Ergonomická rizika a pracovní podmínky operátorů v řídicích centrech

Ergonomic Risks and Working Conditions of Operators in Control Rooms

RNDr. Mgr. Petr A. Skřehot, Ph.D.[1,3]

Mgr. František Houser[2]

Ing. Jakub Marek[3]

[1]VÚJE Česká republika s.r.o.
Ostrovského 253/3, 150 00 Praha 5 - Smíchov
[2]VÚJE Česká republika s.r.o.
Jaderná elektrárna Temelín, 373 05 Temelín - elektrárna
[3]Znalecký ústav bezpečnosti a ochrany zdraví, z.ú.
Divišova 235, 503 02 Pardubice
skrehot@vuje.cz, houser@vuje.cz, zuboz@zuboz.cz

Abstrakt

Role člověka v pracovních systémech se v uplynulých 20 letech značně změnila. Na většině pracovišť došlo k implementaci výpočetní a komunikační techniky (ICT), což sice lidem na jednu stranu usnadnilo práci, ale na stranu druhou vedlo ke zvýšení tlaku na jejich pracovní výkon. Širší využití ICT si v mnoha ohledech vynutilo vyšší nároky na adaptabilitu jednotlivců na nové pracovní podmínky. Spolu s tím obvykle došlo také k redukci personálního obsazení na většině pracovišť, což se nutně projevilo ve zvýšení nároků na senzorický a mentální výkon zbylých pracovníků. Typickým příkladem jsou řídicí centra, dispečinky a velíny. Zde moderní technika jednoznačně pomohla zvýšit efektivitu řízení technologického procesu a současně snížila pravděpodobnost lidského selhání. Ovšem tato změna vyvolala též řadu ergonomických rizik, které byly do té doby spíše ojedinělé. Jedná se zejména o trvalou pracovní polohu vsedě, zrakovou zátěž a psychickou zátěž. Jejich důsledky se v poslední době začínají významně promítat do statistik nemocí z povolání, což tuto problematiku činí značně aktuální. Z tohoto důvodu jsme se v rámci řešení projektu TD020017 pokusili podrobněji prozkoumat kvalitu pracovního prostředí ve vybraných řídicích centrech a pomocí dotazníkového šetření získat také subjektivní názory samotných operátorů. Tento článek tak shrnuje nejzajímavější výsledky z provedeného výzkumu.

Klíčová slova

Ergonomie; prevence rizik; řídicí pracoviště; lidský činitel.

Abstract

Human role in work systems has changed during last 20 years significantly. Information and communication (ICT) technology was implemented in most of work places, what facilitated human work on one hand, but it increased pressure on human performance on the other hand. Wider use of ICT enforced demands higher individual adaptability to new work conditions in many ways. In addition there occurred staff reduction in most of work places, what got evinced in higher demands on sensual and mental performance of remind personal. Among typical examples belong control rooms, dispatchings and control centers. In this cases modern technology helped to increase technological process control efficiency and it reduced human failure probability at the same time. Nevertheless this change evoked many ergonomic risks, which were sporadic until the time. The thing in question is the permanent sitting work position, visual burden and mental burden. Theirs consequences begin show in job-related illness statistic significantly, what makes this problematic actual considerably. For the reason we tried to explore work environment quality in detail in chosen control centers within project TD020017 framework and to obtain subjective staff opinion via questionnaire set. This article summarize the most interesting results of the accomplished research.

Keywords

Ergonomics; risk prevention; control rooms; human factors.

Úvod

Oblast známá jako řízení procesů má z pohledu ergonomie dlouhou tradici. Termín „proces“ se zde totiž vztahuje ke zpracovatelskému průmyslu, což je odvětví, kde se energie a hmota vzájemně transformují. Typickým příkladem jsou jaderné elektrárny nebo průmyslové výrobny (chemie, papírenství, potravinářství aj.). Procesy, které zde probíhají, jsou různě složité a technologicky náročné. Všechny je ale potřeba řídit, neboť prvořadým úkolem je zajistit bezpečnost provozu a kvalitu produkce. S tím však souvisí také řada rizik, z nichž samostatnou skupinu představují rizika ergonomická. Setkávat se s nimi můžeme zejména v řídicích centrech, které představují specifická pracoviště s umělým prostředím. Na rozdíl od mechanického způsobu řízení, který se uskutečňuje ovládáním konkrétního řízeného prvku člověkem (např. otevření ventilu), se zde řízení provádí prostřednictvím artefaktů. Ty představují umělé vazby mezi ovládačem a řízeným prvkem, takže operátor neovládá konkrétní zařízení, nýbrž k tomuto účelu využívá „prostředníka“ v podobě ovládacího pultu, panelu nebo displejů (VDU). V extrémním případě, jako jsou jaderné elektrárny, musí být všechny ovládací procesy řízeny pouze pomocí artefaktů, aby se předešlo k selhání lidského faktoru [1]. Takto vykonávaná práce však vyžaduje značný mentální a senzorický výkon operátorů, což se nutně odráží v jejich psychické zátěži.

Interakce v systému člověk-stroj

Z historického pohledu lze konstatovat, že zavádění automatizace řízení významně omezilo příležitosti k lidské chybě. Na druhou stranu ale operátorům také omezilo možnost získávat přímou zpětnou vazbu od ovládaného zařízení, jakož i kontakt s každodenní realitou panující ve výrobní části, kterou řídí. Konstrukce řídicích systémů a provozní postupy se proto neustále zlepšovaly, aby se riziko lidské chyby snížilo na minimum [2]. Původní analogové řídicí systémy byly v 90. letech 20. století a v prvním desetiletí 21. století postupně nahrazeny modernější technikou. Důvodem byla především dostupnost kvalitativně lepší a výkonnější řídicí a kontrolní techniky. Navíc, pro starší typy zařízení postupně klesala dostupnost náhradních dílů, což vedlo k neúměrnému nárůstu nákladů na jejich provoz a údržbu [3].

Tato modernizace si však vynutila změny v pracovním prostředí řídicích center a také v samotném charakteru práce operátorů. Vznikla tak nová ergonomická rizika, která ovlivnila spolehlivost lidského faktoru a to pozitivním i negativním způsobem. Spolu s tím se zrodily také nové přístupy, které se zaobírají otázkami spolehlivosti systémů člověk-stroj. V rámci hodnocení spolehlivosti systémů člověk-stroj je primární snahou odhalit potenciálně nebezpečné situace, které mohou vést ke vzniku poruchy technického zařízení nebo k lidské chybě [4]. Tyto poznatky jsou následně využity pro úpravu konstrukce technických zařízení, softwarového vybavení a standardů řízení, což zvyšuje spolehlivost celého systému. Ačkoli je každý stroj výplodem lidské činnosti včetně všech svých omezení

a nedostatků, lidé snadno podléhají pocitu, že nikdy neselžou [2]. Bohužel, toto sebeuspokojení bylo příčinou nejedné havárie.

Jako příklad lze uvést havárii v jaderné elektrárně Three Mile Island v roce 1979. Jednu z prvních z otázek, na kterou se při jejím vyšetřování upřela pozornost, bylo rozhraní člověk-stroj. Vyšetřovací Kemenyho komise totiž zjistila, že rozvoji nehodového děje významně napomohla řada přispívajících faktorů, mezi které patřily jak chyby v řízení, tak i špatné informace a nedostatky v řešení blokové dozorny. Konkrétně se jednalo o barevné kódování některých alarmů na panelech, které nebyly provedeny v souladu s předepsanými standardy [5], ačkoli se mělo všeobecně za to, že jsou řešeny správně. Tato zjištění iniciovala provedení rozsáhlých ergonomických studií na blokových dozornách v jaderných elektrárnách provozovaných ve Francii, Japonsku a USA a přijetí řady nápravných opatření. Jednalo se například o vylepšení uspořádání konzol, řídících panelů, systémů zobrazení bezpečnostních parametrů (SPDS) ad. Od poloviny 80. let 20. století se postupně začaly objevovat úvahy o potřebě změnit stávající systémy kontroly a řízení s cílem zlepšit spolehlivost a bezpečnost provozu [6]. Základní myšlenkou zprvu bylo zahrnout do nově navrhovaných systémů řízení prvky aktivní bezpečnosti, jež měly prakticky vyloučit možnost vzniku havárie v důsledku chybného zásahu obsluhy. Byly tedy provedeny rozsáhlé studie problematiky spolehlivosti lidského faktoru [7], které postupně vedly k představě, že jednorázová selhání operátorů jsou očekávatelná a lze je spolehlivě predikovat [8]. To vedlo k myšlence, že nežádoucí důsledky lidských chyb je možné odvrátit vhodně navrženými ochrannými bariérami [9], což v jaderné energetice následně vedlo k rozvoji principu ochrany do hloubky. Některé nehody v chemickém průmyslu ale poukázaly také na existenci jiného jevu, kterým je opožděná reakce. Ve složitých technologických celcích totiž lidská chyba nemusí vždy vést k přímému a okamžitému efektu na ovládaném zařízení, nýbrž se může projevit se zpožděním a mnohdy na jiném místě, než kde by jej bylo logické očekávat [10].

Má-li být tedy snížena možnost chybování operátorů, je nutné věnovat lidskému činiteli zvýšený zájem již ve fázi návrhu celého pracovního systému [11]. K tomuto účelu lze v principu využít dva různé přístupy:

1) integrace požadavků na lidského činitele již ve fázi návrhu řídicího centra (tj. Human-Centered Design) [12] anebo
2) úprava pracovních podmínek operátorů ve fázi provozu řídicího centra [13].

První přístup je všeobecně výhodnější, neboť umožňuje lépe zohlednit potřeby operátorů, které mohou limitovat jejich fyzický, senzorický nebo mentální výkon. Pomocí nejrůznějších SW nástrojů lze také poměrně snadno vizualizovat každé navrhované pracoviště ve 3D prostředí, provést simulace dosahových vzdáleností, lokální fyzické zátěže či omezení plynoucí z navrhovaného dispozičního řešení [14]. Nevýhodou tohoto přístupu ovšem je, že nedokáže predikovat subjektivní pocity operátorů (tj. jejich zpětnou vazbu), neboť řídicí centrum v této fázi existuje pouze na papíře. Ačkoli druhý přístup by měl být spíše nouzovým řešením, jeho silnou stránkou je, že pomocí něj lze posuzovat již existující pracoviště. Do hodnocení lze tedy zahrnout zkušenosti operátorů, které mnohdy pomohou cíleněji definovat vhodná nápravná opatření. Nicméně je potřeba si uvědomit, že tato opatření obvykle neumožní provést stavebně-technické úpravy v objektu ani významnější úpravy dispozice interiérů [15]. I přes tato omezení existuje u řady provozovatelů zájem o postupné zlepšování stávajícího stavu a proto je tento přístup v praxi využíván. Východiskem je provedení terénního šetření, které musí být pečlivě připraveno a provedeno.

Terénní šetření ve vybraných řídicích centrech

V rámci řešení projektu TD020017 jsme provedli několik terénních šetření v řídicích centrech. Obsluha zde po většinu směny pracuje v poloze vsedě, ale má i možnost střídat polohu vsedě s polohou vstoje. Úkolem operátorů je sledovat vybrané ukazatele na zobrazovacích jednotkách (VDU), popřípadě na dalších vizuálních sdělovačích (např. závěry z televizních kamer) a v reakci na danou situaci provádět potřebné zásahy za pomocí ručních nebo elektronických ovládačů (klávesnice, myši, ikony na VDU apod.). Ačkoli těžiště práce operátorů spočívá převážně ve sledování VDU, nejedná se o trvalé sledování zobrazovacích jednotek, neboť provoz je obvykle řízen automaticky a roli člověka lze vnímat spíše jako dozorovou. Řídicí software je vybaven prvky aktivní ochrany (blokace, alarmová hlášení apod.), což snižuje psychickou zátěž operátorů pramenící z pocitu odpovědnosti za bezproblémový provoz. Z hlediska požadavků na mentální výkon a vigilanci operátorů má práce v řídicím centru charakter krátkodobých okamžitých podnětů střídaných dlouhými časovými úseky s klidovým režimem. Podle potřeby operátoři mezi sebou komunikují, nezřídka pak i s personálem mimo řídicí centrum.

Vlastní terénní šetření bylo provedeno podle speciálně navržené metodiky, která sestávala ze tří částí:

1) Posouzení vybraných faktorů pracovního prostředí zahrnující měření:
   - Tepelně vlhkostních podmínek;
   - Intenzity osvětlení a osvětlenost plochy zrakového úkolu;
   - Kvality pracovního ovzduší;
   - Hluku.
2) Strukturovaný sběr dat pomocí ergonomického checklistu zaměřeného na:
   - Ochranné funkce objektu;
   - Řešení a uspořádání interiéru;
   - Zázemí a hygienické podmínky;
   - Požární bezpečnost;
   - Údržba interiéru;
   - Pracovní stanice;
   - Pracovní sedadla;
   - Ovládače a sdělovače;
   - Zobrazovací jednotky;
   - Velkorozměrové zobrazovací displeje;
   - Řešení a uspořádání informací na obrazovkách.
3) Získání zpětné vazby od operátorů pomocí:
   - Dotazníku pro hodnocení zátěže pracovníků faktory pracovního prostředí;
   - Dotazníku pro subjektivní posouzení úrovně diskomfortu.

V rámci **první části** šetření bylo provedeno měření faktorů pracovního prostředí. Ačkoli v řídicích centrech obvykle nedochází k výraznému překračování nebo nedodržení stanovených hygienických limitů, provedená měření mohou přinést zajímavé informace, což byl i tento případ (viz tab. 1). V klimatizovaném řídicím centru bylo podle očekávání pozorováno zhoršené mikroklima. Pokud jde o teplotu, tak ta se v průběhu dne může měnit a proto dělat závěry z měření provedeného během jedné pracovní směny nelze. Naproti tomu problém s výměnou vzduchu již mívá časově ustálený charakter. Ačkoli samotná rychlost proudění vzduchu splňuje legislativně stanovené limity, díky nevhodně rozmístěným vyústkám vzduchotechniky dochází často k obtěžování operátorů nepříjemným průvanem. Také požadavky na osvětlenost pracovního úkolu nebývají mnohdy dodrženy, ale stejně jako i v těchto případech, to bylo dáno nevhodným nastavením svítidel samotnými operátory. Ve všech měřených řídicích centrech byl zjištěn problém s hlukem. Ten se z objektivních technologických důvodů nedaří držet pod 50 decibely (pro 8 hodinovou směnu), resp. 51,8 decibely (pro 12 hodinovou směnu). Zjištěné časově vážené průměry hodnot LAeq se pohybovaly okolo

55 dB. Samostatnou oblastí je pak kvalita pracovního ovzduší. Na žádném z měřených pracovišť nebylo vyhověno požadavkům pro ISO Class 8 podle ČSN EN ISO 14644-1. Dlužno ale podotknout, že toto kritérium není právně závazné; z hlediska hmotnostní koncentrace přítomných aerosolů ale byla kvalita pracovního ovzduší ve všech případech vyhovující.

Tab. 1 Výsledky měření vybraných faktorů pracovního prostředí

Měřená veličina (značka) (předpis/standard)	Limit	Výsledné posouzení		
		Řídící centrum No. 1	Řídící centrum No. 2	Řídící centrum No. 3
Operativní teplota (t_o) pro třídu práce I (NV č. 361/2007 Sb.)	20 - 27 °C	+	+	+
Operativní teplota (t_o) pro klimatizované pracoviště (NV č. 361/2007 Sb.)	Zima: 21,0 - 23,0 °C Léto: 23,5 - 25,5 °C	-	Nebylo hodnoceno - klimatizace se nepoužívá	
Suchá teplota vzduchu (t_a) pro pracoviště s činnostmi prováděnými převážně vsedě (ČSN EN ISO 11064-6)	Zima: 20,0 - 24,0 °C Léto: 23,0 - 26,0 °C	±	±	±
Rychlost proudění vzduchu (v_a) (NV č. 361/2007 Sb.)	0,01 - 0,2 m/s	+	+	+
Relativní vlhkost vzduchu (R_h) (NV č. 361/2007 Sb.)	30 - 70 %	+	+	+
Koncentrace CO_2 pro mikroklimatický komfort (Standard WHO)	$c_{komfort:} \leq 1000$ ppm	+	±	+
Hygienický limit koncentrace CO_2 pro pobytové místnosti (1 hod. bez výměny vzduchu) (Vyhláška 268/2009 Sb.)	$c_{komfort:} \leq 1500$ ppm	+	+	+
Přípustný expoziční limit CO_2 (NV č. 361/2007 Sb.)	$PEL_{CO_2} \leq 5000$ ppm	+	+	+
Nejvyšší přípustná koncentrace CO_2 (NV č. 361/2007 Sb.)	$NPK\text{-}P_{CO_2} \leq 25000$ ppm	+	+	+
Přípustný expoziční limit inhalabilní frakce aerosolů celosměnový (NV č. 361/2007 Sb.)	$PEL_c \leq 10,0$ mg/m^3	+	+	+
Maximální hodnoty hmotnostní koncentrace pevných částic (vyhláška č. 6/2003 Sb.)	$PM_{10} \leq 0,15$ mg/m^3	+	+	+
	$PM_{2,5} \leq 0,08$ mg/m^3	+	+	+
Maximální počet částic při nevětraném ovzduší pro ISO Class 8 (ČSN EN ISO 14644-1)	$D_p \geq 0,5$ µm: $\leq 3,52.10^6$ #/m^3	-	-	-
	$D_p \geq 1$ µm: $\leq 8,32.10^5$ #/m^3	-	-	+
	$D_p \geq 5$ µm: $\leq 2,93.10^4$ #/m^3	-	-	+
Průměrná udržovaná osvětlenost v rovině zrakového úkolu (E_n) (ČSN EN 12464-1)	$E_n \geq 300$ lx	±	-	+
Osvětlenost pozadí v bezprostředním okolí zrakového úkolu (E_p) (ČSN EN 12464-1)	$E_p \geq 200$ lx	+	-	+
Přípustný celosměnový expoziční limit hluku (vyhláška 272/2011 Sb.)	$L_{Aeq(12h)} \leq 86,8$ dB	+	+	+
Celosměnový hygienický limit hluku (vyhláška 272/2011 Sb.)	$L_{lim(12h)} \leq 51,8$ dB	-	-	-
Hlukové pozadí pro pracoviště řídících center (při úrovni hlasitosti běžné řečové komunikace 65 až 70 dB) (doporučení WHO)	$L_{A\text{-}pozadí} \leq 55$ dB	+	+	+

Vysvětlivky:

\+ (Vyhovuje zcela) ± (Vyhovuje částečně) - (Nevyhovuje)

Druhou částí provedeného šetření bylo posouzení pracovních podmínek pomocí ergonomického checklistu. Ten byl navržen tak, aby umožňoval subjektivní posouzení celkem 288 aspektů na základě prohlídky pracoviště. V rámci posouzení každého aspektu byla realita porovnána s kritérii stanovenými platnou legislativou nebo technickými normami (ISO, EN, ČSN). Pokud pro některý aspekt dané kritérium nebylo stanoveno, bylo přihlíženo k doporučením vycházejícím z odborné literatury. Každý aspekt byl nakonec posouzen pomocí čtyřbodové škály:

- zcela vyhovuje,
- nevýznamná odchylka,
- významná odchylka,
- zcela nevyhovuje.

Uvedený checklist byl aplikován na všech třech posuzovaných řídicích centrech. Jelikož ale v současnosti probíhá evaluace způsobu jeho semikvantitativního vyhodnocení, nebyla sebraná data do této práce zahrnuta.

Třetí částí ergonomického šetření byl sběr dat pomocí dvou verifikovaných dotazníků, které byly převzaty z odborné literatury [16, 17]. Vlastní vyplnění operátoři prováděli ve svém soukromí a v klidu. Prvním dotazníkem byl Dotazník pro hodnocení zátěže faktory pracovních podmínek navržený Matouškem, který je určen pro získání subjektivních názorů probandů týkajících se jejich pracovního místa, pracovního prostředí, pracovní zátěže, obtěžujících faktorů a organizace práce. Dotazník obsahuje 81 tvrzení a kontra tvrzení, na které proband odpovídá prostřednictvím pěti bodové škály zahrnující varianty od „zcela souhlasím“ (penále 1 bod) až po „zcela nesouhlasím“ (penále 5 bodů). Pro vlastní vyhodnocení vyplněných dotazníků byl navržen nový postup, který umožnil lépe zužitkovat získaná data oproti dříve používanému prostému součtu penalizačních bodů. Vyhodnocení bylo provedeno pomocí výpočtu průměrného skóre (resp. vážených průměrů) pro celkem sedm klíčových oblastí, jež sdružují data vždy z několika tematicky příbuzných aspektů:

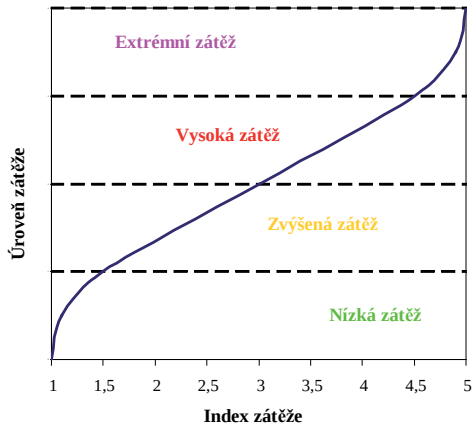
- Vybavení, pracovní podmínky a zázemí (zahrnuje 8 aspektů);
- Pracoviště, dispozice a úroveň zajištění bezpečnosti práce (zahrnuje 10 aspektů);
- Pracovní poloha a fyzická zátěž (zahrnuje 10 aspektů);
- Únava, diskomfort a bolest (zahrnuje 17 aspektů);
- Stres a psychická zátěž (zahrnuje 11 aspektů)
- Řízení a organizace práce, motivace zaměstnanců (zahrnuje 15 aspektů);
- Sociální otázky, pracovní kolektiv a diskriminace (zahrnuje 10 aspektů).

Medián vypočtený z hodnot průměrných skóre pak představuje celkový index zátěže, což je ukazatel sloužící pro zařazení daného pracovního systému do jedné ze čtyř kategorií dle úrovně zátěže operátorů (viz obr. 1).

Získané výsledky jsou uvedeny v tab. 2. V rámci všech sledovaných oblastí byla zjištěna zvýšená zátěž, přičemž u oblasti „Pracovní poloha a fyzická zátěž“ byla ve všech třech případech tato hodnota nejvyšší (zvýrazněna tučně).

Celkově lze získané výsledky interpretovat následovně. Operátoři na hodnoceném velínu pracují prakticky nepřetržitě v poloze vsedě a chybí jim dostatek pohybu. Z toho pramení také četné stížnosti na bolest a diskomfort v oblasti bederní páteře, nohou a krční páteře. I přes dílčí stížnosti se ale většina operátorů domnívá, že pracovní podmínky neohrožují jejich zdraví. Jako celkově pozitivní výsledek u všech velínů lze spatřovat hodnocení dobré nálady během pracovní směny. To je patrně dáno tím, že operátoři mají svou práci rádi a mají pocit sounáležitosti k pracovní

skupině i k podniku jako celku. Po skončení práce se pak většinou necítí duševně ani fyzicky přepracováni, což svědčí o tom, že je zde dodržován optimální poměr pracovní zátěže a odpočinku. To dává dobrý předpoklad, že operátoři nastoupí na další směnu odpočatí a v dobré náladě, takže mohou podávat dostatečně kvalitní a spolehlivý pracovní výkon. Úroveň pracovního prostředí hodnotila většina probandů jako dobré, nicméně významná část operátorů si stěžovala na zrakové obtíže a únavu očí.



Obr. 1 Způsob vyhodnocení zátěže podle výsledného indexu zátěže

Tab. 2 Vyhodnocení zátěže pracovníků a hodnoty indexů zátěže

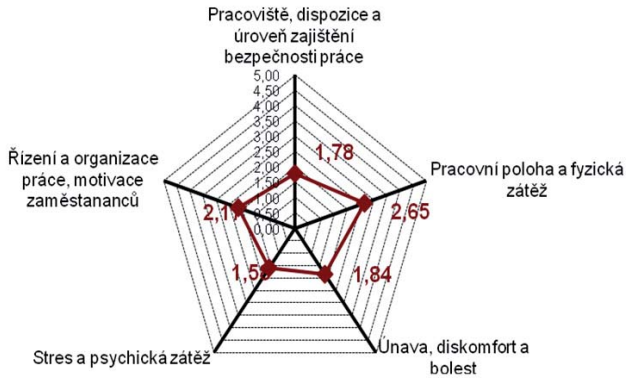
Pracoviště (počet probandů)	Atribut	Průměrné skóre	Celkový index zátěže
Řídící centrum No. 1 (6)	Vybavení, pracovní podmínky a zázemí	2,23	**1,84**
	Pracoviště, dispozice a úroveň zajištění bezpečnosti práce	1,78	
	Pracovní poloha a fyzická zátěž	2,65	
	Únava, diskomfort a bolest	1,84	
	Stres a psychická zátěž	1,58	
	Řízení a organizace práce, motivace zaměstnanců	2,17	
	Sociální otázky, pracovní kolektiv a diskriminace	1,63	
Řídící centrum No. 2 (13)	Vybavení, pracovní podmínky a zázemí	2,01	**2,09**
	Pracoviště, dispozice a úroveň zajištění bezpečnosti práce	1,57	
	Pracovní poloha a fyzická zátěž	2,62	
	Únava, diskomfort a bolest	2,05	
	Stres a psychická zátěž	2,09	
	Řízení a organizace práce, motivace zaměstnanců	2,28	
	Sociální otázky, pracovní kolektiv a diskriminace	1,65	
Řídící centrum No. 3 (5)	Vybavení, pracovní podmínky a zázemí	1,85	**2,25**
	Pracoviště, dispozice a úroveň zajištění bezpečnosti práce	1,62	
	Pracovní poloha a fyzická zátěž	2,50	
	Únava, diskomfort a bolest	1,76	
	Stres a psychická zátěž	2,44	
	Řízení a organizace práce, motivace zaměstnanců	2,25	
	Sociální otázky, pracovní kolektiv a diskriminace	1,64	

Vysvětlivky:

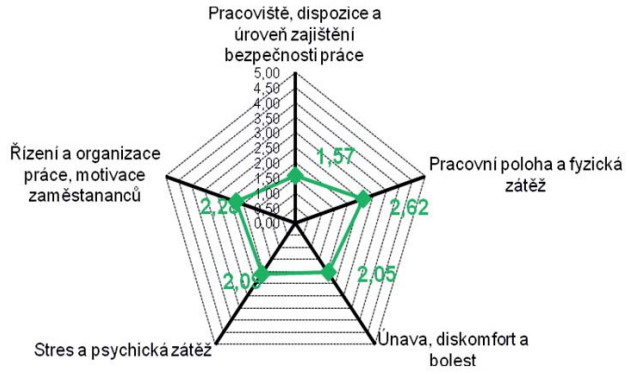
Úroveň zátěže	Celkový index zátěže
Nízká zátěž	1,00 - 1,50
Zvýšená zátěž	1,51 - 3,00
Vysoká zátěž	3,01 - 4,50
Extrémní zátěž	4,51 - 5,00

Výše uvedené výsledky byly zpracovány také do paprskových grafů, které dobře prezentují také vazby mezi jednotlivými oblastmi (viz obr. 2).

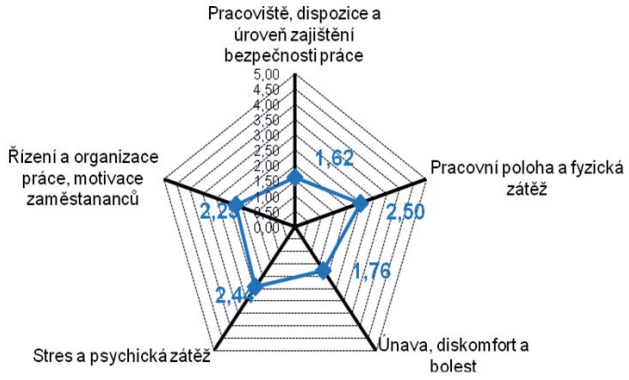
Řídící centrum No. 1



Řídící centrum No. 2



Řídící centrum No. 3

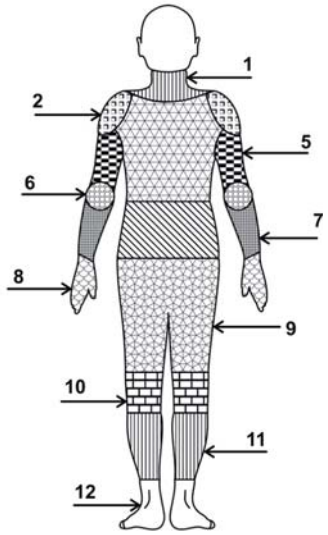


Obr. 2 Grafické vyjádření úrovně dílčích indexů zátěže v rámci jednotlivých oblastí a jejich vzájemných vazeb v pracovním systému

Druhým dotazníkem, který operátoři vyplňovali, byl Dotazník pro posouzení úrovně diskomfortu. Ten byl navržen podle „Nordic Questionaires“ [18]. V principu se jedná o velmi jednoduchý

nástroj, který je zaměřen na sběr dat o zdravotních důsledcích zaujímané pracovní polohy a fyzické zátěže (zejména s ohledem na přetěžování lokálních svalových skupin pohybového aparátu). Dotazník zachycuje siluetu lidského těla (obr. 3), přičemž probandi do přiložené tabulky zaznamenávají symptomy bolesti, které v jednotlivých částech svého těla pociťují. Posuzuje se zvlášť pravá část těla a zvlášť levá. Subjektivní závažnost příznaků se vyjadřuje podle následující stupnice:

- 0: vůbec žádná bolest;
- 1: sotva znatelná bolest;
- 2: mírná bolest;
- 3: silná bolest;
- 4: nesnesitelná bolest.



Obr. 3 Schéma lidské postavy určené pro hodnocení symptomů bolesti

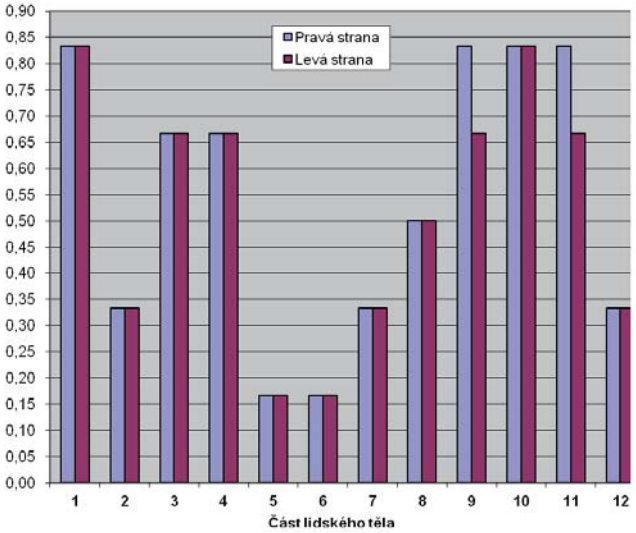
Jelikož v materiálu SZÚ [16] není uveden návod pro vyhodnocení sebraných dat, bylo opět nutné navrhnout způsob vlastní. I v tomto případě bylo použito metody váženého průměru. Na rozdíl od předchozího dotazníku, ale v tomto případě nerozhoduje celkový počet probandů ve sledované skupině, neboť subjektivní pocity bolesti mohou mít řadu specifických příčin souvisejících s tělesným a zdravotním stavem daného jedince, popřípadě s jeho životosprávou nebo návyky (např. špatné držení těla při sezení apod.). Hodnota váženého průměru představuje tzv. „index průměrné bolesti“ pro danou část těla (IB_x), který je nutné vypočítat zvlášť pro pravou stranu a zvlášť pro levou stranu. Výpočet se provádí podle vzorce:

$$IB_x = \frac{\sum_{i=0}^{4} i \cdot n_i}{N}$$

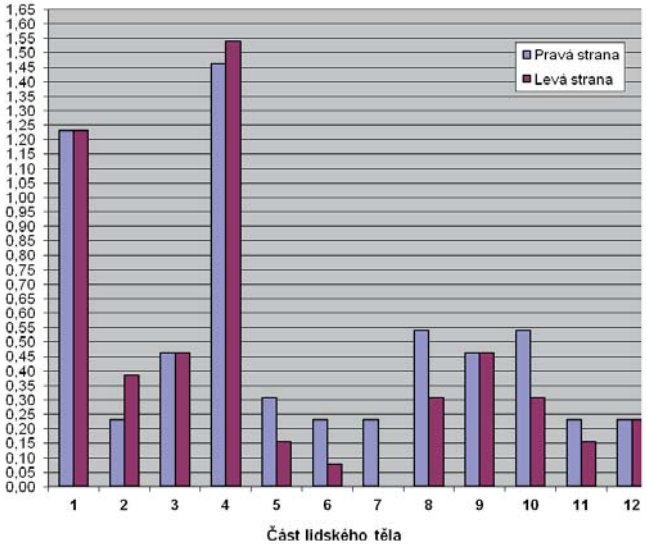
kde IB_x je index bolesti pro danou část těla x (v pořadí odpovídajícím jednotlivým číselným indexům: 1-Krk/šíje, 2-Rameno, 3-Hrudní část zad, 4-Bederní část zad, 5-Paže, 6-Loket, 7 Předloktí, 8-Zápěstí/ruka, 9-Stehno, 10-Koleno, 11-Lýtka/holeň, 12-Chodidlo/kotník), i je intenzita bolesti dle škály uvedené v dotazníku (tj. 0 až 4), n je počet probandů uvádějících pro danou část těla (x) příslušnou intenzitu bolesti (i) a N je celkový počet probandů ve sledované skupině. Hodnota IB_x se může pohybovat v intervalu <0; 4>.

I v tomto případě byly jednotlivé hodnoty vyneseny do grafů pro přehlednější prezentaci výsledků zjištěných u operátorů jednotlivých řídicích center (viz obr. 4).

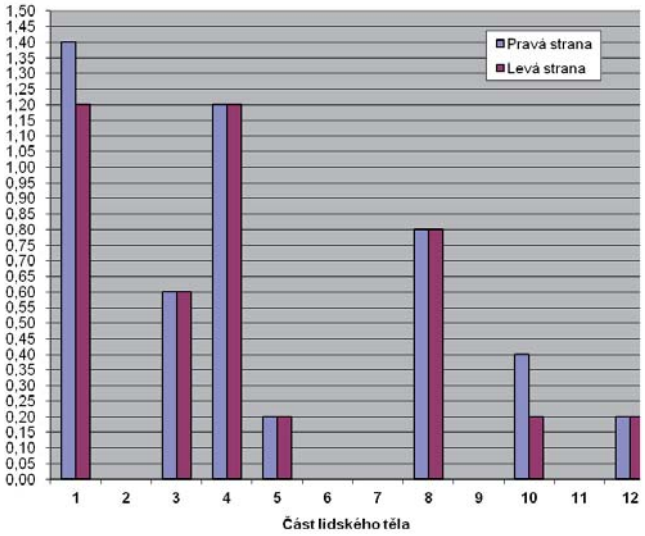
Řídící centrum No. 1



Řídící centrum No. 2



Řídící centrum No. 3



Obr. 4 Hodnoty IB_x pro skupiny operátorů pracujících v jednotlivých řídicích centrech

Pro interpretaci výsledků byla navržena hodnotící tabulka (viz tab. 3), která zahrnuje popis obecných symptomů bolesti a dobu trvání bolesti resp. relaxace. Poslední ukazatel, který lze z výsledků tohoto dotazníkového šetření získat, je ergatičnost daného pracovního místa (zejména s ohledem na sedadla, stoly a rozvržení pomůcek). Ergatičnost je určena mediánem hodnot všech IB_x , přičemž jeho interpretaci uvádí pravý sloupec níže uvedené tabulky.

Tab. 3 Interpretace výsledků dat ze symptomatického dotazníkového šetření

Symptomy bolesti (hodnota IB_x)	Doba trvání bolesti a relaxace	Ergatičnost pracovního místa
Zanedbatelné (≤ 0,10)	Bolest se může vyskytnout ojediněle, po změně pracovní polohy ale rychle odezní.	Pracovní místo nepředstavuje riziko poškození zdraví ani diskomfort.
Mírné (0,11 - 0,40)	Bolest se dostavuje občasně a po skončení pracovní směny rychle odezní.	Pracovní místo nepředstavuje riziko poškození zdraví, avšak hrozí občasný diskomfort.
Střední (0,41 - 1,00)	Bolest se dostavuje častěji a po skončení pracovní směny odezní do několika hodin. U senzitivních jedinců mohou mít obtíže přetrvávající charakter.	Pracovní místo představuje mírné riziko poškození zdraví a častý diskomfort.
Závažné (1,01 - 2,00)	Bolest se dostavuje častěji a pociťuje ji většina pracovníků; bolest vede k přetrvávajícím obtížím, které odeznívají až po několika dnech.	Pracovní místo představuje významné riziko poškození zdraví a častý diskomfort. U některých jedinců hrozí vznik trvalých zdravotních následků.
Velmi závažné (≥ 2,01)	Bolest se dostavuje již krátce po zahájení ovládání stroje a pociťují ji všichni pracovníci; bolest vede k přetrvávajícím obtížím, které odeznívají až po několika týdnech či měsících.	Pracovní místo představuje závažné riziko poškození zdraví a trvalý diskomfort. U významného počtu jedinců hrozí vznik trvalých následků anebo nemoci z povolání.

Závěr

V rámci řešení projektu TD020017 byla navržena metodika pro provádění terénního ergonomického šetření v řídicích centrech. Aplikace metodiky v praxi ukázala, že lze pomocí ní odhalit široké spektrum ergonomických rizik, která souvisejí jak s vlastním pracovištěm, tak i s charakterem práce operátorů. Kombinace měření, použití hodnotícího checklistu a aplikace dotazníkového šetření u operátorů evidentně poskytuje cenná data, která se vzájemně doplňují a jež umožňují získat detailní obrázek o stavu jednotlivých komponent zkoumaného pracovního systému. Na základě poznatků získaných z praxe nyní probíhá validace vybraných částí vyvíjené metodiky. Finální verze metodiky pak bude předložena k certifikaci a poskytnuta odborné veřejnosti k využití.

Poděkování

Výsledky publikované v tomto článku vznikly díky finanční podpoře Technologické agentury ČR v rámci řešení výzkumného projektu TD020017 „Hodnocení vlivu pracovního prostředí blokových dozoren průmyslových provozů na spolehlivost výkonu operátorů“, který je spolufinancován Technologickou agenturou ČR.

Použitá literatura

[1] Cañas, J.J.; Velichkovsky, B.B.; Velichkovsky, B.M.: *Human factors and ergonomics. IAAP handbook of applied psychology* (pp. 316-337). Wiley-Blackwell. 2011.

[2] Paleček, M.; Malý, S.; Gieci, A.: *Spolehlivost lidského činitele*. 1. vyd. Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2008. 138 p. ISBN 978-80-86973-28-9.

[3] Kropík, M.: *Inovace systému ochran a řízení školního reaktoru VR-1*. Bezpečnost jaderné energie. 2014, No 5/6, pp. 145-151.

[4] Havlíková, M.: *Lidský faktor v systémech MMS.* Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti [online]. 2009, No. 1 Dostupný z WWW: <http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-01-2009/havlikova_lidsky-faktor.html>.

[5] Bauer, R.L.: *Safety and Health for Engineers*. John Wiley and Sons, 2006. 756 p.

[6] Furet, J.: *New concepts in control-room design.* 1985. [online]. IAEA Bulletin, Autumn 1985. Dostupný z WWW: <http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull273/27305392530.pdf>.

[7] Swain, A.D.; Guttman, H.E.: *Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications*. NUREG/CR-1278. US Nuclear Regulatory Commision, 1983.

[8] Kletz, T.A.: *An Engineer View of Human Error.* 2. ed. Institution of Chemical Engineers, 1991.

[9] Reason, J.: *Human Error*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

[10] Meshkati, N.: *Safety and Human Factors Considerations in Control Rooms of Oil and Gas Pipeline Systems: Conceptual Issues and Practical Observations.* [on line]. 2006. Dostupné z www: < http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16554002>.

[11] Härefors, E.: *Use of large screen displays in nuclear control room.* [online]. 2009. Dostupný z WWW: < http://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:278953/FULLTEXT01.pdf>.

[12] Office Ergonomics: *Practical solutions for a safer workplace.* [online]. Washington State Department of Labor and Industries. 2002. Dostupný z WWW: <http://www.lni.wa.gov/IPUB/417-133-000.pdf >.

[13] Skřehot, P.A.; Houser, F.: Ergonomické aspekty řídících center. In *Aktualne otázky bezpečnosti práce*: Recenzovaný zborník. Košice : Technická univerzita, 2014. ISBN 978-80-553-1780-9.

[14] Balážiková, M.; Hovanec, M.; Erdélyi, Š.: Designing a work environment using an ergonomic application model of the process of lathing two-wheel assemblies . In *SGEM 2014*: 14th international multidiscilinary scientific geoconference: GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing. Sofia: STEF92 Technology Ltd., 2014. ISBN 978-619-7105-10-0.

[15] Naito, T. a kol.: *Control Room Design for Efficient Plant Operation*. [online]. 2011. Dostupný z WWW: <https://www.yokogawa.com/rd/pdf/TR/rd-te-r05401-008.pdf >.

[16] Hlávková, J.; Valečková, A.: *Ergonomické checklisty a nové metody práce při hodnocení ergonomických rizik.* [online]. Praha: SZÚ, 2007.

[17] Marek, J; Skřehot, P.: *Základy aplikované ergonomie*. Edice Bezpečný podnik, 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i, 2009. 118 s. ISBN 978-80-86973-58-6.

[18] Kuorinka, I. a kol.: *Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms.* Applied Ergonomics, 1987, No. 3, pp. 233-237. [on line]. Dostupné z www: < http://www.uresp.ulaval.ca/backpaindefs/en/PDF/KuorinkaPaper.pdf>.