


## Ergonomie a životní cyklus produktu

 31.10.2011

### Ergonomics and product life cycle

Tomáš Görner<sup>1</sup>, Michal Šimon<sup>1</sup>, Milan Edl<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Západočeská univerzita v Plzni, Katedra průmyslového inženýrství a managementu, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň, [tgorner@kpv.zcu.cz](mailto:tgorner@kpv.zcu.cz), [simon@kpv.zcu.cz](mailto:simon@kpv.zcu.cz), [edl@kpv.zcu.cz](mailto:edl@kpv.zcu.cz)

ergonomie

životní cyklus

#### Abstrakt

Ergonomie je vědní obor s velmi rozsáhlým záběrem v mnoha oblastech běžného života. Pomocí ergonomie je nejčastěji posuzován vztah mezi člověkem, technikou a prostředím. Ergonomie je nasazována na hodnocení pracovního prostředí, respektive pracovních míst, která jsou teprve navrhována, nebo již existují. Jako další oblast lze zmínit například nejrůznější produkty, kdy je posuzována jejich ergonomie. Tento příspěvek popisuje implementaci ergonomie na oblast, která je známa jako životní cyklus produktu, z pohledu ergonomista průmyslového inženýra.)

**Klíčová slova:** ergonomie, produkt, životní cyklus produktu

#### Abstract

Ergonomics is the science of very wide-ranging in many areas of daily life. Using of ergonomics is often considered the relationship between human, technology and environment. Ergonomics is deployed to assess the work environment, or workplaces that are only proposed or already exist. As another example, can be mentioned the area of various products, which ergonomics is considered. This paper describes the possibility to implement ergonomics in the area known as the product life cycle from the perspective of ergonomist, industrial engineer.

**Keywords:** ergonomics, product, product life cycle management

#### Úvod

V několika posledních letech postihla celý svět hospodářská krize. Ta se stala zaklínadlem pro mnoho neúspěchů, které ani nezavinila. Globální a turbulentní prostředí, přinášející sebou plno rizik, může však být chápáno i opačně. Je nutné těchto jevů využít a zvládnout je z důvodu vyšší konkurenceschopnosti. Na základě Lisabonského summitu EU z roku 2000 byla stanovena tzv. "road map" (cestovní mapa) výzkumu a vývoje. Mezi jednu z oblastí patří i tzv. *inteligentní produkty*, nebo *koncepce výroby*, *adaptivní výroba*, *digitální vývoj produktů a konstruování* atd. Již na základě této „cestovní mapy“ je vidět směr výzkumu. Tím je nejen zefektivnění výrobních procesů, ale i zaměření se na prvky

umělé inteligence, ekonomickou a ekologickou efektivitu, digitalizaci, adaptabilitu a modularitu v jednotlivých fázích životního cyklu výrobku. Ve většině těchto oblastí má, a musí mít svoji nezastupitelnou roli, i ergonomie. A právě implementace ergonomických přístupů a pohledů do těchto nových koncepcí je nesmírně důležitá. Je však nutné si uvědomit, o čem tyto nové koncepce jsou.

## Produkt

Abychom se mohli bavit o řízení životního cyklu produktu (PLM – Product Life cycle Management), a následně na do něj implementovat ergonomické principy, je nejprve nutné osvětlit význam pojmu produkt. Produkt je cokoliv, co může být nabídnuté na trhu k uspokojení potřeb nebo přání zákazníka. Podle Kotlera [6] je produkt jakýkoliv hmotný statek, služba nebo myšlenka, která se stává předmětem směny na trhu a je určena k uspokojení lidské potřeby a přání.

Produkty mohou být:

- materiální povahy (lokomotiva, letadlo, automobil, atp.),
- služby (pohostinství, půjčovna),
- myšlenky (např. návrh algoritmu),
- osoba (respektive transformované veřejné mínění, které někdo vytvoří - politika),
- místo (respektive transformované postoje veřejnosti k určitému místu - turismus).

Samotný produkt má několik úrovní a platí, že čím vyšší úroveň má, tím má produkt vyšší důležitost [6]:

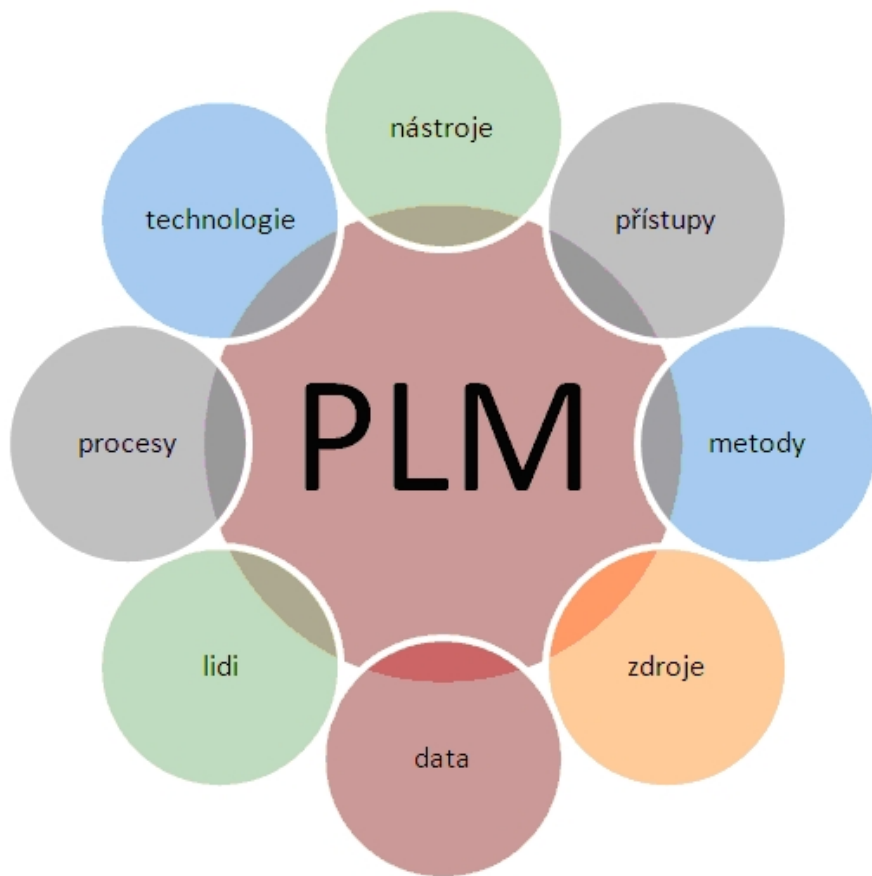
- obecná prospěšnost a užitečnost (z důvodu této prospěšnosti a užitečnosti si zákazník produkt kupuje),
- základní produkt (transformuje produkt z užitečnosti na konkrétně použitelný výrobek, či službu),
- idealizovaný očekávaný produkt (ideální představa produktu v očích zákazníka),
- přídavek k produktu (či rozšířený produkt, je něco navíc, co překonává očekávání zákazníka),
- potenciální produkt (zahrnuje veškeré rozšíření a přídavky, které lze vyvíjet v budoucnosti).

U produktu je možné také mluvit o jeho **udržitelnosti**. Znamená to, že vývoj takového produktu je vždy v souladu s principy ekonomické, sociální i environmentální udržitelnosti.

## PLM - Řízení životního cyklu produktu

V klasickém pohledu na tvorbu produktu panuje představa, že řízení produktu končí jeho výrobou a expedicí zákazníkovi. Tento pohled je zastaralý a je nutné do něj též zařadit servis a likvidaci produktu.

PLM (Product Life Cycle Management) lze tedy definovat jako proces řízení „života“ produktu od koncepce, přes výrobu a servis, až po likvidaci. Také je možné se na něj dívat jako na informační strategii společnosti, integrující lidi, data, procesy, systém řízení a technologie. Tento přístup integruje systémy, postupy a nástroje pro řešení realizace jak nového, tak inovovaného produktu.[3] Pokud se pokusíme znázornit uvedené informace graficky, mohl by být záběr PLM znázorněn pomocí viz *Obr 1*.



**Obr. 1: Grafické znázornění zaměření PLM [3]**

Na samotné řízení životního cyklu produktu je možné se dívat mnoha pohledy. Může jít o pohled z hlediska odbytového množství, tedy marketingový pohled. Další může být pohled z hlediska životnosti produktu, nebo pohled z hlediska transformačních procesů.

Pokud se na PLM podíváme z hlediska nejčastějšího a nejnámějšího marketingového pohledu, tedy životnosti produktu, lze jeho jednotlivé fáze popsat pomocí následujících kroků.

Analýza potřeb → koncept produktu a prototyping → vývoj produktu → příprava výroby → výroba → prodej a distribuce → údržba a opravy produktu → likvidace a recyklace produktu.

Na produkt dívat jako na celek, od nápadu na jeho realizaci, až po jeho likvidaci. Zákazníci si tento pohled začali uvědomovat, až když museli začít platit recyklační poplatek, respektive poplatek, který odráží schopnost konstruktérů vymyslet produkt, který bude lehce, nebo naopak těžce, recyklovatelný.

V dnešní době kolem sebe také stále častěji slyšíme pojmy jako *procesy*, *procesně orientovaná organizace*. I na PLM a ergonomii je možné aplikovat procesní pohled. [3]

### **Ergonomie v procesním pojetí**

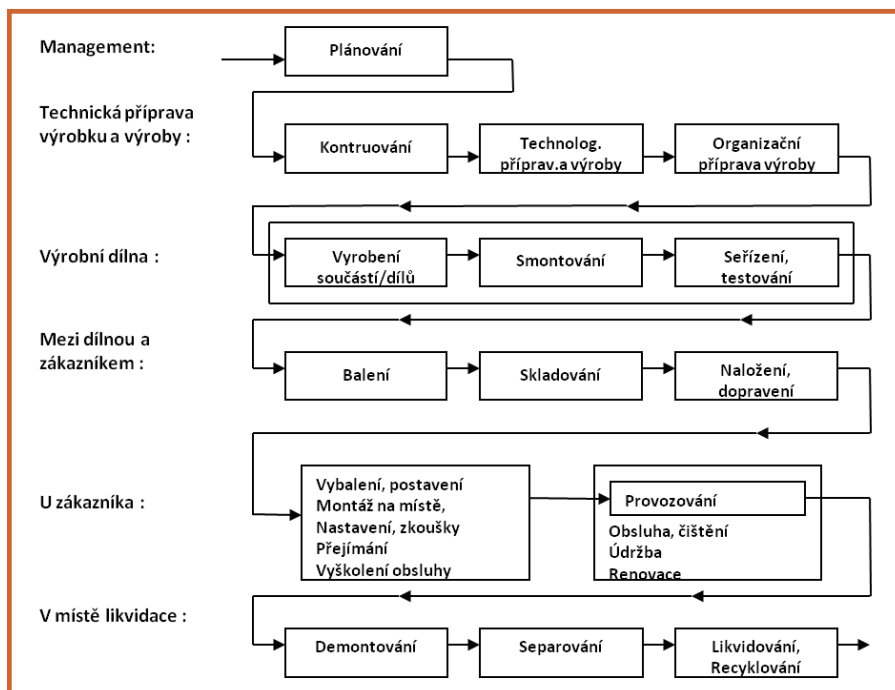
Pokud se bavíme o ergonomii, tak hned za tímto slovem by nám mělo v mysli vytanout slovo racionalizace, neboť upravovat z ergonomického hlediska systém, který není racionálně fungující, by bylo plýtvání finančními prostředky i silami na to vynaloženými.

Dnešní komplexní racionalizaci charakterizujeme jako soustavnou cílevědomou činnost za dosažení co největší

účelnosti, metodičnosti, systematičnosti a hospodárnosti v jakémkoliv konání. Racionalizací výrobního procesu rozumíme soubor technicko-organizačně-psychologických metod, postupů a opatření, vedoucích ke zvýšení produktivity práce na takovou úroveň, která při stávajících podmínkách není ani představitelná. Komplexní racionalizaci můžeme členit z různých hledisek, například na racionalizaci technicko-organizační, racionalizaci práce, nebo racionalizaci řízení [4]. Tento pohled ve svojí práci uvádí i Bureš [1].

## Procesní pohled na životní cyklus produktu

Abychom mohli ergonomické přístupy dobře aplikovat na životní cyklus produktu, je nutné zvolit adekvátní vyjádření právě životního cyklu. Jako vhodný se ukázal procesní přístup, který se též shoduje s dnešním přístupem k výrobnímu systému v podnicích. Pokud se zamyslíme nad klasickým nejvíce užívaným pohledem na životní cyklus produktu, tedy z hlediska marketingu (tedy jeho životnosti), je jasné, že se ergonomické požadavky promítnou ve všech jeho oblastech. Další pohled může být z hlediska místa realizace jednotlivých fází – viz Obr 2.



**Obr. 2. Životní cyklus s obvyklým členěním podle místa realizace [5]**

U tohoto pohledu je již lépe patrné představit si, ve kterých oblastech se budou projevat ergonomické požadavky. Vliv bude mít návrh produktu, kdy tyto požadavky ovlivní uživatele, ale také návrh pracoviště, kde však ovlivní pracovníka.

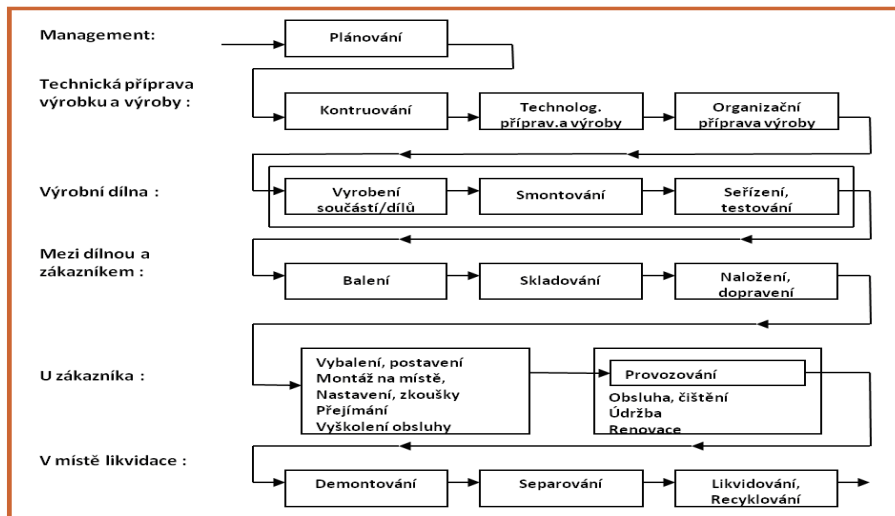
Pro lepší pochopení těchto vazeb a jejich účinků se jeví jako vhodný pohled procesní, kde se dají ergonomické požadavky promítnout do každé fáze životního cyklu produktu.

Pokud se podíváme na procesy obecně, vyznačují transformací vstupů na výstupy. Pokud se na ně podíváme podle **Teorie technických systémů** (dále TTS), tak v rámci **transformačního procesu** dochází k transformaci **operandu**, který do procesu vstupuje ve „vstupním“ stavu, respektive ve stavu 1, a vystupuje z něj ve stavu požadovaném zákazníkem, tedy ve stavu 2.

Protože tento systém provádí transformaci operandu (čehokoliv), jedná se o **transformační systém**. Samotná transformace probíhá za pomoci jednotlivých **operátorů**, které ovlivňují **transformační proces**.

Jak takový **transformační systém** s **transformačním procesem** vypadá, si můžeme prohlédnout na následujícím

obrázku - viz Obr. 3.



**Obr. 3: Obecný model transformačního systému TrfS s transformačním procesem TrfP [2]**

V rámci tohoto modelu je možné specifikovat tzv. **prováděcí systém** - viz Obr. 3, který je tvořen operátory:

**HuS** - Human System - člověkem, **TS** - Technical System - technickým systémem,

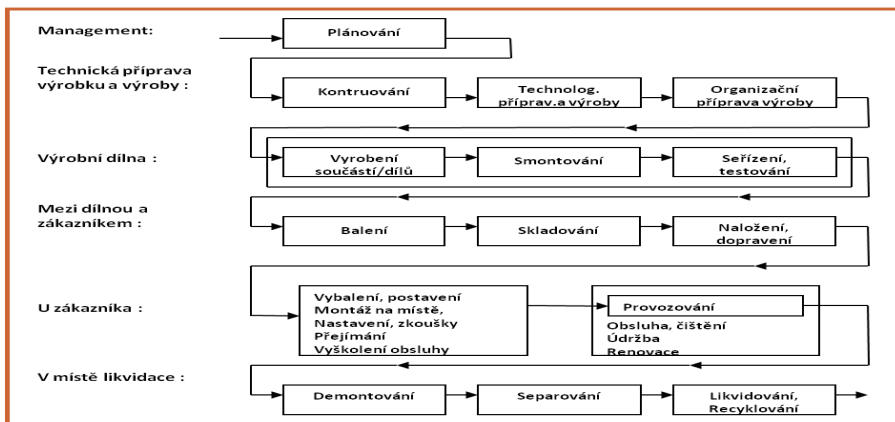
**AEnv** - Activ Environment - aktivním a reaktivním okolím.

Právě tyto operátory umožňují zobrazit vliv jednotlivých prvků, které známe z klasického pohledu, tedy působení v rámci systému **člověk, technika, prostředí**.

I v tomto systému existuje zpětná vazba od transformačního procesu. Tato zpětná vazba může být celková - viz Obr. 3, (označená oválem).

Je však možné a vhodnější tuto celkovou zpětnou vazbu rozdělit na jednotlivé zpětné vazby působící na jednotlivé operátory a zkoumat tyto zpětné vazby tak, jak je zachycuje Obr. 4 (zpětné vazby jsou vyznačeny červeně). Pokud se opět ponoříme hlouběji do TTS, lze konstatovat fakt, že největší vliv má z hlediska operátorů člověk (pracovník, obsluha), který působí na transformační proces pomocí technických prostředků (nástroje). Dochází také ke zpětné vazbě mezi technickými prostředky a člověkem, a to v obou směrech - viz Obr. 4.

K tomuto působení dochází v rámci **aktivního a reaktivního okolí** (v klasickém pojetí ergonomie se jedná o oblast techniky prostředí), přičemž **informační systém** by měl poskytovat potřebné informace k tomuto působení a **řídící systém** by měl toto působení podpořit vedením. Tyto vazby je možné si prohlédnout na následujícím obrázku.

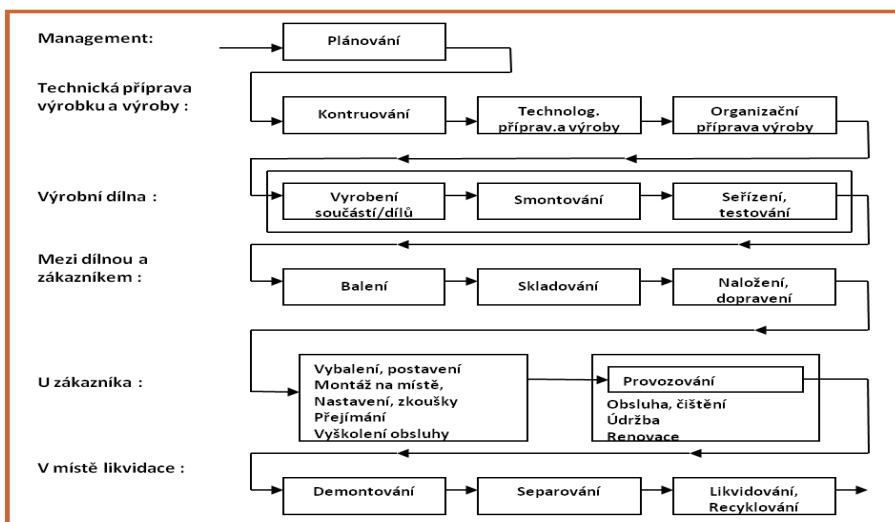


**Obr. 4: Obecný model provozního systému s provozním procesem [5]**

## Aplikace procesního pohledu teorie technických systémů na životní cyklus produktu

Po vysvětlení procesního přístupu a aplikace **teorie technických systémů**, je možné sestavit **životní cyklus produktu** z hlediska jednotlivých **transformačních systémů**.

Pokud uijeme obecný model transformačního systému s transformačním procesem, je možné vytvořit systematicky strukturovaný model etap životního cyklu produktu, který je sestaven z řetězce vzájemně provázaných transformačních systémů. Výstup jednoho transformačního procesu je vstupem pro transformační proces následující - viz *Obr. 5*.



**Obr. 5: Životní cyklus produktu z transformačních systémů s transformačními procesy [5]**

Pokud si tedy pro lepší pochopení zaměříme na návrh nového produktu, je z hlediska dodržení ergonomických požadavků nutné, aby bylo s ergonomií počítáno ve všech etapách jeho životního cyklu. Tedy od plánování vzniku produktu, přes jeho konstruování, technologickou a organizační přípravu výroby. Pokud je vliv ergonomických požadavků zkoumán a zásahy jsou aplikovány za účelem jejich dodržení v těchto etapách, jde o proaktivní přístup. Následují etapy, kdy se produkt vyrábí a projevují se ergonomické požadavky v návrhu pracoviště, i samotného produktu. Následuje distribuce produktu, kdy například konstrukce produktu a styl jeho balení může ovlivnit požadavek na splnění ergonomických podmínek manipulace a přepravy. V etapě provozování produktu, se projevuje vliv konstrukce produktu, kterou je ovlivněn požadavek na dodržení ergonomických požadavků při užívání. Je třeba myslet i na to, jakým způsobem bude plnění ergonomických požadavků ovlivňovat jeho likvidaci.

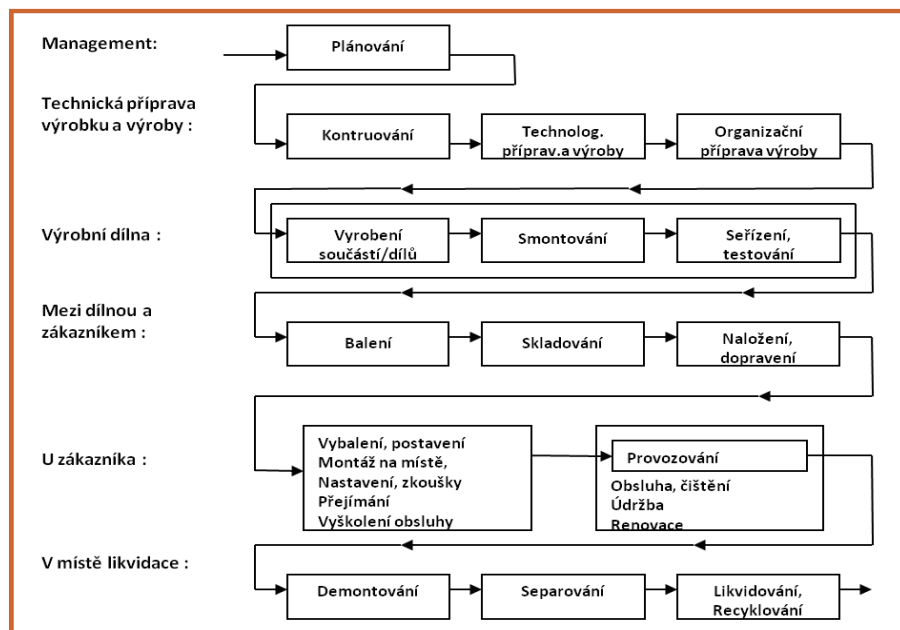
## Aplikace ergonomie teorií technických systémů na životní cyklus produktu

Hlavní oblastí, na kterou jsme se chtěli zaměřit v rámci tohoto článku, je nová aplikace ergonomických požadavků a přístupů v rámci transformačních systémů. Jak bylo popsáno výše, týká se **HuS** (člověka), **TS** (technického systému) a **AEnv** (Aktivního a reaktivního prostředí).

Hlavní myšlenkou nového přístupu aplikace ergonomických požadavků a přístupů na teorii technických systémů jsou přesvědčení a fakta získaná při praktických projektech zabývajících se ergonomií. Tato myšlenka se týká tvrzení, že **ergonomie není ovlivněna pouze stavem pracoviště, ale také výrobkem, respektive produktem, který na pracovišti jeho provozováním vzniká.**

**Samotným provozováním pracoviště dojde k výrobě produktu.** Tento stav, aplikujeme-li myšlenku tvorby životního cyklu produktu pomocí transformačních systémů, popisuje následující obrázek (Obr. 6).

Dochází na něm k protnutí dvou životních cyklů. Produktu (výrobku), k jehož **výrobě** dochází v rámci etapy **provozování** dalšího životního cyklu druhého produktu (pracoviště).



**Obr. 6: Provázání dvou životních cyklů produktů - "výrobku" a pracoviště, na kterém bude vyráběn - aplikace transformačních systémů**

### Praktický příklad aplikace nového přístupu

Představme si, že existuje sekvenční pracoviště. Jeho úkolem je příprava nestejných dílů pro výrobní linku, dle sekvence, ve které jdou finální produkty na výrobní lince. Samotné produkty se vkládají dle stanoveného sekvenčního rozpisu do sekvenční palety (vozíku). Pracoviště může být upraveno dle ergonomických parametrů. Spolu s pracovištěm je také upraven vozík, kterým se díly dopravují k výrobní lince. Tento vozík je stěžejní, neboť by měl být brán zřetel i na navazující pracovní úkony s ním související. Jde o přepravu vozíku k výrobní lince (ruční manipulace, tahač, vysokozdvizný vozík). Následně je nutné uvažovat umístění vozíku u výrobní linky. Dále samotná manipulace s díly při vyjímání z vozíku.

Pokud upravíme sekvenční pracoviště a sekvenční vozík pro potřeby pracovníka sekvenčního pracoviště bez přihlídnutí k ostatním okolnostem, může se problém způsobený nedodržením ergonomických parametrů stěhovat mezi pracovišti. Mezi ostatní výše uvedené okolnosti, patří manipulace s vozíkem, operace na dalším navazujícím

pracovišti, stejně jako operace se samotným produktem.

S ergonomickými požadavky je nutné pracovat jako s celkem ve všech oblastech životního cyklu produktu. Rozumíme tím především oblasti plánování a konstruování. V těchto etapách životního cyklu lze ergonomii ovlivnit aktivně, kdy produkt neexistuje a je navrhován. Je nutný pohled z hlediska samotného vyráběného produktu – výrobku, tak z hlediska produktu – pracoviště, na kterém bude produkt/výrobek vyráběn právě provozováním pracoviště.

Tento přístup se dá označit za přístup proaktivní a je vidět i obrázku – viz *Obr. 6*.

Avšak pokud již pracoviště i produkt existují, je nutné řídit se korektivním racionalizačním procesním přístupem. Dostáváme se tak do oblasti, kde se životní cykly obou produktů, jak pracoviště, tak výrobku na něm vznikajícím, protínají – **provozování pracoviště X výroba produktu**.

## Závěr a shrnutí

Pokud budeme schopni pomocí tohoto nového přístupu a v této fázi poznání, popsat jednotlivé vlivy HuS, TS a AEnv i s jejich vzájemnými vazbami, bude možné jít zpětně po životním cyklu produktu a stanovit:

- v jakém stavu by měl být operand na vstupu do příslušného transformačního systému,
- tedy v jakém stavu by měl být operand na výstupu předchozího transformačního systému,
- respektive stanovit, jaký vliv má prováděcí systém tohoto (předchozího) transformačního systému,
- a jaké vazby se vyskytují v jeho rámci.

Dojdeme tak až na úplný začátek životního cyklu produktu, kde je nejvíce možné ovlivnit pohled konstruktérů, designérů a plánovačů, aby s ergonomií počítali jak při návrhu produktu, tak výrobního procesu, při kterém bude vznikat.

Splnění ergonomických požadavků bude ovlivňovat:

- jednotlivé části finálního produktu (podoba odpovídající ne jen technickým požadavkům na funkci),
- pracoviště, na kterých budou tyto části vznikat,
- pracovníky, kteří je budou vyrábět,
- pracoviště, na kterých budou části produktu vyráběny,
- přepravu, skladování a manipulaci s těmito produkty,
- montáž těchto produktů do produktu finálního,
- celý produkt,
- uživatele tohoto produktu,
- servis a udržování tohoto produktu,
- likvidaci tohoto produktu.

Tento komplexní pohled a popis vazeb a vlivů z hlediska ergonomie bude rozsáhlý, avšak měl by přinést mnohem větší efekty než reaktivní přístup. Jeho praktická aplikace by také měla zasáhnout větší počet zúčastněných skupin pracovníků, kteří mohou ergonomii ovlivnit více, než ergonom ve fázi korektivního zásahu. Tento komplexní přístup by měl přispět k větší osvětě a pochopení ergonomie nejen u ergonomů, ale hlavně u osob, které ji mohou svými nápady ovlivňovat. U osob, které se podílejí na ovlivňování jednotlivých fází produktu, v jeho životním cyklu.

## Literatura



- [1] BUREŠ, M. *Metodika digitálního ergonomického návrhu a hodnocení pracovišť ve strojírenských podnicích*. Disertační práce, Západočeská univerzita v Plzni. Plzeň, 2010
- [2] EDER, E.; HOSNEDL, S. *Design Engineering, A manual for Enhanced Creativity*. Boca Raton (Florida, USA) : CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4222-476.
- [3] EDL, M. *Řízení životního cyklu produktu (PLM) : e-book projektu Kvalitní výzkumný tým zaměřený na problematiku řízení životního cyklu výrobku v prostředí digitálního podniku*. Plzeň : Západočeská univerzita, 2011.
- [4] HLAVENKA, B. *Racionalizace technologických procesů*. Brno : PC-DIR, 1995. S. 66. ISBN 80-214-0705-0.
- [5] HOSNEDL, S. *Přednášky k předmětu ZKM*. Plzeň : Západočeská univerzita, 2010.
- [6] KOTLER, P. *Marketing Management*. Praha : Grada Publishing, 1998. 710 s. ISBN 80-7169-600-5.

## Poděkování

Příspěvek byl vytvořen za podpory projektu 402/08/H051 s názvem „Optimalizace multidisciplinárního navrhování a modelování výrobního systému virtuálních firem“ poskytnutým Grantovou agenturou České republiky.

## Vzorová citace

GÖRNER, Tomáš; ŠIMON, Michal; EDL, Milan. Ergonomie a životní cyklus produktu. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online], 2011, roč. 4, č. 3. Dostupný z WWW: <<http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-03-2011/ergonomie-produkt.html>>. ISSN 1803-3687.

---

Autor článku:

[Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.](#)

[Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.](#)

[Ing. Tomáš Görner](#)