

MODEL A METODIKA PRO KOMPLEXNÍ ERGONOMICKÉ HODNOCENÍ PRACOVNÍŠTĚ

Ing. Martin Kyncl; prof. Ing. František Freiberg, CSc.; doc. Ing. Jan Vlachý, Ph.D.

Řízení a ekonomika podniku

Tato disertační práce s názvem „Model a metodika pro komplexní ergonomické hodnocení pracoviště“ se zabývá problematikou ergonomie v průmyslovém prostředí. Právě v průmyslu hraje velkou roli optimalizace pracovních podmínek s ohledem na potřeby a schopnosti pracovníků, pro dosažení co nejvyšší efektivity. Na základě teoretického základu i praktických zkušeností byl sestaven zjednodušený model pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Na jeho základech, s ohledem na stanovené okrajové podmínky, byl navržen a vyvinut vlastní model a metodika pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště. Vlastní řešení bylo nejdříve testováno prostřednictvím fiktivních dat a následně plně ověřeno v laboratorních podmínkách a v reálném výrobním procesu v rámci výrobních podniků v České republice. Výsledkem práce je univerzální model a metodika pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště, který je použitelný napříč průmyslem.

Motivace pro další řešení

Doktorská práce s názvem „Model a metodika pro komplexní ergonomické hodnocení pracoviště“ se zabývá problematikou ergonomie v průmyslovém prostředí. Právě v průmyslu hraje velkou roli optimalizace pracovních podmínek s ohledem na potřeby a schopnosti pracovníků, pro dosažení co nejvyšší efektivity. Onemocněními pohybového aparátu, především onemocněními páteře a horních končetin z přetížení, se zabývá myoskeletální ergonomie. Tato onemocnění jsou charakteristické postupným začátkem a jejich riziko se zvětšuje například nadměrným vynakládáním sil, nepříznou pracovní polohou a třeba také opakovatelností pohybů. I přes masivní nástup automatizace výrobních procesů hrají lidské zdroje stále zásadní roli v oblasti konkurenceschopnosti podniků. V průmyslovém prostředí stále více chybí kvalifikovaní zaměstnanci. Na straně jedné je vyvíjen tlak na zaměstnance z titulu zvýšení efektivity a na straně druhé většina výrobních podniků bojuje s udržením stávajících zaměstnanců, prostřednictvím péče o jejich pracovní prostředí, tak aby byli schopni vykonávat pracovní činnost co nejdéle. Tyto skutečnosti jsou hlavní motivací pro řešení naší disertační práce.

Cíle disertační práce

Hlavním cílem disertační práce je na základě teoretického základu znalosti legislativního rámce navrhnout model a metodiku pro komplexní posouzení ergonomičnosti pracoviště aplikovatelnou v průmyslové praxi. Dílčím cílem je tuto metodu co nejvíce zjednodušit pro univerzální a rychlou aplikaci v průmyslu.

K dosažení tohoto cíle jsem samotné řešení rozdělil do následujících dílčích cílů:

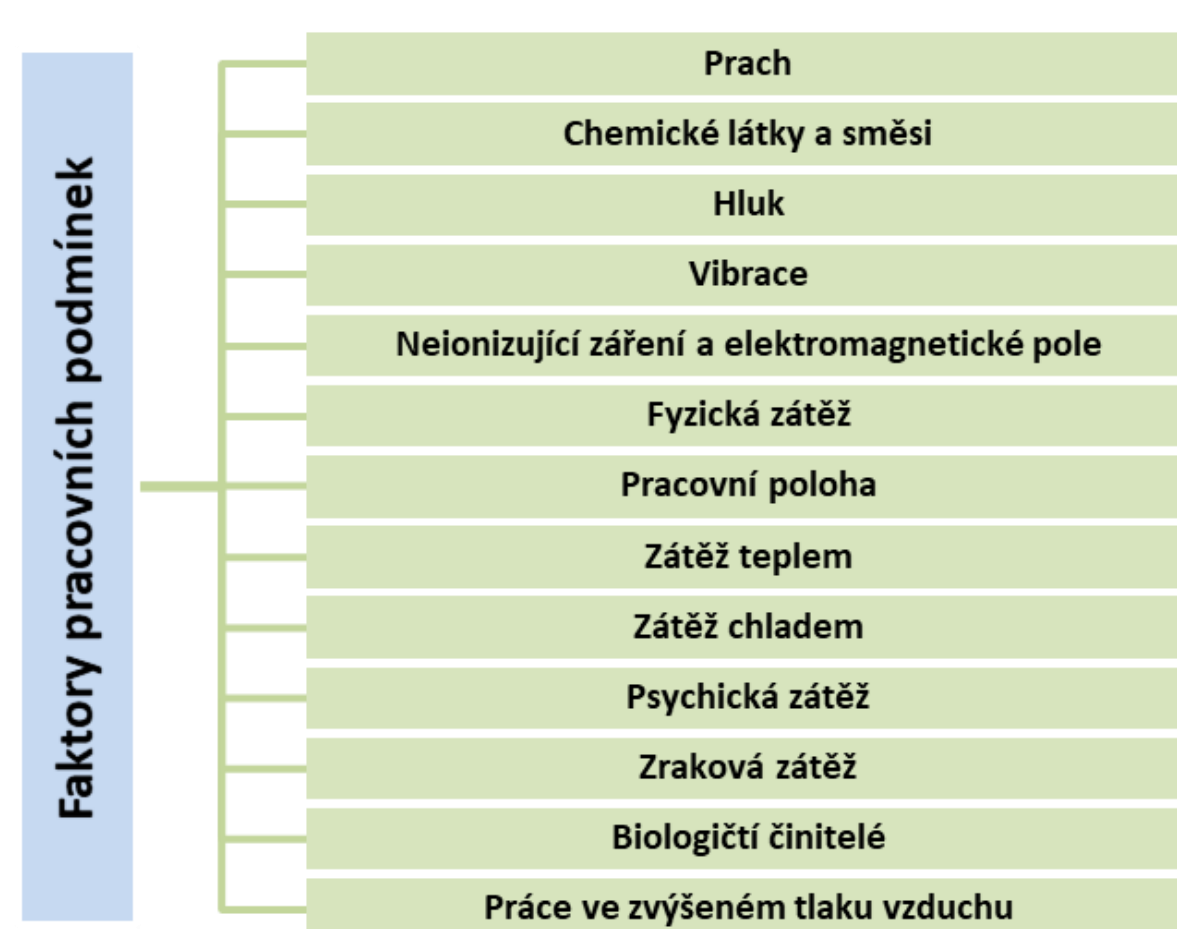
1. Stanovení hodnotících faktorů a charakteristiky jejich limitů s ohledem na legislativní rámec
2. Návrh zjednodušeného modelu pro komplexní posouzení ergonomičnosti pracoviště
3. Vlastní návrh modelu a metodiky pro komplexní posouzení ergonomičnosti pracoviště
4. Ověření vyvinutého modelu a metodiky pro komplexní posouzení ergonomičnosti pracoviště

Problematika hodnocení ergonomičnosti pracoviště

- Ergonomie práce hraje klíčovou roli v zajišťování bezpečného, zdravého a produktivního pracovního prostředí (Obr. 1)
- Česká legislativa obsahuje právní předpisy a směrnice stanovující minimální požadavky na ergonomický design pracovišť a zabezpečení bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců při práci (Obr. 2)
- Nejčastějšími nemocemi z povolání jsou způsobené fyzikálními faktory
- Syndrom karpálního tunelu z přetěžování vzniká nejčastěji díky nadměrnému jednostrannému přetěžování končetiny a nadlimitními vibracemi, které jsou přenášeny na horní končetiny



Obr. 1: Znalostní základna ergonomie



Obr. 2: Faktory pracovních podmínek

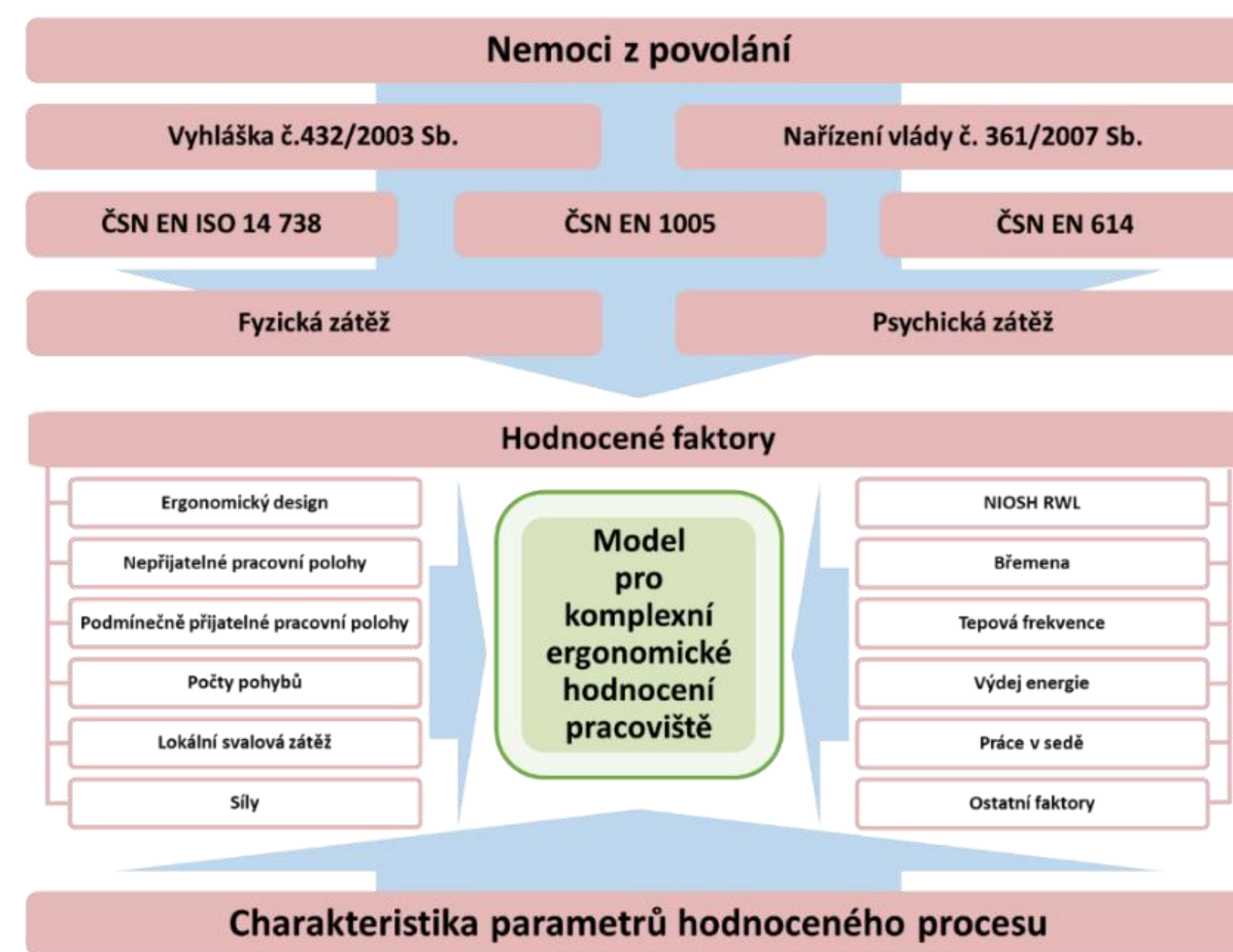
- Z provedené literární rešerše vyplývá, že existující přístupy nejsou schopny poskytnout komplexní zhodnocení ergonomičnosti pracoviště a existující metody nejsou schopny poskytnout celistvý ergonomický pohled na ergonomičnost daného pracoviště (Tab. 1)

Tab. 1: Porovnání metod pro hodnocení fyzické zátěže

Hodnotící kritérium	Metoda							
	RULA	REBA	OWAS	OCRA index	NIOSH RWL a LI	Snoek a Criello	EAWS	KIM
Obecná								
Časová náročnost	Nízká	Střední	Střední	Vysoká	Nízká	Střední	Vysoká	Střední
Odbornost/školenost uživatele	Nízká	Nízká	Střední	Střední	Nízká	Střední	Vysoká	Střední
Subjektivita	Vysoká	Vysoká	Vysoká	Nízká	Nízká	Nízká	Vysoká	Vysoká
Časové metody	NE	ANO	NE	ANO	NE	NE	ANO	NE
Přístup k posouzení	Posturální	Posturální	Srovnávací	Srovnávací	Matematická	Tabulková	Srovnávací	Srovnávací
Legislativa ČR								
ČSN EN 1005	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE	ANO	ANO
ČSN EN 614	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	ANO
NV 361	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Fyzická zátěž								
Hodnocení fyzické zátěže	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Hodnocení poloh	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	ANO
Manipulace s břemeny	NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO
Počet pohybů	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	ANO

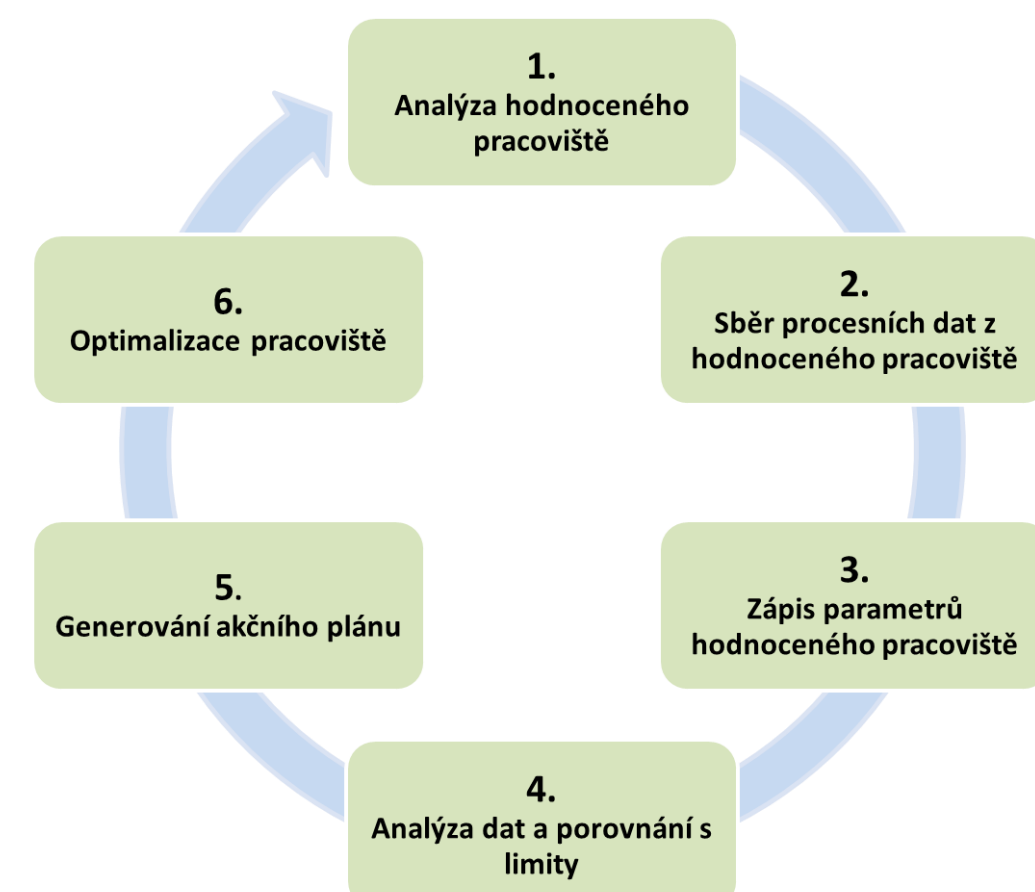
Návrh modelu a metodiky hodnocení ergonomičnosti pracoviště

- Hlavním úkolem stanovení zjednodušeného modelu pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště je stanovení okrajových podmínek pro realizaci vlastního modelu pro hodnocení ergonomičnosti pracoviště (Obr. 3)



Obr. 3: Zjednodušený model pro komplexní ergonomické hodnocení pracoviště

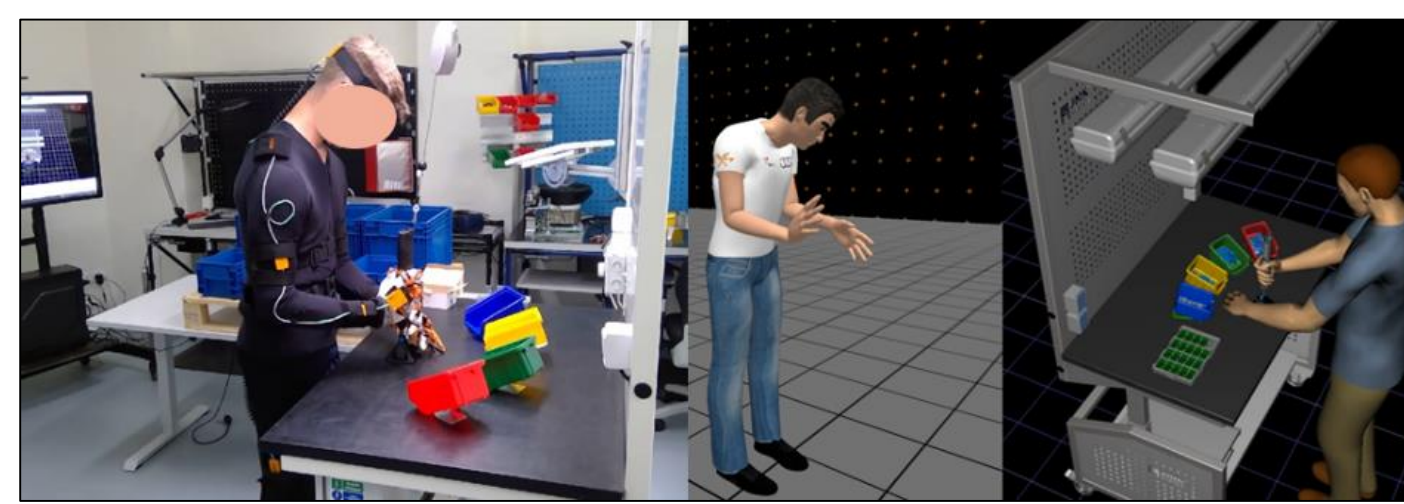
- Základní schéma metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště zobrazuje metodický návod, jak postupovat při hodnocení ergonomičnosti pracoviště (Obr. 4)



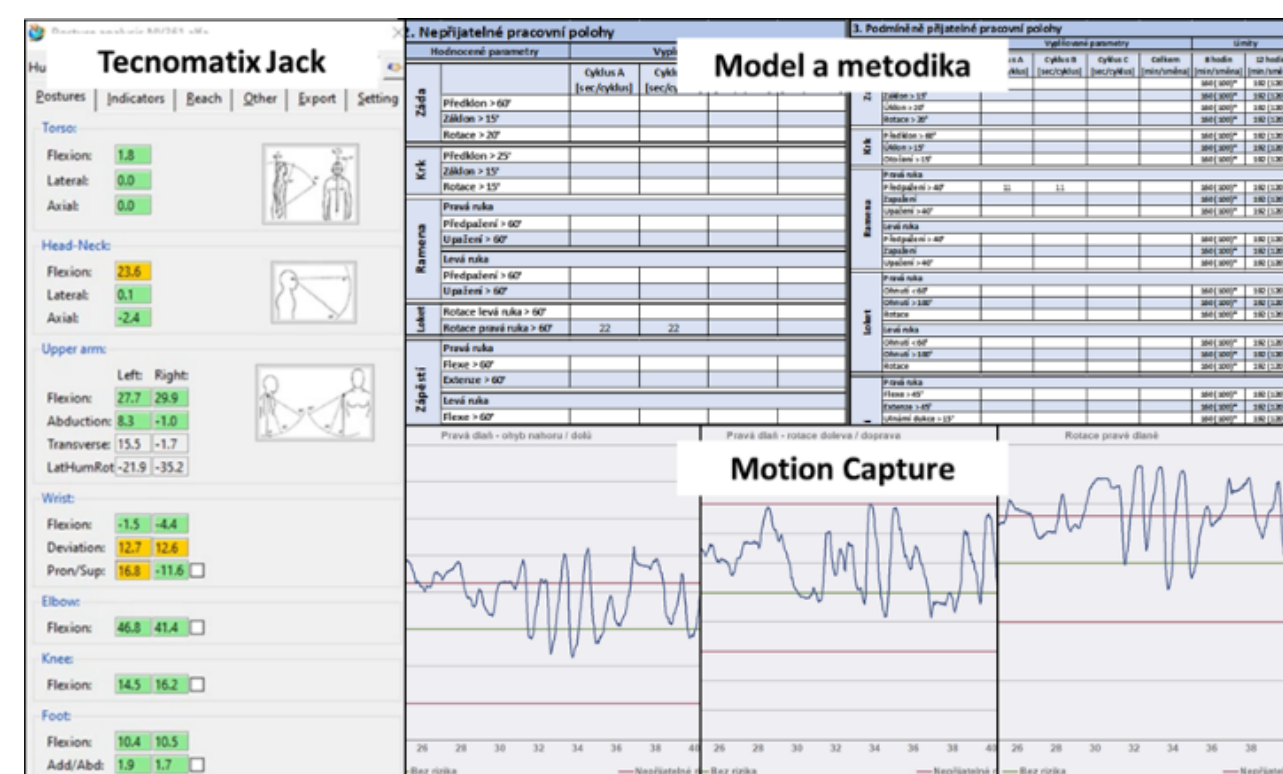
Obr. 4: Metodika pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště

Ověření modelu v laboratorních podmínkách

- Porovnání s výstupy vyhodnocovacího SW Motion Capture obleku AXS vyhodnocení dle NV361/2007 SW Tecnomatix Siemens Jack (Obr. 5 a Obr. 6)



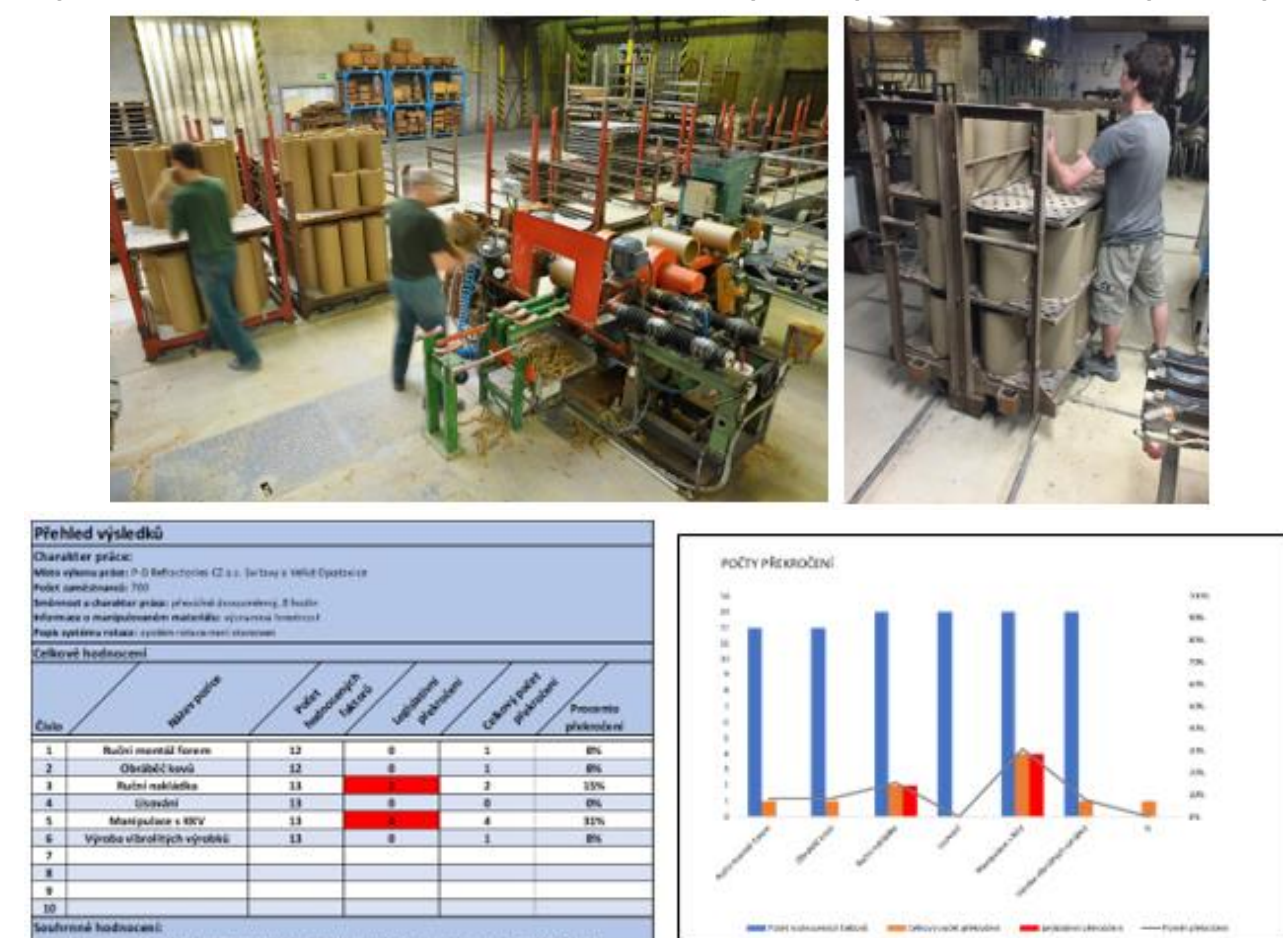
Obr. 5: Vybraná laboratorní úloha montáže (vlevo fyzická úloha, uprostřed s využitím Motion Capture, vpravo digitální dvojče v SW Siemens Tecnomatix Jack)



Obr. 6: Přehled záznamů z provedených analýz vybrané laboratorní úlohy montáže

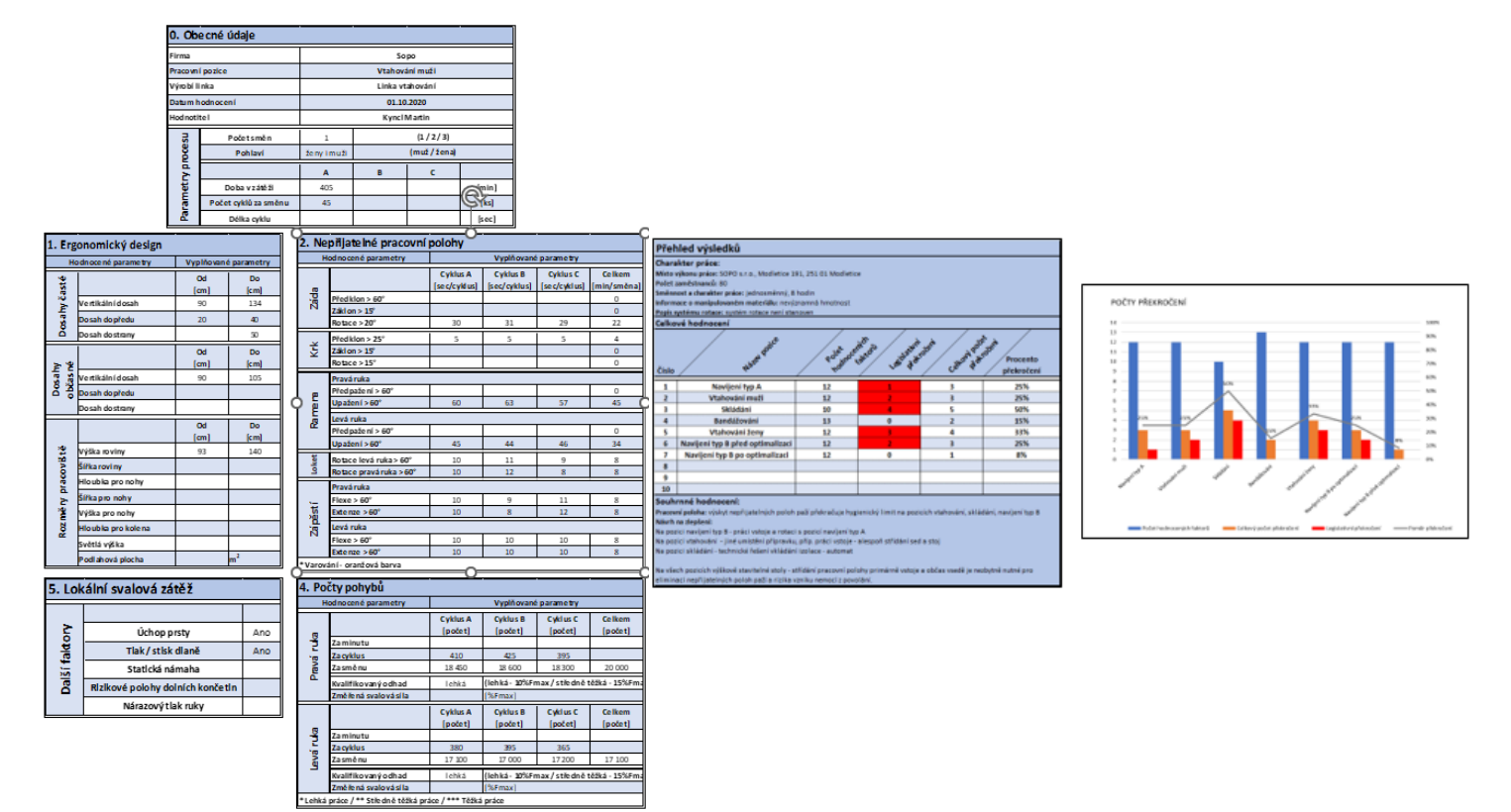
Ověření modelu v reálném podniku

- Finální model a metodika byla dále aplikována na hodnocení konkrétních pracovišť výrobního charakteru v oblasti výroby žárovzdorných výrobků (Obr. 7)



Obr. 7: Ukázka přehledu výsledků a grafického výstupu přehledu výsledků analýzy provedené ve výrobním podniku

- Pro ověření modelu a metodiky v oblasti montáže byla vybrána společnost SOPO, s.r.o. Tato společnost se zabývá zejména navíjením, konkrétně na výrobu statorů a rotorů, které lze využít ve všech typech elektromotorů (Obr. 8)



Obr. 8: Ukázka přehledu výsledků a grafického výstupu přehledu výsledků analýzy provedené ve výrobním podniku

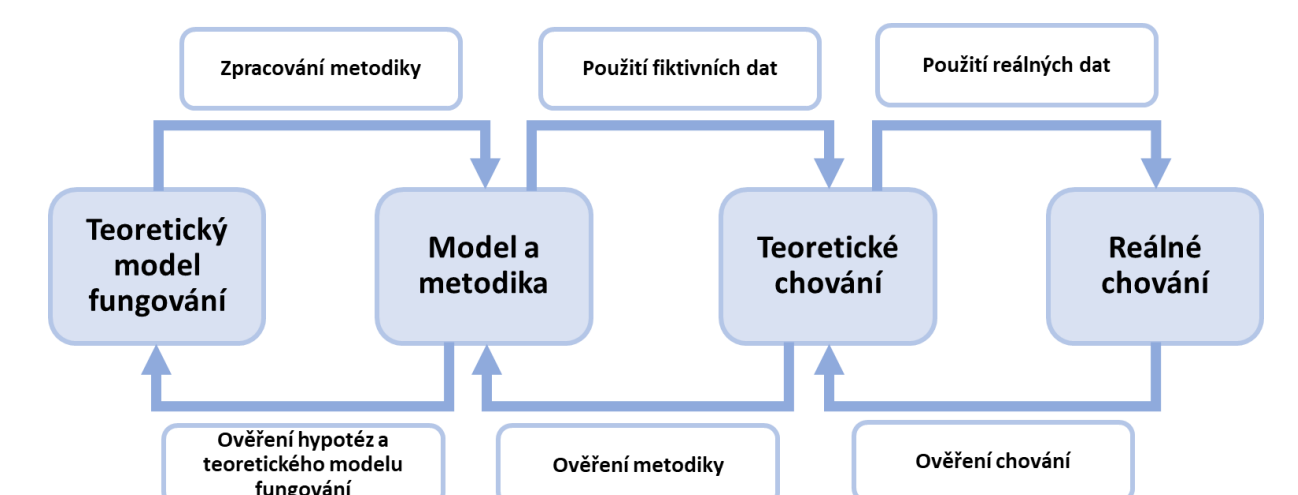
- Na základě výsledků analýzy je generován akční plán (Obr. 9)

Akční plán										
Číslo	Záměr / Opakování	Kategorie	Základní problém	Způsob řešení	Limit	Právní	Technická	Organizační	Osobní	Nový stav
1	Navíjení typ A	Ergodesign	Vertikální dosah	174,00 - 150 cm	1	XY	xx.yy.zzzz	148		
2	Navíjení typ A	Ergodesign	Přední dosah	60,00 - 50 cm	1	XY	xx.yy.zzzz	45		
3	Navíjení typ A	Ergodesign	Výška roviny	129,00 - 120 cm	1	XY	xx.yy.zzzz	115		
4	Vřaňování muži	Ergodesign	Vertikální dosah	134,00 - 120 cm	1	XY	xx.yy.zzzz	115		
5	Vřaňování muži	Ergodesign	Výška roviny	140,00 - 120 cm	1	XY	xx.yy.zzzz	92		
6	Vřaňování muži	NPP	Prámenno upažení celkem	45,00 min (8h)	1	XY	xx.yy.zzzz	25		
7	Vřaňování muži	NPP	Prámenno upažení celkem	33,80 min (8h)	1	XY	xx.yy.zzzz	29		
8	Skládání	Ergodesign	Přední dosah	60,00 - 40 cm	1	XY	xx.yy.zzzz	39		
9	Skládání	Ergodesign	Vertikální dosah	10,00 - 150 cm	1	XY	xx.yy.zzzz	95		
10	Skládání	NPP	Prámenno upažení celkem	34,50 min (8h)	1	XY	xx.yy.zzzz	28,3		

Obr. 9: Ukázka akčního plánu na základě výsledků analýzy ve výrobním podniku

Závěry ověření modelu

- Bylo provedeno porovnání na základě úloh v laboratorních podmínkách pomocí Motion Capture obleku a SW Siemens Jack
- Finální ověření bylo provedeno na reálných případech z výrobních podniků, kdy byl model a metodika aplikována na hodnocení konkrétních pracovišť výrobního charakteru ve výrobě žárovzdorných výrobků a montážního charakteru v oblasti výroby elektromotorů.
- Výsledky generované vyvinutým modelem a metodikou pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště byly následně porovnány s výsledky rozhodnutí KHS Pardubického kraje založeného na protokolech o měření faktorů pracovního prostředí (hluk, prach, vibrace přenášené na ruce, pracovní poloha, celková fyzická zátěž a zátěž teplem) a autorizovaného měření společností Staff Advance s.r.o., které byly realizovány na stejných výrobních operacích ve stejném výrobním podniku
- V závěru, na základě dostupných dat z autorizovaných měření lze konstatovat, že výsledný Model a metodika pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště je funkční, a že poskytuje validní výstupy týkající se hodnoceného pracoviště nebo operace z pohledu ergonomie práce (Obr. 10)



Obr. 10: Schéma ověření modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště

Shrnutí

Z pohledu důsledků a přínosů pro průmyslovou praxi je možné konstatovat, že prostřednictvím nového modelu a metodiky pro komplexní hodnocení ergonomičnosti pracoviště, bylo dosaženo unikátního řešení, které se opírá o automaticky generovaný akční plán pro následnou optimalizaci konkrétního pracoviště. Z pohledu průmyslové praxe je možné model rozšířit mezi členy České ergonomické společnosti, jako jednotný nástroj pro hodnocení pracovišť v České republice.

Navazující výzkum v oblasti komplexního hodnocení ergonomičnosti pracoviště by měl spočívat zejména ve stálém zlepšování v podobě zavádění aktualizací současné legislativy, zpřesňování používaných metod, případně automatizaci těchto dvou procesů. Z pohledu průmyslové praxe je další výzvou doplnění této metodiky a modelu o modul cost-benefit analýzy pro vyhodnocení nákladů na optimalizaci, ale zejména reálných přínosů odstraňování nevyhovujícího stavu průmyslových pracovišť a procesů a návratnosti případné investice.

Dále by měl být model rozšířen o validaci limitů vyplývajících ze současné české legislativy a doplněn o působení kombinace faktorů na lidské tělo, jakými jsou například úhel působících sil, váha břemene, poloha atp. Model také v současnosti zcela nereflakuje antropometrii lidského těla, kdy by se měl rozšířit o tuto možnost a podpořit tak variabilitu použití i na více konkrétní zadání váhy a výšky pozorovaného pracovníka.

V neposlední řadě by model měl být vystaven mnohem většímu ověření uživatelské přívětivosti, tudíž rozšíření mezi uživatele z průmyslové praxe, sběr dat ze zpětné vazby, jejich vyhodnocení a případnou implementaci nápravného opatření nebo optimalizaci modelu.