

Technická správa

Predprevádzková bezpečnostná správa

Kapitola 05.06 Ľudské faktory centier riadenia a ovládania

Stavba: Dostavba 3. a 4. blok JE Mochovce, stavenisko: Jadrová časť

Construction: 3&4 Unit NPP Mochovce Completion, site: Nuclear Island

Stavebník: Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3. a 4. blok JE Mochovce

Constructor: Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3&4 Unit NPP Mochovce

SE Rev	Date / Dátum	LC	IS	Supervision Outcome / Stav schválenia	Supervised by / Overil	Checked by / Kontroloval	Approved by / Schválil
 SLOVENSKÉ ELEKTRÁRNE				Language / Jazyk	S	Safety Class / Bezpečnostná trieda	N
				Submitted to Client to / Predložené odberateľovi na:	Approval / Schválenie	Information Only / Len na informáciu	Company use/P
				The SE a.s. approval refers to the contract clauses only. All design responsibilities are charged to the Contractor / Schválenie SE a.s. sa vzťahuje iba na zmluvné náležitosti. Za vypracovanie projektu nesie dodávateľ plnú zodpovednosť.			
EPS No / Číslo EPS: PNM34360053		Revision index / Index revízie: 08		Size / Veľkosť	Activity Code / Aktivita	Type / Subtype Typ / Podtyp	Discipline / Profesia
File name / Názov súboru:		SE doc. Code / SE číslo dokumentu: PNM34361024		A4	6.01	RS	Z
 * P N M 3 4 3 6 1 0 2 4 0 8 *				Sheet / List	Of / z	Plant System / Systém elektrárne	Plant Unit / Blok elektrárne
				1	47	Component / Komponent	

SE Contract No. / Číslo zmluvy SE: 4600003952				VUJE Contract No. / číslo zmluvy VUJE: 1719/00/09			
Part name / Označenie časti: PNM3436102408_S_C00_V				Issued on / Vydané dňa: 12.07.2019			
Kód citlivosti ¹⁾ / Sensitivity code ¹⁾	3	Name / Meno	Organization / Organizácia	Dept. / Útvar	Date / Dátum	Signature / Podpis	
Author / Vypracoval:	•	•	• VUJE, a.s.	• 0620	• 12.07.2019	•	
Co-author / Spolupracoval:	•	•	•	•	•	•	
Checked by / Kontroloval:	•	•	• VUJE, a.s.	• 0220	• 12.07.2019	•	
Verified by / Overil:	•	•	• VUJE, a.s.	• 0720	• 12.07.2019	•	
Approved by / Schválil:	•	•	• VUJE, a.s.	• 1703	• 12.07.2019	•	

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

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

Revision record / Záznam o revízii

Identification / Identifikácia (part/page/chapter/ member/section) (časť/strana/kapitola/ článok/odstavec)	Brief description of modification / Stručná charakteristika úpravy (description of modification and manner of implementation) (popis úpravy a spôsobu zapracovanie)	Reason of modification / Dôvod úpravy (author company, number of comments or other stimulation, name of author, comment document No.) (firma autora a číslo pripomienky, resp. iný podnet, meno autora, č. dokumentu pripomienok)
• Whole document	• UJD comments incorporation according to Aarhus convention	• In accordance with PNM34482979 document
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•

List of document part

Zoznam častí dokumentu

Por. č. No.	Názov dokumentu Document name	Ev. č. súboru časti dokumentu / File ref. No. of document part	Číslo revízie / Revision No.
1.	• Kapitola 05.06 Ľudské faktory centier riadenia a ovládania	• PNM3436102408_S_C00_V	• 08
2.	• Kapitola 05.06 Ľudské faktory centier riadenia a ovládania	• PNM3436102408_S_C01_V	• 08
3.	•	•	•
4.	•	•	•
5.	•	•	•
6.	•	•	•
7.	•	•	•
8.	•	•	•
9.	•	•	•
10.	•	•	•
11.	•	•	•

OBSAH

OBSAH	1
ÚVOD.....	2
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ.....	3
5.6.1 ZOHLADNENIE ĽUDSKÝCH FAKTOROV VO VYKONÁVACOM PROJEKTE	4
5.6.1.1 Normy použité v projekte	4
5.6.1.2 Popis hybridnej BD/ND MO34	5
5.6.1.3 Ergonómia hybridnej BD/ND MO34	6
5.6.1.3.1 Pracoviská na BD/ND	12
5.6.1.3.2 Panely SICS	24
5.6.1.3.3 Displeje PICS.....	30
5.6.1.3.4 Alarmy.....	35
5.6.1.3.5 Iné priestory pre personál	38
5.6.2 TECHNICKÉ HODNOTENIE REALIZÁCIE BD/ND	38
5.6.2.1 Odolnosť voči jednoduchšej poruche	38
5.6.2.2 Odolnosť voči poruche zo spoločnej príčiny	39
5.6.2.3 Monitorovanie a riadenie v prípade neobývateľnosti BD	39
5.6.3 BEZPEČNOSTNÉ HODNOTENIE VYKONÁVACIEHO PROJEKTU BD/ND	39
LITERATÚRA	42
ZOZNAM OBRÁZKOV.....	44
ZOZNAM TABULIEK	44

ÚVOD

Táto technická správa je časťou PpBS pre MO34 a je vypracovaná v súlade s:

- Zákonom NR SR č. 541/2004 Z. z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- Vyhláškou ÚJD SR č. 31/2012 Z.z. ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška ÚJD SR č. 58/2006 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovenia dokumentácie jadrových zariadení potrebnej k jednotlivým rozhodnutiam
- BNS I.1.2/2008 Rozsah a obsah bezpečnostnej správy, ÚJD SR, Bratislava, 11/2008 s ohľadom na nový BNS I.1.2/2014
- Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-4.1, Viedeň, 5/2004

Je v nej posúdené, ako sú vo VP dodržané teoretické základy manažmentu ľudských faktorov, noriem a štandardov pre systémy styku človek-stroj (HMI) na centrách riadenia prevádzkových technologických procesov JE MO34.

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ

ASDR	Automatický systém dispečerského riadenia
BD	Bloková dozorňa
DOČ	Dobehové olejové čerpadlo
ESFAS	Systém spustenia ochrán bloku
EXCORE	Vonkajšie meranie neutrónového toku
HMI	Rozhranie človek – stroj
INCORE	Vnútročné meranie neutrónového toku
JE	Jadrová elektrárňa
KKS	Identifikačný kód systému
L'F	Ludský faktor
MO34	Mochovce bloky 3 a 4
ND	Núdzová dozorňa
OPO	Operátor primárneho okruhu
OSO	Operátor sekundárneho okruhu
PAMS	Systém pohavarijného monitorovania
PICS	Počítačový informačný a radiaci systém
PpBS	Predprevádzková bezpečnostná správa
QIP	Panel rýchlych zásahov
RCS	Regulátor výkonu reaktora
RRCS	Systém riadenia pohybu kaziet
RTS	Systém odstavenia reaktora
SICS	Bezpečnostný informačný a radiaci systém - panely
SKR	Systém kontroly a riadenia
TCS	Systém riadenia turbíny
TG	Turbogenerátor
ÚJD SR	Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky
VP	Vykonávací projekt
VRB	Vedúci reaktorového bloku

5.6.1 ZOHL'ADNENIE ĽUDSKÝCH FAKTOROV VO VYKONÁVACOM PROJEKTE

Centrá riadenia sú určené pre ovládanie výrobného procesu JE. Technické pokroky automatizácie posunuli operátorov z riadenia späťnaväzbových uzavretých okruhov do úlohy supervízneho dohľadu (najmä počas ustálenej prevádzky), pretože väčšinu kritických funkcií dnes vykonávajú automatické systémy riadenia. Kľúčová úloha centrálnej supervízie nad zložitou automatizovanou, ako aj ručne ovládanou technológiou, bude ale natrvalo patriť človeku, vďaka jeho intelektovým schopnostiam. Človek -operátor naozaj nie je perfektným senzorom, nerozhoduje sa vždy správne a nie je schopný mať nad všetkým absolútnu kontrolu. Má však tri nenahraditeľné schopnosti:

- vynikajúco postrehne signály medzi šumom,
- efektívne uvažuje v zložitých podmienkach neurčitosti, a má
- schopnosť abstrakcie a konceptuálnej analýzy.

Tieto schopnosti operátorov dávajú blokom JE taký stupeň flexibility, ktorý nateraz, a možno ani nikdy v budúcnosti, nebude môcť poskytnúť automatizácia. Dokážu nimi zvládnuť aj situácie, ktoré neboli predvídané/uvažované konštruktérmi zariadení, lebo sú inteligentní, majú schopnosť učiť sa zo skúsenosti a reagovať rýchlo a úspešne aj na nové situácie. Automatika to dokáže iba v úzko definovaných (algoritmizovateľných) oblastiach a situáciách. Tieto prednosti operátorov sa môžu efektívne uplatniť pri riadení technologických procesov len na vhodne navrhnutom pracovisku a pracovných podmienkach.

Pre spoľahlivý výkon operátorov na riadiacich centrách JE MO34 z hľadiska ľudských faktorov (ĽF) zaisťuje vykonávací projekt všetky požiadavky, menovite:

- Pracovnými podmienkami a biologickým komfortom operátorov vzhľadom na parametre pracovného prostredia akými sú teplota, vlhkosť, osvetlenie, hluk, vibrácie a v neposlednom rade čistota pracoviska a estetické riešenie interiéru riadiacich centier, ktorým bola vo vykonávacom projekte venovaná náležitá pozornosť a požiadavky na ne sú splnené, ako preukazujú dokumenty PpBS [14][18]
- Zobrazovaním informácií vo forme vhodne aktivujúcej a podporujúcej operátorov tvoriť si validné mentálne modely prevádzkových situácií a zachovať ich súlad s aktuálnym stavom prevádzky systémami PICS, SICS, Alarmovým systémom a účelovými riadiacimi systémami (QIP, TCS). Vid' [10][34]
- Vypracovaním prevádzkových predpisov a ich umiestnením na centrách riadenia. Prevádzkové predpisy sú opísané v PpBS, kap. 9.3 [19].

V súlade s Atómovým zákonom [38] boli taktiež zavedené náležité štruktúrované výcvikové programy pre pracovníkov JE MO34 (detailnejšie v [20], [21], [22], [23], [24], [25] a [26]).

5.6.1.1 Normy použité v projekte

Projekt BD/ND, bol vytvorený v súlade s princípmi uvedenými v nasledujúcich medzinárodných normách:

- IEC 60964 (2009) Nuclear power plants - Control rooms - Design
- KTA 3501(1985-2000) Reactor Protection System and Monitoring Equipment of the Safety System
- IEC 62241 (2004) Nuclear power plants - Main control room - Alarm functions and presentation

- IEC 60073 (2002) Basic and safety principles for main-machine interface, marking and identification–coding principles
- IEC 61772 (2009) Nuclear power plants - Main control room – Application of Visual Display Unit (VDU)
- ISO 11064-4 (2004) Ergonomic design of control centres – Part 4: Layout and dimension of work station
- ISO 11064-3 1999 Ergonomic design of control centres – Part 3: Control room layout
- IEC 61227 2008 Nuclear power plants - Control rooms – Operator controls,
- EN ISO 14738 (2002) Safety of machinery – Anthropometric requirements for the design of workstations at machinery
- EN ISO 7250-1 (2010) – basic human body measurement for technological design – Part 1

Konkrétne:

- Koncept alarmového systému zohľadňuje požiadavky štandardu IEC 60964.
Alarmy bezpečnostnej triedy S, I a II sú realizované podľa nemeckého štandardu KTA 3501 a opísané v dokumente „Všeobecný koncept alarmov“ (viď [29]).
Podľa štandardu IEC 60073 boli implementované návody zo štandardu IEC 60964 a požiadavky štandardu KTA 3501 pre kódovanie alarmov.
Podľa štandardu IEC 62241 boli implementované návody zo štandardu IEC 60964 a požiadavky štandardu KTA 3501 na kontrolu a manažment alarmov na paneloch a obrazovkách systémov SICS resp. PICS.
Podľa štandardu IEC 62241 boli implementované návody zo štandardu IEC 60964 a požiadavky štandardu KTA 3501 na zobrazovanie a manažment alarmov počítačového informačného a riadiaceho systému PICS.
- Ovládače, oznamovače a indikátory stavov sú vypracované v súlade so štandardom IEC 60964. Požiadavky nemeckého štandardu DIN19235 boli uplatnené v prípadoch, keď medzinárodné predpisy boli príliš všeobecné.
- Panely SICS (ich tvar, rozmiestnenie a tiež aj RPS panel) sú vypracované podľa požiadaviek štandardu IEC 60964.
- Displeje PICS sú vypracované podľa požiadaviek štandardov IEC 61772, IEC61227 a IEC 60964.
- Ergonomické aspekty pracovísk operátorov na BD zodpovedajú požiadavkám štandardu ISO 11064-4 a boli tiež zohľadnené požiadavky štandardu IEC 60964.
- Ergonomické aspekty rozmiestnenia panelov SICS vzhľadom na indikátory na nich a tiež aj umiestnenie prehľadových panelov voči pracoviskám operátorov sú vypracované podľa požiadaviek štandardov ISO 11064-3 a boli tiež zohľadnené požiadavky štandardu IEC 60964.

Prehľad normatívnych požiadaviek na centrá riadenia je uvedený v [35]. Navrhnutý systém človek - stroj pre BD/ND JE MO34 spĺňa všetky vyššie zdôraznené nároky.

5.6.1.2 Popis hybridnej BD/ND MO34

Bloková a núdzová dozorná na MO34 sú navrhnuté ako hybridné riadiace centrá, vybavené ako riadením pomocou počítačov (PICS), tak aj klasickými oznamovačmi a ovládačmi (SICS). Systém PICS [31], umožňuje monitorovanie všetkých meraných/snímaných prevádzkových parametrov a stavov zariadení bloku MO34 (kategórie A, B C aj nekategorizovaných) a ovládanie všetkých akčných členov plniacich funkcie

kategórií B, C alebo nekategorizovaných. Panely SICS umožňujú monitorovanie a riadenie všetkých systémov a zariadení bloku plniacich funkcie kategórie A a vybraných systémov a zariadení bloku plniacich funkcie kategórií B a C (pre kategóriu C ide o duplicitné ovládanie). Ich hlavným účelom je riadenie bloku v havarijných situáciách a v ďalších situáciách, ktoré vyžadujú ručné riadenie zariadení plniacich funkcie kategórie A, ako aj v situáciách, kedy riadenie z hlavných pracovísk nie je funkčné.

Zariadenia BD aj ND sú konštruované ako seizmicky odolné.

Pre detailný popis BD a ND pozri kapitoly 6.5.7 a 6.5.8 PpBS. Pre splnenie bezpečnostných cieľov poskytuje vybavenie BD a ND spoľahlivé informácie o prevádzkovom stave bloku, automatickej a ručnej aktivácii bezpečnostných systémov, ako aj zásahoch a činnosti posádky vzťahujúcich sa k jadrovej bezpečnosti v každom okamihu, zobrazovaním relevantných prevádzkových parametrov systémami PICS aj SICS.

5.6.1.3 Ergonómia hybridnej BD/ND MO34

Projekt BD/ND MO34 obsahuje nasledovné pracovné miesta, znázornené na Obr. 5.6 - 1 a Obr. 5.6 - 2:

- trvalo obsadené pracovisko OPO,
- trvalo obsadené pracovisko OSO,
- trvalo obsadené pracovisko VRB.

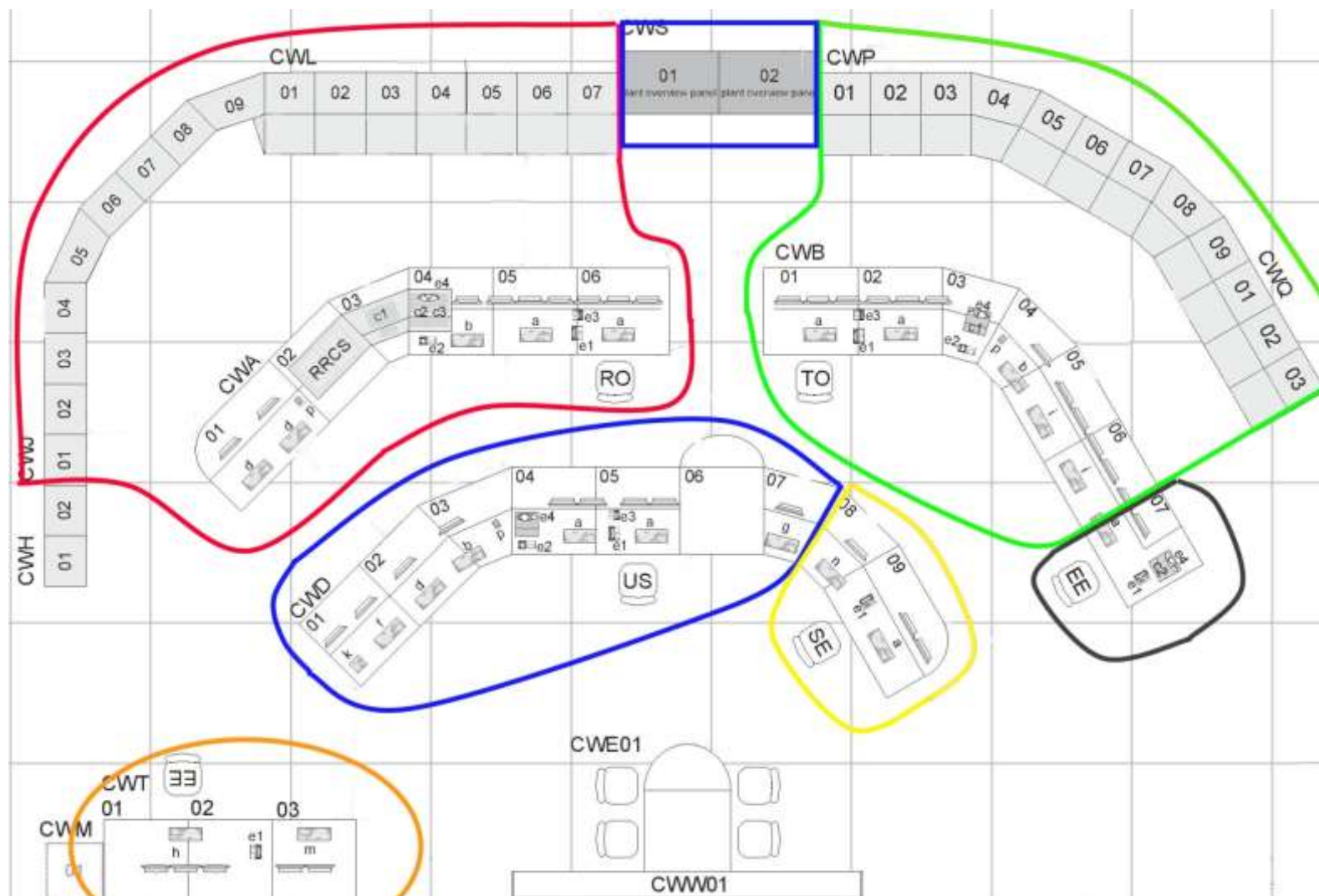
Na BD sú ďalej tieto nepravidelne využívané pracoviská:

- pracovisko elektro,
- pracovisko bezpečnostného inžiniera,
- pracovisko nezávislého manipulantu elektro).

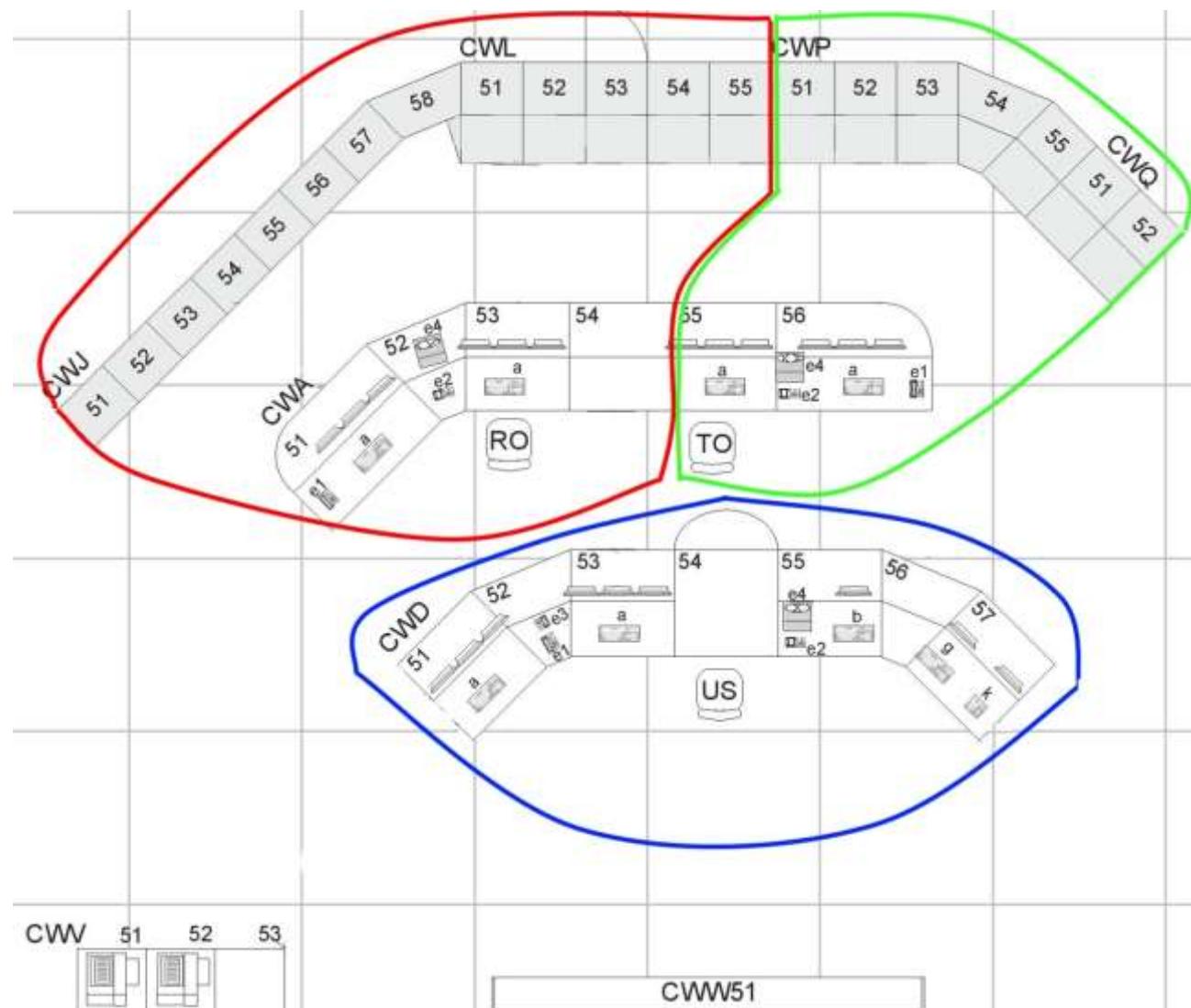
Pracovisko elektro a pracovisko nezávislého manipulantu elektro dovoľujú monitorovanie a ovládanie príslušných systémov. Pracovisko bezpečnostného inžiniera je umiestnené vedľa pracoviska VRB na spoločnom stole. Dovoľuje monitorovanie všetkých systémov bloku.

V strede prednej časti pracoviska VRB sa nachádza konferenčná zóna, ktorá sa môže využívať na priamu komunikáciu medzi VRB a operátormi BD/ND. Táto konferenčná zóna umožňuje rozloženie potrebnej dokumentácie počas prideľovania úloh, zlepšuje komunikáciu a zvyšuje efektivitu roly VRB.

Komunikácia v riadiacich centrách je rozhodujúca. Korektná komunikácia medzi členmi posádky je najdôležitejšia pre prijímanie správnych rozhodnutí a zvládnutie najzložitejších situácií. Ako bolo uvedené, konferenčná zóna zlepšuje práve tento aspekt. Všetky pracoviská sú primerane vybavené telefónmi, bezdrôtovými telefónmi a komunikačnými rozvádzačmi. Pracovisko VRB je vybavené aj mikrofónom závodného rozhlasu. V prípade havarijných situácií je nevyhnutná taktiež komunikácia medzi operátormi BD a operátormi havarijného podporného strediska (viď PpBS, kapitola 6.5.9 [27]).



Obr. 5.6 - 1 Pracoviská na BD



Obr. 5.6 - 2 Pracoviská na ND

Úlohy, ktoré vyžadujú rýchlu reakciu, vysokú presnosť a spoľahlivosť vykonania, sú pridelené stroju. Sú to predovšetkým nasledujúce úlohy:

- ochrana bezpečnostných medzí elektrárne a kontrola rizika úniku rádioaktivity,
- automatické testovanie bezpečnostných systémov,
- limitujúce a regulujúce systémy,
- zaznamenávanie, analýza a archivácia dát,
- sekvenčné riadenie,
- počítačové aplikačné programy, ktoré redukujú potrebu personálu vykonávať výpočty.

Verifikovanie priechodnosti navrhnutého rozmiestnenia panelov a stola hybridnej BD/ND MO34

Pre verifikáciu dispozičného riešenia BD/ND z hľadiska voľného pohybu po blokovej/núdzovej dozorni sme použili normu [39] a [40]. Tieto normatívne dokumenty stanovujú minimálne veľkosti priechodových otvorov umožňujúcich vstup a pohyb celého tela osoby medzi strojnými zariadeniami. Uvedená norma špecifikuje minimálne, nie optimálne rozmery.

Z hľadiska priestorového nároku na priechodnosť je najnáročnejšou činnosťou človeka pohyb vo vzpriamenej polohe s pridanou toleranciou pre nesenie zranenej osoby. Pre výpočet požadovanej šírky priechodu platí vzťah:

$$B = a1(P95 \text{ alebo } P99) + y$$

Kde:

B je šírka otvoru/priechodu,

a1 je šírka od lakťa po lakeť P95 alebo P99 predpokladaného používateľa,

y je tolerancia pre šírku B.

Pre prípad BD/ND MO34 sme pre parameter a1 použili P99 muža ako reprezentanta najvyššej zvažovanej postavy a pre parameter y sme použili toleranciu šírky prislúchajúcu doprave zranenej osoby (údaje sú z normy STN EN 547-3; antropometrické údaje z európskych prehľadov). Podľa uvedeného vzťahu pre výpočet požadovanej šírky priechodu B potom dostávame:

$$B = a1(P99) + y$$

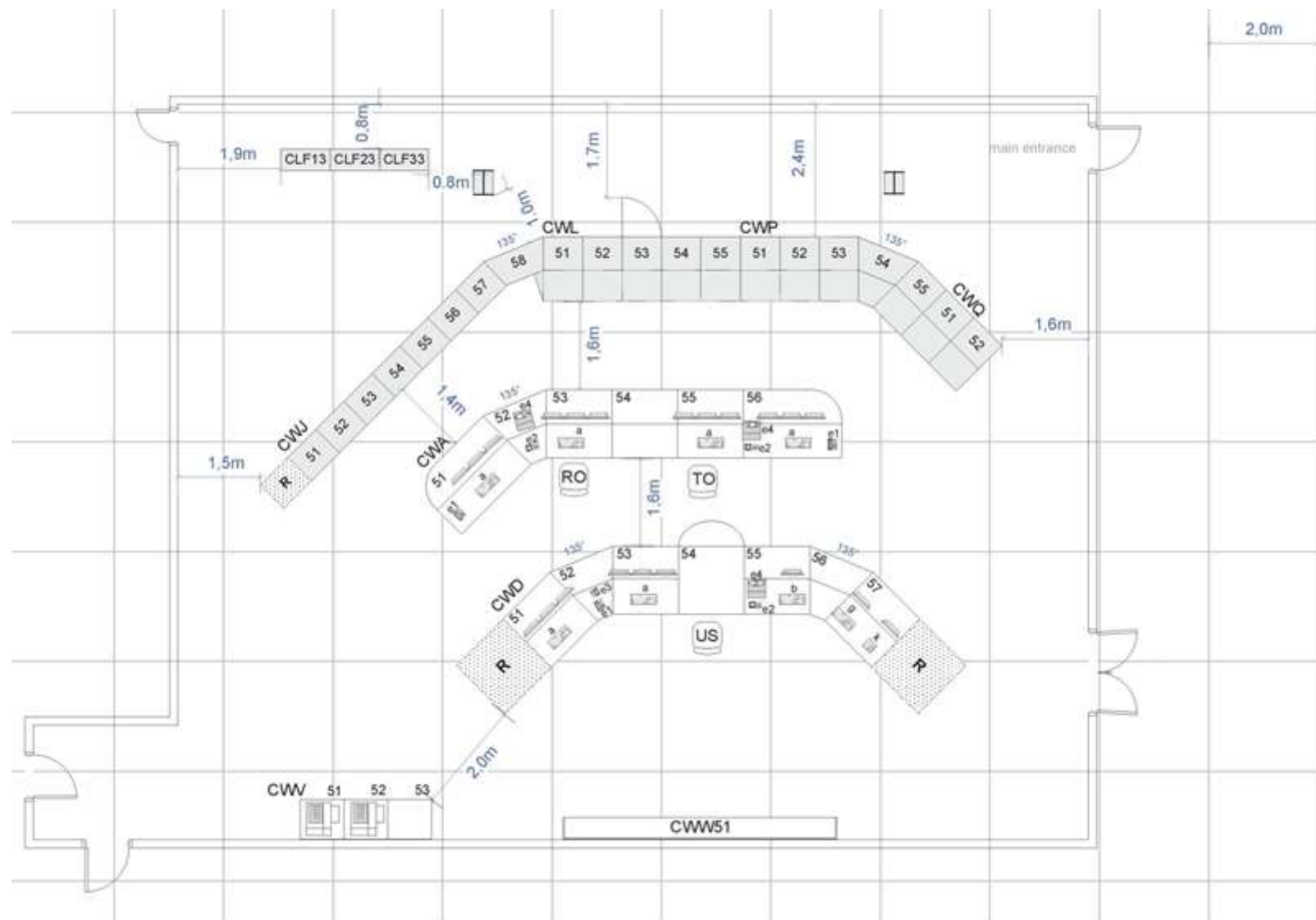
$$B = 576(\text{mm}) + 200(\text{mm}) = 776(\text{mm})$$

Z Obr. 5.6 - 3 a Obr. 5.6 - 4 vidieť, že ani jeden priechod medzi pracoviskami na BD/ND nie je užší ako 776mm.

Obývatel'nosť BD a ND

Zariadenia pre zaistenie obývatel'nosti centier riadenia pozostávajú zo samostatných systémov, ktoré spoločne zabezpečujú jednotlivé aspekty obývatel'nosti, ako tienenie, pretlak, kúrenie, ventiláciu, klimatizáciu, monitorovanie a hygienu pre prácu operátorov na dozorni počas normálnej prevádzky a bezpečné podmienky pre ich prácu v prípade porúch a havárií. Sú opísané v [14].





Obr. 5.6 - 4 Usporiadanie ND

5.6.1.3.1 Pracoviská na BD/ND

Trvalo obsadené pracoviská VRB, OPO a OSO umožňujú riadenie pomocou počítačov. Okrem pracovných staníc sú vybavené počítačmi pre podporu práce operátora, pultom rýchlych zásahov, komunikačným vybavením a súborom najčastejšie používaných prevádzkových predpisov a dokumentácie.

Jednotlivé pracoviská sú vybavené nasledovne (výber zo zariadení spoločných pre BD a ND):

Trvalo obsadené pracovisko VRB

- Dve blokové pracovné stanice PICS, každá s dvoma/troma monitormi,
- Nebloková pracovná stanica OM690 s jedným monitorom (len BD),
- Administratívny počítač s jedným monitorom ,
- Stanica INCORE s jedným monitorom (len BD),
- Stanica požiarnej ochrany s jedným monitorom,
- Telefón, vysielačka, komunikačný rozvádzač, mikrofón pre rozhlas,
- Ovládanie priemyselnej televízie s jedným monitorom,,
- Ovládanie vstupu na BD (len BD).

Trvalo obsadené pracovisko OPO

- Dve blokové pracovné stanice PICS, každá s troma monitormi,
- Administratívny počítač s jedným monitorom (len BD),
- Stanica INCORE s dvoma monitormi(len BD),
- Telefón, vysielačka, komunikačný rozvádzač, mikrofón pre závodný rozhlas,
- Monitorovanie a ovládanie RRCS, dodávka ŠKODA (len BD),
- Pult rýchlych zásahov, obsahujúci tlačidlo pre ručné odstavenie reaktora a ovládacie prvky RCS, dodávka SIEMENS (len BD),
- Ovládanie vstupu na BD (len BD).

Trvalo obsadené pracovisko OSO

- Dve blokové pracovné stanice PICS, každá s troma monitormi ,
- Administratívny počítač s jedným monitorom (len BD)
- Dva terminály TCS, každý s dvoma monitormi (len BD)
- Telefón, vysielačka, komunikačný rozvádzač, mikrofón pre závodný rozhlas,
- Pult rýchlych zásahov, obsahujúci tlačidlá pre ručné odstavenie TG a spustenie DOČ, dodávka SIEMENS (len BD),
- Ovládanie vstupu na BD (len BD).

Pracovisko manipulanta elektro (len BD)

- Jedna pracovná stanica s dvoma monitormi,
- Telefón, vysielačka.

Pracovisko bezpečnostného inžiniera (len BD)

- Jedna pracovná stanica s dvoma monitormi,
- Komunikačný počítač TPS s jedným monitorom,
- Telefón.

Pracovisko nezávislého manipulanta elektro (len BD)

- Dispečerský riadiaci systém s tromi monitormi,

- Telefón,
- Systém ASDR s dvoma monitormi.

Rozmiestnenie uvedených zariadení na stoloch pracovísk operátorov je vidieť na Obr. 5.6 - 5 a Obr. 5.6 - 6. Vidieť na nich, že na ND je menej komunikačných prostriedkov, ako na BD. Podrobnejší opis umiestnenia zariadení na pracoviskách operátorov na BD je v PpBS, kap. 06.05.07 a umiestnenia zariadení na pracoviskách operátorov na ND je v PpBS, kap. 06.05.08.

Tvary pracovných stolov boli navrhnuté podľa požiadaviek štandardu EN ISO 11064-4 pre centrá riadenia s počítačom riadenými obrazovkami.

Stoly s počítačovým riadením majú samostatnú pracovnú plochu pre klávesnice a nosnú plochu pre konzoly monitorov, medzi ktorými je určitý výškový rozdiel. Medzera medzi nimi slúži pre prirodzenú ventiláciu a tiež aj pre vyvedenie káblov od monitora, klávesnice a myši. Povrch stolov má rovnakú farbu, RAL 7035, ako panely SICS. Hrany stolov a krytov sú červené a urobené z dreveného masívu.

Na Obr. 5.6 - 7 sú uvedené všetky dôležité rozmery štandardného permanentne obsadeného pracoviska operátora.

Monitory boli navrhnuté s ohľadom na antropometrické údaje pre 5. a 95. percentil Európanov a minimálny pozorovací uhol 15 uhlových minút (podľa predpokladov uvedených v ISO 11064-4). Sú nastaviteľné, pretože bolo uvažované aj rôzne držanie tela pri plnení pracovných úloh. Preto sú monitory nastaviteľné (výškovo a sklopne) a montáž je seizmicky odolná,

Kryty dodatočných zariadení SKR na stoloch operátorov sú vzadu zarovnané s ich šírkou. Patrí k nim: RCS, EXCORE, RTS, tlačidiel pre odstavenie TG, synchronizačnej súpravy a komunikačného vybavenia.

Rozmery stredových štandardných pracovných stolov operátorov sú 1200x1240x760mm (dĺžka, šírka, výška), vid' Obr. 5.6 - 7 a rozmery postranných stolov sú 1230x1240x760mm, pričom rozmery stolov s poličkami pre prevádzkovú dokumentáciu sú predĺžené na 1830mm a šírka stola zväčšená na 1740mm.

Stoly s so zariadeniami RRCS a EXCORE majú štandardné rozmery 1200x1240x1105mm, vid' Obr.5.6-8.

Stoly s komunikačnými zariadeniami majú štandardné rozmery 1200x1240x970mm. Podobne ako stoly s poličkami pre prevádzkovú dokumentáciu, sú širšie, 1830mm.

Zariadenie pre odstavenie turbíny, RCS a komunikačné prostriedky sú umiestnené v ohyboch pracovných stolov, vid' Obr. 5.6 - 5 a Obr. 5.6 - 9.

RCS, EXCORE, RTS, odstavenie turbíny, oznamovače a ovládače synchronizácie sú lokalizované na, vid' Obr. 5.6 - 5 urobených podľa princípov pre panely SICS (vid' časť 5.6.1.3.2).

Jednotlivé panely QIP sú vybavené nasledovne:

- stavová indikácia RCS, analógové displeje, prepínače režimov,
- prepínače rozsahov EXCORE, tlačidlá odstavenia reaktora a resetovacie kľúče,
- odstavenie turbíny a generátora, štart DOČ,
- synchronizačný panel.

Príklad rozmiestnenia prístrojov na paneli QIP, je na Obr. 5.6 - 10.

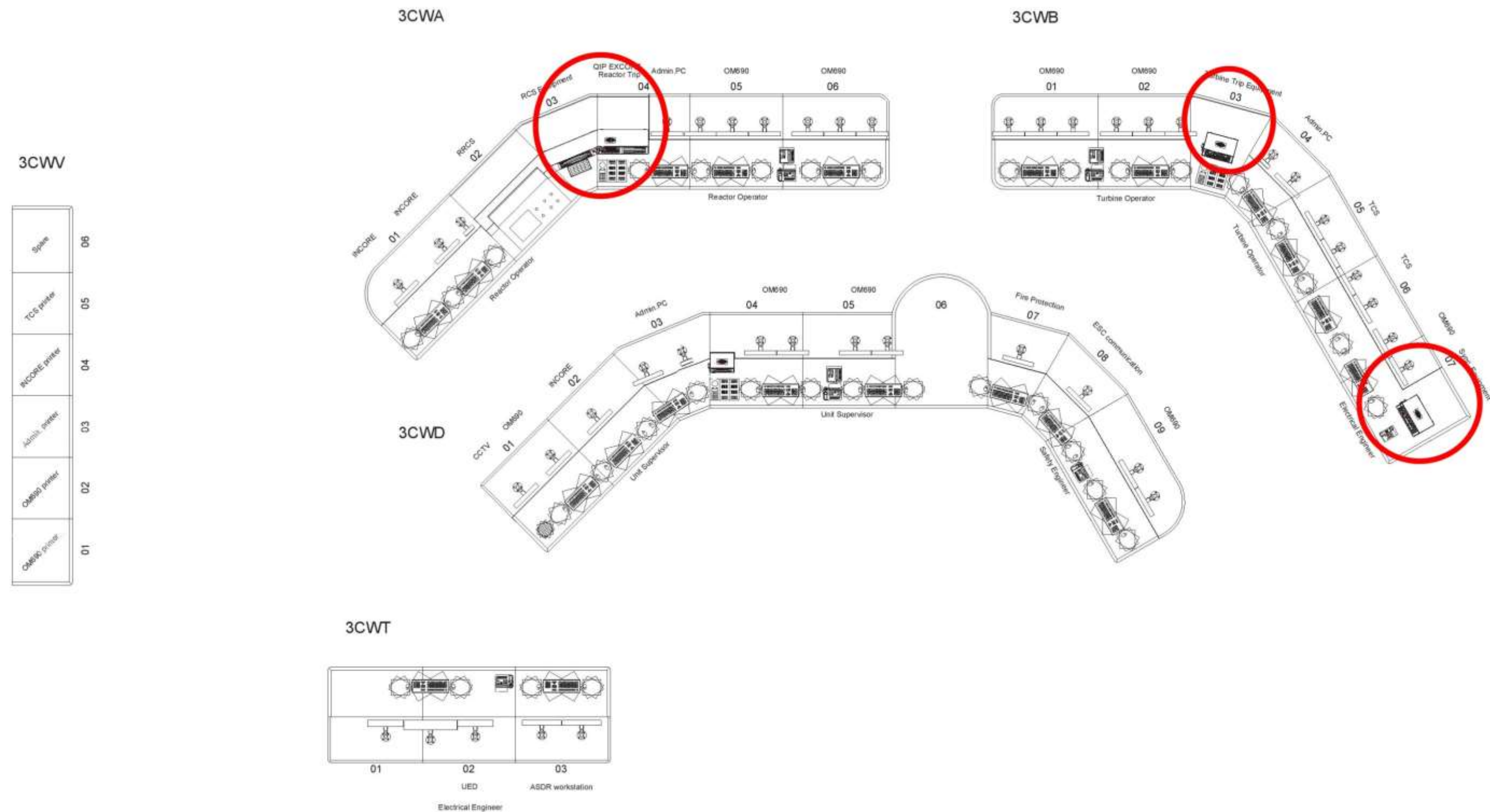
Stôl s panelom QIP je na Obr. 5.6 - 11.

Poličky pre prevádzkovú dokumentáciu sú urobené z hliníka. Predný rám je z masívneho dreva, nafarbený na červeno. Farba poličiek (a konferenčnej zóny) je RAL7035. Sú projektované pre štandardnú záťaž DIN A4 zakladačov (zvážkov) (výška max. 320mm, hĺbka max. 315mm). Na čelách zvýšená hrana o 10mm, pre zabránenie vypadnutia zakladačov v prípade zemetrasenia. Každá z poličiek je projektovaná na záťaž 39kg/m. Umiestnenie poličiek na dokumentáciu a konferenčnej zóny na BD je na Obr. 5.6 - 12 resp. Obr. 5.6 - 13 na ND.

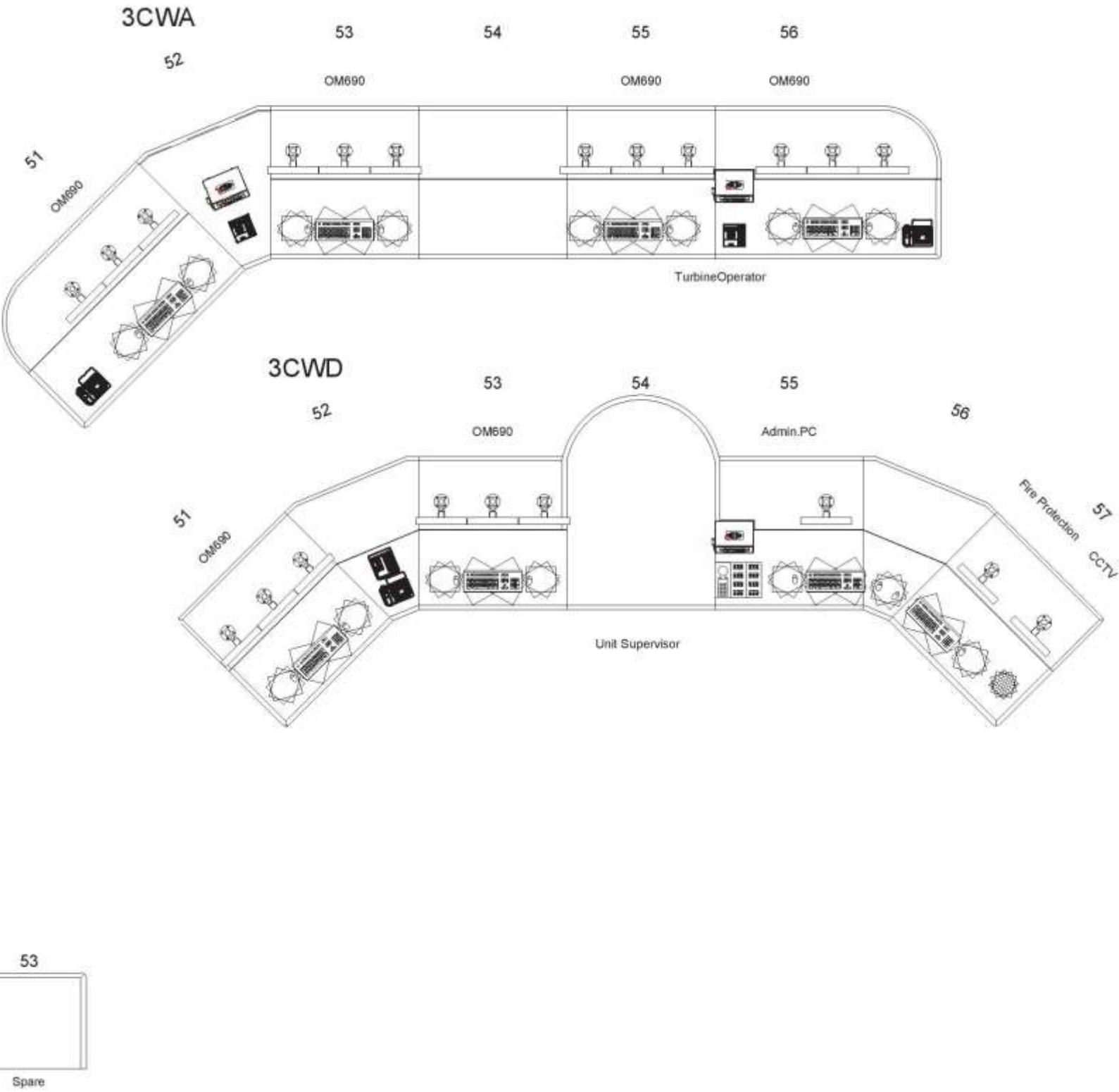
Stoličky pre operátorov sú 24-hodinové, typu Axia Plus 24/7, navrhnuté tak, že prispievajú k podpore a uvoľneniu chrbta, šije a rúk, poskytujú lumbálnu podporu. Operadlo a sedadlo sa po nastavení vzájomnej polohy pohybujú spoločne. Týmto spôsobom sa poskytuje aj opora pre panvu, pretože sa zachováva uhol medzi sedadlom a operadlom. Opierka hlavy poskytuje dodatočnú oporu a hladké opierky rúk zostávajú v pokoji aj pri sklápaní stoličky. Takto je poskytnutá opora predlaktí v ľubovoľnej polohe. Stoličky sú 5 kolieskové a uvažované pre dlhodobé sedenie. Sú certifikované Úradom verejného zdravotníctva SR.

Spodný rám a kolieska sú matne strieborné; poťahy majú textúru Color 7047 Calcine Gray (Victor Staccato), rovnako ako opierka hlavy s poťahom čiernej farby.

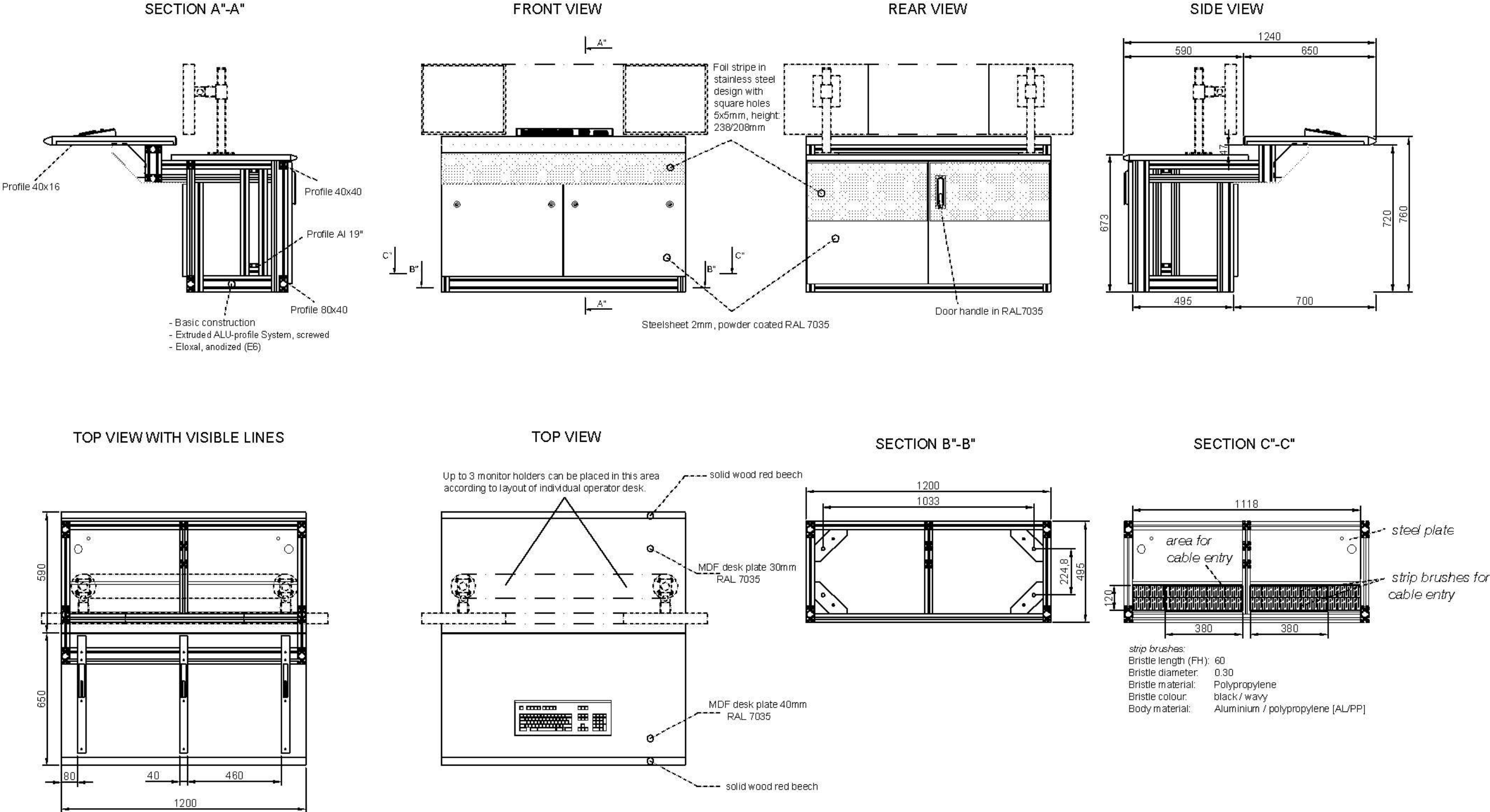
Samozrejme, veľmi dôležité je aj rozloženie stolov vo vzťahu k panelom SICS. Popis panelov SICS je uvedený v 5.6.1.3.2.



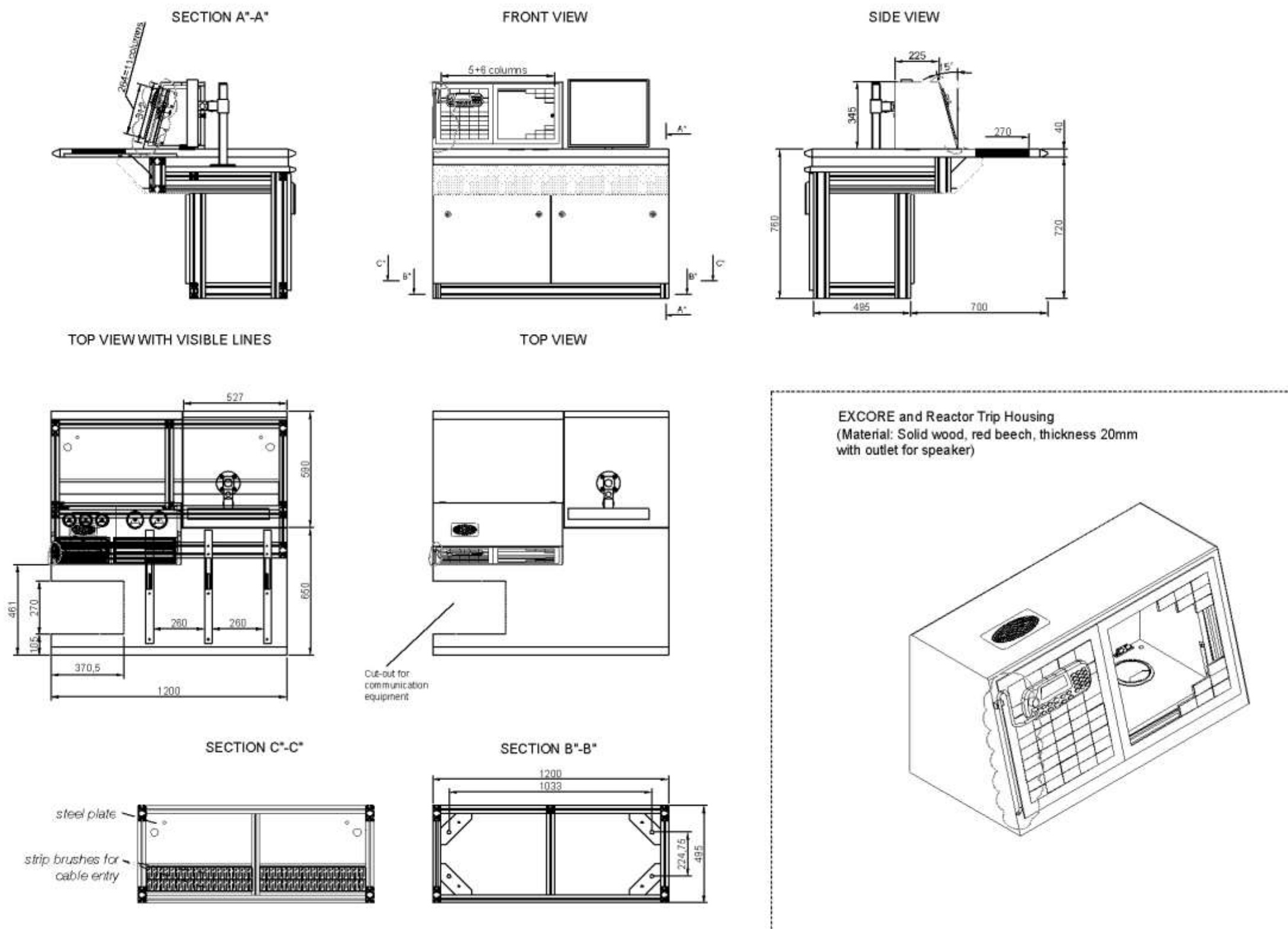
Obr. 5.6 - 5 Usporiadanie vybavenia BD. Stoly obsahujúce QIP sú vyznačené červene



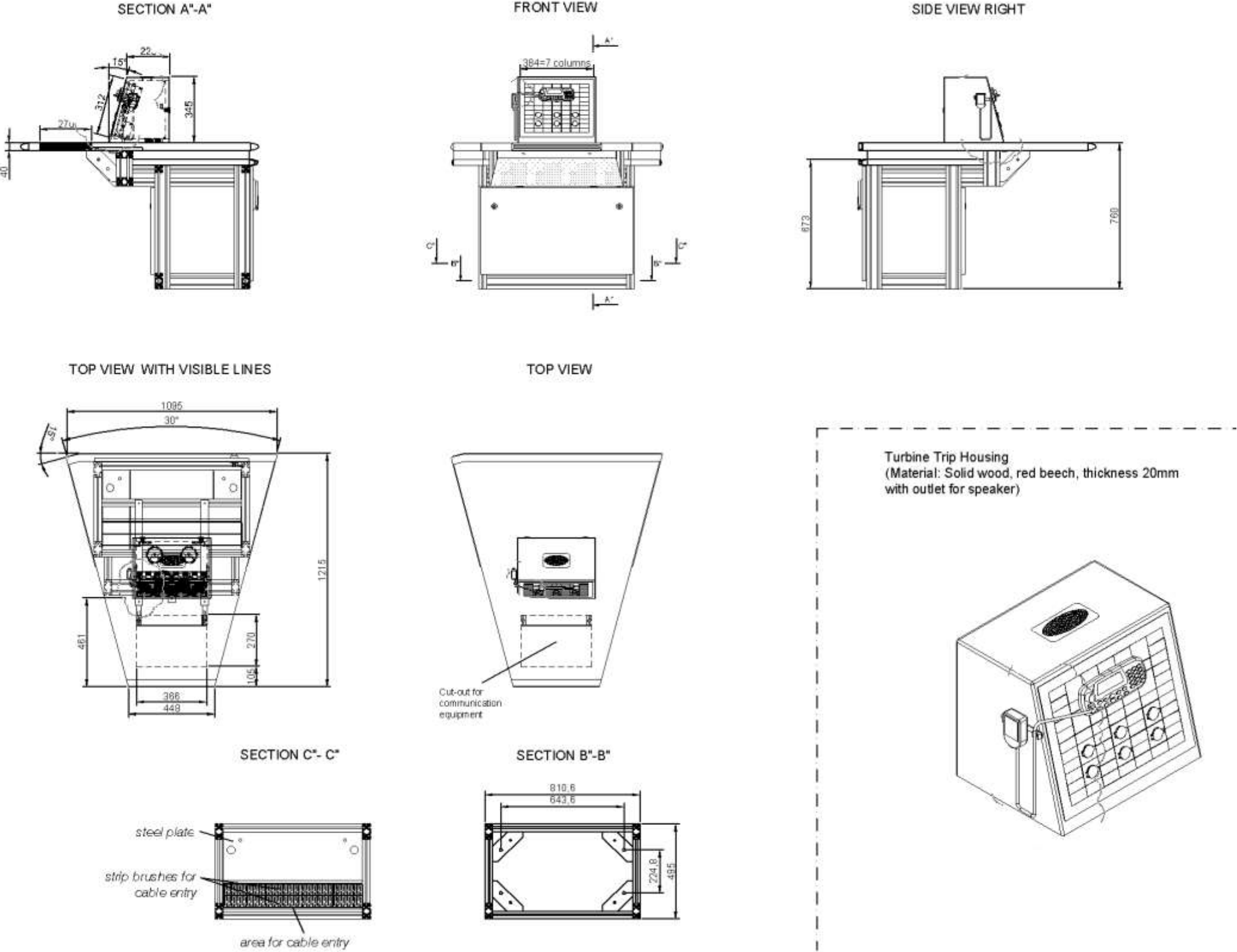
Obr. 5.6 - 6 Usporiadanie stolov ND.



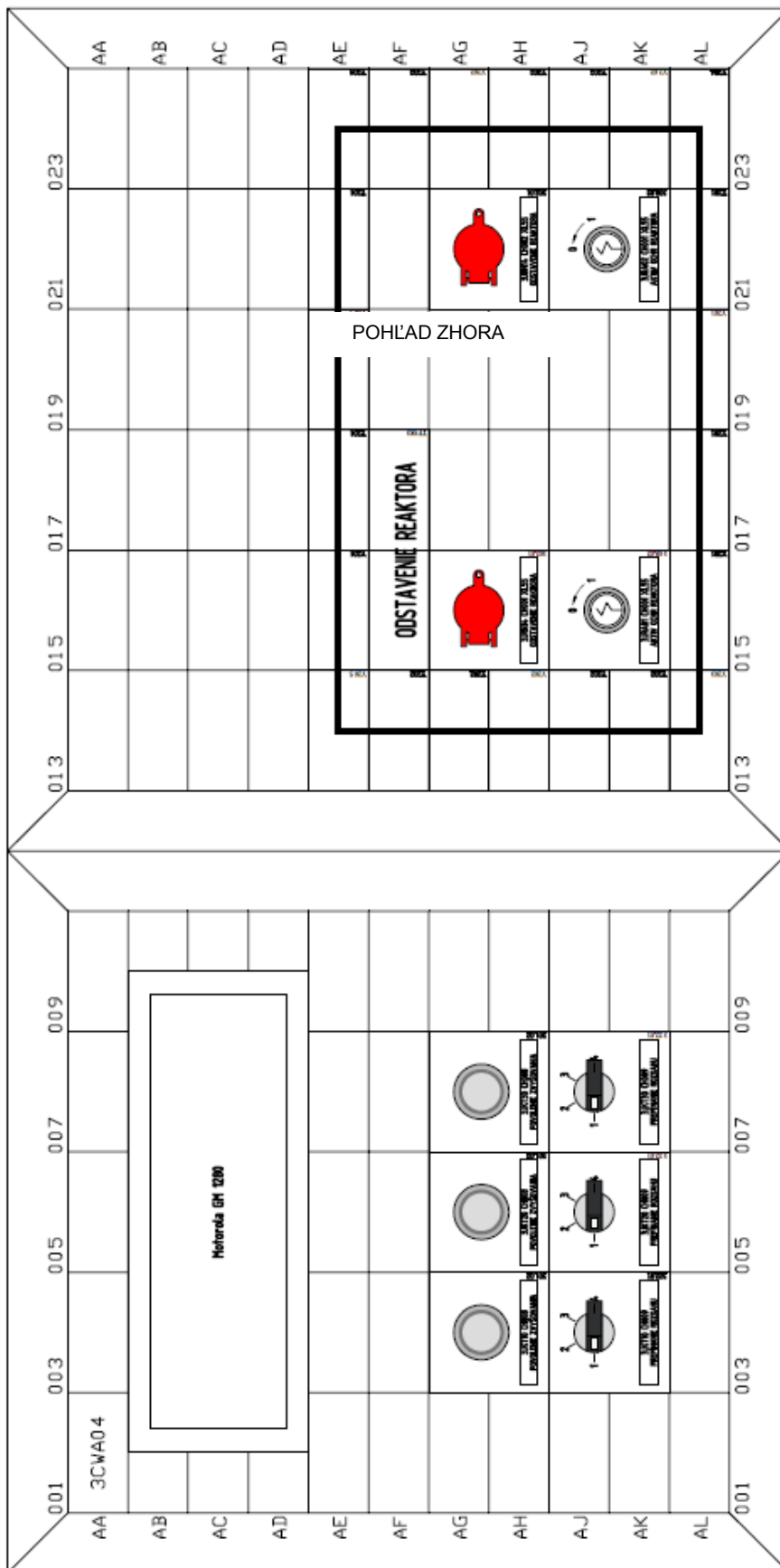
Obr. 5.6 - 7 Štandardný stôl operátora (stredná pozícia)



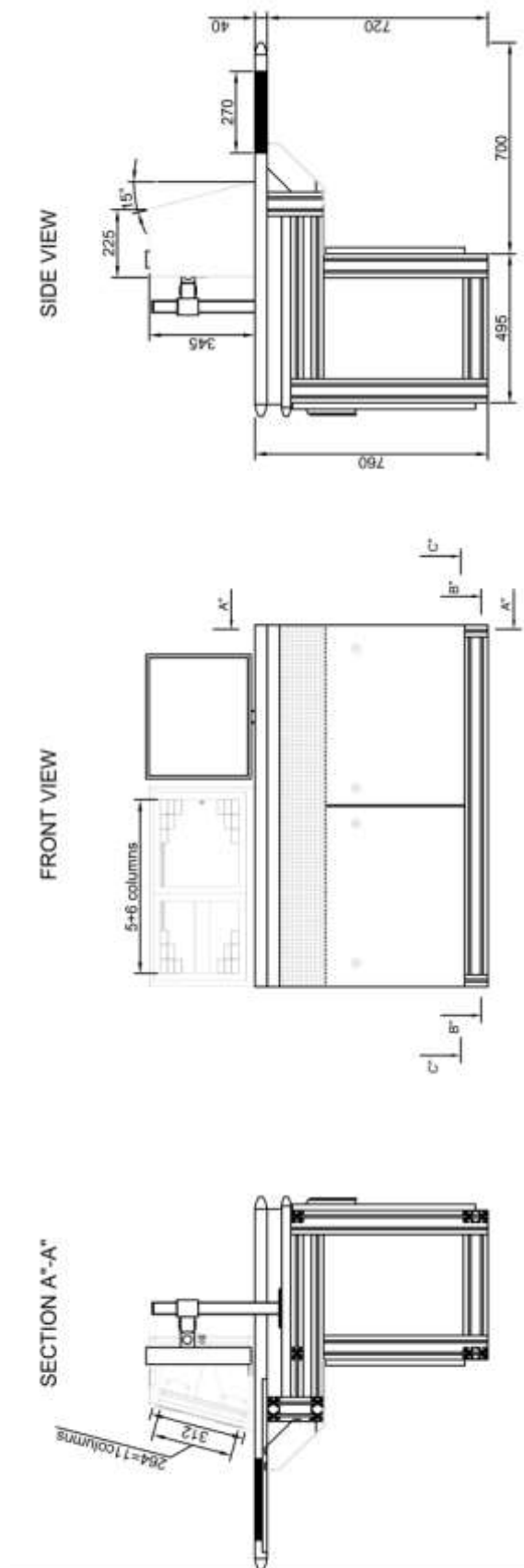
Obr. 5.6 - 8 Stôl operátora so systémom EXCORE



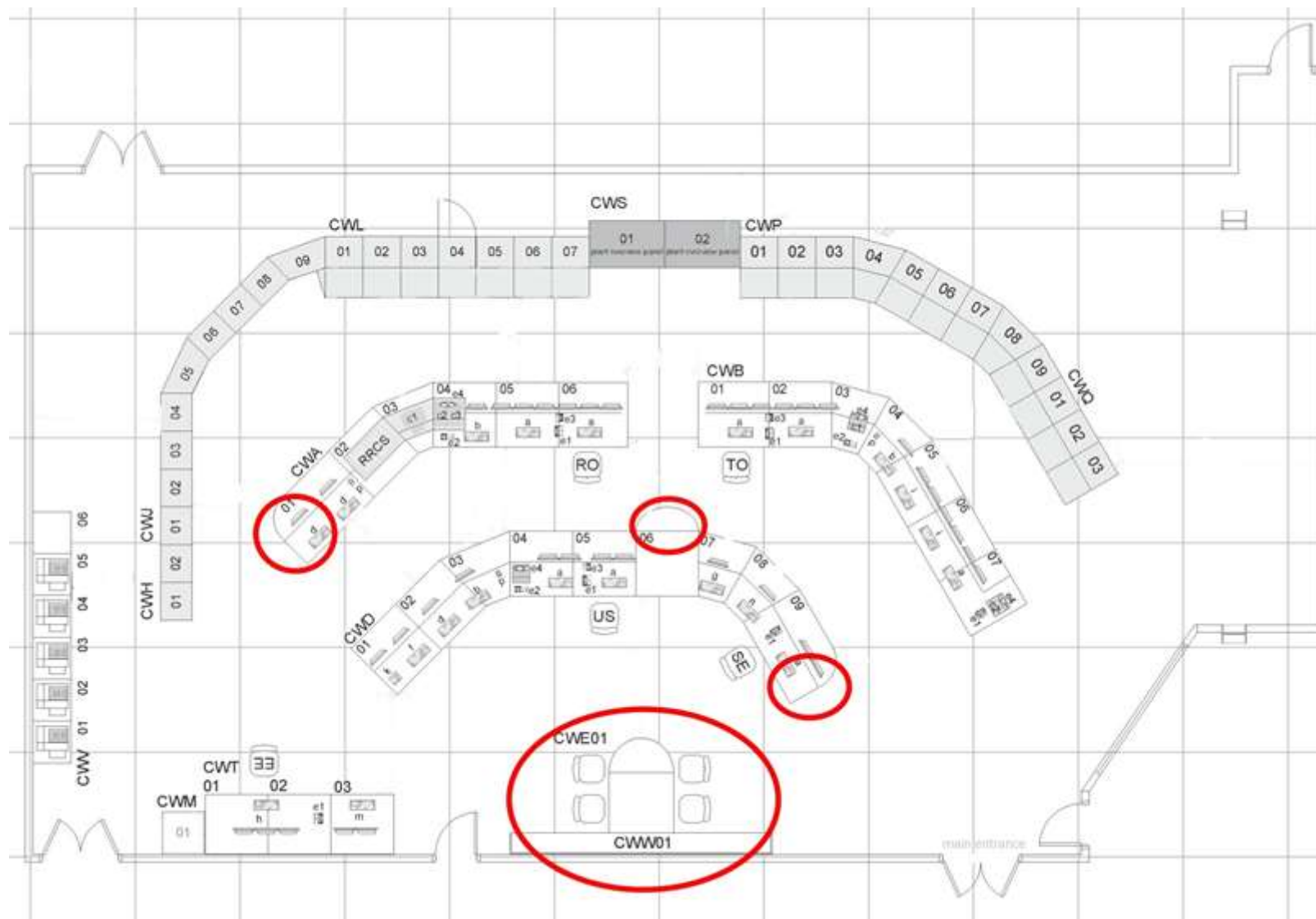
Obr. 5.6 - 9 Stôl operátora s tlačidlami pre odstavenie turbíny



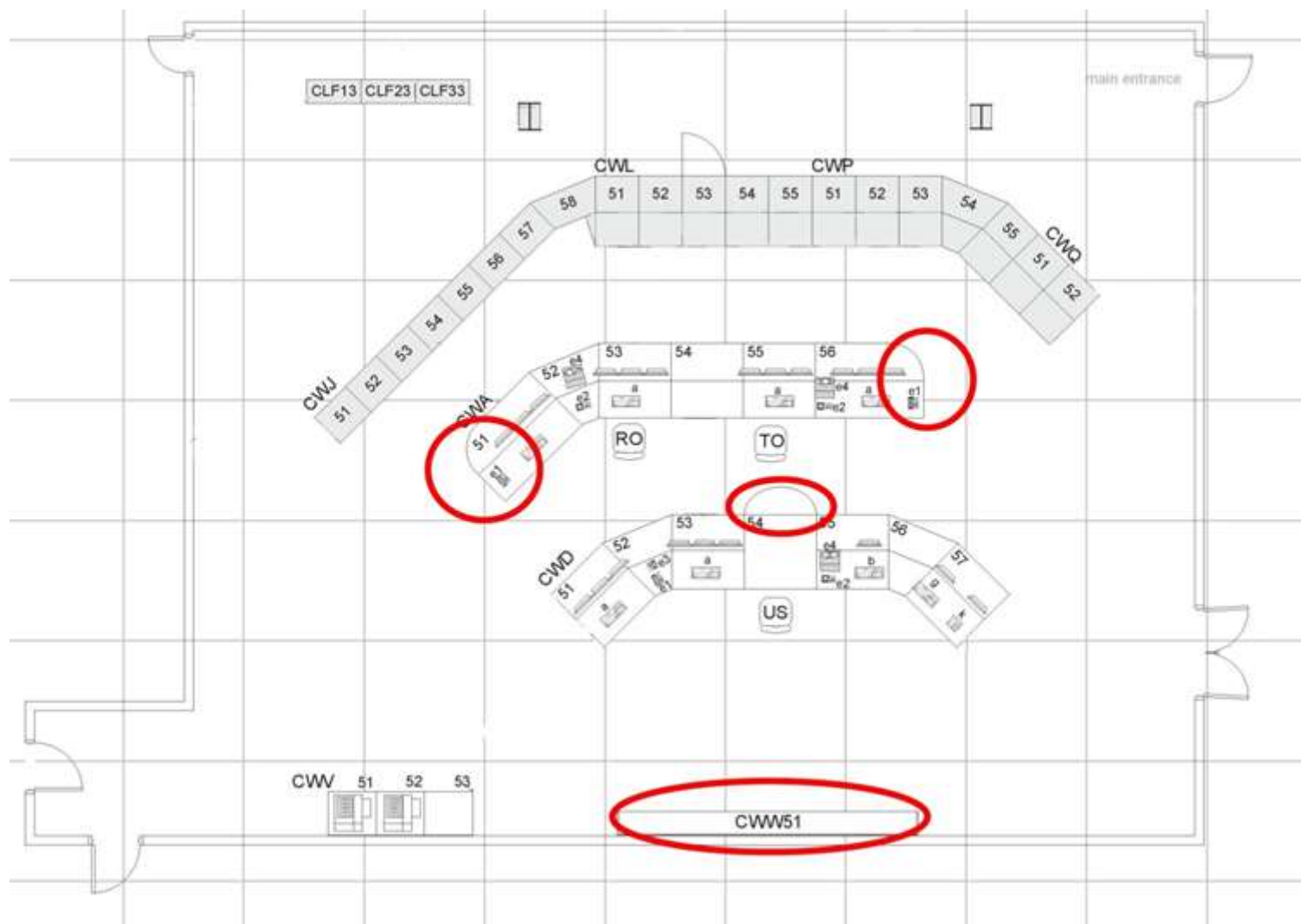
Obr. 5.6 - 10 QIP pre odstavenie reaktora



Obr. 5.6 - 11 Usporiadanie stola s QIP



Obr. 5.6 - 12 Police a konferenčné stoly na BD



Obr. 5.6 - 13 Police a konferenčné stoly na ND

5.6.1.3.2 Panely SICS

Panely SICS sú usporiadané do tvaru písmena U pred trvalými pracoviskami operátorov a blízko zadnej steny BD [16]. Sú na nich umiestnené oznamovače a ovládače bezpečnostných systémov kategórie A, oznamovače a ovládače prevádzkových systémov potrebných pre bezpečnú prevádzku, odstavenie a dochladenie bloku v prípade poruchy systému PICS, ako aj vybrané alarmové oznamovače.

Pri pohľade zľava doprava možno postupne rozlíšiť panel pre ťažké havárie, panely bezpečnostných systémov, panely primárnej časti, panely sekundárnej časti a panely pre elektrické systémy.

Zostava panelov na ND je usporiadaná rovnako ako na BD okrem panela pre ťažké havárie [17]. V projekt neuvažuje so súčasným výskytom ťažkej havárie a neobývateľnosti BD.

Panely SICS sú vybavené elementárnymi mozaikovými prvkami vyrobenými z polykarbonátu, ťažko zápalnými a samo hasiacimi. Výška prvkov je 24 mm a šírka 48 mm.

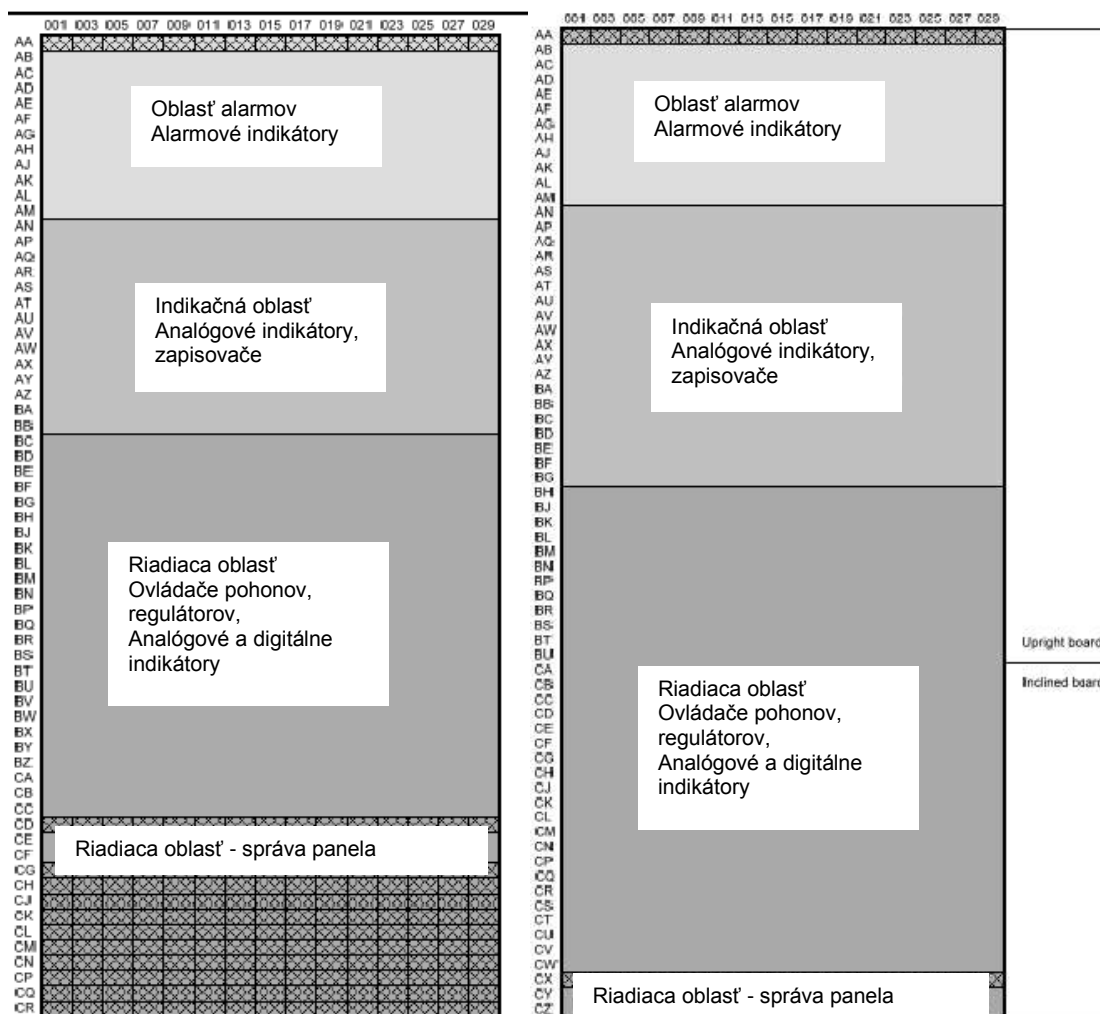
Panel je rozdelený na tri základné oblasti:

- Oblasť alarmových oznamovačov v hornej sekcii
- Indikačná oblasť v strednej sekcii
- Riadiaca oblasť v dolnej sekcii

Rozmery jednotlivých oblastí závisia tiež od faktu, či je panel vyhotovený so skloneným pultom alebo bez neho (viď Obr. 5.6 - 14)

Veľkosť elementárnych prvkov mozaiky pre tvorbu panelov SICS pre zobrazenie stavov zariadení a pre ovládanie technologických zariadení zodpovedá ergonomickým požiadavkám pre čítanie textových správ na príslušných prvkoch, identifikáciu (rozlíšiteľnosť) prichádzajúcej signalizácie a manipulácie, ak operátor stojí pri paneloch. Minimálna výška písmen a číslíc na paneloch zaručuje pozorovací uhol 15 minút v pozorovacej vzdialenosti operátora pre každú oblasť, podľa normy EN ISO 11064-4. Výška písmen a číslíc bola vypočítaná s uvažovaním 5.a 95. percentilu Európanov (EN ISO 7250-1) a minimálnym pozorovacím uhlom 15 minút.

Maximálna vzdialenosť pre čitateľnosť písmen a číslíc v jednotlivých častiach panela SICS je uvedená v Tab. 5.6 - 1

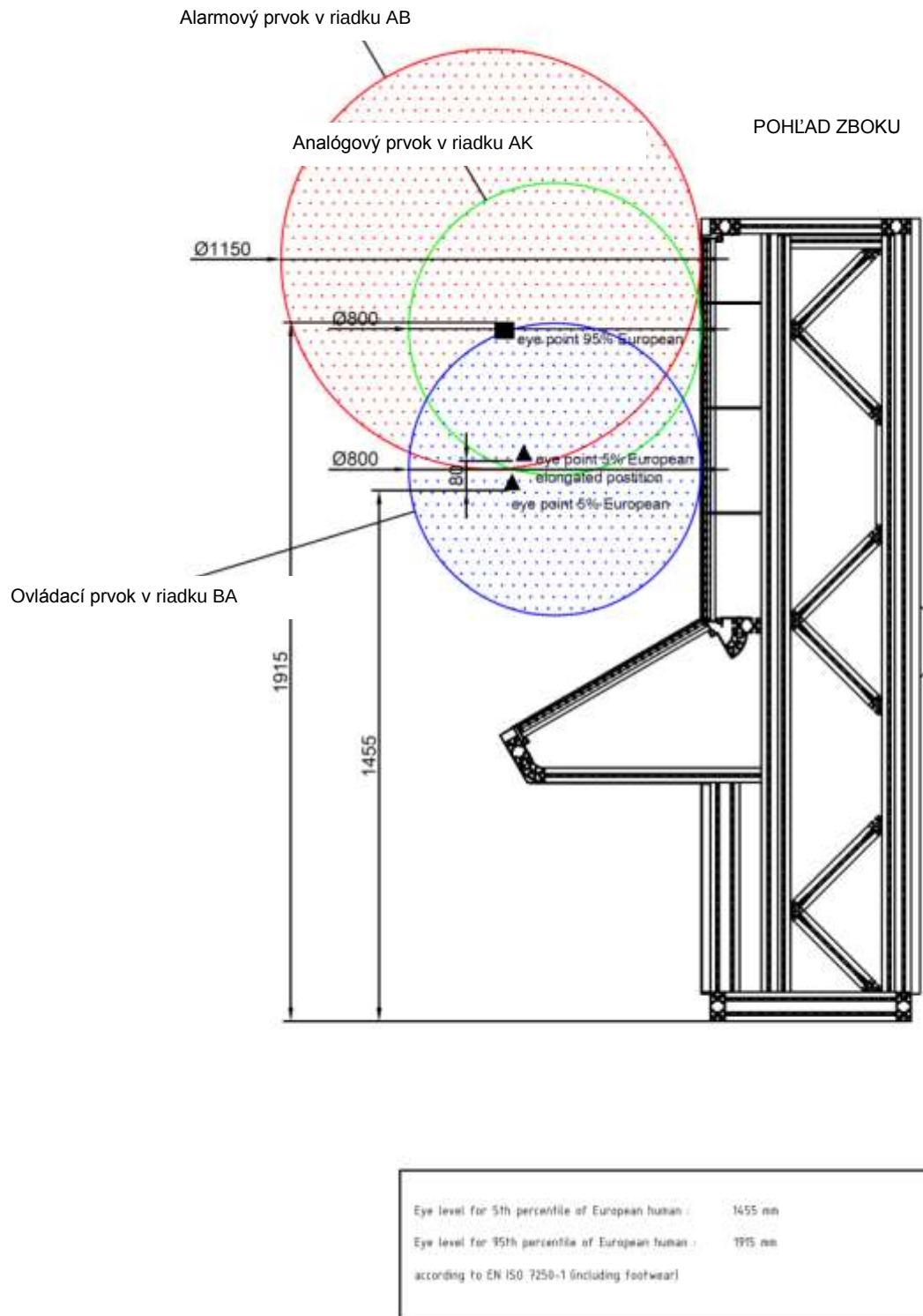


Obr. 5.6 - 14 Oblasť panelov SICS

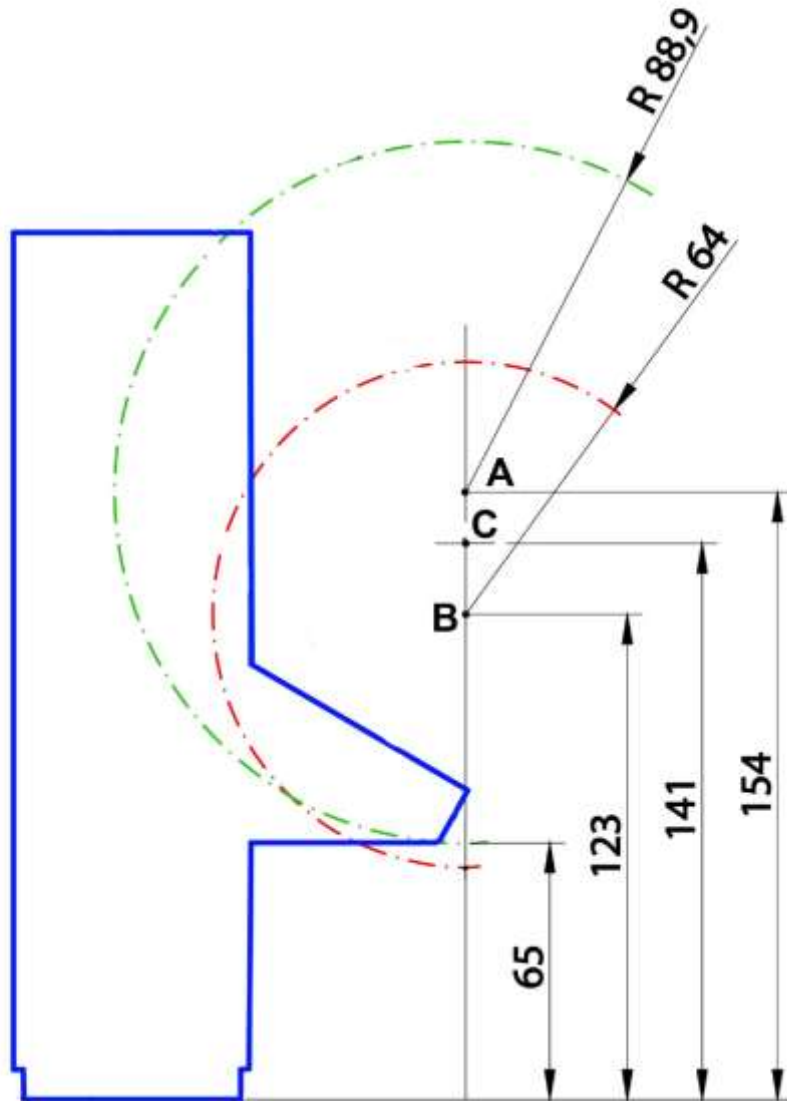
Tab. 5.6 - 1 Veľkosť a maximálna vzdialenosť pre zaistenie čitateľnosti písmen a číslíc na paneloch SICS

TYP	UMIESTNENIE	VÝŠKA PÍSMEN/ČÍSLIC [mm]	MAX VZDIALENOSŤ [mm]
Alarmový prvok	Riadok AA-AE	5	1150
Analógový indikátor	Riadok AG-AY	3.5	800
Ovládaci prvok	Riadok BA-CZ	3.5	800
Digitálny indikátor	Riadok BA-CZ	13.5	3100
Digitálny indikátor parametrov bloku	Riadok AB-BK	56	12800
Digitálny indikátor pre RRCS	Riadok AG-BQ	38	8700

Grafická prezentácia čitateľnosti znakov na paneloch SICS je uvedená na Obr. 5.6 - 15.



Obr. 5.6 - 15 Grafické znázornenie čitateľnosti znakov na paneloch SICS



- Panel podľa VP
- - - Max. dosah 95 percentilu mužov
- - - Min. dosah 5 percentilu žien

Obr. 5.6 - 16 Grafické znázornenie dosahu operátora na panel SICS

Na Obr. 5.6 - 16 reprezentuje bod A výšku ramena stojaceho operátora (95P dospelých mužov) a zelená kružnica reprezentuje dosah tohto operátora o polomere $R=89,9$ cm. Vyznačený dosah limituje spodnú úroveň umiestnenia ovládacích prvkov. Z obrázku je zrejmé, že toto ergonomické kritérium vykonávací projekt spĺňa.

Bod B na Obr. 5.6 - 16 reprezentuje výšku ramena stojaceho operátora (5P dospelých žien) a červená kružnica reprezentuje dosah tohto operátora o polomere $R=64$ cm. Vyznačený dosah limituje vrchnú úroveň umiestnenia ovládacích prvkov. Z obrázku je zrejmé, že toto ergonomické kritérium vykonávací projekt spĺňa. Povolený vizuálny uhol 75° ktorý zviaza v bode C (výška očí 5Pdospelých žien) s horizontálnou rovinou pohľadu nie je prekročený.

Vyššie uvedeným je preukázané, že panel v rámci hodnotených kritérií vyhovuje normatívnym požiadavkám normy NUREG 0700 Rev. 2. tak pre dosah operátora na panel, ako aj pre čitateľnosť znakov na paneli.

Princípy rozmiestnenia oznamovačov a ovládacích prvkov na paneloch SICS a tvorby grafického zobrazovania zariadení aplikované v projekte [30] plne podporujú účel poskytnúť operátorovi ucelenú informáciu o stave zariadení daného systému a navolených trasách toku pracovných médií/energie „na jeden pohľad“.

Panely SICS sú vytvorené tak, že kognitívne schopnosti sú podporované reprezentáciou systémov a zodpovedajúcich dát Táto podpora je dosiahnutá intuitívnou a bezprostrednou reprezentáciou monitorovaných/ovládaných systémov na paneloch a vhodnou signalizáciou

Reprezentácia systémov (ako aj číselných displejov a indikátorov) zodpovedá toku média alebo energie. Typicky sú všetky príslušné prvky zoskupené (indikátory, ovládače, alarmy), takže operátor môže pozorovať dôsledky svojho zásahu na bezprostredné okolie. Pre každú divíziu bezpečnostných alebo redundantných systémov je osobitná skupina indikátorov, takže operátor rozpozná konkrétny systém a informácia sa na paneloch nestráca.

Odlíšením šírky spojovacích trás je vyznačená dôležitosť predmetnej trasy. Trasy prevádzkových médií a zbernice majú šírku 3mm, pomocné trasy sú široké 2mm.

Farebné kódovanie tiež uľahčuje rozpoznanie systémov a ich zariadení. Všeobecne platí, že farebne odlíšené sú len trasy a pre povrch panelov je použitá základná farba RAL 7035. Každopádne, v súlade s požiadavkami KTA 3502 stupnice pre ukazovatele systému monitorovania havárií sú svetlozlté (približne RAL 1018), takže môžu byť jednoznačne a jasne odlíšené.

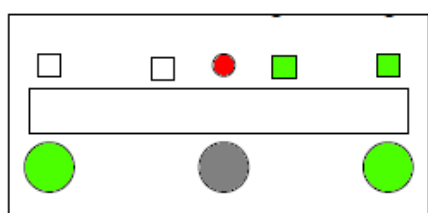
Prehľad farebného značenia na paneloch SICS je v Tab. 5.6 - 2 [30].

Tab. 5.6 - 2 Farebné kódovanie na paneloch SICS

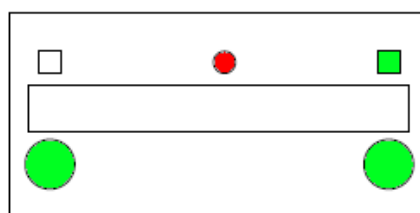
Médium / Napät'ová hladina	RAL číslo na paneloch SICS	Farba
Plyn	1021	Rape yellow
Parovzdušná zmes	1027	Curry
Para	3001	Signal red
Chladivo reaktora	3017	Rose
Kyseliny	4008	Signal violet
Zásady	4008	Signal violet

Médium / Napäťová hladina	RAL číslo na paneloch SICS	Farba
Napájacia voda	5009	Azure blue
Kondenzát	5009	Azure blue
Vzduch	5024	Pastel blue
Požiarina voda seizmicky odolná	6017	May green
Technická voda dôležitá	6017	May green
Demivoda	6027	Light green
Požiarina voda	6028	Pine green
Technická voda nedôležitá	6028	Pine green
Odpadová voda	6028	Pine green
Olej	8001	Ochre brown
400 kV	3017	Rose
110 kV	3003	Ruby red
15/75 kV	4008	Signal violet
6 kV	6028	Pine green
400 V	5009	Azure blue
220 V DC	1021	Rape yellow
24/48 V DC	6017	May green

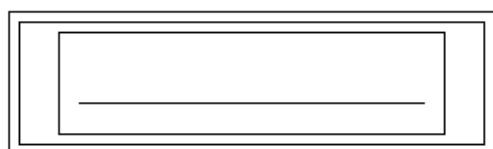
Jednotlivé komponenty panelov SICS sú popísané v [33] a na Obr. 5.6 - 17 sú znázornené príklady oznamovacích a ovládacích komponentov.



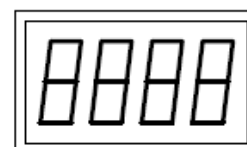
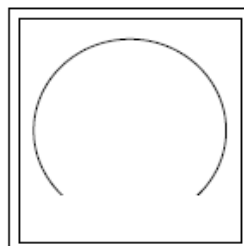
Skupinové ovládanie



Ovládanie čerpadla



Analogové indikátory



Digitálny indikátor

Obr. 5.6 - 17 Príklady zobrazovacích a ovládacích komponentov

Alarmové oznamovače sú vhodne umiestnené (bezprostredne nad oblasťou, kde je signalizácia potrebná) a informujú operátora o poruchách riadeného procesu alebo systémov, ktoré požadujú zásah operátora. Sú fyzicky umiestnené na tom paneli, na ktorom môže operátor vykonať nápravné zásahy. Týmto spôsobom má operátor pri objavení sa alarmu jasnú indikáciu stavu procesu a v neposlednom rade návrh na ďalšie kroky, ktoré majú byť vykonané. Pre ďalšie informácie o alarmoch viď 5.6.1.3.4.

Všetky alarmové oznamy majú dva riadky, obsahujúce skratku podľa KKS dotknutého systému a krátky popis v slovenskom jazyku o povahe alarmu.

Výška písmen pre popisy je od 3 mm až do 8 mm pre pevne priradené alarmy.

Zásahy obsluhy prostredníctvom SICS sa vykonávajú odpovedajúcimi ovládacími prvkami na paneloch SICS. Vybavenie panelov SICS ovládacími prvkami a funkčnosť týchto prvkov je nasledujúca:

- SICS je vybavený zelenými tlačidlami pripojenými k úrovni Level 1 pre zásahy na komponentoch alebo pre všeobecné automatické funkcie.
- Pre každú skupinu povelov sú na paneloch SICS umiestnené podmieňovacie tlačidlá. Vo všeobecnosti povel na úrovni Level 1 bude vykonaný, ak sa zároveň stlačí povelové tlačidlo a podmieňovacie tlačidlo.
- Výnimkou z tohto pravidla sú špeciálne funkčné tlačidlá sivej farby (napr. test LED, vypnutie zvukového signálu, kvitovanie a reset). Tieto špeciálne tlačidlá nevyžadujú stlačenie podmieňovacieho tlačidla.
- SICS je ďalej vybavený núdzovými tlačidlami a servisnými prepínačmi. Tieto tlačidlá a prepínače nevyžadujú stlačenie podmieňovacieho tlačidla. Sú vybavené ochrannými krytmi alebo sú zamknuté na ochranu pred nežiaducimi zásahmi. Špeciálne tlačidlá sa dajú odlíšiť farbou odlišnou od zelenej a sivej (sú napr. červené).

Na paneloch SICS sú tiež špeciálne ovládače na kľúč pre vybrané manipulácie, menovite pre:

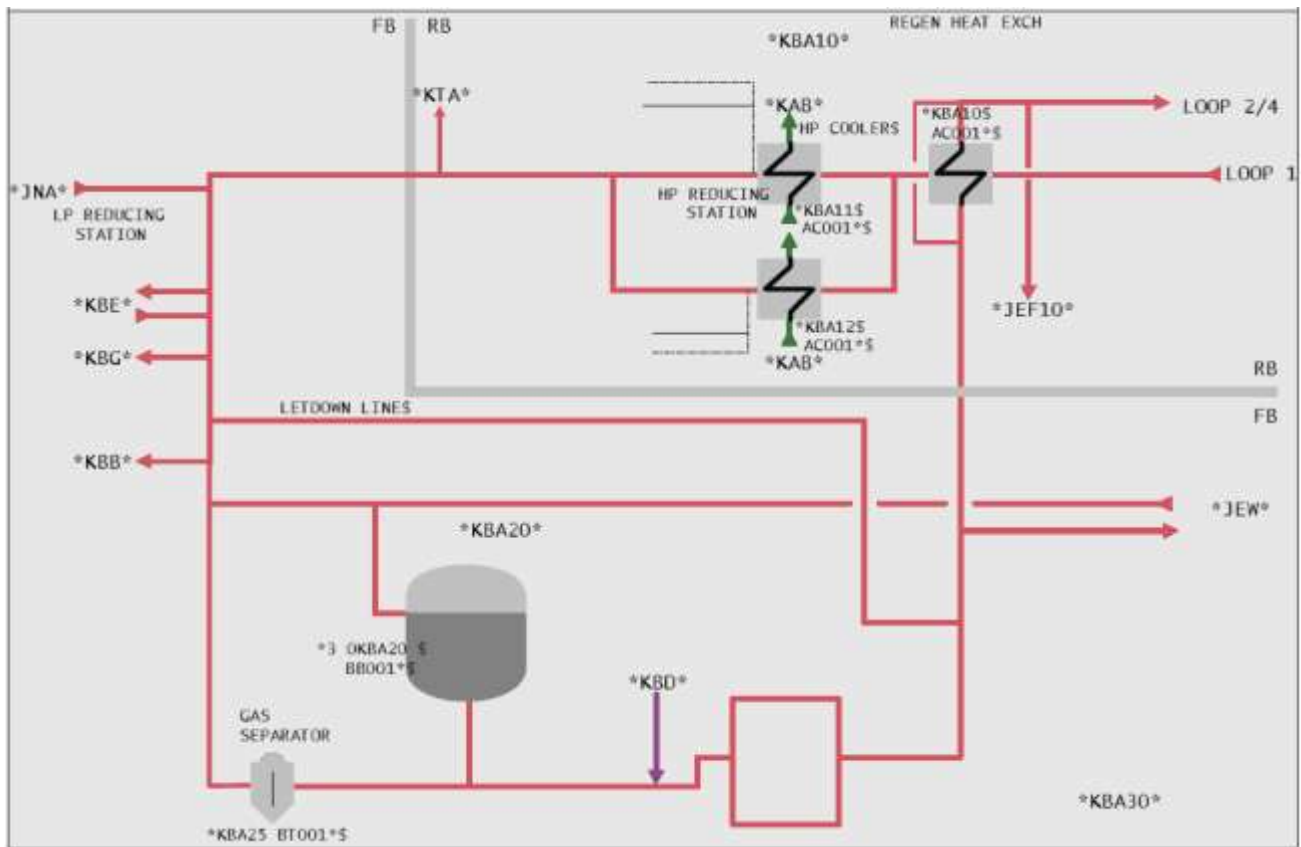
- Feed and Bleed
- Tlaková skúška
- Dochladzovanie po zemetrasení
- Test synchronizácie DG (bráni štartu a pripojeniu DG)
- Deblokovanie prevádzkových blokad
- Mazanie alarmu kategórie 1
- Prepnutie ovládania systému pre ťažké havárie.
- Parametrizácia a skúšky skríň TXS.

Ďalšie informácie o paneloch SICS sú uvedené v kapitolách 6.5.7 a 6.5.8 PpBS.

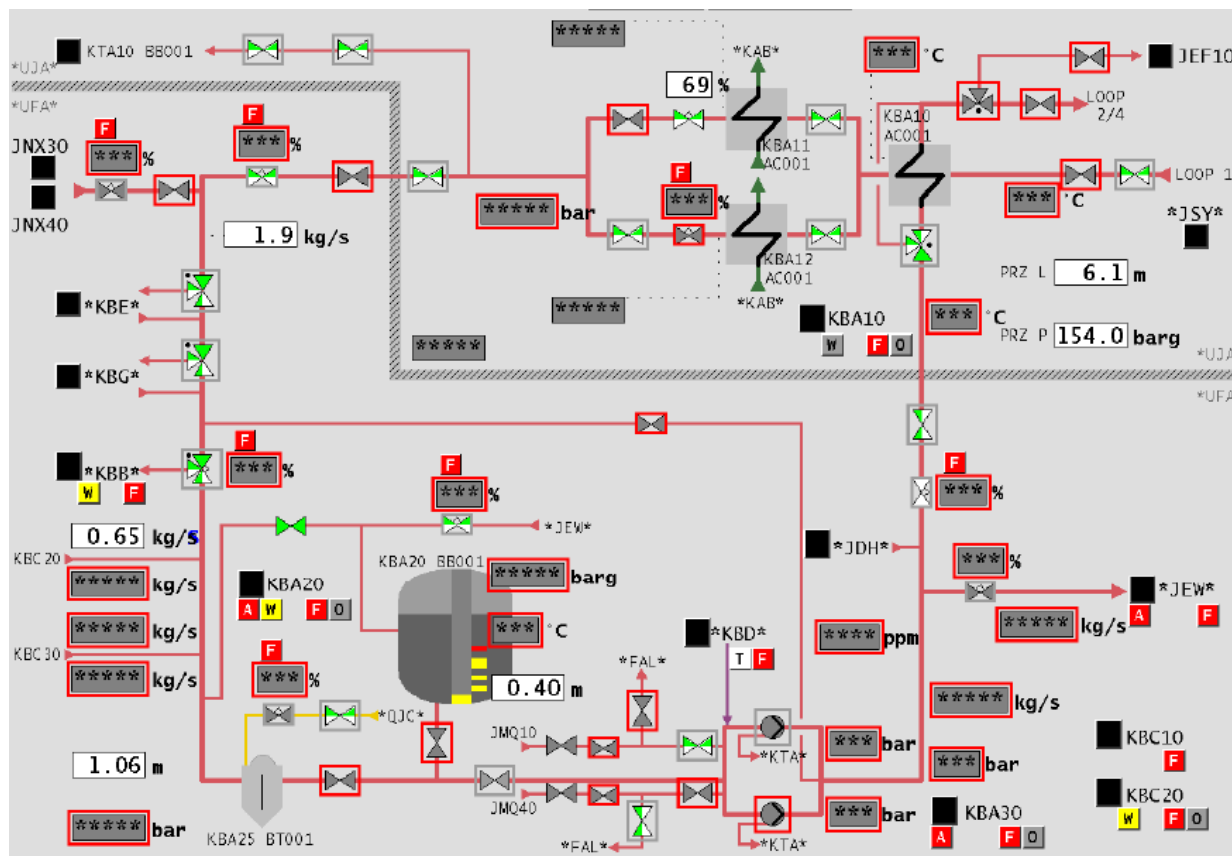
5.6.1.3.3 Displeje PICS

PICS umožňuje monitorovať všetky prevádzkové parametre (kategorizované A, B, C a N podľa IEC 61 226) zariadenia bloku a ovládanie akčných členov kategórií B, C a nekategorizovaných.

Displeje PICS sa skladajú zo statickej a dynamickej časti. Statické časti sú ľahko identifikovateľné vďaka farebnému kódovaniu; obvykle sú sivé alebo sú ohraničené čiernymi líniami. Dynamické časti menia svoj vzhľad podľa okamžitého stavu parametrov. Na Obr. 5.6 - 18 je uvedený príklad displeja obsahujúceho iba statickú informáciu a na Obr. 5.6 - 19 rovnaký displej s pridanou dynamickou informáciou.



Obr. 5.6 - 18 Displej PICS so statickou časťou zobrazenia



Obr. 5.6 - 19 Displej PICS so statickou aj dynamickou informáciou

Displeje PICS pre zobrazovanie informácií a ovládanie procesu sa tiež rozdeľujú na systémové („plant“) a procesné („process“) displeje. Na rozdiel od systémových displejov sú procesné displeje schopné poskytnúť informáciu z viacerých funkčných skupín. Tieto displeje nedovoľujú ovládanie procesu, ale len monitorovanie. Sú však na nich odkazy vedúce operátora na príslušné systémové displeje, z ktorých môžu byť vykonané riadiace zásahy.

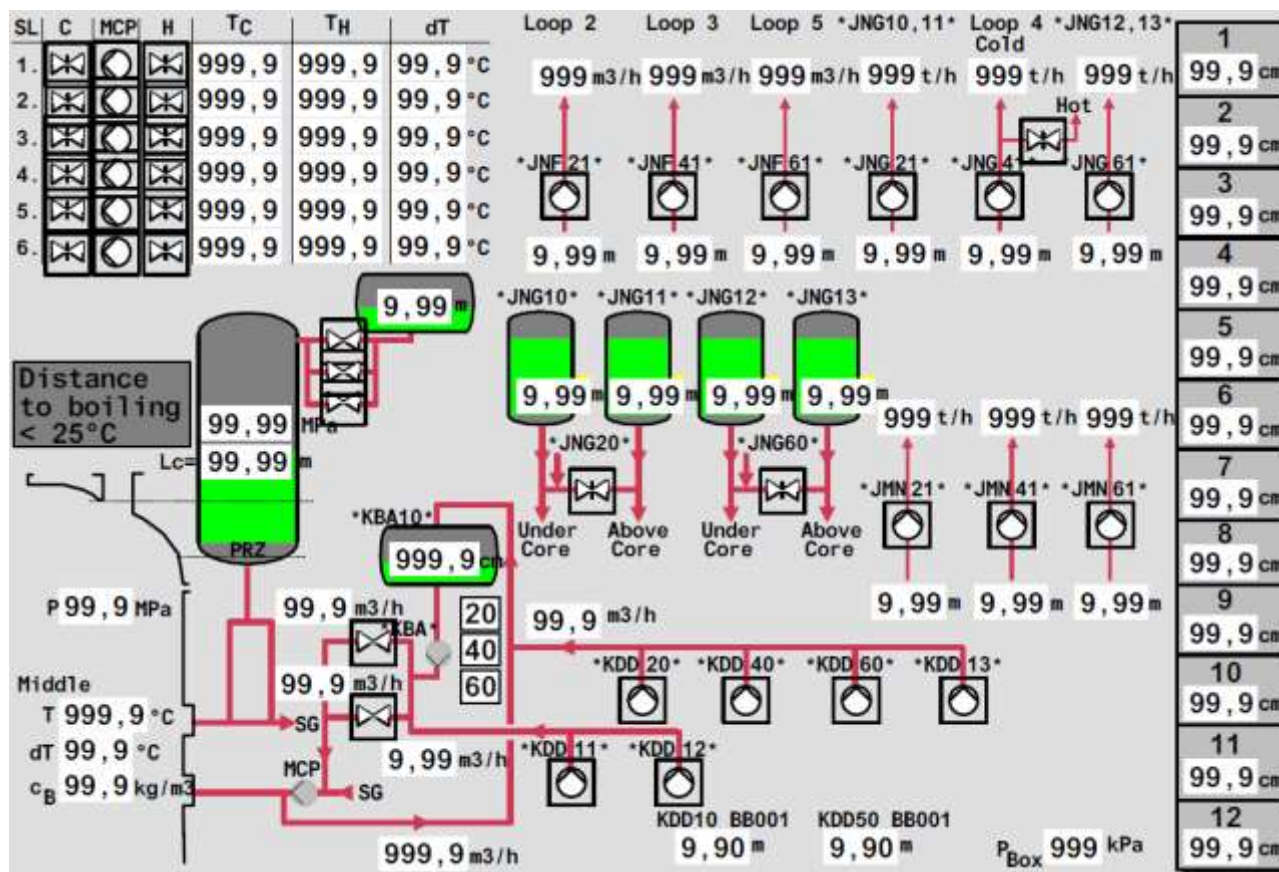
Systémové displeje sú hierarchicky usporiadané do troch úrovní:

- Prehľad primárnej, sekundárnej alebo elektrickej časti
- Prehľad technologického celku
- Detailný displej zariadenia

Použitá úroveň detailnosti závisí od aktuálneho technologického systému; posledná menovaná úroveň nie je použitá vo všetkých systémoch.

Pre každý zobrazený dynamický prvok je k dispozícii aktuálna hodnota/stav spolu s alarmovým indikátorom. Pri kliknutí na ovládaný prvok sa zobrazí detailný ovládací displej pre jeho monitorovanie a riadenie. Systémové displeje majú priradený jednoznačný identifikačný kód systému (KKS) a popisný názov. Môžu byť ľahko rozpoznané podľa kódu KKS. Všetky systémové displeje sú nakreslené podľa operačných schém systému a sledujú tok média tak ako oznamovače a ovládače na paneloch SICS. Toky médií a energie sú reprezentované špecifickým farebným kódovaním. To znamená, že rôzne napäťové úrovne a rôzne médiá sú znázornené rôznymi farbami.

Procesné displeje ukazujú informáciu názorným, ľahko pochopiteľným a pochopiteľným spôsobom s využitím možností grafiky (trasy médií, ikony, tvary komponentov, grafy, priebehy), alarmov a farebného kódovania. Ich účelom je poskytnúť operátorovi problémovo orientovanú informáciu, aby mohol vykonať správne zásahy. Príklad procesného displeja je znázornený na Obr. 5.6 - 20.



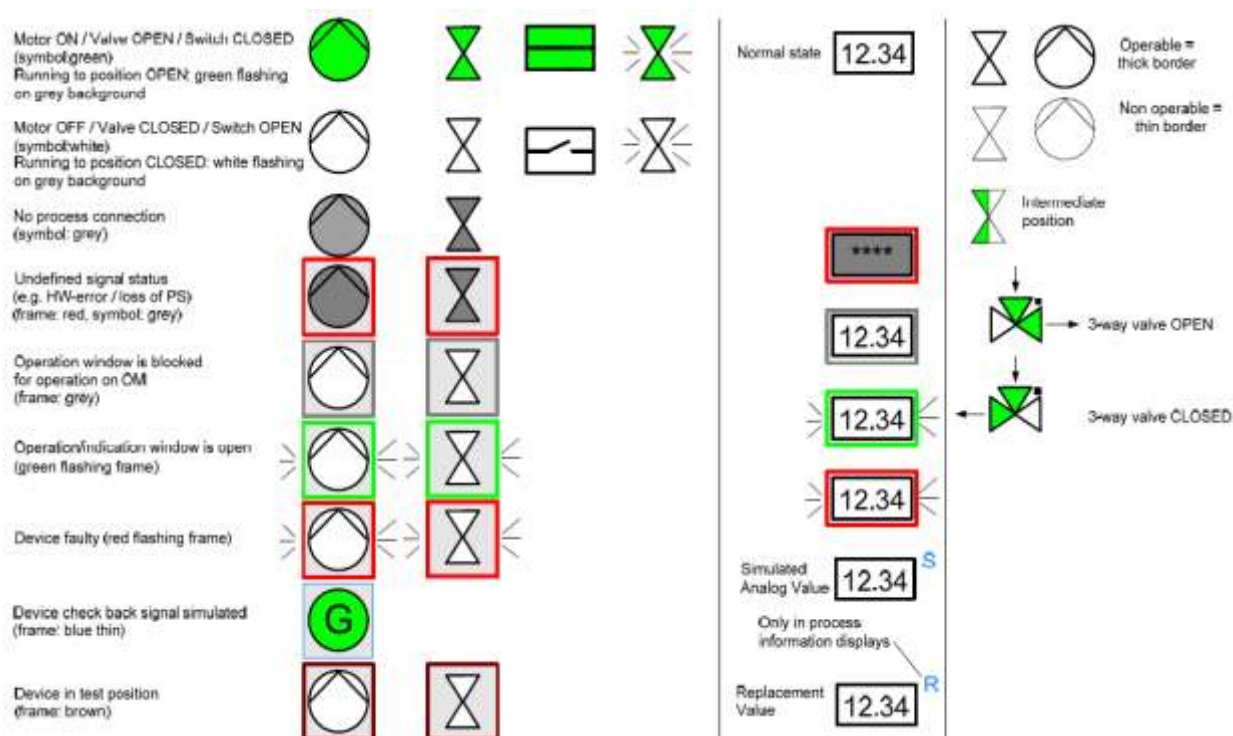
Obr. 5.6 - 20 Príklad procesného displeja PICS

Farebné kódovanie použité pri návrhu PICS je v súlade s požiadavkami KTA 3904 a IEC 60073. Osobitne, počet farieb pre indikáciu stavov je najmenší ako je možné, aby operátor nebol zmätený. Výber farieb je taký, aby boli ľahko odlíšiteľné od pozadia a jednoznačne identifikovali proces (farby použité pre proces a pre alarmy majú byť rôzne). Tak má operátor jasný prehľad o situácii. Koncept farieb je uvedený v [28]. V Prílohe č. 1 tohto dokumentu sú vymenované všetky základné farby a farby pre jednotlivé médiá. Na Obr. 5.6 - 21. je znázornený prehľad farieb.



Obr. 5.6 - 21 Základné farby použité na displejoch PICS

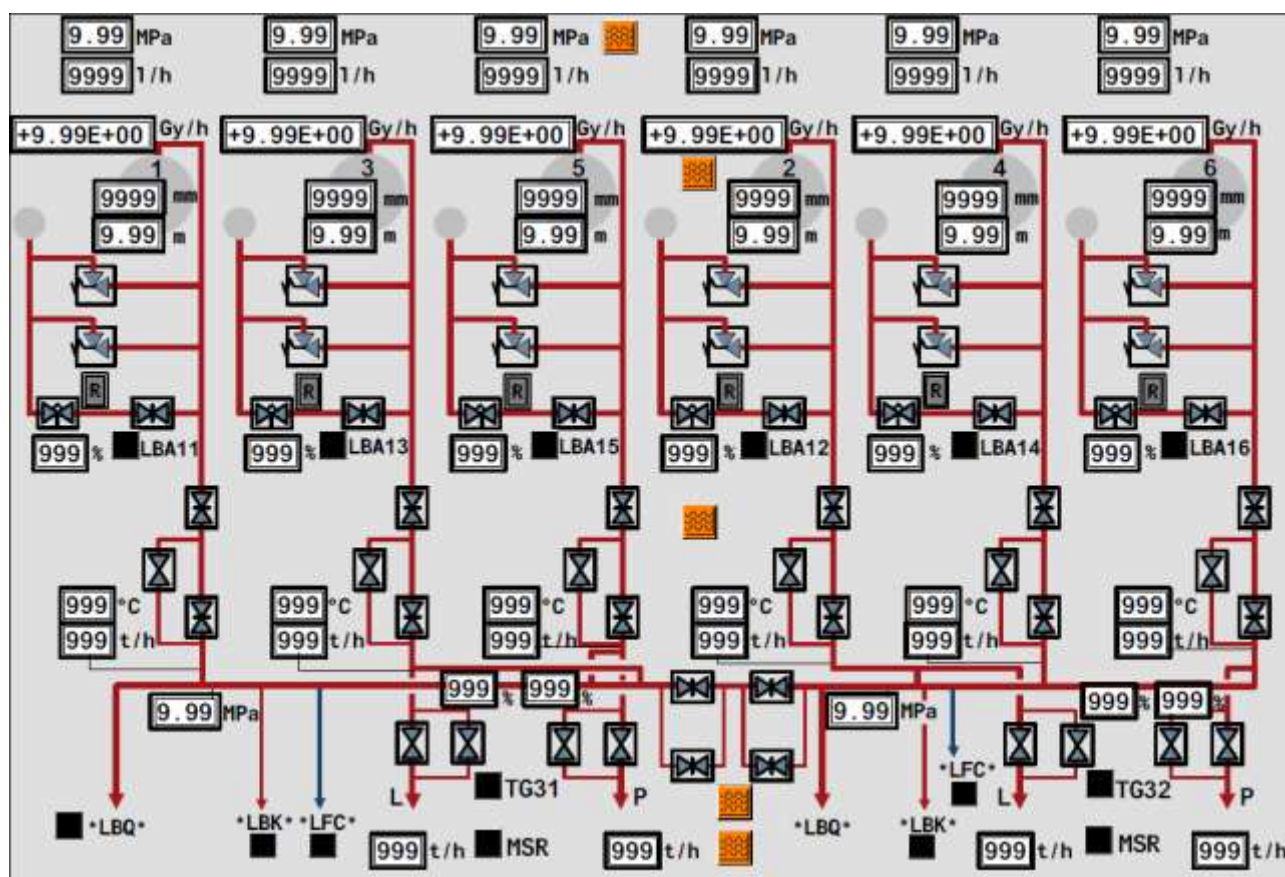
Na Obr. 5.6 - 22. sú znázornené dynamické znaky a ich farebné kódovanie.



Obr. 5.6 - 22 Dynamické prvky na displejoch PICS a ich farebné kódovanie

Podobne, spoločné alarmové indikátory sú použité na identifikáciu porúch v procese alebo v jednotlivom systéme SKR. Blikajú rôznymi frekvenciami na odlíšenie nových a zanikajúcich alarmov. Navyše operátor môže dostať aj správy o poruchách SKR na podporu svojej práce. Pre ďalšie informácie viď 5.6.1.3.4.

Prepínanie na susedné displeje alebo na displeje rôznych úrovní (prehľadové, systémové, procesné) sa vykonáva tlačidlami v záhlaví displeja. Prepínacie prvky na iné systémové displeje sú umiestnené na koncoch potrubných trás, na samotných komponentoch alebo na okrajoch displeja. Takéto prvky sú identifikovateľné podľa KKS a dovoľujú rýchle prepnutie na požadovaný displej a späť. Príklad displeja s navigačnými prvkami je znázornený na Obr. 5.6 - 23. Navigačné prvky sú čierne štvorčeky označené KKS alebo iným vhodným označením nadväzujúceho systému.



Obr. 5.6 - 23 Displej PICS s navigačnými prvkami

5.6.1.3.4 Alarmy

Alarmové oznamy informujú operátorov o odchýlkach riadeného procesu alebo systémov, ktoré si vyžadujú zásah operátora. Sú prezentované tromi základnými spôsobmi, a to vo forme pevne priradených okienok (buď na pultoch a paneloch, alebo aj na displejoch), vo forme zoznamu na displejoch pracovných staníc a vo forme jednotlivých alarmových oznamov alebo symbolov pridaných do schém zobrazenia technologických zariadení na displejoch pracovných staníc.

Alarmový systém je integrálnou súčasťou systému SKR a pozostáva z dvoch podsystémov - počítačom generovaných alarmov a pevne priradených alarmov.

Počítačový alarmový systém je súčasťou systému PICS. Alarmové oznamy sa v ňom zobrazujú na pracovných stanicích. Pochádzajú zo všetkých systémov bloku a sú veľmi podrobné, umožňujú detailné vysledovanie poruchy/odchýlky.

Systém pevne priradených alarmov je súčasťou systému SICS. Alarmové indikátory sú umiestnené na paneloch SICS. Alarmové oznamy pochádzajú väčšinou z bezpečnostných systémov a v malom počte prípadov z aj prevádzkových systémov, pričom ide v prevažnej miere o skupinové alarmy.

Jednotlivé alarmové oznamy sú zatriedené do piatich kategórií podľa ich závažnosti. Kategórie alarmov sú definované nasledovne:

- Kategória 1 – alarmy, ktoré oznamujú ohrozenie bezpečnosti a vyžadujú bezprostrednú reakciu obsluhy.
- Kategória 2 - poruchy/odchýlky v bezpečnostných systémoch.
- Kategória 3 - poruchy v systéme alebo v subsystéme, ktoré môžu v krátkom čase spôsobiť zlyhanie alebo odstavenie systému, zníženie pohotovosti alebo výkonu bloku, ak nebude vykonaná náprava.
- Kategória 4 - poruchy v systéme alebo v subsystéme, ktoré môžu v dlhšom čase spôsobiť zlyhanie alebo odstavenie systému, zníženie pohotovosti alebo výkonu bloku, ak nebude vykonaná náprava.
- Kategória 5 - odchýlky, ktoré nevyžadujú priamu včasnú reakciu.

Okrem alarmov signalizujúcich odchýlky riadeného procesu sú na BD oznamované aj nasledujúce špeciálne druhy alarmov:

- Indikácie prvopríčiny zapôsobenia ochrany - sú zobrazené na paneloch SICS a displeji ochrán reaktora na PICS. Ak pôsobí súčasne viacero signálov ochrany reaktora, potom bliká len indikátor tej prvopríčiny, ktorá prišla prvá v poradí, ostatné neblíkajú. Indikácie prvopríčiny sa nepovažujú za alarmy v zmysle kategórií 1-5.
- Poruchy systému SKR (napr. výpadok napájania pohonu, prekročenie času chodu pohonu alebo nesúlad skutočnej polohy pohonu so žiadanou polohou). Považujú sa za alarmy kategórie 2 alebo 3 v závislosti od postihnutého systému a sú prezentované na displejoch PICS, ako aj na paneloch SICS. Alarmy na paneloch SICS sú prevažne skupinové.

Pre kódovanie alarmov sú použité nasledujúce prostriedky:

1. Vizualné kódovanie: farba, tvar, časová zmena (blikanie),
2. Akustické kódovanie rozličným druhom zvuku.

Farebné kódovanie vychádza z normy IEC 60073. Farba alarmového oznamu závisí od kategórie alarmu nasledovne:

- Kategória 1 – fialová (odchýlka od odporúčaní IEC 60073)
- Kategória 2 a 3 – červená
- Kategória 4 – žltá
- Kategória 5 – biela

Kódovanie tvarom je použité len v alarmových zoznamoch a na schémach zariadení na displejoch PICS. Kategória alarmu je označená číslom 1-5, pričom pozadie alarmového oznamu má vyššie uvedenú farbu podľa kategórie alarmu a farba písma je vždy kontrastná (pre kategórie 1,2 žltá, pre kategóriou 3 biela a pre kategórie 4 a 5 čierna).

Príklady farebného a tvarového kódovania počítačom generovaných alarmov sú znázornené na Obr. 5.6 - 24. Tento obrázok obsahuje časť sekvenčného alarmového zoznamu. Farebné štvorčeky v ľavom stĺpci indikujú kategóriu alarmu.

04/18/06

09:23:05

3

Plant

↑

Process

ASD

↓

2345

System

Alarm Annunciation

1/2

Default

Stop

filter

RO	TO	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	1	2	3	4	5	
2	10JRN02ED146AX XE01	AA11-17 reactor trip													09:22:50
2	10JRE21ER111BX XE01	BA11 Em HP Inj													09:22:50
2	10JRE21ER121AX XE01	BA11 Em LP Inj													09:22:50
3	10BKK00EW020 XG01	Flt subswitchgear									fault				09:22:30
4	10BUA00CE010 XH52	Volt Sec. *BUA*									<99				09:22:25
5	10xxxxnnxn timer XG01	Hatch OPEN													09:22:20

Obr. 5.6 - 24 Príklady farebného a tvarového kódovania počítačom riadených alarmov

Časová zmena zobrazenia (blikanie) sa používa na zvýraznenie nových alarmov alebo skončených alarmov. Novo prichádzajúce alarmy sa zvýrazňujú blikaním s frekvenciou 2Hz. Skončené alarmy (tj. podmienky pre vyvolanie alarmu už nie sú splnené) sa zvýrazňujú blikaním s frekvenciou 0,5 Hz. Podrobnejšie údaje sú uvedené v popise manažmentu alarmov.

Zvukové signály sa používajú na upozornenie operátora na nový alarm a rozlišujú tiež kategóriu nového alarmu:

- Kategória 1 – húkačka
- Kategória 2 – gong
- Kategórie 3 a 4 – bzučiak

Použitie kódovanie odpovedá vyššie uvedeným medzinárodným normám a spĺňa požiadavky rozlíšiteľnosti typu a úrovne alarmového oznamu na BD/ND.

Alarmový systém realizovaný podľa VP spĺňa štandardné požiadavky na alarmové systémy pre hybridné blokové dozorne pre časť počítačom generovaných alarmov a tiež aj fixne pridelených alarmov na paneloch SICS, dáva výstrahy operátorom pre splnenie všetkých úloh, ktoré majú pridelené v ÚP, Kódovanie a kontrola alarmov operátorom (kvitovanie a resetovanie) je vypracované v súlade s normami KTA 3051 [8] a IEC 60073 [1].

5.6.1.3.5 Iné priestory pre personál

Projekt obsahuje dve havarijné podporné strediská, hlavné stredisko je umiestnené v kryte civilnej ochrany a záložné stredisko je umiestnené v Leviciach. Strediská sú vybavené stanicami PICS s možnosťou riadenia bloku. Pre detailnejšie informácie o havarijných podporných strediskách viď [27].

Pracovisko zmenového inžiniera je vybavené jednou stanicou PICS pre každý blok a jednou stanicou PICS pre spoločné zariadenia.

Príslušenstvo pre personál BD (kuchynka, pánske a dámske toalety, sprchy a šatne) sú popísané v [16].

5.6.2 TECHNICKÉ HODNOTENIE REALIZÁCIE BD/ND

Hybridné BD/ND vybavené klasickou inštrumentáciou spolu s ovládaním pomocou počítačov sú dnes najčastejšie sa vyskytujúcim typom dozorní centrálneho riadenia na JE. Možnosti digitálnej technológie pre mentálne zblíženie človeka - operátora s riadeným procesom prostredníctvom informácií zobrazovaných počítačom riadenými obrazovkami dokážu výrazne zvýšiť efektívnosť a spoľahlivosť práce operátorov. Hlavné časti vybavenia BD/ND blokov JE MO34 tvoria systémy PICS a SICS, ktoré sú vyhotovené predovšetkým podľa noriem KTA 3501 a DIN 19235.

5.6.2.1 Odolnosť voči jednoduchej poruche

Posudzovanie odolnosti voči jednoduchej poruche vychádza z dvoch základných hľadísk:

- Na BD a ND sa nachádzajú zobrazovacie a ovládacie prvky redundantných systémov (ESFAS, RTS, PAMS), ktoré sú už projektované s ohľadom na odolnosť voči jednoduchej poruche.
- Počet, rozmiestnenie a pripojenie samotných zobrazovacích a ovládacích prvkov umiestnených na BD a ND musí rešpektovať požiadavky odolnosti voči jednoduchej poruche.

Odolnosť voči jednoduchej poruche v prípade redundantných systémov a zariadení vyžaduje oddelené umiestnenie oznamovačov a ovládačov na častiach panelov a ich fyzickú separáciu. V návrhu panelov SICS je toto rozmiestnenie rešpektované. Spoločné sú iba podmieňovacie tlačidlá, tlačidlá pre ovládanie alarmov, testovacie tlačidlá a servisný prepínač.

Odolnosť voči jednoduchej poruche samotných oznamovačov a ovládačov je zaistená redundanciou pracovných staníc PICS aj ich terminálov [10], [31].

Oddelenie redundancií SICS zaisťuje nezávislosť oznamovačov a ovládačov SICS pripojených k týmto redundanciám.

5.6.2.2 Odolnosť voči poruche zo spoločnej príčiny

Existujú dve základné možnosti poruchy zo spoločnej príčiny:

- Elektrické napájanie,
- Softvérové zlyhanie PICS.

Odolnosť voči poruche zo straty napájania je zaistená redundanciou a oddeleným elektrickým napájaním PICS a SICS [10], [31] a [32]. Výpadok PICS v dôsledku softvérového zlyhania môže byť taktiež považovaný za poruchu zo spoločnej príčiny. V takomto prípade je na BD k dispozícii SICS pre bezpečné odstavenie a dochladenie bloku.

5.6.2.3 Monitorovanie a riadenie v prípade neobývateľnosti BD

V prípade použitia ND musí byť riadenie bloku prepnuté na ND. SICS aj PICS sa musia prepínať oddelene.

Prepnutie SICS sa vykonáva štyrmi uzamykateľnými prepínačmi, umiestnenými na ND, panel CWJ51. Každá redundancia bezpečnostného systému sa prepína oddeleným kľúčom a zvyšný kľúč je vyhradený pre ostatné systémy bez vzťahu k bezpečnosti.

Prepínacie bloky BD/ND sú začlenené do príslušných schém oddelene pre každý akčný člen.

Pracovné stanice PICS na BD sa musia odstaviť ručne z pracovných staníc PICS na ND po prihlásení operátorov.

V prípade neobývateľnosti BD aj ND môže byť blok riadený z havarijného podporného strediska pomocou PICS [27].

5.6.3 BEZPEČNOSTNÉ HODNOTENIE VYKONÁVACIEHO PROJEKTU BD/ND

Bezpečnostné hodnotenie BD/ND MO34 urobené podľa požiadaviek na jadrovú bezpečnosť jadrových zariadení pri ich projektovaní uvedených v Prílohe č.3 časť B, ods. I, písm. K, k Vyhláške ÚJD SR č. 50/2006 Z. z. [36] z hľadiska LF je nasledovné:

- (1) Jadrové zariadenie musí byť vybavené prevádzkovou dozornou (ďalej len „dozorňa“), odkiaľ je možné jadrové zariadenie bezpečne a spoľahlivo kontrolovať a ovládať pri všetkých stavoch.*

Hodnotenie

Pre každý blok MO34 je vybudovaná BD a ND odkiaľ je možné jadrové zariadenie bezpečne a spoľahlivo kontrolovať a ovládať vo funkčnom rozsahu definovanom v odseku 5.6.1.2 a s technickou spoľahlivosťou posúdenou v kap. 5.6.2. Definovaný rozsah funkcií vykonávaných na BD a technická spoľahlivosť zariadení BD a ND nato určených, spĺňa požiadavky medzinárodne akceptovaných štandardov pre projekty radiacích centier.

- (2) Dozorňa sa musí projektovať tak, aby z hľadiska ochrany zdravia zamestnancov pri práci umožňovala prístup, bezpečný a zdravotne vyhovujúci pobyt aj za havarijných podmienok. V projekte musia byť zahrnuté ergonomické princípy vrátane rozhrania človek – stroj.*

Hodnotenie

Systémy na zabezpečenie obývateľnosti dozorní sú súborom individuálnych systémov spoločne zabezpečujúcich funkcie pre obývateľnosť dozorní ako je tienie, pretlak, kúrenie, ventilácia, klimatizácia, filtrovanie vzduchu nasávaného ventilačným systémom a sanitárne podmienky nevyhnutné preto, aby personál mohol zotrvať v dozorniach, vykonávať činnosti pri normálnej prevádzke JE a udržať ju v bezpečných podmienkach pri havarijných situáciách. Tieto systémy sú zmienené v 5.6.1.3 a opísané v [14].

Dodržanie ergonomických princípov v projekte BD/ND vrátane rozhrania človek – stroj je overené v jednotlivých odsekoch kapitoly 5.6.1.3.

Prístup do BD/ND pri všetkých prevádzkových režimoch je zaistený nárokmi na stavebný objekt v ktorom sa BD a ND nachádzajú, nakoľko tento je zaradený do seizmickej triedy 1 [13].

(3) Projekt musí zabezpečiť identifikáciu vnútorných aj vonkajších udalostí priamo ohrozujúcich nepretržitú prevádzku dozorne a navrhnúť opatrenia na čo najúčinnšie obmedzenie ich vplyvu.

Hodnotenie

Ochrana nepretržitej prevádzky BD/ND pred nepriaznivými vplyvmi seizmicity, vetra a víchrice, ako aj letiacich predmetov je zaistená kvalifikáciou stavebného objektu, ktorého súčasťou sú aj BD a ND [13].

Ochrana pred vniknutím nebezpečných látok je zaistená pretlakovou ventiláciou a filtráciou vzduchu [14].

(4) Jadrové zariadenie sa musí projektovať tak, aby sa zabezpečila možnosť odstavenia a udržiavania jadrového zariadenia v bezpečnom stave, aj keď sa dozorňa stane nepoužiteľnou. Príslušné zariadenie, prednostne umiestnené v jednej miestnosti, musí byť fyzicky a funkčne oddelené od dozorne (ďalej len „núdzová dozorňa“).

Hodnotenie

Na JE MO34 sú vybudované núdzové dozorne pre každý blok s obmedzenou schopnosťou vyhradené len na bezpečné odstavenie, dochladenie a udržiavanie bloku v bezpečnom studenom stave a s minimálnym rozsahom funkcií definovaným v [17] a vybavením zariadeniami pre monitorovanie a riadenie prevádzky zariadení blokov MO34 opísanými v [17], 6.5.8.1.5; z tejto dozorne sa dá bezpečne odstaviť a udržiavať blok v bezpečnom stave, keď sa BD stane neobývateľnou, viď kapitolu PNM34361072 Núdzová dozorňa [17].

Zariadenia ND sú umiestnené vo fyzicky oddelenej miestnosti od BD. Funkčne je ND oddelená od BD tak, že posádka BD musí po príchode na ND ručne aktivovať systémy PICS a SICS na ND. Ak sú PICS a SICS aktivované na ND, nie sú funkčné na BD (viď [17] 6.5.8.1.1 a 6.5.8.1.3). Nezávislosť ND od BD je posúdená v [17] v odseku 6.5.8.2.2.3.

(5) Dispozičné rozmiestnenie prístrojov a spôsob prezentácie informácií musia poskytovať primeraný celkový obraz o stave a prevádzkových charakteristikách jadrového zariadenia.

Hodnotenie

Dispozičné rozmiestnenie prístrojov a spôsob prezentácie informácií na paneloch SICS v BD/ND, grafické vyhotovenie a manažment displejov PICS, odpovedajú nárokom medzinárodne uznávaných štandardov a boli ergonomicky posúdené ako vyhovujúce v odsekoch 5.6.1.3.2 a 5.6.1.3.3. a poskytujú operátorom primeraný celkový obraz o stave a prevádzkových charakteristikách jadrového zariadenia. Dispozičné rozmiestnenie prístrojov a spôsob prezentácie informácií na paneloch SICS z hľadiska fyzického a perцепčného dosahu operátora je posúdené v 5.6.1.3.

(6) Všetky zariadenia, ktoré sú potrebné v procese ručného ovládania, musia byť umiestnené na takom mieste, aby k nim bol možný prístup pri normálnej prevádzke, abnormálnej prevádzke, projektových haváriách a v primeranej miere aj počas vybraných ťažkých havárií.

Hodnotenie

Umiestnenie panelov SICS a pracovísk posádky na BD a ND z hľadiska dostatočnej šírky priechodov ku nim pri normálnej prevádzke, abnormálnej prevádzke, projektových haváriách a v primeranej miere aj počas vybraných ťažkých havárií je posúdený v odseku 5.6.1.3 a vyhodnotený ako dostatočný. Šírka všetkých priechodov na BD aj ND je dostatočná.

(7) Projekt musí obsahovať zariadenia, ktoré účinným spôsobom poskytnú vizuálne a zvukové indikácie stavu parametrov prevádzky, ktoré sa odchyľili od normálu a môžu mať vplyv na jadrovú bezpečnosť.

Hodnotenie

Na BD aj ND je nainštalovaný plne funkčný a ergonomicky vyhovujúci alarmový systém posúdený v odseku 5.6.1.3.4 poskytujúci vizuálne a zvukové indikácie stavu parametrov prevádzky, ktoré sa odchyľili od normálu a môžu mať vplyv na jadrovú bezpečnosť a zabezpečuje požadovanú podporu operátorom na BD pri riadení bloku.

Na základe vyššie uvedených vyhodnotení konštatujeme, že vykonávací projekt riadiacich centier, menovite BD a ND blokov MO34 spĺňa z hľadiska LF všetky požadované podmienky a zaručuje spoľahlivú prácu operátorov.

Požiadavky Vyhlášky ÚJD SR č. 430/2011 [41] na blokové dozorne sú totožné s požiadavkami Vyhlášky ÚJD SR č. 50/2006 [36], a preto môžeme konštatovať, že vykonávací projekt riadiacich centier spĺňa požiadavky aktuálnej Vyhlášky ÚJD SR č. 430/2011 [41].

LITERATÚRA

- [1] IEC 60073 (2002) Basic and safety principles for main-machine interface, marking and identification– coding principles
- [2] IEC 60964 (2009) Nuclear power plants - Control rooms - Design
- [3] IEC 62241 (2004) Nuclear power plants - Main control room - Alarm functions and presentation
- [4] IEC 61772 (2009) Nuclear power plants - Main control room – Application of Visual Display Unit (VDU)
- [5] ISO 11064-3 1999 Ergonomic design of control centres – Part 3: Control room layout
- [6] ISO 11064-4 (2004) Ergonomic design of control centres – Part 4: Layout and dimension of work station
- [7] IEC 61227 2008 Nuclear power plants - Control rooms – Operator controls,
- [8] KTA 3501(1985-2000) Reactor Protection System and Monitoring Equipment of the Safety System
- [9] Norma ISO EN9241, Ergonomic requirements for Office Work with Visual Display Terminals, Parts 6&7
- [10] Operation Manual for steam turbine control system
- [11] Chapter 05.02 Fulfillment of design requirements, concepts, criteria and objectives
- [12] Chapter 05.03 Safety classified equipment classification into safety classes
- [13] Chapter 05.04 Civil structures and civil structures constructions
- [14] Chapter 06.04.03 The habitability systems of the control rooms and control centres
- [15] Chapter 06.05.05.05 Process Information and Control System - PICS
- [16] Kapitola 06.05.07 Bloková dozorná
- [17] Kapitola 06.05.08 Núdzová dozorná
- [18] Kapitola 06.07.04.02 Osvetlenie
- [19] Kapitola 09.03 Prevádzkové predpisy
- [20] Training programmes for I. category – theoretical training
- [21] Training programmes for I. category – on the job training
- [22] Training programmes for I. category – transfer from EMO12 to MO34 – theoretical training
- [23] Training programmes for professionally competent employees – theoretical training
- [24] Training programmes for professionally competent employees – periodical training
- [25] Training programmes for professionally competent employees – transfer from EMO12 to MO34 – theoretical training
- [26] Training documentation for professionally competent and licensed employees
- [27] Kapitola 06.05.09 Havarijné podporné strediská - HPS

- [28] COLOR CONCEPT FOR PLANT AND PROCESS DISPLAYS
- [29] GENERAL ALARM CONCEPT
- [30] SICS PANELS LAYOUT
- [31] DESCRIPTION OF THE I&C SYSTEM PICS
- [32] DESCRIPTION OF THE I&C SYSTEM SICS
- [33] SICS components catalog
- [34] ARRANGEMENT OF COMPONENTS IN CONTROL ROOM DESKS FOR UNIT 3 &8
- [35] Requirements Overview for Control Rooms
- [36] Vyhláška ÚJD SR č. 50/2006 Z. z. o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť
- [37] Zákon 124/2006 Z. z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- [38] Zákon 541/2004 Z.z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších zákonov.
- [39] STN EN 547-1+A1: Bezpečnosť strojov. Rozmery ľudského tela. Časť 1: Zásady stanovenia rozmerov otvorov na vstup celého tela do strojov
- [40] STN EN 547-3+A1: Bezpečnosť strojov. Rozmery ľudského tela. Časť 3: Antropometrické údaje
- [41] Vyhláška ÚJD SR č. 430/2011 Z. z. o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 5.6 - 1 Pracoviská na BD	7
Obr. 5.6 - 2 Pracoviská na ND	8
Obr. 5.6 - 3 Usporiadanie BD	10
Obr. 5.6 - 4 Usporiadanie ND	11
Obr. 5.6 - 5 Usporiadanie vybavenia BD. Stoly obsahujúce QIP sú vyznačené červene	15
Obr. 5.6 - 6 Usporiadanie stolov ND	16
Obr. 5.6 - 7 Štandardný stôl operátora (stredná pozícia)	17
Obr. 5.6 - 8 Stôl operátora so systémom EXCORE	18
Obr. 5.6 - 9 Stôl operátora s tlačidlami pre odstavenie turbíny	19
Obr. 5.6 - 10 QIP pre odstavenie reaktora	20
Obr. 5.6 - 11 Usporiadanie stola s QIP	21
Obr. 5.6 - 12 Police a konferenčné stoly na BD	22
Obr. 5.6 - 13 Police a konferenčné stoly na ND	23
Obr. 5.6 - 14 Oblasti panelov SICS	25
Obr. 5.6 - 15 Grafické znázornenie čitateľnosti znakov na paneloch SICS	26
Obr. 5.6 - 16 Grafické znázornenie dosahu operátora na panel SICS	27
Obr. 5.6 - 17 Príklady zobrazovacích a ovládacích komponentov	29
Obr. 5.6 - 18 Displej PICS so statickou časťou zobrazenia	31
Obr. 5.6 - 19 Displej PICS so statickou aj dynamickou informáciou	32
Obr. 5.6 - 20 Príklad procesného displeja PICS	33
Obr. 5.6 - 21 Základné farby použité na displejoch PICS	34
Obr. 5.6 - 22 Dynamické prvky na displejoch PICS a ich farebné kódovanie	34
Obr. 5.6 - 23 Displej PICS s navigačnými prvkami	35
Obr. 5.6 - 24 Príklady farebného a tvarového kódovania počítačom riadených alarmov	37

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 5.6 - 1 Veľkosť a maximálna vzdialenosť pre zaistenie čitateľnosti písmen a číslíc na paneloch SICS ..	25
Tab. 5.6 - 2 Farebné kódovanie na paneloch SICS	28