BG. Pripojenie tohto diesla bude možné k ľubovoľnej redundancii.

DG bude na 6 kV a bude mať výkon 1200 kW. Bude pokrývať potreby ťažkých havárií – SAM a aj prípad havárie SBO. Taktiež budú inštalované dva stabilné usmerňovače, ktoré bude možné pripojiť ku dvom akubateriám na bloku.

Okrem tohto stabilného DG budú aj dva mobilné DG 0,4 kV s výkonmi 275-320 kW, ktoré budú v prípade potreby pripojené k rozvádzačom [REDAKOVANÉ]

Pre Prípade potreby núdzového dobíjania akubaterií na EBO3,4 slúži jede mobilný usmerňovač 0EQ. Ten je schopný prúdom 160 A zabezpečiť nabíjanie stabilných akubaterií.

1.3.5.4.2. Príslušné informácie o umiestnení, fyzickej ochrane a časových obmedzeniach zariadení pojednaných v bode 1.3.5.3

SAM DG 0QG v prípade ťažkej havárie bude možné naštartovať ručne z blokových dozorní alebo z CHO – centra havarijnej odozvy. Výkon diesla je dimenzovaný pre prípad ťažkej havárie a aj pre SBO. Po automatickom štarte bude podané napätie na 6 kV rozvodňu [REDAKOVANÉ] a aj na 0,4 kV rozvodne [REDAKOVANÉ]. Ostatné manipulácie budú ručné. Niektoré budú diaľkové iné z miesta.

6kV DG na JAVYS je možné pripojiť ručnou manipuláciu v súčinnosti EBO3,4 a JAVYS.

Mobilné diesle 0,4 kV budú na stanovisku pripravené na prevoz. Spolu s nimi bude k dispozícii aj kabeláž pre pripojenie určených rozvádzačov a spotrebičov a zásoba nafty.

Mobilný usmerňovač je pripravený na prevoz a na pripojenie k ľubovoľnému rozvádzaču alebo 63 A zásuvke na strane vstupnej a k ľubovoľnému rozvádzaču jednosmerného napätia tak, aby mohol dobíjať akubateriu prúdom až 160 A.

1.3.5.5. Ostatné napájacie zdroje, ktoré sú plánované a udržiavané v pohotovosti ako posledný prostriedok pre prevenciu vážnej havárie ohrozujúcej reaktor alebo bazén vyhorelého paliva.

1.3.5.5.1. Potenciálne použiteľné špeciálne prepojenia s vedľajším blokom alebo susednými elektrárnami.

Každá sekcia zaisteného napájania 6 kV [REDAKOVANÉ] je vzájomne prepojiteľná so zaistenou sekciou susedného bloku.

Vybrané spotrebiče zaisteného napájania obidvoch blokov je možné napájať z jedného vyčleneného hydrogenerátora (výkon 5MW) z cca 10km vzdialenej VE Madunice. Napájanie je navrhnuté pre stav rozpadu siete a zlyhania DG EBO3,4.

Výkon jedného hydrogenerátora je vedením 110 kV prenášaný do rozvodne 110 kV v JAVYS. Tam cez transformátor 10 MVA je napájaný rozvádzač 6 kV r6-713, ktorý slúži ako III. sieť. Pôvodne táto sieť slúžila aj ako záloha DG na elektrárni V-1. Po jej odstavení už III. sieť pre V-1 nie je potrebná. Naopak DG na JE V-1 môžu byť napojené ako zdroj, ktorý by bol alternatívou za hydrogenerátory. Celkovo sú na V-1 k dispozícii 3 sekcie každá s dvoma DG 1600 kW, ktoré môžu pracovať v paralelnom režime.

1.3.5.5.2. Možnosti pripojenia mobilných napájacích zdrojov pre napájanie konkrétnych bezpečnostných systémov

Na bezpečnostných sekciách [REDAKOVANÉ] 0,4 kV boli vybudované špeciálne polia pre „accident management“, kam je možné pripojiť mobilné 0,4 kV DG. Tie zatiaľ sú v procese obstarávania. Pripravené vývody sú vybavené ističmi, na ktoré je možné pripojiť mobilný DG výkonu 440 kVA.

1.3.5.5.3. Informácie o každom napájacom zdroji: výkon, napätie a ostatné relevantné obmedzenia

Na vodnej elektrárni sú k dispozícii 3 hydrogenerátory s výkonom 18 MVA. Tento výkon aj celá prenosová cesta sú dostatočné pre potreby EBO3,4.

Alternatívny zdroj DG 2x1600 kW na JAVYS výkonovo postačujú pre potreby EBO3,4.

1.3.5.5.4. Príprava pre uvedenie zdroja do prevádzky: potreba špeciálneho personálu, predpisy a výcvik, potrebný čas na pripojenie, zmluvné zabezpečenie, ak vlastníkom nie je držiteľ licencie, zraniteľnosť zdrojov a pripájacích trás externými ohrozeniami a poveternostnými podmienkami, ako aj opatrenia na ich uvedenie do prevádzky vrátane toho kde sú skladované (oboje v súvislosti)

Hydrocentrála Madunice je vo vlastníctve SE a.s. Pre uvedenie do prevádzky III. siete z hydrocentrály Madunice existuje prevádzkový predpis. Prakticky bolo odskúšané jej uvedenie do prevádzky samostatným programom. Po vyvolanej strate napájania a nepripojení stabilných DG bol dispečerovi daný pokyn na vydelenie hydrogenerátora pre potreby JE a napätia do elektrárne bolo podané do elektrárne a prvý spotrebič bol zapnutý o 33 minút. Trasa vedenia 110 kV z hydrocentrály Madunice vedie

iným koridorom ako vyvedenia vedie výkonu z EBO3,4 a privedenie rezervného napájania. Transformátor 10 MVA a rozvádzač 6 kV r6-713, ktorý slúži ako III. sieť nie je v areáli EBO3,4 a privody 6 kV káblov sú iných káblových trasách ako ostatné zdroje.

Pre využitie DG JAVYS pre EBO3,4 všetky manipulácie sa robia ručne. V súčasnosti nie sú zmluvy ani predpisy na použitie týchto DG pre potreby EBO3,4.

1.3.6. Batérie pre jednosmerné napájanie

1.3.6.1. Popis batérií ktoré je možné použiť pre napájanie bezpečnostných spotrebičov: kapacita a čas ich vybitia v jednotlivých prevádzkových situáciách (režimoch)

Systém zaisteného napájania I. kategórie je určený pre napájanie spotrebičov, u ktorých dovolené prerušenie napájania max. do 1 sekundy. V el. schéme u oboch el. blokov sú vytvorené tri nezávislé systémy zaisteného napájania I. kategórie.

Pre napájanie systémov TPS, SCORPIO, obvodov ovládania, riadenia, regulácie a signalizácie sekundárnej časti je v I. kategórie vytvorený 4. systém, ktorý je zdvojený.

Pre napájanie obvodov ovládania a ochrán reaktora /SORR/ je určený 5. systém.

Prvý až štvrtý systém je za normálnej prevádzky napájaný zo systému ZN II. kat. Piaty systém je napájaný z nesystémového rozvádzača bez kategórie. Každý systém sa napája cez príslušný usmerňovač [REDACTED] ktorý napája jednak príslušné jednosmerné úsekové rozvádzače [REDACTED] z ktorých sú napájané jednosmerné spotrebiče. Akumulátorové batérie [REDACTED] ktoré sú pripojené na jednosmerné rozvádzače ZN I. kat., počas normálnej prevádzky sú v režime trvalého dobíjania. Striedavé rozvádzače prvého až štvrtého systému ZN I. kat. [REDACTED] sú napájané cez striedače [REDACTED]. Obidva rozvody jednosmerný a striedavý splňujú požiadavky pre napájanie spotrebičov I. kategórie. 5. systém (rozdávzač EJ - napájanie SORR) má pracovné napájanie cez usmerňovač EQ05 zo sekcie 6kV bez kategórie. Po výpadku pracovného napájania zdrojom spotrebičov 5. systému je batéria [REDACTED].

V havarijných režimoch pri strate pracovných a rezervných zdrojov bloku, počas doby štartu DG až po ich pripojenie na systémové sekcie 6 kV II. kategórie [REDACTED] sú akumulátorové batérie [REDACTED] jediným zdrojom jednosmerných a striedavých spotrebičov I. kategórie. Batérie v tejto fáze režimu prechádzajú do režimu vybíjania. Po pripojení DG k sekcii zaisteného napájania II. kat. sa obnoví činnosť usmerňovačov a batéria prejde z režimu vybíjania do režimu nabíjania. V prípade neúspešného štartu alebo nepripojenia DG k sekcii ZN II. kat 6kV zostáva príslušná batéria [REDACTED] bez nabíjacieho zdroja. V dôsledku odoberaného prúdu, ktorý priemerne dosahuje hodnoty 150A klesá kapacita batérie. Batéria sa ponechá v režime vybíjania až pokiaľ na nej neklesne napätie na hodnotu konečného vybíjacieho napätia 1,85V na článok, t.j. 199,8 V pri 108 článkoch. V prípade black-outu je možné vybíjať batériu až na hodnotu 1,63 V/článok, t.j. pri 108 článkoch 176 V. Pokles napätia batérie pod uvedenú hodnotu môže spôsobiť jej trvalé poškodenie. Preto po dosiahnutí napätia 1,63 V/článok, čo zodpovedá pri 108 článkoch 176 V, je nutné batériu odpojiť od spotrebičov a znova ju nabiť. Táto hodnota je súčasne aj minimálnym napätím, pri ktorom sú schopné pracovať striedače (pri napätí menšom ako 176V ochrana automaticky vypne striedač).

V pôvodnom projekte akubatérie boli projektované na 30min prevádzku bez zdrojov napájania II.kat. V rámci modernizácie V2 sa realizovali modifikácie, ktoré zvýšili čas, po ktorý sú akubatérie schopné zásobovať spotrebiče elektrickou energiou. Analýza, v ktorej sa uvažovalo s koeficientom súčasnosti zaťaženia akubatérie inštalovaným výkonom na úrovni 0,73 stanovila, že nové akubatérie sú schopné zásobovať spotrebiče elektrickou energiou do vyčerpania ich kapacity približne po dobu 2h. Odhad koeficienta súčasnosti 0,73 podľa súčasných znalostí bol však príliš konzervatívny. Na základe nameraných údajov za normálnej prevádzky, na systémoch je záťaž asi 100 A (prúd usmerňovačov). Po výpadku elektrického napájania pri blackoute sa prúdová záťaž na DC strane zvýši o približne 50 A pre núdzové osvetlenie. Takže na systémoch bude predpokladaná záťaž asi 150 A. Na štvrtom systéme, z ktorého sú napájané veľké jednosmerné spotrebiče, ako čerpadlá tesniaceho oleja generátora a dobehové olejové čerpadlá TG, bude záťaž po zapnutí čerpadiel tesniaceho oleja generátora (24 A DC) asi 300, resp. 170 A. Po vypnutí dobehových olejových čerpadiel TG (90 A DC) po dobehu TG po približne 30min klesne odber zo 4. systému približne na 210 a 80 A. Nominálna kapacita batérií na prvom až treťom systéme je 1600 Ah, kapacita batérií štvrtého systému je 2100 Ah. Konzervatívne sa preto dá predpokladať, že kapacita všetkých akubaterií vystačí na 8-11 h prevádzku bez elektrického napájania II. kat. Tento odhad dobre korešponduje aj z meraniami v EMO a zisteniami z rozboru poruchy 005_2010_EBO03_P05, kedy po zatečení rozvodne 1BV sa počas doby 7h 12min zásobovali spotrebiče I. kat. I. systému z akumulátorovej batérie 1EE01 prúdom cca 140 A. Uvedená skutočnosť bola overená i pri neštandardnej skúške – Skúška 3.sieťového prípoja – autonómneho zdroja z vodnej elektrárne Madunice na 3.bloku dňa 30.8.2011, kedy blok bol odstavený a boli rovnaké podmienky, ako v prípade externej udalosti. Akubateria 1EE01 bola pri skúške vybíjaná prúdom 131 A, jej kapacita by pri takomto režime a stave bloku postačovala na 10-11 hod. Akubateria 1EE14 štvrtého systému bola pri skúške vybíjaná prúdom 100 A, jej kapacita by pri takomto režime a stave bloku postačovala na 15-18 hod. Počas blackoutu sa predpise ECA-0.0 šetriacim programom záťaž akubaterií ďalej zníži, a preto odhadnutú hodnotu výdrže batérií I. až IV. systému počas blackoutu možno považovať za konzervatívny odhad.

1.3.6.2. Spotrebiče napájané jednotlivými zostavami batérií: pohony armatúr riadiace systémy, meracie zariadenia a pod....

Z akubaterií sú napájané hlavne obvody SKR. Jedná sa o RTS, ESFAS, RCS, PAMS, technologické automatiky, regulátory, RČA a pod. Taktiež sú z nich napájané striedače, ktoré slúžia aj na napájanie SKR a aj pre napájanie armatúr a RČA.

1.3.6.3. Fyzické umiestnenie batérií a separácia zostáv, ochrana proti vnútorným a vonkajším ohrozeniam.

Akubatérie sú umiestnené v nasledovných navzájom oddelených miestnostiach [REDACTED]

Kabeláže jednotlivých systémov sú oddelené.

1.3.6.4. Alternatívne možnosti pre dobíjanie batérií každej zostavy

Pre prípad poruchy všetkých stabilných usmerňovačov existuje prenosný usmerňovač, ktorý je schopný dobíjať hociktorú akubateriu z hocijakej zásuvky 63 A 3x400 VAC prúdom až 160 A.

1.4. VÝZNAMNÉ ROZDIELY MEDZI BLOKMI

JE EBO V-2 je projektovaná, vybudovaná a prevádzkovaná ako dvojblok. Väčšina systémov a zariadení prislúcha jednému bloku, časť zariadení a systémov je spoločná pre oba bloky. Priestorové usporiadanie blokov je zrkadlové, čím sú dané rozdiely v usporiadaní jednotlivých stavebných a technologických systémov napr. 3.blok má kompenzátor objemu na slučke č.1, 4.blok na slučke č.6. Toto usporiadanie technologických zariadení nemá vplyv na výstupy a výsledky zo stres testov. Parametre blokových systémov a zariadení sú v tejto správe uvádzané pre zariadenia 3. bloku a sú rovnako platné aj pre zariadenia 4. bloku EBO3,4.

Vyvedenie výkonu z 3. bloku je do rozvodne v Bošáci a zo 4. bloku do rozvodne v Križovanoch.

Bloky majú spoločné niektoré systémy a budovy ako sú: reaktorová hala, zavážací stroj, skladovanie a transport vyhoreného paliva, manipulácia s VRAO, príjem, skladovanie a preprava čerstvého paliva, ventilačný komín, hygienická slučka, systém prípravy demineralizovanej vody, systém technickej vody (TVD, TVN), systém chladiacej vody, budova DG.

Rezervné zdroj pre napájanie vlastnej spotreby 3. bloku je transformátor napájaný z 220kV rozvodne JE A1 a pre napájanie vlastnej spotreby 4. bloku je transformátor zo 110 kV rozvodne V1, oba možno použiť pre napájanie každého bloku.

Všetky modifikácie sú realizované najskôr na jednom bloku a po ich úspešnom vyhodnotení sú aplikované aj na ostatné bloky VVER v SE a.s.. Preto medzi 3. a 4. blokom EBO3,4 nie sú žiadne významné projektové rozdiely, ktoré by požadovali hodnotiť bloky samostatne.

1.5. ROZSAH A HLAVNÉ VÝSLEDKY PSA L1 A L2

Pravdepodobnostné hodnotenie rizika prevádzky elektrárne je spolu s deterministickým hodnotením súčasťou hodnotenia bezpečnosti a štúdie PSA sú pravidelne predkladané ÚJD SR, a to pri každej modifikácii JE, ale tiež pri ich pravidelnej údržbe smerujúcej k zvýšeniu ich kvality. Štúdie PSA L1 boli systematicky vypracovávané od roku 1994 a sú významným nástrojom pre optimalizáciu projektov na zvyšovanie bezpečnosti. Jadrová elektráreň V-2 Bohunice má vypracovanú aktuálnu PSA štúdiu 1. a 2. úrovne pre všetky prevádzkové režimy.

PSA štúdia 1. a 2. úrovne pre EBO3,4 hodnotí odozvu bloku na iniciačné udalosti (interné a externé) v rámci projektu a uvažuje reálne projektové konfigurácie technologických zariadení bloku vo všetkých prevádzkových režimoch (t.j. výkonová prevádzka, nízkovýkonové hladiny a odstavený blok).

PSA štúdia 1. úrovne identifikuje postupnosť udalostí, ktoré môžu viesť k taveniu aktívnej zóny reaktora pri výkonovej prevádzke alebo pri odstavenom reaktore. Modeluje reálne reakcie bloku na súbor iniciačných udalostí na základe projektovej odozvy bloku a zásahov obslužného personálu podľa prevádzkových predpisov. Model PSA uvažuje interné a externé udalosti, ktoré sa vyskytujú počas výkonovej prevádzky, nízkovýkonových hladinách a pri odstavenom reaktore. Výstupom PSA 1. úrovne je kvantitatívny ukazovateľ CDF/rok (stredná hodnota frekvencie poškodenia aktívnej zóny reaktora za rok) pri výkonovej prevádzke a CDF/rok pre odstavený reaktor.

PSA 2. úrovne analyzuje ťažké havárie a identifikuje cesty, ako môže dôjsť k rádioaktívnym únikom do okolia, odhaduje ich veľkosť a frekvenciu výskytu. PSA 2. úrovne poskytuje informácie o relatívnej dôležitosti havarijných reťazcov vedúcich k rádioaktívnym únikom do okolia. Poskytuje údaje o možných spôsoboch zdokonaľovania bezpečnostných opatrení pre zmiernenie následkov ťažkých havárií. Sledovaným výstupom PSA 2. úrovne je kvantitatívny ukazovateľ LERF/rok (stredná hodnota frekvencie veľkých skorých únikov za rok) pre výkonovú prevádzku a pre odstavený reaktor.

Na základe modelov pravdepodobnostného hodnotenia bezpečnosti bol v januári 2000 na EBO3,4 implementovaný plnorozsahový EOOS Riskmonitor. Využíva sa na účely identifikácie rizikových konfigurácií bloku počas odstávok blokov a monitorovania profilu rizika počas prevádzky a odstávky bloku v reálnom čase.

Výsledky PSA štúdie 1. úrovne a 2. úrovne.

Objekt pravdepodobnostného hodnotenia bezpečnosti:

- aktívna zóna reaktora
- bazén skladovania vyhoretého paliva
- reálny stav 3. bloku EBO3,4, november 2010

Rozsah štúdie PSA :

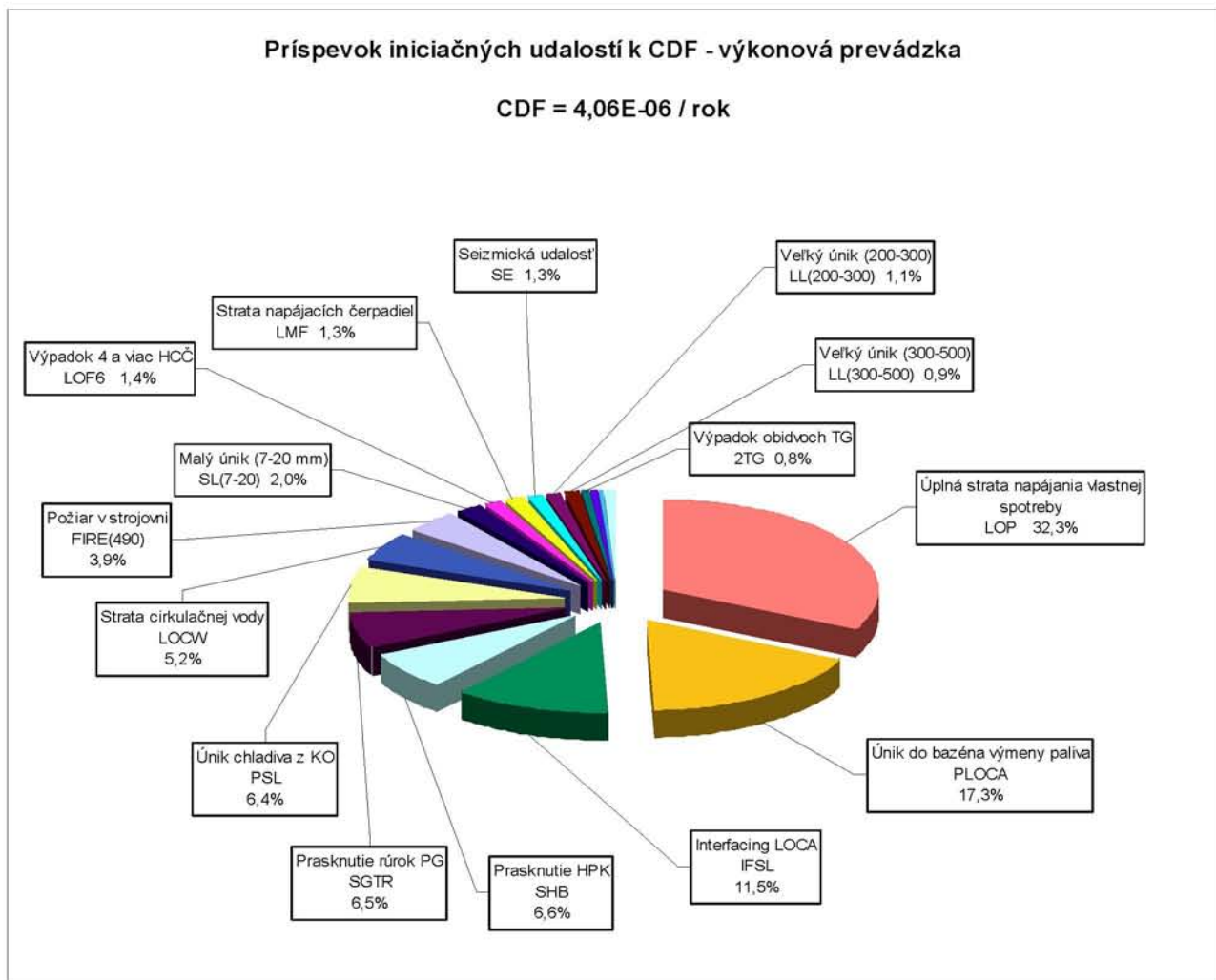
- všetky prevádzkové režimy (výkonová prevádzka, odstavený reaktor)
- zahrnuté iniciačné udalosti : spektrum LOCA , LOCA mimo kontajnementu, tranzienty, prasknutia vysokoenergetických potrubí na SO.
- interné záplavy, interné požiare, externé riziká

- podrobná analýza chýb človeka v celom procese havarijných scenárov
- "plant specific" termohydraulické analýzy, špecifické spoľahlivostné dáta

Výsledky štúdie PSA 1. úrovne pre výkonovú prevádzku

Vypočítaná hodnota frekvencie poškodenia aktívnej zóny reaktora (CDF) 3. bloku EBO3,4 Bohunice pri výkonovej prevádzke je: **4,06E-06 / rok**

V nasledujúcom grafe sú uvedené príspevky iniciačných udalostí k frekvencii poškodenia AZ (CDF) pre výkonovú prevádzku.



Graf 1.5.1- 1.: Príspevky iniciačných udalostí k frekvencii poškodenia AZ pre výkonovú prevádzku

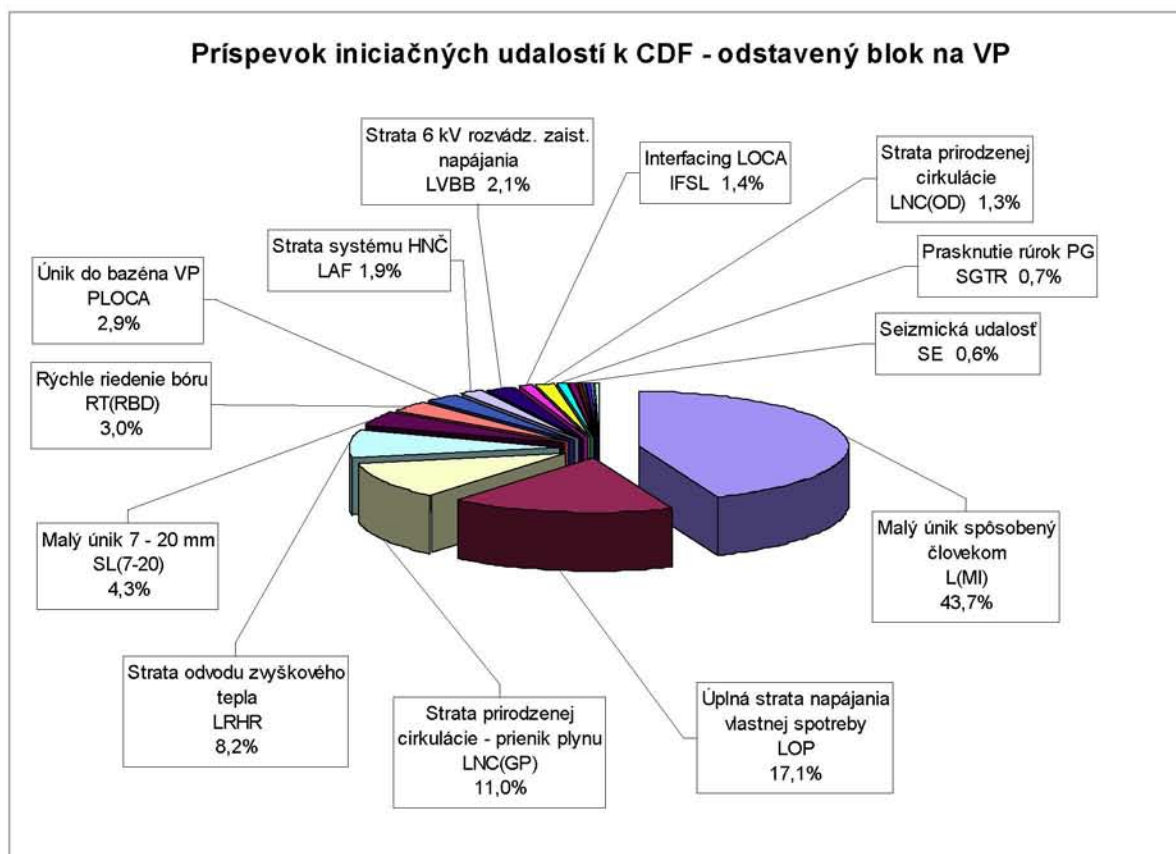
Pre uvažované externé riziká v projektovom rozsahu, platia nasledujúce závery štúdií PSA L1:

- Dominantným príspevkom k CDF od externých rizík je seizmická udalosť predstavujúca 1,26%-ný príspevok k celkovej CDF.
- Príspevok ostatných externých rizík k CDF je menej ako 1,0E-8/rok.

Výsledky štúdie PSA 1. úrovne pre odstavený blok (SPSA)

Vypočítaná hodnota frekvencie poškodenia aktívnej zóny reaktora (CDF) 3. bloku EBO3,4 Bohunice pre odstavený blok na výmenu paliva je: **1,08E-05 / rok**

V nasledujúcom grafe sú uvedené príspevky iniciačných udalostí k frekvencii poškodenia AZ (CDF) pre odstavený blok na výmenu paliva.



Graf 1.5.1- 2.: Príspevky iniciačných udalostí k frekvencii poškodenia AZ pre odstavený blok na výmenu paliva

Výsledky štúdie PSA 2. úrovne pre plný výkon a odstavený reaktor:

Frekvencia skorého veľkého úniku (LERF) sa určuje z kategórií únikov, pri ktorých sa uvoľní do okolia viac ako 1% cézia 137 (Cs-137) do 10 h po vzniku iniciačnej udalosti. Táto definícia LERF je v súlade s bezpečnostnými cieľmi, definovanými v členských štátoch OECD.

Frekvencie skorých veľkých únikov (LERF) sú vyhodnotené pre nasledujúce stavy bloku:

LERF = 1,75E-6/rok - prevádzka na výkone

LERF = 9,04E-6/rok – odstavený blok na výmenu paliva

Po ukončení prebiehajúceho projektu SAM v roku 2013 a po modifikácii logiky štartu NT bezpečnostných čerpadel pre odstavený blok, budú hodnoty LERF ďalej významne znížené a zároveň sa zvýši odolnosť kontajneru o cca 60%. Podrobnejšie informácie o projekte SAM sú uvedené v kapitole č.6.

2. ZEMETRASENIE

2.1. PROJEKTOVÁ ZÁKLADŇA

2.1.1. Zemetrasenie uvažované v projekte elektrárne

2.1.1.1. Charakteristika projektového zemetrasenia (DBE)

Pre zadefinovanie podkladov pre vypracovanie úvodného projektu pre JE EBO bola v roku 1970 vypracovaná hodnotiacia správa "Geologická história, tektonický vývoj a seizmicita Jaslovských Bohuníc". V tejto správe bolo uvažované s maximálnym vierohodným zemetrasením lokality Jaslovské Bohunice, účinkom ktorého by sa mohli prejavíť otrasy s intenzitou maximálne 6 – 6.5° MCS (bal), resp. v Richterovej stupnici $M = 4.2$, podľa priebehu izoseit zemetrasenia z roku 1906. Z vyššie uvedených správ bolo určené zrýchlenie na úrovni $PGA = 0,025g$.

Pre zdôvodnenie nevypracovať špeciálnu seizmickú analýzu bol použitý výsledný seizmický súčiniteľ $K_{sm} = 0,028$ a hodnota 6° MCS, nakoľko na základe normy ČSN 730036 pre stavby v seizmických oblastiach a miestach s intenzitou 6° MCS, resp. pre zrýchlenie do 0,03g. V zmysle tejto normy nebolo uvažované s účinkami zemetrasenia.

V rámci hodnotenia zemetrasenia pre lokalitu pre pôvodný projekt boli použité nasledovné podklady:

- 1969-1970 – ČSN 73 0036 – *Seizmické zaťaženie stavieb*
- 06/1970 - „*Geologická história, tektonický vývoj a seizmicita Jaslovských Bohuníc*“
- 01/1976 – „*Jaderná elektrárna V2 – Bohunice, Předběžní bezpečnostní zpráva*“

V citovaných správach sú popísané nasledovné informácie:

- tvorba seizmotektonického modelu
- deterministické stanovenie seizmického ohrozenia lokality
- geotechnické vlastnosti a profily základových podloží
- uvažované zlomy v okolí elektrárne
- maximálne hodnoty zemetrasenia v oblasti vyjadrené stupnicou MSK-64

2.1.1.2. Metodológia použitá na hodnotenie projektového zemetrasenia EBO

Správy z hodnotenia seizmického rizika vypracované v rokoch 1976 až 1993 sú uvedené v Kompletnej finálnej správe zo stres testov, ktorá je u držiteľa povolenia na SE a.s.:

- v rámci bezpečnostnej správy V – 2 po 10. rokoch prevádzky
 - 1989 – 1990 – *Štúdiá seizmického posúdenia JE V - 2*
 - 1993 – 1994 – „*Bezpečnostná správa po 10. rokoch prevádzky JE V – 2*„
- prehodnotenie seizmických vstupných údajov na základe požiadavky misií MAAE z roku 1993 a 1994
 - 08/1996 - *Zhodnotenie vybraných správ o seizmickom ohrození lokality AE Bohunice 1996 - Geologické zhodnotenie oblasti AE Bohunice - rádius 150km*
 - 1996 - *Geologické zhodnotenie oblasti AE Bohunice - rádius 25 a 5km*
 - 1997 - *Geologické zhodnotenie oblasti AE Bohunice - geologické podklady pre tvorbu seizmotektonického modelu*

- 01/1997 - Seizmologická databáza pre komplexné zhodnotenie seizmického ohrozenia lokality Atómové elektrárne Bohunice
 - 06/1997 - Pravdepodobnostný výpočet seizmického ohrozenia pre lokalitu AE Bohunice
 - 02/1998 - Stanovenie charakteristík zemetrasenia revíznej úrovne (RLE) pre lokalitu AE Bohunice
- Scenár, modernizácia a bezpečnostná správa po modernizácii JE V2 boli obsahom dokumentov:
- 2000 – Bezpečnostný koncept pre modernizáciu a zvyšovanie bezpečnosti JE V2 – kap. 10.3. Úloha modernizácie V3 – Seizmická odolnosť stavieb, systémov a zariadení
 - 11/2008 – 6-BSP-001 – Prevádzkový predpis – Bezpečnostná správa JE V - 2

V citovaných správach sú popísané nasledovné informácie:

- tvorba seizmotektonického modelu
- deterministické stanovenie seizmického ohrozenia lokality
- geotechnické vlastnosti a profily základových podloží
- uvažované zlomy v okolí elektrárne
- maximálne hodnoty zemetrasenia v oblasti vyjadrené stupnicou MSK-64
- zadefinovanie použitého spektra
- stanovenie maximálneho zrýchlenia na voľnom poli

Hodnotenie seizmického rizika misiami MAAE bolo obsiahnuté v nasledujúcich dokumentoch:

- 1991 – *Safety Review Mission in Relation to the Design of Seismic Upgrading for Jaslovské Bohunice*
- 1993 - *Site Safety Review Mission to Review the Design Basis Seismic Input for Bohunice and Mochovce NPP Sites.*
- 1994 – *IAEA Review Mission to Slovakia - Seismic Safety Review for Bohunice and Mochovce NPPs*
- 1998 – *IAEA Review Mission to Slovakia - Seismic Safety Review for Bohunice NPP*

Najdôležitejšou časťou záverečných správ boli záverečné odporúčenia pre elimináciu nedostatkov zistených počas pôsobenia členov misie na lokalite. Tieto odporúčenia boli potom premietnuté do úloh, ktorých plnenie sa sleduje až do ukončenia realizácie.

Geologický prieskum ako podpora pre seizmické hodnotenie lokality EBO v období pre zadanie úvodného projektu

V dokumente „Geologická história, tektonický vývoj a seizmicita Jaslovských Bohuníc“ je vypracovaná geologická história a tektonický vývoj Podunajskej nížiny a lokality Jaslovské Bohunice, seizmicita Jaslovských Bohuníc z aspektu geologického vývoja. V poslednej kapitole je popísaná seizmicita lokality Jaslovské Bohunice s významnými zemetrasnými oblasťami, seizmicky aktívnymi geologickými zlomami, predpoveďou seizmickej aktivity s definíciou maximálneho vierohodného zemetrasenia a v závere posudkom seizmicity so stanovením hodnoty maximálneho pravdepodobného zemetrasenia (viď kap. „Seizmické ohrozenie lokality SE-EBO uvedené v pôvodnom projekte „).

Nadprojektové seizmické ohrozenie lokality SE-EBO v realizačnom projekte s ukončením realizácie v roku 1995

V rámci hodnotenia seizmického rizika československou vládou komisiou boli stanovené základné charakteristiky pre maximálne výpočtové zemetrasenie s pravdepodobnosťou raz za 10 000 rokov a intenzitou 8° MSK - 64 na hodnotu $PGA=0,25g$ v horizontálnom smere a $PGA=0,13g$ vo vertikálnom smere. Platnosť údajov bola podmienená trvalým monitorovaním seizmických javov sieťou staníc v severnej časti Malých Karpát.

Pre túto etapu boli použité nasledovné podklady:

- 10/1990 - *“Doporučení ke stanovení projekčních akceleroqramů maximálního výpočtového zemětřesení”*,
- 1990 - *“Alternativní akceleroqramy maximálního výpočtového zemětřesení pro návrh seizmického z odolnění EBO”*
- 1989 – 1990 – *Štúdia seizmického posúdenia JE V - 2*
- 1992 – *„Projekt seizmických úprav na aparátch a potrubí primárního okruhu JE V – 2 Jaslovské Bohunice, blok č. 3 a č. 4“*
- 02/1993 – *Zadávacía bezpečnostná správa pre Postupnú rekonštrukciu,*
- 08/1993 – *Predprevádzková bezpečnostná správa zvyšovania bezpečnosti a seizmickej odolnosti JE V1,*
- 1993 – 1994 – *“Bezpečnostná správa po 10. rokoch prevádzky JE V – 2”*,

V citovaných dokumentoch je prehodenie seizmickej odolnosti JE V2 od roku 1989 viacerými odbornými inštitúciami v následných etapách:

- Štúdia seizmického posúdenia,
- zadanie stavby a vykonávací projekt - seizmické z odolnenie a dostrojenie JE V – 2 a
- aplikácia metodológie SMA a verifikácia postupov GIP v rámci Bezpečnostnej správy po 10. rokoch prevádzky JE V – 2.

V roku 1994 bola vykonaná realizácia z odolnenia primárneho okruhu a systému kompenzácie objemu, ktorá bola ukončená v roku 1995. Predmetom bolo seizmické z odolnenie reaktora, PG, HCČ 317, potrubia PO a systému KO na novú hodnotu $0,25g$.

Nadprojektové seizmické ohrozenie lokality SE-EBO s realizáciou v MOD V2

Výsledkom nižšie uvedených prác boli definitívne spektrá odozvy na voľnom poli RLE (Review Level Earthquake) pre celý areál EBO s týmito hlavnými charakteristikami:

- pravdepodobnosť výskytu 1x za 10000 rokov,
- intenzita 8° stupnice MSK 64,
- maximálne horizontálne zrýchlenie $PGA_{RLE-H} = 0,344g$,
- maximálne vertikálne zrýchlenie $PGA_{RLE-V} = 0,214g$,
- doba pôsobenia rozhodujúcich pohybů 10s.

Podľa týchto údajů boli doprojektované seizmické úpravy existujúcich a väčšina nových systémů. Vykonané realizačné práce na JE V1 podľa iných vstupných seizmických údajů boli spätne skontrolované s kladným výsledkom, t.j. vyhovujú definitívnym údajom (RLE). Parametre boli podrobne preverené misiou MAAE (november 1998) a následne akceptované a sú považované za konzervatívne.

V roku 1997 bol vypracovaný „Pravdepodobnostný výpočet seizmického ohrozenia lokality EBO“.

V uvedenej správe sú v súlade s odporučeniami MAAE rozpracované jednotlivé postupové kroky pre

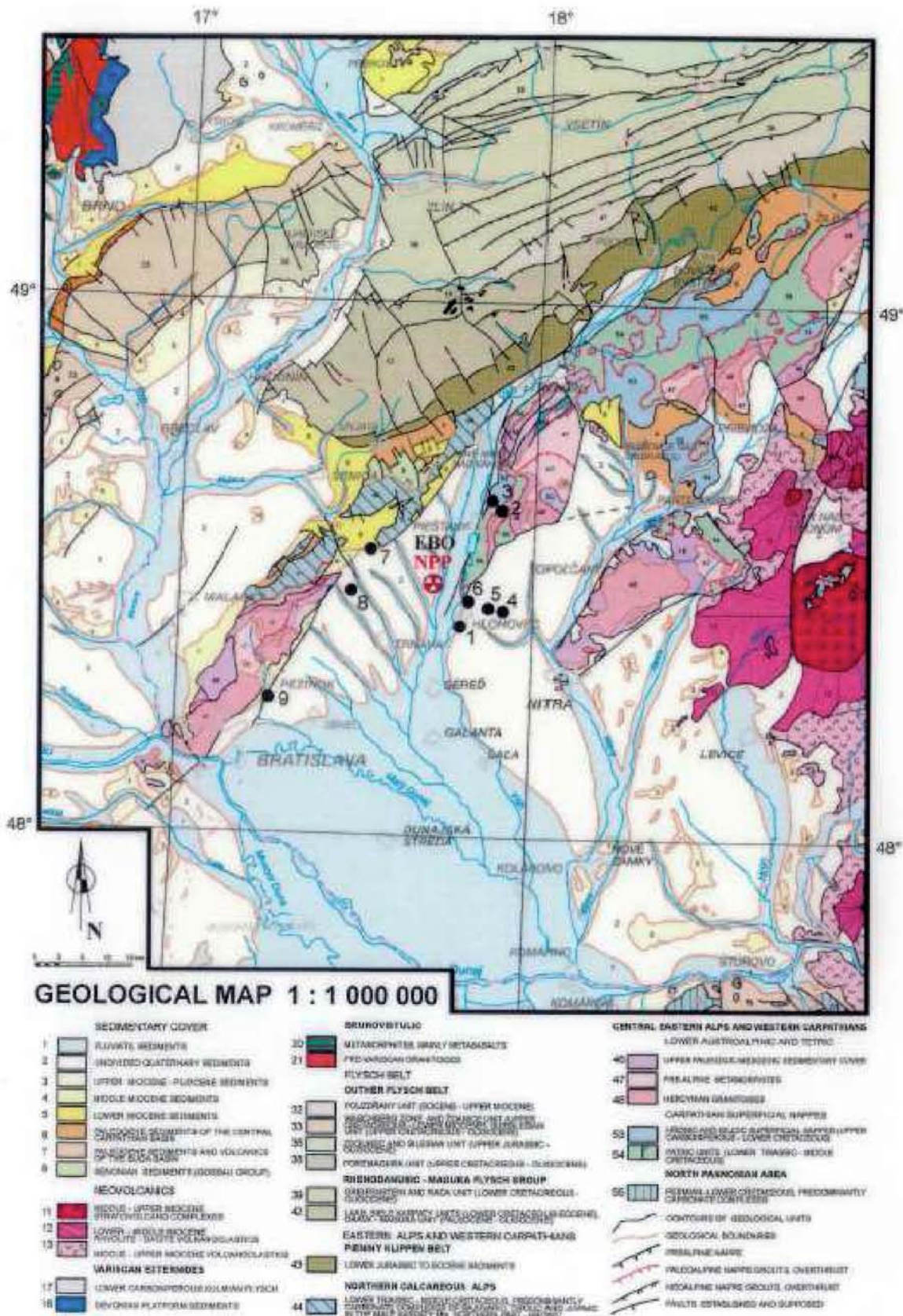
- vytvorenie seizmologickej databázy a geologickej databázy v širšom regióne, blízkom regióne, blízkom okolí a pre samotnú lokalitu
- vytvorenie seizmotektonického modelu
- určenie útlmu pre zvolené charakteristiky pohybu pôdy
- realizáciu samotného pravdepodobnostného výpočtu

V prvom kroku sú sumarizované údaje zo seizmologickej databázy ktorú tvoria údaje o makroseizmicky a seizmometricky pozorovaných zemetraseniach v širšom a v blízkom regióne a lokálnej sieti EBO.

V druhom kroku je tvorený seizmotektonický model pre širší región EBO. Je tvorený syntézou seizmologickej databázy a geologickej databázy, ktorá bola vytvorená podrobným geologickým hodnotením. Obe databázy boli vypracované za účelom zhodnotenia seizmického ohrozenia lokality EBO. Výsledný seizmotektonický model vymedzuje v rôznych alternatívach seizmické zdrojové zóny, minimálne magnitúdo, maximálne magnitúdo a početnostné vzťahy.

V treťom kroku sa pojednáva o útlmových vzťahoch, ktoré sprostredkujú vzťah medzi charakteristikami zdrojových zón vymedzených v seizmotektonickom modeli a charakteristikami pohybu pôdy na záujmovej lokalite. Pre lokalitu EBO, ktorá sa nachádza na území Západných Karpát, sú touto charakteristikou pohybu pôdy horizontálne špičkové zrýchlenia (PGA) a horizontálne zrýchlenia spektra odozvy. Útlmové vzťahy pre PGA sú vybrané na základe porovnávania podobnosti útlmu makroseizmickej intenzity pre analogické regióny.

V štvrtom kroku boli pomocou logického stromu do pravdepodobnostného výpočtu zahrnuté alternatívne súbory. V tomto kroku je popísaná konštrukcia logického stromu, odhad pravdepodobnosti jednotlivých vetiev, pravdepodobnostné výpočty pre logický strom a analyzované výsledky pravdepodobnostných výpočtov. Pri tvorbe pravdepodobnostného výpočtu bola urobená analýza zahrnutia zlomov z blízkeho regiónu EBO do pravdepodobnostného výpočtu seizmického ohrozenia.



Obr. 2.1.1- 1.: Geologická mapa

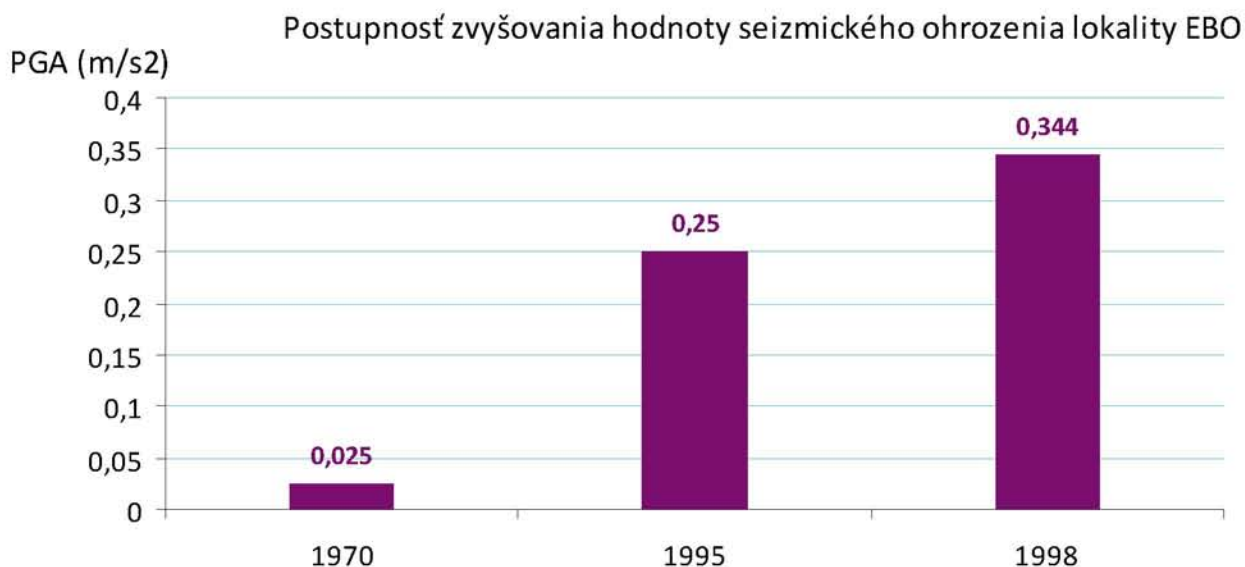
2.1.1.3. Závěry ohľadne adekvátnosti seizmickej projektovej základne

V čase umiestňovania, projektovania a výstavby JE V1 Jaslovské Bohunice neboli v Československu ani vo svete štandardy na výstavbu JE v seizmickej oblasti. Východiskové seizmologické podklady pre lokalitu EBO boli vypracované v rokoch 1969 – 1970 v súlade s normou ČSN 730036 – Seizmické zaťaženie stavieb. Seizmicita lokality bola stanovená na 7° stupnice MCS (Mercalli –Cancani –Siebert) s použitím mapy seizmických oblastí na území ČSSR (príloha č. 1 normy). V súlade s citovanou normou (článok 31) bola vypracovaná špeciálna štúdia „Geologická história, tektonický vývoj a seizmicita Jaslovských Bohuníc“ (06/1970), ktorá spresnila seizmicitu lokality EBO nasledovne:

Najpravdepodobnejším zemetrasením v Jaslovských Bohuniciach môže byť zemetrasenie so stupňom 6 – 6,5° MCS, zodpovedajúci v Richtrovej stupnici hodnote 4,2. Terén tejto oblasti je rovinatý s úkosom max 1°, čo zodpovedá priaznivým podmienkam vylučujúcim sekundárne javy zemetrasenia, najmä nebezpečenstvo gravitačných odvalov.

V časovom období 200 rokov je najpravdepodobnejšie, že zemetrasenie v mieste zástavby v Jaslovských Bohuniciach dosiahne hodnotu $M = 4,2$ v Richtrovej stupnici (t. j. 6,5° MS). V časovom období 100 rokov je predpokladané najpravdepodobnejšie zemetrasenie v pásme $M = 3,5$ a pre časový úsek 50 rokov $M = 3,0$. Zemetrasenie v tomto mieste zástavby je jav v celku výnimočný a v súlade s analýzou tohto miesta z hľadiska seizmicity nie sú žiadne prekážky k tomu, aby zvolený pozemok bol použitý ako stavebný pozemok pre jadrovú elektráreň s reaktormi VVER.

Podľa vtedy platných noriem nebolo treba vypracovať špeciálne seizmické analýzy.



Graf 2.1.1- 1.: Vývoj hodnotenia seizmického ohrozenia lokality EBO vyjadrený graficky

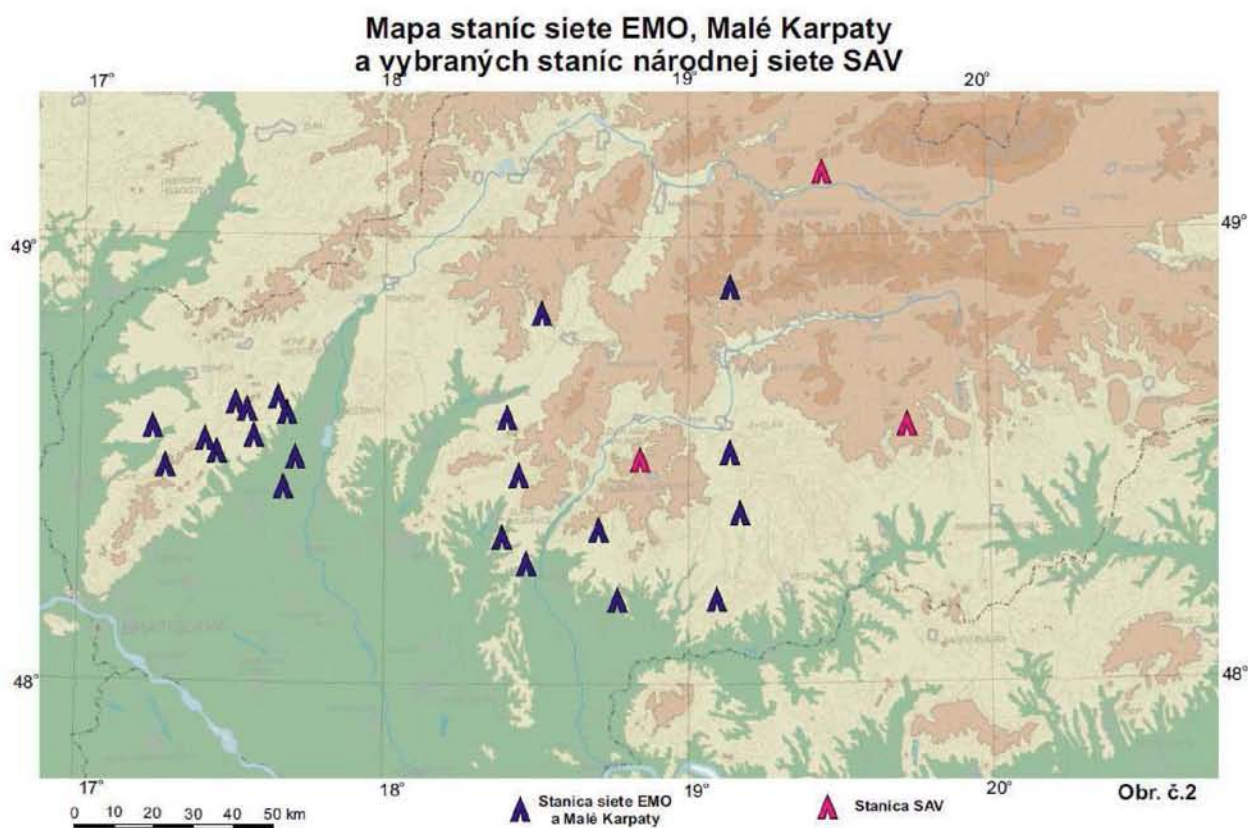
Monitorovanie seizmickej aktivity a mikroaktivity okolia JE Bohunice a Mochovce spočíva nepretržitom registrovaní a analyzovaní seizmických javov vykonávané na 22 seizmických staniach. Seizmickú sieť v okolia JE Bohunice tvorí 11 seizmických staníc nachádzajúcich sa v lokalitách: EBO, Buková, Dobrá Voda, Hradište, Lančár, Lakšár, Katarínka, Pustá Ves, Plavecké Podhradie, Smolenice a Špačince. Seizmickú sieť v okolia JE Mochovce tvorí taktiež 11 seizmických staníc nachádzajúcich sa v lokalitách: EMO, Hrušov, Bory, Kolačno, Michalková, Polichno, Mlyňany, Hostie, Dižín, Devičany, Valentová. Mochovce Umiestnenie seizmických staníc bolo navrhnuté a vybudované na základe detailného

seizmického a geologického prieskumu vypracovaného Geofyzikálnym ústavom Slovenskej akadémie vied a posudzovaného misiami MAEE v rokoch 1998 a 2004.

Výsledky monitorovania sú spracovávané v štvrťročných správach. V prípadoch výskytu silnejších seizmických javov sú výsledky analýzy týchto javov vypracované do dvoch dní od ich registrácie.

Seizmické stanice umožňujú detegovať a lokalizovať lokálne zemetrasenia s magnitúdou vyššou ako $M_I > 1$.

Všetky stanice sú vybavené trojzložkovou digitálnou aparátúrou RUP-2000, RUP-2003, Microstep. Ako registračné snímače sú použité krátkoperiodické snímače SM-3 (citlivosť 17/Vms-1) alebo LE 3D (citlivosť 400/Vms-1). Na všetkých staniciach je použitá časová základňa GPS, stanice je možné ovládať diaľkovo (ISDN, Internet, Mobil, Analóg).



Obr. 2.1.1- 2.: Rozmiestnenie seizmických monitorovacích staníc v okolí EBO a EMO

2.1.2. Opatrenia na ochranu elektrárne proti projektovému zemetraseniu

2.1.2.1. Identifikácia KSK (SSCs), ktoré sú potrebné pre dosiahnutie bezpečného odstavenia

Seizmická klasifikácia konštrukcií, systémov a komponentov (SSCs)

Pre JE Bohunice sú v súlade s Technical Guidelines for the Re- Evaluation Programme of Bohunice NPP (IAEA 1996), uplatňované nasledovné kritériá pre zaraďovanie jednotlivých komponentov do seizmických kategórií:

Seizmická trieda 1:

- zariadenie elektrárne, ktoré je nevyhnutné na bezpečné odstavenie reaktora, jeho udržanie v stave odstavenia a dochladzovanie
- zariadenie, kde chyba alebo zlyhanie by mohlo zapríčiniť nedovolený únik rádioaktívnych látok
- zariadenie elektrárne, ktorého účelom je zabrániť nedovolenému úniku rádioaktívnych látok do životného prostredia

Seizmická trieda 2: v podstate všetky zariadenia elektrárne, ktoré nie sú klasifikované v seizmickej triede 1.

Seizmická trieda 2a: zariadenie elektrárne seizmickej triedy 2, ktorých poškodenie by v prípade zemetrasenia mohlo zhoršiť bezpečnostné funkcie zariadenia seizmickej triedy 1.

Konštrukcie, systémy a komponenty (SSCs) potrebné pre dosiahnutie bezpečného odstavenia a dochladenia bloku po seizmickej udalosti, a ich zaradenie do jednotlivých seizmických kategórií, sú uvedené v zozname SSEL.

V rámci ochrany elektrárne proti DBE, resp. BDBE, boli príslušné zariadenia a konštrukcie uvedené v SSEL prehodnotené a následne v prípade potreby zodolnené na požadovanú úroveň.

Hodnotenie seizmickej odolnosti každého prvku v nadväznosti na DBE, resp. nadprojektové zemetrasenie, je určené hodnotou HCLPF daného prvku bloku.

Hodnota HCLPF vyjadruje zároveň aj potenciálne bezpečnostnú rezervu daného prvku.

Pôvodný seizmický projekt a zosilnenie SSC

Východiskové seizmologické podklady pre lokalitu EBO boli vypracované v rokoch 1969 – 1970 v súlade s normou ČSN 730036 – Seizmické zaťaženie stavieb. Následne bola vypracovaná špeciálna štúdia „Geologická história, tektonický vývoj a seizmicita Jaslovských Bohuníc“ (06/1970), ktorá upresnila seizmicitu lokality EBO tak, že najpravdepodobnejším zemetrasením v Jaslovských Bohuniciach môže byť zemetrasenie so stupňom 6 – 6,5° MCS, zodpovedajúci v Richterovej stupnici hodnote 4,2 (PGA=0.025g).

Nadprojektové zosilnenie SSCs

Pre nadprojektové zosilnenie (PGA=0.344g) seizmickej odolnosti konštrukcií, systémov a komponentov JE EBO bola vypracovaná špeciálna metodika „Akceptačné kritériá a metodológia pre hodnotenie hraničnej seizmickej odolnosti a pre návrh seizmických úprav“.

Pri tvorbe vyššie uvedenej metodiky boli zohľadnené v tom čase platné predpisy a normy:

Pri prehodnocovaní SSCs bola použitá metóda SMA.

Pre určovanie HCLPF boli použité metóda CDFM a metóda GIP VVER.

Hlavné zásady CDFM pre výpočet hraničnej seizmickej odolnosti (SMA) sú nasledovné:

- Kombinácia účinkov – NPP +SME
- Namáhanie materiálov na medzi únosnosti – minimálne zaručené hodnoty podľa noriem pre navrhovanie.
- Podmienky pevnosti – medzné stavy únosnosti pre betónové a oceľové konštrukcie. Servis level D pre tlakové aparáty, potrubia a nádrže podľa ASME BPVC section III.

- Duktilita – využíva sa pre duktilitný spôsob porušenia, faktor v týchto prípadoch je obvykle v rozmedzí od 1,25 do 2.

Akcelerogramy vygenerované zo seizmických spektier odozvy absolútneho zrýchlenia podľa NUREG/CR-0098 sú uvedené v špeciálnej metodike.

Základné požiadavky na hodnotenie stability a pevnosti kotiev postup ako tieto požiadavky splniť a overiť na stavbe boli v čase z odolňovania elektrárne EBO podrobne popísané v špeciálnej metodike.

Problematickou seizmických interakcií sa podrobne zaoberá metodika GIP VVER. V tejto metodike je popísané zisťovanie interakcií a sú uvedené vzorové formuláre do ktorých sa pri seizmických pochôdzkach zapisujú jednotlivé zistenia a spôsob nápravy. Tento postup bol použitý aj pri prehodnocovaní EBO.

Pre stavebné objekty, ktoré nie sú seizmicky klasifikované neboli robené žiadne analýzy týkajúce sa ich kolapsu. Pre tieto objekty boli použité len požiadavky uvedené v norme ČSN 730036.

Prístupové, resp. únikové komunikácie boli uvažované v rámci prístupu závodného hasičského zboru (ZHU) k jednotlivým významným objektom.

2.1.2.2. Hlavné náhradné prevádzkové postupy v prípade závad vyvolaných zemetrasením, ktoré by mohli ohroziť dosiahnutie bezpečného odstaveného stavu

Pre oblasť seizmického dochladenia po seizmickej udalosti sú použiteľné nasledovné predpisy:

- *Technologický predpis 6-TPP-551 - Systém antiseizmickej ochrany SISCOM*

Seizmický monitorovací systém je určený pre

- nepretržité sledovanie kmitania základovej dosky HVB
- automatické vydanie signálu na zapôsobenie signálu na BD pri prekročení nastavených hodnôt zrýchlenia
- registráciu priebehu kmitania pri dosiahnutí nastavenej hodnoty kmitania
 - *Technologický predpis 3-LPS-001/O60 – Činnosť po zemetrasení*

Technologický predpis popisuje činnosti systému havarijného dochladzovania po seizmickej udalosti, popis zariadení a nadväzností systému, prevádzkové limity a technologické obmedzenia, spôsob a činnosť obsluhy, nábeh a prevádzku systému.

2.1.2.3. Ochrana proti nepriamym dôsledkom zemetrasenia

V „Scenári pre uvedenie bloku do bezpečného stavu po seizmickej udalosti“ je zadefinované nasledovné:

- Hlavné účinky očakávané v danej lokalite od zemetrasenia, ktoré sú spojené s vibráciami indukovanými v SSCs prostredníctvom stavebných konštrukcií.
- Systémy, ktoré sú nevyhnutné pre bezpečné odstavenie, dochladenie bloku a zabránenie úniku ra- látok do životného prostredia po seizmickej udalosti sú uvedené v SSEL. Do tohto zoznamu boli zahrnuté aj nádrže obsahujúce veľké množstvo vody, ktoré by mohli v prípade seizmickej udalosti mať vplyv svojím roztrhnutím, alebo interakciou na seizmickú bezpečnosť.

- Pre prípad možného znefunkčnenia elektrických komponentov umiestnených v rozvádzačoch od presakujúcej vody z horných podlaží v pozdĺžnej etažérke sú tieto rozvádzače opatrené ochrannou strieškou.
- Seizmická odolnosť týchto systémov je zabezpečená do úrovne SL2. Systémy, ktoré nie sú projektované ako seizmicky odolné môžu byť poškodené.
- Spolu so seizmickou udalosťou sa predpokladá strata napájania vlastnej spotreby z externých a interných zdrojov a možný vznik malých lokálnych požiarov.
- Elektrické napájanie zariadení uvedených v SSEL bude zabezpečené energiou zo systému ZN (zaistené napájanie) I. a II. kategórie.

2.1.2.3.1. Hodnotenie potenciálnych zlyhaní ťažkých štruktúr, tlakových zariadení, rotačných zariadení, alebo systémov obsahujúcich veľké množstvo vody ktoré nie sú projektované ako odolné proti DBE a ktoré by mohli ohroziť prenos tepla do konečného recipientu mechanickou interakciou alebo vyvolaním vnútornej záplavy.

Aby sa predišlo nedovoleným účinkom na konštrukcie a zariadenia seizmickej triedy 1 v dôsledku zlyhania prevádzkového zariadenia, boli zhodnotené situácie s takýmto možným vplyvom (interakcie). Toto zhodnotenie sa urobilo obchôdzkami v miestnostiach, kde sú umiestnené bezpečnostné zariadenia. Počas týchto obchôdzok sa posúdili prevádzkové zariadenia v týchto miestnostiach, či ich porucha vyvolaná zemetrasením nemôže spôsobiť problémy na nejakom zariadení seizmickej triedy 1. Prevádzkové zariadenia, ktoré sú považované za rizikové, sú klasifikované v seizmickej triede 2a, a je preukázaná ich seizmická odolnosť pri zohľadnení poruchových mechanizmov, ako je mechanické porušenie, rozsiahlejšie zaplavenia, nesprávna funkcia, ktoré treba vylúčiť.

Porušenie stavebných konštrukcií - konštrukcie umiestnené v blízkosti stavebných objektov dôležitých z bezpečnostného hľadiska boli zaradené do seizmickej kategórie 2a, následne seizmicky z odolnené, aby nedošlo seizmicitou k ich kolapsu.

Sú to tieto konštrukcie:

- strojovňa, ktorá je priamo spojená s pozdĺžnou etažérkou hlavného výrobného bloku,
- chladiace veže s dopadom na ČČS TVD,
- prevádzkovú budovu

Analýzou bola preverená seizmická stabilita ventilačného komína, ktorý je umiestnený v blízkosti hlavného výrobného bloku. Stabilita zaťažných hlavných konštrukcií strojovne je nevyhnutná nielen na zabezpečenie stability hlavného výrobného bloku, ale aj na zníženie možností rozsiahleho vplyvu na zariadenia s vyšším potenciálom rizika, ktoré sú umiestnené vnútri strojovne.

Porušenia turbíny - v prípade porušenia turbíny sa môžu uvoľniť letiace úlomky s vysokou energiou a je možný ich náraz na pozdĺžnu etažérku a následne na budovu reaktora. Musí sa preto zabrániť porušeniu rotačných častí turbíny po zemetrasení. Bolo preverené, že zemetrasenie s intenzitou 8 stupňa nepovedie k porušeniu rotačných častí turbogenerátorov. Vďaka seizmickému projektu hlavných konštrukcií strojovne, v súvislosti s bežnými projektovými požiadavkami na ložiská a hriadele turbíny a generátora sa predpokladá, že zvládnu seizmické zaťaženie. Je preukázané, že zariadenie nadotáčkovej ochrany turbíny pracuje bezpečne aj v prípade svojej poruchy (fail-safe), aby sa zabránilo porušeniu turbíny vyvolanému prekročením otáčok v prípade zemetrasenia.

Prasknutie vysokoenergetických nádrží - aby sa zabránilo tlakovým vlnám a letiacim úlomkom v dôsledku porúch veľkých nádrží, prevádzkové nádrže s vysokoenergetickým obsahom v priestoroch zariadení seizmickej triedy 1 boli analyzované následne seizmicky z odolnené na ST2a na udržanie svojej celkovej stability po zemetrasení.

Sú to tieto komponenty:

- filtre vysokotlakového systému očistky chladiva (TC11N01/02, TC51N01) vzhľadom na ich možný vplyv na integritu hermetickej zóny
- napájacie nádrže (NN31,32), ktoré sú umiestnené v pozdĺžnej etažérke hlavného výrobného bloku.

Pád ťažkého manipulačného zariadenia - súbežná činnosť žeriavu s ťažkým zaťažením a zemetrasenia sa nepredpokladá, pretože je veľmi nízka pravdepodobnosť, že takáto situácia nastane (iba niekoľko hodín činnosti žeriavu ročne). Seizmickými úpravami je preukázané, že po zemetrasení nedôjde k pádu samotných mostov žeriavov, uložených v bezpečnostne dôležitých budovách. Manipulačné zariadenia v hlavnom výrobnom bloku, ktoré sú umiestnené nad horným poschodím hermetickej zóny ako mostové žeriavy na reaktorovej sále a zavážací stroj boli analyzované na udržanie svojej stability počas zemetrasenia a po ňom. Mostové žeriavy v strojovni a na pozdĺžnej etažérke hlavného výrobného bloku majú stanovené parkovacie polohy, ktoré nie sú nad zariadeniami (turbogenerátormi, komponentmi alebo potrubiami systému pary a napájacej vody) počas prevádzky bloku na výkone.

2.1.2.3.2. Strata externého napájania, ktorá by mohla zhoršiť dopad seizmicky vyvolaných interných zlyhaní v JE

V rámci seizmického scenára sa predpokladá strata externého napájania, ktoré je posúdené v kap. 5.

2.1.2.3.3. Situácia mimo elektrárne, vrátane ohrozenia dostupnosti JE pre personál alebo zdržanie príchodu personálu alebo zariadenia

Na základe vyselektovaných slovných formulácií pre stupne intenzity MSK 64 z pohľadu prístupových (únikových) možností sú zaujímavé stupne:

- VII Veľmi silné zemetrasenie. Chatrné budovy poškodené ťažko. Poškodené potrubia. Trhliny v zemi. Zosuvy pôdy a porušenie vozoviek. Posun pieskových a štrkových násypov.
- VIII Búrľivé zemetrasenie. Porušenie stien a ich kolaps. Porušenie potrubí, vozoviek a výrazné priebežné trhliny v zemine.

Na základe týchto formulácií je možné urobiť nasledovný záver:

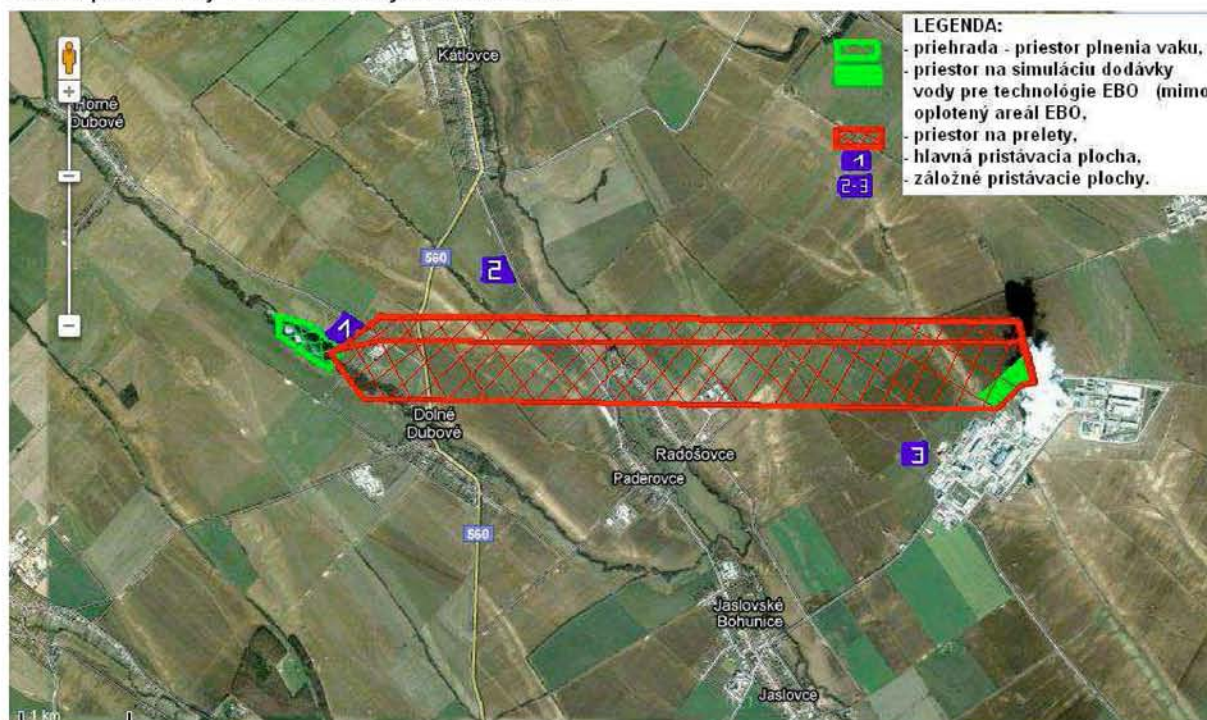
- Pre JE V-2 je podľa zadaného seizmického ohrozenia 8 MSK 64 a podľa popisu zrejmé, že môže dôjsť k porušeniu prístupových komunikácií hlavne v blízkosti predpokladaného epicentra zemetrasenia (Dobrá Voda).
- Pre prísun personálu a potrebného technického zabezpečenia je nutné uvažovať s prípadným porušením vstupných objektov do elektrární, nakoľko neboli uvažované ako seizmicky odolné. V rámci výstupov zo stres testov budú tieto objekty predmetom analýz.
- Prístup hasičských jednotiek k jednotlivým významným stavebným objektom v prípade požiaru je zabezpečený minimálne z dvoch smerov a je zadaný vo výjazdových kartách ZHU.

Pre doplňovanie chladiacej vody je možné podľa situácie použiť doplňovanie z bazénov CHV z hydrantovej siete EBO. Tento postup bol odsúhlasený neštandardných testov.

V prípade deštrukcie uvedených zdrojov je možné dopravovať vodu z blízkych vodných zdrojov kyvadlovým spôsobom, hadicovým vedením, alebo v podvesnom vaku vrtuľníka. V prípade neporušenia železničnej vlečky je možné dopraviť vodu vo veľkokapacitných železničných cisternách.

Ako možný zdroj pre kyvadlovú dopravu vody môžeme uvažovať Horný Dudvák, kde prístup k nemu môže byť v Pečeňadoch, Žíkovciach a Trakoviciach. Ďalšími možnými zdrojmi sú potok Horná Blava a rybník v Jaslovských Bohuniciach, nádrž Enviral v Leopoldove, dráhovský vážský kanál a mlyn v Radošovciach.

Ako najvhodnejší zdroj na čerpanie a následnú dodávku vody do EBO je priehrada Dolné Dubové. V časti pri stavidle je priehrada vhodná na odber vody vrtuľníkom s podvesným vakom. Tento postup bol reálne precvičený v rámci havarijného cvičenia.



Obr. 2.1.2- 1.: Pracovný priestor pre činnosť s vrtuľníkom

2.1.2.3.4. Ostatné nepriame dôsledky (požiar, explózia)

Vyplyvajúc zo seizmického scenára a podporných analýz, rozsiahly požiar ako dôsledok seizmickej udalosti sa neuvažuje z nasledovných dôvodov:

- Elektrické systémy sú redundantné a fyzicky oddelené,
- všetky elektrické zariadenia I. a II. kategórie budú seizmicky odolné, bez ohľadu na to či napájajú spotrebiče z SSEL alebo nie, čím sa značne znižuje riziko vzniku požiaru,
- je však možný vznik malých lokálnych požiarov, ktoré budú následne likvidované závodným hasičským útvarom (ZHU).

Pre zvládnutie lokálnych požiarov sa uvažujú:

- Seizmicky a požiarne odolné požiarne - deliace konštrukcie (stavebné konštrukcie) medzi jednotlivými požiarnymi úsekmi,
- seizmicky odolné požiarne VTZ (vzduchotechnické) klapky sú chránené požiarnou izoláciou VTZ potrubí,
- zariadenia obsahujúce horľavé látky (najmä olej) sú zaradené do seizmickej triedy 2a.

2.1.3. Súlad so súčasne platnou licenčnou základňou

2.1.3.1. Organizačné procesy u prevádzkovateľa

Pre oblasť zariadení spadajúcich do kategórie vybraných zariadení sú spracované programy kvality resp. IPZA, ktoré podliehajú schvaľovaniu UJD SR. V týchto dokumentoch sú zadefinované požiadavky na kontrolu jednotlivých zariadení s pohľadu zabezpečenia ich bezchybnej funkčnosti. O týchto kontrolách (prehliadkach) sú vedené záznamy vo forme protokolov o stave daného zariadenia.

Okrem týchto kontrol sú v súlade s odporučeniami MAAE, v rámci programu riadeného starnutia vytypovaných komponentov a programu hodnotenia stavebných objektov, periodicky hodnotené zadefinované ukazovatele ich technického stavu.

2.1.3.2. Organizačné procesy u prevádzkovateľa, ktoré zabezpečujú, že mobilné zariadenia a zásoby, ktoré majú byť podľa plánu k dispozícii po zemetrasení, sú trvale udržiavané v stave pohotovosti

Za účelom udržiavania mobilných zariadení, určených pre dodávku vody do systému superhavarijného doplňovania, v prevádzkyschopnom stave sú v súlade s harmonogramom striedania a funkčných skúšok zariadení primárneho a sekundárneho okruhu, je zabezpečená pohotovosť príslušných čerpadiel na dodávku vody z externých zdrojov.

2.1.3.3. Potenciálne odchýlky od licenčnej bázy a postupy aplikované v podobných situáciách.

JE EBO získala licenciu na prevádzkovanie v roku 1986. Seizmické zadanie pre jej získanie bolo určené hodnotou $PGA = 0,025g$.

V roku 1997 bol vypracovaný, na základe odporučení misií MAAE z roku 1993 a 1994, „Pravdepodobnostný výpočet seizmického ohrozenia lokality EBO“. Postup vypracovania pravdepodobnostného výpočtu v bol zhodnotený a následne akceptovaný misiou MAAE z roku 1998.

Údaje uvedené v pravdepodobnostnom výpočte boli podkladom pre vykonanie prác týkajúcich sa seizmického z odolnosti v rámci MOD V-2 na hodnotu $PGA=0,344g$.

2.2. HODNOTENIE BEZPEČNOSTNÝCH REZERV

2.2.1. Rozsah intenzity zemetrasenia, vedúceho k ťažkému poškodeniu paliva

JE EBO V2 v rámci plnenia bezpečnostných opatrení bola zodolnená elektrárň z pôvodnej hodnoty $0,025g$ na novú hodnotu $PGA=0,344g$ a tým dostatočne spĺňa požiadavky na ochranu proti DBE. V súlade s jednotlivými úrovňami zemetrasenia môžeme použiť pre $PGA=0,344g$ výraz nadprojektové zemetrasenie (BDBE).

Pri hodnotení rezervy seizmickej odolnosti v porovnaní s doporučením MAAE pre JE, ktoré stanovuje minimálnu hodnotu $PGA=0,1g$, môžeme konštatovať, že elektrárň EBO3,4 vykazuje viac ako trojnásobnú rezervu.

Seizmicita JE V2 bola zahrnutá do Bezpečnostného konceptu (BK II) modernizácie (MOD V2, 1997 - 2008) a nadväzovala na činnosti, ktoré boli už vykonané (zodolnenie hlavného zariadenia PO, analýzy seizmickej odolnosti budov, v ktorých sa nachádzajú bezpečnostné zariadenia). V súlade s Rozhodnutím

ÚJD SR č. 214/2000 boli do konca roku 2004 vyriešené všetky bezpečnostné kategórie 3, následne sa postupnou realizáciou zodolnenia znižovala kategória bezpečnostného problému „seizmicita“ z kategórie 3 na 2 a 1 (2004-2006). V rokoch 2006 – 2008 sa zodolnili zostávajúce konštrukcie, systémy a komponenty a v roku 2008 bolo ukončené seizmické zodolnenie JE V2.

Odhad PGA, ktoré by viedlo k poškodeniu najslabšieho článku je potrebné podmieniť v prvom rade seizmickou odolnosťou stavebného objektu HVB – reaktorovňa, seizmickou odolnosťou vlastnej nádoby reaktora a seizmickou odolnosťou BSVP.

V rámci detailnejšieho posudzovania jednotlivých stavebných konštrukcií, precíznejšieho stanovenia podlažných spektier odozvy pre vytypované bezpečnostné technologické komponenty, využitím existujúcich pevnostných rezerv zadefinovaných v normatívnej dokumentácii a pravdepodobnostným hodnotením zlyhania jednotlivých komponentov je zistená rezerva nad BDBE v rozsahu 20-30%.

2.2.2. Rozsah intenzity zemetrasenia, vedúceho k strate integrity kontajneru

Podľa výpočtov vykonaných pre EBO a inžinierskeho odhadu je strata integrity kontajneru pre lokalitu EBO, elektrárne EBO V2, pravdepodobná od $PGA = 0,350g$.

2.2.3. Zemetrasenie prevyšujúce projektové zemetrasenie a následná záplava prevyšujúca maximálnu projektovú záplavu.

Z geomorfologických charakteristík a hydrologických skutočností a analýz v lokalite EBO nie je predpoklad vzniku externej záplavy v dôsledku zemetrasenia.

2.2.4. Potenciálna potreba zvýšiť odolnosť elektrárne proti zemetraseniu

Takto určená požiadavka bola predmetom seizmického zodolnenia EBO V2 na hodnotu $PGA = 0,250g$ v roku 1995.

V rámci plnenia bezpečnostných opatrení bola zodolnená elektrárňa z hodnoty $0,250g$ na novú hodnotu $PGA = 0,344g$ v roku 2008.

ZÁVERY

Na území Slovenska a priľahlých územiach, ktoré by mohli seizmicky ohroziť dotknuté lokality JE sa nenachádzajú žiadne tektonické štruktúry, ktoré by vyvolali vznik extrémne silných zemetrasení porovnateľných s katastrofickým zemetrasením v Japonsku.

Metodiky stanovenia pôvodných projektových parametrov, ktoré boli doteraz použité pri stanovení seizmického ohrozenia lokality, sú primerane aktuálne a boli akceptované viacerými medzinárodnými misiami. Zvýšením seizmickej odolnosti konštrukcií a komponentov podieľajúcich sa na dochladzovaní blokov elektrárne z hodnoty $PGA = 0,025g$ na $PGA = 0,344g$ s návratovou periódou 10 000 rokov došlo k značnému zvýšeniu seizmickej odolnosti. Na základe analýz bolo predefinované projektové zemetrasenie na hodnotu $PGA = 0,25 g$, takže seizmickým zodolnením na $PGA = 0,344 g$, ukončeným v r. 2008, bola dosiahnutá rezerva proti zemetraseniu BDBE v rozsahu 20-30%.

3. ZÁPLAVY

3.1. PROJEKTOVÁ ZÁKLADŇA

3.1.1. Záplava uvažovaná v projekte

3.1.1.1. Charakteristika projektovej záplavy

Ako je ukázané ďalej, jediná možnosť záplav v lokalite Bohunice sú extrémne zrážky.

Hodnota zrážok uvažovaná v projekte je dážď 65 l.s-1.ha-1 s frekvenciou výskytu 1 krát za 100 rokov.

Základné predpisy z obdobia projektovania a konštruovania EBO3,4 sú uvedené v Kompletnej finálnej správe zo stres testov, ktorá je u držiteľa povolenia na SE a.s.

3.1.1.2. Metodika použitá na odvodenie projektovej záplavy

Na základe analýzy je zrejmé, že riziko spojené s ostatnými potenciálnymi zdrojmi záplav, t.j.:

- Blízke povrchové zdroje
- Zlyhanie priehrad
- Vlnobitie zo silných vetrov
- Spodná voda

Je zanedbateľné a môže sa vylúčiť, ako je preukázané v nasledovných kapitolách

Blízke povrchové vodné zdroje

Z hľadiska možného ohrozenia objektov účinkami záplav na riekach a vlnobitia na veľkých vodných plochách treba brať do úvahy skutočnosť, že lokalita JE V2 je umiestnená vo vnútrozemí na vyvýšenine, mimo vodných tokov a veľkých vodných plôch. Objekty vo vnútri areálu JE V2 nie sú priamo ohrozené statickými a dynamickými účinkami zátop a záplav na okolitých vodných tokoch a dielach.

Zlyhanie priehrad

Váh je najdlhšia slovenská rieka. Zberá vody z najvyššieho pohoria Slovenska Vysoké Tatry (najvyšší vrch je Gerlach 2655 m.n.m.), Nízkych Tatier, Malej Fatry, Strážovských vrchov smerom na západ a pri Žiline sa otáča na juh. Povodie rieky Váh zachytáva Obrázok 3.1.2-2.

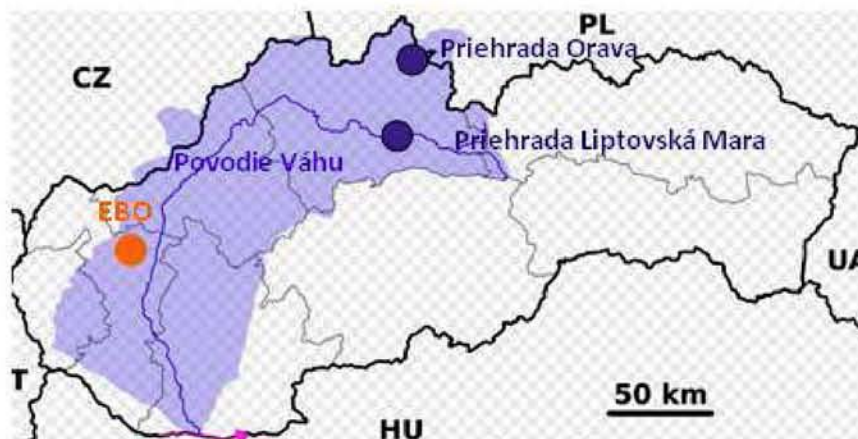
Medzi areálom JE V2 a riekou Váh, ako jeho pravostranný prítok, preteká nížinná rieka Dudváh. Pravostranné prítoky Dudváhu odvodňujú územie s bezprostredným vzťahom k areálu SE-EBO.

Medzi areálom JE V2 a obcou Jaslovské Bohunice preteká riečka Blava, ktorá je pravostranným prítokom Horného Dudváhu.

V regióne (oblasti do 25-30 km bez presnejšieho určenia vzdialenosti) sú tieto vodné nádrže:

- vodná nádrž Slňava na Váhu (max. 12,3 mil. m³),
- nádrž Čerenec (0,13-1,35 mil. m³),

- vodná nádrž Kráľová nad Váhom (max. 51,8 mil. m³),
- ďalšie vodné nádrže, bagroviská a rybníky miestneho významu



Obr. 3.1.1- 1.: Povodie rieky Váh

Lokalita JE V2 sa nachádza na dolnom toku Váhu, pod sústavou priehrad Vážskej kaskády. Z hľadiska možného ohrozenia jej pomocných objektov mimo lokality prichádzajú do úvahy havárie (zemetrasenie, úmyselné poškodenie) priehrad: Liptovská Mara, Orava, Nosice, Sĺňava.

Podľa Smernice pre výpočet prielomovej vlny (MLVH SR, Bratislava 1984) boli v rokoch 1986-1987, resp. 1991 riešené následky havárií priehradných nádrží Liptovská Mara, Orava a Nosice na Váhu. Bol zostavený matematický model riečnej sústavy Orava-Váh a simulovaná havária troch najvýznamnejších priehrad na tejto sústave. Výsledky simulácií následkov havárií spomínaných troch priehrad na Váhu boli spracované do dokumentácie o prielomovej vlne (Harton-Odstrčil, Funkčné overenie modelu, Výskumná správa VÚVH, Bratislava 1984) a zvláštnych manipulačných poriadkov v zmysle Smernice pre vypracovanie zvláštnych manipulačných poriadkov vodných diel (MLVH, Bratislava 1984).

Charakteristické hydrologické údaje o spomínaných vodných dielach sú uvedené v bezpečnostnej správe EBO3,4.

Ako hlavný zdroj prídavnej a chladiacej vody pre JE V2 sa využíva vodná nádrž Sĺňava na Váhu (objem 12,3 mil.m³, rozloha 4,30 km², prietok 148+1930 m/s), odkiaľ sa voda cez sací objekt Drahovce a čerpaciu stanicu Pečeňady privádza do JE V2. Ako záložný zdroj slúži Dudváh a potok Dubová.

Pri zlyhaní priehrad bude ohrozený zdroj prídavnej vody v Drahovciach (výpadok elektronapájania) a čiastočne bude zatopená čerpacia stanica Pečeňady, kde dosiahne hladina vody úroveň 0,5 m (Oravská priehrada), resp. 1,2 m (Liptovská Mara). V dôsledku toho budú zatopené armatúry v sacích a výtlačných jímkach, podzemné kábelové kanály a elektrorozvádzače na podlaží 0,0 m. Prívodný transformátor a motory výtlačných čerpadiel, umiestnené vo výške 1+1,5 m nebudú ohrozené.

Spotreba prídavnej vody pre rôzne prevádzkové režimy blokov je uvedená v kapitole 5.

Existujúce zásoby prídavnej vody v EBO3,4 pre potreby prevádzky blokov v prípade straty dodávky vody z Váhu pri prevádzkyschopnosti ČS Pečeňady sú:

- | | |
|---|-----------------------|
| – voda v prívodných rádoch | 37 510 m ³ |
| – voda v bazénoch a kanáloch chladiacich veží | 42 890 m ³ |

- celkové zásoby prídavnej vody 80 400 m³

Spôsob riešenia výpadku prídavnej vody je popísaný v texte kapitoly 3.1.1.3.. Závěry o dostatočnosti ochrany proti externým záplavám, časť Zlyhanie priehrad.

Vlnobitie zo silných vetrov

Lokalita JE je umiestnená vo vnútrozemí, mimo veľkých vodných plôch, a preto ochrana proti vlnobitiu pri veterných búrkach a hurikánoch nie je aktuálna.

Spodné vody

Oblasť Jaslovské Bohunice sa nachádza na úrovni vrstiev pliocenu (levant). Tieto vrstvy sú vytvorené hlinou a pieskami so štrkom. Pod týmito vrstvami sa nachádza usporiadanie pentových vrstiev hlinitých s piesočnými a štrkovými oblasťami. Najhlbšie sa nachádza súvrstvie sarmatu a tertenu.

V hĺbke do 0,7m pod povrchom je vrstva černozeme, v hĺbke približne do 9m sa nachádza žltá tvrdá spraš, v hĺbkach 9m – 14m je tvrdý hnedý piesčitý sprašový nános so zvyškami organických látok s vápencovými usadeninami a s malým obsahom železa a mangánu. Medzi 14m a 17m sa nachádzajú tvrdé hnedozelené jemnozrnné piesčité hliny, v hĺbkach 17m – 24m sú umiestnené vrstvy stredne zrnitého hlinitého piesku a štrkopiesku a ešte nižšie pevné, jemnozrnné piesočné hliny.

Problematika podzemných vôd sa riešila vo viacerých odborných prácach. Komplexnejšie je táto problematika riešená zadaním a realizáciou úlohy Ochrana podzemných vôd EBO. Pre doplnenie chýbajúcich údajov o geologickej stavbe územia, hydrogeologických charakteristík, monitorovacích a sanačných objektov bolo územie EBO a najbližšie okolie doplnené o 83 nových vrtov rôznych priemerov, ktoré boli navítané do rôznych hĺbok, v závislosti na dosiahnutí rozhrania prvej zvodnenej vrstvy a nepriepustného neogénneho podlažia, alebo účelu objektov. V existujúcich i novovybudovaných pozorovacích objektoch boli režimovo sledované hladiny podzemných vôd. Kulminácia hladín (hlavne v oblasti EBO) je malá, v maxime ± 20 cm.

Monitorovanie podzemných vôd (aktivít a hydraulického režimu) je vykonávané v celej sieti (143 ks) existujúcich a novovybudovaných monitorovacích objektov.

Extrémny dážď, Topiaci sa sneh, Kombinácia extrémneho dažďa a topiaceho sa snehu

Východiskové meteorologické podmienky pre projektovanie a stanovenie prevádzkových charakteristík v úvodnom projekte spracoval Hydrometeorologický ústav v Bratislave:

- búrky sa vyskytujú najmä v období od apríla do októbra, priemerný počet búrok v priemere roku je 15
- ročný priemer zrážok je 522 mm
- maximálne denné zrážky presahujú 40 mm
- počet dní so zrážkami je 165
- počet dní so zrážkami 0,1 mm a viac je 120, nad 10 mm je to 20
- najväčší počet dní so zrážkami v priebehu roka je pozorovaný v októbri
- 100-ročný dážď $= 65 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$

Na základe údajov z odbornej literatúry ako sú:

- poloha lokalít v Podunajskej nížine zahrnutá do teplej oblasti okrsku A3 (teplý, mierne suchý s miernou zimou) s klimaticko-geografickým typom nížinnej, prevažne teplej klímy (Atlas podnebia ČSR ÚSGK Praha, 1958)
- II. snehová oblasť (bývalá ČSN 73 00 35 alebo súčasná STN 73 00 35)
- III. vetrová oblasť (bývalá ČSN 73 00 35 alebo súčasná STN 73 00 35)
- oblasť ľahkej námrazy (Maška, Pozorování námraz a námrazová mapa ČSR, Meteorologické správy 1958)
- pri 100-ročnom daždi (65 l.s-1.ha-1) naprší na plochu areálu 1,18 m³.s-1, a teda nedôjde k preťaženiu dažďovej kanalizácie, ktorej kapacita je 2,365 m³.s-1.
- podľa dostupnej odbornej literatúry nemôže dôjsť v klimatických podmienkach lokality JE V2 ku kombinácii výskytu extrémnych zrážok a roztápania maximálnej snehovej prikrývky. V dobe, kedy dochádza k roztápaniu snehovej prikrývky, sa extrémne dažde nevyskytujú. Prichádzajú do úvahy len kombinácie extrémnej snehovej prikrývky so zrážkou, ktorá nie je extrémna.

Podľa výsledkov Medzivládneho panelu pre klimatickú zmenu možno v časovom rozpätí niekoľkých dekád očakávať zreteľné prejavy klimatickej zmeny aj v stredoeurópskom regióne. Vzhľadom na očakávanú životnosť jadrovej elektrárne je preto potrebné, aby boli zabezpečené meteorologické merania v lokalite elektrárne a využité pri hodnotení a predikcii dôsledkov klimatickej zmeny na prevádzku elektrárne.

Podľa odporúčania IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No.NS-G3.4 zdrojom meteorologických údajov pre vyhodnotenie extrémnych meteorologických podmienok majú byť :

- Off-site zdroje meteorologických údajov: Najbližšie meteorologické stanice SHMU k lokalite JE V2 sa nachádzajú:
 - v lokalite EBO Jaslovské Bohunice - Meteorologického observatória v Jaslovských Bohuniciach vzdialené cca 2 km v smere JZ od JE EBO V2
 - v Piešťanoch - Meteorologickej stanice pri letisku. vzdialenej 18 km smere SV od JE EBO V2
- ON-site meteorologický program – Teledozimetrický systém (TDS), ktorý je v prevádzke od roku 2004. Meteorologické snímače pre meranie teploty, relatívnej vlhkosti vzduchu, atmosférického tlaku vzduchu a atmosférických zrážok TDS.

Najväčšie úhrny zrážok sa vyskytujú v letných mesiacoch (jún 67 mm), kedy je zrážková činnosť často spojená s búrkovými javmi. Maximálny mesačný úhrn zrážok dosiahol 201,1 mm a minimálny 0,4 mm. Najvyšší denný úhrn zrážok dosiahol 73,1 mm. Priemerný počet dní so zrážkami (0,1 mm a viac) dosiahol za rok 141,2 dňa. Doterajšie merania potvrdzujú, že projektový základ je dostatočný.

Z vrstevnicového profilu areálu a konfigurácie stavieb JE V2 sú zrejmé ďalej uvedené fakty. Stredná hodnota relatívneho sklonu reliéfu lokality je 1 stupeň v juhovýchodnom smere. Najnižším miestom v lokalite je okolie SO901, Likvidácia priemyselných vôd, a SO366, Poistné nádrže, s nadmorskou výškou 163 m. Dno nádrží má nadmorskú výšku 161,50 m. Najvyššie položenými sú SO581, Chladiace veže, a SO584, Centrálna čerpacia stanica, s nadmorskou výškou 170,60 m. Z južnej strany lokality za oplotením sa nachádza val, ktorý má prevýšenie od 1,5 do 2,5 m. Najnižšie miesto na hrebeni tohto valu má nadmorskú výšku 164,80 m. Tadiaľ bude prípadná voda z extrémneho dažďa vytekať z lokality smerom ďalej na juh do prirodzeného údolia na poliach.

Pri výskyte extrémnych zrážok alebo topenia sa snehu dôjde na ploche JE V2 k povrchovému odtoku smerom z najvyššie položenej plochy k najnižšie položeným plochám. Uvažuje sa, že v extrémnych prípadoch dôjde k upchatiu všetkých vpustí na ploche elektrárne a dažďová kanalizácia bude odvádzať len vodu zo striech objektov. Výška odtokovej hladiny pri storočných zrážkach sa nastaví na úrovni 5 cm.

Dopad zrážok na objekty dôležité z hľadiska bezpečnosti

Ohrozenie dôležitých stavebných objektov z hľadiska nadpriemerných dažďových zrážok alebo topenia sa snehu vyplýva z ich výškového rozmiestnenia v areáli. Za predpokladu, že lokálne zlyhá dažďová kanalizácia a personál nevykoná nápravné opatrenia spočívajúce najmä v upchatí štrbín dvier a brán, bude odozva (zatopenie priestorov na úrovni, resp. pod úrovňou terénu) takáto:

- **reaktorovňa** – voda z pozemných plôch areálu prenikajúca cez netesnosti hlavne vlečkového koridoru sa bude rozlievať po chodbách na podlaží $\pm 0,0$ m a následne bude stekať cez zberače nečistého kondenzátu a kanalizáciu do uzla odpadných vôd, Uzol odpadných vôd na každom reaktorovom bloku je tvorený jednou nádržou s kapacitou 28,5 m³, dvomi čerpadlami s výkonom po 25 m³/hod, a jedným ejektorom na odsávanie kanalizačných jímok. Celková plocha strechy jedného reaktorového bloku je odvodnená pomocou celkom 7ks strešných vtokových zberačov opatrených mriežkou, ktoré sú cez patrične spádované zberné kolektory a zvedené do zbernej šachty dažďovej kanalizačnej siete areálu.

Bližší popis odpadných vôd a zdravotnícky je uvedený v príslušných predpisoch.

SKK dôležité z hľadiska bezpečnosti nebudú poškodené.

- **strojovňa a etažérky** – voda z pozemných plôch areálu prenikajúca hlavne cez netesnosti brán strojovne bude stekať cez rošty a schodišťa do suterénu strojovne, ktorý má objem cca 67 600 m³.

Bližší popis zdravotnícky je v príslušných predpisoch:

SKK dôležité z hľadiska bezpečnosti nebudú ohrozené vrátane rozvádzačov a čerpadiel na $\pm 0,0$ m.

- **DGS** – podlaha prízemia je 5 cm nad okolitým terénom, až po prekonaní tejto úrovne voda prenikajúca cez netesnosti hlavne brán na severnej strane objektu bude stekať do miestností pod DG, kde pri zvýšenej hladine môže zatopiť vývody 6 kV

Celková plocha spádovanej plochy strechy je odvodnená pomocou celkom 12ks strešných vtokových zberačov opatrených s mriežkou proti mechanickým nečistotám. Každý strešný vtok je napojený na samostatné zberné potrubie, ktoré má vytvorený potrebný spád a je aj samostatne zaústené do siete dažďovej kanalizácie areálu.

Priemyselná kanalizácia je v zmysle úvodného projektu vytvorená v každej zo šiestich stavebných buniek objektu DGS samostatne.

Bližší popis zdravotnícky je v príslušnom predpise:

- **Palivové hospodárstvo DG** – objekt je svojím vyhotovením odolný voči zatekaniu.

SKK dôležité z hľadiska bezpečnosti nebudú ohrozené.

- **CČS (vrátane čerpadiel TVD a požiarnej vody)** – je najvyššie položeným objektom JE, voda z pozemných plôch areálu nemôže k objektu nastúpať.

Celková plocha strechy objektu je odvodnená pomocou 9ks strešných vtokových zberačov, ktoré sú rovnomerne rozmiestnené po ploche strechy.

Bližší popis zdravotnícky je v príslušnom predpise.

SKK dôležité z hľadiska bezpečnosti vrátane požiarneho rozvodu nebudú ohrozené.

- **Chemická úprava vody s čerpadlami SHN** – samotný objekt je umiestnený cca 10 cm nad okolitými spevnenými plochami a čerpadlá sú uložené na betónových podstavcoch s výškou cca 25 cm, a preto vody nenastúpajú k objektu a ani do úrovne motorov SHNČ.
Bližší popis zdravotníckej je v príslušnom predpise.
SKK dôležité z hľadiska bezpečnosti nebudú ohrozené.
- **Centrum havarijnej odozvy** – vstupné dvere do podzemných priestorov sú vyhotovené ako tesné a prah je cca 12 cm nad úrovňou terénu.
SKK dôležité pre riadenie havarijnej odozvy nebudú ohrozené.
- **Elektrické kanály** – k poškodeniu izolácie káblov a ich nosných konštrukcií účinkom natekajúcej alebo presakujúcej vody nepríde, a prevádzkyschopnosť kabeláže zostane zachovaná.
SKK dôležité z hľadiska bezpečnosti nebudú ohrozené. Môžu nastať len individuálne výpadky spotrebičov.
- **ČS Pečeňady** – voda zaplaví rozvádzače 6kV a transformátor 6/0.4 kV, ktoré sú umiestnené na kóte +0,0m. ČS má dispozíciu 3 stabilné ponorné čerpadlá, ktoré sú napájané z pracovného prívodu a v prípade záplavy by boli nefunkčné.
- **Sací objekt prídavnej vody Drahovce** – samotný objekt so zariadením je umiestnený nad úrovňou okolitého terénu, a preto dažďová voda k nemu nevystúpi.
SKK dôležité pre dodávku prídavnej vody nebudú ohrozené.

Vnútné záplavy ako následok zemetrasenia

Správa Dosiahnutie bezpečného stavu JE V2 po seizmickej udalosti definuje projektový scenár, t.j. spôsob pre dosiahnutie bezpečného stavu blokov JE V2 po maximálnom výpočtovom zemetrasení. Na základe vypracovaného scenára stanovuje množstvo a rozsah SKK, ktoré musia byť schopné odolať seizmickému zaťaženiu a ktoré tvoria podklad pre projekt seizmického z odolnosti SKK JE V2, tzv. seizmický projekt. Všeobecne sa predpokladá, že všetky systémy, ktoré nie sú projektované tak, aby si zachovali schopnosť plniť požadované funkcie po seizmickej udalosti, nie sú prevádzkyschopné a môžu byť zdrojom vnútorných záplav,

Vnútna záplava je prechodový proces, počas ktorého sa médium šíri zo zdroja záplavy priestormi vo vnútri objektov JE a pôsobí na systémy a zariadenia situované v záplavou dotknutých priestoroch. Pokiaľ vnútorná záplava nevyradí z prevádzky resp. z prevádzkovej pohotovosti systémy a zariadenia dôležité pre bezpečnosť v rozsahu, ktorý by znamenal narušenie konkrétnej bezpečnostnej funkcie, nedôjde k ohrozeniu prevádzky blokov JE V2 z hľadiska jadrovej bezpečnosti.

Pri riešení rizika vnútorných záplav boli identifikované:

- dôležité objekty a priestory JE V2, v ktorých sa nachádzajú SKK dôležité z hľadiska bezpečnosti
- iniciačné udalosti

Dôležitými priestormi so zariadením elektrického rozvodu a napájacích automatov v [REDACTED] Pozdĺžna etažérka, [REDACTED] Pričná etažérka 3. bloku, [REDACTED] Pričná etažérka 4. bloku, sú:

- miestnosti akubaterií 220 V zaisteného napájania I. kategórie [REDACTED]
- miestnosti jednosmerných rozvádzačov 220 V a striedavých rozvádzačov 0,4 kV ZN I. kategórie s príslušnými usmerňovačmi a invertormi [REDACTED]
- miestnosti systémových rozvodní 6 kV ZN II. kategórie [REDACTED]
- miestnosti systémové úsekové rozvodne 0,4 kV ZN II. kategórie [REDACTED]
- miestnosti automatík systému RPS (RTS a ESFAS) [REDACTED]
- podlažie + 14,7 m v [REDACTED] (sú tam nainštalované dôležité komponenty ako poistné ventily parogenerátorov, rýchločinné oddeľovacie armatúry na parných potrubíach a potrubíach napájacej vody, prepúšťacie stanice do atmosféry na parovodoch, primárne prístroje RPS a ZSTG; miestnosť je spoločná pre zariadenie sekundárneho okruhu oboch blokov)
- ostatné dôležité priestory v priečných etažérkach [REDACTED]
 - operatívna a neoperatívna časť blokovej dozorne
 - miestnosti TPS
 - miestnosti SORR
 - núdzová dozorňa

Dôležité priestory [REDACTED] Strojovňa (spoločná pre oba bloky), sú:

- podlažie $\pm 0,0$ m s havarijnými napájacími a dochladzovacími čerpadlami s príslušenstvom

4.EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

- suterén s významnými zdrojom možnej vnútornej záplavy je prostredníctvom kanálov vzduchotechniky a montážnymi prielezmi do káblových priestorov nepriamo prepojený s podlažím $\pm 0,0$ m v pozdĺžnej etažérke.

V podmienkach po maximálnom výpočtovom zemetrasení prichádzajú do úvahy takéto udalosti vnútorných záplav:

- Veľký únik napájacej vody pri havárii napájacieho alebo parného potrubia na podlaží + 14,7 m [REDACTED] Pozdĺžna etažérka: SKK, ktoré sú tam inštalované, môžu byť ohrozené tlakovým prúdom. Priesak podlahy na + 14,7 m do miestností automatík na podlaží +9,6 m nehrozí. K záplave miestnosti na podlaží +9,6 m by mohlo dôjsť iba pri mechanickom poškodení podlahy v dôsledku prípadného švihu vysokoenergetického potrubia napájacej vody resp. pary. Obmedzovače švihov potrubí však zamedzia mechanickému poškodeniu podlahy. Správna funkcia obmedzovačov švihov potrubí zabráni aj ohrozeniu dôležitých SKK a nosných konštrukcie [REDACTED]
- Veľký únik cirkulačnej chladiacej [REDACTED] Strojovňa: Systém cirkulačnej chladiacej vody má celkovú zásobu vody cca 85 100 m³. Únik zo systému cirkulačnej chladiacej vody môže v smere zo suterénu strojovne potenciálne ohroziť záplavou príľahlú pozdĺžnu etažérku. Za najväčší následok seizmickej udalosti možno považovať kritické poškodenie seizmicky nezodolneného potrubia cirkulačnej chladiacej vody v strojovni. Z rozboru vyplýva, že ani celý objem vody obsiahnutý v systéme cirkulačnej chladiacej vody 85 100 m³ nemôže ohroziť kábelové kanály v suteréne strojovne, ktorých prielezy sú situované na úrovni - 3,1 m, a ktorými by sa mohla záplava šíriť do príľahlej pozdĺžnej etažérky.
- Veľký únik z potrubia napájacej vody a kondenzátu v strojovni: V porovnaní s predchádzajúcou iniciačnou udalosťou bude pri úniku média z potrubia napájacej vody, resp. kondenzátu pri maximálnom vyprázdnení odpovedajúcich zdrojov, množstvo vytečené do strojovne podstatne menšie. Možno konštatovať, že výtok média neohrozí bezpečnosť JE ani v prípade, ak tento únik bude súčasne s únikom cirkulačnej vody v strojovni.

Princíp projektovania je v súlade s medzinárodnou praxou.

Vnútorné záplavy ako dôsledok riešenia extrémnych prírodných udalostí

Na jadrovej elektrárni nie je možné vylúčiť vnútorné záplavy ako priamy dôsledok zlyhania ľudského faktora. K základným príčinám vzniku takéhoto druhu iniciačných udalostí spôsobené ľudským faktorom môžu patriť:

- chybné postupy pri zložitých technologických manipuláciách,
- kolízia v koordinácii prác pri nestacionárnych prevádzkových režimoch
- nedôslednosti resp. opomenutie pri poskytovaní informácií o aktuálnom prevádzkovom stave zariadenia

Je zrejmé, že sa jedná predovšetkým o príčiny, ktoré sú priamym dôsledkom organizovanej ľudskej činnosti a úzko súvisia s kultúrou bezpečnosti prevádzky na jadrových elektrárňach.

Realizácia zložitých prevádzkových manipulácií sa vykonáva prostredníctvom predpisov a operatívnych programov. Ich dôsledné uplatňovanie je predpokladom, že riziká plynúce z ľudskej činnosti pri využívaní jadrovej energie sú obmedzené na najmenšiu možnú mieru.

Princíp projektovania je v súlade s medzinárodnou praxou.

3.1.1.3. Závěry o dostatočnosti ochrany proti externým záplavám

Blízke povrchové vodné zdroje

Svojím umiestnením je JE V2 chránená proti záplavám z blízkych povrchových vodných zdrojov. Objekty JE V2 nie sú teda priamo ohrozené takýmito udalosťami, a preto ani v projekte nebolo uvažované s ich protipovodňovou ochranou.

Všetky SKK elektrárne plniace bezpečnostnú aj prevádzkovú funkciu budú prevádzkyschopné podľa projektu bez obmedzenia.

Zlyhanie priehrad

Svojím umiestnením je JE V2 chránená proti záplavám pri zlyhaní priehrad. Kulminácia prielomovej vlny nemôže ohroziť bezpečnosť objektov vnútri areálu JE V2 a preto ani v projekte nebolo uvažované s ich protipovodňovou ochranou.

Pri zlyhaní priehrad bude ohrozený zdroj prídavnej vody v Drahovciach a čiastočne bude zatopená čerpacia stanica Pečeňady. Ako maximálny dopad udalosti je možná úplná strata schopnosti doplňovania prídavnej vody do areálu JE . Postup riešenia výpadku doplňovania je uvedený v prevádzkovej dokumentácii a bol zohľadnený pri stanovovaní limitných časových hodnôt.

Problematika straty prídavnej vody je riešená v prevádzkových predpisoch.

Vlnobitie zo silných vetrov

Objekty JE V2 nie sú priamo ohrozené vlnobitím pri veterných búrkach a hurikánoch, a preto ani v projekte nebolo uvažované s ich ochranou proti týmto udalostiam.

Všetky SKK elektrárne plniace bezpečnostnú aj prevádzkovú funkciu budú prevádzkyschopné podľa projektu bez obmedzenia.

Spodné vody

Hladina spodnej vody sa nachádza v hĺbke 16+20 m, tak s účinkami spodnej vody na stabilitu stavieb JE V2 nie je treba uvažovať. Z toho dôvodu nebolo v projekte uvažované s ochranou stavieb proti spodnej vode a nebol vybudovaný stály odvodňovací systém pre reguláciu hladiny spodných vôd.

Všetky SKK elektrárne plniace bezpečnostnú aj prevádzkovú funkciu budú prevádzkyschopné podľa projektu bez obmedzenia.

Extrémny dážď, Topiaci sa sneh, Kombinácia extrémneho dažďa a topiaceho sa snehu

Svojím umiestnením je elektráreň chránená proti zátopám a povodniam na riekach a jazerách. Jediné ohrozenie tohto druhu predstavuje zatopenie objektov pri zlyhaní dažďovej kanalizácie a nevykonaní okamžitých nápravných opatrení personálom spočívajúcich najmä v upchatí štrbín dvier a brán.

Všetky SKK elektrárne plniace bezpečnostnú aj prevádzkovú funkciu budú prevádzkyschopné podľa projektu bez obmedzenia v prípade zabezpečenia prevádzkyschopnosti DG zamedzením prieniku vody do SO530, Dieselgenerátorová stanica. Nefunkčné bude zariadenie ČS Pečeňady.

Problematika straty prídavnej vody je riešená v prevádzkových predpisoch:

4. EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

Vnútorné záplavy ako následok zemetrasenia

Záverom analýz prevádzkových udalostí:

- veľký únik napájacej vody pri havárii napájacieho alebo parného potrubia na podlaží + 14,7 m [REDACTED]
Pozdĺžna etažérka,
- veľký únik cirkulačnej chladiacej v [REDACTED] Strojovňa,
- veľký únik z potrubia napájacej vody a kondenzátu v strojovni,

je, že ani jedna z nich a ani ich kombinácia neohrozuje z hľadiska vnútorného zaplavenia bezpečnosť JE V2.

Konfiguráciou SKK s trojredundantnými bezpečnostnými systémami je JE V2 odolná proti vnútorným záplavám.

Vnútorné záplavy ako dôsledok riešenia extrémnych prírodných udalostí

Na základe rozboru vnútorných záplav realizovaných aj na iných obdobných JE je možné konštatovať, že komponenty bezpečnostných systémov sú voči zaplaveniu dostatočne chránené:

- projektovým redundantným riešením bezpečnostných systémov a ich komponentov,
- vlastným ochranným krytom odolným proti vlhkosti a zvýšenej teplote alebo technologickým prevedením samotného komponentu
- umiestnením v dostatočnej výške, aby maximálna hladina vody vyplývajúca z konzervatívneho výpočtu iniciačnej udalosti nedosiahla úroveň týchto komponentov
- možnosťou odvádzania vody vytekanej na podlahu miestností
- periodickými obhliadkami, ktoré vykonáva obslužný personál a má možnosť ručnou manipuláciou armatúry na niektorých potrubiach (nie kritické z hľadiska bezpečnosti) z chodby uzatvoriť a tým zastaviť výtok média.

Konfiguráciou SKK s trojredundantnými bezpečnostnými systémami je JE V2 odolná proti vnútorným záplavám. Neprevádzkyschopné zostanú SKK postihnuté záplavou. Ostatné SKK elektrárne plniace bezpečnostnú aj prevádzkovú funkciu budú prevádzkyschopné podľa projektu bez obmedzenia. Bližšie určenie je súčasťou matic konfigurácie SKK.

3.1.2. Opatrenia na ochranu elektrárne proti projektovým záplavám

3.1.2.1. Identifikácia SKK, ktoré sú potrebné pre dosiahnutie a udržiavanie bezpečného odstavenia a sú najviac ohrozené pri zvyšovaní hladiny vody

SKK zabezpečujúce bezpečnostné funkcie (bezpečnostné, prevádzkové, ostatné), ktoré sú ohrozené zvyšovaním hladiny vody v EBO3,4, sú uvedené v matici konfigurácií (dostupná u držiteľa licencie SE a.s.).

Ako bolo preukázané, jedinou možnosťou záplav v EBO3,4 sú Extrémny dážď, Topiaci sa sneh, Kombinácia extrémneho dažďa a topiaceho sa snehu.

4.EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

Udalosť spojená s vplyvom vnútorných záplav po zlyhaní seizmicky neodolných chladiacich systémov v rozsahu predpokladanom projektom neohrozuje prevádzkyschopnosť SKK potrebných na zaistenie bezpečnostných funkcií.

Udalosť s vplyvom vnútorných záplav ako dôsledku riešenia extrémnych prírodných udalosti neohrozuje prevádzkyschopnosť SKK potrebných na zaistenie bezpečnostných funkcií riadenie reaktivity v AZ a BSVP. Možnosti riadenia reaktivity v AZ a BSVP budú zaistené redundanciami systémov nepostihnutými záplavou.

3.1.2.2. Hlavné projektové a konštrukčné opatrenia na prevenciu dopadov záplav na elektrárň

- i. *Zabezpečiť dopracovanie správy SHMÚ pre lokalitu SE-EBO s uvážením nových poznatkov o meteorologických podmienkach.*
- ii. *Dopracovať PpBS SE-EBO pre externé a interné nebezpečenstvá v súlade s medzinárodnými štandardami.*

3.1.2.3. Hlavné prevádzkové opatrenia na prevenciu dopadov záplav na elektrárň

- i. *Vypracovať postupy na udržiavanie prevádzkyschopnosti dažďovej, priemyselnej a splaškovej kanalizácie vrátane udržiavania čistoty striech.*
- ii. *Zhotoviť postupy pre odstraňovania následkov záplav pri obnovovaní prevádzkyschopnosti postihnutých SKK.*
- iii. *Prehodnotiť postupy pre dopravu obslužného personálu pri záplavách z blízkych povrchových vodných zdrojov.*
- iv. *Zabezpečiť ponorné čerpadlá a ďalšie patričné vybavenie pre odčerpanie vody zo zaplavených priestorov.*

3.1.2.4. Situácia mimo elektrárne, vrátane zabránenia dostupnosti alebo zdržania prístupu personálu a zariadenia do elektrárne

Blízke povrchové zdroje, Zlyhanie priehrad

Pri záplavách spôsobených okolitými vodnými tokmi a dielami, budú ovplyvnené cestné komunikácie v povodí rieky Váh a bude potrebné riadiť sa a prijímať opatrenia na základe rozhodnutí štátnej správy a miestnych samospráv.

Dostupnosť lokality JE V2 zo smeru J. Bohunice–Trnava, Malženice–Trnava a V. Kostofany–Vrbové bude bez obmedzení. Je predpoklad, že bude vysídlené mesto Piešťany a budú nepoužiteľné cestné komunikácie v okolí obcí Žilkovce, Leopoldov, Hlohovec, Červeník, Madunice a Drahovce.

Pre obnovenie dodávky prídavnej vody bude potrebný transport personálu na obsluhu alebo kontrolu a prípadné opravy zariadení na sacom objekte v Drahovciach a ČS Pečeňady.

Zdroje a komodity potrebné pre zabezpečenie životných funkcií personálu a prevádzky SKK budú poskytované po komunikáciách cez oblasti nad zaplaveným územím. Rozvod pitnej vody bude plne funkčný.

4.EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

Extrémny dážď, Topiaci sa sneh, Kombinácia extrémneho dažďa a topiaceho sa snehu, Vnútorne záplavy ako následok zemetrasenia a vnútorné záplavy ako dôsledok riešenia extrémnych prírodných udalostí

Zdroje, komodity a pomoc potrebná pre zabezpečenie životných funkcií personálu a prevádzky SKK budú vrátane pitnej vody poskytované spôsobom popísaným v kapitole o seizmicite.

Stavebné objekty elektrárne majú možnosť prístupu z viacerých svetových strán. Ku každému vstupu vedie spevnená komunikácia.

3.1.3. Súlad elektrárne so súčasne platnou licenčnou základňou

3.1.3.1. Organizačné procesy u prevádzkovateľa, ktoré zabezpečujú, že SKK potrebné pre dosiahnutie a udržiavanie bezpečného odstaveného stavu ako aj systémy a štruktúry projektované ako ochrana proti záplavám, sú udržiavané v bezchybnom stave

SKK sú prevádzkované podľa príslušných predpisov, ktoré zahŕňajú:

- požiadavky právneho systému krajiny vrátane dozorných orgánov, medzinárodných štandardov a odporúčaní a dobrej praxe prevádzkovateľov obdobných jadrových zariadení
- technické podmienky stanovené plánmi kvality a výrobcom
- limity a podmienky bezpečnej prevádzky

Je zabezpečené optimálne udržiavanie prevádzkyschopnosti SKK podľa projektu tak, aby boli dosahované požadované parametre výkonnosti a životnosti.

Proces zmien a modifikácií SKK je u prevádzkovateľa JZ riadený. SKK sú kvalifikované na účinky okolitého prostredia podľa požiadaviek na plnenú bezpečnostnú funkciu.

3.1.3.2. Organizačné procesy u prevádzkovateľa, ktoré zabezpečujú, že mobilné zariadenia a zásoby, ktoré majú byť podľa plánu k dispozícii pri záplavách, sú trvale udržiavané v stave pohotovosti

Mobilné čerpadlá, v správe ZHÚ:

- 1 ks plávajúce čerpadlo FROGGY s výkonom 800 l/min, vlastný benzínový motor
- 1 ks plávajúce čerpadlo SAW 200 s výkonom 800 l/min, vlastný benzínový motor
- 4 ks ponorné elektrické čerpadlá Mast T 12 (výkon jedného čerpadla 1200 l/min.), 380V
- 1 ks ponorné čerpadlo Sigma KDFU 80 výkon čerpadla 800 l/min, 380V

Údržba čerpadiel je zabezpečovaná podľa príslušnej technickej dokumentácie.

Operatívny plán medzi EBO a VÚC Trnava o prioritnom odpratávaní snehu z pozemných komunikácií vedúcich do EBO3,4.

3.2. OHODNOTENIE BEZPEČNOSTNÝCH REZERV

3.2.1. Ohodnotenie bezpečnostných rezerv proti záplavám

Blízke povrchové vodné zdroje , Zlyhanie priehrad

Vzhľadom na veľkosti blízkych povrchových vôd, ich vzdialenosti od areálu a výškové usporiadanie lokality a vodných zdrojov , nie sú SKK ohrozované záplavou.

Záplavová vlna pri zlyhaní priehrad z ľubovoľnej príčiny aj v maximálnom možnom rozsahu nie je schopná bezprostredne ohroziť areál JE V2 zaplavením.

Extrémny dážď, Topiaci sa sneh, Kombinácia extrémneho dažďa a topiaceho sa snehu

Pre hodnotenie zraniteľnosti SKK pri záplavách z extrémneho dažďa, topiaceho sa snehu, kombinácií extrémneho dažďa a topiaceho sa snehu v rozsahu BDB je obálkovým prípadom extrémny dážď. Závery rozboru sú aplikovateľné aj pre topiaci sa sneh a kombináciu extrémneho dažďa a topiaceho sa snehu tak, ako je to analyzované v kapitole 3.1.2.

V kapitole 3.1.2 je preukázaná odolnosť areálu pri externých dažďoch a topiacom sa snehu do intenzity dvojnásobku 100-ročného dažďa, za predpokladu funkčnej dažďovej kanalizácie. Pri lokálnych poruchách vpustí do kanalizácie bol vyslovený predpoklad, že voda môže stiecť z prilehlých plôch a striech cez netesné štrbiny dvier a brán a rôzne montážne otvory na úrovni alebo pod úrovňou terénu, cez vstupy do kábelových a potrubných kanálov a spätným tokom cez kanalizačné vpuste pri preplnení alebo upchatí kanalizačného zberača do niektorého objektu, odkiaľ by mala byť odvedená priemyselnou alebo splaškovou kanalizáciou. Stupeň ohrozenia konkrétneho objektu je daný uložením technologických zariadení a elektrických rozvodov na najnižších podlažiach a možnosťami odvádzania, resp. havarijného odčerpávania natečenej vody.

Ohrozenie dôležitých stavebných objektov z hľadiska nadpriemerných dažďových zrážok alebo topenia sa snehu vyplýva z ich výškového rozmiestnenia v areáli. Za predpokladu, že zlyhá dažďová kanalizácia a personál nevykoná nápravné opatrenia spočívajúce najmä v upchatí štrbín dvier a brán a bude nastavená hladina odtoku vôd z areálu 10 cm zodpovedajúca pravdepodobnosti návratu extrémnych zrážok raz za 10^4 rokov, bude odozva (zatopenie priestorov na úrovni, resp. pod úrovňou terénu) takáto:

- **reaktorovňa** – voda z pozemných plôch areálu prenikajúca cez netesnosti hlavne vlečkového koridoru sa bude rozlievať po chodbách na podlaží $\pm 0,0$ m a následne bude stekať cez zberače nečistého kondenzátu a kanalizáciu do uzla odpadných vôd. Po zaplnení najnižších podlaží bude voda stúpať k havarijným systémom na podlaží -6,5 m cez vzduchotechnické otvory. Po nastúpaní vody do úrovne osadenia elektromotorov havarijných čerpadiel budú havarijné systémy vyradené. Pre potreby kvantifikácie časových rezerv a odhadu dĺžky trvania záplavy bol vypracovaný konzervatívny model na výpočet ohrozenia havarijných čerpadiel umiestnených v suteréne reaktorovne. Na základe tohto modelu možno konštatovať, že ohrozenie čerpadiel možno očakávať pri trvaní záplavy s hladinou 10 cm po viac než 72 hodinách. Odhady časových rezerv pre vyššie, avšak extrémne nepravdepodobné záplavy (pravdepodobnosť 1/105 rokov a menej) možno nájsť na obrázku 3.2.1-1.
- **strojovňa a etažérky** – voda z pozemných plôch areálu prenikajúca hlavne cez netesnosti brán strojovne bude stekať cez rošty a schodišťa do suterénu strojovne, ktorý má

4. EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

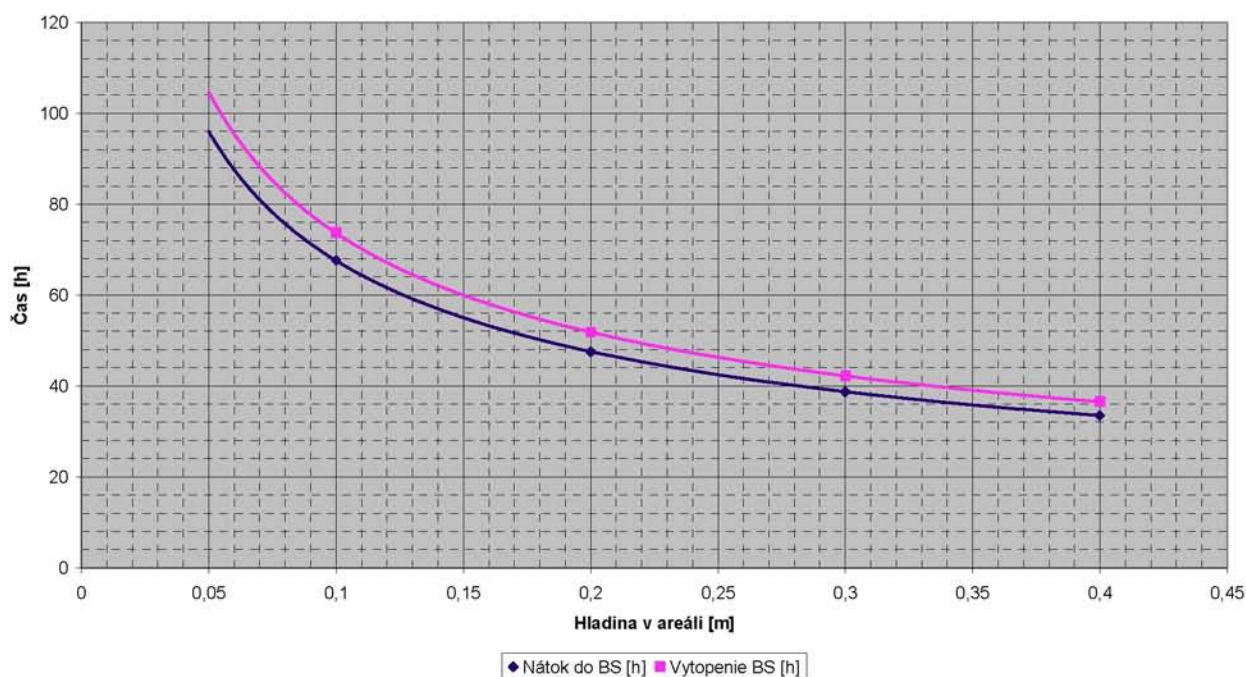
objem cca 67 600 m³. K prenikaniu vody na podlaží $\pm 0,0$ m cez štrbiny dvier do dôležitých priestorov so zariadením elektrického rozvodu a napájacích automatov.

Najnižšie, vodou ovplyvniteľné živé časti rozvádzačov sa však nachádzajú vo výške 30 cm nad podlahou.

SKK dôležité z hľadiska bezpečnosti nebudú ohrozené vrátane rozvádzačov a čerpadiel na $\pm 0,0$ m.

- **DGS** – voda prenikajúca cez netesnosti hlavne brán bez prahu na severnej strane objektu bude stekať do miestností pod DG, ktorých podlaha je na úrovni -2,7 m. Pri nastúpaní vody na hladinu cca 1,5 m nad úroveň kóty úrovni -2,7 m by boli zatopené neizolované vývody 6 kV. Po zatopení neizolovaných častí vývodu 6 kV a neodčerpaní vody by bola elektráreň bez DG.
- **Palivové hospodárstvo DG** – svojím vyhotovením je odolný voči zatekaniu.

Odhad zraniteľnosti BS pri dlhodobej záplave v areáli EBO



Graf 3.2.1- 1.: Predikcia časových rezerv do ohrozenia havarijných čerpadiel záplavou

- **CČS (vrátane čerpadiel TVD a požiarnej vody)** – je najvyššie položeným objektom JE, voda z pozemných plôch areálu nemôže k objektu nastúpať.
SKK dôležité z hľadiska bezpečnosti vrátane požiarneho rozvodu nebudú ohrozené.
- **Chemická úprava vody s čerpadlami SHN** – samotný objekt je umiestnený cca 10 cm nad okolitými spevnenými plochami a čerpadlá sú uložené na betónových podstavcoch s výškou cca 25 cm, a preto voda nenastúpa k objektu a ani do úrovne motorov SHNČ.
SKK dôležité z hľadiska bezpečnosti nebudú ohrozené.
- **Centrum havarijnej odozvy** – vstupné dvere do podzemných priestorov sú vyhotovené ako tesné a prah je cca 12 cm nad úrovňou terénu.
SKK dôležité pre riadenie havarijnej odozvy nebudú ohrozené.

4. EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

- Elektrické kanály – k poškodeniu izolácie káblov a ich nosných konštrukcií účinkom natekajúcej alebo presakujúcej vody nepríde, kábelové rozvody budú odolávať zatopeniu vodou, a prevádzkyschopnosť kabeláže zostane zachovaná. SKK dôležité z hľadiska bezpečnosti nebudú ohrozené. Môžu nastať len individuálne výpadky spotrebičov.
- ČS Pečeňady – voda zaplaví rozvádzače 6kV a transformátor 6/0.4 kV, ktoré sú umiestnené na kóte +-0,0m.
Problematika straty prídavnej vody je riešená v prevádzkových predpisoch.
- Sací objekt prídavnej vody Drahovce – samotný objekt so zariadením je umiestnené nad úrovňou okolitého terénu, a preto dažďová voda k nemu nevystúpa.
SKK dôležité pre dodávku prídavnej vody nebudú ohrozené.

Počas alebo po skončení dažďa zabezpečí personál vyčistenie vpustí a dažďová kanalizácia začne plniť svoju funkciu.

Udalosti súvisiace s vniknutím vody do S.O. dôležitých z hľadiska bezpečnosti sú z hľadiska dosiahnutia hraničných hladín dlhodobého charakteru. Personál elektrárne má tak dostatok času na prijatie účinných opatrení na elimináciu následkov natekania vody, vyčistenia kanalizácie a zaistenie plnenia kritických bezpečnostných funkcií.

3.2.2. Potenciálne zvýšenie odolnosti elektrárne proti záplave

- Vybudovať pasívnu ochranu na zabezpečenie dotknutých objektov proti prieniku vody.*
- Do času zavedenia trvalých technických opatrení a úprav zabezpečiť pre dotknuté stavebné objekty materiál na eliminovanie natekania vody do týchto objektov (vrecia s pieskom).*

ZÁVERY

Pri hodnotení možnosti a dôsledkov nadprojektových záplav boli uvažované všetky relevantné zdroje (blízke povrchové vodné zdroje, zlyhanie priehrad, vlnobitie zo silných vetrov, spodné vody, extrémny dážď, topiaci sa sneh, kombinácia extrémneho dažďa a topiaceho sa snehu, vnútorné záplavy ako následok zemetrasenia a vnútorné záplavy ako dôsledok extrémnych prírodných udalostí). Ochrana je dostatočná. Prispieva k tomu najmä skutočnosť, že lokalita EBO3,4 je veľmi vhodne umiestnená, a to 11 m nad povodím Váhu, takže jediným reálnym, hoci málo pravdepodobným ohrozením je voda zo zrážkovej činnosti. Aj v situáciách vyvolaných extrémnymi zrážkami pozitívnou vlastnosťou lokality je zvažujúci sa profil s dostatočnou odtokovou schopnosťou vody z areálu. Preto prípadné indukované interné záplavy sú málo závažné a boli v podstate preventívne vyriešené v priebehu stres testov predbežnými nápravnými opatreniami.

4. EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

4.1. PROJEKTOVÁ ZÁKLADŇA

Overenie meteorologických podmienok, ktoré boli uvažované v projekte SKK: maximálna teplota, minimálna teplota, rôzne typy búrok, prudké dažde, víchrice a pod.

4.1.1. Prehodnotenie meteorologických podmienok uvažovaných v projekte

4.1.1.1. Overenie meteorologických podmienok, ktoré boli uvažované v projekte SKK: maximálna teplota, minimálna teplota, rôzne typy búrok, prudké dažde, víchrice a pod.

Meteorologické údaje pre extrémne meteorologické podmienky boli zosumarizované podľa odporúčaní **IAEA SAFETY SAFETY STANDARDS SERIES No.NS-G3.4.**

Podľa odporúčania IAEA SAFETY SAFETY STANDARDS SERIES No.NS-G3.4.zdrojom meteorologických údajov pre vyhodnotenie extrémnych meteorologických podmienok majú byť :

- Off – site zdroje meteorologických údajov , t.j. dáta z meteorologických staníc zberané za dlhé časové obdobie za podmienok stanovených WMO
- ON site meteorologický program – pre hodnotenie atmosférického rozptylu rádioaktívnych látok vo vzduchu a vo vode

Off – site zdroje meteorologických údajov

Najbližšie meteorologické stanice SHMU sa nachádzajú:

- v lokalite EBO Jaslovské Bohunice - Meteorologického observatória v Jaslovských Bohuniciach pozoruje od roku 1959 (z.š. = 48°29', N,z.d. = 17°40',E, H = 176 m n.m.). vzdialené cca 2 km v smere JZ od JE EBO V2 a 73,86 km od Bratislavy. (Geographical coordinates Google satellite map: +48.483 and +17.667, elevation of that place is 178m)
- v Piešťanoch - Meteorologickej stanice pri letisku.(z.š.= 48°37',N,z.d. 17°50',E, H = 165 m n.m.) je vzdialená 18 km smere SV od JE EBO V2, 54.84 km od Bratislavy. (Geographical coordinates Google satellite map:+48.617 and +17.833, elevation of that place is 164m.)

Sledovanie meteorologických údajov na staniciach SHMU sa vykonáva v zmysle platnej metodiky vypracovanej na základe doporučení WMO

V aktuálnej Bezpečnostnej správe sú spracované meteorologické údaje z Meteorologického observatória v Jaslovských Bohuniciach za obdobie 1961 - 1990, ktoré reprezentujú tzv. klimatický normál pre projekt JE V-2.

Pre porovnanie klimatického normálu JE V-2 s nasledujúcimi rokmi boli využité merania susednej meteorologickej stanice v Piešťanoch a TDS.

Denné záznamy meteorologických údajov sú prevzaté z <http://freemeteo.com> a <http://www.geodata.us/weather/>. Freemeteo je webová stránka venovaná meteorologickým podmienkam na celom svete. Prezентujeme meteorologická hlásenia v skutočnom čase a dennú históriu počasia zo všetkých certifikovaných online meteorologických staníc na svete. Geodata sú prenášané z National Climatic Data Center. Pre Jaslovské Bohunice je možné na uvedených stránkach načítať dáta od marca 2010 a pre Piešťany od januára 1977.

4. EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

ON site meteorologický program

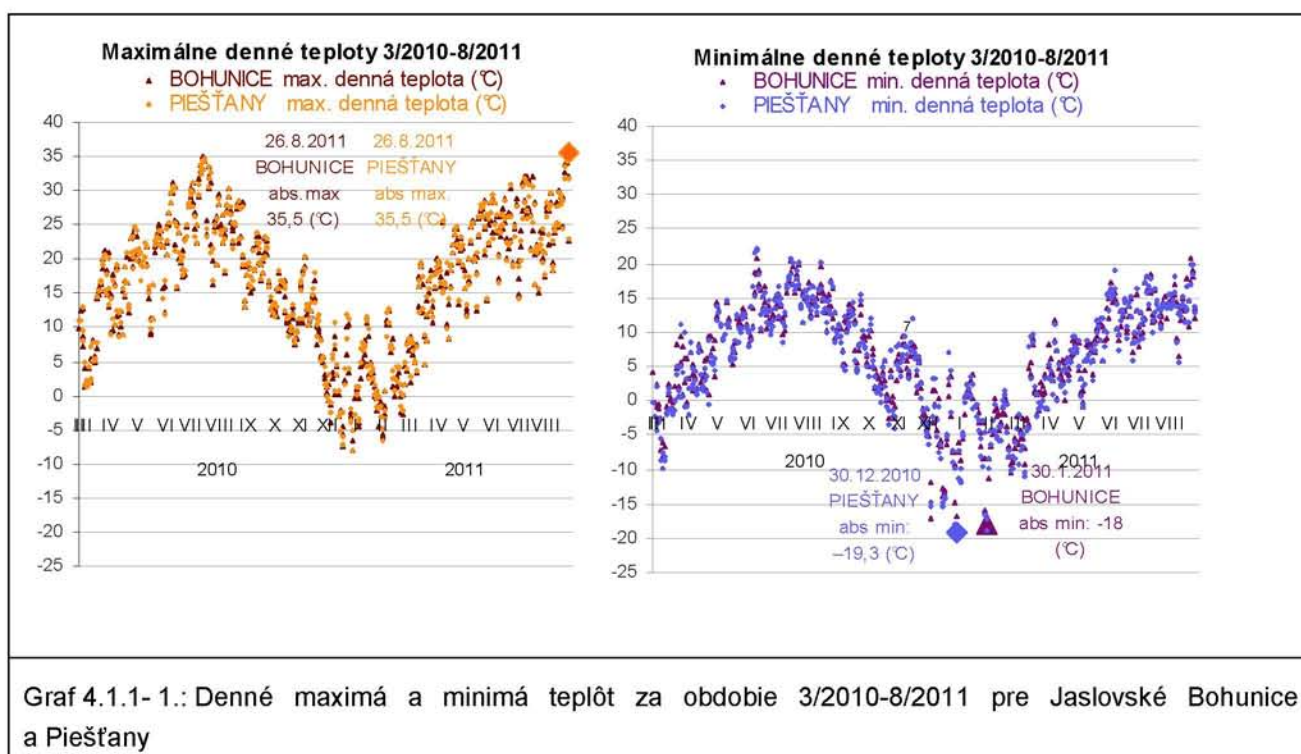
Na radiačnú kontrolu v lokalite Jaslovské Bohunice je slúži tzv. Teledozimetrický systém (TDS), ktorý je v prevádzke od roku 2004. Systém je plne automatizovaný. V lokalite EBO Jaslovské Bohunice umožňuje stanoviť dávkový príkon, objemovú aktivitu rádiojódu a aerosólov. Meteorologické snímače pre meranie teploty, relatívnej vlhkosti vzduchu, atmosférického tlaku vzduchu a atmosférických zrážok TDS, sú umiestnené na stanici EBO-5. Stanovište je umiestnené pri južnom plote, vedľa retenčných nádrží pri SO 880 V2. Rýchlosť vetra sa vypočítava zo 4 maximálnych hodnôt nameraných na staničkách Kostofany, Radošovce Žilkovce a Kátlovce-2.

TEPLOTA

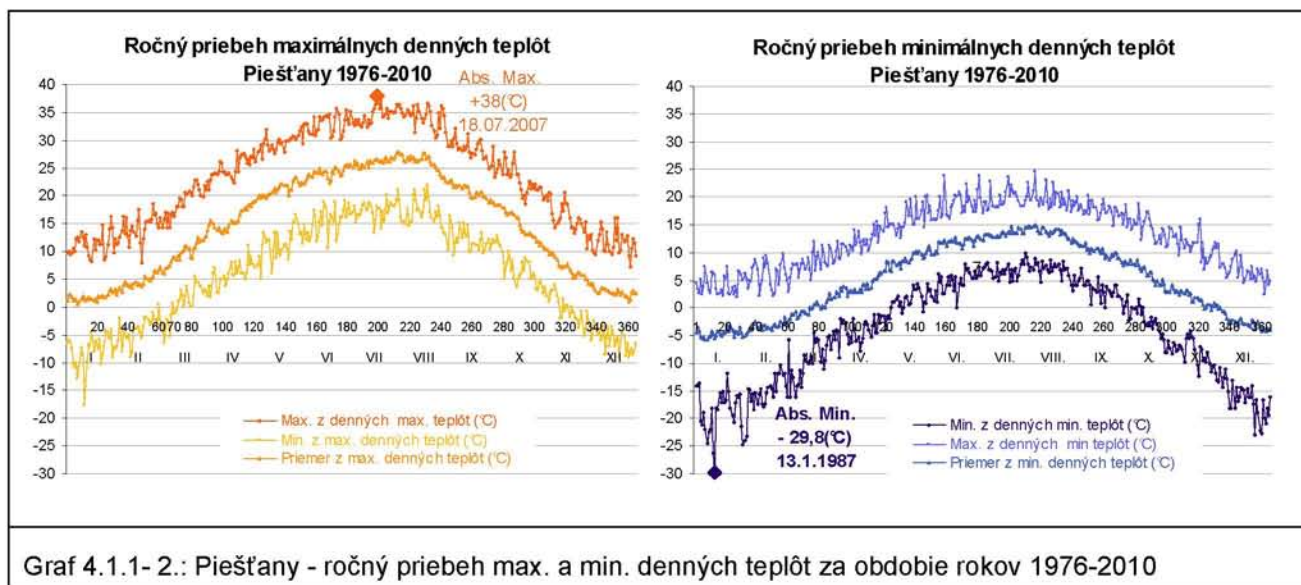
Off – site zdroje meteorologických údajov

Priemerná ročná teplota vzduchu za obdobie rokov 1961 - 1990 v Jaslovských Bohuniciach dosiahla $9,3^{\circ}\text{C}$. Najchladnejším mesiacom je január ($-2,1^{\circ}\text{C}$) a najteplejším júl ($19,2^{\circ}\text{C}$). Absolútne maximum teploty vzduchu dosiahlo $35,8^{\circ}\text{C}$ dňa 11. júla 1968 a absolútne minimum $-26,1^{\circ}\text{C}$ dňa 13. januára 1987. Najvyššia teplota vzduchu počas periodického denného chodu sa vyskytuje okolo 14-tej hodiny a najnižšia pred východom Slnka. Priemerná interdiúrna premenlivosť dosiahla $1,9^{\circ}\text{C}$. Najväčšie interdiúrne oteplenie sme zaznamenali $15,9^{\circ}\text{C}$ dňa 15. januára 1968 a ochladenie $-12,0^{\circ}\text{C}$ dňa 3. januára 1987. Priemerne za rok sa vyskytne 12,1 tropických dní; 57,9 letných dní; 96,6 mrazových dní a 27,9 ľadových dní.

Teplota na meteorologických staniciach SHMU je meraná v ($^{\circ}\text{C}$) odporovým teplomerom s rozlíšením 0,1 ($^{\circ}\text{C}$) vo výške 2 m nad terénom.



4.EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY



ON site meteorologický program (TDS)

Tab. 4.1.1- 1.: MaxiMaximálne a minimálne teploty zaznamenané v TDS

Rok	Maximálna denná teplota (°C)	Minimálna denná teplota (°C)
2004	33,8	-10,0
2005	35,7	-18,0
2006	31,8	-13,8
2007	38,0	-8,6
2008	32,4	-27,4
2009	34,3	-16,0
2010	34,8	-17,5

Zhrnutie

Hodnoty absolútneho maxima teplôt klimatického normálu pre JE V-2 boli na základe pozorovaní z meteorologickej stanice v Piešťanoch a meraní TDS prekonané. Absolútne maximum teploty vzduchu dosiahlo 38°C dňa 18. júla 2007.

Absolútne minimum v Piešťanoch -29,8 °C pripadá na deň 13. januára 1987, (čo je o 2,7 stupňa nižšia teplota ako bola v tento deň nameraná na meteorologickej stanici v Jaslovských Bohuniciach, hodnota minima teplôt na stanici v Jaslovských Bohuniciach ktoré je ovplyvňované termoemisiami JE v lokalite).

Podľa **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.** Absolútne maximum teploty vzduchu na meteorologickej stanici v Jaslovských Bohuniciach dosiahlo 38,1 °C a absolútne minimum -26,1 °C.

SNEHOVÁ POKRÝVKA

Off – site zdroje meteorologických údajov

4. EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

Za obdobie rokov 1961 - 1990 v Jaslovských Bohuniciach priemerný počet dní so snehovou pokrývkou za rok dosiahol 41,0. Najskorší dátum prvého dňa so snežením bol 1. 11. 1985 a najneskorší posledný deň so snežením 29. 4. 1985. Dátum najskoršieho prvého dňa so snehovou pokrývkou bol 5. 11. 1980 a najneskorší 4. 4. 1970. Absolútne maximum výšky snehovej pokrývky dosiahlo 47 cm. Podľa ČSN 73 00 35 - Príloha IV lokalita Jaslovské Bohunice patrí do II. snehovej oblasti. Základné zaťaženie snehom je $0,69 \text{ kN.m}^{-2}$.



Zhrnutie

Hodnoty max. výšky snehovej pokrývky v Jaslovských Bohuniciach bývajú o tretinu až polovicu vyššie ako v Piešťanoch.

Absolútne maximum výšky snehovej pokrývky na meteorologickej stanici v Jaslovských Bohuniciach dosiahlo 65 cm, čo presahuje klimatický normál pre JE V.-2

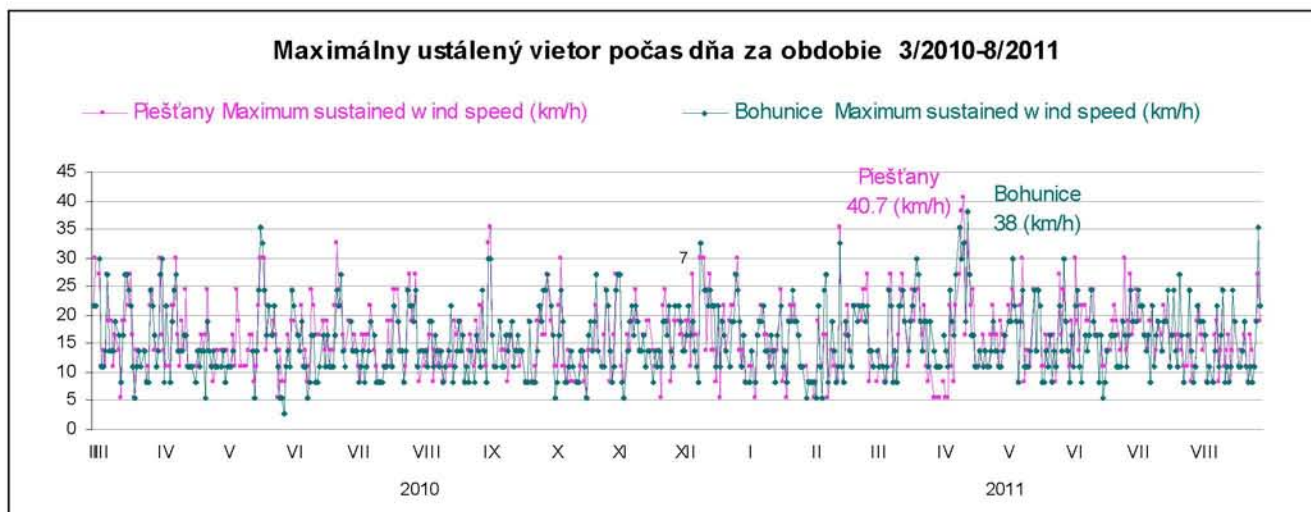
VIETOR

Off – site zdroje meteorologických údajov

4. EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

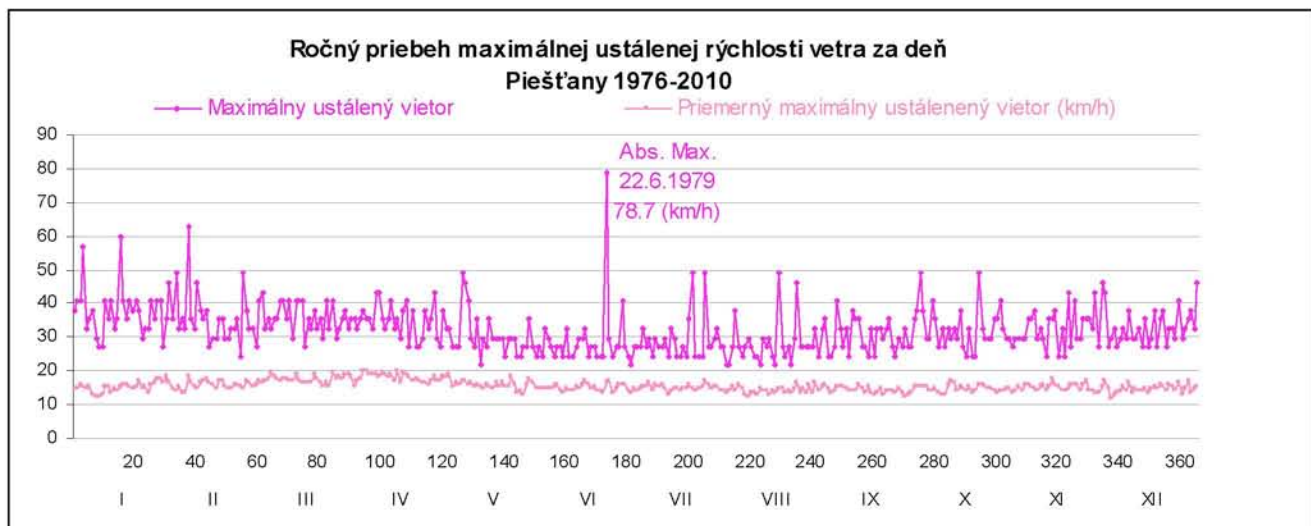
Za obdobie rokov 1961 - 1990 v Jaslovských Bohuniciach bol stanovený prevládajúci smer vetra počas roka je NW a priemerná rýchlosť vetra 3,4 m.s-1. Maximálny náraz vetra spracovaný za obdobie 1961 - 1970 dosiahol 32,6 m.s-1 zo smeru WNW. V Podunajskej nížine sa hurikány a tornáda nevyskytujú. Podľa ČSN 73 00 35 - zmena d-9/1982 - Príloha VI lokalita Jaslovské Bohunice patrí do II. vetrovej oblasti na našom území, kde základný tlak vetra W_0 je 0,45 kN.m-2.

Na meteorologických staniciach SHMU sa smer a rýchlosť vetra meria vo výške 10 m nad terénom frekvencia s rozlíšením smeru vetra 10° a rotlišením rýchlosti vetra 0,1 m/s



Graf 4.1.1- 5.: Maximálny ustálený vietor za obdobie 3/2010-8/2011 pre Jaslovské Bohunice a Piešťany

Poznámka : By the [World Meteorological Organization](#) (WMO), which specifies measuring winds at a height of 10 metres for 10 minutes, and then taking the average



Graf 4.1.1- 6.: Piešťany - ročný priebeh maximálnej ustálenej rýchlosti vetra za deň za obdobie rokov 1976-2010

Poznámka : By the [World Meteorological Organization](#) (WMO), which specifies measuring winds at a height of 10 metres for 10 minutes, and then taking the average

ON site meteorologický program (TDS)

4.EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

V systéme TDS sa merajú rýchlosti vetra v 4 bodoch, na 4 staničkách Kostolany, Radošovce Žilkovce a Kátlovce-2 s frekvenciou 5 minút. Tieto sú umiestnené približne do kríža okolo elektrárne. a potom sa z nich počíta výsledná hodnota rýchlosti vetra pre šírenie mraku z JE V-2.

Rok	Maximálna nameraná rýchlosť vetra (m/s)			
	Kostolany	Radošovce	Žilkovce	Kátlovce 2
2004	20.8	13.1	17.6	23.4
2005	18.0	21.2	14.7	14.5
2006	16.1	10.2	14.7	16.4
2007	18.2	20.1	17.9	17.7
2008	20.3	11.3	18.5	19.4
2009	24.6	12.0	19.7	21.2
2010	16.2	11.6	14.2	14.4
2011	21.1	11.7	15.1	28.0

Poznámka 28.0m/s =100,8 km/h

Zhrnutie

Hodnoty max. rýchlosti vetra za sledované obdobie zodpovedajú klimatickému normálu pre JE V-2

Rotujúci vietor

V súčasnosti sa analyzujú historické dáta a pravdepodobnosť výskytu rotujúceho vetra v lokalite Jaslovské Bohunice.

4.1.1.2. Postulovanie špecifikácií pre extrémne poveternostné podmienky, pokiaľ neboli zahrnuté v pôvodnej projektovej základni

Bezpečnostná správa uvádza ako predpokladané extrémne hodnoty najsledovanejších meteorologických prvkov teploty vzduchu, zrážok a vetra v oblasti Jaslovských Bohuníc takto:

- absolútne maximum teploty vzduchu 38,0 °C,
- absolútne minimum teploty vzduchu -30,0 °C,
- najvyšší ročný úhrn dažďových zrážok 830 mm,
- najvyššia úroveň snehovej pokrývky 60 cm,
- najvyššia okamžitá rýchlosť vetra 40 m.s⁻¹ (cca raz za 30 rokov)

Extrémne teploty a vlhkosť

Z hľadiska extrémnych teplôt väčšie riziká pre prevádzku SKK elektrárne prinášajú nízke teploty.

Dimenzovanie zariadení JE V2 bolo uskutočnené s rezervou a s ohľadom na vplyv chladiacich veží pre strednú námrazovú oblasť. Toto zaradenie zodpovedá i konkrétnym extrémnym nameraným údajom o mrznúcom daždi.

Z [REDACTED] Hlavný výrobný blok, boli pre analýzu vybrané miestnosti, v ktorých je umiestnené zariadenie bezpečnostných systémov, ktoré nie sú centrálné vykurované a susedia s plášťom budovy.

4.EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

Jednalo sa o miestnosti barbotážnych žlabov a záchytné komory neskondenzovaných plynov. Do úvahy neboli brané miestnosti v podzemných podlažiach (-6,5 m), kde sa zmena teploty pre izolačné schopnosti zeminy príliš neprejaví. Funkčnosť a spoľahlivosť uvedenia do činnosti bezpečnostných systémov nediskutovaných v predošlom texte nie sú ohrozené postulovanými extrémne nízkymi teplotami.

V Dieselgenerátorová stanica, je situácia odlišná od Hlavný výrobný blok, pretože tam nie sú zariadenia v trvalej prevádzke. Na druhej strane je však väčšina miestností vyhrievaná. Pri úplnom výpadku vyhrievania priestorov DGS (veľmi málo pravdepodobnom) je postačujúca časová rezerva (8,4 h na poklesnutie teploty v strojojní na 0°C) a na urobenie opatrení.

Miestom, kde je TVD v kontakte s okolím sú bazény ventilátorových veží. No skutočnosti ako značné zohriatie vody na spotrebičoch TVD, spôsob prúdenia vzduchu nad hladinou obmedzujúci prestupom tepla z bazénu do atmosféry, vírenie v dôsledku prívodu vratnej vody zo spotrebičov a odtokania vody do SO584, Centrálna čerpacia stanica, znižujúce možnosť uchytenia sa ľadovej vrstvy na hladine nasvedčujú, že k poklesu TVD v bazénoch ventilátorových veží na bod mrazu nedôjde a technologické minimum jej teploty t.j. +11 °C bude dodržané.

V Budova chémie, časť s čerpadlami SHN, je zabezpečené vyhrievanie miestností čerpadiel SHN do tej miery, aby nebola ohrozená funkčnosť čerpadiel a ich elektromotorov. To je postačujúce aj pre uchránenie stojacej vody v rúrach vedúcich k sanii čerpadiel. Priemerná teplota v nádrži pri jej minimálnom naplnení vodou z prípustného minima +12°C by v priebehu 14 dní klesla na +2,8°C pri trvalej teplote -3 0°C v okolí.

Teplotné podmienky (horné aj dolné extrémny) v lokalite JE V2 majú na funkčnosť systému napájania vlastnej spotreby bloku a systému zaisteného napájania z dôvodu ich vyhotovenia a umiestnenia naproste zanedbateľný vplyv.

Všetky odpadné vody systému vnútornej kanalizácie v posudzovaných SO sú odvádzané samospádom do vonkajších prípojek alebo technologických nádrží. V kanalizačných potrubiach nezostáva voda, a preto nie je možné jeho zamrznutie.

Linky VVN i rozvodne VVN boli navrhnuté a dimenzované podľa požiadaviek vtedy platných ČSN. Pri návrhu je brané do úvahy, že pokiaľ by pri vzniku extrémnych hydro-meteorologických udalostí došlo k prekročeniu podmienok stanovených normami, mohlo by dôjsť k prekročeniu podmienok, na ktoré boli zariadenia VVN dimenzované. V projekte sú uvažované kompenzačné opatrenia pre prípad deštrukcie liniek VVN (DGS).

Potrubia s vodou vedúce do objektov s bezpečnostne dôležitými zariadeniami a aj do objektov neobsahujúcich bezpečnostne významné zariadenia sú vedené v dostatočnej hĺbke alebo sú zaizolované takže zamrznutie vody v nich nehrozí.

Vzduchotechnika v objektoch je navrhnutá tak, že má prvky protimrazovej ochrany, možnosť recirkulácie a prívodu aj chladiacich vykurovacích médií. V príslušných predpisoch je uvedené akým spôsobom je potrebné vzduchotechnické systémy prevádzkovať pri plusových alebo mínusových extrémnych teplotách.

Extrémne sucho

Hlavným dôvodom je vysychanie externých vodných zdrojov v dôsledku dlhodobu vysokých teplôt spolu s nedostatkom zrážok. Keďže extrémne sucho je zvyčajne kombináciou niekoľkých faktorov (hlavne

4. EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

dlhodobu nedostatočných zrážok spolu s dlhodobu vysokými teplotami), je ťažké posúdiť pravdepodobnosť jeho výskytu.

Relevantnou vlastnosťou tohto prírodného javu z pohľadu jeho následkov je, že extrémne sucho nie je dynamická zmena, ale pomalý a progresívny dlhodobý proces, kde je k dispozícii dostatok času na prijatie konkrétnych bezpečnostných opatrení.

Pri uvážení geografickej polohy areálu JE V2 je veľmi malá pravdepodobnosť výskytu extrémneho sucha spojená s vysychaním vodných zdrojov, ktoré by mohli ohroziť bezpečnosť JE V2

Najhorším prípadom pre stabilitu prevádzky JE V2 je zníženie hladiny v nádrži Sĺňava na opravu jej objektov bola v roku 2008 úspešne zrealizovaná. Pre takú situáciu je pripravený nový systém odberu vody z priestorov pod hrádzou. Problematika straty prídavnej vody je riešená v prevádzkových predpisoch.

Vplyv ľadu a snehu

Vplyv ľadu:

V technologických priestoroch čerpacích staníc, v ktorých hrozilo dôsledkom mimoriadne nízkych vonkajších teplôt zamrznutie vody v potrubiach, boli inštalované ohrievače vzduchu.

Najväčším rizikom, ktoré môže narušiť plynulé zásobovanie prídavnou vodou z hľadiska poveternostných vplyvov, je upchanie násoskových potrubí na vstupe vody z vodnej nádrže Sĺňava ľadovou triešťou resp. ľadovými kryhami v zimnom období.

Technické opatrenia pre zabránenie vzniku ľadovej triešte resp. ľadových kryh do násoskových potrubí prakticky nie je možné prijať. Sú prijaté organizačné opatrenia na zvýšenie frekvencie kontroly stavu sania násoskových potrubí a v prípade zanesenia ľadom pre zabezpečenie ich vyčistenia.

Problematika straty prídavnej vody je riešená v prevádzkových predpisoch:

Vplyv snehu:

Pre návrh strešných konštrukcií bola použitá norma pre oceľové konštrukcie ČSN 73 14 01, podľa ktorej bolo stanovené náhodilé zaťaženie od snehu na úrovni $1,05 \text{ kN/m}^2$.

Podľa ČSN 73 00 35 Príloha IV, ktorá sa zaoberala meteorologickými podmienkami, lokalita Jaslovské Bohunice patrí do II. snehovej oblasti, kde by sa malo uvažovať so základným zaťažením od snehu na úrovni $0,69 \text{ kN.m}^{-2}$. Skutočné návrhové pomery boli teda konzervatívnejšie.

Na základe požiadaviek normatívnej dokumentácie správca vykonáva 2 x ročne vyčistenie plochých striech, odkvapových žľabov, zvodov a vpustov dažďovej vody od lístia a iných nečistôt.

V príkaze riaditeľa pre zimné opatrenia je uvedená povinnosť ZI zabezpečiť odpratávanie snehu zo striech stavebných objektov pri dlhodobom extrémnom snežení.

Extrémny vietor

Priamy vietor

SO elektrárne boli navrhnuté ČSN 73 14 01 pre oceľové konštrukcie na tlak od vetra na úrovni $1,08 \text{ kN/m}^2$ napriek tomu, že vtedy platná ČSN 73 00 35 - zmena d-9/1982 - Príloha VI zaraďovala lokalitu Jaslovské Bohunice do III. vetrovej oblasti na našom území, kde základný tlak vetra W_0 je $0,45 \text{ kN.m}^{-2}$. Návrh bol teda konzervatívnejší ako odporúčania normatívnej základne.

4.EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

Konštrukcie SO zostali bez zmeny až do rokov 2000 až 2010, kedy prišlo v rámci projektu MOD V2 k seizmickému zodolneniu SO dôležitých z hľadiska bezpečnosti a ich bočné steny sa spevňovali. Bližšie je táto problematika popísaná v kapitole zaoberajúcej sa zemetrasením.

Podľa správy SHMÚ Summary report for Mochovce locality 2011 sa v lokalite nevyskytujú hurikány, ale v budúcnosti by sa malo uvažovať s výskytom tornád. Tento záver je podľa hodnotenia podobnosti meteorologických podmienok možné prevziať aj pre lokalitu JE V2.

Stavebné objekty dôležité z hľadiska bezpečnosti sú odolné voči projektovým poveternostným podmienkam. Potrubné trasy sú uložené v nezamrzajúcej vrstve zeme –viac ako 1m.

Situácia mimo elektrárne, vrátane zabránenia dostupnosti alebo zdržania prístupu personálu a zariadenia do elektrárne

Extrémne teploty a vlhkosť

Pre logistiku OHO nevyplývajú žiadne požiadavky. Zdroje a komodity potrebné pre zabezpečenie životných funkcií personálu a prevádzky SKK budú poskytované po komunikáciách obvyklým spôsobom . Rozvod pitnej vody bude plne funkčný.

Extrémne sucho

Udržiavať podľa prevádzkových predpisov reguláciu Vážskej kaskády tak, aby bolo možné z vodného diela čerpať prídavnú vodu v množstve potrebnom pre udržanie bezpečnej a spoľahlivej prevádzky. Zdroje a komodity potrebné pre zabezpečenie životných funkcií personálu a prevádzky SKK budú poskytované po komunikáciách obvyklým spôsobom . Rozvod pitnej vody bude plne funkčný.

Vplyv ľadu

Násosky sacieho objektu upchaté ľadovou triesťou alebo kusmi ľadu budú čistené kapacitami a spôsobom uvedeným v príslušných predpisoch. Pre logistiku OHO nevyplývajú žiadne požiadavky. Zdroje a komodity potrebné pre zabezpečenie životných funkcií personálu a prevádzky SKK budú poskytované po komunikáciách obvyklým spôsobom . Rozvod pitnej vody bude plne funkčný.

Vplyv snehu

Pri extrémnych snehových zrážkach je zabezpečená v rámci prevádzkových predpisov pomoc hasičov pri odpratávaní snehu z plochých striech bezpečnostne relevantných budov a prostredníctvom štátnej správy a samospráv udržiavať prejazdne komunikácie do lokality JE V2. Rozvod pitnej vody bude plne funkčný.

Extrémny vietor

V prípade zborštenia objektov bude potrebné zabezpečiť záchranu ľudí a odstraňovanie trosiek. Zdroje a komodity potrebné pre zabezpečenie životných funkcií personálu a prevádzky SKK budú poskytované po komunikáciách obvyklým spôsobom . Rozvod pitnej vody bude plne funkčný.

Súlad elektrárne so súčasne platnou licenčnou základňou

SKK sú prevádzkované podľa príslušných predpisov, ktoré zahŕňajú:

- požiadavky právneho systému krajiny vrátane dozorných orgánov, medzinárodných štandardov a odporúčaní a dobrej praxe prevádzkovateľov obdobných jadrových zariadení
- technické podmienky stanovené plánmi kvality a výrobcom

4.EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

- limity a podmienky bezpečnej prevádzky

Je zabezpečené optimálne udržiavanie prevádzkyschopnosti SKK podľa projektu. Prevádzkyschopnosť SKK sa monitoruje pochôdzkovou kontrolou a snímaním relevantných parametrov. V prípade vzniku prevádzkovej udalosti sa postupuje podľa príslušných predpisov.

Proces zmien a modifikácií SKK je u prevádzkovateľa JZ riadený najmä na základe požiadaviek a ustanovení:

- zákona 541/2004 Z.z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a nadväzných vyhlášok
- interných predpisov integrovaného systému manažérstva

Testy SKK na extrémne prírodné podmienky sa nevykonávajú. SKK sú kvalifikované na účinky okolitého prostredia podľa požiadaviek na plnenú bezpečnostnú funkciu.

4.1.1.3. Zhodnotenie očakávanej frekvencie vzniku extrémnych podmienok uvažovaných v pôvodnom projekte resp. predefinovaných podmienok

Z dôvodu blízkosti lokalít (80km) a rovnakých klimatických podmienok EBO a EMO predpokladáme rovnaké očakávané frekvencie vzniku extrémnych podmienok parametrov teplota, vlhkosť, maximálna snehová pokrývka, vietor a ich kombinácie. Hodnoty parametrov sú uvedené v dokumente „Súhrnná správa SHMÚ pre lokalitu Mochovce., 2011“.

Pri uvážení geografickej polohy areálu JE V2 je veľmi malá pravdepodobnosť výskytu extrémneho sucha spojená s vysychaním vodných zdrojov, ktoré by mohli ohroziť bezpečnosť JE V2. Kvôli špecifickej povahe tohto prírodného javu je možné uvažovať o tom, že bude vždy dostatok času na vykonanie nápravných opatrení ako napríklad na odstavenie elektrárne a zabezpečenie chladiacej vody z iných vodných zdrojov. Riešenie predmetnej udalosti je zvládnuté v rámci projektu bez ohľadu na frekvenciu jej výskytu. Problematika straty prídavnej vody je riešená v prevádzkových predpisoch:

Najväčším rizikom, ktoré môže narušiť plynulé zásobovanie prídavnou vodou z hľadiska poveternostných vplyvov, je upchanie násoskových potrubí na vstupe vody z vodnej nádrže Sĺňava ľadovou triesťou resp. ľadovými kryhami v zimnom období. Technické opatrenia pre zabránenie vzniku ľadovej triesťe resp. ľadových kryh do násoskových potrubí prakticky nie je možné prijať. Sú prijaté organizačné opatrenia na zvýšenie frekvencie kontroly stavu sania násoskových potrubí a v prípade zanesenia ľadom pre zabezpečenie ich vyčistenia. Riešenie predmetnej udalosti je zvládnuté v rámci projektu bez ohľadu na frekvenciu jej výskytu. Problematika straty prídavnej vody je riešená v prevádzkových predpisoch:

4.1.1.4. Posúdenie možnosti vzniku kombinácií extrémnych poveternostných podmienok.

Z dôvodu blízkosti lokalít (80km) a rovnakých klimatických podmienok EBO a EMO predpokladáme rovnaké očakávané frekvencie vzniku extrémnych podmienok parametrov teplota, vlhkosť, maximálna snehová pokrývka, vietor a ich kombinácie. Hodnoty parametrov sú uvedené v dokumente „Súhrnná správa SHMÚ pre lokalitu Mochovce., 2011“.

Pre posúdenie kombinácie zaťaženia vetrom a snehom objektov JE sa uvažujú hodnoty podľa odporúčaní EN 1991 a sú uvedené v nasledovnej tabuľke:

4.EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

Tabuľka : Kombinácie zaťaženia

Matice zaťaženia, kombinácia účinkov																
Rozsah zaťaženia																
Režimy	Kombinácie ⁽²⁾	Medzné stavy ⁽³⁾	Zaťaženie ⁽⁴⁾													
			stále priaznivé	stále nepriaznivé	náhodné krátkodobé	náhodné dlhodobé										
			A	B1	B2 ⁽⁵⁾	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Prevádzkové dlhodobé ⁽¹⁾	1	II. MS	-	1,0		1,0 ^x	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-
		I. MS	-	1,0	1,35	1,5	1,5 ^x	-	-	-	1,2	-	-	-	-	-
Prevádzkové krátkodobé ⁽¹⁾	2	II. MS	-	1,0		1,0 ^x	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-
		I. MS	-	1,0	1,35	1,5	1,5 ^x	-	-	-	1,2	-	-	-	-	-
	3	II. MS	-	1,0		1,0 ^x	1,0	-	-	1,0	-	1,0	-	-	-	-
		I. MS	-	1,0	1,35	1,5		-	-	1,2	-		-	-	-	-
		II. MS	-	1,0		1,0 ^x	1,0	-	-	1,0	-	1,0	-	-	-	-
		I. MS	-	1,0	1,35	1,5		-	-	1,2	-		-	-	-	-
Mimoriadne (havarijné podmienky)	4	I. MS	-	1,0	1,0	1,0	-	-	-	1,0	-	-	1,0	-	-	-
	5	I. MS	-	1,0	1,0	1,0	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-
Poznámky: (1) Tieto kombinácie sa uvažujú podľa STN 730035 (2) Pre kombináciu so seizmickým zaťažením je možné využiť duktilitu tak ako je popísané v metodologickej dokumentácii (3) II. MS = medzné stavy použiteľností (SLS, Serviceability Limit States) I. MS = medzné stavy únosnosti (ULS, Ultimate Limit States) (4) Označenie jednotlivých druhov zaťažení A - tlaková skúška obálky (PT) B - stále (D) a náhodné zaťaženie (L (PL+TL)) C - technologické zaťaženie odpovedajúce normálnym prevádzkovým podmienkam (NPP) - (T0+R0+P0+H0) D - technologické zaťaženie odpovedajúce abnormálnym prevádzkovým podmienkam (APP) E - technologické zaťaženie odpovedajúce maximálnej postulovanej havárii (DBA, HELB) - (TA+RA+PA+Y) F - technologické zaťaženie odpovedajúce postulovanej havárii (DBA ,LOCA LB) - (TA+RA+PA) G - projektové klimatické zaťaženie (WL+SP) H - výpočtové extrémne klimatické zaťaženie (ESP+EWL+EPR) I - seizmické zaťaženie - projektové zemetrasenie PZ (SL-1) J - seizmické zaťaženie - maximálne výpočtové zemetrasenie MVZ (SL-2) K - pád lietadla (AAPC) L - vonkajšia explózia (AEXP) M - zaťaženie pádom ťažkého bremena (ZIMP) (5) Značenie: * - vynútené pretvorenia (nepriame pôsobenie), napr. vplyvom teploty (T0, TA) x - zaťaženie spôsobené reakciami komponentov																

4.2. OHODNOTENIE BEZPEČNOSTNÝCH REZERV

4.2.1. Zhodnotenie bezpečnostných rezerv pri vzniku extrémnych poveternostných podmienok

Extrémne teploty a vlhkosť

Východiskové údaje

Aktuálna Bezpečnostná správa uvádza ako predpokladané extrémne hodnoty teploty vzduchu a námrazy v oblasti Jaslovských Bohuníc takto:

- absolútne maximum teploty vzduchu +38,0 °C
- absolútne minimum teploty vzduchu -30,0 °C
- z hľadiska energetiky (elektrické vedenie) oblasť ľahkej námrazy (na tyči 1 m dlhej a 6 cm hrubej sa usadí námraza o hmotnosti najviac 4 kg)

V správe SHMÚ pre lokalitu Mochovce sú vyhodnotené hodnoty parametrov pre extrémne meteorologické podmienky:

a) Maximálna teplota

- perióda návratu 100 rokov
 - absolútne ročné maximum teploty vzduchu +38,7 °C
 - ročné maximum priemernej dennej teploty vzduchu +30,9 °C
- perióda návratu 10 000
 - absolútne ročné maximum teploty vzduchu +43,2 °C
 - Ročné maximum priemernej dennej teploty vzduchu +34,7 °C

b) Minimálna teplota

- perióda návratu 100 rokov
 - Absolútne ročné minimum teploty vzduchu -31,5 °C
 - Ročné minimum priemernej dennej teploty vzduchu -24,2 °C
- perióda návratu 10 000 rokov
 - absolútne ročné minimum teploty vzduchu -47,4 °C
 - ročné minimum priemernej dennej teploty vzduchu -36,4 °C

Normatívna základňa

Podľa STN 730540 -„Teplototechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov“ je v objektoch dôležitých z hľadiska bezpečnosti :

- maximálna udržiavaná teplota prostredia rovná +15 °C.
- minimálna teplota prostredia v uvedených objektoch = +5,0 °C

Podľa STN EN 1991-1-5+ AC+NA „Zaťaženie účinkami teploty“ je v objektoch dôležitých z hľadiska bezpečnosti:

- orientačná maximálna teplota vzduchu okolia objektov rovná menej ako +40,0 °C v tieni
- orientačná minimálna teplota vzduchu okolia objektov rovná -26,0 °C v tieni

Pre vonkajšie teploty vzduchu EUR predpisuje nasledovné:

- dlhodobá základná teplota: -25 °C až +32 °C (extrémne teploty po dobu > 7 dní),
- krátkodobé denné teploty: -30 °C až +37 °C (extrémne teploty na dobu od 6 hodín do 7 dní),
- okamžitá teplota: -35 °C až +42 °C (extrémne teploty na periódu 6-tich hodín).

Maximálna teplota

4. EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

Pre teplotu +38,7 °C pri perióde návratu 100 rokov objekty dôležité z hľadiska bezpečnosti, v ktorých sú umiestnené SKK zaisťujúce predmetné bezpečnostné funkcie, spĺňajú požiadavky normatívnej základne a nie je potrebné riešiť problematiku dodatočnými opatreniami.

Pre teplotu +43,2 °C pri perióde návratu 10 000 rokov objekty dôležité z hľadiska bezpečnosti, v ktorých sú umiestnené SKK plniace predmetné bezpečnostné funkcie, spĺňajú požiadavky s podmienkou, že je nutné behom 12 hodín od vzniku extrémnej situácie inštalovať k dotknutým SKK dodatočnú nútenú výmenu vzduchu okolia. Uvedené opatrenie aplikovať až do doby, kým nepoklesne teplota vzduchu okolia objektov pod teplotu +40,0 °C.

Minimálna teplota

Pre teplotu -31,5 °C pri perióde návratu 10^2 rokov a pre teplotu -47,4 °C pri perióde návratu 10^4 rokov objekty dôležité z hľadiska bezpečnosti, v ktorých sú umiestnené SKK zaisťujúce predmetné bezpečnostné funkcie, spĺňajú požiadavky s podmienkou, že je nutné behom 12 hodín od vzniku extrémnej situácie inštalovať k dotknutým SKK dodatočný ohrev vzduchu okolia. Uvedené opatrenie aplikovať až do doby, kým sa nezvýši teplota vzduchu okolia objektov nad teplotu -26,0 °C.

Pre SKK zaisťujúcim bezpečnostné funkcie, ku ktorým nie je možný operatívny prístup, resp. sú vystavené pôsobeniu okolia bez ich izolácie v stavebnej konštrukcii, je nutné zabezpečiť počas určenej doby kontinuálny prietok média alebo jeho recirkuláciu.

Maximálna a minimálna teplota

Pri porovnaní návrhových predpokladov a prístupu podľa EUR je zrejmé, že projekt JE spĺňa požiadavky s tým, že medzné teploty intervalu -35 °C až +42 °C zasiahnu SKK na periódu 6-tich hodín. Do takej doby však nepríde k vychladeniu alebo otepleniu žiadneho priestoru JE s bezpečnostne významnými SKK tak, aby bolo potrebné prijímať dodatočné technické opatrenia.

Námraza a vietor

Pre extrémne meteorologické podmienky s frekvenciou výskytu 10^2 a 10^4 rokov pri kombinácii námrazy a vetra bude výskyt hrúbky námrazy na mernej tyči s Ø30mm takýto:

- | | | |
|---|--|-------|
| - | perióda návratu 10^2 pri teplote $0 \div -5,0$ °C a rýchlosti vetra $12 \div 14$ m.s ⁻¹ | 29 cm |
| - | perióda návratu 10^4 pri teplote $0 \div -5,0$ °C a rýchlosti vetra $12 \div 14$ m.s ⁻¹ | 38 cm |

Medzné hodnoty výskytu námrazy na vedení 400 kV, 220 kV a 110 kV:

- | | | |
|---|---|---------|
| - | hrúbka námrazy na mernej tyči Ø30mm | 27,6 mm |
| - | zaťaženie vetrom pre výšku záv. bodu 20-40m | 33,5m/s |

Vedenia 400 kV, 220 kV a 110 kV boli vyprojektované podľa vtedy platných noriem ČSN 33 3300 z r.1984, ČSN 34 1100 z r.1972 a ČSN 34 100 z r.1964.

Na základe uvedeného sú základné údaje z hľadiska námrazy a rýchlosti vetra pre energetiku nasledovné :

- dimenzovanie vedenia tyče s priemerom 30 mm na námrazové oblasti s hmotnosťou norm. námrazy je od 1 kg/m do 2 kg/m dĺžky s nárazovým vetrom do 120 km/hod
- vzájomná maximálna kombinácia v závislosti na normách je plná námraza + polovičný vietor.

Z analýzy stavu vyplýva:

- pre zaťaženie vetrom s periódou návratu 10^2 27,2 m.s⁻¹ je hrúbka námrazy 29 cm. Túto záťaž vedenia 400 kV, 220 kV a 110 kV navrhnuté podľa projektu neunesú. Dôjde k ich deštrukcii.
- pre zaťaženie vetrom s periódou návratu 10^4 38,7 m.s⁻¹ je hrúbka námrazy 38 cm. Túto záťaž vedenia 400 kV, 220 kV a 110 kV navrhnuté podľa projektu neunesú. Dôjde k ich deštrukcii.

4.EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

Pri strate vonkajších vedení bude potrebné zabezpečiť prísun paliva pre prevádzku DG a opravu prerušených vedení. Bližšie je udalosť spojená so stratou vonkajších vedení analyzovaná v kapitolách SBO a UHS.

Extrémne sucho

Pri uvážení geografickej polohy areálu JE V2 je veľmi malá pravdepodobnosť výskytu extrémneho sucha spojená s vysychaním vodných zdrojov, ktoré by mohli ohroziť bezpečnosť JE V2. Je možné uvažovať, že bude vždy dostatok času na vykonanie nápravných opatrení. Udalosť je zvládnutá v rámci projektu bez ohľadu na frekvenciu jej výskytu.

Problematika straty prídavnej vody je riešená v prevádzkových predpisoch.

Spoľahlivosť prevádzky bezpečnostných systémov dôležitých pre odvod tepla z reaktora a BSVP do konečného recipientu tepla bude zachovaná v plnom rozsahu tak, ako je to uvažované v projekte JE.

Vplyv ľadu

Najväčším rizikom, ktoré môže narušiť plynulé zásobovanie prídavnou vodou z hľadiska poveternostných vplyvov, je upchanie násoskových potrubí ľadovou triesťou resp. ľadovými kryhami v zimnom období vedúce k úplnej strate prídavnej vody. Riešenie predmetnej udalosti je zvládnutá v rámci projektu bez ohľadu na frekvenciu jej výskytu.

Problematika straty prídavnej vody je riešená v prevádzkových predpisoch.

Spoľahlivosť prevádzky bezpečnostných systémov dôležitých pre odvod tepla z reaktora a BSVP do konečného recipientu tepla bude zachovaná v plnom rozsahu tak, ako je to uvažované v projekte JE.

Vplyv snehu

Východiskové údaje

Aktuálna Bezpečnostná správa uvádza ako predpokladané extrémne hodnoty zrážok v oblasti Jaslovských Bohuníc :

- | | |
|--|------------------------|
| - najvyššia úroveň snehovej pokrývky | 60 cm |
| - návrhová hodnota zaťaženia strešných konštrukcií | 1,05 kN/m ² |

Súčasná úroveň poznatkov

Správa SHMÚ stanovuje okrajové hodnoty parametrov pre extrémne meteorologické podmienky v oblasti Jaslovských Bohuníc takéto ročné maximum snehovej pokrývky:

- | | |
|--|-------|
| - perióda návratu 10 ² rokov | |
| • nová snehová pokrývka (24 h nový sneh) | 29 cm |
| • celková snehová pokrývka | 52 cm |
| - perióda návratu 10 ⁴ rokov | |
| • nová snehová pokrývka (24 h nový sneh) | 49 cm |
| • celková snehová pokrývka | 74 cm |

Normatívna základňa

Zaťaženie snehom podľa EN 1991-1-3 by malo byť pre strednú dobu opakovania 10² rokov stanovené tak, že návrhová základná hmotnosť snehu bude určená z údajov o najväčšom množstve snehových zrážok podľa meteorologických meraní, avšak musí byť rovná aspoň základnej hmotnosti snehu pre lokalitu elektrárne podľa EN 1991-1-3, teda 0,70 kN/m².

Pre výpočtovú extrémnu základnú hmotnosť snehu so strednou dobou opakovania 10⁴ rokov, pokiaľ sa nepoužije vhodná štatistická extrapolácia podľa návodu SS Series No. NS-G-3.4, mal by sa na stavebnú

4. EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

konštrukciu 1. seizmickej kategórie, použiť aspoň 2,0 násobok základnej hmotnosti snehu podľa EN 1991-1-3.

Vplyv snehu

Spoľahlivosť prevádzky bezpečnostných systémov dôležitých pre odvod tepla z reaktora a BSVP do konečného recipientu tepla bude zachovaná v plnom rozsahu tak, ako je to uvažované v projekte JE.

Extrémny priamy vietor

Východiskové údaje

Aktuálna Bezpečnostná správa uvádza ako predpokladané extrémne hodnoty vetra v oblasti Jaslovských Bohuníc takto:

- | | |
|--|--|
| - najvyššia okamžitá rýchlosť vetra | 40 m.s ⁻¹ (cca raz za 30 rokov) |
| - návrhová hodnota zaťaženia konštrukcií | 1,08 kN/m ² |
| - Bezpečnostná správa | tornáda a hurikány sa nevyskytujú |

Súčasná úroveň poznatkov

Správa SHMÚ stanovuje okrajové hodnoty parametrov pre extrémne meteorologické podmienky v oblasti Jaslovských Bohuníc ročné maximum extrémneho vetra:

- | | | |
|---|---|------------------------|
| - | perióda návratu 10 ² rokov | |
| • | 10-min. rýchlosti vetra vo výške 10 m nad povrchom | 27,2 m.s ⁻¹ |
| • | max. náraz vetra vo výške 10 m nad zemským povrchom | 40,0 m.s ⁻¹ |
| - | perióda návratu 10 ⁴ rokov | |
| • | 10-min. rýchlosti vetra vo výške 10 m nad povrchom | 38,7 m.s ⁻¹ |
| • | max. náraz vetra vo výške 10 m nad zemským povrchom | 53,9 m.s ⁻¹ |

Normatívna základňa

Návrhový základný tlak vetra by mal byť určený podľa hydrometeorologickej mapy alebo na základe meranej priemernej rýchlosti vetra v lokalite elektrárne. Stanovený tlak vetra však je rovný minimálne 1,2 násobku základného tlaku vetra pre lokalitu určenú podľa normy.

Základný parameter na určenie zaťaženia konštrukcie od účinkov vetra podľa ENV 1991-1-4 je maximálny tlak q_p , ktorý zohľadňuje strednú rýchlosť vetra a turbulenciu.

Pre výpočtový extrémny základný tlak vetra so strednou dobou opakovania 10⁴ rokov sa má na vybrané stavebné konštrukcie 1. kategórie seizmickej odolnosti použiť aspoň 2,0 násobok projektového základného tlaku vetra, t. j. minimálne 2,4 násobok základného tlaku vetra.

SO elektrárne boli navrhnuté podľa ČSN 73 14 01 pre oceľové konštrukcie na tlak od vetra na úrovni 1,08 kN/m² napriek tomu, že vtedy platná ČSN 73 00 35 - zmena d-9/1982 - Príloha VI zaraďovala lokalitu Jaslovské Bohunice do III. vetrovej oblasti na našom území, kde základný tlak vetra W_0 je 0,45 kN.m⁻². Návrh bol teda konzervatívnejší ako odporúčania normatívnej základne.

Extrémny priamy vietor

Spoľahlivosť prevádzky bezpečnostných systémov dôležitých pre odvod tepla z reaktora a BSVP do konečného recipientu tepla bude zachovaná v plnom rozsahu tak, ako je to uvažované v projekte JE.

Extrémny rotujúci vietor

Podľa správy SHMU Summary report for Mochovce locality 2011 v širšej súčasnosti (1991 až 2010) predstavuje pravdepodobnosť výskytu tornáda kategórie F1 asi 1 prípad ročne na 50 tisíc km², a 2 prípady

4. EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

kategórie F0 do roku 2050 by mohol vzrásť tento počet na 5 až 10 násobok. Pri priemernej šírke zásahu tornáda 200 m a priemernej dĺžke 5 km by bola pravdepodobnosť výskytu pre lokalitu JE V2 aj po oteplení o 2 °C do roku 2050 a o 4 °C do roku 2100 iba nepatrná (menej ako $P = 0,01 \%$).

Spôľahlivosť prevádzky bezpečnostných systémov dôležitých pre odvod tepla z reaktora a BSVP do konečného recipientu tepla bude zachovaná v plnom rozsahu tak, ako je to uvažované v projekte JE.

Kombinácia zaťaženia vetrom a snehom

Pre kombináciu zaťaženia vetrom a snehom objektov JE sa uvažujú odporúčania EN 1991 a sú uvedené v Kapitole 4.1.1.3 v Tabuľke „Kombinácie zaťaženia“.

Spôľahlivosť prevádzky bezpečnostných systémov dôležitých pre odvod tepla z reaktora a BSVP do konečného recipientu tepla bude zachovaná v plnom rozsahu tak, ako je to uvažované v projekte JE.

Hodnotenie rozdielu medzi projektovými poveternostnými podmienkami a limitnými hodnotami spôsobujúcimi cliff edge efekty, t.j. limitnými hodnotami, kedy je vážne ohrozená spoľahlivosť odvodu tepla.

Extrémne teploty a vlhkosť

Absolútne ročné maximum teploty vzduchu +38,7 °C s periódou návratu 10^2 rokov je v objektoch dôležitých z hľadiska bezpečnosti v zmysle STN EN 1991-1-5+ AC+NA „Zaťaženie účinkami teploty“ (menej ako +40,0 °C v tieni) zabezpečené projektom.

Absolútne ročné maximum teploty vzduchu +43,2 °C s periódou návratu 10^4 rokov je v objektoch dôležitých z hľadiska bezpečnosti v zmysle STN EN 1991-1-5+ AC+NA „Zaťaženie účinkami teploty“ (menej ako +40,0 °C v tieni) nutné zabezpečiť dodatočnými technickými opatreniami.

Absolútne ročné minimum teploty vzduchu -31,5 °C s periódou návratu 10^2 rokov je v objektoch dôležitých z hľadiska bezpečnosti v zmysle STN EN 1991-1-5+ AC+NA „Zaťaženie účinkami teploty“ (menej ako +40,0 °C v tieni) nutné zabezpečiť dodatočnými technickými opatreniami.

Absolútne ročné minimum teploty vzduchu -47,4 °C s periódou návratu 10^4 rokov je v objektoch dôležitých z hľadiska bezpečnosti v zmysle STN EN 1991-1-5+ AC+NA „Zaťaženie účinkami teploty“ (menej ako +40,0 °C v tieni) nutné zabezpečiť dodatočnými technickými opatreniami.

Rozsah technických opatrení je daný existenciou jednotlivých bezpečnostných systémov a vybraných prevádzkových systémov potrebných pre plnenie bezpečnostných funkcií v jednotlivých SO.

Pre riešenie udalosti pri vonkajších teplotách +43,2 °C s periódou návratu 10^4 rokov -31,5 °C s periódou návratu 10^2 rokov a -47,4 °C s periódou návratu 10^4 rokov je v objektoch dôležitých z hľadiska bezpečnosti potrebné prijať dodatočné technické opatrenia.

Extrémne sucho

Problematika možnej straty prídavnej vody počas extrémneho sucha je riešená v prevádzkových predpisoch:

Riešenie udalosti je zvládnuté v rámci projektu a samotná udalosť nespôsobí žiadne cliff edge efekty vedúce k strate odvodu tepla.

Vplyv ľadu

4.EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

Problematika možnej straty prídavnej vody počas upchatia sacích potrubí z vodného diela Sĺňava je riešená v prevádzkových predpisoch:

Riešenie udalosti je zvládnuté v rámci projektu a samotná udalosť nespôsobí žiadne cliff edge efekty vedúce k strate odvodu tepla.

Vplyv snehu

Z porovnania extrémneho zaťaženia snehom na daný objekt vyplýva, že extrémne sily na kritických prierezoch stropných konštrukcií objektov dôležitých z hľadiska bezpečnosti narastú oproti trvalej a dočasnej návrhovej situácie o cca 5%, čo je akceptovateľné z pohľadu bezpečnostnej rezervy projektu.

Riešenie predmetnej udalosti je zvládnuté v rámci projektu a samotná udalosť nespôsobí žiadne cliff edge efekty vedúce k strate odvodu tepla.

Extrémny priamy vietor

Namáhanie nosných konštrukcií extrémnym vetrom pre objekty dôležité z hľadiska bezpečnosti vykazuje nižšie horizontálne sily ako sú sily od maximálneho výpočtového zemetrasenia.

Riešenie predmetnej udalosti je zvládnuté v rámci projektu a samotná udalosť nespôsobí žiadne cliff edge efekty vedúce k strate odvodu tepla.

Extrémny rotujúci vietor

Na základe analýzy nevzniká žiadne riziko deštrukcií uvedených SO vplyvom tornád, ako aj ich kombinácie s maximálnym vetrom.

Riešenie predmetnej udalosti je zvládnuté v rámci projektu a samotná udalosť nespôsobí žiadne cliff edge efekty vedúce k strate odvodu tepla.

Kombinácia zaťaženia vetrom a snehom

Z porovnania zaťaženia extrémnym vetrom a snehom pre objekty dôležité z hľadiska bezpečnosti vyplýva, že zaťaženia týchto objektov od horizontálnych síl sú nižšie ako sily od maximálneho výpočtového zemetrasenia.

Riešenie predmetnej udalosti je zvládnuté v rámci projektu a samotná udalosť nespôsobí žiadne cliff edge efekty vedúce k strate odvodu tepla.

4.2.2. Potenciálna potreba zvýšiť odolnosť elektrárne proti extrémnym poveternostným podmienkam

Je potrebné zdôrazniť, že 100 ročné maximálne a minimálne teploty boli v lokalite EBO dosiahnuté bez dopadov na prevádzku JE V-2.

Hlavné projektové a konštrukčné opatrenia na prevenciu dopadov extrémnych prírodných podmienok na elektráreň

- i. Zabezpečiť dopracovanie správy SHMÚ pre lokalitu SE-EBO s uvažovaním nových poznatkov o meteorologických podmienkach.

4.EXTRÉMNE METEOROLOGICKÉ PODMIENKY

- ii. *Dopracovať PpBS SE-EBO pre externé a interné nebezpečenstvá v súlade s medzinárodnými štandardami.*
- iii. *Zrealizovať klimatizáciu miestnosti rozvádzačov pre DG [REDAKOVANÉ] Dieselgenerátorová stanica.*
Hlavné prevádzkové opatrenia na prevenciu dopadov extrémnych prírodných podmienok na elektrárňu
 - i. *Doplniť do predpisu pre pochôdzkové kontroly Dieselgenerátorovej stanice, že počas teplôt -20°C a nižších potrebné venovať zvýšenú pozornosť stavu sacích žalúzií a výfukov a vznikajúcu námrazu odstraňovať.*
 - ii. *Navrhnuť a zrealizovať preventívne opatrenia pre teploty -20°C a nižšie a udržanie hasičskej a inej podpornej techniky a rezervných zdrojov v prevádzkyschopnom stave.*
 - iii. *Zabezpečiť posúdenie všetkých strešných konštrukcií podľa Eurokódu a vypracovať porovnanie s ním, napriek tomu že normy pre navrhovanie a konštruovanie boli prísnejšie ako to vychádza podľa Eurokódu, a realizovať odporúčenia zo záverov*
 - iv. *Aktualizovať námrazovú mapu na eurokódmi definovanú charakteristickú hodnotu klimatického zaťaženia zodpovedajúcu strednej dobe návratu 50 rokov.*

ZÁVERY

Hodnotenia vplyvu extrémnych nadprojektových meteorologických podmienok na systémy, štruktúry a komponentov JE na základe dostupnej projektovej dokumentácie narážajú na nedostatok informácií v platnej projektovej dokumentácii. Preto boli niektoré chýbajúce informácie konzervatívne prebrané z novo vypracovanej dokumentácie pre MO3,4. Hodnotenia v tejto kapitole sú prevažne kvalitatívne. V hodnotení sa ale poukazuje na zmeny voči pôvodnému projektu elektrárne s predpokladaným priaznivým vplyvom na zvýšenie odolnosti JE V2 (napríklad prínos seizmického z odolnenia pre zvýšenie odolnosti budov proti vetru) a na možnosti kompenzácie nepriaznivých vplyvov na technologické zariadenia. Hodnotenia ukazujú dostatočné časové rezervy na prijímanie opatrení v extrémnych situáciách.

Hodnotenú boli meteorologické javy a ich kombinácie ako extrémne teploty a vlhkosť, extrémne sucho, vplyv ľadu a snehu, extrémny priamy a rotujúci vietor. Taktiež sa posudzovala schopnosť realizácie logistických opatrení v rámci havarijnej pripravenosti - transport zdrojov a komodít potrebných pre zabezpečenie životných funkcií personálu.

Na základe hodnotení a aj na základe skúseností s prevádzkou pri dosiahnutí maximálnych a minimálnych hodnôt teploty na úrovni 100 ročných extrémnych hodnôt (minimálnej aj maximálnej teploty) je možné konštatovať schopnosť bezpečne udržať EBO3,4, v prevádzke a odolať takýmto meteorologickým podmienkam.

5.STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

5.1. JADROVÉ REAKTORY

5.1.1. Strata napájania

Zásadnou podmienkou bezpečnej prevádzky JE je zaistenie elektrického napájania spotrebičov vlastnej spotreby bloku, ktoré zabezpečujú bezpečné odstavenie bloku, lokalizáciu udalosti v havarijných situáciách, dochladenie reaktora. Elektrické napájanie týchto spotrebičov je zaistené z viacerých zdrojov:

- Sieť (odbočkové transformátory, rezervné transformátory)
- TG po zregulovaní na vlastnú spotrebu (obmedzená doba prevádzky)
- Núdzové zdroje (dieselgenerátory)
- Tretí sieťový prípoj (záložné striedavé napájanie)

Pracovným zdrojom napájania týchto spotrebičov JE je sieť, z ktorej sú cez odbočkové transformátory vlastnej spotreby alebo rezervné transformátory napájané aj sekcie zaisteného napájania II. kat. Núdzovým zdrojom týchto spotrebičov sú tri systémy zaisteného napájania (dieselgenerátory QV, QW a QX s príslušnými sekciami). Systémy zaisteného napájania sú projektované ako nezávislé, pričom každý z nich je schopný v každom režime vrátane havárie zaistiť napájanie dôležitých spotrebičov z hľadiska jadrovej bezpečnosti bloku - 200 % zálohovanie.

Systém zaisteného napájania pozostáva zo zariadení pre napájanie spotrebičov I. kategórie (nepretržené napájanie z akumulátorových batérií) a zariadení pre napájanie spotrebičov II. kategórie (napájanie z núdzových zdrojov –troch DG s príslušnými sekciami).

V prípade zlyhania pracovného napájania a rezervného zo siete a núdzových zdrojov napájania, je možné obnoviť napájanie dôležitých spotrebičov z tzv. tretieho sieťového prípoja, ktorým je VE Madunice.

Bližší popis napájania vlastnej spotreby je v kap.1.

5.1.1.1. Strata napájania zo siete

Ak po odpojení elektrárne od siete 400kV nepríde k odstaveniu TG a odpojeniu generátorov od siete vlastnej spotreby, automatiky bloku zabezpečia zregulovanie bloku na chod na vlastnú spotrebu. V tomto režime generátory zabezpečia napájanie vlastnej spotreby bloku. Ak nepríde k zregulovaniu na chod na vlastnú spotrebu, elektrické napájanie bloku sa obnoví z rezervného napájania.

5.1.1.1.1. Projektové opatrenia v tejto situácii: inštalované záložné zdroje, kapacity a pripravenosť ich prevádzky

V prípade zlyhania alebo nemožnosti prechodu bloku na režim, v ktorom si blok JE zabezpečuje napájanie vlastnej spotreby sa vypnú pracovné privody 6kV sekcií BA, BB, BC, BD a vypnú sa nedôležité pohony napájané zo sekcií pred ich prechodom na rezervné napájanie. Následne sa automatikou AZR zapnú rezervné privody sekcií BA, BB, BC, BD a napájanie VS bloku (vrátane sekcií ZN II.kat) sa obnoví z rezervného napájania.

Pracovné a rezervné napájanie bloku musí byť k dispozícii v režime 1. V režimoch 2,3,4,5,6,7 musí byť prevádzkyschopné minimálne jedno z nich.

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

5.1.1.1.2. Autonómia zdrojov napájania v elektrárni a opatrenia na predĺženie prevádzky striedavých zdrojov

Rezervné napájanie oboch blokov je nezávislé na pracovnom napájaní a musí byť k dispozícii vo všetkých režimoch bloku. Rezervné napájanie bloku kapacitne je dimenzované tak, že zabezpečí napájanie všetkých spotrebičov bloku potrebných k prevádzke v režime 1. Každý blok JE má vlastnú sieť rezervného napájania, pričom je možné tieto siete medzi blokmi v JE prepojiť, takže oba bloky môžu využívať okrem vlastného rezervného napájania aj rezervné napájanie susedného bloku.

Doba prevádzky bloku pri napájaní z pracovného napájania a z rezervného napájania nie je obmedzená.

5.1.1.2. Strata napájania zo siete a strata základných náhradných zdrojov striedavého napájania

Ak nie je k dispozícii rezervné napájanie bloku a príde k odpojeniu elektrárne od siete 400kV a blok nezreguluje na chod na vlastnú spotrebu (alebo zlyhá prechod na rezervné napájanie bloku), nie je možné napájať vlastnú spotrebu bloku z pracovného ani rezervného napájania. V tomto prípade sa obnovenie napájania vlastnej spotreby bloku vykoná automaticky v minimálnom rozsahu potrebnom na zabezpečenie základných bezpečnostných funkcií z núdzových zdrojov (troch DG s príslušnými sekciami, ktoré tvoria systémy zaisteného napájania II. kategórie). Blok automaticky pri tomto prechode prejde do režimu 3.

5.1.1.2.1. Projektové opatrenia: rôzne inštalované striedavé zdroje a/alebo včasné zabezpečenie ďalších striedavých zdrojov, výkon, pripravenosť uviesť ich do prevádzky

Systémy zaisteného napájania (dieselgenerátory QV, QW a QX s príslušnými sekciami) sú projektované ako nezávislé, pričom každý z nich je schopný v každom režime vrátane havárie zaistiť napájanie dôležitých spotrebičov z hľadiska jadrovej bezpečnosti bloku - 200 % zálohovanie.

Systémy zaisteného napájania od automatického štartu DG, pripojenia na sekciu ZN 6kV, zaťaženia a prevádzky sú plne autonómne. Každý DG má zásobu paliva vo vlastnej nádrži 110 m³. Počas stres testov sa merala spotreba DG so záťažou 1,6MW. Zo získaných údajov vyplýva, že pri uvažovanej záťaži s využitím celej zásoby nafty v nádrži, by DG mohol zostať v prevádzke po dobu 220h.

V prípade potreby vzhľadom projektové riešenie núdzových zdrojov je možné predĺžiť ich prevádzku striedaním (vypínaním a ponechaním v prevádzke jedného resp. dvoch systémov).

V režimoch 1,2,3,4 musia byť prevádzkyschopné všetky tri systémy zaisteného napájania II. kategórie vrátane núdzových zdrojov. V režimoch 5,6,7 musia byť prevádzkyschopné najmenej dva systémy zaisteného napájania II. kategórie vrátane núdzových zdrojov.

Pre prípady zlyhania núdzových zdrojov napájania má elektráreň V2 k dispozícii náhradný zdroj, ktorým je tzv. III. sieťový prípoj (pozri odstavec 5.1.1.3).

Kapacita batérií, trvanie a možnosti ich dobíjania

V uvažovanom režime batérie sú trvalo dobíjané z núdzového zdroja (DG) a ich kapacita sa preto udržiava na nominálnej hodnote. Bližšie informácie o projekte ZNI. kat. sú v kap. 1.

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

5.1.1.3. Strata napájania zo siete a strata základného náhradného zdroja striedavého napájania, strata diverzných zdrojov záložného striedavého napájania

Ak na bloku vznikla porucha elektrického napájania, pri ktorej mali byť uvedené do prevádzky núdzové zdroje (t.j. prišlo k strate napájania zo siete a blok nezreguloval na VS a nie je k dispozícii ani rezervné napájanie) a prišlo k ich zlyhaniu, dôležité spotrebiče bloku zostanú bez elektrického napájania. V prevádzke zostane iba podmnožina spotrebičov najvyššej priority zabezpečujúca obmedzený súbor funkcií zameraných prednostne na monitorovanie stavu bloku a bezpečné odstavenie zariadení. Tieto spotrebiče sú napájané z troch systémov zaisteného napájania I. kategórie. Zdrojom napájania týchto spotrebičov sú akumulátorové batérie.

Pre prípady zlyhania núdzových zdrojov napájania má elektrárň V2 k dispozícii náhradný zdroj, ktorým je tzv. III. sieťový prípoj (vonkajší autonómny zdroj). Tento zdroj zabezpečí zásobovanie elektrickou energiou pre dva bezpečnostné systémy (jeden na každom bloku, celkový výkon 5MW. III. sieťový prípoj sa skladá z troch častí: Vodná elektrárň Madunice, linka V8849 a rozvodní v JE: Tento zdroj je schopný do 30 minút obnoviť zásobovanie jednej sekcie ZN II. kat. na každom bloku. Cez rozvodne III. sieťového prípoja v JE V2 je možné podať na sekcie ZN II.kat. BV, BW, BX aj napätie z DG JE V1.

Závažným následkom udalosti SBO je možná strata integrity upchávok HCČ v dôsledku výpadku ich chladenia. V prípade SBO nebude zabezpečené chladenie upchávok HCČ v dôsledku straty prietoku upchávkovej vody HCČ a straty prietoku TF10 na HCČ, čo v dlhodobom horizonte môže spôsobiť únik chladiva PO cez trasu beztlakového odvodu z upchávky HCČ. Podľa súčasných dát k roztesneniu upchávky HCČ nepríde do 24h po strate chladenia, pričom dlhšie výpadky chladenia sa neskúmali.

5.1.1.3.1. Kapacita batérií, trvanie a možnosť ich dobíjania v tejto situácii

V pôvodnom projekte akubaterie boli projektované na 30min prevádzku bez zdrojov napájania II.kat. V rámci modernizácie V2 sa realizovali modifikácie, ktoré zvýšili čas, po ktorý sú akubaterie schopné zásobovať spotrebiče elektrickou energiou až na 2h. Projektové predpoklady, na základe ktorých sa stanovil tento čas boli príliš konzervatívne. V rámci stres testov sa merala kapacita akubaterií, ktorá pri normálnej prevádzkovej záťaži je dostatočná až na 11h prevádzky.

Projekt JE V2 neuvažoval s dobíjaním akumulátorových batérií počas trvania udalosti SBO. V súčasnosti však prebieha proces obstarávania na zabezpečenie mobilného DG na každý blok na dobíjanie akubaterií.

5.1.1.3.2. Predpokladané činnosti na zriadenie striedavého napájania z mobilného zdroja, alebo špeciálneho zdroja mimo JE

Po vzniku udalosti SBO sa napájanie vlastnej spotreby bloku prioritne obnoví z núdzových zdrojov, resp. z pracovného alebo rezervného napájania. Napájanie z III. sieťového prípoja resp. z DG JE V1 sa použije na stabilizáciu bloku iba v prípade zlyhania obnovenia prioritných zdrojov. Pripojenie III.sieťového prípoja je popísané v príslušných predpisoch elektrárne. Počas neštandardných testov v JE V2 v r. 2011 sa obnovenie napájania na sekcii ZN II. kat z III.sieťového prípoja sa odskúšalo a prebehlo do 30min od požiadavky.

V prípade dlhodobého SBO, ak sa nepodarilo obnoviť napájanie bloku zo žiadneho z uvažovaných zdrojov, sa napájanie najdôležitejších spotrebičov bude môcť obnoviť z mobilného 04kV DG (spotrebiče zaisteného napájania I. kat. a vybrané dôležité spotrebiče na zabezpečenie základných bezpečnostných funkcií). Proces obstarávania mobilného DG v súčasnosti už prebieha.

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

5.1.1.3.3. Kompetencia zmenového personálu realizovať potrebné prepojenia a čas potrebný na tieto činnosti. Čas potrebný pre realizáciu prepojení špecialistami.

Personál na zmene je kompetentný na vykonanie príslušných manipulácií na obnovenie napájania z uvažovaných zdrojov napájania. Do výcvikových programov personálu JE sú pravidelne zaradené scenáre s obnovovaním napájania bloku.

Na obnovenie činnosti na obnovenie pracovného, rezervného napájania a núdzových zdrojov sa predpokladá čas 1,5h. Na obnovenie napájania z III.sieťového zdroja resp. DG JE V1 sa predpokladá čas 30min.

5.1.1.3.4. Čas k dispozícii pre obnovenie striedavého napájania a obnovenie chladenia pred vznikom poškodenia paliva: uvažovať variantné časové intervaly po odstavení reaktora a stratu normálnych podmienok chladenia AZ (napr. strata vody z primárneho okruhu)

Režim 3

Riadenie reaktivity AZ :

Po strate elektrického napájania blackout nie je k dispozícii žiadne čerpadlo, ktorým by bolo možné riadiť koncentráciu kyseliny boritej v PO. Ak by prišlo k poklesu podkritičnosti AZ, je možné dodať chladivo s obsahom kyseliny boritej iba z HA. Na dodanie chladiva z HA je potrebné odtlakovanie PO na 3,5MPa, čo si vyžaduje vychladenie PO na 238°C. Vychladenie PO na uvedenú teplotu je možné ak pred udalosťou v PG je nominálna zásoba chladiva. V prípade blackoutu iba na jednom bloku je možné použiť čerpadlá TB11,12D01 (po úprave chladenia), ktoré môžu byť napájané zo susedného bloku. Napájanie čerpadiel TB11,12D01 bude možné zabezpečiť SBO DG 0,4kV, ktoré sú v súčasnosti v obstarávaní.

Časová rezerva: Ak blok počas SBO sa nebude vychladzovať pod 238°C, nepríde k poškodeniu paliva z dôvodu straty podkritičnosti. Ak z dôvodu ochrany integrity upchávok po 24h bude blok potrebné vychladzovať pod 238°C bude treba zabezpečiť čiť zvýšenie podkritičnosti AZ dodaním roztoku bóru.

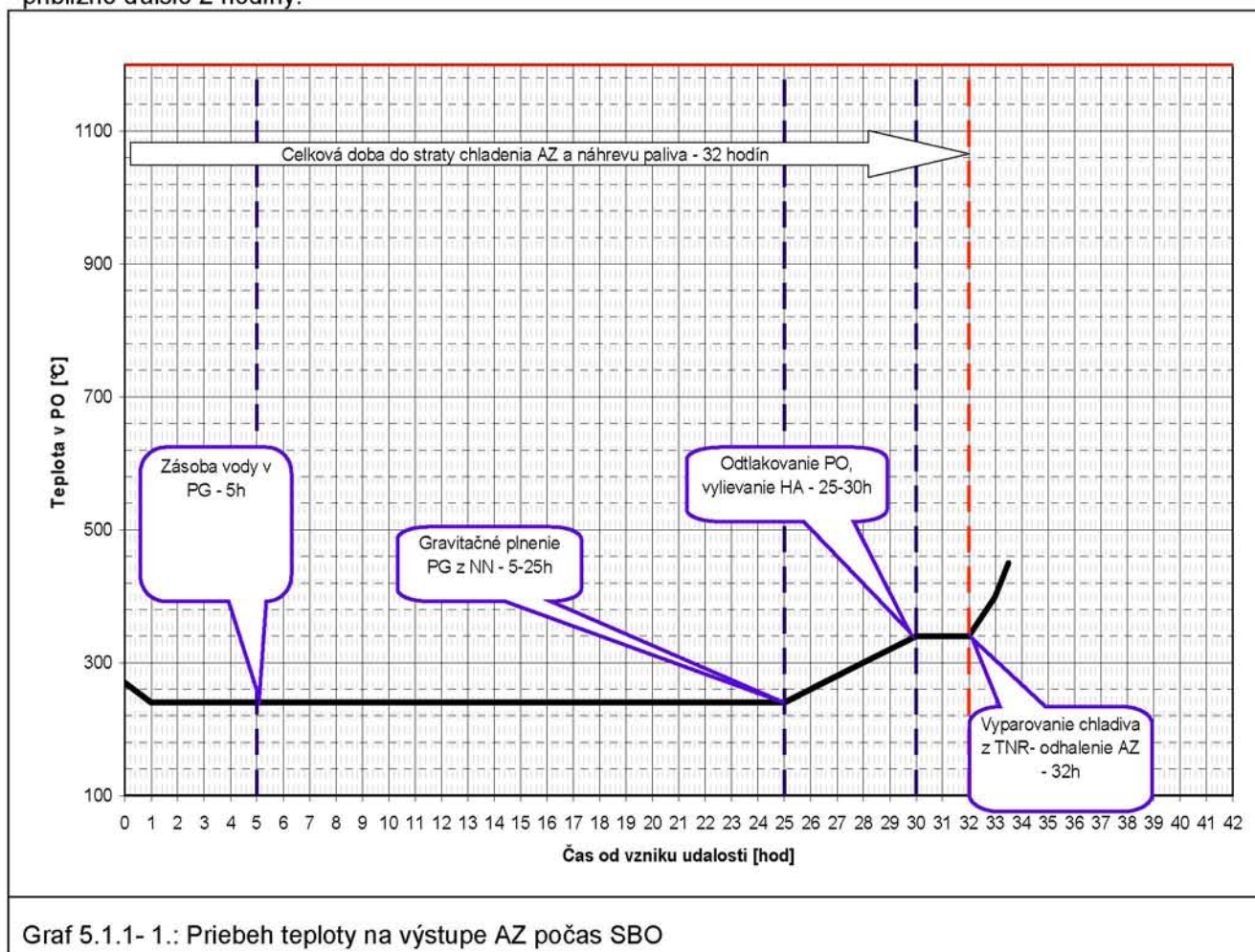
Odvod tepla z PO

Po SBO v dôsledku prerušenia dodávky napájacej vody a výpadku HCČ je odvod zvyškového tepla z AZ v režime prirodzenej cirkulácie na úkor postupného úbytku chladiva sekundárneho okruhu. Vyčerpanie nominálnych zásob chladiva v PG nastane v priebehu niekoľkých hodín (približne 5h). Na dopĺňovanie PG po ich odtlakovaní, ktoré nastane po znížení hladiny v PG, sa môže využívať gravitačné plnenie z NN a po jeho vyčerpaní po 25h sa ďalej NV do PG bude dodávať hasičskými čerpadlami. Tento režim odvodu tepla z AZ je obmedzený schopnosťou zachovania minimálneho objemu chladiva PO potrebného na odvod tepla (tesnosť upchávok HCČ a úniky chladiva PO). Za predpokladu tesného PO je tento režim odvodu tepla udržateľný.

Po vyčerpaní možností odvodu tepla na SO sa vznikajúce teplo v AZ začne hromadiť v chladive a štruktúrach PO a začne rásť teplota a tlak v PO. Po dosiahnutí otváracieho tlaku OVKO, prípadne PVKO, dochádza ďalej postupne k strate chladiva PO a k zhoršovaniu chladenia AZ. Zbytkový výkon reaktora v tejto fáze sa odvádza vyparovaním chladiva PO. Na oddialenie poškodenia pokrytia paliva je možné zabezpečiť chladenie AZ iba na úkor vyparovania chladiva PO a HA. Objem chladiva v HA (160t) v optimálnom prípade je schopný zabezpečiť chladenie AZ po dobu 10h. Konzervatívne však predpokladáme, že HA pripojené k horúcej zmiešavacej komore nebudú optimálne využité na chladenie AZ, a preto predpokladáme, že HA

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

zabezpečia chladenie AZ iba po dobu 5h. Po vyčerpaní HA chladivo v PO zabezpečí chladenie AZ na dobu približne ďalšie 2 hodiny.



Časová rezerva do poškodenia paliva závisí na scenári udalosti:

1. s dodávkou NV PG z hasičských čerpadiel – bez obmedzenia za predpokladu tesnosti PO
2. bez dodávky NV PG z hasičských čerpadiel s využitím gravitačného plnenia PG - 32h

Integrita kontajneru

Počas blackoutu v dôsledku straty TVD a chladiacich systémov kontajneru nie je zabezpečený odvod tepla z kontajneru. Na chladenie kontajneru počas SBO nie je k dispozícii alternatívny systém, a preto teplota v kontajneru začne rásť. Od vzduchu kontajneru sa s časovým oneskorením začnú nahrievať aj betónové konštrukcie kontajneru. Po dvoch dňoch v strede steny kontajneru sa očakáva teplota 60°C. Pri tejto teplote nie je ohrozená integrita kontajneru. Podľa Európskej normy Eurocode 2-1-1 pevnosť betónu pri 127°C klesne max o 6%.

Ak by počas SBO prišlo k strate chladenia AZ (vyčerpajú sa zdroje dopĺňovania NV do PG), príde k otvoreniu OVKO do kontajneru, kam sa odvádza okrem tepelných strát PO aj celý zbytkový výkon AZ, trend náhrevu kontajneru sa zvýši približne 3 krát, pričom bude rásť aj tlak v kontajneru. Integrita kontajneru by mohla zlyhať po poškodení paliva a následnom horení vodíka. Ďalšie informácie sú v kap.6.

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

Zásoba chladiva v PO

Počas blackoutu nie je k dispozícii doplňovanie PO. V dôsledku vychladenia na 238°C a únikov chladiva PO klesá aj hladina v KO. Samotné vychladenie zníži objem chladiva PO o 17m³. Ak predpokladáme v časovom horizonte 24h únik z PO 0,5 m³/h, celkovo po 24h sa objem PO zníži o 30 m³. Z hľadiska chladenia AZ a odvodu tepla a chladenia AZ zásoba chladiva v PO je dostatočná. V časovom horizonte po 24h po SBO únik z PO môže ovplyvniť možný únik cez upchávky HCČ. Ak by k úniku cez upchávky HCČ neprišlo, zásoba chladiva v PO je dostatočná na zabezpečenie odvodu tepla aj počas ďalších 20h.

Na doplnenie chladiva do PO v prípade blackoutu je k dispozícii iba chladivo z HA (po odtlakovaní PO), resp po navrhnutých úpravách čerpadlá TB11,12D01.

Časová rezerva: do 24h je zabezpečená dostatočná zásoba chladiva PO na chladenie paliva. Ďalší priebeh závisí na úniku cez upchávky HCČ, pre ktorý v súčasnosti nie sú k dispozícii dáta.

Monitorovanie stavu bloku

Podľa nameraných údajov počas stres testov pri uvažovanej záťaži kapacita batérií systémov zaisteného napájania I.kat. vystačí približne na 11h prevádzky Po dosiahnutí minimálnej kapacity sa batérie musia vypnúť, pretože po úplnom vybití by sa nevratne poškodili, čo by významne skomplikovalo možnosti obnovenia napájania. EBO nemá systém monitorovania kapacity batérií, ktorý umožní správne vykonať zásahy na zníženie odberu a určiť stav, kedy je potrebné vypnúť napájanie I. kat. zaisteného napájania.

Časová rezerva: po 11 hodinách trvania blackout-u nebude zabezpečené monitorovanie stavu bloku.

Režimy 4,5

Riadenie reaktivity AZ :

V režimoch 4,5 je v PO vytvorená odstavňá koncentrácia kyseliny boritej, a preto je možné považovať závery hodnotenia riadenia reaktivity v AZ pri SBO v režime 3 za konzervatívny odhad, ktorý je platný aj pre SBO v režimoch 4,5.

Odvod tepla z PO

V režimoch 4,5 pred iniciačnou udalosťou odvod tepla z PO bol vo vodovodnom režime, alebo v štádiu prechodu na vodovodný režim. V prípade SBO v režimoch 4,5 nie je možné pokračovať v odvode tepla z PO vo vodovodnom režime, ktorý nie je možný bez elektrického napájania, a preto je potrebné prejsť na parovodný režim, čo si vyžaduje zdrenážovanie systému dochladzovania a nahriatie PO na teplotu, pri ktorej sa v PG začne tvoriť také množstvo pary, ktoré bude dostatočné na odvod aktuálneho zbytkového tepla AZ.

Zásoba chladiva v PG v režimoch 4,5 je vyššia ako v režime 3. V režimoch 4,5 zbytkový výkon AZ vzhľadom na dlhšiu dobu od odstavenia reaktora bude nižší. Z týchto dôvodov je možné považovať závery hodnotenia odvodu tepla z PO pri SBO v režime 1,2,3 za konzervatívny odhad, ktorý je platný aj pre SBO v režimoch 4,5.

Integrita kontajneru

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

V režimoch 4,5 je teplota chladiva v PO a štruktúra PO nižšia ako v režime 3 a tiež zbytkový výkon AZ vzhľadom na dlhšiu dobu od odstavenia reaktora bude nižší. Z týchto dôvodov je možné považovať závery hodnotenia integrity kontajneru pri SBO v režime 3 za konzervatívny odhad, ktorý je platný aj pre SBO v režimoch 4,5.

Monitorovanie stavu bloku

V režimoch 4,5 sa nepredpokladajú vyššie výkonové odbery z akumulátorových batérií I-IV systému, a preto je možné považovať závery hodnotenia udržateľnosti monitorovania stavu bloku pri SBO v režime 3 za konzervatívny odhad, ktorý je platný aj pre SBO v režimoch 4,5.

Režim 6

Riadenie reaktivity AZ :

V režime 6 je v PO vytvorená odstavňá koncentrácia kyseliny boritej, a preto je možné považovať závery hodnotenia riadenia reaktivity v AZ pri SBO v režime 3 za konzervatívny odhad, ktorý je platný aj pre SBO v režime 6.

Odvod tepla z PO

V režime 6 je PO odtlakovaný a môže byť aj otvorený (je zrušená tlaková hranica PO). Odvod tepla z PO pred udalosťou bol vo vodovodnom režime. Po SBO nie je možné pokračovať v odvode tepla z PO vo vodovodnom režime, ktorý nie je možný bez elektrického napájania. Pre odvod tepla z PO sú tieto varianty:

- odvod tepla z AZ v režime varu v AZ. Do PO sa dopĺňa chladivo gravitačným plnením zo žlabov XL

Časová rezerva do poškodenia paliva: 90h.

- odvod tepla z AZ čiastočne varom chladiva v TNR a čiastočne parou z PG. Do PO sa dopĺňa chladivo gravitačným plnením zo žlabov XL a do PG sa chladivo dopĺňa hasičskými čerpadlami

Časová rezerva do poškodenia paliva: viac ako 90h

Integrita kontajneru

V režime 6 je zrušená tlaková hranica kontajneru a nemôže prísť k ohrozeniu integrity kontajneru.

Monitorovanie stavu bloku

V režimoch 6 sa nepredpokladajú vyššie výkonové odbery z akumulátorových batérií I-IV systému, a preto je možné považovať závery hodnotenia udržateľnosti monitorovania stavu bloku pri SBO v režime 1,2,3 za konzervatívny odhad, ktorý je platný aj pre SBO v režime 6.

5.1.2. Možné opatrenia pre zvýšenie odolnosti elektrárne v prípade straty elektrického napájania

Pri hodnotení bezpečnostných rezerv projektu JE V2 pri SBO sa preukázala schopnosť projektu elektrárne zabezpečiť ochranu bariér pri danom type udalosti počas pomerne dlhého času, ktorý poskytuje dostatočnú

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

časovú rezervu na vykonanie zásahov accident managementu na obnovenie napájania elektrárne. Napriek odolnosti projektu elektrárne je možné na základe testov a analýz zvýšiť bezpečnosť elektrárne pri uvažovanej udalosti realizovaním nasledujúcich úprav:

- Zvýšiť odolnosť a spoľahlivosť systémov ZN II.kat. pri nadprojektových udalostiach (6kV núdzový zdroj elektrickej energie pre ťažké havárie)
- Zabezpečiť DG 0,4kV pre dobíjanie AKU batérií a napájanie vybraných spotrebičov bloku počas blackoutu vrátane úprav TB11,12D01 umožňujúcich ich použitie počas SBO.
- Zabezpečiť vysokotlaký zdroj napájacej vody PG prevádzkyschopný počas SBO s minimálnym prietokom 20-25t/h pre jeden blok a tlakom 6MPa a zabezpečiť logistiku zásobovania zdroja
- Odskúšať obnovenie zaisteného napájania II. Kategórie z DG JE V-1
- Zabezpečiť opatrenia na zníženie spotreby havarijného osvetlenia, vrátane možnosti vypínania nepotrebných častí
- Získať údaje dokumentujúce správanie sa upchávok HCČ pri dlhodobom výpadku chladenia (viac ako 24h)
- Zabezpečiť monitorovací systém kapacity akumulátorových batérií

5.1.3. Strata konečného UHS

V projekte JE V-2 primárnym UHS je okolitá atmosféra. Odvod tepla z AZ, BSVP a kontajneru v jednotlivých prevádzkových režimoch do primárneho UHS je zabezpečený rôznymi systémami. Pri výpadku TVD sa preruší reťazec systémov zúčastňujúcich sa odvodu tepla z AZ, kontajneru a BSVP do konečného UHS aspoň v jednom režime bloku. Z toho vyplýva, že pre zabezpečenie súčasného dlhodobého odvodu tepla z AZ, kontajneru a BSVP do konečného UHS (atmosféry) aspoň v jednom režime bloku je nevyhnutná prevádzkyschopnosť systému TVD. Za reprezentatívnu obálkovú udalosť predstavujúcu stratu UHS je preto možné považovať úplnú, okamžitú a dlhodobú stratu prevádzkyschopnosti všetkých 3 okruhov systému TVD, ktorá je konzervatívne pokrytá analýzou udalosti SBO v kap. 5.1.1. Vzhľadom na nízku pravdepodobnosť okamžitého súčasného výpadku všetkých systémov TVD, budeme posudzovať projektový scenár, ktorý vedie k zlyhaniu UHS v dôsledku straty dodávky surovej doplňovacej vody do JE V2.

5.1.3.1. Projektové opatrenia na zabránenie straty primárneho konečného recipienta tepla, ako napr. náhradných vpustí morskej vody alebo systémov na zabránenie zablokovania vpustí

Systém TVD je podporným systémom bezpečnostných systémov chladenia AZ. Podľa Vyhlášky UJD 50/2006 Z.z. je klasifikovaný do bezpečnostnej triedy 3d. TVD plní bezpečnostnú funkciu odvodu tepla z bezpečnostných systémov do prvého akumuláčného objemu (atmosféra). TVD má zabezpečiť nielen posledný (ultimatívny) systém odvodu tepla, ale má zabezpečiť aj chladenie všetkých spotrebičov, u ktorých sa požaduje nepretržitá dodávka chladiacej vody.

Systém TVD je projektovaný ako redundantný 3x100%, v každom systéme sú 2 čerpadlá na blok (2x100%), a 2 sekcie VCHV (2x100%). Systém TVD je odolný voči jednoduchej poruche (jednej jednoduchej poruchy aktívnych zariadení na blok alebo jednej jednoduchej poruchy tlakových pasívnych zariadení na obidva bloky) a poruche so spoločnou príčinou (požiar, zaplavenie, seizmické účinky, interakcie od vysokoenergetických potrubí, letiace úlomky, pád bremena, podmienky okolia a extrémne klimatické podmienky). Časti okruhov TVD sú vzájomne fyzicky separované. Každý systém TVD je napájaný z inej

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

sekcie zaisteného napájania II. kategórie v súlade s napájaním nezávislých okruhov havarijného chladenia aktívnej zóny. Systém TVD je spoločný pre oba bloky JE v časti bazénov čerpadiel TVD, hlavných prírodných a vratných potrubných rádoch. V dôsledku toho susedný blok môže plne pokryť požiadavky na chladenie TVD aj v prípade výpadku systému na vlastnom bloku. Bližší popis v kap 1.3. Dvojblokové riešenie okruhov TVD na úrovni uzla čerpadiel TVD a VCHV zvyšuje spoľahlivosť systému, pretože vzhľadom na projektové riešenie napájania čerpadiel TVD a ventilátorov VCHV z oboch blokov a postačujúcej kapacity 2/4 na jeden okruh TVD, je pravdepodobnosť neprevádzkyschopnosti celého systému nižšia ako v prípade jednoblokového riešenia., čo zvyšuje odolnosť proti niektorým mechanizmom zlyhania so spoločnou príčinou. Vzhľadom na to, že nadprojektové externé udalosti majú potenciál súčasne ohroziť redundantné okruhy resp. ich aktívne prvky (čerpadlá), odolnosť okruhov TVD proti ich zlyhaniu sa posudzuje v kap.2,3,4.

Systém TVD nadväzuje na zariadenia mimo areálu JE, ktoré podporujú jeho prevádzkyschopnosť. Najvýznamnejšie z týchto zariadení z hľadiska prevádzkyschopnosti TVD je systém dodávky surovej vody do areálu JEV2, ktorý je projektovaný ako prevádzkový systém s vysokou mierou redundancie. Surovú doplňovaciu vodu pre JE V2 je možné zabezpečiť z piatich odberných miest VN Slňava, HC Madunice, hate Drahovce, rieka Dudváh, potok Dubové. Odbery z VN Slňava, HC Madunice, hate Drahovce sú hydrologicky zásobované z rieky Váh. Do čerpacej stanice Pečeňady sa prídavná voda dopravuje gravitačne štyrmi potrubiami do ČS Pečeňady a z nej do JE V2 dvomi potrubiami. Prídavnú vodu do JE V2 je možné zabezpečiť aj potrubím z JE V1. Zariadenia zabezpečujúce dodávku vody do JE V2 sú chránené pred upchatím prívodu a zamrznutím citlivých častí systému. Hlavný prívod prídavnej vody z VN Slňava je prevádzkyschopný medzi hladinami 157,1m.n.m. až 154,6m.n.m, ktorú je možné udržiavať reguláciou prietoku kaskády elektrární na rieke Váh. Systém prídavnej vody do JE V2 je prevádzkový systém, nezodolnený proti nadprojektovým externým udalostiam bez seizmickej klasifikácie. Vzhľadom na túto skutočnosť hlavným spôsobom zabezpečenia JE proti strate UHS na úrovni zdrojov vody v JE je zásoba vody v areáli JE – v bazénoch TVD, CV. Celkovo je v areáli JE zásoba 42 890t v bazénoch CV a 1613 t využiteľnej vody v každom z bazénov TVD. V niektorých režimoch je dostupných ďalších 37 510 m3 surovej vody v prírodných rádoch surovej vody, ktoré je možné pri funkčnej ČS Pečeňady dopraviť do JE.

5.1.3.2. Strata primárneho UHS (napr. strata prívodu chladiacej vody z rieky, jazera alebo strata hlavných chladiacich veží)

Dlhodobý výpadok prívodu surovej vody do areálu JE môže spôsobiť degradáciu prevádzkových podmienok systémov TVD, ktorá konečne môže viesť až k potrebe odstavenia všetkých troch systémov TVD. Pri výpadku všetkých systémov TVD na oboch blokoch sa degraduje odvod tepla z AZ, kontajneru a BSVP do konečného UHS (atmosféry) aspoň v jednom režime bloku a môže prísť k strate UHS.

Dlhodobá strata prívodu surovej vody do areálu JE

Zásoba chladiva v systéme TVD klesá v dôsledku únikov, odparu a úletu (0,5 % prietoku na VCHV). Potrebná zásoba chladiva v TVD sa udržiava doplňovaním surovej filtrovanej vody z ČS Pečeňady. Okrem tohto hlavného zdroja je možné v núdzových stavoch doplňovať bazény TVD zo systému TVN a z elektrárne V1. Všetky tieto trasy nemajú seizmickú kvalifikáciu, a preto po projektovej seizmickej udalosti sa predpokladá ich zlyhanie. V takomto prípade je možné systémy TVD doplňovať mobilnými prostriedkami z externých zdrojov.

Po výpadku doplňovacej surovej vody je potrebné po jednej hodine odstaviť reaktor do režimu 3 (LPS 001/066), ale hladina vody v systéme TVD bude naďalej klesať. Celková využiteľná zásoba vody TVD

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

medzi minimálnou nominálnou hladinou v bazéne ČTVD a hladinou, pri ktorej je potrebné odstaviť čerpadlá TVD je 1613 t. V projekte TVD sa hodnotila táto zásoba po prerušení doplňovania TVD pre rôzne udalosti, vrátane LOCA na jednom a dochladzovania druhého bloku. Preukázalo sa, že zásoba vody v systémoch TVD je dostatočná na krytie strát TVD po dobu 72 hodín od prerušenia doplňovania prívodu surovej vody do bazénov TVD. Po tejto dobe je potrebné zabezpečiť doplňovanie bazénov TVD. Potrebný prietok doplňovania TVD klesá z hodnoty $87 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ v čase 3 dni po odstavení reaktora na 30 t/h po 1 mesiaci po odstavení.

Na doplňovanie bazénov TVD v areáli JE je k dispozícii zásoba vody v bazénoch CV, ktoré pri minimálnej hladine obsahujú $42\,890 \text{ m}^3$. Tento objem CV pri uvažovanej potrebe doplňovania TVD vystačí približne na 1 mesiac prevádzky od iniciačnej udalosti, ak sa neuvažuje úbytok CV jej odparom a úletom v chladiacich vežiach. V prípade, ak v čase vzniku iniciačnej udalosti reaktor bol na výkone, na odstavenie bloku do režimu 3 sa z tejto vody spotrebuje približne $10\,000 \text{ m}^3$. V takomto prípade na doplňovanie bazénov TVD by bolo v bazénoch CV k dispozícii $32\,890 \text{ m}^3$, čo by postačovalo približne na 21 dní. Ak by CV zostala v prevádzke až do okamihu odstavenia TVD, v bazénoch CV zostalo približne $14\,000 \text{ m}^3$, čo by stačilo na pokrytie spotreby TVD na 10 dní.

Ak po udalosti, ktorá spôsobila výpadok doplňovania TVD, nepríde k jeho obnoveniu do 72h, zásoba chladiva v sacích jímkach čerpadiel TVD klesne k minimálnej povolenej hodnote ($-7,5\text{m}$) a pracujúce čerpadlá TVD sa budú musieť odstaviť, pretože by prišlo k poškodeniu ložísk hydraulikkej časti čerpadiel a upchávok čerpadiel TVD.

Integrita upchávok HCČ po strate chladenia

Závažným následkom výpadku TVD je možná strata integrity upchávok HCČ. V prípade straty TVD nebude zabezpečené chladenie upchávok HCČ v dôsledku straty prietoku upchávkového vody HCČ a straty prietoku TVD cez chladiče TF10 na HCČ, čo v dlhodobom horizonte môže spôsobiť únik chladiva PO cez trasu beztlakového odvodu z upchávky HCČ. Bez TVD takto vzniknutý únik chladiva PO nemôže byť nahradený doplňovaním TK a TJ a iniciačná udalosť typu strata UHS v takomto scenári vedie k poškodeniu paliva.

Na základe výsledkov testu na plnorozsahovom modeli upchávky HCČ u výrobcu sa preukázalo, že do 24 h po strate chladenia HCČ sa nedosiahnu podmienky, pri ktorých by prišlo k ohrozeniu integrity upchávky. Po výpadku prívodu surovej vody do JE podľa predpisu LPS 001/066 po jednej hodine personál musí odstaviť blok do režimu 3, v ktorom sa síce redukuje tepelná záťaž upchávok HCČ, ale trvanie straty chladenia HCČ môže prekročiť 24h, s ktorými sa uvažovalo v teste tepelnej odolnosti.

5.1.3.2.1. Dostupnosť náhradného UHS

Po výpadku TVD v projekte JE V-2 neexistuje kompletný alternatívny (záložný) reťazec systémov/zariadení potrebných pre dlhodobý UHS zo všetkých troch zdrojov – reaktor, kontajment a BSVP. Dlhodobý odvod tepla z AZ v niektorých režimoch je možné zabezpečiť aj bez TVD, čo však neplatí pre kontajment a BSVP. Pri využívaní rôznych štandardných a neštandardných prepojení, zahrnutých v databáze konfigurácií, je možné z kontajmentu a hlavne z BSVP zabezpečiť odvod tepla v obmedzenom časovom trvaní samostatnými konfiguráciami. Hodnotenie a použiteľnosť týchto konfigurácií závisí na režime bloku a dopadu externej udalosti na systémy JE a je uvedená v kap. 5.1.3.3.

5.1.3.2.2. Možné časové obmedzenia pre pohotovosť náhradného UHS a posúdenie možností predĺžiť čas pohotovosti

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

V prípade výpadku všetkých systémov TVD je možné odvádzať zbytkové teplo z AZ priamo parou (cez PSA PG, PVP) do atmosféry alebo prostredníctvom iných systémov (PSK, redukčné stanice pary) do cirkulačnej vody a z nej do atmosféry, pričom do PG sa musí byť zabezpečený prietok NV. V tomto zmysle náhradný UHS je normálny systém odvodu tepla z AZ, ktorý však nevyžaduje prevádzku TVD. Ak blok nie je v režime 4 a vyššom, vytvorenie podmienok na normálny odvod tepla uvažovanými konfiguráciami trvá rádovo jednotky hodín (v závislosti na aktuálnom režime bloku). V prípade otvoreného reaktora (režim 6) sa zbytkové teplo z AZ dá odvádzať (akumulovať) počas limitovanej doby do zásobných objemov chladiwa PO (objem chladiwa v PO, TH nádrže, chladiwo zo žlabov XL), alebo dlhodobo odvodom pary z PG a čiastočným vyparovaním chladiwa PO, pričom klesajúca zásoba chladiwa PO a PG sa bude dopĺňať. Vytvorenie požadovanej konfigurácie v tomto prípade trvá rádovo hodiny.

Pre odvod tepla z kontajneru a BSVP okrem TVD neexistuje iný sprostredkujúci systém do konečného UHS.

5.1.3.3. Strata konečného a náhradného UHS

Pre hodnotenie zabezpečenia proti strate UHS a návrh preventívnych opatrení bol analyzovaný projektový scenár s úplnou a okamžitou stratou prívodu doplnovacej vody do JE V-2. Všeobecný popis hodnoteného scenára z pohľadu TVD je v kap. 5.1.3.2. Pre najkonzervatívnejšiu variantu tohto scenára, ktorá po 72h vedie k podmienkam, pri ktorých je potrebné odstaviť všetky tri systémy TVD sme vykonali hodnotenie bezpečnostných funkcií v jednotlivých režimoch bloku. Tento scenár je obálkovým prípadom narušenia podporných funkcií pre zabezpečenie UHS zvonku areálu JE a po úplnej a okamžitej strate čerpadiel TVD (analyzovanej v rámci SBO) je druhým najkonzervatívnejším prípadom.

Vo všeobecnosti je možné konštatovať, že zabezpečenie proti uvažovanému scenáru na úrovni projektových externých udalostí (s výnimkou seizmickej udalosti) je relatívne robustné: dopĺňovanie surovej vody do JE V-2 je možné z troch zdrojov (rieky Dudvák a Váh a potok Dubové) celkovo z piatich odberných miest VN Sĺňava, HC Madunice, hate Drahovce, rieka Dudvák, potok Dubové, pričom posledné dva sú dostatočné iba na dochladzovanie a odvod zbytkového tepla. Prídavnú vodu do JE V2 je možné zabezpečiť aj potrubím z JE V1. Zariadenia zabezpečujúce dodávku vody do JE V2 sú chránené pred upchatím prívodu a zamrznutím citlivých častí systému. Po zlyhaní všetkých zdrojov surovej vody je možné dopĺňovať bazény TVD z vnútornej zásoby vody JE v bazénoch CV, ktoré pri minimálnej hladine obsahujú 42 890 m³. Tento objem CV pri uvažovanej potrebe dopĺňovania TVD vystačí približne na 1mesiac prevádzky od iniciačnej udalosti, ak sa neuvažuje úbytok CV jej odparom a úletom v chladiacich vežiach. V prípade, ak v čase vzniku iniciačnej udalosti reaktor bol na výkone, na odstavenie bloku do režimu 3 sa z tejto vody spotrebuje približne 10.000 m³. V takomto prípade na dopĺňovanie bazénov TVD by bolo v bazénoch CV k dispozícii 32 890 m³, čo by postačovalo približne na 21dní. Ak by CV zostala v prevádzke až do okamihu odstavenia TVD, v bazénoch CV zostalo približne 14 000 m³, čo by stačilo na pokrytie spotreby TVD na 10dní.

Z hľadiska prevádzky bloku po výpadku prívodu surovej vody do areálu podľa predpisu LPS001/O66 je potrebné odstaviť blok do režimu 3, v ktorom sa teplo bude odvádzať normálnym systémom odvodu tepla na S.O. na dochladzovací systém (TK, NN, HNČ), ktorý v tejto fáze udalosti bude prevádzkyschopný (TVD je v prevádzke). S cieľom šetrenia zásoby vody v JE po prechode do režimu 3 sa odstavia CV. Po 72h po znížení hladiny v bazénoch TVD na minimálnu hodnotu sa odstaví všetky tri systémy TVD, v dôsledku čoho čerpadlá HNČ nebudú prevádzkyschopné a na dopĺňovanie PG sa budú musieť využívať čerpadlá SHN, ktoré nevyžadujú prevádzku TVD. Odstavením všetkých čerpadiel TVD príde ďalej k strate chladenia nasledujúcich systémov:

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

DG, havarijných systémov chladenia AZ (TJ/TH), sprchových systémov TQ (teda aj primárneho RHR), chladičov BSVP, vzduchotechniky v príslušných miestnostiach. Ďalej príde k strate chladenia všetkých prevádzkových systémov chladených TVD: chladičov recirkulačných systémov kontajneru TL10, TL11, vzduchotechniky hermetických miestností, chladenia systému normálneho doplňovania PO TK, chladičov medziokruhov TF10, TF30, spaľovania vodíka, HNČ, systému dochladzovania PO (dochladzovacích čerpadiel a technologických kondenzátorov, CHUV, kompresorovej stanice).

Dôsledky hodnoteného scenára na bezpečnostné funkcie v jednotlivých režimoch bloku sú uvedené nižšie.

Režim 3

Riadenie reaktivity AZ:

Po výpadku TVD nebudú k dispozícii projektové systémy na riadenie koncentrácie kyseliny boritej v PO (TK, TE, TB, resp. TJ). Ak nebola vytvorená odstavná koncentrácia v PO v čase vzniku iniciačnej udalosti, je možné v PO ju vytvoriť čerpadlami TB11, 12D01. Týmto čerpadlami bude možné udržiavať aj zásobu chladiva v PO, ktorá bude klesať v dôsledku únikov z PO po odstavení normálneho doplňovania PO. Po výpadku TVD, ak nebude kombinovaný s inými udalosťami a ak systém TB11, 12 zostane prevádzkyschopný, riadenie reaktivity v AZ a zásoby chladiva v PO bude zabezpečené v dostatočnom rozsahu.

Časová rezerva: Pri strate UHS nepríde k poškodeniu paliva z dôvodu straty podkritičnosti.

Odvod tepla z AZ

Po výpadku prívodu surovej vody do areálu je podľa predpisu LPS001/O66 je potrebné odstaviť oba bloky do režimu 3. Predpokladáme, že po odstavení blokov sa CV odstaví, aby sa šetrila zásoba surovej vody v areáli JE. Teplo z AZ sa bude odvádzať parou z PG na dochladzovací systém (TK, NN, HNČ), ktorý v tejto fáze udalosti bude prevádzkyschopný (TVD je v prevádzke). Bez TVD nie je možné dochladiť blok do studeného stavu, ale je možné udržiavať ho v režime 3. Doba udržateľnosti tohto režimu je obmedzená. Konzervatívne predpokladáme, že na doplňovanie systému TVD sa nevyužije žiadny zo zdrojov doplňovania TVD (doplňovanie z TVN, z elektrárne V1, doplňovanie z bazénov chladiacich veží CV, ani doplňovanie TVD cisternami).

Po 72 h po znížení hladiny v bazénoch TVD na minimálnu hodnotu sa odstaví všetky tri systémy TVD a na doplňovanie PG sa budú musieť používať čerpadlá SHN, ktoré nevyžadujú prevádzku TVD. Elektráreň má zásobu chladiva pre SHN čerpadlá pre oba bloky v každej z nádrží 18.01.1, 2, 3 o objeme 920 m³. Po výpadku prívodu surovej vody do JE nebude možné túto zásobu udržiavať. Teplo z AZ sa bude odvádzať parou z PG cez PSA PG/ PVPG priamo do atmosféry. Táto zásoba v čase 72h po odstavení reaktora je dostatočná na odvod tepla z AZ pre oba bloky na ďalších 7 dní.

Po odstavení TVD sa blok podľa predpisu LPS001/V31 ďalej vychladí na 238°C, pre umožnenie gravitačného plnenia a pripojenia HA k PO. Po vyčerpaní nádrží SHN PG sa môžu ďalej doplňovať hasičskými čerpadlami. Tento režim odvodu tepla z AZ je dlhodobou udržateľný.

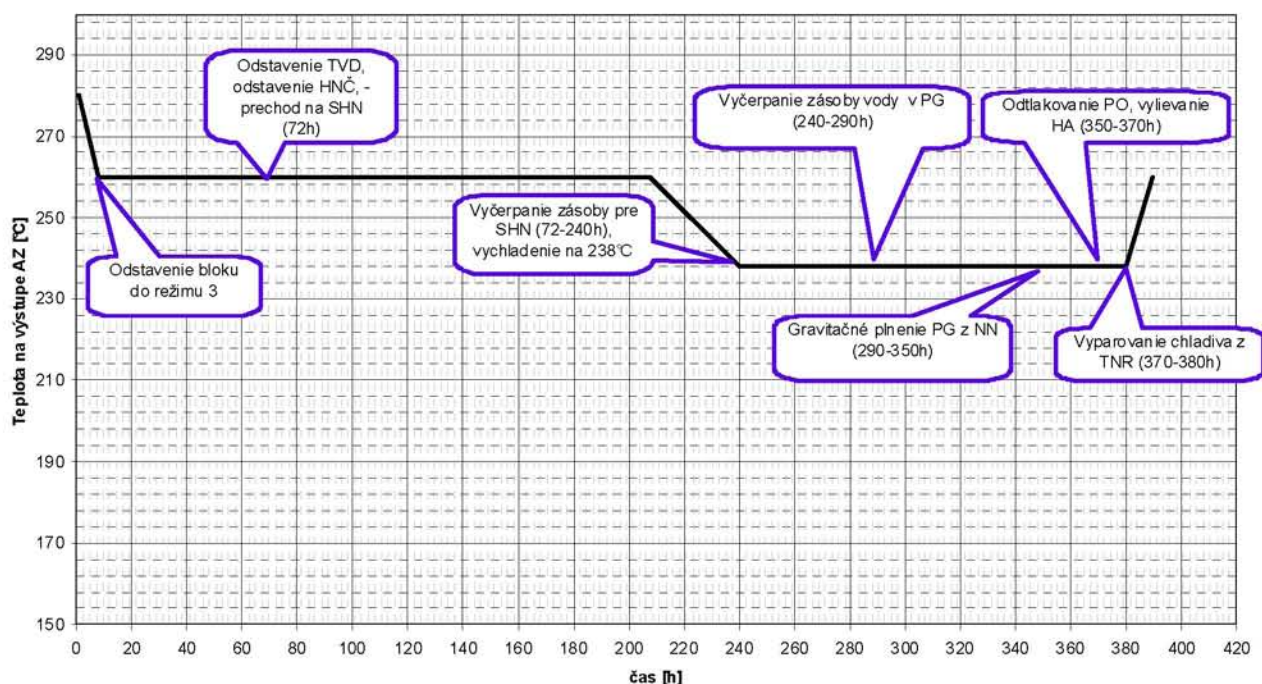
Ak po strate TVD neuvažujeme doplňovanie PG hasičskými čerpadlami, nominálna zásoba chladiva v 6 PG je dostatočná na odvod tepla z PO po dobu 50h. Po vysušení PG je možné na odvod tepla ešte využiť gravitačné plnenie PG. Gravitačným plnením PG je možné zabezpečiť odvod tepla z PG po dobu 60h.

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

Po vyčerpaní gravitačného plnenia PG sa zvyškovým výkonom PO začne nahrievať a začne rásť teplota a tlak v PO. Po dosiahnutí otváracieho tlaku OVKO, prípadne PVKO, dochádza ďalej postupne k strate chladiva PO a k zhoršovaniu chladenia AZ. Zbytkový výkon reaktora v tejto fáze sa odvádza vyparovaním chladiva PO do kontajneru.

Na oddialenie poškodenia pokrytia paliva je možné ďalej využiť chladivo, ktoré je v HA. Objem chladiva v HA (160t) v optimálnom prípade je schopný zabezpečiť chladenie AZ po dobu 40h. HA pripojené k horúcej zmiešavacej komore v reálnom prípade nebudú optimálne využité na chladenie AZ. Konzervatívne preto predpokladáme, že HA zabezpečia chladenie AZ iba po dobu 20h. Ak by po vyčerpaní HA bola TNR zaplnená, objem chladiva v TNR zabezpečí chladenie AZ na dobu približne ďalších 10 h.

Uvedené odhady rezerv odvodu tepla z AZ pri strate UHS neuvažovali s únikom chladiva PO cez upchávky HCČ, ktorý by mohol vzniknúť po výpadku chladenia upchávok HCČ po dobe dlhšej ako 24h.



Graf 5.1.3- 1.: Priebeh teploty na výstupe AZ počas straty UHS

Časová rezerva do poškodenia paliva pri strate UHS závisí na scenári udalosti:

1. s dodávkou NV PG z hasičských čerpadiel – bez reálneho časového obmedzenia
2. bez dodávky NV PG z hasičských čerpadiel -380h

Integrita kontajneru

V dôsledku dlhodobej straty prívodu surovej vody do JE po 72 sa budú musieť odstaviť všetky čerpadlá TVD. Po strate prietoku TVD nie je zabezpečený odvod tepla z kontajneru. Na chladenie kontajneru nie je k dispozícii alternatívny systém, a preto teplota v kontajneru začne rásť. Od vzduchu kontajneru sa s časovým oneskorením začnú nahrievať aj betónové konštrukcie kontajneru. Po dvoch

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

dňoch v strede steny kontajneru sa očakáva teplota 60°C. Pri tejto teplote nie je ohrozená integrita kontajneru. Podľa Európskej normy Eurocode 2-1-1 pevnosť betónu pri 127°C klesne max o 6%.

Ak by počas straty UHS prišlo k strate chladenia AZ (vyčerpajú sa zdroje dopĺňovania NV do PG), príde k otvoreniu OVKO do kontajneru, kam sa odvádza okrem tepelných strát PO aj celý zbytkový výkon AZ, trend nárastu kontajneru sa zvýši približne 3 krát, pričom bude rásť aj tlak v kontajneru. Integrita kontajneru by mohla zlyhať po poškodení paliva a následnom horení vodíka. Ďalšie informácie sú v kap.6.

Režimy 4,5

Riadenie reaktivity AZ:

V režimoch 4,5 je v PO vytvorená odstavňá koncentrácia kyseliny boritej, a preto sa pri strate TVD neočakávajú problémy s udrzaním podkritičnosti AZ. Z týchto dôvodov je možné považovať závery hodnotenia riadenia reaktivity v AZ a BSVP pri strate UHS v režime 1,2,3 za konzervatívny odhad, ktorý je platný aj pre stratu UHS v režimoch 4,5.

Odvod tepla z PO

V režimoch 4,5 pred iniciačnou udalosťou odvod tepla z PO bol vo vodovodnom režime, alebo v štádiu prechodu na vodovodný režim. V prípade UHS v režimoch 4,5 nie je možné pokračovať v odvode tepla z PO vo vodovodnom režime, ktorý nie je možný bez TVD, a preto je potrebné prejsť na parovodný režim, čo si vyžaduje zdrenážovanie systému dochladzovania a nahriatie PO na teplotu, pri ktorej sa v PG začne tvoriť také množstvo pary, ktoré bude dostatočné na odvod aktuálneho zbytkového tepla AZ.

Zásoba chladiva v PG v režimoch 4,5 je vyššia ako v režimoch 3. V režimoch 4,5 zbytkový výkon AZ vzhľadom na dlhšiu dobu od odstavenia reaktora bude nižší. Z týchto dôvodov je možné považovať závery hodnotenia odvodu tepla z PO pri strate UHS v režime 3 za konzervatívny odhad, ktorý je platný aj pre stratu UHS v režimoch 4,5.

Integrita kontajneru

V režimoch 4,5 je teplota chladiva v PO a štruktúra PO nižšia ako v režime 3 a tiež zbytkový výkon AZ vzhľadom na dlhšiu dobu od odstavenia reaktora bude nižší. Z týchto dôvodov je možné považovať závery hodnotenia integrity kontajneru pri strate UHS v režime 3 za konzervatívny odhad, ktorý je platný aj pre stratu UHS v režimoch 4,5.

Režim 6

Riadenie reaktivity AZ:

V režime 6 je v PO vytvorená odstavňá koncentrácia kyseliny boritej, a preto sa neočakávajú problémy s udrzaním podkritičnosti AZ. Z týchto dôvodov je možné považovať závery hodnotenia riadenia reaktivity v AZ a BSVP pri strate UHS v režime 3 za konzervatívny odhad, ktorý je platný aj pre stratu TVD v režime 6.

Odvod tepla z PO

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

V režime 6 je PO odtlakovaný a môže byť aj otvorený (je zrušená tlaková hranica PO). Odvod tepla z PO pred udalosťou bol vo vodovodnom režime. Po SBO nie je možné pokračovať v odvode tepla z PO vo vodovodnom režime, ktorý nie je možný bez elektrického napájania. Pre odvod tepla z PO sú tieto varianty:

- odvod tepla z AZ v režime varu v AZ. Do PO sa doplňuje chladivo zo zásobných objemov v PO (TB,TJ,TH,XL). Zásoba chladiva v nádržiach v dvoch TJ,TH nádržiach 660t, ktorá je dostatočná na chladenie AZ po dobu 50h. V reálnom prípade bude k dispozícii aj chladivo zo žlabov XL, ktoré sa môže využívať na chladenie AZ. Predpokladáme, že v najhoršom prípade by malo byť dostupných chladivo z 9 žlabov, ktoré by postačilo na chladenie AZ po dobu ďalších 90h

Časová rezerva do poškodenia paliva: 140h.

- odvod tepla z AZ čiastočne varom chladiva v TNR a čiastočne parou z PG Do PO sa doplňuje chladivo zo zásobných objemov v PO (TB,TJ,TH,XL) a do PG sa chladivo doplňuje hasičskými čerpadlami

Časová rezerva do poškodenia paliva: viac ako 140h

Integrita kontajneru

V režime 6 je zrušená tlaková hranica kontajneru a nemôže prísť k ohrozeniu integrity kontajneru.

5.1.3.3.1. Predpokladané externé akcie na prevenciu degradácie paliva.

Pri uvažovanom scenári externé činnosti sa musia sústrediť na zabezpečenie doplňovania TVD, doplňovanie demivody a logistiku zásobovania. Pre kompenzáciu strát chladiva v okruhoch TVD je možné použiť viaceré náhradné spôsoby z vnútorných alebo z externých zdrojov. Základná časová rezerva pre zahájenie doplňovania TVD vyplývajúca zo zásoby v samotných bazénoch TVD je 72 hod. Ďalšie vnútorné zdroje vody v JE (bazény chladiacich veží CV a prírodné kanály) v závislosti na scenári udalosti obsahujú zásobu vody na desiatky dní (pozri kap.5.1.3.3). Túto vodu je možné dodať do bazénov TVD čerpadlami TVN alebo mobilnými čerpadlami. Systém TVN je normálnym prevádzkovým systémom, ktorý je nezodolnený proti nadprojektovým externým udalostiam bez seizmickej klasifikácie. Zahájenie doplňovania bazénov TVD čerpadlami TVN je možné do 1h, prietok doplňovania je vyšší ako je potrebný na udržiavanie hladiny. Doplňovanie TVD z bazénov CV mobilnými čerpadlami bolo odskúšané počas stres testov pomocou ponorného čerpadla napájaného z elektrocentrály a plávajúcim čerpadlom s vlastným benzínovým motorom. Inštalovanie čerpadiel po spustení doplňovania od nahlásenia požiadavky trvalo 30 minút.

Ďalej je možné doplňovať TVD z JE V1 pomocou normálnych prevádzkových systémov, ktoré sú nezodolnené proti nadprojektovým externým udalostiam bez seizmickej klasifikácie. Zahájenie doplňovania bazénov TVD z JE V1 je možné zahájiť do 3h, prietok doplňovania bazénov je vyšší ako je potrebný na udržiavanie hladiny v bazénoch TVD. Vodu do systému TVD je v krajnom prípade možné zabezpečiť mobilnými prostriedkami (autocisternami, resp. helikoptérmi) z vodných nádrží v okolí JE. Doplňovanie z externých zdrojov mobilnými prostriedkami bolo odskúšané pri havarijných cvičeniach v r. 2011. Doplňovanie bazénov TVD týmito prostriedkami je možné zahájiť do 4h.

5.1.3.3.2. Čas k dispozícii pre obnovenie jedného z konečných UHS iniciáciou činností smerujúcich k obnoveniu chladenia pred poškodením paliva: uvažovať situácie s rôznym oneskorením od odstavenia reaktora do straty normálneho režimu odvodu tepla (napr. začiatok straty chladiva z primárneho okruhu).

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

Pozri odstavec 5.1.3.3

5.1.3.4. Strata primárneho konečného UHS kombinovaná s SBO (t.j. strata napájania zo siete a strata havarijných zdrojov striedavého napájania)

V projekte JE V213 udalosť SBO vedie k Strate UHS, pretože čerpadlá TVD sú napájané zo zaisteného napájania, ktoré po strate elektrického napájania blackout nebude k dispozícii. Pre ocenenie dôsledkov uvedenej kombinácie udalostí preto môže byť použité hodnotenie udalosti SBO (Pozri kapitolu 5.1.1), ktorý je obálkovým prípadom aj pre kombinácie udalostí SBO a strata UHS

5.1.3.4.1. Doba autonómie lokality pred začiatkom úniku vody z primárneho okruhu

Pozri kapitolu 5.1.1

5.1.3.4.2. Externé činnosti smerujúce k prevencii poškodenia paliva.

Pozri kapitolu 5.1.1

5.1.4. Možné opatrenia smerujúce k zvýšeniu odolnosti elektrárne v prípade straty UHS

Pri hodnotení bezpečnostných rezerv projektu JE V2 pri strate UHS sa preukázala schopnosť projektu elektrárne zabezpečiť ochranu bariér pri danom type udalosti počas pomerne dlhého času, ktorý poskytuje dostatočnú časovú rezervu na vykonanie zásahov accident managementu na obnovenie UHS. Napriek odolnosti projektu elektrárne je možné na základe testov a analýz zvýšiť bezpečnosť elektrárne pri uvažovanej udalosti realizovaním nasledujúcich úprav:

- Zabezpečiť mobilný vysokotlaký zdroj napájacej vody PG a zabezpečiť logistiku zásobovania mobilného zdroja
- Zabezpečiť mobilné čerpadlá na dopĺňovanie TVD z CV a zabezpečiť logistiku zásobovania JE vodou z externých zdrojov pre prípad nedostupnosti CV a vypracovať príslušné predpisy.
- Získať údaje dokumentujúce správanie sa upchávok HCČ pri dlhodobom výpadku chladenia (viac ako 24h) v režime straty UHS

5.2. BAZÉN SKLADOVANIA VYHORENÉHO PALIVA

Odvod tepla z BSVP zabezpečujú systémy TG11,12, resp. TG16. V chladičoch týchto systémov sa zbytkový výkon z vyhoreného paliva odvádza do systému TVD a následne do atmosféry. Pri poruchách, pri ktorých príde k výpadku TVD (napríklad výpadok elektrického napájania bloku (blackout), alebo samotný výpadok všetkých systémov TVD) nebude zabezpečený normálny odvod tepla z BSVP. V dôsledku nárastu teploty v BSVP sa pri týchto poruchách bude znižovať aj podkritičnosť palivového súboru BSVP.

5.2.1. Strata elektrického napájania

Po strate elektrického napájania blackout systémy na odvod zbytkového výkonu z BSVP do TVD (systémy TG11,12,16) nie sú prevádzkyschopné. Pre odvod tepla z BSVP nie je okrem systémov TG11,12,16 nie je k dispozícii žiadny záložný systém. Zbytkový výkon z vyhoreného paliva z BSVP počas blackoutu sa dá odvádzať iba alternatívnymi spôsobmi, buď na úkor jeho akumulácie v chladiči BSVP a v iných objemoch PO alebo v režime varu, kedy sa para odvádza do reaktorovej sály a vyparované chladivo do BSVP sa dopĺňa pasívnymi (žľaby XL) alebo núdzovými (hasičské čerpadlá) prostriedkami.

Riadenie reaktivity v BSVP

V BSVP je podkritičnosť zabezpečená dvomi nezávislými spôsobmi:

- geometriou skladovacieho roštu
- koncentráciou kyseliny boritej

Projekt BSVP neumožňuje vznik kritických podmienok v BSVP ani po znížení koncentrácie c_B na nulu za podmienky, že v BSVP nepríde k varu. Počas SBO na riadenie reaktivity v BSVP sú k dispozícii iba pasívne metódy - dopĺňovanie roztoku kyseliny boritej do BSVP gravitačným dopĺňovaním bazénu z barbotážnych žľabov. Počas stres testov sa meral tento prietok z 5 žľabu (28t/h) a z 3 žľabu (35t/h). Tieto prietoky sú z hľadiska riadenia reaktivity BSVP dostatočné.

Odvod tepla z BSVP

V prípade blackoutu nie je zabezpečený štandardný odvod tepla z BSVP cez chladiče systému TG, ktoré sú chladené TVD. Vzhľadom na to, že okrem systémov TG11,12,16 nie je k dispozícii žiadny záložný systém, zbytkový výkon vyhoreného paliva sa akumuluje v chladiči a štruktúrach BSVP a teplota v BSVP začne rásť. V závislosti na zbytkovom výkone paliva v BSVP, ktorý sa môže pohybovať od 1,25MW po 5MW a zásoby chladiva v BS pred udalosťou, sú k dispozícii časové rezervy podľa tab. (bez zásahu operátora).

Po strate napájania – blackout na chladenie BS je k dispozícii iba alternatívne chladenie BSVP (pasívne dopĺňovanie BSVP zo 7 žľabov XL nad úrovňou BSVP a drenáž BSVP do TH nádrží), čo zabezpečí pri náraste chladiva v žľaboch zo 40°C na 60°C chladenie BSVP v závislosti na výkone a hladine v BSVP po dobu od 4h do 14h. Ďalší odvod tepla z BSVP po vyčerpaní alternatívneho chladenia a náraste BSVP na teplotu varu je možné zabezpečiť iba na úkor nárastu a vyparovania chladiva z BSVP. Na udržiavanie potrebnej zásoby chladiva v BSVP je potrebné zabezpečiť jeho dopĺňovanie z iných zdrojov (hasičské čerpadlá). Na jeden blok potreba dopĺňovania BSVP pri odvode tepla z BSVP varom chladiva predstavuje od 2t/h (výkon 1,25MW) do 8t/h (výkon 5MW). Vznikajúca para v BSVP sa musí odviesť do atmosféry.

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

Časová rezerva do poškodenia paliva v BSVP závisí na množstve vyhoreného paliva v BSVP a počiatočnej zásobe chladiva. Presné dáta bez zásahov obsluhy (bez alternatívneho chladenia) sú zrejmé z nasl. tabuľky. Alternatívnym chladením BSVP v závislosti na režime je možné tieto časy predĺžiť o 4 až 14h:

1. Režim: všetko palivo vyvezené do BSVP, hladina v BSVP 21,27m

Výkon paliva	Hladina	Var v BSVP	Vyparenie chladiva nad palivom	Úplné vyparenie chladiva pod palivom a teplota 1200°C
4,87MW	21,27m	2h48min	+20h45min	+6h52min

2. Režim: v BSVP je iba vyhoreté palivo z minulých záväzkov, hladina v BSVP 14,46m

Výkon paliva	Hladina	Var v BSVP	Vyparenie chladiva nad palivom	Úplné vyparenie chladiva pod palivom a teplota 1200°C
1,25MW	14,46m	5h14min	+37h33min	+19h15min

3. Režim: v BSVP je iba vyhoreté palivo z minulých záväzkov, hladina v BSVP 21,27 m

Výkon paliva	Hladina	Var v BSVP	Vyparenie chladiva nad palivom	Úplné vyparenie chladiva pod palivom a teplota 1200°C
1,25MW	21,27m	10h55min	+127h55min	+19h15min

5.2.2. Možné opatrenia smerujúce k zvýšeniu odolnosti elektrárne v prípade straty elektrického napájania

Pri hodnotení bezpečnostných rezerv projektu BSVP JE V2 pri SBO sa preukázala schopnosť projektu zabezpečiť ochranu paliva v BSVP pri danom type udalosti počas pomerne dlhého času, ktorý poskytuje dostatočnú časovú rezervu na vykonanie zásahov accident managementu na obnovenie napájania elektrárne. Napriek odolnosti projektu BSVP je možné na základe testov a analýz zvýšiť bezpečnosť paliva v BSVP pri uvažovanej udalosti realizovaním nasledujúcich úprav:

- Realizovať opatrenia na zvýšenie spoľahlivosti systémov ZN II.kat (odst 5.1.2)
- Realizovať stabilnú trasu na udržiavanie zásoby chladiva v BSVP z mobilného zdroja (hasičské čerpadlá).
- Zabezpečiť napájanie drenážnych armatúr XL zo ZN I. kat.

5.2.3. Strata konečného UHS

Konečným recipientom tepla v projekte JE Bohunice V2 je okolitá atmosféra (vzduch). Zbytkové teplo z vyhoreného paliva v BSVP sa v chladičoch TG11,12,16W01 odvádza do systémov TVD a z nich v chladiacich vežiach TVD do okolitej atmosféry. K strate odvodu tepla z BSVP príde iba v prípade výpadku

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

všetkých troch systémov TVD. Pre odvod tepla z BSVP nie je okrem systémov TG11,12,16 k dispozícii žiadny záložný systém.

Z hľadiska dopadov na chladenie BSVP je obálkovým prípadom narušenia UHS úplná a okamžitá strata čerpadiel TVD (analyzovaná v rámci SBO). Vzhľadom na nízku pravdepodobnosť výpadku všetkých systémov TVD pre ocenenie sme analyzovali projektový scenár, ktorý vedie k zlyhaniu UHS v dôsledku straty dodávky surovej doplňovacej vody do JE V2. Pre najkonzervatívnejšiu variantu tohto scenára, ktorá po 72h vedie k podmienkam, pri ktorých je potrebné odstaviť všetky tri systémy TVD, sme vykonali hodnotenie bezpečnostných funkcií pre BSVP.

Po výpadku všetkých systémov TVD, ktoré chladia aj chladiče systému TG11,12 resp. TG16 môže byť v BSVP ovplyvnená funkcia odvodu tepla. V dôsledku nárastu teploty v BSVP sa bude znižovať aj podkritičnosť palivového súboru BSVP.

Riadenie reaktivity v BSVP

V BSVP je podkritičnosť zabezpečená dvomi nezávislými spôsobmi:

- geometriou skladovacieho roštu
- koncentraciou kyseliny boritej

Projekt BSVP neumožňuje vznik kritických podmienok v BSVP ani po znížení koncentrácie c_B na nulu za podmienky, že v BSVP nepríde k varu.

Počas straty UHS na riadenie reaktivity v BSVP sú k dispozícii všetky projektové spôsoby (doplňovanie roztoku kyseliny boritej do BSVP čerpadlami zo zásobných objemov kyseliny boritej - TH nádrží alebo barbotážnych žľabov XL), a preto podkritičnosť v BSVP je zabezpečená v projektovom rozsahu.

Odvod tepla z BSVP

Z hľadiska chladenia BSVP pri hodnotenom scenári je po dobu 72h zabezpečené chladenie BSVP, pretože k výpadku TVD príde až po tejto dobe. Po výpadku TVD nie je zabezpečený štandardný odvod tepla z BSVP cez chladiče systému TG, ktoré sú chladené TVD. V závislosti na zbytkovom výkone paliva v BSVP, ktorý sa môže pohybovať od 1,25MW po 5MW a zásoby chladiva v BS pred udalosťou, sú k dispozícii časové rezervy podľa tab. (bez zásahu operátora).

Po výpadku TVD na chladenie BSVP nie je k dispozícii ani žiadny záložný systém a k dispozícii je iba časovo obmedzené alternatívne chladenie BSVP (doplňovanie BSVP z TH nádrží čerpadlom TG10D01 a drenáž BSVP).

Pri alternatívnom chladení sa pri náhreve jednej TH nádrže z 30°C na 60°C v závislosti na výkone v BSVP zabezpečí odvod tepla z BSVP po dobu od 2h do 8h (minimálne dve nádrže sú k dispozícii vo všetkých režimoch). Na chladenie BSVP ďalej sa dá využiť aj zásoba chladiva v žľaboch XL (doplňovanie BSVP čerpadlom XL a drenáž do TH). Pri využití všetkých 12 žľabov pri náhreve chladiva žľabov zo 40°C na 60°C by dalo chladenie BSVP zabezpečiť v závislosti na výkone v BSVP po ďalších 5,6h až 22h.

Ďalší odvod tepla z BSVP po vyčerpaní alternatívneho chladenia (celkovo po 9,6h až 38h od výpadku TVD) a náhreve BSVP na teplotu varu je možné zabezpečiť iba na úkor vyparovania chladiva z BSVP. Na udržiavanie potrebnej zásoby chladiva v BSVP je potrebné zabezpečiť jeho doplňovanie z iných zdrojov (hasičské čerpadlá). Vznikajúca para v BSVP sa musí odvieť do atmosféry.

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

Časová rezerva do poškodenia paliva v BSVP závisí na množstve vyhoreného paliva v BSVP a počiatočnej zásobe chladiva. Presné dáta bez zásahov obsluhy (bez alternatívneho chladenia) sú zrejmé z nasl. tabuľky. Alternatívnym chladením BSVP v závislosti na režime je možné tieto časy predĺžiť celkovo po 9,6h až 38h od výpadku TVD. Časy v tabuľke sú od času straty prietoku TVD. Pre scenár s úplnou a okamžitou stratou prívodu doplnovacej vody do JE V-2 k nim treba pripočítať 72h.

1. Režim: všetko palivo vyvezené do BSVP, hladina v BSVP 21,27m

Výkon paliva	Hladina	Var v BSVP	Vyparenie chladiva nad palivom	Úplné vyparenie chladiva pod palivom a teplota 1200°C	Sumár
4,87MW	21,27m	2h48min	+20h45min	+6h52min	=30h25min

2. Režim: v BSVP je iba vyhoreté palivo z minulých zavážok, hladina v BSVP 14,46m

Výkon paliva	Hladina	Var v BSVP	Vyparenie chladiva nad palivom	Úplné vyparenie chladiva pod palivom a teplota 1200°C	Sumár
1,25MW	14,46m	5h14min	+37h33min	+19h15min	=62h2min

3. Režim: v BSVP je iba vyhoreté palivo z minulých zavážok, hladina v BSVP 21,27 m

Výkon paliva	Hladina	Var v BSVP	Vyparenie chladiva nad palivom	Úplné vyparenie chladiva pod palivom a teplota 1200°C	Sumár
1,25MW	21,27m	10h55min	+127h55min	+19h15min	=158h5min

5.2.4. Možné opatrenia smerujúce k zvýšeniu odolnosti elektrárne v prípade straty UHS

Pri hodnotení bezpečnostných rezerv projektu BSVP JE V2 pri strate UHS sa preukázala schopnosť projektu zabezpečiť ochranu paliva v BSVP pri danom type udalosti počas pomerne dlhého času, ktorý poskytuje dostatočnú časovú rezervu na vykonanie zásahov accident managementu na obnovenie UHS. Napriek odolnosti projektu BSVP je možné na základe testov a analýz zvýšiť bezpečnosť paliva v BSVP pri uvažovanej udalosti realizovaním nasledujúcich úprav:

- Realizovať stabilnú trasu na udržiavanie zásoby chladiva v BSVP z mobilného zdroja (hasičské čerpadlá).

5. STRATA ELEKTRICKÉHO NAPÁJANIA A KONEČNÉHO ODVODU TEPLA

5.2.5. Strata primárneho UHS kombinovaná s SBO (t.j. strata napájania zo siete a strata havarijných zdrojov striedavého napájania).

V projekte BSVP JE V213 udalosť SBO vedie k Strate UHS, pretože čerpadlá TVD sú napájané zo zaisteného napájania, ktoré po strate elektrického napájania blackout nebude k dispozícii. Pre ocenenie dôsledkov uvedenej kombinácie udalostí v BSVP preto môže byť použité hodnotenie udalosti SBO (Pozri kapitolu 5.2.1), ktorý je pre BSVP obálkovým prípadom aj pre kombinácie udalostí SBO a strata UHS.

5.2.5.1. Možné opatrenia smerujúce k zvýšeniu odolnosti elektrárne v prípade Straty konečného recipienta tepla kombinovanej s SBO (t.j. strata napájania zo siete a strata havarijných zdrojov striedavého napájania)

Pozri odst. 5.2.1.1

ZÁVERY

Analýza odozvy bloku na stratu schopnosti odvodu tepla a stratu podporných funkcií (elektrického napájania) potvrdzuje tepelnú zotrvačnosť základného technologického okruhu reaktorov VVER, poskytujúcu veľké časové rezervy na obnovovacie činnosti a absenciu náhlej degradácie schopnosti udržiavať základné bezpečnostné funkcie počas prvých 24 hod vo všetkých uvažovaných podmienkach vyplývajúcich z externých udalostí.

Zásoby všetkých médií, vrátane zásoby chladiacej vody pre odvod zvyškového výkonu súčasne na dvoch blokoch postačujú na viac ako 3 dni bez potreby dopĺňovania z externých zdrojov.

6. RIADENIE ŤAŽKÝCH HAVÁRIÍ

6.1. ORGANIZÁCIA A PRAVIDLÁ PRE RIADENIE HAVÁRIÍ ZAVEDENÉ U PREVÁDZKOVATEĽA

6.1.1. Organizácia havarijnej odozvy u prevádzkovateľa

Havarijné plánovanie a pripravenosť na havarijnú odozvu (HPP) patrí medzi základné atribúty jadrovej elektrárne EBO3,4. Proces havarijného plánovania a pripravenosti na havarijnú odozvu komplexne zabezpečujú a riadia odborné útvary závodu EBO3,4 na základe procesnej dokumentácie v rámci integrovaného systému manažérstva ISM. V ISM sú jasne definované požiadavky a zodpovednosti za jednotlivé časti havarijného plánovania a odozvy.

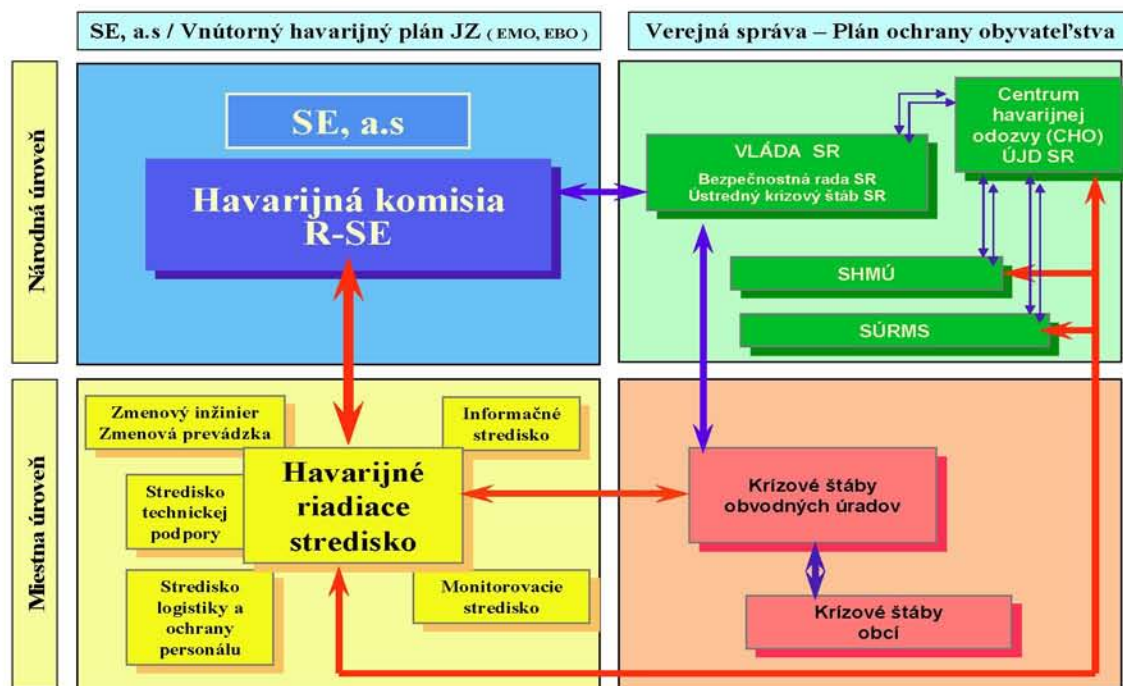
Systém HPP je implementovaný v súlade s medzinárodnými požiadavkami a metodikami MAAE. V systéme sú zapracované všetky legislatívne požiadavky SR.

Cieľom HPP na JZ je zabezpečiť technickú, personálnu a dokumentačnú pripravenosť zamestnancov JZ a externých organizácií, podieľajúcich sa na prácach pre JZ, na úspešné zdolávanie mimoriadnych udalostí.

Strategické ciele sú transformované na úrovni závodov do stanovených dlhodobých a krátkodobých cieľov a úloh v oblasti HPP v súlade s politikami a stratégiou bezpečnosti SE a.s..

Navrhovaná stratégia havarijnej pripravenosti EBO3,4 vychádza z vývoja akejkoľvek udalosti na území EBO3,4, v závislosti na jej významnosti. Havarijná odozva je organizovaná v dvoch základných fázach. V prvej fáze udalosti sú prijímané opatrenia na riešenie havárie na blokovej dozorni postihnutého bloku so zásahmi štandardného zmenového personálu. V druhej fáze havarijnej odozvy preberá riadenie havárie Havarijná komisia, ktorá sa schádza do 60 minút mimo pracovnej doby a do 30 minút v pracovnej dobe po vydaní aktivačného signálu, v Havarijnom riadiacom stredisku a v ostatných podporných strediskách.

Organizácia havarijnej odozvy EBO3,4 je súčasťou národnej organizácie havarijnej odozvy. Garantom zabezpečenia havarijnej pripravenosti na národnej úrovni je vláda SR.

Národná organizácia havarijnej odozvy

Obr. 6.1.1- 1.: Národná organizácia havarijnej odozvy SR

Jadrový zdroj (JZ) EBO3,4 zahŕňa 2 reaktorové bloky a nachádza sa v lokalite Atómových elektrární Bohunice, v blízkosti obce Jaslovské Bohunice, vzdušnou čiarou cca 12 km od mesta Trnava a cca 14 km od mesta Piešťany. V oblasti ohrozenia EBO3,4 s polomerom 21 km žije cca 284 509 obyvateľov.

V oblasti ohrozenia sú spracované Plány ochrany obyvateľstva. Tieto Plány nadväzujú na Vnútorný havarijný plán SE- EBO. Okolie jadrového zdroja (JZ) EBO3,4 je pre potreby havarijnej odozvy rozdelené na tieto oblasti

- bližšie ohrozené územie v celom okruhu 5 km a 5 sektorov v okruhu 10 km od JZ (určené na základe prevládajúceho smeru vetra)
- ohrozené územie - 5 určených sektorov v okruhu 10 km a 21 km od JZ (určené na základe prevládajúceho smeru vetra)

V uvedených oblastiach sa na základe predikcie vývoja havárie stanovujú adekvátne opatrenia podľa postupov a dokumentácie organizácie havarijnej odozvy.



Mierka 1 : 50000

Obr. 6.1.1- 2.: Mapa oblasti ohrozenia EBO3,4 s vyznačenými pásmami a evakuačnými trasami

6.1.1.2. Obsadenie zmien a riadenie zmien počas normálnej prevádzky

Organizácia zmenovej prevádzky

Zmenový personál úseku prevádzky tvoria zamestnanci EBO3,4, ktorí nepretržitým striedaním v pravidelných zmenách zabezpečujú riadenie a obsluhu technologického zariadenia výrobných a rozvodných systémov. Jadrová elektráreň v lokalite EBO3,4 sa skladá z dvoch samostatných reaktorových blokov a ich prevádzku zabezpečujú zamestnanci EBO3,4 v nepretržitej zmenovej prevádzke. Minimálny počet zamestnancov na zmene a ich profesné zloženie je stanovené dozorným orgánom SR. Zmenový inžinier (ZI) zastupuje riaditeľa EBO3,4 s plnou právomocou a zodpovednosťou.

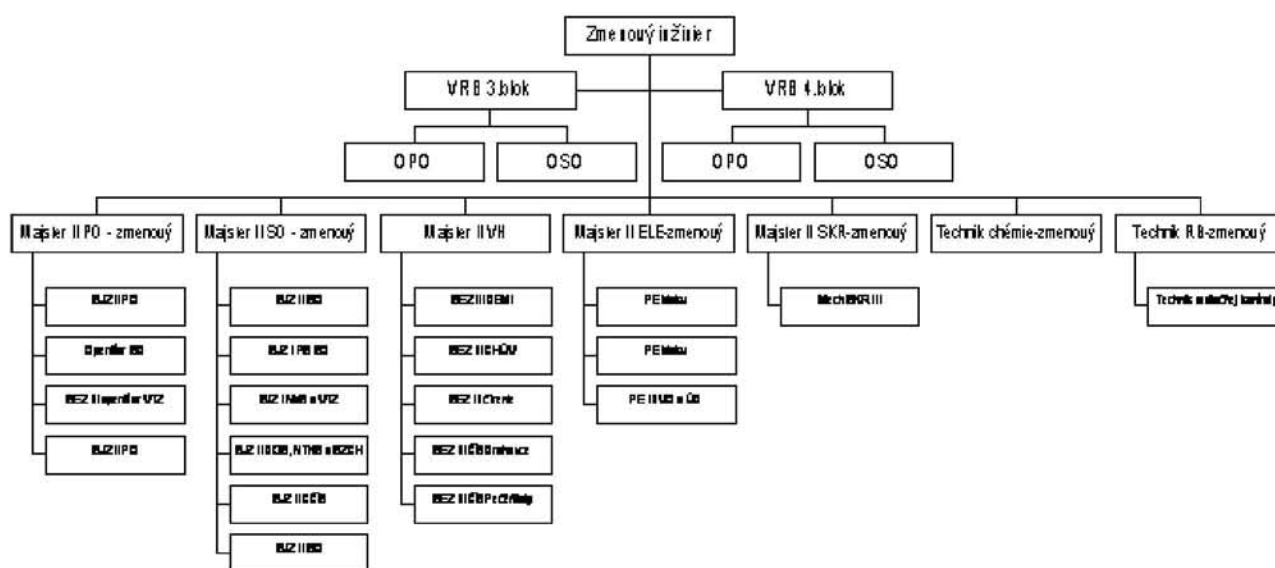
ZI priamo operatívne riadi vedúcich reaktorových blokov, zmenových majstrov PO, SO, elektro, vodného hospodárstva, SKR, technika radiačnej kontroly a technika chémie. ZI, VRB, OPO a OSO sú kategorizovaní ako vybraní zamestnanci a ich odborná spôsobilosť je periodicky preverovaná štátnou komisiou ÚJD SR.

- Zmenový personál sa riadi funkčnými povinnosťami, ktoré sú spracované v prevádzkovej dokumentácii.

- Bloková dozorňa (BD) je najdôležitejším pracoviskom v JE. Z BD sa koordinuje plnenie všetkých vykonávaných dôležitých prác a riadia sa všetky dôležité práce spojené s riadením výrobného procesu. Na BD je pripravené prechodné pracovné miesto pre ZI, ktoré je vybavené potrebnými prostriedkami pre jeho činnosť počas prevádzkových udalostí.
- Núdzová dozorňa (ND) sa stáva pracovným miestom VRB, OPO, OSO a ZI, ak na BD nie je možný trvalý pobyt, alebo nie je možné z BD ovládať reaktor a havarijné systémy. O presunutí pracovného miesta z BD na ND rozhodne ZI.

Do organizácie zmeny patria ďalšie útvary:

- Bezpečnostná služba (OaB SE) zabezpečuje fyzickú ochranu a prevádzku riadiaceho centra fyzickej ochrany (RC FO), priechodnosť únikových ciest z ohrozených objektov a priestorov, monitorovanie počtu osôb v lokalite.
- Závodný hasičský útvar EBO3,4 (ZHÚ) zabezpečuje pohotovosť jednotky ZHÚ a pripravenosť požiarnej techniky, prevádzku ohlasovne požiarov a vyhlasuje požiarne poplach pre jednotku ZHÚ EBO3,4. ZHÚ na zmene disponuje personálom v týchto funkciách: veliteľ zmeny ZHÚ (1), veliteľ družstva (2), hasič záchranár (13), hasič - operátor ohlasovne požiarov (1)



Obr. 6.1.1- 3.: Štruktúra základnej zmeny EBO3,4

6.1.1.3. Plány na posilnenie organizácie havarijnej odozvy v lokalite pre riadenie havárií

Organizácia havarijnej odozvy (OHO) EBO3,4 uvažuje široké spektrum postulovaných udalostí so zanedbateľným vplyvom na okolie až po závažné ťažké havárie. Klasifikácia udalostí do troch stupňov závažnosti je definovaná vyhláškou ÚJD SR č. 55/2006 Z.z. o podrobnostiach v havarijnom plánovaní pre prípad nehody alebo havárie:

- 1.stupeň - **POHOTOVOŠŤ** - je stav, pri ktorom je ohrozené alebo narušené plnenie bezpečnostných funkcií, sú narušené alebo nefunkčné bezpečnostné bariéry, hrozí únik alebo unikli rádioaktívne látky, čo môže viesť alebo vedie k nedovolenému ožiareniu osôb v stavebných objektoch

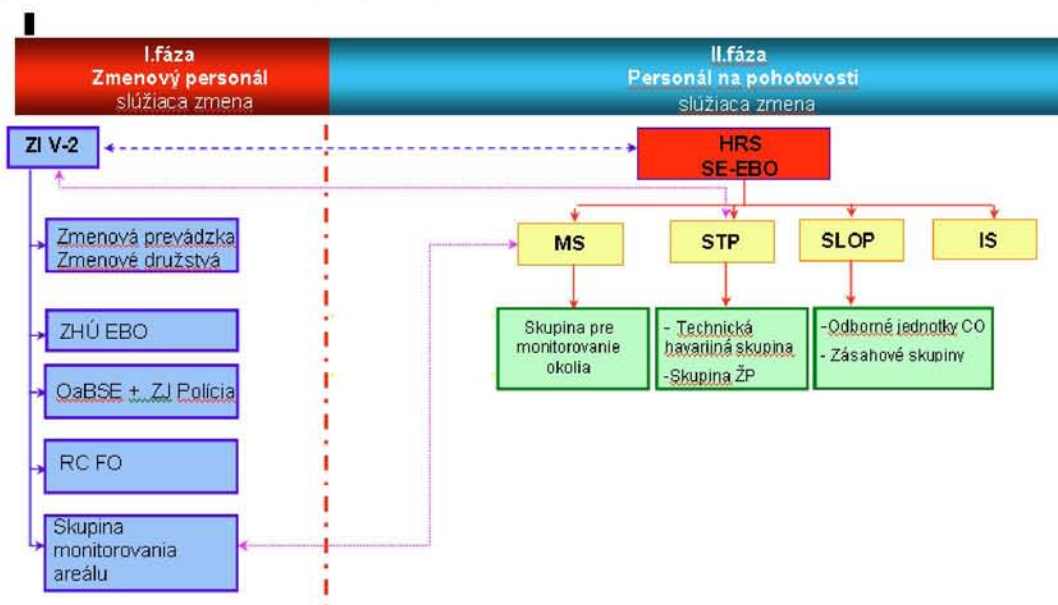
jadrového zariadenia a v prípade nepriaznivého vývoja udalosti hrozí únik rádioaktívnych látok mimo stavebných objektov jadrového zariadenia.

2.stupeň - **NÚDZOVÝ STAV NA ÚZEMÍ JADROVÉHO ZARIADENIA** - je stav, ktorý môže viesť alebo vedie k úniku rádioaktívnych látok mimo stavebných objektov JZ a na jeho územie.

3.stupeň - **NÚDZOVÝ STAV V OKOLÍ JADROVÉHO ZARIADENIA** – je stav, ktorý môže viesť alebo vedie k závažnému úniku rádioaktívnych látok do okolia JZ.

Okrem technologických a radiačných udalostí sa zvažujú aj veľké prírodné katastrofy (zemetrasenie, víchrice, búrky, blesky, záplavy, extrémny chlad) a iné vonkajšie vplyvy (rozpad vonkajšej elektrickej siete, nedostatok vody z vonkajších zdrojov, pád lietadla na dôležité objekty)

V prípade vzniku havarijnej udalosti na klasifikovanej stupňom 1., 2., alebo 3. je jej likvidácia zabezpečená Organizáciou havarijnej odozvy (OHO) SE – EBO. Vedúcim OHO EBO3,4 je riaditeľ, ktorý deleguje svoje právomoci na slúžiaceho ZI a vedúceho zmeny HK EBO3,4. Rozhodnutia HK EBO3,4 sú záväzné pre všetkých zamestnancov EBO3,4, SE, a.s. a pre osoby v lokalite. ZI je trvale zodpovedný za výkon zásahov na technologických objektoch.



Obr. 6.1.1- 4.: Havarijná odozva prebieha v dvoch fázach podľa nasledujúcej schémy:

Havarijná odozva – prvá fáza

V prípade vzniku udalosti na JZ v lokalite EBO3,4 preberá riadenie OHO EBO3,4 zmenový inžinier. Prvú fázu OHO EBO zabezpečuje zmenový personál vedený slúžiacim ZI. Činnosti v tejto fáze sú zamerané na stabilizáciu situácie na bloku a na území JZ a na iniciáciu neodkladných ochranných opatrení na území EBO3,4 a v okolí.

Na počiatku rozvoja udalosti slúžiaci ZI vykonáva najmä prvotné ohodnotenie a klasifikáciu udalosti, zabezpečuje vyhlásenie udalosti v priestoroch EBO3,4, prípadne aj v okolí, spohotovuje potrebné zložky OHO EBO3,4, najmä HK EBO3,4 a informuje pohotovostnú službu SE, a.s. Taktiež zabezpečuje prijatie neodkladných ochranných opatrení pre zamestnancov a v prípade potreby aj odporúča ochranné opatrenia v okolí, najmä varovanie, vyzovnenie príslušných orgánov a organizácií (ÚJD SR, MV SR, ÚVZ SR a krízového štábu Trnavského VUC).

Havarijná odozva 2. fáza

V druhej fáze preberá riadenie všetkých činností v lokalite Bohunice slúžiaca zmena Havarijnej komisie EBO3,4. Havarijná komisia je sústredená v havarijnom riadiacom stredisku (HRS) a podporných strediskách OHO, odkiaľ koordinuje činnosť jednotlivých zložiek havarijnej odozvy.

Hlavné úlohy HRS sú:

- riadenie a koordinácia všetkých činností podľa VHP na území JZ počas mimoriadnej udalosti
- riadenie a koordinácia všetkých zložiek OHO
- vyhlasovanie ochranných opatrení pre osoby na území JZ, v lokalite závodu JZ
- schvaľovanie havarijných dávok pre členov zásahových skupín
- poskytovanie prvej správy a doplňujúcich správ dozorným a nadriadeným orgánom s návrhom ochranných opatrení pre okolie

Členovia HK má nasledujúce členenie do pracovných skupín – stredísk:

- **STREDISKO technickej podpory (STP)** - pracovisko pre podporu personálu blokovej dozorne postihnuteho bloku. Vykonáva analýzu stavu postihnuteho bloku a určuje prognózu vývoja udalosti a v zmysle návodov SAMG riadi činnosť BD pri ťažkej havárii
- **STREDISKO LOGISTIKY A OCHRANY PERSONÁLU (SLOP)** – pracovisko pre koordináciu záchranných, lokalizačných, likvidačných a obnovovacích prác a pre prípravu a zavedenie prijatých ochranných opatrení na území JZ a v lokalite Bohunice.
- **MONITOROVACIE STREDISKO (MS)** - pracoviská (umiestnené na území JZ a aj mimo územia JZ) vykonávajúce monitorovanie a prognózu vývoja radiačnej situácie, odhad dávok v lokalite Bohunice a okolí JZ, prípravu podkladov pre určenie ochranných opatrení na území JZ a v okolí.
- **INFORMAČNÉ STREDISKO (IS)** – pracovisko pre prípravu podkladov pre informovanie verejnosti a masmédií a skupín pri SE, a.s., ÚJD SR, CO a pre orgány štátnej správy.

Členovia HK EBO vykonávajú pohotovostnú službu v týždenných intervaloch. V prípade vzniku udalosti sú na pokyn ZI členovia HK aktivovaní technickými prostriedkami systému VARVYR EBO3,4, nezávislou vyznievacou pagingovou rádiosieťou a telefonickým vyznievacím zariadením ZUZANA EBO V2 (automatická hlasová správa a SMS), so spätným potvrdením prijatej informácie.

Po vyhlásení udalosti na JZ sa slúžiaca zmena HK EBO3,4 sústreďuje v havarijnom riadiacom stredisku (HRS) alebo záložnom ZHRS v Trnave. Časový limit pre sústredenie členov HK EBO na určenom pracovisku je v pracovnej dobe 30 minút, v mimopracovnej dobe 60 minút od prijmu signálu.

6.1.1.4. Opatrenia umožňujúce optimálne zásahy personálu

Na riešenie havarijnej udalosti na jadrovom zariadení sú v EBO3,4 pre obslužný personál pripravené predpisy a postupy pomocou ktorých je JZ uvedené do bezpečného stavu.

Základné princípy a postupy OHO sú uvedené v havarijnom pláne (VHP) EBO3,4, v predpisoch pre havarijnú prevádzku (PHP), havarijných pracovných postupoch (HPP), v návodoch pre riadenie ťažkých havárií (SAMG) a v technickej dokumentácii závodu nadväzujúcej na tieto predpisy. V týchto predpisoch sú jasne stanovené zodpovednosti a kompetencie personálu JZ a členov OHO.

Na zmene sú hneď k dispozícii netechnologické zásahové skupiny – jednotky ZHÚ, FO, PZ, ktoré sú využívané pri záchranných, lokalizačných a likvidačných činnostiach hneď po vzniku iniciačnej udalosti. Ochrana zasahujúceho personálu počas havarijných stavov JZ z hľadiska ožiarenia a kontaminácie sa pokladá za jednu z najdôležitejších častí havarijnej odozvy. Po vyhlásení udalosti sa podľa závažnosti začnú uplatňovať opatrenia na ochranu zamestnancov jadrového zariadenia a ďalších osôb na území jadrového zariadenia v zmysle dokumentácie OHO. Niektoré z opatrení sa realizujú ihneď po vyhlásení udalosti 2. alebo 3. stupňa.

Krátkodobé zhromaždiská CO

Zhromaždiská CO, umiestnené v objektoch EBO3,4, slúžia pre zhromaždenie personálu v lokalite EBO. Svojim vybavením vytvárajú podmienky pre krátkodobý pobyt zamestnancov pri použití PIO. Všetky zhromaždiská CO sú vybavené základnými prostriedkami individuálnej ochrany v množstve podľa kapacity zhromaždiska, umožňujúcimi evakuáciu zo zhromaždiska do evakuačných dopravných prostriedkov. V zhromaždiskách CO sa nachádzajú spojovacie prostriedky, ručné dozimetrické prístroje na meranie povrchovej kontaminácie a príkonu dávky, zdravotný materiál a minerálne vody. Celková kapacita zhromaždisk je cca 500 osôb.

Stále úkryty CO

Využívajú sa na úkrytie zmenových zamestnancov a zasahujúceho personálu. Zároveň slúžia pre výdaj prostriedkov individuálnej ochrany a špecializovaného výstroja pre zasahujúce jednotky na území JZ. Stále úkryty CO spĺňajú podmienky pre dlhodobý pobyt zasahujúceho personálu, v súlade s Vyhláškou MV SR č. 532/2006, o podrobnostiach na zabezpečenie stavebnotechnických požiadaviek a technických podmienok zariadení CO. Kapacita úkrytov je max. 2x300 osôb.

V úkrytoch CO sa nachádza filtračno-ventilačné zariadenie. Ďalej sú vybavené vodným hospodárstvom so samostatnými zásobnými nádržami na úžitkovú/pitnú vodu, systémom núdzového osvetlenia, dekontaminačným uzlom, spojovacími prostriedkami a ručné dozimetrické prístroje na meranie povrchovej kontaminácie a príkonu dávky. Pre ukryvaný personál je pripravený zdravotný materiál, minerálne vody v PET-fľašiach a PIO.

Ochrana zasahujúceho personálu v rámci OHO

Strediská OHO v areáli EBO3,4

Na zabezpečenie činnosti OHO EBO3,4 sú na lokalite zariadenia pre havarijnú odozvu s dostupným prístrojovým vybavením pre rýchlu detekciu a priebežným vyhodnocovaním očakávaných udalostí a dostatočným logistickým zabezpečením.

Blokové dozorne

Sú primárnym strediskom pre riadenie havarijnej odozvy. [REDAKOVANÉ] Majú dostatočné tienenie, vzduchotesnosť a ventiláciu, ktoré zabezpečujú pobyt po dobu požadovanú na ovládanie zariadení v priebehu havárií, bez toho, aby bol personál vystavený vyšším expozičným dávkam ako je prípustné. Pre prípad evakuácie z BD sú k dispozícii ND, núdzové blokované dozorne, odkiaľ je možné zabezpečovať základné bezpečnostné funkcie JE. BD a ND tvoria samostatné požiarne úseky a proti vniknutiu nežiadúcich škodlivín sú chránené vnútorným pretlakom. Na BD a ND sú

nainštalované filtračno-ventilačné zariadenia, s filtrami určenými na zachyt Ra-látok. Blokové dozorne sú vybavené komunikačnými prostriedkami (telefón, rádiostanice, rozhlas), zásobou vody a PIO.

Havarijné riadiace stredisko HRS EBO3,4

V areáli EBO3,4 je zriadené pracovisko HK EBO3,4 – Havarijné riadiace stredisko a ostatné podporné strediská [REDAKOVANÉ]. Stavba má charakter odolného a plynotesného úkrytu a spĺňa kritériá Vyhlášky MV SR č. 532/2006 o podrobnostiach na zabezpečenie stavebno-technických požiadaviek a technických podmienok zariadení CO. Budova je vybudovaná na maximálne výpočtové zemetrasenie pre JE V2, 8o MSK, chránená proti prieniku Ra-látok v prípade ťažkej havárie na JZ a hermeticky chránená proti prieniku nebezpečných látok, s minimálnou ochranou proti tlakovým rázom 3000 Pa.

BD a ND neumožňujú dlhodobý pobyt personálu v prípade závažnej ťažkej havárie. Z toho dôvodu je v budove HRS EBO3,4, vybudovanej v rámci projektu implementácie SAM, pracovisko pre operatívny personál oboch blokov BD3, BD4, ktoré poskytuje podmienky pre dlhodobý pobyt.

HRS je komunikačne prepojené najmä s pracoviskom ZI, BD3,4, DRK, LRKO, ZHRS, ÚJD SR, štátnou a regionálnou správou a R-SE, je vybavené technologickým informačným systémom z oboch reaktorových blokov, TDS, on-line prenosom technologických a radiačných dát na ÚJD SR, aplikáciou ESTE EBO na určovanie zdrojových členov (ZČ), klasifikácie udalostí, stanovenie prognózy a ohodnotenie následkov havárie. Telekomunikačnú technológiu tvoria telefónne linky s prístupom do verejnej telefónnej siete, vyžarovače pre použitie mobilných telefónov, faxy, rozhlas a rádiokomunikačná sieť EBO3,4. Členovia HK EBO3,4 majú k dispozícii najmä prevádzkovú dokumentáciu pre riešenie udalosti na JZ, havarijné predpisy, predpisy pre havarijne postupy a v nadväzujúcu prevádzkovú dokumentáciu závodu.

Súčasťou HRS EBO3,4 je pracovisko pre OTP BD a slúžiaceho ZI, použiteľné v prípade vzniku ťažkej havárie. Toto pracovisko bude dobudované v rámci projektu SAM.

HRS EBO3,4 vytvára podmienky pre dlhodobú činnosť HK EBO3,4, najmenej na 5 dní. Pracovisko je využiteľné aj v prípade extrémnych prírodných podmienok, za predpokladu prejazdnosti vonkajších cestných komunikácií, prípadne náhradnou dopravou mimo komunikácií (obrným transportérom).

Záložné HRS

Slúži ako náhradné (záložné) pracovisko havarijnej komisie miesto HRS EBO3,4, v prípade nepriaznivej radiačnej situácie, požiaru alebo pri nepriaznivej poveternostnej situácii v lokalite Bohunice. Je umiestnené v objekte LRKO Trnava a umožňuje krátkodobý pobyt členov havarijnej komisie. V záložnom HRS sú k dispozícii on-line informácie z Technologického informačného systému oboch blokov EBO3,4 a z Teledozimetrického systému, aplikácia ESTE EBO na určovanie zdrojového člena, klasifikáciu udalostí, stanovenie prognózy a ohodnotenie následkov havárie.

Ďalej sú k dispozícii spojovacie prostriedky (telefón, fax, rádiostanice) a technická dokumentácia. Budova je zabezpečená autonómnym elektrickým napájaním. Pre monitorovanie Ra-situácie sú použité prenosné dozimetrické prístroje na meranie dávkového príkonu a povrchovej kontaminácie, avšak bez filtračno-ventilačného zariadenia. Budova vzhľadom na vzdialenosť od lokality Bohunice nie je chránená proti prieniku Ra a nebezpečných látok a nie je seizmicky z odolná.

Monitorovacie stredisko – vonkajšie vyhodnocovacie stredisko

Je umiestnené v objekte LRKO Trnava. Slúži na monitorovanie, vyhodnocovanie a určenie prognózy radiačnej situácie v lokalite Bohunice a v okolí. Je vybavená prístupom do TDS, aplikáciou ESTE EBO na určovanie ZČ, stanovenie prognózy a ohodnotenie následkov havárie a aplikáciu GISMON a záložná aplikácia RMMS, na monitorovanie pohybu monitorovacích vozidiel. V LRKO sú spojovacie prostriedky (telefón, fax, rádiostanice) a dokumentácia pre riešenie udalosti na JZ, pre zasahujúci personál, minerálna voda a PIO. Pre prípad výpadku elektrického napájania je v budove samostatné napájanie II. kategórie - diesel generátor, oddelené od vonkajšej elektrickej siete. Budova LRKO plní len základné funkcie pre krátkodobý pobyt osôb. Budova je bez filtračno-ventilačného zariadenia, t.j. nie je chránená proti prieniku Ra a nebezpečných látok, nie je seizmicky z odolnená a je bez zásoby vody určenej na dekontamináciu pre zasahujúci personál, tj. budova nespĺňa podmienky pre dlhodobý pobyt v prípade havárie, či extrémnych poveternostných podmienok.

Prostriedky individuálnej ochrany

Prostriedky individuálnej ochrany (PIO) sú prostriedky pre dosiahnuteľnú ochranu dýchacích ciest, očí a povrchu tela pred účinkami ionizujúceho žiarenia, určené pre všetky osoby na území EBO3,4.

Pracoviská nepretržitej prevádzky - prevádzka JZ, RC FO, ZHÚ, stanovišťa OaB SE a jednotky PZ, úkryty a zhromaždiská CO sú vybavené ochrannými maskami s filtrami na zachyt nebezpečných a Ra-látok, osobnými ochrannými balíčkami jednotlivca, jódomými tabletkami (KJ) a osobnými dozimetrami. Pre zamestnancov zmenovej prevádzky a členov zásahových jednotiek OHO EBO3,4, ktorí sa svojou činnosťou v kontaminovanom priestore podieľajú na likvidácii havarijnej udalosti sú určené špeciálne prostriedky, t.j. špeciálny ochranný oblek a dýchací komplet. Pre prácu v KP má zasahujúci personál zabezpečené v prípade potreby dýchacie prístroje. Použitie špeciálnych PIO umožňuje personálu a službukonajúcim osobám pobyt v kontaminovanom prostredí na vykonanie potrebných činností, resp. na nevyhnutný zásah do technológie a záchrannárske práce.

Voda potrebná na funkcie hygienickej slučky

Zásoba vody, potrebnej na funkciu hygienickej slučky, na dekontamináciu sa v EBO3,4 nachádza najmä v úkrytoch – vodné hospodárstvo, s celkovým objemom 30 000 litrov. Nádrže sú trvalo naplnené vodou, okamžite pripravené k použitiu. Kvalita vody je pravidelne kontrolovaná.

Pre dekontamináciu je v HRS EBO3,4 nainštalovaná zásobná nádrž úžitkovej vody v objeme 11 000 litrov. Nádrž je trvalo napustená vodou a kvalita vody je pravidelne kontrolovaná. Zásoba vody na dekontamináciu v množstve 2000 l/1 deň pre jednotku ochrannej stavby je v súlade s legislatívou a je dostatočná a je nezávislá od verejného rozvodu úžitkovej vody v EBO

Ako zásobu úžitkovej vody je možné využiť prostriedky ZHÚ (cisterny ZHÚ v počte 4 ks, s celkovým objemom 22 900 litrov), zásoby chladiacej vody, TVD a čirej vody.

Pitná voda a potraviny pre zasahujúci personál

V EBO3,4 je okamžite pripravená k užitiu zásoba vody v úkrytoch a zhromaždiskách CO, v prevádzkových priestoroch, v LRKO a na vrátniciach v objeme cca 645 litrov. Ďalšia zásoba je v závodných bufetoch a jedálňach v objeme cca 900 litrov. V HRS EBO3,4 je pripravená pitná voda vo fľašiach v objeme 90 litrov. Po dokončení uzla pitnej vody v HRS EBO3,4 a uvažovaní potreby pitnej vody v súlade s legislatívou, 3 l na osobu na deň, bude zásoba pitnej vody na 3 dni dostačujúca.

V EBO3,4 je dodávateľsky zabezpečovaná mrazená strava pre potreby nepretržitej zmenovej prevádzky v jedálni. Súčasná zásoba mrazenej stravy je cca 500 ks. Ďalšia zásoba stravy v počte cca 50 ks je v objekte HRS EBO3,4, určená najmä pre členov HK EBO3,4 a OTP BD.

Monitorovanie radiačnej situácie v lokalite EBO a radiačná ochrana pracovníkov

Údaje o radiačnej situácii v prevádzkových priestoroch a na vybraných miestach územia JZ sú získavané pomocou systému radiačnej kontroly a detektorov TDS systému.

Na území JZ sú inštalované detektory na meranie príkonu dávky na prevádzkových budovách (6 miest). Meranie v iných miestach sa vykonáva pomocou prenosných prístrojov.

V zhromaždiskách CO, krytoch CO, ZHRS, BD3,4, DRK, ZI, RC FO a na vrátnici EBO je dávkový príkon monitorovaný kontinuálne. Pracovníci, prichádzajúci do EBO3,4 za účelom zásahu alebo vystriedania zmeny, obdržia svoje PIO na hlavnej vrátnici EBO. Takto sú vybavené aj externé jednotky hasičov, zdravotnej služby, polície, vodiči evakuačných vozidiel a iní. ZHÚ v EBO disponuje svojím nezávislým dozimetrickým vybavením na monitorovanie obdržaných dávok.

V prípade radiačnej nehody alebo havárie nie je možné vylúčiť, že zamestnanci vykonávajúci záchranné a lokalizačné práce (členovia zásahových skupín) budú exponovaní žiarením nad limity bežnej prevádzky. Limity ožiarovania pre tieto činnosti sú stanovené v súlade s právnymi normami SR.

Procedurálna podpora AM, podpora pri rozhodovaní BD a skupín OHO

Implementácia Symptómovo orientovaných EOP

Projekt pre riadenie projektových a nadprojektových havárií je dlhodobý riadený proces prebiehajúci v etapách od roku 1995. Symptómovo orientované predpisy pre projektové a nadprojektové havarijné podmienky boli na EBO3,4 plne implementované v r. 1999 (pre udalosti iniciované počas výkonovej prevádzky) resp. v r. 2006 (pre udalosti iniciované pri odstavnom reaktore resp. v BSVP).

Vývoj a implementácia symptómovo orientovaných SAMG – projekt SAM

Následnou etapou bolo rozšírenie AM na oblasť zmierňovania následkov ťažkých havárií. Prvým krokom bol komplexný analytický projekt PHARE 4.2.7a Beyond Design Basis Accident Analysis and Accident Management, realizovaný v r. 1996-1998. Hlavnými cieľmi projektu bola analýza odozvy JE typu VVER440/213, identifikácia mechanizmov zlyhania kontajnementu v podmienkach ťažkej havárie a preverenie účinnosti základných stratégií identifikovaných pre západné kontajnementy pre kontajnementy V213. Na tento projekt nadväzovali dva ďalšie projekty PHARE 2.06 Analysis of the Need and of Alternatives for Filtered Venting of Containments a PHARE 2.07 Hydrogen Control During Severe Accidents, ktoré boli ukončené v r. 1999. Tieto tri projekty, ktorých dodávateľom bola firma Westinghouse a výskumné ústavy zo SR, ČR a Maďarskej republiky, sú komplexnou citlivostnou štúdiou zraniteľnosti blokov V213 v podmienkach ťažkej havárie a prípravná štúdia pre budovanie AM pri ťažkých haváriách iniciovaných internými udalosťami.

Na základe uvedených projektov bola v r. 2000 vypracovaná pravdepodobnostná štúdia PSA L2 JE V-2, ktorá bola jedným z východiskových podkladov pre vývoj špecifických návodov pre riadenie ťažkých havárií (SAMG).

Vývoj SAMG pre bloky typu V213 EBO3,4 (JE V-2) a SE-EMO1,2 sa realizoval v r. 2002 – 2004 v spolupráci s firmou Westinghouse, v spoločnom projekte JE V-2 a EMO1,2. Na rozdiel od podobných

projektov u západných JE bolo vedením SE rozhodnuté, že všetky identifikované mechanizmy zraniteľnosti kontajnementu V213 počas ťažkej havárie budú zmiernené prípadne preventívne eliminované vhodnou modifikáciou resp. rozšírením základného projektu V213. Priebežne boli vypracovávané návrhy takýchto kľúčových modifikácií a boli realizované viaceré analytické projekty zamerané na overovanie ich realizovateľnosti a účinnosti vyvinutých stratégií v SAMG.

Projekt implementácie modifikácií na podporu riadenia ťažkých havárií na základe SAMG bol navrhnutý v súlade so všetkými požiadavkami a odporúčaniami v slovenskej legislatíve v rokoch 2006 -2008. Tieto sa premietli do Integrálneho plánu nápravných opatrení z periodického hodnotenia bezpečnosti JE V-2 (ukončeného v r. 2007), schváleného v Rozhodnutí 275/2008, ktorým ÚJD SR vydal povolenie na prevádzku na obdobie 10 rokov. Projekt implementácia SAM bol iniciovaný v r. 2009 ako spoločný projekt EBO3,4 a EMO1,2 s termínom ukončenia 2013 v EBO a 2015 v EMO1,2.

V počiatočnej etape Projektu implementácie SAM bol vypracovaný bezpečnostný koncept, ktorý definuje celkové bezpečnostné ciele, rozsah projektu, projektové základy (Design Basis) pre novo inštalované a modifikované zariadenia a projekčné zásady, ktoré majú byť systematicky v projekte dodržiavané. Bezpečnostný koncept bol posúdený ÚJD SR.

Modifikácie a úpravy v rámci projektu sa realizujú počas odstavok blokov, pri dodržiavaní všetkých pravidiel manažmentu kvality. Je ich možné funkčne zaradiť do nasledujúcich skupín:

- Modifikácie súvisiace so schopnosťou riadene odtlakovať PO
- Modifikácie potrebné pre zaplavovanie šachty reaktora a externé chladenie TNR
- Modifikácie súvisiace s riadením koncentrácie vodíka v kontajnmente
- Inštalácia a z odolňovanie SKR umožňujúceho manažment ťažkej havárie
- Modifikácie umožňujúceho prevenciu nadmerného podkladu v kontajnmente
- Modifikácie umožňujúce doplňovať chladivo z externého zdroja do reaktora a do bazénu skladovania vyhoreného paliva a spoľahlivé, časovo obmedzené sprchovanie kontajnementu z externého zdroja
- Modifikácie umožňujúce doplňovať chladivo do šachty reaktora, bazénu skladovania vyhoreného paliva a do nádrží externého zdroja pomocou mobilného zdroja cez pripojenie na vonkajšom plášti HVB a BPP
- Inštalácia nezávislého 6 kV DG a príslušného elektrického vybavenia umožňujúceho napájanie spotrebičov SAM a vybraných kritických spotrebičov bloku v podmienkach ťažkej havárie sprevádzanej úplnou stratou napájania vlastnej spotreby

Súčasťou projektu je vypracovanie dokumentácie patriacej do licenčnej základne (komplexné deterministické a pravdepodobnostné preukázanie prínosu projektu), aktualizácia SAMG podľa skutočného stavu projektu po inštalácii modifikácií a nových zariadení, výcvik personálu BD a špecializovaných tímov OHO a validácia SAMG.

Dlhodobý odvod tepla z kontajnementu po ťažkej havárii je riešený obnovovaním prevádzkyschopnosti projektových zariadení bloku (sprchový systém kontajnementu). Bola vypracovaná štúdia využiteľnosti alternatívnych systémov a štúdia realizovateľnosti obnovovania odvodu tepla z kontajnementu.

Vzhľadom na to, že projekt implementácie SAM je zameraný na posilnenie 4. úrovne ochrany do hĺbky, boli v rámci prípravy projektu nadefinované jednotné požiadavky na projekčné zásady, ktoré je potrebné pri vývoji konkrétnych HW riešení jednotne a konzistentne aplikovať. Tieto princípy sú v súlade s odporúčeniami a pravidlami platnými v súčasnosti. Princípy sú súčasťou bezpečnostného konceptu, ktorý bol schválený UJD SR.

V súlade s platnými prístupmi k riadeniu ťažkých havárií v čase iniciácie projektu SAM, projekt vychádza z predpokladu vzniku ťažkej havárie iba na jednom z dvojice blokov. Modifikácie SAM majú aktívne prvky priradené konkrétnemu bloku, pasívne prvky (nádrže, potrubia, ...) a spotrebné hmoty (chladivo, palivo, ...) môžu byť využívané pre oba bloky.

Dlhodobé aspekty ťažkých havárií majú byť zvládané pomocou existujúcich systémov, ak sa dá realisticky posúdiť, že tieto systémy je možné opraviť alebo obnoviť ich činnosť operátorom počas havárie tak, že budú schopné splniť požadovanú bezpečnostnú funkciu. Možno na to využiť zariadenia určené pre normálnu prevádzku, abnormálnu prevádzku, bezpečnostné systémy určené pre riadenie projektových havárií alebo systémy určené na riadenie ťažkých nadprojektových havárií. Možno využívať zariadenia spoločné pre dva bloky alebo prepojenia medzi nimi. Časový interval na to sa môže stanoviť v rozmedzí od 12 hodín do 72 hodín.

6.1.1.5. Využívanie externej technickej podpory

Pre zabezpečenie odbornej technickej a personálnej pomoci pri haváriách na JZ EBO3,4 sú uzatvorené dohody o spolupráci s externými organizáciami. Spôsob a rozsah spolupráce externých orgánov a organizácií zahrnutých do havarijného plánovania EBO3,4 je určený platnou legislatívou (ÚJD SR, MV SR, ÚVZ SR, OCO a KR ObÚ v pásme ohrozenia EBO3,4 a OÚ).

Pre zabezpečenie odbornej technickej a personálnej pomoci pri haváriách na JZ je uzatvorená dohoda o spolupráci s VÚJE, a.s. a ÚJD SR. Spoločnosť JAVYS, a.s., poskytuje na základe dohody odbornú technickú a personálnu pomoc, služby pre monitorovanie areálu EBO3,4 rýchlymi monitorovacími skupinami, služby ZZS EBO a dekontaminačného uzla pri haváriách na JZ EBO.

V prípade, kde spoluprácu neurčuje žiadna legislatíva, sú uzatvorené súčinnostné dohody o spolupráci s externými organizáciami, na základe ktorých je zabezpečované doplnkové rádiologické monitorovanie okolia lokality JE, zdravotnícke zabezpečenie, požiarne služby apod. S OR HaZZ Trnava je podpísaná Dohoda o vzájomnej spolupráci pri zdoľávaní požiarov, odstraňovaní následkov havárií, živelných pohrôm a iných mimoriadnych udalostí.

Orgány a organizácie sú vybavené vlastným zariadením a majú pre tento účel vyškolených a vycvičených zamestnancov.

R-SE zabezpečuje zmluvné vzťahy s klinikami, stanovenými MZ SR pre trvalú pripravenosť určených kliník na poskytovanie špecializovaných zdravotníckych služieb pre prípad mimoriadnych udalostí v SE, a.s. alebo pri transporte ra–materiálov. R-SE taktiež zabezpečuje zmluvné vzťahy s MV SR (Dohoda o vzájomnej spolupráci pri zabezpečovaní informačného systému civilnej ochrany a poskytovaní pomoci organizačnými jednotkami Hasičského a záchranného zboru) pre poskytovanie pomoci zložkami HaZZ závozom SE, a.s. (SE EBO) pri vykonávaní činností potrebných na zdoľávanie a odstraňovanie následkov požiarov a jadrovej havárie, pri obnove postihnutého územia, vrátane výpomoci v areáli týchto závodov.

6.1.1.6. Predpisy, výcvik a cvičenia

Predpisy a návody, havarijné pracovné postupy v rámci OHO a iná potrebná dokumentácia je k dispozícii na miestach, kde je sústredený odborný personál zasahujúcej zmeny. Personál je pravidelne školený a trénovaný na používanie predpisov a havarijných postupov.

Predpisy a havarijné postupy sú zrozumiteľné a jasné a štruktúra postupov je optimálna z užívateľského hľadiska. Zodpovednosti a spôsob používania sú v príslušných dokumentoch jasne definované.

Hlavnými havarijnými predpismi, ktoré sa zaoberajú poruchami, nehodami a núdzovými stavmi bloku sú:

- predpisy pre likvidáciu poruchových stavov - LPS,
- predpisy pre havarijnú prevádzku - PHP,
- predpisy pre riadenie ťažkých havárií - SAMG,
- požiarne predpisy
- havarijné postupy - HPP.

LPS a PHP predpisy používajú operátori na blokovej dozorni a vykonávajú podľa nich predpísané činnosti v prípade výskytu porúch komponentov a systémov JE a v prípade výskytu havarijných udalostí alebo externých ohrození.

Predpisy zodpovedajú vlastnostiam jadrového bloku a postupy riešenia havárie v nich uvedené zabráni poškodeniu aktívnej zóny reaktora. Operatívny personál BD postupuje pri riešení havarijnej udalosti presne podľa platných PHP predpisov.

Ak v priebehu riešenia havarijnej udalosti je zvolaná HK EBO a aktivované Stredisko technickej podpory (STP), ich členovia hodnotia a sledujú vývoj havárie, kritické bezpečnostné funkcie bloku a poskytujú konzultácie o postupe riešenia. STP je pre tieto účely vybavené okrem predpisov PHP aj špeciálnym dokumentom – Manuál STP.

V prípade prechodu havárie do ťažkej havárie, činnosti podľa PHP predpisov nie sú už efektívne, preto sa prechádza z predpisov pre havarijnú prevádzku PHP do predpisov pre riadenie ťažkých havárií SAMG. Rozhodnutie o prechode z PHP do SAMG je vykonané na základe stanovených kritérií. Celkovým cieľom SAMG je zabrániť alebo minimalizovať únik Ra látok do okolia a zachovať integritu bariér.

Jadrová elektrárň má spracovaný plán prípravy personálu, ktorý zaistí, že všetci pracovníci EBO3,4 a SE, a.s. sú primerane pripravení na zavádzanie ochranných opatrení a odozvy na vznik udalosti. Pre členov organizácie havarijnej odozvy je zabezpečený osobitná odborná príprava, cvičenia a výcvik. Príprava ostatného personálu EBO3,4, SE a.s. a personálu iných subjektov v lokalite Bohunice, zahŕňa školenie z príslušných častí havarijného plánu.

Nástupná inštrukcia o havarijnom pláne je súčasťou prijímacieho konania všetkých nastupujúcich zamestnancov. V nasledujúcom období je personál zaradený do programu základného periodického školenia kde je podrobne oboznámený s organizáciou OHO. Súčasťou je oboznámenie so základmi ochrany pred účinkami ionizujúceho žiarenia.

Školenie členov OHO

Úvodnou etapou havarijnej prípravy je teoretická príprava – školenie. Všeobecnú teoretickú prípravu absolvujú všetky osoby na území JZ, formou vstupného, nástupného a periodického školenia. Okrem toho zamestnanci, zaradení do OHO sú pripravovaní na odborné činnosti, vyplývajúce z tohto zaradenia. Po absolvovaní teoretickej prípravy je realizovaná praktická príprava vo forme nácvikov a cvičení.

Za účelom udržiavania zručnosti pri práci a osvojovania zmien v SW a HW vybavení v havarijných a podporných strediskách je do harmonogramu nácvikov a cvičení 2x ročne zaradený aj nácvik, resp. cvičenie pohotovostných zmien OHO v HRS, STP, SLOP, MS, IS, ktorý môže byť spojený so scenárom havarijných cvičení alebo v rámci kontroly pripravenosti a používania technických prostriedkov. Nácviky sa vykonávajú v oblastiach ako je spojenie, likvidácia požiarov, monitorovanie radiačnej situácie, evakuácia z ohrozených priestorov. Zásahové družstvo zmeny absolvuje nácvik z činností zameraných na zdravotnícku pomoc, na pomoc ZHÚ a spohotovosť úkrytu CO. Zásahové skupiny ako ZHÚ, OaB SE a PZ majú špecifické programy prípravy, vyplývajúce z ich odbornej činnosti. Súčasne sú precvičovaní ako zložky OHO. Hasiči a prevádzkový personál vykonáva cvičenia napr. aj na havarijné dopĺňovanie PG, resp. pri simulovanej strate surovej vody – dovoz vody mobilnými prostriedkami v rámci odbornej prípravy

Operatívny personál BD (ZI, VRB, OPO,OSO) je pravidelne školený a preverovaný v súlade s licenciou prevádzkovateľa. Na ich prípravu sa využíva plnorozsahový simulátor v školiacom stredisku v Trnave.

Nácviky a cvičenia zložiek OHO a HK (absolvujú všetky zmeny) sa vykonávajú min 2-krát za rok. Na simulátore sa vykonáva praktický výcvik spolu s OTP BD podľa ročného HMG.

Celoareálové cvičenie z VHP so zapojením útvarov OHO a ostatných osôb pôsobiacich na území JZ a lokalite EBO pre preukázanie havarijnej pripravenosti v súlade s HP a uplatnením prijatých pravidiel vykonania cvičenia sa vykonáva 1x za rok.

Súčinnostné cvičenie so zapojením externých orgánov a organizácií, napr. pre preukázanie nadväznosti HP, BTS a POO, HDP, zásah externých hasičských jednotiek, pri preprave jadrového materiálu, a pod. sa vykonáva 1x za 3 roky.

6.1.2. Možnosti využívať existujúce zariadenie

6.1.2.1. Opatrenia umožňujúce používať mobilné zariadenia (disponovanie s takýmito zariadeniami, čas potrebný na ich inštaláciu a na ich uvedenie do prevádzky)

V JE EBO sú k dispozícii rôzne mobilné zariadenia nasledujúcich typov :

- Ponorné čerpadlá (v správe požiarneho útvaru a skupiny podpory prevádzky)
- Prenosné generátory (v správe požiarneho útvaru)
- Mobilné DG (pre SBO) sú v procese obstarávania
- Mobilné požiarne čerpadlá (v správe požiarneho útvaru) a v procese obstarávania
- Mobilný (prenosný) transformátor 6 kV/0,4 kV (v správe elektro)
- Prenosný usmerňovač (v správe elektro)

Tieto zariadenia sú spravované jednotlivými útvarmi. V rámci projektu implementácie SAM v jeho záverečnej etape pri validácii postupov SAMG bude identifikovaná potreba a možnosť využívania týchto

mobilných zariadení a bude zavedený program ich testovania a udržiavania v stave zodpovedajúcom validácii postupov.

6.1.2.2. Opatrenia a riadenie zásob médií (palivo pre DG a pod.)

Zásoba pracovných médií pre DG ako núdzových zdrojov elektrického napájania.

V lokalite EBO3,4 sa nachádzajú dva nezávislé reaktorové bloky. Každý jadrový blok má nainštalované 3 nezávislé núdzové zdroje elektrickej energie – diesel generátory (DG).

Každý DG ako nezávislý núdzový zdroj el. energie je vybavený vlastnou nádržou 6 m³ paliva a dvoma externými nádržami so zásobou paliva 100 m³. Zásoba paliva postačuje v závislosti na reálnej výkonovej záťaži na 9 až 10 dní.

Pre každý DG je k dispozícii palivo minimálne na 9-10 dní prevádzky na výkone.

Na odvod tepla je potrebná prevádzka jedného DG na blok.

Zásoba ostatných materiálov pre riešenie havárií v rámci OHO EBO3,4

Zásoba kyseliny boritej v granulovanej forme mimo technologických okruhov je 1000kg

Zásoba antidot na určených miestach v lokalite EBO3,4 je cca 8000 balení KJ.

6.1.2.3. Riadenie rádioaktívnych výpustí, opatrenia na ich obmedzenie

Základným projektovým prostriedkom pre riadenie a obmedzovanie rádioaktívnych únikov je zachovanie funkcií kontajnementu. Všetky mechanizmy počas ťažkých havárií, ktoré ohrozujú funkcie kontajnementu sú predmetom špeciálnych návodov v rámci SAMG alebo sú aspoň jedným z vedľajších cieľov stratégií riešiacich iné aspekty. Využívanie novo inštalovaných systémov a modifikácií pre splnenie uvedených cieľov:

Integrita rozhrania kontajnementu	rušič vákua sprchovanie z externého núdzového zdroja PAR In-vessel retention a prevencia HPME Odtlakovanie PO
HPME	Odtlakovanie PO Mobilné čerpadlá cez SHN
Zníženie aktivity v kontajnemente	Sprchovanie z núdzového zdroja
Dlhodobý management tlaku v kontajnemente	Sprchovanie z núdzového zdroja PAR
Izolovanie trás cez stenu kontajnementu	Pôvodné projektové riešenia, zlepšenie monitorovania parametrov radiačnej situácie

Ako je podrobne rozobrané v kapitole 6.2, v rámci projektu implementácie SAM je inštalovaná sada modifikácií projektu resp. doplnenie nových systémov, ktoré zvyšujú spoľahlivosť vykonateľnosti stratégií v SAMG vo všetkých týchto oblastiach. Všeobecné popisy sú uvedené v príslušných častiach kapitoly.

Obmedzovanie radiačných únikov z JE podporuje implementácia systému ESTE, ktorý okrem predikcie zdrojových členov pre účely havarijného plánovania a ich aktualizácie na základe monitorovania reálnych radiačných údajov v lokalite v okolí JE umožňuje predikciu radiačnej situácie a umožňuje optimalizáciu dlhodobých zásahov zameraných na jej zlepšenie.

Z funkčného hľadiska je radiačná kontrola rozdelená na:

- a) radiačná kontrola pracovného prostredia
 - Meranie dávkového príkonu žiarenia gama v prevádzkových priestoroch, HVB, BPP a areáli JE
 - Meranie objemovej aktivity plynov kontinuálnym odberovým systémom vzoriek vzduchu z jednotlivých miestností.
 - Meranie objemovej aktivity aerosólov v prevádzkových priestoroch kontinuálnym meraním pomocou snímačov BDAB a prenosnými prístrojmi pre kontinuálne meranie aerosólov
- b) technologická radiačná kontrola,

Technologický systém radiačnej kontroly (TSRK) predstavuje autonómnu jednotku. Pracuje kontinuálne a nezávisle na funkcii ostatných systémov JE, obsahuje 400 meracích kanálov. Okrem TSRK je monitorovanie radiačnej situácie zabezpečené samostatnými stabilnými prístrojmi radiačnej kontroly. Snímače sú umiestnené v prevádzkových priestoroch a dôležitých technologických zariadeniach a zaisťujú merania, ktoré nie sú monitorované systémom TSRK. Signálno-meracie bloky samostatných prístrojov sa nachádzajú na mieste merania, v dozorni radiačnej kontroly (DRK) alebo na BD.
- c) radiačná kontrola výpustí a okolia
- d) osobná dozimetrická kontrola.

6.1.2.4. Komunikácia a informačné systémy (interné a externé)

V EBO3,4 sa v prípade nefunkčnej mobilnej a pevnej telefónnej siete na zabezpečenie komunikácie využívajú stabilné a prenosné rádiostanice. Rádiostanice sú rozmiestnené najmä na útvaroch prevádzka, dozimetria, elektro, SKR, údržba, FO (FO a OaB SE) a ZHÚ. Zároveň na komunikáciu so zásahovým personálom sú k dispozícii rádiostanice v zariadeniach OHO EBO3,4, t.j. v HRS EBO3,4, ZHRS Trnava, VVS Trnava a v úkrytoch CO. Celkom sa v EBO3,4 využíva na komunikáciu cca 300 ks rádiostaníc. ZHÚ EBO je spojený rádiostanicou a telefonickou linkou s miestnou batériou s Krajským operačným strediskom HaZZ.

Technickým prostriedkom vyznievacieho systému EBO3,4, určeného na vyznievanie zamestnancov prevádzky a osôb zaradených do OHO EBO3,4 sú pagery, ktoré zabezpečujú príjem jednosmernej informácie. Celkom sa v EBO3,4 využíva cca 400 ks pagerov. Zároveň je pre jednosmerné

informovanie starostov a primátorov obcí v pásme ohrozenia EBO3,4 rozdanych 308 ks pagerov. Tieto prijímače sú určené na informovanie zástupcov samosprávy a štátnej správy v 21 km oblasti ohrozenia EBO3,4. Pagery sú súčasťou systému vyzrozumenia EBO3,4. Vyzrozumievacia pagingová rádiosieť je v prípade straty vonkajšej el. siete napájaná pevne zabudovanými záložnými napájacími zdrojmi, akumulátormi, ktoré umožňujú nepretržitú prevádzku 10 hodín. Vysielače a opakovače pagingového systému nie sú seizmicky odolné.

Druhým technickým prostriedkom vyzrozumievacieho systému EBO3,4 je telefonický vyzrozumievací systém ZUZANA EBO V2, ktorý zabezpečuje vyzrozumenie zamestnancov zaradených do OHO EBO3,4 a zástupcov samosprávy a štátnej správy v oblasti ohrozenia EBO3,4 na mobilné a pevné telefóny. Systém ZUZANA EBO V2 zabezpečuje pre odosielateľa správy spätnú väzbu o doručení príslušnej informácie. Potenciálne v prípade preťaženia telefónnych sietí, sa predpokladá, že nie je zaručené doručenie odosielanej informácie. Zariadenie nie je seizmicky odolné.

Vyzrozumenie zamestnancov EBO3,4 o vzniku mimoriadnej udalosti sa realizuje domácim (závodným) rozhlasom, ktorý je integrovaný do vnútorného systému varovania EBO3,4. V prípade potreby je možné využiť sirény (vnútorný systém varovania EBO3,4) na informovanie zamestnancov o hrozacom nebezpečenstve. Prostriedkom určeným na vyhlasovanie informácií pre personál sú ručné megafóny, uložené v úkrytoch a zhromaždiskách, vo vozidlách OaB SE, PPÚ a ZHÚ. Celkom je v EBO3,4 k dispozícii 8 ručných megafónov a 15 ks nainštalovaných vo vozidlách.

Informačný systém OHO EBO3,4, lokalizovaný na území JZ-EBO a v budove LRKO v Trnave, tvorí:

- celopodniková sieť EBO s internetom, elektronickou poštou a vyhradenou elektronickou poštou na krízovú komunikáciu
- technologická informačná počítačová sieť TPS
- centrálny počítačový systém radiačnej kontroly s TDS
- informačný systém FO na evidenciu pohybu osôb a členov OHO
- prognostický a klasifikačný SW nástroj (ESTE)

Informačný systém poskytuje aktuálne údaje v reálnom čase o stave technologických systémov a radiačnej situácii na bloku, na území a v okolí JZ, aktuálnych informácií o meteorologickej situácii, o stave osôb a na území JZ a v lokalite EBO. Terminály informačného systému sa nachádzajú v strediskách OHO, pracoviskách OHO, ZHRS a na R-SE a ÚJD SR. Prostriedky informačného systému OHO majú zálohované elektrické napájanie.

6.1.3. Posúdenie faktorov, ktoré by mohli negatívne ovplyvniť AM a príslušné náhradné opatrenia

6.1.3.1. Významná deštrukcia infraštruktúry alebo zaplavenie znemožňujúce dostupnosť

Členovia OHO EBO3,4 vykonávajú činnosť v rámci havarijného riadiaceho strediska (HRS), ktoré je umiestnené na území EBO3,4. Stavba má charakter odolného a plynosného úkrytu a spĺňa požiadavky na zariadenia CO.

Úkryt je chránený proti prieniku Ra-látok v prípade ťažkej havárie na JZ a hermeticky chránený proti prieniku nebezpečných látok, je vybavený vodným hospodárstvom so samostatnými zásobnými nádržami na úžitkovú a pitnú vodu, systémom núdzového osvetlenia, dekontaminačným uzlom, dozimetrickou sondou na meranie dávkového príkonu a objemovej koncentrácie jódu, zdravotným materiálom, stravou, minerálnou vodou a PIO. Je nainštalované samostatné napájanie UPS s diesel-generátorom. Vybavenie stredísk OHO vytvára podmienky pre dlhodobú činnosť HK EBO3,4. Pracovisko je využiteľné aj v prípade extrémnych prírodných podmienok, za predpokladu prejazdnosti vonkajších cestných komunikácií, prípadne náhradnou dopravou mimo komunikácií.

Doprava v okolí EBO3,4 je organizovaná tak, že hlavné ťahy (diaľnica D1, hlavný železničný ťah Bratislava - Žilina s uzlami Trnava a Leopoldov) prechádzajú vo vzdialenosti cca 6 km od areálu. Na hlavných cestách a železničných ťahoch v kraji nie sú úseky ťažko prechodné v prípade extrémnych prírodných podmienok, existuje však nebezpečenstvo vzniku mimoriadnych situácií pri havárii dopravných prostriedkov prepravujúcich nebezpečné škodliviny. Tieto úseky je vzhľadom na hustú dopravnú sieť v okolí JZ možné obísť.

Vzhľadom k veľkému geodetickému rozdielu v nadmorských výškach, geografickým pomerom a polohe vodného diela Sĺňava vzhľadom na areál EBO3,4 sa nepredpokladá ako reálna nepriechodnosť aspoň niektorej z komunikácií umožňujúcich transport personálu a materiálu do JZ v dôsledku lokálnej záplavy. To isté platí pre lokálne záplavy v dôsledku extrémnych zrážok a príválov zrážkových vôd z priľahlých extravilánov elektrárne.

Pri väčšom poškodení povrchu vozoviek a zaplavení je doprava slúžiacich členov HK EBO3,4 a zásahového personálu možná náhradnou dopravou mimo komunikácií prostriedkami MV SR - CO na základe dohody o spolupráci. Pre zabezpečenie záchranných, likvidačných, vyprošťovacích a vyslobodzovacích prác je možnosť využiť 2 žeriavy a 2 valníky, ktoré má v súčasnej dobe k dispozícii útvar údržby.

Pre zabezpečenie činností 12 členov OHO EBO3,4 a ich dopravy na pracovisko v prípade udalosti na JZ sú pridelené 4 osobné pohotovostné vozidlá, ktoré majú za povinnosť zabezpečiť dovoz ďalších slúžiacich členov OHO EBO3,4. Pre dovoz zamestnancov pri neštandardných a kalamitných situáciách je popísaný postup v HPP.

6.1.3.2. Strata komunikačných zariadení/ systémov

Komunikačné prostriedky v rámci OHO – pevná sieť a rádiosieť

Komunikačné zariadenia pevnej siete EBO3,4 sú napájané z telefónnej ústredne, so zdrojmi, ktoré sú redundantné a v prípade straty elektrického napájania zo siete sú zálohované akumulátormi po dobu 10 hodín. Nezávisle komunikačné zariadenia pre priame pevné spojenie blokovej dozorne s určenými miestami v technológii bloku v prípade straty elektrického napájania zo siete sú zálohované akumulátormi po dobu 10 hodín. Personál zmeny t.j. blokovej dozorne a zásahový zmenový personál je kompletne vybavený rádiostanicami, ktoré umožňujú komunikáciu po dobu 10 hodín bez dobíjania.

V EBO3,4 sa v prípade straty mobilnej a pevnej telefónnej siete na zabezpečenie komunikácie využívajú rádiostanice. Rádiostanice sú v zariadeniach OHO EBO3,4, t.j. v HRS EBO3,4, ZHRS Trnava, v úkrytoch CO a zhromaždiskách CO a ZHÚ. Po uvedenej dobe je potrebné zabezpečiť dobíjanie batérií. Celkom sa v EBO3,4 využíva na komunikáciu cca 300 ks rádiostaní. Zároveň na komunikáciu so zásahovým personálom sú k dispozícii rádiostanice v HRS EBO3,4, ZHRS Trnava a v úkrytoch CO. Celkom

sa v EBO3,4 využíva na komunikáciu cca 300 ks rádiostaníc. ZHÚ EBO je spojený s Krajským operačným strediskom HaZZ telefonickou linkou s miestnou batériou a rádiosieťou s vlastným zdrojom.

Vyrozumievací a zvolávací systém

Technickým prostriedkom vyrozumievacieho systému EBO3,4, určeného na vyrozumenie zamestnancov prevádzky a osôb zaradených do OHO EBO3,4 sú pagery, ktoré zabezpečujú príjem jednosmernej informácie podobne sú vyrozumené aj obce a zástupcovia štátnej správy v 21 km oblasti ohrozenia. Vyrozumievacia pagingová rádiosieť je v prípade straty elektrického napájania zo siete napájaná pevne zabudovanými záložnými napájacími zdrojmi (akumulátormi), ktoré umožňujú nepretržitú prevádzku 10 hodín.

6.1.3.3. Negatívny vplyv vysokých lokálnych dávok, rádioaktívnej kontaminácie a deštrukcie niektorých zariadení na vykonateľnosť činností

Návody SAMG v svojej podstate počítajú s nedostupnosťou niektorých zariadení alebo ich zlyhaním v dôsledku ťažkej havárie. Z tohto dôvodu sú stratégie postavené pre alternatívne postupy. Zariadenia inštalované v rámci projektu SAM v zmysle zadania projektu sú projektované tak, aby bola vysoká miera pravdepodobnosti zachovania ich funkcie v podmienkach ťažkej havárie.

Pre krajné situácie, pri ktorých by došlo k zlyhaniu/ deštrukcii aj novo inštalovaných systémov je v rámci projektu SAM inštalovaná trojica potrubí vyústených na plášti budovy HVB a BPP, ktoré poskytujú redundantnú možnosť dopĺňovania chladiva z externého mobilného zdroja na kľúčové miesta z hľadiska minimalizácie následkov udalosti: a) do šachty reaktora na zachovanie odvodu tepla z TNR a prevenciu ex-vessel fázy, b) do bazénu skladovania vyhoreného paliva zhora, nezávisle na systéme chladenia bazénu a c) dopĺňovanie nádrží núdzového zdroja chladiva (z ktorého je možné dopĺňovať chladivo do reaktora a do sprchového systému kontajnementu pre dlhodobý odvod tepla z kontajnementu).

Lokálne radiačné podmienky v technológii môžu ovplyvniť vykonateľnosť činností potrebných pre obnovenie zariadení nutných pre dlhodobé riešenie ťažkej havárie (napr. zariadenie pre odvod tepla z kontajnementu). V súčasnosti nie sú k dispozícii informácie, ktoré sú potrebné pre komplexné riešenie problematiky. Doplnenie bude vykonané v záverečnej fáze implementácie projektu SAM.

6.1.3.4. Dopady na dostupnosť a obývatelnosť hlavnej a núdzovej BD, opatrenia na prevenciu alebo riadenie takejto situácie

Obývatelnosť blokovej dozorne a núdzovej dozorne (v menšom rozsahu) bola posilnená v rámci projektu MOD V2, kedy boli nainštalované nasledujúce modifikácie základného projektu:

- Inovácia ventilačného systému BD a umožnenie recirkulačného módu jeho prevádzky
- Doplnenie jódových filtrov
- Utesnenie celého priestoru BD a zamurovanie okien, vytvorenie možnosti pretlakového režimu pre minimalizáciu prienikov rádioaktivity zvonku
- Utesnenie káblových priestorov pod BD a ND proti prieniku dymu

Pri vysokej radiačnej záťaži, najmä počas hypotetických ťažkých havárií pri otvorenom reaktore, by mohli byť priestory BD pri súčasnom zodolnení dlhodobo neobývatelné. Z tohto dôvodu bola v rámci výstavby nového, radiačne chráneného HRS bunkrového typu vytvorená možnosť ovládať vybrané novo

inštalované zariadenia pre SAM, potrebné v dlhodobom horizonte. Potrebný systém SKR a napájania týchto spotrebičov je súčasťou projektu implementácie SAM.

6.1.3.5. Dopady na rôzne objekty využívané krízovým tímom alebo potrebným pre riadenie havárie

Novo vybudované priestory pre krízový tím (HRS) je budované ako podzemný bunker odolný proti všetkým predpokladateľným vplyvom ťažkej havárie pri otvorenom reaktore, príslušný zdrojový člen bol použitý ako projekčné zadanie pre dimenzovanie krytu. Bunker je vybavený zdrojom technického vzduchu pre vnútorný okruh a filtrami na odstraňovanie CO a dopĺňovanie kyslíka, čo poskytuje možnosť autonómneho existovania počas kritických fáz ťažkej havárie (pri úniku interných plynov). Dimenzovanie bunkra je dostatočné pre dve zmeny OHO a posádku z BD oboch jadrových blokov.

V prípade rozsiahlej havárie sa členovia OHO schádzajú v Trnave v záložnom HRS na hranici zóny ohrozenia.

6.1.3.6. Realizovateľnosť a efektívnosť opatrení AM v podmienkach extrémnych externých udalostí (zemetrasenie, záplavy)

Prevažná väčšina činností, ktoré sú potrebné pre riadenie ťažkých havárií sú riadené z BD resp. z HRS, ktoré nie sú priamo ohrozené účinkami extrémnych externých udalostí. Zariadenia inštalované v rámci projektu SAM sú umiestnené v budovách, ktoré sú odolné proti externým vplyvom (seizmicita do rozsahu SSE) a preto ich použiteľnosť a dostupnosť nebude ovplyvnená externou udalosťou. To znamená, že riadenie ťažkých havárií v dôsledku extrémnych externých udalostí je zabezpečené v rozsahu ako v prípade interných iniciátorov.

Interné záplavy spôsobené externou záplavou sú priebežne riešené už prijatými opatreniami a je predpoklad preventívne zabrániť eskalácii udalosti v ťažkú haváriu.

6.1.3.7. Neprevádzkyschopnosť zdrojov napájania

Predpoklad neprevádzkyschopnosti zdrojov napájania počas ťažkej havárie je jedným z východísk projektu implementácie SAM a je riešená preventívne zvýšením redundancie zdrojov v odolnom prevedení (aj proti extrémnym podmienkam počasia). Všetky spotrebiče inštalované v rámci projektu SAM sú okrem základného napájania z existujúcich systémov napájané aj z DG-SAM, ktorý je nezávislý na existujúcich systémoch, predstavuje teda redundantný zdroj elektrického napájania. Popis napájania vlastnej spotreby, zahrňujúci pripojenie nového DG-SAM a dodatočných mobilných zdrojov napájania 0,4 kV pre udalosť SBO je v kap. 1 tejto správy.

6.1.3.8. Potenciálne zlyhania prístrojového vybavenia

Predpoklad potenciálnej neprevádzkyschopnosti niektorých meracích obvodov je jedným z východísk projektu implementácie SAM. Stratégie v SAMG sú navrhnuté tak, aby bolo možné ich vykonať a monitorovať ich účinnosť na základe diverzných meraní, aby sa tak znížila ich zraniteľnosť v prípade zlyhania niektorých meraní.

Pri iniciácii projektu SAM boli definované projektové zásady a požiadavky na SKR novo inštalovaných systémov. Napriek tomu, že sa priamo nepožaduje kvalifikácia inštrumentácie na podmienky ťažkej havárie, musí byť preukázaná schopnosť prežitia v reálnych podmienkach. Boli vypracované analýzy

pre stanovenie termohydraulických a radiačných parametrov v priestoroch rozmiestnenia novo inštalovaného SKR a na ich základe boli definované požiadavky na inštalované zariadenia SKR.

6.1.3.9. Potenciálne vplyvy susedných zariadení v lokalite

Projekt implementácie SAM je koncipovaný na základe východiskového predpokladu vzniku ťažkej havárie iba na jednom z jadrových blokov JE V2, v súlade s existujúcimi pravidlami. Niektoré projektové riešenia projektu (DG-SAM, núdzový zdroj napájania) zahŕňujú spoločné prvky zdieľané oboma blokmi, takže interferencia medzi blokmi a z nej vyplývajúce ovplyvňovanie pri riadení ťažkej havárie nie je možné vylúčiť. Podobné vzájomné väzby existujú aj v technológii aj v oblasti potenciálneho vzájomného ovplyvnenia pri ťažkej havárii na jednom z blokov, ako vyplýva z relatívnej blízkosti BD a ND, spoločnej strojovne a spoločného reaktorového sálu pre oba bloky.

V lokalite nie sú žiadne ďalšie významné inštalácie, ktorých pôsobenie by mohlo vyvolať ťažkú haváriu alebo ovplyvniť AM ťažkej havárie iniciovanej na jednom z blokov.

6.1.4. Možné opatrenia na zlepšenie schopnosti riadenia havárií

V súčasnosti prebieha implementácia projektu SAM na EBO3,4 podľa pôvodne definovaného rozsahu, ktorý vytvára predpoklady pre riadenie ťažkej havárie na jednom z dvoch blokov EBO3,4. Po ukončení projektu bude posúdená možnosť rozšírenia riešenia pre prípad vzniku ťažkej havárie na oboch blokoch.

Ďalšie vylepšovania SAMG a spracovanie dodatočných podporných materiálov pre rozhodovanie tímu SAMG a BD budú prijaté na základe výsledkov validácie SAMG v závere projektu.

6.2. ZACHOVANIE INTEGRITY KONTAJNMENTU PO VZNIKU VÝZNAMNÉHO POŠKODENIA PALIVA V AZ (AŽ DO JEJ ROZTAVENIA)

6.2.1. Prevencia poškodenia/ roztavenia paliva pri vysokom tlaku v PO

6.2.1.1. Projektové opatrenia

Pôvodný stav projektu

K vážnemu poškodeniu aktívnej zóny AZ pri eskalácii nadprojektovej havárie v ťažkú haváriu môže prísť viacerými scenármi. U scenárov vyvolaných stratou odvodu tepla z PO do SO ostáva integrita PO zachovaná a degradácia AZ a následná relokácia kória prebieha pri vysokom tlaku v PO. V takomto prípade je stena tlakovej nádoby reaktora zaťažená vysokým tlakom a vysokou teplotou, vlastnou váhou a váhou kória. Najvyššou prioritou je znížiť tlak v PO a zabrániť poškodeniu TNR pri vysokom tlaku a následnému úniku taveniny (HPME), pretože by viedol k vzniku následných zlyhaní, najmä poškodeniu dverí v šachte reaktora a transportu častí taveniny do priestorov kontajnementu a následného tepelného ohrozenia stien a rýchleho nahrievania atmosféry kontajnementu. Ďalším prínosom zníženia tlaku v PO je zníženie pravdepodobnosti zlyhania rúrok parogenerátorov a možnosť dopĺňať chladivo do PO z nízkotlakových zdrojov.

Prevenciu zlyhania TNR pri vysokom tlaku v PO zabezpečujú predovšetkým dva komplety hlavných poistných ventilov a jeden odľahčovací ventil v uzle PV KO. Napájanie uzla PV KO elektrickou energiou je zabezpečené z 1. kategórie zaisteného napájania. Všetky ventily sú ovládateľné diaľkovo ručne z BD. Zariadenia uzla PV KO majú seizmickú klasifikáciu.

Inštalovaná modifikácia

Vzhľadom na prioritu odtlakovania PO pri riadení ťažkej havárie sa inštaluje redundantný, nezávislý systém, kvalifikovaný pre podmienky pri ťažkej havárii. Redundantná trasa odtlakovania nemá byť využívaná pred eskaláciou havárie v ťažkú haváriu, kedy sa predpokladá jej otvorenie, takže pravdepodobnosť zlyhania v dôsledku predchádzajúceho tepelného namáhania alebo iným mechanizmom je minimálna. Inštalovaný systém je súčasťou tlakového zariadenia PO. Neoddeliteľná časť od PO vrátane oddeľujúcich armatúr je seizmicky odolná. Systém je zaradený do bezpečnostnej triedy 1.

Systém je napájaný z núdzového zdroja elektrickej energie DG-SAM, určeného pre napájanie zariadení potrebných pre riadenie ťažkých havárií. Činnosť systému v oblasti projektových a nadprojektových havárií nie je požadovaná. Systém odtlakovania predstavuje kvalifikovanú, vysoko spoľahlivú zálohu s plnou kapacitou, použiteľnú pri zlyhaní štandardných trás pre odtlakovanie PO (OV KO, PV KO).

6.2.1.2. Prevádzkové opatrenia

Postupy na odtlakovanie PO sú v predpisoch FR-C.1 a FR-C.2 z balíka predpisov pre PHP (projektové a nadprojektové havárie) a v návodoch SA-CRG-1 a SAG-1 z balíka SAMG (ťažké havárie), takže je zabezpečená vysoká spoľahlivosť vykonania požadovaných činností.

Inštalácia dodatočnej kvalifikovanej trasy pre odtlakovanie PO v rámci projektu implementácie SAM a stratégie v návodoch SAMG poskytujú vysoká spoľahlivosť prevencie zlyhania TNR pri vysokom tlaku.

6.2.2. Riadenie rizika súvisiaceho s vodíkom v kontajnmemente

6.2.2.1. Projektové opatrenia, vrátane posúdenia dostatočnosti vzhľadom na rýchlosť tvorby vodíka a jeho množstvo

Pôvodný stav projektu

V priebehu ťažkej havárie spojenej s poškodením AZ tlakovodných reaktorov dochádza k produkcii vodíka v dôsledku exotermickej reakcie medzi Zr a ocele s vodnou parou. Po ďalšej eskalácii ťažkej havárie, po hypotetickom zlyhaní tlakovej nádoby reaktora, by došlo k produkcii ďalšieho významného množstvo horľavých plynov vodíka a CO v dôsledku interakcie kória s betónom dna ŠR. Celková produkcia horľavých plynov v rámci tejto ex-vessel fázy niekoľkonásobne prevyšuje ich produkciu v rámci in-vessel fázy, hoci jej rýchlosť je nižšia ako v in-vessel fáze.

Hmotnosť Zr v reaktore je cca 18000 kg, takže množstvo vygenerovaného vodíka v in-vessel fáze, sa pohybuje podľa konkrétneho scenára v intervale od cca 300 kg (LB LOCA) do 500 kg (SBO). Energetický výťažok exotermickej reakcie je cca 6400 J na 1g zreagovaného Zr, takže vzniknuté teplo predstavuje významný príspevok k požiadavkám na odvod tepla z kontajnmementu. V pôvodnom projekte V213 nie sú k dispozícii prostriedky pre spoľahlivú likvidáciu vodíka pri ťažkej havárii. Teoretická možnosť včasného riadeného zapaľovania vodíka výbojmi pri zapínaní inštalovaných elektrických spotrebičov v kontajnmemente je značne hypotetická a v niektorých scenároch ako SBO je principiálne nedostupná.

Vodík generovaný v priebehu ťažkých havárií predstavuje najzávažnejšie a najrýchlejšie ohrozenie integrity kontajnmementu V213. Z hľadiska prevencie ohrozenia integrity kontajnmementu zohráva kľúčovú úlohu rýchlosť a množstvo uvoľňovania vodíka z PO do kontajnmementu a z toho vyplývajúci časový priebeh koncentrácie vodíka v kontajnmemente, ktorý závisí od koncentrácie pary, a celková hmotnosť vygenerovaného vodíka.

Inštalované modifikácie

Jedným z predpokladov zvládnutia problematiky vodíka počas ťažkej havárie je spoľahlivá prevencia prechodu do ex-vessel fázy. Toto je v rámci projektu implementácie SAM v EBO3,4 dosiahnuté inštaláciou skupiny modifikácií umožňujúcich zadržanie taveniny v TNR jej spoľahlivým chladením zvonku.

Technickým riešením problematiky vodíka je inštalácia 28 kusov pasívnych autokatalytických rekombinátorov FR1-1500T a 4 kusov pasívnych autokatalytických rekombinátorov FR1-750T firmy AREVA. Inštalácia rekombinátorov v kontajnmemente je bežne aplikovaným riešením, rekombinátory boli nainštalované na vyše 100 JE v rôznych krajinách. Rekombinačná schopnosť použitých rekombinátorov bola preukázaná aj experimentálne pri testoch na experimentálnom zariadení PHEBUS a pri veľkorozmerových testoch na zariadení THAI.

Prahová koncentrácia vodíka pre zahájenie rekombinácie je cca 2% obj. pri teplote atmosféry 50 °C. Pri referenčných parametroch uvádzaných výrobcom AREVA zabezpečujú rekombinátory celkovú rýchlosť

rekombinácie vodíka cca 160 kg/hod. Voľba kapacity a rozmiestnenia inštalovaných PAR vychádza z výsledkov štúdií vykonaných rôznymi organizáciami.

PAR sú navrhnuté tak, aby odolali očakávaným havarijným teplotám pri LOCA udalostiach a inštalácia je seizmicky odolná. Prípadné zlyhanie (napr. mechanické poškodenie) jedného PAR neovplyvní funkčnosť ostatných PAR systému. Vzhľadom na rozmiestnenie v rôznych priestoroch kontajnementu je nepravdepodobné zlyhanie viacerých PAR. Kapacita systému ako celku je navrhnutá s dostatočnou rezervou, takže zlyhanie niekoľkých komponentov nespôsobí zlyhanie systému ako celku.

6.2.2.2. Prevádzkové opatrenia

V rámci návodov SAMG je riadenie vodíka zohľadnené v stratégiách uvedenými vo viacerých návodoch SAG a SCG. Postup riešenia vodíka v prvej revízii SAMG je založený na riadenom spaľovaní vodíka pri dostatočne nízkej koncentrácii pomocou elektricky napájaných zapaľovačov. Inštalácia riešenia založeného na PAR, ktoré má výrazne nižšie nároky na zásahy personálu, predpokladá úpravu stratégie riadenia vodíka a úpravu návodov SAMG.

6.2.3. Prevencia vzniku pretlaku v kontajnemente

6.2.3.1. Projektové opatrenia, vrátane prostriedkov na obmedzenie radiačných únikov, pokiaľ prevencia pretlaku vyžaduje venting plynu/ pary z kontajnementu

Pôvodný stav projektu

Radiačné úniky sú minimalizované zachovaním integrity tlakového rozhrania kontajnementu, ktoré je dimenzované na vnútorný pretlak aj podtlak. Okrem stavebnej časti sú súčasťou tlakového rozhrania kontajnementu aj zariadenia zabezpečujúce izolovanie v podmienkach havárie resp. zabezpečujúce jeho hermetičnosť.

Kontajnement je dimenzovaný pre projektové havárie v rozsahu:

- max. výpočtový tlak: 245 kPa
- min. výpočtový tlak: 80 kPa
- max. teplota: 129 °C
- integrálna dávka ionizujúceho žiarenia: 10⁵Gy za 10 rokov
- tesnosť tlakového rozhrania kontajnementu (trvale zlepšovaná):
 - pôvodná projektová hodnota úniku < 13% obj/24 hod pri pretlaku 150 kPa
 - súčasná hodnota je cca 5% obj/24 hod

Kontajnement je koncepčne situovaný do komplexu HVB, s ktorým tvorí jeden celok. Hermetické interné priestory kontajnementu sú dislokované v priestoroch HVB: box PG, barbotážna veža so šachtou lokalizácie havárie (ŠLH) a štyrmi plynojemami, ventilačné centrum a BV.

Z hľadiska zachovania integrity tlakového rozhrania je nutná prevencia nadmerného pretlaku ale aj nadmerného podtlaku v kontajnemente.

Prevenca nadmerného pretlaku v kontajmente:

Je zabezpečená dvoma systémami:

Systém pre pasívne potlačenie pretlaku – jeho účelom je zníženie pretlaku pri niektorých iniciačných udalostiach (napr. LOCA, roztrhnutie parovodu). Túto funkciu systému zabezpečujú barbotážne žľaby systému XL, v ktorých kondenzuje expandujúce chladivo. Funkcia je zabezpečená pasívne, bez zásahu personálu.

Súčasný projekt V123 nezahrňuje systém umožňujúci riadený filtrovaný venting ako prostriedok prevencie prekročenia projektového tlaku pri dlhodobom tlakovaní strate odvodu tepla z kontajmentu.

Sprchový systém kontajmentu – účelom je odvod tepla z kontajmentu do technickej vody dôležitej cez chladič sprchového systému v dlhodobom, recirkulačnom režime prevádzky. Činnosťou aspoň jednej vetvy sprchového systému je možné zabezpečiť trvalý odvod tepla z kontajmentu aj po ťažkej havárii.

Prevenca nadmerného podtlaku v kontajmente - inštalovaná modifikácia:

V rámci projektu implementácie SAM sa inštaluje systém umožňujúci prevenciu vzniku nadmerného podtlaku, umožňujúci riadený návrat časti nekondenzovateľných plynov zo záchytných komôr systému XL späť do kontajmentu (do priestoru pred hydrouzávermi) a prevenciu prehlbovaniu podtlaku. Technicky sa jedná o inštaláciu štyroch elektricky ovládaných armatúr a dvoch spätných klapiek s prepojovacím a výfukovým potrubím. Systém je riadený ručne operátorom.

Prednosťou prijatého tohto riešenia je, že sa nenarušuje celistvosť vonkajšej časti kontajmentu, lebo sa prepájajú iba vnútorné priestory medzi sebou.

6.2.3.2. Prevádzkové a organizačné opatrenia

Prevenca poškodenia kontajmentu v dôsledku nadmerného statického pretlaku, dynamického pretlaku v dôsledku horenia vodíka pri vysokej koncentrácii a neprípustného podtlaku je významnou prioritou návodov SAMG a dosahuje sa stratégiami uvedenými vo viacerých návodoch. Stratégie využívajú pôvodné projektové zariadenia kontajmentu, ale ich realizovateľnosť významne uľahčujú nové systémy inštalované v rámci projektu SAM.

6.2.4. Prevenca obnovenia kritického stavu**6.2.4.1. Projektové opatrenia**

Prevenca kritického stavu je zabezpečená implicitne – do PO alebo kontajmentu je možné dodávať iba chladivo s koncentráciou vyššou ako 12 g/kg. V rámci SAMG je explicitne zakázané doplňovať nebórované chladivo počas riešenia ťažkej havárie, čo je jednou z odchýliek od generických WOG SAMG. Kvôli zvýšeniu redundantnosti zdrojov chladiva sa v rámci projektu implementácie SAM inštaluje externý zdroj chladiva, z ktorého je možné doplňovať chladivo do:

- a) primárneho okruhu/ reaktora

- b) sprchového kolektora
- c) bazénu skladovania vyhoreného paliva

Kvôli zlepšeniu zálohovania zdrojov bórovaného chladiva a zvýšenie spoľahlivosti riadenia podkritičnosti AZ a BSVP počas ťažkej havárie sa v rámci projektu implementácie SAM inštaluje dodatočný externý zdroj bórovaného chladiva s koncentráciou 12 g/kg. Externý zdroj okrem bezpečnostnej funkcie riadenia podkritičnosti zabezpečuje aj funkciu odvod tepla z reaktora a BSVP a odvod tepla z atmosféry kontajnementu sprchovaním. Sprchovanie kontajnementu z externého zdroja zvyšuje spoľahlivosť prípadnej deinterizácie atmosféry kontajnementu, riadenia tlaku v kontajmente a znižuje úniky rádioaktívnych látok cez zvyškové netesnosti tlakového rozhrania kontajnementu.

Externý zdroj chladiva z hľadiska využitia pri ťažkej havárii pozostáva z troch nádrží s roztokom kyseliny boritej s koncentráciou 12g/kg, s celkovým využiteľným objemom 1250 m³ a dvoch pracovných čerpadiel s pracovným tlakom 0,85MPa (NT) a 2,5 MPa (VT). Systém je prevažne umiestnený v budove pomocných prevádzok BPP, v potrubných kanáloch z BPP a v HVB.

6.2.5. Prevencia pretavenia základovej dosky

6.2.5.1. Potenciálne projektové riešenia umožňujúce zadržať taveninu v TNR

Pôvodný stav projektu

Podľa pôvodného projektu VVER-440/V213 je dlhodobá fáza chladenia aktívnej zóny pri haváriách so stratou chladiva (LOCA) po ukončení injekčnej fázy z nádrží havarijných systémov (t.j. u niektorých udalostí už po cca 30 min) založená na recirkulácii chladiva z podlahy boxu PG cez tepelný výmenník sprchového systému. Chladivo uniknuté z netesnosti v cirkulačnej slučke vyteká na podlahu boxu PG vnútri kontajnementu a je k dispozícii pre recirkulačnú fázu chladenia AZ.

Únik chladiva cez netesnosť v tlakovej nádobe reaktora TNR do šachty reaktora sa v dôsledku silnej konzervatívnej pevnostného dimenzovania a prísnych defektoskopických kontrol TNR nepovažuje za reálny, takže táto časť kontajnementu nie je súčasťou recirkulačného okruhu - projekt V213 neumožňuje riadený nátok chladiva do šachty resp. návrat chladiva zo šachty do boxu PG. Z hľadiska riadenia ťažkých havárií teda pôvodný projekt V213 neumožňoval externé chladenie TNR, ani kontrolovateľné chladenie kória na dne šachty počas ex-vessel fázy po zlyhaní TNR.

Analýzy v rámci projektov PHARE 4.2.7a ukázali, že šachta reaktora je ohrozená krátko po prechode do ex-vessel fázy po zlyhaní TNR. Limitujúcimi štruktúrami sú vstupné dvere do šachty, u ktorých sa predpokladá zlyhanie termálnym pôsobením kória alebo v dôsledku prudkého zvýšenia tlaku pri HPME, taktiež hrozí únik rádioaktívneho chladiva neizolovateľným drenážnym potrubím a cez indukované netesnosti montážnych otvorov v stene šachty.

Implementácia externého chladenia TNR v rámci prevencie zlyhania základovej dosky vyžaduje: a) včasné odtlakovanie reaktora, b) včasné zaplavenie šachty reaktora a c) kontakt steny TNR s chladivom už pred relokáciou kória a d) zabezpečenie dostatočného odvodu pary generovanej okolo TNR späť do boxu PG.

Modifikácie potrebné pre zaplavenie šachty reaktora a zabezpečenie externého chladenia TNR:

Modifikácia drenážneho systému barbotážnych žlabov - v rámci projektu implementácie SAM je zabezpečené spoľahlivé elektrické napájanie armatúr systému XL z havarijného DG-SAM, čo zabezpečuje dostupnosť chladiva zo žlabov barbotážneho systému aj v podmienkach ťažkej havárie iniciovanej SBO.

Filtračné sitové konštrukcie - v trase vstupu chladiva do šachty reaktora a k vonkajšiemu povrchu TNR sú zaradené dva stupne filtrácie nečistôt ako prevencia upchatia najužších častí varného kanálu.

Inštalácia pasívneho otváracieho mechanizmu v tepelnej izolácii TNR - inštalácia kruhového nápuštného otvoru so snímateľným vekom ovládaným špeciálnym plavákovým otváracím mechanizmom na dolnom tepelnom štíte TNR v šachte reaktora,

Modifikácia dverí v tepelnej izolácii zóny nátrubkov TNR - inštalácia dverí v tepelnej izolácii pre zníženie hydraulického odporu

Trasa pre doplňovanie chladiva do šachty reaktora z externého mobilného zdroja - inštalácia trasy (suchovodu) vyústenej na vonkajšom plášti HVB, ktorou je možné doplňovať chladivo do šachty reaktora z mobilného externého zdroja. Trasa umožňuje využitie záložného zdroja chladiva pre externé chladenie TNR, bez väzby na dostupnosť chladiva na podlahe boxu PG.

Modifikácie potrebné pre izolovanie šachty reaktora a prevenciu nevratného úniku chladiva:

Izolačný „sifón“ na dvoch vodorovných vzduchovodoch so zaplavovacími objektmi – úprava oboch potrubí ventilačného systému chladenia šachty reaktora TL11. Na klesajúcej vetve sifónov sú inštalované dva zalievacie objekty, umožňujúce zaplavenie šachty reaktora pri ťažkých haváriách. Umiestnené sú na oboch stranách v spojovacom koridore boxu PG s barbotážnou vežou a sú chránené pred nežiaducimi účinkami havárií (letiace predmety, zasiahnutie prúdom chladiva, úlomky izolácie). Zalievacie armatúry sa ovládajú aktívne z BD. Ich otváranie sa predpokladá pri prechode medzi havarijným predpisom a SAMG.

Zaistenie tesnosti dvojice hermetických dverí – zabezpečenie dostatočnej odolnosti tesnenia hermetických dverí šachty reaktora pri dlhodobom zaťažení zvýšenou radiáciou, teplom a tlakom (vrátane príspevku od hydrostatického tlaku v zaplavenej šachte reaktora).

Izolácia vpuste špeciálnej kanalizácie na podlahe šachty reaktora – inštalácia uzatváracej zátky na zberači špeciálnej kanalizácie v šachte reaktora.

6.2.5.2. Možné opatrenia umožňujúce chladenie kória vnútri kontajneru po zlyhaní TNR

Vzhľadom na obmedzenú odolnosť šachty reaktora v prípade zlyhania TNR, bez ohľadu na prítomnosť chladiva v šachte reaktora, s vysokou pravdepodobnosťou nie je možné zabrániť zlyhaniu dverí identifikovanými mechanizmami. Zlyhanie dverí umožní únik rádioaktívneho média a potenciálne aj kória do priestorov HVB, mimo kontajneru a zvrátenie vývoja ťažkej havárie.

Z tohto dôvodu neboli posudzované žiadne dodatočné opatrenia, ktoré by hypoteticky umožňovali chladiť kórium na dne šachty. Existujúce opatrenia v rámci implementácie stratégie externého chladenia TNR, najmä gravitačný nátok chladiva z boxu PG do šachty reaktora a odvod pary zo šachty späť do boxu PG, predstavujú maximálnu dosiahnuteľnú mieru ochrany dna šachty pri zlyhaní TNR. Stabilizácia stavu taveniny, ukončenie degradácie betónu a dlhodobé zachovanie integrity šachty nie je uvedeným spôsobom odvodu tepla možné zaručiť. To zvyšuje významnosť prevencie zlyhania TNR.

6.2.5.3. Cliff edge efekty v časovom intervale medzi odstavením reaktora a roztavením AZ

Zlyhanie operátora vykonať zásahy v súlade s vyvinutými stratégiami, zlyhanie zariadení alebo odlišný vývoj situácie od predpokladanej pri vývoji týchto stratégií (resp. návrhu zariadení) by hypoteticky mohli viesť k zlyhaniu integrity kontajnementu v priebehu ťažkej havárie, pričom časový vývoj situácie a čas zlyhania je silne závislý na konkrétnom scenári.

Pre zníženie pravdepodobnosti týchto scenárov sú v projekte implementácie SAM a v návodoch SAMG dodržiavané nasledujúce princípy a pravidlá:

- Pri zásahoch personálu sú preferované zariadenia, ktoré sú pasívne alebo ktoré neboli využívané v predchádzajúcich etapách havárie a ktoré sú prevažne napájané z elektrického zdroja;
- Všetky dôležité skupiny činností, ktoré sú nutné ako prevencia proti rýchlemu alebo pravdepodobnému ohrozeniu kontajnementu, sú okrem zariadení základného projektu podporené inštaláciou vysoko spoľahlivej modifikácie

Väčšina skorých činností v rámci riadenia ťažkej havárie podľa návodov SAMG je zahrnutá v predpise CRG-1, ktorý jediný je vykonávaný personálom z BD pred aktiváciou HRS. Činnosti v CRG-1 sú algoritimizované vo forme predpisu (proceduralizované) a patria k základnému výcviku personálu BD. T tohto dôvodu je očakávaná spoľahlivosť vykonania činností vysoká bez ohľadu na pohotovosť HRS (STP-SAMG tímu).

Úspešné zásahy personálu a účinné využívanie projektových systémov a rozšírení projektu umožňuje riadenie integrity TNR a riadenie tlaku a teploty v kontajnmente po dobu niekoľkých dní. Počas tohto obdobia sa pravidelným sprchovaním kontajnementu udržiava minimálny vnútorný pretlak, čo je hlavný nástroj minimalizácie radiačných následkov. Vzhľadom na pasívne riešenie postačuje monitorovanie úspešnosti riadenia vodíka.

Obnovenie aspoň jedného okruhu sprchového systému kontajnementu pre dlhodobý odvod tepla z kontajnementu (ochrana integrity a podmienka dlhodobého stabilného stavu po ťažkej havárii) je potrebné zabezpečiť cca do 5 dní, počas ktorých sú zvyškový výkon a teplo z chemických reakcií akumulované v štruktúrach a v stene kontajnementu. Dlhodobý odvod tepla z kontajnementu vyžaduje obnovenie prevádzkyschopnosti aspoň jedného okruhu sprchového systému kontajnementu. V rámci projektu SAM bola spracovaná štúdia obnovovania odvodu tepla z kontajnementu obnovením činnosti sprchového systému XL alebo využitím ventilačných systémov kontajnementu.

6.2.6. Potreba dodávky striedavého elektrického napájania a jednosmerného napájania a tlakového vzduchu pre zariadenia využívané pre ochranu integrity kontajnementu**6.2.6.1. Projektové opatrenia****Pôvodný stav projektu**

Súčasný zdroj elektrického napájania sú navrhnuté pre spoľahlivú podporu riešenia projektových havárií, zálohovanie je v najväčšej miere optimalizované na zvládnutie udalosti SBO (z elektrických príčin). Napájanie vlastnej spotreby je detailne popísané v kap.1.3.5.

Inštalovaná modifikácia

Pre zvýšenie spoľahlivosti riadenia ťažkých havárií je do projektu implementácie SAM zahrnutý čiastkový projekt „Núdzový zdroj elektrickej energie - NZEE“, ktorý je zameraný predovšetkým splnenie podpornej funkcie dodávky elektrickej energie vybraným spotrebičom SAM počas ťažkej havárie. Inštalovaný dieselgenerátor DG-SAM je nezávislý na existujúcich systémoch normálnej prevádzky, abnormálnej prevádzky a na systémoch pre riadenie projektových havárií. Núdzový zdroj je spoločný pre dva jadrové bloky.

DG-SAM je kontajnerového prevedenia, kontajner obsahuje 1 dieselgenerátor s trvalým el. výkonom do 1200 kW s príslušenstvom (transformátor, záchytná vaňa pod dieselgenerátor, palivová nádrž o obsahu 3 000 l, otvor na prívod vzduchu, výfuk). Pre napájanie vlastnej spotreby DG-SAM je vybudovaná samostatná vonkajšia rozvodňa 0,4 kV pre napájanie elektroohrievačov DG, čerpadla na prečerpávanie paliva a vývodu pre napájanie CHO v prípade ťažkej havárie.

Dispozičné umiestnenie DG-SAM a príslušnej 6 kV rozvodne 0BG bolo zvolené s ohľadom na nutnosť pripojenia DG-SAM do blízkych káblových kanálov, cez ktoré je pripojený III. sieťový zdroj Hydrocentrála Madunice. Elektrický výkon DG-SAM je vyvedený do novej vonkajšej 6 kV rozvodne 0BG. Z rozvodne 0BG je okrem transformátora 6/0,4 kV (1000 kVA) pre napájanie spotrebičov v prípade ťažkej havárie vyvedený vývod aj pre havarijné napájanie objektu HRS počas ťažkej havárie.

Rozhraním pre DG-SAM sú panely SAM umiestnené na BD 3. a 4. bloku a identické panely na záložnom pracovisku umiestnené v objekte HRS. Využívanie DG-SAM pri strate napájania závisí na rozhodnutí špecialistov SAMG z STP. V primeranom rozsahu (t.j. bez ohrozenia plnej prevádzkyschopnosti pre riešenie potenciálnej ťažkej havárie) je DG-SAM použiteľný už v etape prevencie poškodenia AZ, napr. v podmienkach SBO. V tomto zmysle predstavuje ďalšiu úroveň redundancie zdrojov pre zvládnutie udalosti SBO.

6.2.7. Meracia a riadiaca inštrumentácia potrebná pre ochranu integrity kontajnementu

Spotrebiče a merania inštalované v rámci projektu SAM významne rozširujú pôvodný projekt.

Inštalovaná modifikácia:

Súčasťou projektu implementácie SAM je čiastkový projekt Systém informácií SAM a riadiacich prvkov SAM komponentov, v ktorom sa buduje spoľahlivý SKR novo inštalovaných systémov a informačný systém v rozsahu potrebnom pre realizáciu stratégií uvažovaných v SAMG.

Informačný systém pre podporu SAM nadväzuje na stav po zrealizovaní projektu MOD V2, v rámci ktorého bol vybudovaný systém PAMS – Pohavarijný monitorovací systém v súlade s odporúčaniami návodu US NRC RG 1.97.

Technicky sa jedná o doplnenie súboru meracích snímačov, príslušnej kabeláže a vyhodnocovacích zariadení umiestnených prevažne vnútri existujúcich objektov v hlavnom výrobnom bloku HVB, budove pomocných prevádzok BPP a v HRS.

Pri návrhu systému boli zohľadnené požiadavky na rozsah informácií nutných pre realizáciu a monitorovanie úspešnosti stratégií v SAMG. Systematicky boli preverené všetky stratégie SAMG, diagnostické diagramy DFC a SCST, setpointy v stratégiách z hľadiska dostupnosti spoľahlivých údajov a

redundancie ich zabezpečenia v informačnom systéme dostupnom tímom rozhodujúcim o používaní SAMG – tím SAMG v rámci HK a tím blokovej dozorne.

Súčasťou projektu bolo analytické stanovenie kvalifikačných požiadaviek na novo inštalované zariadenia SKR a merania. Environmentálne kvalifikačné požiadavky boli stanovená na základe existujúcich analýz ťažkých havárií a novo vypracovaných analýz radiačnej situácie vo vybraných priestoroch HVB.

6.2.8. Možné opatrenia na zvýšenie schopnosti udržiavať integritu kontajneru po vzniku ťažkého poškodenia paliva v AZ

Ďalšie možné opatrenia rozširujúce súčasný rámec projektu SAM budú analyzované na po ukončení projektu, na základe výsledkov validácie SAMG a analytickom preukázaní účinnosti stratégií pre zvládnutie reprezentatívnych scenárov ťažkých havárií.

6.3. OPATRENIA AM SMERUJÚCE K OBMEDZENIU RA ÚNIKOV

6.3.1. Ra úniky po strate integrity kontajnementu

6.3.1.1. Projektové opatrenia

Okolo tlakového kontajnementu v rámci HVB je rozložená vzduchotesná zóna, ktorej ventilačné systémy sú vybavené filtermi zachytávajúcimi štiepne produkty unikajúce cez prípadnú netesnosť rozhrania kontajnementu. Tieto priestory plnia úlohu sekundárneho kontajnementu. V rámci projektu implementácie SAM sa napájanie ventilátorov ventilačných systémov prevádza na zaistené napájanie, aby boli použiteľné aj počas ťažkej havárie sprevádzanej stratou napájania. Tým bude technicky umožnené zmiernenie radiačných následkov na okolie JE.

Časť tlakového rozhrania kontajnementu nie je vybavená sekundárnym kontajnementom a prípadná netesnosť tlakového rozhrania v tejto oblasti by viedla k priamemu úniku aktivity do okolia.

Vzhľadom na to, že veľkosť úniku je úmerná vnútornému tlaku v kontajnemente, všetky modifikácie inštalované v rámci projektu SAM, ktoré smerujú k zvýšeniu spoľahlivosti sprchovania kontajnementu a zabezpečeniu odvodu tepla z kontajnementu resp. udržiavania čo najnižšieho pretlaku v kontajnemente, prispievajú k znižovaniu radiačných únikov do okolia. Sú to:

- Zvýšenie spoľahlivosti sprchového systému TQ, odstránenie jednej z dvoch RČA na vstupe do kontajnementu, z odolnenie čerpadla TQ proti radiácii a opatrenia smerujúce k opraviteľnosti systému v prípade poruchy
- Inštalácia núdzového externého zdroja vody s objemom nádrží 1250 m³, s čerpadlom napájaným z DG-SAM, umožňujúcim sprchovanie kontajnementu. Nádrže bude možné priebežne doplňovať trasou (suchovodom) z mobilného zdroja vody. Trasa má kvôli spoľahlivému prístupu v havarijných podmienkach vyústenie na vonkajšom plášti BPP.

6.3.2. Činnosti AM po odhalení vrchných častí palivových kaziet uložených v BSVP

6.3.2.1. Riadenie vodíka

Pri riešení problematiky vodíka bol vypracovaný odhad možnej koncentrácie vodíka v reaktorovej sále, vzniknutého v dôsledku degradácie paliva v bazéne skladovania. Výsledkom posudku je záver, že inštalácia PAR v reaktorovej sále nie je potrebná, pretože výsledná koncentrácia vodíka vzhľadom na objem reaktorovej sály 160000 m³ je nízka, pod hranicou činnosti PAR. Posudok ale nezohľadnil možnú nehomogénosť distribúcie vodíka a možnosť vzniku vyššej koncentrácie v oblasti nad bazénom. Detailnejšie analýzy zatiaľ nie sú k dispozícii.

V súčasnosti sa bezpečnosť bazénu skladovania vyhoreného rieši spoľahlivou prevenciou vzniku ťažkej havárie, ktorá by mohla spôsobiť vznik nebezpečnej koncentrácie vodíka v reaktorovej sále. V projekte SAM je zahrnutá inštalácia dvoch vzájomne nezávislých trás umožňujúcich doplňovanie bórovaného chladiva. Prvá je trasa z externého núdzového zdroja chladiva a je zaústená do potrubia systému chladenia bazénu skladovania. Druhá trasa má mať pripojenie na vonkajšom plášti budovy HVB a bude zaústená do bazénu skladovania zhora, teda bez väzby na stav potrubí systému chladenia bazénu

TG. Obe novo inštalované trasy sú dimenzované tak, že v prípade zachovanej integrity bazénu dokážu rýchlo obnoviť hladinu v bazéne. V prípade hypotetickej straty integrity bazénu skladovania, spojenej s väčším únikom chladiva, je situácia zložitejšia a schopnosť zvládnuť takéto úniky nie je zahrnutá v realizovaných projektoch. Projekt implementácie SAM nezahrňuje riadenie rozvinutej ťažkej havárie v bazéne skladovania, zameriava sa iba na jej prevenciu s vysokou spoľahlivosťou.

6.3.2.2. Zabezpečenie dostatočného tienenia proti radiácii

Bazén skladovania v projekte V213 nie je izolovaný a prekrytý tak, aby bola radiácia poškodeného odhaleného paliva odtienená bez prítomnosti ochrannej vrstvy chladiva nad palivom. V súčasnom stave je teda ochrana proti radiácii zabezpečená iba dostatočnými kapacitami systémov obnovujúcich zásobu chladiva v bazéne.

6.3.2.3. Obmedzovanie RA únikov po ťažkom poškodení paliva v BSVP

Ventilačný systém odsávajúci vzduch sponad bazénu skladovania nie je vybavený jódoými filtrami, takže nie je ho možné využiť pre riadenie radiačnej situácie nad bazénom. Z toho vyplýva, že aj pre obmedzovanie ra únikov po degradácii paliva (ťažká havária v BSVP) je možné iba obnoviť dostatočnú hladinu nad palivom za účelom účinného vymývania štiepných produktov z pary unikajúcej do reaktorovej sály.

6.3.2.4. Inštrumentácia potrebná pre monitorovanie stavu paliva uloženého v BSVP a pre riadenie havárie v BSVP

Bazén skladovania je vybavený iba inštrumentáciou potrebnou podporujúcou normálnu prevádzku: meranie hladiny a meranie teploty chladiva. Radiačná situácia sa nemonitoruje. V rámci projektu SAM sa na reaktorovej sále inštalujú dve nové dozimetrické merania (1 meranie na blok) vstupujúce do PAMS, ktoré by bolo možné nepriamo využiť pre monitorovanie stavu bazénu skladovania.

6.3.2.5. Dostupnosť a obývateľnosť BD

Pre hodnotenie dostupnosti a obývateľnosti BD v prípade ťažkej havárie v bazéne skladovania nie sú zatiaľ k dispozícii podklady.

6.3.3. Možné opatrenia smerujúce k zlepšeniu schopnosti obmedziť RA úniky.

Vzhľadom na konštrukciu bazénu skladovania a jeho prepojenie s reaktorovou sálou zatiaľ neboli posudzované možnosti jeho zodolnenia proti ťažkej havárii a izolácie od okolia JE ďalšou bariérou.

ZÁVERY

Vhodné umiestnenie elektrárne poskytuje pasívnu bezpečnosť proti extrémnym externým udalostiam, najmä záplavám, takže existujúce organizačné zabezpečenie havarijnej pripravenosti a odozvy zabezpečuje s vysokou pravdepodobnosťou schopnosť logisticky podporovať činnosť tímov potrebných pre vykonávanie plánovaných činností. Boli hodnotené všetky aspekty hrajúce úlohu pri zabezpečení dlhodobej odozvy na ťažké podmienky a požadovanej autonómie zdrojov a personálu počas 24 hod resp. 72 hod, v súlade so zadaním stres testov. Patria sem napríklad transport, komunikácia, odolnosť proti rozpadu siete,

zvolávanie tímov a podobne. Boli posudzované zásoby vody, potravín a ostatných komodít a bola preukázaná ich dostatočnosť. Bol posudzovaný výcvik personálu a akcieschopnosť pri potrebe zasahovať na dvoch blokoch a boli navrhnuté potrebné opatrenia.

Kontajnment V213 v pôvodnom riešení je optimalizovaný predovšetkým pre riešenie projektových a prípadne aj nadprojektových havárií bez tavenia AZ. V minulosti identifikované nižšie rezervy proti niektorým procesom pri nadprojektových ťažkých haváriách sú kompletne riešené projektom implementácie SAM, ktorý je v štádiu realizácie na všetkých prevádzkovaných blokoch SE. Projekt je založený na rozsiahlej analytickej základni budovanej od začiatku 90. Rokov a predstavuje najširšie komplexné technické riešenie realizované na JE typu V213. V rámci projektu popísaného v kapitole 6 sú modifikované existujúce systémy JE a sú inštalované ďalšie zariadenia a systémy, ktoré zlepšujú prevenciu vzniku ťažkej havárie, umožňujú realizáciu stratégií pre riadenie ťažkých havárií a prevenciu ich eskalácie, napomáhajú k zmierneniu priebehu ťažkej havárie a k minimalizácii jej následkov. Projekt inštalácie hardwaru je prepojený s organizačnými opatreniami v oblasti havarijného plánovania a s vývojom návodov a postupov na rozšírenie havarijnej odozvy z projektových a nadprojektových udalostí až do oblasti riadenia ťažkých havárií na 4. úrovni ochrany do hĺbky.

Implementáciou projektu SAM je skompletizovaná ochrana do hĺbky na všetkých úrovniach 1. – 5.

7. SUMÁRNE ZHODNOTENIE

Hodnotenie bezpečnostných rezerv EBO34 pri extrémnych prírodných podmienkach bolo realizované v súlade so zadaním ENSREG a požiadavkami UJD SR. Pre účely systematickej analýzy bola vyvinutá špeciálna metodika, ktorá bola následne doporučená MAAE ako tzv. metóda konfiguračnej matrice. Metóda umožňuje vyhodnotenie zálohovania zabezpečovania bezpečnostných funkcií (podkritičnosť a odvod tepla z reaktora a BSVP a zachovanie integrity kontajneru) jednotlivými systémami, vrátane systémov a SKK normálnej prevádzky, pričom sa uvažujú všetky možné zapojenia, ktoré umožňuje nakonfigurovať základný projekt JE a môže personál v kritických podmienkach vyvolaných extrémnou externou udalosťou nastaviť. Metodika využíva špeciálny databázový SW, ktorý obsahuje cca 2500 SKK s parametrami relevantnými z hľadiska vplyvu externých udalostí (environmentálna kvalifikácia, umiestnenie, napájanie, parametre, odolnosť proti internej záplave iniciovanej zvonku a podobne). Metodika aj vyvinutý SW je významným príspevkom k AM v JE.

Súčasťou hodnotenia je posúdenie ľudského činiteľa, logistického a administratívneho zabezpečenia odozvy v prípade udalostí iniciovaných nepravdepodobnými extrémnymi externými podmienkami.

Pri hodnotení odolnosti proti nadprojektovému zemetraseniu v kapitole 2 bolo zistené, že na území Slovenska a príslušných územiach, ktoré by mohli seizmicky ohroziť dotknuté lokality JE sa nenachádzajú žiadne tektonické štruktúry, ktoré by vyvolali vznik extrémne silných zemetrasení porovnateľných s katastrofickým zemetrasením v Japonsku. Metodiky stanovenia pôvodných projektových parametrov, ktoré boli doteraz použité pri stanovení seizmického ohrozenia lokality, sú primerane aktuálne a boli akceptované viacerými medzinárodnými misiami. Zvýšením seizmickej odolnosti konštrukcií a komponentov podieľajúcich sa na dochladzovaní blokov elektrárne z hodnoty $PGA = 0,025g$ na $PGA = 0,344g$ (návratová perióda 10 000 rokov) došlo k značnému zvýšeniu seizmickej odolnosti. To znamená, že pri analyticky predefinovanom projektovom zemetrasení na hodnote $PGA = 0,25 g$ (v r. 1995) a následnom seizmickom zodolnení na $PGA = 0,344 g$ (ukončeným v r. 2008), bola dosiahnutá rezerva v oblasti BDBE v rozsahu 20-30%.

V rámci detailnejšieho posudzovania jednotlivých stavebných konštrukcií, precíznejšieho stanovenia podlažných spektier odozvy pre vytypované bezpečnostné technologické komponenty a najmä využitím existujúcich pevnostných rezerv zadefinovaných v normatívnej dokumentácii a pravdepodobnostným hodnotením zlyhania jednotlivých komponentov je rezerva ešte vyššia, analýzy sa vykonávajú.

Pri hodnotení možnosti a dôsledkov nadprojektových záplav v kapitole 3 boli uvažované všetky relevantné zdroje (blízke povrchové vodné zdroje, zlyhanie priehrad, vlnobitie zo silných vetrov, spodné vody, extrémny dážď, topiaci sa sneh, kombinácia extrémneho dažďa a topiaceho sa snehu, vnútorné záplavy ako následok zemetrasenia a vnútorné záplavy ako dôsledok extrémnych prírodných udalostí). Správa hodnotí dostatočnosť ochrany proti vonkajším a vnútorným záplavám ako dostatočnú. Prispieva k tomu najmä skutočnosť, že lokalita EBO3,4 je veľmi vhodne umiestnená, a to 11 m nad povodím Váhu, takže jediným reálnym, hoci málo pravdepodobným ohrozením je voda zo zrážkovej činnosti. Aj v situáciách vyvolaných extrémnymi zrážkami pozitívnou vlastnosťou lokality je zvažujúci sa profil s dostatočnou odtokovou schopnosťou vody z areálu. Preto prípadné indukované interné záplavy sú málo závažné a boli v podstate preventívne vyriešené v priebehu stres testov predbežnými nápravnými opatreniami.

Pri hodnotení vplyvu extrémnych nadprojektových meteorologických podmienok na systémy, štruktúry a komponentov JE na základe dostupnej projektovej dokumentácie sa narazilo na nedostatok informácií v platnej projektovej dokumentácii. Z tohto dôvodu niektoré chýbajúce informácie boli

konzervatívne prebrané z novo vypracovanej dokumentácie pre MO3,4 a boli iniciované kroky k aktualizácii príslušnej dokumentácie EBO3,4. Kapitola 4 preto prevažne iba kvalitatívne hodnotí meteorologické javy a ich kombinácií ako extrémne teploty a vlhkosť, extrémne suchu, vplyv ľadu a snehu, extrémny priamy a rotujúci vietor. V hodnotení poukazuje na zmeny voči pôvodnému projektu s predpokladaným priaznivým vplyvom na zvýšenie rezerv odolnosti JE V2, na možnosti kompenzácie nepriaznivých vplyvov na technologické zariadenia a udáva časové rezervy na prijímanie opatrení v extrémnych situáciách. Taktiež sa posudzovala schopnosť realizácie logistických opatrení v rámci havarijnej pripravenosti - transport zdrojov a komodít potrebných pre zabezpečenie životných funkcií personálu. Na základe hodnotení a aj na základe skúseností s prevádzkou pri dosiahnutí maximálnych a minimálnych hodnôt teploty na úrovni 100 ročných extrémnych hodnôt (minimálnej aj maximálnej teploty) je možné konštatovať schopnosť bezpečne udržať EBO3,4, v prevádzke a odolať takýmto meteorologickým podmienkam.

Analýza odozvy bloku na stratu schopnosti odvodu tepla a stratu podporných funkcií (elektrického napájania) v kapitole 5 potvrdzuje známu veľkú tepelnú zotrvačnosť základného technologického okruhu reaktorov VVER, poskytujúcu veľké časové rezervy na obnovovacie činnosti a absenciu náhle degradácie schopnosti udržiavať základné bezpečnostné funkcie počas prvých 24 hod vo všetkých uvažovaných podmienkach vyplývajúcich z externých udalostí. Interné zásoby všetkých médií (vrátane autonómnej zásoby chladiacej vody) postačujú na viac ako 3 dni.

Kontajment V213 s pasívnym potlačením tlaku je optimalizovaný predovšetkým pre riešenie projektových a nadprojektových havárií. V minulosti identifikované nižšie rezervy proti niektorým procesom pri nadprojektových ťažkých haváriách sú kompletne riešené projektom implementácie SAM, ktorý je v štádiu realizácie na všetkých prevádzkovaných blokoch SE. Projekt je založený na rozsiahlej analytickej základni budovanej od začiatku 90. rokov. V rámci projektu popísaného v kapitole 6 sú modifikované existujúce systémy JE a sú inštalované ďalšie zariadenia a systémy, ktoré zlepšujú prevenciu vzniku ťažkej havárie, umožňujú realizáciu stratégií pre riadenie ťažkých havárií a prevenciu ich eskalácie, napomáhajú k zmierneniu priebehu ťažkej havárie a k minimalizácii jej následkov. Projekt inštalácie hardwaru je prepojený s organizačnými opatreniami v oblasti havarijného plánovania a s vývojom návodov a postupov na rozšírenie havarijnej odozvy z projektových a nadprojektových udalostí až do oblasti riadenia ťažkých havárií na 4. úrovni ochrany do hĺbky. Implementáciou projektu SAM predstavuje kompletizáciu ochrany do hĺbky na všetkých piatich úrovniach.

Boli hodnotené všetky aspekty hrajúce úlohu pri zabezpečení dlhodobej odozvy na ťažké podmienky a požadovanej autonómie zdrojov a personálu počas 24 hod resp. 72 hod, v súlade so zadaním stres testov. Patria sem napríklad transport, komunikácia, odolnosť proti rozpadu siete, zvolávanie tímov a podobne. Boli posudzované zásoby vody, potravín a ostatných komodít a bola preukázaná ich dostatočnosť. Bol posudzovaný výcvik personálu a akcieschopnosť pri potrebe zasahovať na dvoch blokoch a boli navrhnuté potrebné opatrenia.

Na preverenia a potvrdenie konzervatívnych vlastností projektu elektrárne boli realizované od 1.4 2011 do 25.10.2011 neštandardné testy vybraných bezpečnostne dôležitých zariadení, ako napríklad skúšky a testy zariadení na napájanie elektrickou energiou a zariadení na konečné dochladzovanie reaktorov. Súčasťou testov bolo posudzovanie a precvičovanie schopností personálu reagovať na udalosti vyvolané extrémnymi podmienkami. Prehľad testov je uvedený v nasledujúcej tabuľke.

7. SUMÁRNE ZHODNOTENIE

Skúška priechodnosti havarijného odvodušenia reaktora a parogenerátora počas generálnej opravy
Skúška otvorenia prepoja medzi miestnosťou motorov HCČ a boxom parogenerátorov
Skúška doplnenia BSVP zo žlabov barbotážneho kondenzátora
Skúška dodávky elektriny z 3. zdroja napájania vlastnej spotreby EBO z VE Madunice
Skúška priechodnosti trasy z náhradného zdroja NV priamo do PG
Dlhodobá 72 hodinová skúška DG
Skúška obnovenia dodávky vody mobilným zdrojom do PG
Skúška priechodnosti benzínových čerpadiel z bazénov veží CCHV do systému TVD
Skúška vychladenia bloku systémom RHR
Skúška havarijného odčerpávania vody požiarňmi čerpadlami zo zatopených priestorov
Skúška minimálneho otváracieho tlaku PVKO
Preverka priestorov, kde sa nachádzajú časti havarijných bezpečnostných systémov pod úrovňou terénu z hľadiska možnosti zatopenia počas extrémnych dlhotrvajúcich dažďov
Preverka bariér proti prienikom vody medzi priestormi vnútri JE
Preverka priechodnosti dažďovej kanalizácie. Preverka stavu bariér brániacich prieniku vody z vonkajšieho terénu do priestorov elektrárne pri extrémnych dlhotrvajúcich dažďoch a preverka dodávky vody do JE pri externých extrémnych udalostiach

Okrem týchto neštandardných testov bolo vykonaných niekoľko plánovaných protihavarijných cvičení personálu EBO3,4 aj v súčinnosti s dozornými orgánmi, štátnou správou a krajskými krízovými štábmi v oblasti ohrozenia JE. Tieto cvičenia boli zamerané na overovanie postupov riešiacich problematiku súvisiacu s externými udalosťami.

Uskutočnilo sa niekoľko pracovných stretnutí kvýmene informácií zo záťažových testov a z navrhovaných opatrení v rámci klubu VVER, s účasťou JE Dukovany, Pakš, Loviisa, Bohunice 3,4, EMO 1,2 a MO 3,4. V rámci WANO MC bolo zorganizované rokovanie aj ďalšími prevádzkovateľmi blokov VVER. Boli analyzované možnosti zahraničnej kooperácie a spolupráce pri riešení extrémnych situácií v niektorej z partnerských JE s blokmi VVER 213. Medzi uvažované formy koordinácie a spolupráce patrí napríklad jednotné riešenie hardwarových podporných systémov, ktoré by umožnilo transport potrebného zariadenia medzi elektrárnami, profesionálnu/ personálnu podporu a podobne.

Napriek preukázaným bezpečnostným rezervám a robustnosti základného projektu V213, potvrdenej viacerými neštandardnými testami, a napriek preukázanej schopnosti personálu JE zvládať neštandardné situácie vyvolané extrémnymi externými udalosťami je možné konštatovať, že pre niektoré vysoko nepravdepodobné situácie existuje možnosť ďalšieho zvyšovania bezpečnosti JE a zlepšenie havarijnej odozvy prijatím vhodných opatrení, ktoré boli identifikované a sú uvedené v tomto dokumente. Cieľom

opatrení je systematické posilňovanie ochrany do hĺbky v situáciách analyzovaných v súlade so zadáním projektu stres testov. Opatrenia

Na základe analýz boli identifikované opatrenia, ktorých cieľom je zlepšenie ochrany do hĺbky v situáciách vyvolaných extrémnymi externými podmienkami. Navrhnuté opatrenia sú rozdelené na krátkodobé a strednodobé. Oblasť vyžadujúce opatrenia vyplynuli z realizovaných neštandardných testov, protihavarijných cvičení personálu, z vykonaných analýz a prehodnotenia existujúcej dokumentácie počas stres testov. V prehľadnej tabuľkovej forme sú identifikované oblasti pre zlepšenia a plán implementácie nápravných opatrení uvedené v kap. 7 tejto správy.

Analýza ukazuje, že najväčším príspevkom k bezpečnosti proti strate podporných funkcií je zvýšenie redundancie zdrojov elektrického napájania, predovšetkým pre zlepšenie schopnosti monitorovať bezpečnostné funkcie. Druhým najväčším prispievateľom k bezpečnosti je zvýšenie zálohovania zdrojov napájacej vody pri seizmickej udalosti a pri udalosti Station blackout.

V oblasti riadenia ťažkých havárií bude potrebné po ukončení súčasného projektu implementácie SAM analyzovať jeho dostatočnosť z hľadiska podpory riešenia ťažkej havárie súbežne na dvoch JE.

8.IDENTIFIKOVANÉ OBLASTI PRE ZLEPŠENIE A PLÁN IMPLEMENTÁCIE NÁPRAVNÝCH OPATRENÍ A ANALÝZ

8. IDENTIFIKOVANÉ OBLASTI PRE ZLEPŠENIE A PLÁN IMPLEMENTÁCIE NÁPRAVNÝCH OPATRENÍ A ANALÝZ

8.IDENTIFIKOVANÉ OBLASTI PRE ZLEPŠENIE A PLÁN IMPLEMENTÁCIE NÁPRAVNÝCH OPATRENÍ A ANALÝZ

Oblasti, v ktorých bola identifikovaná možnosť zlepšiť ochranu do hĺbky pri udalostiach vyvolaných nadprojektovými extrémnymi externými udalosťami a rozsiahlou stratou podporných funkcií, sú uvedené v nasledujúcich tabuľkách. Tabuľky obsahujú aj tie oblasti, v ktorým je potrebné vypracovať doplňujúce analýzy, nakoľko neboli k dispozícii v čase vykonávania hodnotení.

Tab. 8.1.1- 1.: Kapitola 2 - Zemetrasenie

Identifikovaná oblasť pre zlepšenie	Opatrenie	Termín (krátkodobé I /strednodobé II/ dlhodobé III)	Poznámka
Seizmické hodnotenie lokality	Preveriť možnosť prehodnotenia seizmického ohrozenia lokality (PGA)	II	
Seizmická odolnosť SKK	Posúdenie rezerv pri vyhodnocovaní odolnosti SKK (HCLF)	I	Zrealizované
Analýzy	Posúdiť potrebu spracovania seizmickej PSA	II	
Analýzy	Aktualizovať logistické zabezpečenie transportu do JE po extrémnej seizmickej udalosti	II	

Tab. 8.1.1- 2.: Kapitola 3 - Záplavy

Identifikovaná oblasť pre zlepšenie	Opatrenie	Termín (krátkodobé I /strednodobé II/ dlhodobé III)	Poznámka
Analýzy	Zabezpečiť dopracovanie správy SHMÚ pre lokalitu SE-EBO.	I	Realizuje sa
Analýzy - BS	Dopracovať PpBS SE-EBO pre externé a interné nebezpečenstvá v súlade s medzinárodnými štandardami	I	Realizuje sa
Zlepšenie prevádzkových predpisov	Vypracovať postupy na udržiavanie prevádzkyschopnosti dažďovej, priemyselnej a splaškovej kanalizácie vrátane udržiavania čistoty striech.	I	
Zlepšenie prevádzkových predpisov	Zhotoviť postupy pre odstraňovania následkov záplav pri obnovovaní prevádzkyschopnosti postihnutých SKK.	II	
Zlepšenie prevencie interných indukovaných záplav	Vybudovať pasívnu ochranu na zabezpečenie dotknutých objektov proti prieniku vody.	II	Realizuje sa

7. SUMÁRNE ZHODNOTENIE

Zlepšenie prevencie interných záplav vyvolaných externou záplavou	Do času zavedenia trvalých technických opatrení a úprav zabezpečiť pre dotknuté stavebné objekty materiál na eliminovanie natekania vody do týchto objektov (vrecia s pieskom).	I	Zrealizované
Zlepšenie prevádzkových predpisov	Aktualizovať postupy na udržiavanie dažďovej, priemyselnej a splaškovej kanalizácie v areáli, na strechách budov.	I	

Tab. 8.1.1- 3.: Kapitola 4 – Extrémne meteorologické podmienky

Identifikovaná oblasť pre zlepšenie	Opatrenie	Termín (krátkodobé I /strednodobé II/ dlhodobé III)	Poznámka
Analýzy	Zabezpečiť dopracovanie správy SHMÚ pre lokalitu SE-EBO.	I	Realizuje sa
Analýzy - BS	Dopracovať PpBS SE-EBO pre externé a interné nebezpečenstvá v súlade s medzinárodnými štandardami	I	Realizuje sa
Zvýšenie spoľahlivosti podporného systému	Analyzovať klimatizáciu miestnosti rozvádzačov pre DG 1QX v SO530, Dieselgenerátorová stanica a prijať prípadné technické preventívne opatrenia	II	
Zlepšenie prevencie	Doplniť do predpisu pre pochôdzkové kontroly Dieselgenerátorovej stanice, že počas teplôt -20°C a nižších potrebné venovať zvýšenú pozornosť stavu sacích žalúzií a výfukov a vznikajúcu námrazu odstraňovať.	I	
Zlepšenie prevencie	Preveriť a zrealizovať preventívne opatrenia pre udržanie hasičskej a inej podpornej techniky a rezervných zdrojov v prevádzkyschopnom stave pri extrémne nízkej teplote	II	
Analýzy	Zabezpečiť posúdenie všetkých strešných konštrukcií podľa Eurokódu	II	
Analýzy	Aktualizovať námrazovú mapu na eurokódmi definovanú charakteristickú hodnotu klimatického zaťaženia	II	
Zlepšenie prevencie	Doplniť do predpisu pre pochôdzkové kontroly Dieselgenerátorovej stanice, že počas teplôt -20°C a nižších potrebné venovať zvýšenú pozornosť stavu sacích žalúzií a výfukov a vznikajúcu námrazu odstraňovať.	I	

Tab. 8.1.1- 4.: Kapitola 5 – Strata elektrického napájania a konečného odvodu tepla

Identifikovaná oblasť pre zlepšenie	Opatrenie	Termín (krátkodobé I /strednodobé II/ dlhodobé III)	Poznámka
Zvýšenie redundancie elektrických zdrojov napájania	Zabezpečiť DG 0,4kV pre dobíjanie AKU batérií a napájanie vybraných spotrebičov bloku počas SBO vrátane úprav TB11, 12D01 umožňujúcich ich použitie počas SBO.	I	Prebieha obstarávanie
Zvýšenie redundancie zdrojov napájacej vody	Zabezpečiť vysokotlaký zdroj napájacej vody PG prevádzkyschopný počas SBO s minimálnym prietokom 20-25t/h pre jeden blok a tlakom 6MPa a zabezpečiť logistiku zásobovania zdroja	I	Prebieha obstarávanie
Zlepšenie prevencie a zvýšenie redundancie zdrojov	Vypracovať postup a odskúšať obnovenie zaisteného napájania II. kategórie z DG JE V-1	II	
Zlepšenie prevencie a zvýšenie kapacity zdrojov	Zabezpečiť opatrenia na zníženie spotreby havarijného osvetlenia, vrátane možnosti vypínania nepotrebných častí	II	
Analýzy	Získať údaje dokumentujúce správanie sa upchávok HCČ pri dlhodobom výpadku chladenia (viac ako 24h)	II	
Zlepšenie prevencie a zvýšenie kapacity zdrojov	Zabezpečiť monitorovací systém kapacity akumulátorových batérií	II	
Zlepšenie predpisov	Posúdiť dopracovanie predpisov pre extrémne externé udalosti s dopadom na dva bloky	II	
Personálne zabezpečenie	Posúdiť personálne zabezpečenie na zmene z hľadiska odozvy na extrémne externé udalosti s dopadom na dva bloky, majúce za následok SBO resp. UHS.	II	
Výcvik personálu	Vypracovať programy pre testy a výcvik personálu pre situácie vyvolané extrémnymi externými udalosťami s dopadom na dva bloky (doplňovanie PG, havarijné doplňovanie TVD, obnovovanie elektrického napájania a pod.).	II	

Tab. 8.1.1- 5.: Kapitola 6 – Riadenie ťažkých havárií

Identifikovaná oblasť pre zlepšenie	Opatrenie	Termín (krátkodobé I /strednodobé II/ dlhodobé III)	Poznámka
Analýza	Po ukončení implementácie SAM analyzovať dostatočnosť jeho riešení pre zvládnutie ťažkej havárie na dvoch blokoch a navrhnúť opatrenia v súlade s požiadavkami	III	
Personálne zabezpečenie	Posúdiť personálne zabezpečenie na zmene a v HRS z hľadiska odozvy na ťažkú haváriu na dvoch blokoch	II	
Analýza	Analyzovať zlepšenie logistického zabezpečenia pre podmienky extrémnych externých udalostí a ťažkých havárií s dopadom na dva bloky, za predpokladu požadovanej autonómnosti lokality 72 hod	II	
Analýza	Analyzovať dostatočnosť a preveriť aktuálnosť zmluvného zabezpečenia podpory zo strany externých organizácií	I	
Analýza	Pokračovať v koordinácii technickej a organizačnej odozvy na extrémne udalosti a ťažké havárie s partnerskými JE V213 (EDU, Pakš)	II	

PRÍLOHA 1

Deterministické vyhodnocovanie plnenia bezpečnostných funkcií „metóda konfiguračnej matrice“

Metodika pre vyhodnocovanie plnenia štyroch hodnotených bezpečnostných funkcií je založená na aplikácii princípov Ochrany do hĺbky (OdH) (3. a 4. úroveň) pre stavy JE vyvolané nadprojektovou externou udalosťou (BDB EE) alebo ich zdôvodniteľnou kombináciou (t.j. kauzálnou). Preverované bezpečnostné funkcie v zmysle zadania sú:

- Odvod tepla z AZ reaktora,
- Odvod tepla z bazénu skladovania vyhoreného paliva (BSVP),
- Integrita kontainmentu (= odvod tepla z kontainmentu + izolácia kontainmentu + prevencia vysokoenergetických interných javov súvisiacich s generáciou vodíka)
- Podkritičnosť AZ reaktora
- Podkritičnosť BSVP

Systematické zhodnotenie odozvy JE na BDB EE a ich prípadné kombinácie, s dôrazom na dlhodobý vývoj podmienok na JE a na identifikáciu „cliff-edge“ efektov pri zabezpečovaní dôležitých podporných funkcií (jednosmerné a striedavé napájanie, chladenie TVD, ...) a cez ne samotných bezpečnostných funkcií prekračuje možnosti informačných zdrojov, ktoré sú v súčasnosti k dispozícii (PP, BS, PSA L1- L2, špecifické bezpečnostné analýzy na podporu EOP/ SAMG, ...). V dostupných analýzach pre hodnotenie OdH na prechode medzi 3. úrovňou na a 4. úrovni sa v rôznom rozsahu uvažujú nielen systémy bezpečnostné ale aj systémy normálnej prevádzky. Z hľadiska dopadu externých udalostí na pohotovosť systémov sa doposiaľ uvažovali udalosti iba v rozsahu DB a aj kvalifikácia komponentov z hľadiska externých udalostí sa hodnotila iba pre rozsah DB EE. Z tohto dôvodu v súčasnosti chýbajú informácie o odozve JE na BDB EE a aj na interné iniciačné udalosti vyvolané BDB EE, ak pohotovosť a prevádzkyschopnosť komponentov a systémov, predstavujúcich v analýzach bezpečnosti počiatočné a okrajové podmienky, je narušená ako následok BDB EE.

Z tohto dôvodu Stres testom definovaným ako hodnotenie zraniteľnosti JE (resp. zraniteľnosti vybraných bezpečnostných funkcií) pri BDB EE musí predchádzať systematické posúdenie zraniteľnosti kľúčových komponentov systémov normálnej prevádzky a bezpečnostných systémov zabezpečujúcich plnenie kritických bezpečnostných funkcií v priebehu udalosti iniciovanej hypotetickou BDB EE. Túto analýzu je potrebné vykonať pre všetky prevádzkové režimy bloku. Strata prevádzkyschopnosti kľúčových komponentov sa totiž premietne do straty prevádzkyschopnosti príslušného systému, majúce za následok zníženie stupňa zálohovania, alebo definitívnu stratu, schopnosti zabezpečovať plnenie niektorej z kritických bezpečnostných funkcií. Je potrebné zdôrazniť, že ak sa na 3. a 4. úrovni OdH uvažujú systémy normálnej prevádzky a aj bezpečnostné systémy, je počiatočná redundancia zabezpečenia bezpečnostných funkcií relatívne vysoká, ako je možné vidieť z predpisov pre normálnu prevádzku a predovšetkým z EOP.

Prevod hodnotenia zraniteľnosti kritických bezpečnostných funkcií u JE ako celku na hodnotenie zraniteľnosti vybraných komponentov, systémov a konštrukcií (SKK) je ekvivalentný iba vtedy, ak BDB EE alebo ich kombinácia nevyvolá ako závislé zlyhanie niektorú internú udalosť, majúcu prevažujúci vplyv na ďalší vývoj. V takomto prípade by bolo potrebné hodnotenie vývoja udalosti rozšíriť o hodnotenie

zabezpečenia ďalších bezpečnostných funkcií. Napríklad pri silne nadprojektovom zemetrasení môže byť nielen ovplyvnená/ stratená prevádzkyschopnosť systémov pre odvod tepla z AZ/ BSVP a systémov potrebných pre riadenie podkritičnosti, ale môže vzniknúť aj následná netesnosť PO/ BSVP ako porucha vyvolaná iniciačnou udalosťou. V takomto prípade by bolo nevyhnutné skúmať aj ďalšie aspekty ovplyvňujúce bezpečnosť AZ, kontainmentu a paliva v BSVP, minimálne napríklad schopnosť zabezpečovať kritickú bezpečnostnú funkciu Riadenie inventáru chladiva. Takéto komplexné hodnotenie však nie je možné vykonať inžinierskou úvahou na základe dostupných informácií, ale sú nevyhnutné náročné bezpečnostné analýzy.

Z uvedených dôvodov hodnotenia v rámci stres testov nezahrňujú možnosť vzniku vyvolaných interných v dôsledku BDB EE alebo kombinácie. Jediným uvažovaným mechanizmom ohrozenia bezpečnostných funkcií sú straty prevádzkyschopnosti systémov, ktoré ich zabezpečujú. Z hľadiska fenomenologickej charakteristiky udalosti sa teda jedná o typ Tranzient, t.j. udalosť s narušením odvodu tepla a udalosť „strata podkritičnosti/ sekundárna kritičnosť“. Hodnotenie „cliff edge“ efektov, obnovovacích zázkrokov a ich realizovateľnosti, etáp vývoja udalosti a časových rezerv musí zohľadňovať reálne podmienky vyvolané hypotetickou externou udalosťou. Kľúčové komponenty/ systémy/ konštrukcie sú ovplyvnené priamo (napr. zlyhanie v dôsledku zaplavenia) alebo nepriamo (napr. stratou napájania alebo iných podporných funkcií).

Súčasná architektúra PSA štúdií JE V2 a EMO12, predovšetkým rozsah zahrnutia systémov normálnej prevádzky, neumožňuje ich využitie pre identifikáciu VŠETKÝCH REDUNDANTNÝCH kombinácií SSK, umožňujúcich zabezpečovanie uvažovaných bezpečnostných funkcií aspoň krátkodobo alebo dočasne. Hlavným dôvodom je aplikácia princípu minimálnej požadovanej schopnosti vykonávať funkciu, tzv. „mission time“, aspoň 24 hodín.

Preto musia byť analýzy v rámci Stres testov založené na deterministickej základni a musia mať k dispozícii vhodné, pre tento účel optimalizované, podporné nástroje.

Požiadavky kladené na podporný deterministický systém (databázu) umožňujúcu identifikovať všetky množiny kľúčových SKK a v závislosti na jej závažnosti vyhodnocovať dopad BDBEE na kľúčové komponenty JE a tým monitorovať zvyškové prevádzkyschopné množiny komponentov zabezpečujúcich kritické bezpečnostné funkcie je možné zhrnúť nasledujúcim spôsobom:

- Databáza musí byť nástrojom umožňujúcim systematické a prehľadné monitorovanie/ vyhodnocovanie prevádzkyschopnosti kombinácií kľúčových komponentov zabezpečujúcich konkrétne BF. V rámci tejto metodiky sa pre tieto kombinácie zavádza pojem KONFIGURÁCIE a konfigurácie sú zostavené v KONFIGURAČNÚ MATRICU z jednotlivých použiteľných SKK.
- Zraniteľnosť komponentov (a teda nimi tvorených konfigurácií) sa hodnotí realisticky porovnávaním identifikovaných alebo odhadnutých rezerv vo vzťahu k podmienkam, ako seizmickému namáhaniu, teplote a vlhkosti, predpokladom prevádzkyschopnosti je tiež dostupnosť ich podporných funkcií a napájania, chladenia a pod.
- Do hodnotenia sú zahrnuté všetky realisticky použiteľné resp. realisticky nastaviteľné konfigurácie, a to vo všetkých prevádzkových režimoch JE
- Postupné deterministické zvyšovanie závažnosti BDB EE a monitorovanie dopadov na prevádzkyschopnosť konfigurácií pokračuje dovtedy, kým nepríde k strate všetkých konfigurácií zabezpečujúcich aspoň podmienične a časovo obmedzene konkrétnu bezpečnostnú funkciu

- Konfigurácie sú identifikované na základe predpisov pre normálnu prevádzku, BS (obsahujúcej udalosti v rozsahu DB riešené konzervatívne činnosťou bezpečnostných systémov – OdH na 3. úrovni) a EOPs (udalosti DB a BDBA riešené realisticky ODH na prechode 3. A 4. úrovni). Vzhľadom na to, že implementácia SAMG nie je ukončená, nie sú pre účely tejto štúdie identifikované konfigurácie na 4. úrovni OdH.
- Dopady extrémnych podmienok na riadenie ťažkých havárií vzhľadom na previazanosť a komplexnosť väzieb medzi SAM systémami musia byť pojednané iným spôsobom samostatne.

I. Postup tvorby databázy - fázy:

- Identifikácia všetkých konfigurácií SSK** – identifikácia všetkých realizovateľných prepojení SSK, ktoré umožňujú udržiavať konkrétnu bezpečnostnú funkciu aspoň dočasne. Časový interval, počas ktorého konfigurácia dokáže funkciu zabezpečovať je jedným z hodnotených parametrov. Každá konfigurácia je definovaná minimálnou množinou SSK, ktorá postačuje pre udržiavanie bezpečnostnej funkcie, napr. nádrže, čerpadlá, potrubia, ventily, tepelné výmenníky, ... Konfigurácie sa identifikujú pre všetky prevádzkové režimy a pre všetky bezpečnostné funkcie.

Poznámka: Neaplikuje sa žiaden minimálny dolný časový limit pre požadovanú prevádzkyschopnosť, ako napríklad "mission time" v PSA štúdiách.

Poznámka 1: Zdrojom podkladov pre zostavovanie konfigurácií pre nadprojektové externé podmienky sú predovšetkým symptómovo orientované EOP. Je potrebné zdôrazniť, že EOP ako relatívne vysokoúrovňový dokument neobsahuje všetky detaily týkajúce sa spôsobu nastavovania konfigurácií a potenciálnych obnovovacích činností a podobne, takže v tejto fáze je nevyhnutný inžiniersky odhad a prevádzkové skúsenosti.

Poznámka 2: Počet nastaviteľných základných konfigurácií je vysoký, čo poskytuje veľký priestor a flexibilitu pre ich výber, pokiaľ nie je ich prevádzkyschopnosť ovplyvnená. Počet možných stratégií udržiavania resp. obnovovania bezpečnostných funkcií významne prekračuje počet „front-line“ stratégií zahrnutých v PSA L1 alebo konzervatívnych analýzach BS, založených na využívaní výlučne bezpečnostných systémov.

- Identifikácia konfigurácií podporných systémov** – SSK systémov zabezpečujúcich elektrické napájanie a ostatné podporné funkcie (chladenie, dodávka médií, ..) sú zoskupované a uvažované analogicky ako u systémov priamo realizujúcich bezpečnostné funkcie

Poznámka 3: Prevádzkové režimy sú z praktických dôvodov zoskupené do 3 skupín:

- Hodnotenia bezpečnostných funkcií aktívnej zóny reaktora
 - Výkonová prevádzka – polohorúci stav,
 - Studený odstavený, neroztesnený
 - Studený odstavený a roztesnený – výmena paliva.
- Hodnotenia bezpečnostných funkcií bazénu skladovania vyhoreného paliva
 - Oddelený od bazénu výmeny (počas kampane alebo počas VP)
 - Prepojený s bazénom výmeny počas VP

Bezpečnostné funkcie pre BSVP sú zabezpečované samostatnou skupinou konfigurácií vo väčšine prevádzkových režimov bloku, okrem časovo obmedzeného intervalu počas výmeny paliva, kedy je možné niektoré BF riešiť spoločne s AZ reaktora (napríklad odvod tepla).

- c. **Odhad kapacity jednotlivých konfigurácií** – realistický odhad času, počas ktorého konfigurácia je schopná vykonávať svoju funkciu a stanovenie podmienok jej použiteľnosti (vzhľadom na predchádzajúci vývoj situácie, prevádzkový režim bloku a na relevantné technické obmedzenia atď.).

Poznámka: Jednotlivé skupiny konfigurácií sa významne líšia z hľadiska kapacity zdrojov (napríklad prietok médií a celkový objem chladiva), z hľadiska „robustnosti“ (počet a kvalifikácia jednotlivých komponentov) a rezerv pre konkrétny prevádzkový režim (bilancia medzi požiadavkami a kapacitou).

- d. **Zostavenie zoznamu všetkých kľúčových komponentov** (vytvorenie zoznamu všetkých komponentov, ktoré sa vyskytujú aspoň v jednej konfigurácii)

Poznámka: Zoznam komponentov sa tvorí paralelne v etape identifikovania a odhadu kapacity konfigurácií.

- e. **Identifikácia kvantitatívnych charakteristík prehodnotenie zraniteľnosti komponentov zahrnutých v zozname komponentov** – identifikovanie (rešerš, inžiniersky odhad, analýza, ...) všetkých charakteristík komponentov, ktoré sú reprezentatívne pre hodnotenie dopadu BDB EE na systémy JE (parametre zraniteľnosti)

Poznámka 1: Charakteristiky a z nich vyplývajúce rezervy sú systematicky vyhľadávané v existujúcej dokumentácii (napr. existujúce seizmické údaje pre seizmický ostrov a ostatné systémy, kvalifikačné údaje nachádzajúce sa v špecifikáciách systémov a pod.), zisťované pochôdzkovou kontrolou (výškové rezervy komponentov do zaplavenia), odhadnuté inžinierskym posudkom atď.

Tab. 8.1.1- 6.: Kvantitatívne reprezentatívne charakteristiky komponentov vo vzťahu k BDB EE:

Vlastnosť zariadenia	Zozbierané údaje		
Umiestnenie	Budova	Podlažie	Miestnosť
El. napájanie	Rozvádzač (až po najvyššiu úroveň)		
Záplava	Min. hladina v miestnosti spôsobujúca zlyhanie zariadenia [cm]		
Kvalifikácia	Odolnosť voči striekajúcej vode (áno/nie)	Prevádzkyschopnosť po zaplavení (áno/nie)	Odolnosť voči vlhkému prostrediu (áno/nie)
Odolnosť seizmická	Max. hodnota zrýchlenia [g]	Seizmická trieda	
Odolnosť voči parametrom prostredia	Max. teplota [°C]	Min. teplota [°C]	
Ovládanie diaľkové elektrické	BD (áno/nie)	ND (áno/nie)	Miestne (deblokačná skrinka) - (áno/nie)
Umiestnenie ručného ovládania (kolečko)	Miestnosť	Podlažie	

Poznámka: Uvažujú sa aj podporné funkcie nevyhnutné pre prevádzku komponentu (chladenie, mazanie, tlakový vzduch, ...)

- f. **Zoskupovanie konfigurácií do skupín** – zoskupovanie konfigurácií do skupín s podobnými kapacitnými rezervami vzhľadom na konkrétnu bezpečnostnú funkciu, s cieľom zvýšiť prehľadnosť databázy a výstupov
- g. **Verifikácia konfigurácií** – verifikácia databázy konfigurácií z hľadiska kompletnosti, verifikácia parametrov komponentov reprezentujúcich ich zraniteľnosť pri BDB EE, odhadu kapacít konfigurácií a podobne
- h. **Vývoj vhodného užívateľského rozhrania databázy** – optimalizácia rozhrania vzhľadom na očakávané vstupy a výstupy

II. Aplikácia databázy pri hodnotení zraniteľnosti JE na BDB EE

1. **Zadanie závažnosti BDB EE** - BDB EE resp. kombinácie sú zadávané do databázy ako kvantitatívne parametre reprezentujúce ich hlavný dopad na systémy JE – deterministický vstup
2. **Identifikácia zvyšných konfigurácií zabezpečujúcich bezpečnostné funkcie** – automatické vyhodnocovanie zlyhaných SSK (databáza vylúči konfigurácie, u ktorých sú pre dané kvantitatívne parametre BDB EE u niektorej z SSK prekročené rezervy alebo SSK stratí podporné funkcie).

Poznámka 1: V tomto kroku sa generuje zoznam zvyšných prevádzkyschopných konfigurácií ale súčasne sa monitoruje aj zoznam potenciálne obnoviteľných konfigurácií (konfigurácií s malým počtom zlyhaných komponentov, ktoré je možné obnoviť zásahmi AM).

Poznámka 2: V tomto kroku sa vyhodnocuje časový interval/ okno, počas ktorého zvyškové konfigurácie zabezpečujú bezpečnostné funkcie a sleduje sa časový sled „cliff edge“ skokov ako funkcia závažnosti BDB EE

3. **Analýza potenciálnych obnovovacích zásahov a možnosť HW rozšírení** – pri iteratívnom zopakovaní krokov 1) – 2) sa okrem hodnotenia zraniteľnosti posudzujú aj možnosti personálu spadajúce do AM – posudzuje sa realizovateľnosť plánovaných obnovovacích zásahov pre opätovné uvedenie konfigurácií do prevádzkyschopného stavu v reálnych podmienkach BDB EE danej závažnosti, dostatočnosť zdrojov a logistického zabezpečenia a možnosť/ potreba HW úprav resp. inštalácia nového HW. Tieto hodnotenia sú založené na inžinierskej úvahe a existujúcich zdrojoch informácií.
4. **Identifikovanie definitívnej BDB EE** – iteratívne zvyšovanie závažnosti BDB EE v slučke tvorenej krokmi 1) a 3) umožňuje zistiť, pri akých parametroch BDB EE je bezpodmienečne stratená schopnosť zabezpečiť konkrétnu bezpečnostnú funkciu v danom prevádzkovom režime JE, pretože sú neprevádzkyschopné a neobnoviteľné všetky konfigurácie – definitívna BDB EE pre danú bezpečnostnú funkciu.