



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

HODNOCENÍ SPOLEHLIVOSTI LIDSKÉHO ČINITELE

HUMAN RELIABILITY ASSESSMENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. DAVID KUČERA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

LEISAN MUKHAMETZIANOVA

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2013/14

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. David Kučera

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Kvalita, spolehlivost a bezpečnost (2341T005)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Hodnocení spolehlivosti lidského činitele

v anglickém jazyce:

Human reliability assessment

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Termín spolehlivost lidského činitele je obvykle definován jako pravděpodobnost, že člověk bude správně provádět určitou aktivitu požadovanou systémem během časového úseku bez konání jakékoliv vedlejší aktivity, která by vedla k poškození systému. Vhodně vybranou a správně zpracovanou analýzou lze najít v pracovním systému „slabá místa“, která mohou vést k selhání člověka. V tomto ohledu je proto důležité zohledňovat jak organizační faktory, tak i osobnostní determinanty jednotlivců. Účelem analýzy lidského činitele je navrhnout systémová opatření (technická a organizační), která mají zabránit výskytu těchto selhání.

Cíle diplomové práce:

- Rešerše literatury v dané oblasti
- Výběr vhodné metody pro hodnocení spolehlivosti lidského činitele
- Hodnocení spolehlivosti lidského činitele
- Návrh preventivních opatření

Seznam odborné literatury:

1. ČSN EN 62508. Návod pro lidská hlediska spolehlivosti. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
2. SPURGIN, Anthony J. Human reliability assessment. Theory and practice. USA: CRC Press, 2010. ISBN 978-1-4200-6851-1.
3. SHEPHERD. Hierarchical Task Analysis. London: Taylor & Francis, 2001. ISBN 0-203-34213-5.

Vedoucí diplomové práce: Leisan Mukhametzanova

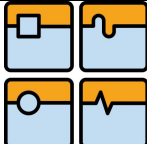
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/14.

V Brně, dne 12.11.2013 11:14




doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

ABSTRAKT

Tato diplomová práce je zaměřena na analýzu možností selhání lidského činitele na příkladu indukčního ohříváče, který se nachází ve společnosti Roboterm spol. s.r.o. v Chotěboři. Cílem práce je provést rešerši literatury v oblasti hodnocení spolehlivosti lidského činitele. Na základě analýzy daného provozu a rešerše literatury zvolit vhodnou metodu a provést samotné hodnocení spolehlivosti lidského činitele. Závěrem práce bude návrh opatření pro zvýšení spolehlivosti lidského činitele.

KLÍČOVÁ SLOVA

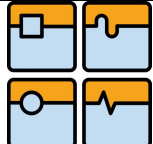
Lidský činitel, lidská chyba, spolehlivost, nebezpečí, riziko.

ABSTRACT

This master's thesis aims to analyze the possibilities of failure of human reliability on the example of an induction heater from company Roboterm spol. s.r.o. in Chotěboř. The objective of a thesis is a review of a literature of human reliability assessment. Based on the analysis of the operation and a literature review and choose the appropriate method to perform the actual assessment of the reliability of human error. Final object of the work is to propose measures to increase human reliability.

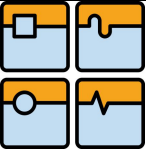
Keywords

Human factor, human error, reliability, hazard, risk.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KUČERA, D. *Hodnocení spolehlivosti lidského činitele*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 77 s. Vedoucí diplomové práce Leisan Mukhametzianova.

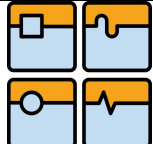
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma Hodnocení spolehlivosti lidského činitele jsem vypracoval samostatně, pod vedením Ing. Leisan Mukhametzianove a s pomocí literatury, kterou jsem citoval v seznamu literatury.

.....
David Kučera

V Brně, dne:

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 8
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

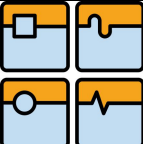
PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Leisan Mukhametzianove za rady, pomoc a odborné vedení při vytváření této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat zástupcům firmy Robotem spol. s.r.o., zejména Ing. Davidu Klepetkovi a Ing. Janu Bělovskému, za jejich trpělivost a poskytování materiálů potřebných k vypracování této práce.

OBSAH

0 Úvod	11
1 Lidský činitel	12
1.1 Spolehlivost lidského činitele a její hodnocení	12
1.2 Identifikace potenciálních lidských chyb	13
1.2.1 Kauzalita nehodového děje	13
2 Pomocné metody k hodnocení spolehlivosti lidského činitele	15
2.1 Analýza stromu poruchových stavů – FTA (Fault tree analysis)	15
2.2 Analýza stromu událostí – ETA (Event tree analysis)	15
2.3 Analýza způsobů a důsledků poruch – FMEA (Failure mode and effect analysis)	15
2.3.1 Obecně o metodě FMEA	15
2.3.2 Postup metody FMEA	16
2.4 Analýza (studie) nebezpečí a provozovatelnosti – HAZOP (Hazard and operability study)	16
2.4.1 Obecně o metodě HAZOP	16
2.4.2 Definice účelu studie a rozsahu (hloubky) studie	17
2.4.3 Volba týmu k provedení studie	17
2.4.4 Příprava studie	17
2.4.5 Provedení studie	18
2.4.6 Zhodnocení studie, záznam výsledků	18
2.5 Metoda Human HAZOP	18
2.5.1 Obecně o metodě Human HAZOP	18
3 Analýza spolehlivosti člověka – Metody HRA (Human reliability assessment)	19
3.1 Úvod metody HRA	19
3.2 Historie a vývoj metody HRA	19
3.2.1 Metody první generace	20
3.2.2 Metody druhé generace	20
3.3 Rozdělení metod HRA	21
4 Nejčastěji používané metody HRA	22
4.1 Metody zvolené k rozboru	22
4.2 Metoda ATHEANA	23
4.2.1 Obecně o metodě ATHEANA	23
4.2.2 Postup metody ATHEANA	23
4.3 Metoda TESEO	24
4.3.1 Obecně o metodě TESEO	24
4.4 Metoda CREAM	26
4.4.1 Obecně o metodě CREAM	26
4.4.2 Zpětná analýza	26
4.4.3 Spolehlivostní prognóza	28
4.5 Metoda SHARP	28
4.5.1 Postup metody SHARP	28
4.5.2 Rozbor postupu metody SHARP	29
4.6 Metoda THERP	29
4.6.1 Obecně o metodě THERP	29
4.6.2 Postup metody THERP	29
4.7 Metoda HEART	30
4.7.1 Obecně o metodě HEART	30
4.7.2 Postup metody HEART	30
4.7.3 Výhody a nevýhody metody HEART	30
4.8 Metoda HTA-PHEA	30
4.8.1 Obecně o metodě HTA-PHEA	30
4.8.2 Popis Analýzy úkolů – HTA (Hierarchical task analysis)	31
4.8.3 Posouzení chybění lidského činitele pomocí Analýzy odhadu chybění	

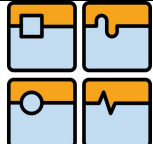
lidského činitele – PHEA (Predictive human error analysis)	31
4.8.4 Odhad pravděpodobnosti vzniku lidské chyby – HEP	33
4.8.5 Analýza faktorů ovlivňujících výkon a spolehlivost – PIF	34
4.8.6 Výstup z metody HTA-PHEA, integrace metod HTA-PHEA	34
4.9 Metoda Identifikace příčin selhání – MIPS	35
4.9.1 Obecně o metodě MIPS	35
4.9.2 Popis metody MIPS	35
4.9.3 Postupové schéma metody MIPS	36
4.9.4 Charakter výstupů metody MIPS	37
4.9.5 Kvalitativní analýza metody MIPS	37
4.9.6 Kvantitativní analýza metody MIPS	37
4.10 Závěr k nejčastěji používaným metodám	37
4.10.1 Shrnutí výhod a nevýhod nejčastěji používaných metod HRA	37
4.10.2 Výběr metod pro hodnocení spolehlivosti lidského činitele	39
5 Hodnocení spolehlivosti lidského činitele	40
5.1 Roboterm spol. s.r.o.	40
5.2 Posuzované zařízení.....	40
5.3 Stručný popis funkce stroje	45
5.4 Praktická část hodnocení spolehlivosti lidského činitele	45
5.4.1 Identifikace chyb obsluhy metodou FMEA	46
5.4.2 Analýza chybování lidského činitele pomocí integrované metody HTA-PHEA.....	46
5.4.3 Závěr z analýzy spolehlivosti lidského činitele pomocí integrované metody HTA-PHEA	48
5.4.4 Nápravná opatření ke zvýšení spolehlivosti lidského činitele	50
6 Závěr	52
7 Seznam literatury	53
8 Seznam použitých zkratk a symbolů	56
9 Seznam příloh	59

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 11
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

0 ÚVOD

Spolehlivost lidského činitele je posuzována z prostého důvodu – člověk je obecně považován za nejméně spolehlivý článek jakéhokoliv systému. Zatímco u různých součástí je možno zjistit jejich spolehlivost od výrobce a díky tomu vyčíslit spolehlivost daného zařízení, v případě lidí se jedná o neskonale těžší záležitost. Lidské selhání (selhání lidského činitele) bývá příčinou značného počtu havárií a výrobních neshod, je tedy snaha tuto oblast taktéž kvantifikovaně hodnotit a tím umožnit stanovení určité míry spolehlivosti lidského činitele nebo vyjádřit pravděpodobnost výskytu lidské chyby.

Vliv lidského činitele se posuzuje zejména v souvislosti s iniciační událostí, kdy zásah člověka může následky takové události buď minimalizovat, nebo i způsobit její rozvoj a tím celou situaci zhoršit. Závěrem šetření havárie či nehody může být zjištění, že se jednalo o chybu daného pracovníka, ale i zjištění, že bylo chování člověka omezeno systémovými nedostatky, jeho nedostatečnou informovaností či kombinací většího počtu faktorů. Zejména poslední uvedené bych zdůraznil jako nejzásadnější problém a to z důvodu, že spolehlivost lidského činitele je souborem mnoha faktorů.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 12
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

1 LIDSKÝ ČINITEL

1.1 SPOLEHLIVOST LIDSKÉHO ČINITELE A JEJÍ HODNOCENÍ

Pojem lidský činitel se, v literatuře týkající se rizikového inženýrství a managementu rizika, vyskytuje poměrně často. Problémem však zůstává, že odborníci nejsou zcela jednotní v definici tohoto pojmu. V literatuře [1] je tento pojem vysvětlen z několika zdrojů, obecně se však jedná o soubor faktorů, zejména o faktory biologické, fyziologické, psychologické, psychosociální, politické, které mohou mít za následek ovlivnění:

- stavu objektů, stavu a průběhu procesů, které jsou předmětem zkoumání, a které jsou vystaveny vlivu lidského činitele a mohou vytvářet nebezpečí,
- rozhodování člověka o stavu a funkci objektů nebo stavu a průběhu procesů,
- rozhodování člověka v oblastech souvisejících s rizikem, ať už se jedná o jeho identifikaci, kvantifikaci, snížení nebo stanovení opatření k přístupu k riziku [2].

Uvedené faktory mohou způsobit, že bude člověk ve stresu, což zvyšuje pravděpodobnost selhání člověka na daném pracovišti. Jak je však uvedeno v literatuře [3], i absence stresu může mít negativní dopad na činnost člověka. Při úplné absenci stresu může mít pracovník pocit monotónní činnosti, který vede k postupnému opomíjení jednotlivých činností a hlavně opomíjení jejich důležitosti, eventuálně až k jejich podceňování, což může vést ke vzniku nehody (či neshod na výrobku).

Obdobná situace, jako v případě pojmu lidský činitel, panuje i kolem pojmu spolehlivost lidského činitele. V anglické literatuře bývá spolehlivost lidského činitele, společně se spolehlivostí člověka, zahrnuta do pojmu „*Human reliability*“. V literatuře [1] se však tyto pojmy odlišují a to následovně:

- spolehlivost člověka je obecná vlastnost, schopnost člověka plnit požadovanou funkci během stanovené doby za stanovených pracovních podmínek
- spolehlivost lidského činitele je vlastnost člověka plnit uložené úkoly s předepsanou přesností v daném časovém intervalu a při daných pracovních podmínkách.

Dle výše uvedeného lze tedy spolehlivost lidského činitele definovat jako schopnost člověka plnit požadovanou funkci ve stanoveném časovém intervalu při daných pracovních podmínkách. Ona schopnost člověka je však ovlivněna mnoha faktory. Tuto schopnost můžeme ovlivnit zejména:

- **důkladnějším školením** – zvýšíme informovanost daného pracovníka o problému, o důležitosti jeho činnosti,
- **stanovením pokynů, postupů** – informovat pracovníka o správném postupu, který zabezpečí provedení činnosti v nutném rozsahu,
- **zjištěním fyzických (i duševních) dispozicí pracovníka** – pracovník, který nebude schopen danou činnost provést, ji nemůže vykovávat.

Posuzovat spolehlivost lidského činitele až ve fázi, kdy např. daná výrobní linka je již realizovaná nemusí být dostačující. Správným proškolením pracovníka, stanovením správných postupů i zohledněním jeho dispozic sice lze, do jisté míry, zvýšit spolehlivost jeho konání, ale ani tohle nemusí být dostatečné. Tyto, a mnohé další faktory, bychom měli zohlednit už ve fázi návrhu např. výrobní linky. Člověk, který bude daný systém obsluhovat, by měl mít možnost vznést námitky, zasahovat a ovlivňovat systém ve fázi jeho návrhu, a to s ohledem na své dispozici a schopnosti.

Ve fázi návrhu je dále nutné dodržovat „logiku jednoduchosti“. Pokud lze danou věc provést více způsoby, vždy volíme ten jednodušší, kde bude nižší pravděpodobnost lidské chyby. Taktéž je vhodné používat normalizovaný HW, SW, pokud to lze, obecně nevytvářet nestandardní funkce, postupy, apod.

Pokud bychom obsluhu daného systému neumožnili vznášet připomínky k návrhu, mohlo by dojít k situaci, že bychom museli již realizovaný systém upravovat, vytvářet komplikované postupy, zbytečná školení a podobně.

1.2 IDENTIFIKACE POTENCIÁLNÍCH LIDSKÝCH CHYB

1.2.1 Kauzalita nehodového děje

Jak je uvedeno v literatuře [3], nelze analyzovat spolehlivost lidského činitele bez znalosti scénáře nehodového děje. Každý nehodový scénář je vytvářen na základě jiných okolností, které mohly přispět k rozvoji scénáře nebo naopak jeho rozvoj ukončit. Ke zjištění takovýchto okolností se většinou používají tzv. stromové metody. Jedná se o metody FTA a ETA. Tyto metody neslouží přímo k hodnocení spolehlivosti lidského činitele, ale právě ke stanovení scénářů, na něž může mít jednání člověka jakýkoliv vliv (ať už zabrání rozvoji scénáře nebo naopak umožní jeho rozvoj). Metody FTA a ETA nejsou předmětem této práce, proto budou později popsány pouze okrajově.

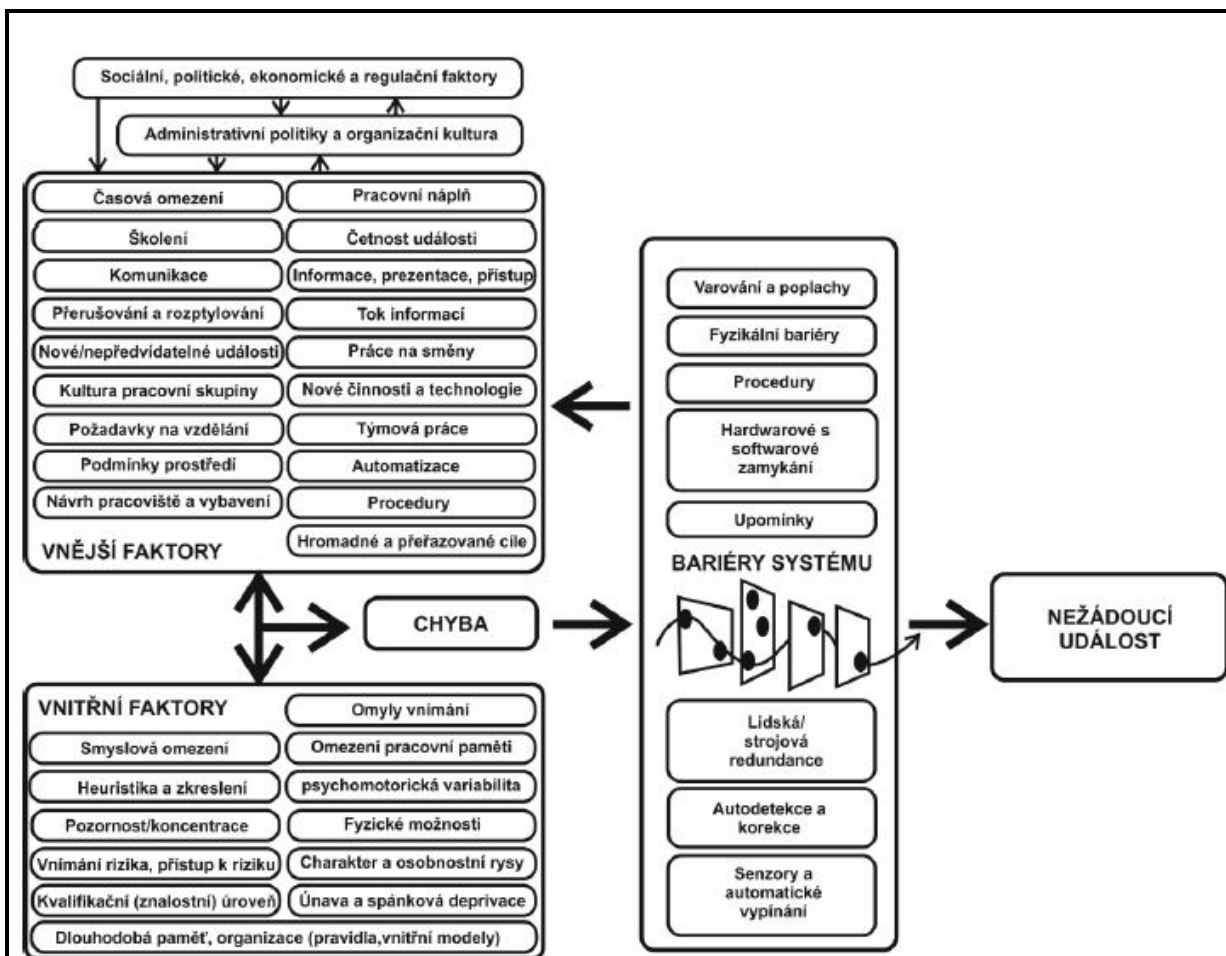
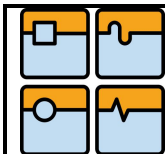
Abychom mohli zvýšit spolehlivost lidského konání, je nutno nejprve pochopit lidské jednání. V literatuře [3] je uvedeno, že v případě lidského konání se jedná o tzv. kognitivní přístup, kdy musíme nehodu chápat ne jako důsledek lidské chyby, ale jako proces po sobě následujících událostí, které vychází z určité příčiny, postupují přes ochranná opatření až k vrcholové události.

Statisticky bylo prokázáno, že většina nehod, případně havárií, byla spojena se selháním lidského činitele. Komplexnější pohled na faktory ovlivňující vznik lidské chyby, spolu se selháním ochranných opatření, vedoucí ke vzniku nehody je možné vidět na obrázku 1. Jedná se o Reasonův bariérový model, který byl panem Sharitem rozšířen o podrobnější popis některých faktorů a o zpětnovazební smyčku [3].

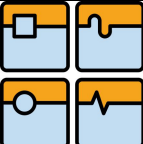
K usnadnění hodnocení spolehlivosti lidského činitele lze použít řadu podpůrných a pomocných metod, které se běžně využívají k hodnocení rizik. Jedná se zejména o následující metody:

- Analýza stromu poruchových stavů – FTA (Fault Tree Analysis),
- Analýza stromu událostí – ETA (Event Tree Analysis),
- FMEA – Analýza způsobů a důsledků poruch (Failure Mode and Effect Analysis),
- Analýza (Studie) nebezpečí a provozovatelnosti – HAZOP (Hazard and Operability Study),
- Human HAZOP,
- Hierarchická analýza úkolů – HTA (Hierarchical Task Analysis).

Uvedené metody budou podrobněji popsány a vysvětleny dále.



Obr. 1 – Systém vzájemných vazeb ovlivňujících vznik lidské chyby a selhání ochranných bariér s vedoucí ke vzniku nehody (převzato z [3])

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 15
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

2 POMOCNÉ METODY K HODNOCENÍ SPOLEHLIVOSTI LIDSKÉHO Činitele

2.1 ANALÝZA STROMU PORUCHOVÝCH STAVŮ – FTA (FAULT TREE ANALYSIS)

Tato metoda byla vyvinuta společností Bell Telephone Laboratories roku 1962, kdy byla poprvé použita a to v souvislosti s vývojem startovacího zařízení rakety Minuteman. Po té byla metoda používána v letectví firmou Boeing, která vytvořila první výpočtové programy pro tuto metodu, které umožňovaly použít výpočetní techniku ke kvalitativnímu a kvantitativnímu hodnocení stromu poruchových stavů [4]. V ČR byla tato metoda přijata v roce 1993 (účinnost od 1. 2. 1994) v podobě normy ČSN IEC 1025 – Analýza stromu poruchových stavů. Platnost této normy byla ukončena 1. 12. 2007, kdy byla nahrazena normou ČSN EN 61025 – Analýza stromu poruchových stavů (FTA) [5, 6].

FTA má velice široké možnosti použití v průmyslových odvětvích a bývá často používána v chemickém průmyslu, kde si našla využití nejen kvůli identifikaci příčin problému, ale hlavně z důvodu identifikace souběhu příčin, což je u chemických látek velice důležitý faktor.

Metoda FTA je deduktivní metoda, začíná stanovením tzv. vrcholové události (Top event). Jedná se o událost, která je vyvrcholením havarijního scénáře a postupem metody je rozvoj příčin a okolností, které události předcházeli a měli za následek její uskutečnění. Jednotlivé větve stromu se spojují pomocí logických operátorů and a or, které slouží k zobrazení souvislostí příčin a následků vedoucích k vrcholové události [5, 6].

2.2 ANALÝZA STROMU UDÁLOSTÍ – ETA (EVENT TREE ANALYSIS)

Havárie jaderné elektrárny Three Miles Island v roce 1979 byla příčinou ke vzniku této metody, jak je uvedeno v literatuře [7]. Na rozdíl od metody FTA se jedná o induktivní metodu, kdy nevycházíme ze samotné havárie (nebo předpokládaného vyvrcholení havarijního scénáře), ale počátkem metody je stanovení tzv. iniciační události, z níž se postupně propracováváme k možným následkům (konečné stavy), které může způsobit iniciační událost. U této metody lze uvažovat i eventuální bezpečnostní prvky nebo funkce, které by mohly zabránit rozvoji havarijního scénáře a stanovit pravděpodobnostní hodnocení všech identifikovaných havarijních scénářů. Tato metoda umožňuje rovněž zahrnout do výpočtu i pravděpodobnost zásahu člověka [7].

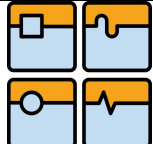
V případě výskytu iniciační události číselně hodnotíme pravděpodobnost zásahu bezpečnostního systému (nebo člověka), která má za následek zabránění šíření iniciační události. Rovněž číselně hodnotíme i situaci, že by došlo k selhání takového systému.

Analýza stromu událostí byla v ČR zavedena v podobě normy ČSN EN 62502 – Techniky analýzy spolehlivosti – Analýza stromu událostí (ETA) v roce 2011. V účinnost vešla 1. 8. 2011 [8].

2.3 ANALÝZA ZPŮSOBŮ A DŮSLEDKŮ PORUCH – FMEA (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS)

2.3.1 Obecně o metodě FMEA

Metoda FMEA, neboli Analýza způsobů a důsledků poruch (Failure Mode and Effect Analysis) je metoda sloužící pro identifikaci poruch, které mohou významným způsobem

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 16
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

příspěť k havárii nebo nehodě. FMEA byla vyvinuta a poprvé použita v šedesátých letech dvacátého století společností NASA při realizaci projektu Apollo, jak uvádí literatura [9]. Po úspěšném uplatnění metody následovala její rychlá integrace do dalších vesmírných projektů, následně do letectví, jaderné energetiky a také do automobilního průmyslu. V ČR je zavedena v podobě normy ČSN EN 60812 – Techniky analýzy bezporuchovosti systémů – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA) od února roku 2007. Touto normou byla nahrazena původně platná norma ČSN IEC 812 – Metody analýzy spolehlivosti systému. Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA), z června roku 1992 [10].

2.3.2 Postup metody FMEA

Metodou systematicky prověřujeme zkoumaný systém a snažíme se odhalit možné poruchy v systému, jejich příčiny a následky. Metodou zkoumáme každý daný prvek systému a definujeme u něj možné poruchy. Postup metody lze charakterizovat následovně:

1. **identifikace prvku, zjištění jeho funkce** – u každého prvku systému přesně definujeme jeho správnou funkci,
2. **možný projev vady, důsledek vady** – definujeme způsob, jakým se vada projeví a tedy jakým způsobem je možno ji odhalit, následně definujeme i důsledek vady,
3. **zjistíme možnou příčinu vady** – po zjištění příčiny vady je možno navrhnout opatření pro zabránění vzniku vady [10].

Pokud chceme daný problém kvantifikovat, je nutné použít metodu FMECA, neboli Analýzu způsobů, důsledků a kritičnosti poruch (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis). Jedná se o metodu FMEA rozšířenou o kvantifikaci jednotlivých faktorů jako jsou kritičnost důsledku vady (závažnost následků), pravděpodobnost výskytu vady, míra odhalitelnosti vady. Vynásobením číselných hodnot těchto faktorů získáme tzv. RPN, neboli rizikové prioritní číslo (Risk Priority Number), což je ukazatel závažnosti dané poruchy a eventuálně nutnosti úpravy daného prvku/systému s cílem snížit RPN, jak je popsáno v literatuře [10].

2.4 ANALÝZA (STUDIE) NEBEZPEČÍ A PROVOZOVATELNOSTI – HAZOP (HAZARD AND OPERABILITY STUDY)

2.4.1 Obecně o metodě HAZOP

HAZOP, neboli Analýza (Studie) nebezpečí a provozovatelnosti (Hazard and Operability Study) je systematická studie založená na týmové spolupráci. Metoda byla vyvinuta ve společnosti ICI – Petrochemical Division a je zaměřena na rozpoznání problémů, které mohou souviset s nebezpečím a provozuschopností daného zařízení, jak je vysvětleno v literatuře [11]. Při aplikaci metody HAZOP se zabýváme identifikací potenciálních odchylek od provozuschopného stavu, které mohou být příčinou havarijního stavu, a zkoumáme následky těchto odchylek. Ke zjištění následků jednotlivých odchylek se používají přesně definovaná tzv. klíčová slova, která, ve vhodné kombinaci s jednotlivými procesními parametry generují odchylky. Seznam klíčových slov, jejich význam a příklad jejich použití je uveden v tabulce 1 [11].

<i>Klíčové slovo</i>	<i>Logický význam slova</i>	<i>Příklad použití</i>
Není	Negace významu původní funkce	Není chlazení
Větší	Kvantitativní nárůst	Větší teplota
Menší	Kvantitativní pokles	Nižší teplota
A také, a rovněž	Kvalitativní nárůst	Vyšší teplota v reaktoru a také únik chladiva
Částečně	Kvalitativní pokles	Částečný průtok chladiva
Reverze	Opak funkce	Reverzní tok chladiva
Jiný	Náhrada	Přítomnost odlišné látky
Předčasný	Předčasné vykonání funkce	Předčasné zahřátí směsi
Zpožděný	Opožděné vykonání funkce	Opožděné zahřátí směsi

Tab. 1 – Seznam klíčových slov pro HAZOP, jejich význam a příklad použití [11]

Postup metody HAZOP lze shrnout v následujících bodech [12]:

- definice účelu studie a rozsahu (hloubky) studie,**
- volba týmu k provedení studie,**
- příprava studie,**
- provedení studie,**
- zhodnocení studie, záznam výsledů.**

Jednotlivé kroky metody HAZOP nemusí být striktně odděleny, je možné provedení některých kroků společně.

2.4.2 Definice účelu studie a rozsahu (hloubky) studie

Cílem této fáze metody je vhodné rozčlenění posuzovaného systému na subsystémy a tím stanovení rozsahu studie a úrovně, na níž budeme rozebírat funkci posuzovaného systému.

2.4.3 Volba týmu k provedení studie

Jedná se o velice důležitý bod studie, protože tým musí být složen z kvalifikovaných a do problému zainteresovaných osob. Velikost týmu je odvislá od velikosti podniku, proto ji nelze přesně specifikovat. Pokud bychom zvolili příliš malý tým, mohlo by to mít za následek nedostatečnou znalost problematiky a tím neúplnost studie. Naopak, pokud by byl tým příliš početný, hrozí selhání skupinového přístupu, což je jedna z podstat metody.

HAZOP tým obsahuje vedoucího studie, sekretáře (zapisovatele) studie a samotný odborný tým. Tým v průběhu studie nedoplňujeme o nové členy. Odborný tým by mohl být sestaven například z následujících osob [12]:

- konstruktér zařízení,
- obsluha zařízení,
- procesní inženýr,
- kontrolor provozu,
- kontrolor údržby,
- bezpečnostní technik.

2.4.4 Příprava studie

Tato fáze spočívá zejména v získání potřebných dat pro následující fáze a naplánování pořadí jednotlivých bodů studie a naplánování doby provedení studie, respektive naplánování data a času schůzky daného týmu.

2.4.5 Provedení studie

Vzhledem k systematičnosti metody HAZOP lze tento bod charakterizovat následujícími kroky [11], [12], [13]:

- 1. popis účelu subsystému** – popisujeme účel (funkci) subsystému, měli bychom dodržovat pravidlo, že jeden subsystém má pouze jednu konkrétní funkci, jinak došlo k nedostatečnému rozčlenění systému,
- 2. generování odchylek subsystému od požadované funkce** – pomocí klíčových slov a popsaných funkcí subsystému generujeme odchylky od správné funkce subsystému,
- 3. hledání příčiny nebo souběhu příčin, které vedly k odchylce** – při tomto kroku používáme dotazování na otázku „co mohlo způsobit, že ...?“,
- 4. stanovení možných následků (generování havarijních scénářů)** – v této fázi metody se dotazujeme otázkou „co se stane, když ...?“,

2.4.6 Zhodnocení studie, záznam výsledků

Po provedení předchozích bodů studie následuje stanovení opatření, která mají zvýšit bezpečnost systému. Lze například posuzovat, zda byla použita všechna klíčová slova a tím odhaleny všechny možné odchylky jednotlivých subsystémů. Není vyloučeno doplnění studie nebo detailnější rozčlenění systému.

2.5 METODA HUMAN HAZOP

2.5.1 Obecně o metodě Human HAZOP

Metoda Human HAZOP je modifikací metody HAZOP, popsané v kapitole 2.4. Hlavní odlišnost této modifikované metody spočívá v tom, že, namísto odhalování rizikových stavů zařízení (stroje), ji používáme k odhalování selhání lidského činitele [12].

Analogicky, oproti metodě HAZOP, používáme ke generování odchylek, od provedení správného pracovního postupu, tzv. vodící slova, která jsou uvedena v tabulce 2.

Vodící slovo	Význam slova
Neuděláno	Neprovedení akce
Opakováno	Vícenásobné provedení akce
Méně	Méně násobné nebo slabší provedení akce
Více	Vícenásobné nebo silnější provedení akce
Dříve	Dřívější provedení akce
Později	Pozdější provedení akce
Také	Provedení i jiné akce
Obráceně	Porušení posloupnosti akcí
Jiný než	Provedení jiné akce
Část	Akce byla provedena jen částečně

Tab. 2 – Seznam klíčových slov pro metodu Human HAZOP, jejich význam (převzato, upraveno z [12])

3 ANALÝZA SPOLEHLIVOSTI ČLOVĚKA – METODY HRA (HUMAN RELIABILITY ASSESSMENT)

3.1 ÚVOD METODY HRA

Metody HRA slouží k systematickému hodnocení spolehlivosti člověka (operátor, technik, ...), jehož činnost může mít vliv na chod daného systému. Cílem tohoto hodnocení je identifikace možnosti vzniku lidské chyby, příčin vzniku chyby a jejích následků a následně snížení pravděpodobnosti vzniku dané chyby nebo její úplné odstranění.

Některé metody jsou založeny na dotazovém systému, kdy jsou osoby zainteresované do daného procesu dotazovány na vlastnosti procesu (fyzikální, chemické vlastnosti, charakteristika prostředí a okolí procesu), znalosti daného problému. Dále mohou být osoby dotazovány např. na své schopnosti a dovednosti související s daným procesem. Při používání metod HRA je vhodné definovat některé termíny (viz. literatura [3]):

- **lidská chyba** – historicky docházelo ke změnám definice tohoto termínu, dnes je však, vzhledem k současnému stavu oboru, aktuální následující definice (převzato z literatury [3]): „*Lidská chyba je charakterizována nežádoucím nebo chybným stavem systému, jehož součástí je interakce člověk-stroj. Tato interakce přináší potřebu mentálních nebo fyzické aktivity jedince a vede k situaci, kdy nejsou zcela nebo zčásti splněny požadavky systému (nebo jeho částí).*“;
- **chyba z vynechání** – EOM – error of omission – jedná se o nevykonání akce (případně její nedokončení),
- **chyba z přidání** – EOC – error of commission – tato chyba vznikne při vykonání akce, která nebyla požadována,
- **nepatřičná akce** – extraneous act – místo požadované akce byla vykonána jiná, tato odchylka bývá způsobována vědomě (nejedná se o záměrně způsobenou odchylku, ale o odchylku, která vznikla z důvodu vědomého vykonání akce člověkem s tím rozdílem, že daná akce měla být provedena jinak, například dojde k přestavení ventilu do jiné polohy, než byla požadovaná poloha),
- **příležitost k zotavení** – časový interval kdy může člověk napravit dříve způsobenou chybu, může se jednat jak o interval ihned po vykonání chyby, ale také se může jednat o interval po dlouhé době od vzniku chyby,
- **pravděpodobnost lidské chyby** – HEP – human error probability – v případě tohoto termínu se jedná o odhad pravděpodobnosti lidské chyby, která je počítána následovně:

$$HEP = \frac{\text{počet nastalých chyb}}{\text{počet příležitostí k chybě}} \quad (1)$$

- **pravděpodobnost úspěšného provedení** – HSP – human success probability – jedná se o odhad pravděpodobnosti, že bude daná úloha provedena úspěšně:

$$HSP = 1 - HEP \quad (2)$$

3.2 HISTORIE A VÝVOJ METODY HRA

Vývoj metod HRA trval po desetiletí, zpočátku byl však pomalý, což se změnilo po nehodě v Three Mile Island roku 1979. V důsledku této nehody začalo vznikat větší množství HRA nástrojů, většina z nich se zaměřovala na oblast jaderného průmyslu [14].

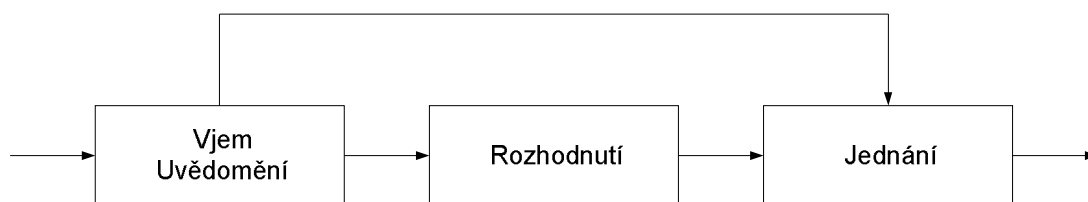
Metody HRA bývají obvykle děleny na metody první generace a metody druhé generace. V literatuře [14] je uvedeno, že první studie lidské spolehlivosti typu HRA byly

v roce 1975. V tomto roce byl vydán dokument WASH 1400, což byla analýza bezpečnosti nukleárního reaktoru. V této analýze byl posuzován i příspěvek člověka.

3.2.1 Metody první generace

U metod první generace se daný úkol rozebral na malé části a u těchto částí se hodnotil dopad jednotlivých faktorů (konstrukce zařízení, čas vyměřený na úkol) na daný úkol. Kombinací těchto faktorů byla stanovena pravděpodobnost lidské chyby. Nejvýznamnějším zástupcem metod první generace je metoda THERP (Technique for Human Error Rate Prediction) [14].

U této generace metod se lidské jednání posuzovalo jako hardware (spolehlivost stroje). Zásah člověka byl, obdobně jako u hardwaru, posuzován na základě binární logiky, při daném úkolu se pouze zkoumalo jeho dosažení nebo opak (úspěch – neúspěch).

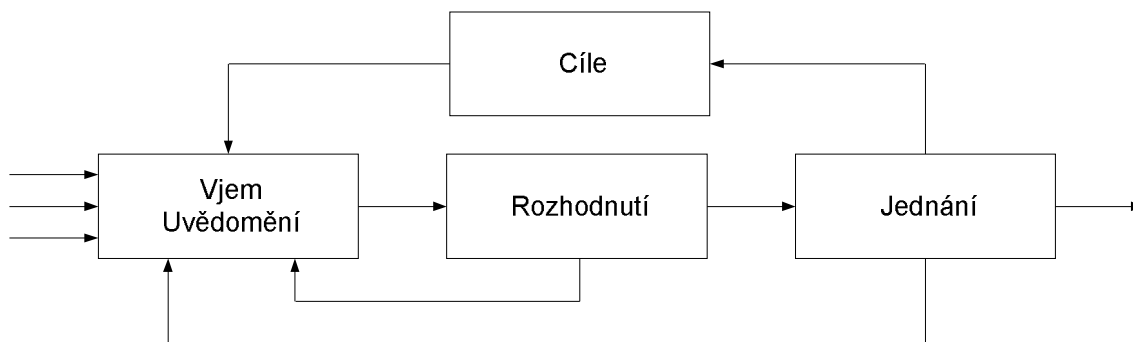


Obr. 2 – Model zpracování informace – HRA první generace
(převzato, přeloženo, upraveno z [15])

3.2.2 Metody druhé generace

Metody druhé generace začaly vznikat v devadesátých letech dvacátého století a jejich vývoj stále pokračuje, jak popisuje literatura [14]. Tyto metody se vyznačují tím, že místo termínu „lidská chyba“ zavádí termín „událost lidského selhání“ (HFE – Human Failure Event). Jako HFE bývá označována událost, která má za následek selhání určité funkce procesu, přičemž se na této funkci nějakým způsobem podílel člověk. Na rozdíl od metod první generace, kdy byl člověk „považován za hardware“, jsou metody druhé generace více zaměřeny na samotného operátora (obsahu stroje), jeho osobnost a hlavně na příčiny selhání operátora.

V literatuře [14] je dále vysvětleno, že, i přes dotazování se podrobnějšími otázkami, většinou nepřináší metody druhé generace lepší odpovědi, než metody první generaci. Veliký přínos však spočívá ve zmíněném detailnějším dotazování, což může vést ke zpřesnění výsledků metody. V souvislosti s druhou generací metod bývají nejčastěji uváděny metody ATHEANA, CREAM, MERMOS, CESA a CAHR, jak je uvedeno v literatuře [14].



Obr. 3 – Model zpracování informace – HRA druhé generace
(převzato, přeloženo, upraveno z [15])

3.3 ROZDĚLENÍ METOD HRA

Dělení metod HRA může být několik. V literatuře [16] vysvětluje Anthony Spurgin, že dělení metod HRA není striktně dáno. Metody jsou zde rozčleněny podle „charakteristik“, které dominují způsobu posuzování do tří základních skupin:

- **metody související s úkolem** – dominantním faktorem k předpovídání pravděpodobnosti lidské chyby jsou záležitosti související s úkolem, jedná se například o metody THERP (Swain, Guttman), HEART (Williams), NARA (Kirwam et al),
- **metody související s časem** – zásadním faktorem k předpovídání pravděpodobnosti lidské chyby jsou záležitosti související s časem na daný úkol, jedná se například o metody ORE/HCR TRCs (Spurgin et al), HCR (Hannaman et al), TRC (Swain),
- **metody související s kontextem** – zde posuzuje se kontext vykonané akce ve vztahu k úkolu CREAM (Hollnagel), ATHEANA (Cooper et al), SLIM (Embrey et al).

V literatuře [17] autor metody HRA rozděluje podle dominantních charakteristik na:

- **metody dle úrovně rozlišení** – detailní nebo celistvý přístup k činnostem člověka (záleží, jak detailně jsou rozlišeny činnosti člověka na jednotlivé úkoly),
- **metody související rozhodováním** – hodnocení vlivu konání člověka a jeho rozhodování na mechanismus chyby,
- **metody související s časem** – posuzují se lidské chyby, které mohou vzniknout na základě vyměřeného času na daný úkol,
- **metody související s kontextem** – posuzuje se kontext vykonané akce ve vztahu k úkolu,
- **metody související s typem vstupních dat pro metodu** – rozlišují se metody s historicky či simultánně získanými vstupními daty a metody se vstupními daty získanými expertními odhady.

Autor zde dokonce, svým dělením metod, potvrzuje fakt, že je možné tutéž metodu zahrnout do více skupin.

Zcela odlišné dělení je uvedeno v literatuře [18], kde metody HRA autor dělí podle přístupu, eventuálně zaměření, a to na:

- **systematické přístupy** – jedná se například o metodu THERP, která poskytuje seznam chybových stavů. Nevýhodou této metody je, že rozsah seznamu chybových stavů závisí na rozsahu znalostí analytika (člověk provádějící posuzování spolehlivosti), který, na základě znalosti procesu, vysvětluje a vytváří možné chybové stavy,
- **psychologicky založené přístupy** – jedná se zejména o nástroje zabývající se příčinami vzniku chyb, eventuálně mechanismy chyb. Hlavním zástupcem této skupiny je metoda SHERPA.,
- **poznávací přístupy** – v případě této metody se snažíme rozpoznat jednotlivé aspekty výkonnosti, jedná se např. o metodu CREAM,
- **spolehlivostně orientované metody** – jedná se o nejobsáhlejší skupinu přístupů, které se věnují spolehlivosti rozhraní člověk-stroj. Tyto metody jsou založeny na kombinaci více souvislostí, které mohou vést k chybě, a následně odhadujeme vliv těchto souvislostí na celkovou bezpečnost. Mezi nejpoužívanější metody tohoto přístupu patří například metody HAZOP, FMEA, ATHEANA, TESEO.

Domnívám se, že toto dělení však není zcela správné. Jednak se jedná o zcela specifické rozdělení, které nebylo nalezeno v žádné další literatuře, navíc autor mezi metody HRA zařadil i metody HAZOP a FMEA, které bývají označovány za pomocné metody pro metodiku HRA a nepatří tedy přímo mezi metody HRA.

4 NEJČASTĚJI POUŽÍVANÉ METODY HRA

4.1 METODY ZVOLENÉ K ROZBORU

Vzhledem ke značnému množství metod používaných k hodnocení spolehlivosti lidského činitele je nutno zvolit k rozboru ty nejužívanější. Aby byly zvoleny nejčastěji používané metody, bylo nutno získat informace o používaných metodách z více zdrojů literatury.

V literatuře [14] je uvedeno, že hlavním zástupcem metod první generace je metoda THERP. Mezi nejčastěji citované metody z oblasti metod druhé generace patří metody:

- ATHEANA,
- CREAM,
- MERMOS,
- CESA,
- CAHR.

Oproti tomuto, v literatuře [16] uvádí autor metody:

- THERP,
- Cause-Based Decision Tree,
- HEART,
- NARA,
- SPAR-H,
- HCR,
- TRC,
- ORE/HRC TRC's,
- CREAM,
- Holistic Decision Tree,
- ATHEANA,
- CREAM II,
- MERMOS,
- SLIM.

V literatuře [17] jsou zmiňovány metody:

- Holistic expert judgement,
- OAT,
- THERP,
- ATHEANA,
- CM,
- SHARP,
- HCR,
- CREAM,
- HRA-tree,
- SLIM,
- ASEP-TRC,
- ORE.

Nejobsáhlejší výčet používaných metod HRA obsahuje literatura [19]. V této literatuře je uvedeno 35 metod. Jejich celý výčet by bylo zbytečné uvádět, nicméně, tato literatura opět zmiňuje metody:

- ATHEANA,
- CAHR,
- CESA,
- CREAM,
- HCR,
- HEART,
- MERMOS,
- NARA,
- SHARP,
- SPAR-H,
- THERP.

Z uvedených informací je tedy patrné, že mezi metody, které jsou v odborných kruzích zmiňovány nejčastěji, patří metody ATHEANA a CREAM. Mezi další, čteněji uváděné metody patří např. THERP, SHARP, HEART. Kromě těchto nejčtenějších metod budou v práci popsány i některé další metody, rozebrány budou metody TESEO, HTA-PHEA, MIPS.

4.2 METODA ATHEANA

4.2.1 Obecně o metodě ATHEANA

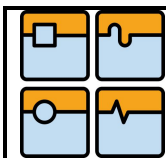
Jak je uvedeno v literatuře [20], ATHEANA, neboli Technika analýzy lidských chyb (A Technique For Human Error Analysis) je důkladná analýza kontextu a rozhodování, poskytující podrobné znalosti o možnostech chybného lidského rozhodování. Události jednotlivých lidských selhání (HFE) jsou zde zjišťovány na základě zohlednění scénáře nehody. Události lidských selhání jsou charakterizovány nebezpečnými zásahy, nebo naopak zanedbáním zásahu, které vedou ke zhoršení funkce daného systému.

Tato metoda si našla uplatnění zejména v oblasti jaderné energetiky, jedná se o jednu z metod HRA druhé generace.

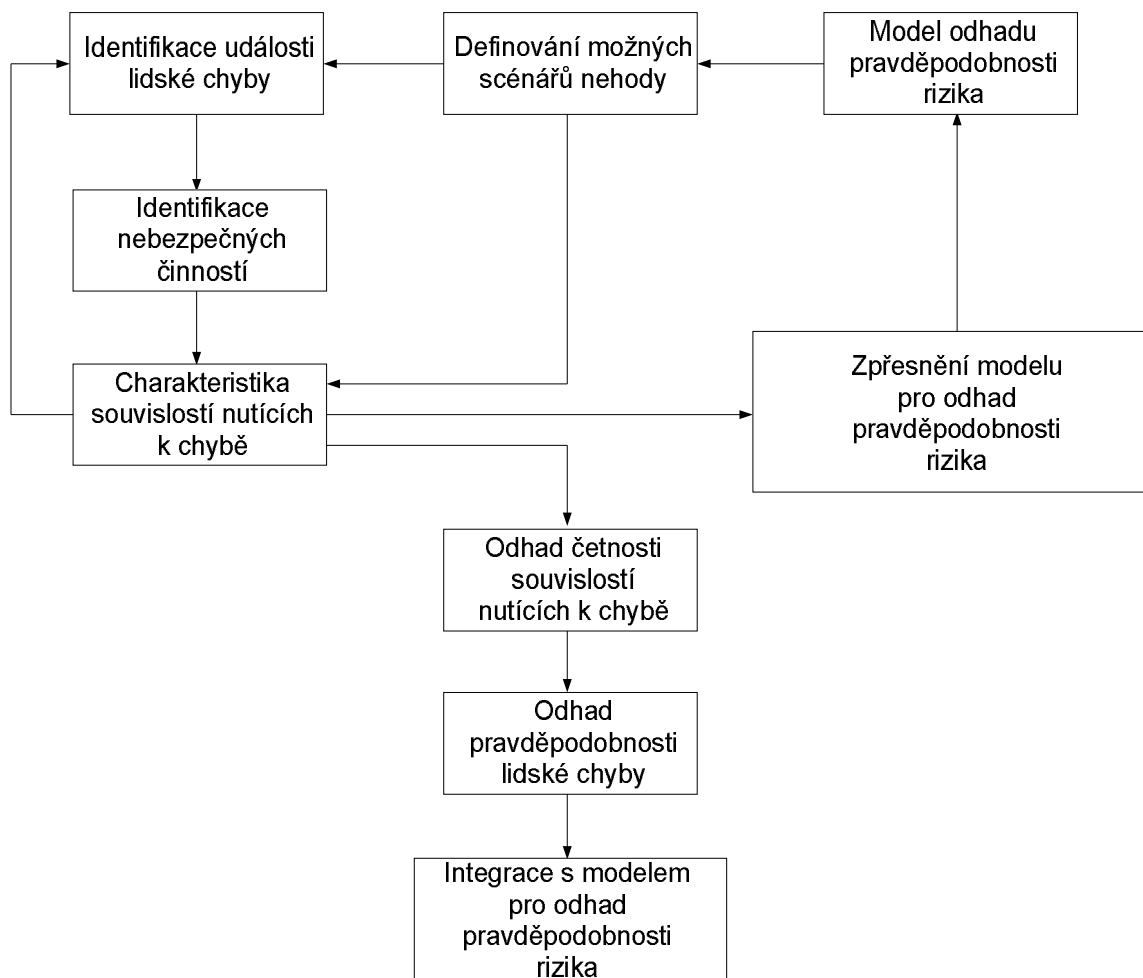
4.2.2 Postup metody ATHEANA

ATHEANA je založena na zkoumání vlivu kontextu (kombinace více faktorů – provozní podmínky, lidské faktory, apod.) na lidské chování a celkovou bezpečnost systému, což vede k následujícím krokům metody [18]:

1. **identifikace sledu událostí** – zkoumáme události, v průběhu kterých by mohlo dojít k ohrožení provozní bezpečnosti obsluhou,
2. **identifikace kombinací okolností a slabých míst** – v tomto případě se zabýváme rozhraním člověk-stroj, může se jednat například o ergonomické vlivy a okolnosti dané prostředím,
3. **odhad pravděpodobnosti kombinací v bodu 3** – na základě znalosti prostředí odhadujeme pravděpodobnost nebezpečné kombinace v rozhraní člověk-stroj,
4. **odhad pravděpodobnosti pochybení obsluhy** – zkoumáme činnost obsluhy při vykonávání činností, které vykazují zvýšenou pravděpodobnost nenadálé události,



5. propojení vlivů – zabýváme se propojením vlivů nevhodných činností vykonaných obsluhou, které zanášíme do logického modelu a následně kvantifikujeme.



Obr. 3 – Blokové schéma metody ATHEANA (převzato a upraveno [18])

4.3 METODA TESEO

4.3.1 Obecně o metodě TESEO

Metoda TESEO se odlišuje od všech ostatních metod na zkoumání spolehlivosti lidského činitele. Obrovská výhoda této metody spočívá v její jednoduchosti. Samotná podstata metody spočívá v hodnocení spolehlivosti lidského činitele pomocí pěti klíčových faktorů. Jedná se o faktory, které byly stanoveny jako nejzásadnější z hlediska možného ovlivnění pravděpodobnosti lidské chyby. Jednotlivé faktory lze charakterizovat následovně [21]:

- **faktor typu činnosti** – K_1 – jedná se o faktor zohledňující typ vykonávané činnosti,
- **stresový faktor** – K_2 – uvažujeme čas, který je k dispozici k provedení dané aktivity, lze provést rozdělení na stresový faktor běžných činností a stresový faktor mimořádných činností,

- **faktor operátorových kvalit** – K_3 – tento faktor zohledňuje samotného operátora a jeho schopnosti,
- **faktor psychického stavu personálu** – K_4 – v tomto faktoru zohledňujeme vliv úzkosti a stresu na operátora,
- **ergonomický faktor** – K_5 – jedná se o zohlednění pracovních podmínek.

Výsledná pravděpodobnost zpracovaná metodou TESEO se získá vynásobením jednotlivých faktorů:

$$P(HEP) = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \quad (3)$$

Numerické hodnoty faktorů $K_1, \dots, K_5$ lze získat z tabulky 3. V případě, že by výsledný součin všech pěti faktorů dosáhl hodnoty větší než 1, je stanoveno, že pravděpodobnost lidské chyby se uvažuje rovna jedné [21].

Oproti výše uvedené výhodě je nutno uvést i nevýhodu této metody. Jedná se o nemožnost dostatečně ověřit konkrétní numerické hodnoty jednotlivých uvážených faktorů. Navíc, zmiňovaná jednoduchost může být, svým způsobem, považována nejen jako výhoda, ale opačně i jako nevýhoda.

Faktor	Kategorie	Kvantitativní charakteristika		Hodnota K _i
K ₁	Typ činnosti	Jednoduchá, rutinní		0,001
		Vyžaduje pozornost, rutinní		0,01
		Neobvyklá		0,1
K ₂	Přechodový stresový faktor pro běžné činnosti	Doba pohotovosti (s)	2	10
			10	1
			20	0,5
	Přechodový stresový faktor pro mimořádné činnosti		3	10
			30	1
			45	0,3
			60	0,1
K ₃	Kvality operátora	Dobře vybraný, expert, školený		0,5
		Průměrné znalosti a školení		1
K ₄	Vliv úzkosti a stresu	Závažná nepředvídaná situace		3
		Nepředvídaná situace		2
		Normální stav		1
K ₅	Vliv ergonomie	Vynikající mikroklima i koordinovanost s provozem		0,7
		Dobré mikroklima, dobrá koordinovanost s provozem		1
		Slabé mikroklima, slabá koordinovanost s provozem		3
		Slabé mikroklima, chabá koordinovanost s provozem		7
		Špatné mikroklima, chabá koordinovanost s provozem		10

Tab. 3 – Pravděpodobnostní parametry selhání operátora pro metodu TESEO [12]

4.4 METODA CREAM

4.4.1 Obecně o metodě CREAM

V úvodním rozdělení byla tato metoda zahrnuta do skupiny poznávacích přístupů, ale rovněž umožňuje i spolehlivostní prognózu, proto je uvedena i ve spolehlivostních metodách.

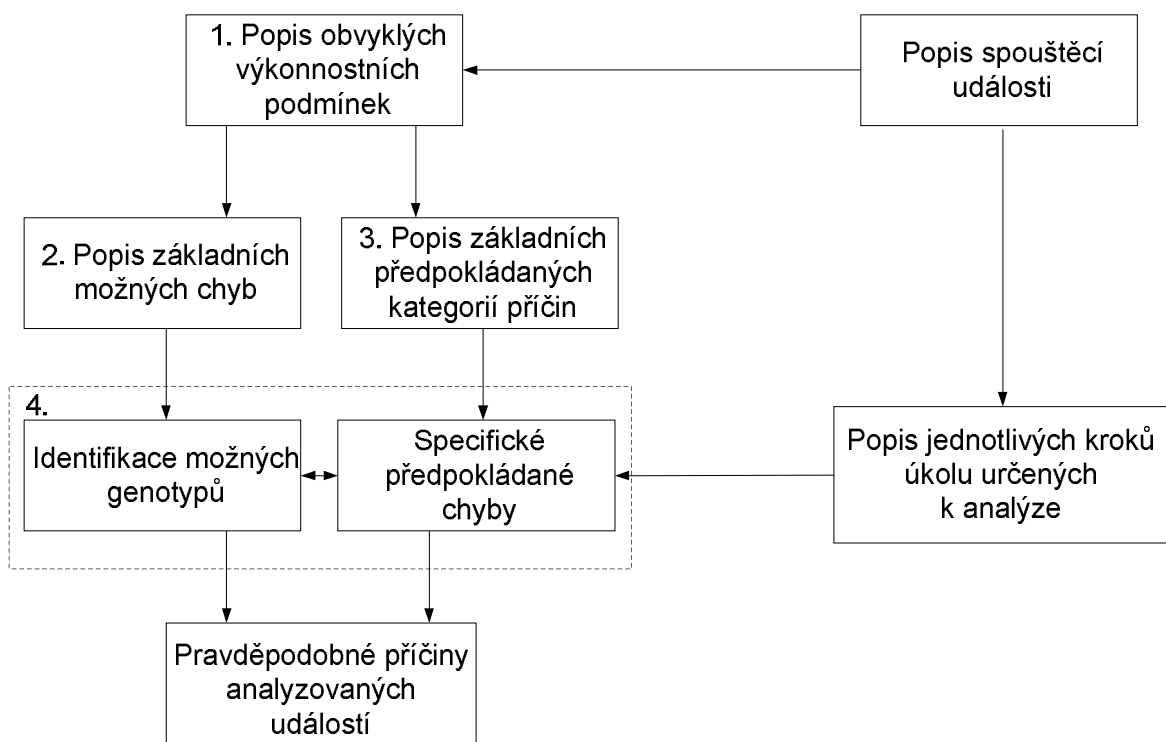
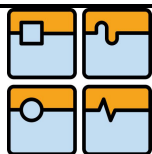
V literatuře [18] je uvedeno, že metodu CREAM lze použít dvěma základními způsoby:

- zpětná analýza,
- spolehlivostní prognóza.

4.4.2 Zpětná analýza

Cílem zpětné analýzy je odpovědět na otázku: „*Proč se tohle stalo zrovna takovýmto způsobem?*“. K provedení samotné analýzy vede několik kroků, které jsou zaneseny do obrázku 4, jedná se o kroky:

1. **určit nebo popsat souvislosti** – provádíme detailní analýzu faktorů aplikace, které nebývají uvažovány v souvislosti s použitím obvyklých výkonnostních podmínek, viz tabulka 4,
2. **popsat základní možné chyby** – v tomto kroku je nutno popsat všechny akce, které mohou nastat s tím vytvořit seznam možných chyb a podmínek k jejich realizaci,
3. **popsat základní předpokládané příčiny** – tímto krokem omezíme rozsah zkoumání pravděpodobných příčin, stanovíme kategorie příčin a pravděpodobnost jejich výskytu,
4. **provést detailnější analýzu** – provádíme detailnější analýzu hlavních kroků, končíme v případě, že jsou splněny následující podmínky:
 - je nalezena specifická příčina,
 - není nalezena základní příčina pro zkoumaný důsledek,
 - není nalezen základní důsledek pro zkoumanou základní příčinu. [18]



Obr. 4 – Blokové schéma pro metodu zpětné analýzy (převzato a upraveno [18])

Výkonnostní podmínka	Hodnota podmínky	Očekávaný efekt na spolehlivost výkonu
Organizace	Velmi dobrá	zlepšení
	Dobrá	nepodstatný
	Špatná, velmi špatná	snížení
Pracovní podmínky	Příznivé	zlepšení
	Kompatibilní	nepodstatný
	Nekompatibilní	snížení
Počet úkolů probíhajících současně	Nižší než je kapacita	zlepšení
	Dosahující kapacity	nepodstatný
	Vyšší než je kapacita	snížení
Dostupný čas	Dostatečný	zlepšení
	Dočasně nedostatečný	nepodstatný
	Stále nedostatečný	snížení
Postačitelnost tréninku a zkušeností	Dostatečný, vysoká	zlepšení
	Dostatečný	nepodstatný
	Nedostatečný	snížení
Dostupnost plánů	Vhodná dostupnost	zlepšení
	Akceptovatelná	nepodstatný
	nehodná	snížení

Tab. 4 – Příklad výkonnostních podmínek a efektu na spolehlivost výkonu (převzato a upraveno [18])

4.4.3 Spolehlivostní prognóza

Dle literatury [18] lze spolehlivostní prognózu rozdělit na šest základních kroků, kterými jsou:

- **aplikační analýza** – první fází spolehlivostní prognózy je analýza aplikace a situace, což může vést k úkolové analýze, kde analyzujeme i kognitivní vlastnosti,
- **popis souvislosti** – provádíme obdobně jako u zpětné analýzy – popisujeme kontext a hlavní podmínky výkonu, tzv. CPC – common performance condition. Současně by měly být vybrány pravděpodobné chybové módy a pravděpodobné příčiny.,
- **specifikace počáteční události** – počáteční (iniciační) událost lze odvodit z výstupu úkolové analýzy v rámci prvního kroku. Výstupem z tohoto kroku je několik počátečních událostí, pro které by měla být provedena prognóza výkonnosti,
- **kvalitativní prognóza výkonnosti** – zde používáme klasifikační schémata sloužící pro popis očekávaného vývoje počáteční události. Cílem je vytvoření stromu událostí (nebo i několika).,
- **určení kroků pro analýzu** – identifikujeme kroky událostí, které je nutno dále detailněji analyzovat,
- **kvantitativní prognóza výkonnosti** – cílem tohoto kroku je získat pravděpodobnost výskytu specifické chyby [14], [18].

Literatura [14] uvádí, že metoda je založena hlavně na vytvoření tabulek podle tzv. třídícího schématu, kde chybové módy popisujeme ve vztahu předchůdce – stávající chybový mód – následník. Tímto je možno vytvořit celý řetězec nejpravděpodobnějších vlivů podílejících se na uvažovaném chybovém módu.

4.5 METODA SHARP

4.5.1 Postup metody SHARP

Dle literatury [22] byla tato metoda vytvořena v roce 1985. Metoda SHARP, neboli Systematic Human Action Reliability Procedure se sestává z hlavních sedmi kroků [22]:

1. **Identifikace** – cílem prvního kroku je zjistit, zda v rámci činnosti došlo k analýze všech potřebných zásahů člověka,
2. **Screening** – identifikujeme zásahy, které jsou důležité pro spolehlivý a bezpečný provoz zařízení,
3. **Kvalitativní analýza** – vytvoříme detailní popis lidských zásahů a hledáme klíčové faktory, které mohou ovlivňovat spolehlivost personálu,
4. **Reprezentace** – vytvoříme formální modely lidských zásahů, které byly identifikovány jako důležité. Tímto krokem usnadníme popis zásahů, jejich analýzu a hladně kvantifikaci pravděpodobností jejich selhání.,
5. **Integrace** – lidské zásahy, které byly identifikovány jako důležité, integrujeme do spolehlivostního modelu. Je možné, že po tomto kroku bude nutné některé předchozí kroky opakovat.,
6. **Kvantifikace** – provedeme kvantitativní analýzu, nalezneme pravděpodobnosti selhání obsluhy v jednotlivých konkrétních situacích. Nalezené pravděpodobnosti můžeme využít ke kvantifikaci spolehlivostního modelu celé technologie, ale i k přímému popisu spolehlivosti obsluhy a následně k formulaci doporučení pro zvýšení spolehlivosti obsluhy.,

7. **Dokumentace** – do závěrečné písemné formy zpracujeme postupy použité během metody, informace, které jsme získali a závěry, které jsme učinili na základě získaných informací.

4.5.2 Rozbor postupu metody SHARP

Literatura [22] uvádí, že novější generace metod HRA užívají přístup k jednotlivým bodům z pracovního rámce převzatého z metody SHARP:

- ad 1. Identifikace** lidských zásahů probíhá na základě analýzy provozu stroje (zařízení) a opakovaného užívání logicko-pravděpodobnostních modelů systémů technologie, které jsou významné z pohledu bezpečnosti.
- ad 3. Kvalitativní analýza** uvažuje základní typy lidských selhání A, I, C. V případě selhání typu A se jedná o pochybení údržby, ke kterému došlo před havárií, s latentním efektem. Selhání typu I obsahuje selhání v podobě závažného porušení pravidel daného provozu, kdy toto porušení vedlo ke vzniku mimořádného stavu. Poslední selhání, selhání typu C, zahrnuje nezvládnutí reakce na vznik mimořádného stavu.
- ad 5.** Pomocí teorie pravděpodobnosti integrujeme model potenciálu pro selhání jednotlivých činností do pravděpodobnostního modelu. Jednotlivé lidské činnosti zde mají povahu primárních událostí a navzájem spolu souvisejí.
- ad 6.** V kroku **kvantifikace** se snažíme ke každému prvku pravděpodobnostního hodnocení spolehlivosti (PSA) vyjádřit číselné hodnocení. V tomto kroku také odhadujeme HEP, nebo-li pravděpodobnost lidské chyby. Jednotlivé HEP jsou založeny na generických datech, která jsou vytvořena na základě statistik.

4.6 METODA THERP

4.6.1 Obecně o metodě THERP

V literatuře [22] je uvedeno, že tato metoda vznikla v roce 1982. THERP, neboli Technique for Human Error Rate Prediction, vznikl jako manuál, obecný přístup k víc složkám analýzy a stále se užívá. Obrovskou výhodou metody je databáze spolehlivostních ukazatelů a ohromné množství praktických zkušeností s touto metodou. Nevýhodou však je, že THERP v současné době nedokáže pokrýt požadavky současného konceptu HRA.

4.6.2 Postup metody THERP

Dle literatury [18] jsou hlavní kroky kvantifikačního procesu metody následující:

1. **rozdělení úkolu** – v první fázi je nutno zadaný úkol rozčlenit na jednotlivé složky či fáze. V případě, že se jedná o úkol vykonávaný více zaměstnanci na více místech, je každá činnost jednoho zaměstnance považována za jeden úkol.,
2. **přiřazení hodnot HEP** – jednotlivým složkám, které jsme vytvořili v první fázi, přiřadíme konkrétní hodnoty HEP, tento krok se provádí s použitím příslušných tabulek a podpůrné dokumentace,
3. **stanovení vlivu PSF** – u jednotlivých elementů stanovíme míru vlivu faktorů ovlivňujících lidskou spolehlivost, tzv. PSF. Jedná se o kvalitativní analýzu problému.,
4. **výpočet závislosti** – vypočteme závislost mezi jednotlivými složkami. Jedná se o velice důležitý krok, případná chyba v tomto kroku může mít za následek chybně určenou celkovou přesnost HEP.,

5. **modelování stromu událostí** – modelujeme strom událostí pro možnost analýzy lidské spolehlivosti,
6. **výpočet celkové HEP složky** – v tomto kroku vypočteme výslednou složku pravděpodobnosti lidské chyby HEP.

4.7 METODA HEART

4.7.1 Obecně o metodě HEART

Metoda HEART, neboli Posuzování lidských chyb a jejich omezení (Human Error Assessment and Reduction Technique), patří podle literatury [23] mezi pokročilejší metody hodnocení spolehlivosti lidského činitele. Jejím základem je zjištění všech faktorů ovlivňujících spolehlivost lidského činitele a následně jejich kvantitativní vyhodnocení. Metoda se spíše hodí pro úkoly typu „uvedení systému XY do chodu“, než pro jednoduché úkoly typu „zacházení se zařízením XY“. Tato metoda byla vyvíjena a modifikována a pod názvem CARA je používána v řízení letového provozu, jak uvádí literatura [20].

4.7.2 Postup metody HEART

1. **Rozdělení úkolů** – nejdříve posuzovanou činnost rozdělíme na jednotlivé kroky/úkoly.
2. **Přiřazení hodnot HEP** – k jednotlivým úkolům, na které jsme činnost rozdělili v prvním kroku, přiřadíme konkrétní hodnoty pravděpodobnosti HEP, které volíme pomocí porovnávání daného úkolu se seznamem, který obsahuje 8 genericky vymezených úkolů, pro něž je stanovena pravděpodobnost HEP [20].
3. **Modifikace pravděpodobnosti HEP** – pomocí klasifikace pro faktory PSF, ze seznamu 38 faktorů PSF, modifikujeme pravděpodobnosti [20].

4.7.3 Výhody a nevýhody metody HEART

Jedná se o poměrně snadno zvládnutelnou metodu, ve které faktory PSF vychází z empirických studií. Nevýhodou však je, že není vhodná pro odhad spolehlivosti lidských zásahů, pokud požadujeme vysokou přesnost při posouzení, jak popisuje literatura [20].

4.8 METODA HTA-PHEA

4.8.1 Obecně o metodě HTA-PHEA

PHEA, neboli Analýza odhadu chybování lidského činitele (Predictive Human Error Analysis) je metoda, která byla vyvinuta v roce 1986 Davidem Embryem a původně byla určena pro použití v procesním průmyslu, jak je uvedeno v literatuře [24]. Tato metoda si našla využití v jaderných i konvenčních elektrárnách, v chemickém a petrochemickém průmyslu a v průmyslu těžby ropy. Metoda slouží hlavně k předpovědi a redukci potenciálních lidských chyb. Výhodou této metody je integrace kvantitativních hodnot v metodě samotné.

HTA je analýza úkolů (Hierarchical Task Analysis), která slouží k vytvoření vstupů pro samotnou analýzu PHEA.

4.8.2 Popis Analýzy úkolů – HTA (Hierarchical task analysis)

Podle literatury [24] je tato metoda používána zejména v evropském chemickém průmyslu. Slouží hlavně k výcvikům, při kterých analyzujeme interakce člověka se systémem.

Jedná se o systematickou metodu, která slouží k identifikaci cílů, kterých chceme v daném úkolu dosáhnout. Hlavními vstupy pro analýzu úkolů pomocí HTA jsou:

- **seznam úkolů** – prvním vstupem je seznam úkolů, které jsou potřebné k dosažení systémové bezpečnosti a cílů výroby,
- **pracovní postupy** – dalším se vstupů jsou zavedené pracovní postupy, pokyny, může se dokonce jednat i o drobné neformální postupy, které využívá obsluha zařízení,
- **analytikem provedená pozorování** – je vhodné, aby daný úkol si analytik „vyzkoušel“ a tím zjistil, co obnáší provedení úkolu,
- **rozhovory s obsluhou** – jedná se o důležitý krok, zde je možné zvážit potenciální operační podmínky, které mohou být mimo zkušenost obsluhy.

Konečným výstupem z metody HTA je úkolový diagram a popis návrhů ve formě tabulky. Tato tabulka by měla obsahovat pracovní náplň dané operace, ale i její nedostatky a doporučení. Pomocí této metody lze systematicky identifikovat jednotlivé cíle, které musí být dosaženy, aby byl splněn daný úkol. Postupujeme systematicky, od definované činnosti, která má být splněna, přes jednotlivé úkoly, až po subúkoly vedoucí ke splnění nadřazeného úkolu.

Výstupem z této metody je tabulka „Popis návrhů“, v níž jsou vysvětleny jednotlivé úkoly a zjištěné nedostatky, a také úkolový diagram. Tyto výstupy mohou být nahrazeny kombinací výstupů z HTA a metody PHEA. V takovém případě výstup nazýváme souhrnně „Výstup z integrované metody HTA-PHEA“.

4.8.3 Posouzení chybování lidského činitele pomocí Analýzy odhadu chybování lidského činitele – PHEA (Predictive human error analysis)

Literatura [24] uvádí, že PHEA umožňuje realizovat proces, prostřednictvím něhož predikujeme konkrétní chyby lidského činitele, modelujeme typy těchto chyb a také zvažujeme, zda, a jakým způsobem, mohou být odhadnuté chyby eliminovány před tím, než se projeví negativní následky těchto chyb. Tato metoda je součástí komplexního metodického přístupu SHERPA. Metoda PHEA může být použita zcela samostatně, ale i ve spojení např. s metodou HTA. Vstupy pro tuto metodu jsou následující:

- **informace o struktuře úkolů a plánů** – jedná se o výstupy z metody HTA,
- **hodnocení vlivu faktorů ovlivňujících výkon a spolehlivost člověka** – jedná se o faktory ovlivňujících výkon a spolehlivost – PIF (Performance Influencing Factor).

Aplikaci metody PHEA lze shrnout do pěti základních systémových kroků, které jsou uvedeny v literatuře [24]:

1. **definování problému** – analytik musí identifikovat aspekty činností, u kterých interakce mezi člověkem a strojem má významný dopad na bezpečnost provozu daného systému a může dojít k potencionálnímu selhání této interakce. Uvažujeme zde chyby, ke kterým může během zmiňované interakce dojít. Podle literatury [24] existuje 5 relevantních chyb při interakci člověka a stroje:

- chyby při údržbě nebo testování systému, kdy dojde k ovlivnění provozuschopnosti systému,
- chyby obsluhy (operátora), které způsobí nehodu,
- činnosti obnovení, prostřednictvím nichž může obsluha průběh nehody ukončit,
- chyby obsluhy (operátora), které mohou průběh nehody zhoršit nebo prodloužit dobu nehody,
- činnosti obsluhy (operátora), které zprovozní dříve neprovozuschopný systém.,

2. **analýza subúkolu** – viz kapitola 4.8.2 Popis Analýzy úkolů – HTA (Hierarchical Task Analysis),

3. **analýza chyb lidského činitele** – analýzu chyb provádíme pomocí tabulky 5, která je rozčleněna podle šesti chybových módů a následně podle typů chyb, které představují konkrétní skupiny chyb lidského činitele při plnění zadaných úkolů. Jedná se o následující chybové módy a jejich označení [24]:

- A – chyby činností,
- C – chyby kontroly,
- R – chyby získávání informací,
- T – chyby sdělování nebo přenosu informací,
- S – chyby výběru,
- P – chyby plánování,

Přesnější dělení chyb je uvedeno v tabulce 5.

4. **analýza následků** – analyzujeme možné následky, které vznikly chybou lidského činitele,

5. **návrh opatření pro redukci chyb** – jedná se o poslední fázi, kde se snažíme vytvořit strategie na redukci chyb nebo jejich předcházení. V tomto kroku provádíme brainstorming, při němž se snažíme nalézt mechanismus, který může zabránit vzniku chyby nebo minimalizovat její následky.

Pokud je použita metoda PHEA ve spojení s HTA, zkoumají se jednotlivé úkoly, či subúkoly, následně se k nim identifikují relevantní chyby lidského činitele ze stanovené taxonomie (jak již bylo zmíněno, chyby jsou zde rozděleny do 6 chybových módů – viz tabulka 5). V případě modifikované metody PHEA je využíváno již předem definovanou databázi chyb. Jedná se o rozdíl mezi modifikovanou a původní verzí metody. Předdefinovaná databáze umožňuje systematický postup analýzy a umožní snáze identifikovat chyby, které by jinak nemusely být brány v potaz [24].

V případě nalezení potencionální chyby následuje vyhodnocení možných následků dané chyby, stanovuje se pravděpodobnost vzniku lidské chyby (HEP).

Chyby činností	
A1	Příliš krátká/dlouhá akce
A2	Špatně načasovaná akce
A3	Akce v opačném směru
A4	Příliš málo/mnoho akce
A5	Špatně uspořádaná akce (ve smyslu prostorového uspořádání)
A6	Správná akce na špatném objektu
A7	Špatná akce na správném objektu
A8	Akce opomenuta
A9	Akce nedokončena
A10	Špatná akce na špatném objektu
Chyby kontroly	
C1	Kontrola opomenuta
C2	Nekompletní kontrola
C3	Správná kontrola na špatném objektu
C4	Špatná kontrola na správném objektu
C5	Kontrola špatně načasována
C6	Špatná kontrola na špatném objektu
Chyby získávání informací	
R1	Informace není obdržena
R2	Je získána špatná informace
R3	Nekompletní přenos informace
Chyby sdělování/přenosu informací	
T1	Informace není předána dále
T2	Je předána špatná informace
T3	Nekompletní přenos informace
Chyby výběru	
S1	Opomenutí výběru
S2	Provedení špatného výběru
Chyby plánování	
P1	Vykonán špatný plán v důsledku špatné diagnózy
P2	Diagnóza je správná, zvolen špatný postup k vykonání plánu

Tab. 5 – Taxonomie metody PHEA (převzato z literatury [24])

4.8.4 Odhad pravděpodobnosti vzniku lidské chyby – HEP

Pokud je cílem ohodnotit pravděpodobnost výskytu relevantních lidských chyb, ke kterým může během vykonávání jednotlivých činností dojít, provádíme tzv. odhad pravděpodobnosti vzniku lidských chyb (zkratka HEP – human error probability). V tomto případě se však nejedná o metodu PHEA, ale o rozšířenou metodu Q-PHEA, neboli kvantitativní část PHEA [24].

Literatura [24] dále uvádí, že i přes získání konkrétních numerických hodnot, pomocí kterých stanovíme pravděpodobnost, že daný pracovník chybu vykoná, je tato výsledná hodnota poměrně nejistá. Databáze HEP byla vytvořena na základě dat získaných z různých odvětví, ale je nutno je korigovat podle podmínek pracovního systému, který je posuzován. Měly by být zohledněny podmínky např. kvality výcviku obsluhy, ochranné bariéry, apod.

Další možností korekce HEP oproti běžné střední hodnotě je její zvýšení, či snížení. Tato korekce se provádí výběrem z následujících kategorií [24]:

- **nízká (L – low)** – vznik chyby se téměř nepředpokládá nebo nebyl doposud zaznamenán,

- **střední (M – medium)** – chyba se již vyskytla, ale nyní je její opakování limitováno úrovní zabezpečení,
- **vysoká (H – high)** – chyba se vyskytla více než jednou, vzhledem ke stávající úrovni zabezpečení musí být počítáno s jejím výskytem.

Analogicky ke vzorci (1) se HEP pro metodu PHEA počítá dle vzorce (3) [24]:

$$HEP = \frac{\text{počet sledovaných chybných úkonů}}{\text{počet celkových provedených úkonů}} \quad (3)$$

4.8.5 Analýza faktorů ovlivňujících výkon a spolehlivost – PIF

Poslední součástí analýzy je zohlednění vnějších faktorů, které mohou výrazně ovlivnit konání člověka a tím i jeho tendenci k vykonání chyby. V tomto ohledu posuzujeme, zejména, rozčlenění úkolů interakci rozhraní člověk-stroj nebo i vzájemný soulad jednotlivých pracovníků. Vše zmíněné se zahrnuje do tzv. faktorů ovlivňujících výkon a spolehlivost (PIF – Performance Influencing Factor), jak uvádí literatura [24].

Databáze PIF je rozdělena do 4 základních skupin:

- I – pracovní prostředí,
- II – charakteristika pracoviště a prováděného úkolu,
- III – organizační a sociální faktory,
- IV – charakteristika pracovníka (převzato z literatury [24]).

Do modifikované metody PHEA byla navíc zařazena kvalitativní proměnná „kritičnost PIF“, která zohledňuje fakt, že stejné vlivy PIF mohou mít v rozdílných situacích různé následky. Proto se pomocí zmíněné kvalifikace snažíme zohlednit zmíněné vlivy a získat tak jejich reálné působení na bezpečnost daného provozu [24]. Zmíněná kritičnost PIF je rozdělena do tří úrovní, které zohledňují, zda spolehlivost lidského činitele může být daným PIF [24]:

- zvýšena – zařazení do kategorie I (zlepšení – improve),
- neovlivněna – zařazení do kategorie N (normální stav – normal),
- snížena – zařazení do kategorie W (zhoršení – worse).

Pomocí PIF můžeme například zjistit, že nízká teplota na pracovišti může působit negativně na spolehlivost činnosti posuzovaného pracovníka nebo, že nedostatečné osvětlení má tentýž důsledek.

4.8.6 Výstup z metody HTA-PHEA, integrace metod HTA-PHEA

V samotném závěru metody se navrhuje nápravná opatření. Obecně lze říci, že spojením metod HTA a PHEA vznikne silný nástroj ke komplexnímu hodnocení spolehlivosti lidského činitele. Nespornou výhodou kombinace obou zmíněných metod je jejich možné použití pro jakýkoliv úkol [24].

Pomocí metody PHEA tedy mohou být analyzovány tři základní aspekty [24]:

- analýza předpokládaného plánu,
- analýza vloženého plánu,
- analýza prvků úkolu.

4.9 METODA IDENTIFIKACE PŘÍČIN SELHÁNÍ – MIPS

4.9.1 Obecně o metodě MIPS

MIPS, neboli Metoda Identifikace Příčin Selhání (Identification of failure causes) je určena, podle literatury [25], k vyšetřování příčin mimořádných událostí, u nichž lze předpokládat, že vznikly následkem selhání lidského činitele. Jedná se o relativně novou metodu, která vychází z detailní analýzy nejnovějších poznatků o faktorech, které ovlivňují výkon (PSF, PIF) a vlivu těchto faktorů na spolehlivost člověka v pracovním systému. Metoda MIPS byla vyvinuta Výzkumným ústavem m bezpečnosti práce, v.v.i. v rámci řešení projektu Ministerstva průmyslu a obchodu ČR „1H-PK/21: Metody a nástroje hodnocení a zvyšování spolehlivosti lidského činitele v provozu jaderných elektráren“.

4.9.2 Popis metody MIPS

Jak je vysvětleno v literatuře [25], Metoda identifikace příčin selhání byla vynalezena na základě požadavku rychlého nalezení možných příčin selhání obsluhy v náročných chemických provozech a jaderných elektrárnách. Pomocí metody nacházíme kritické procesní skupiny a k nim následně nacházíme nejpravděpodobnější příčiny selhání. Výhodou metody je, že k identifikovaným příčinám je dále možno určit i míru pravděpodobnosti, že se daná příčina skutečně podílela na selhání lidského činitele.

Metoda byla vytvořena na bázi modelu WPAM (Work Process Analysis Model), který je v současné době považován za zástupce nejmodernějších přístupů, které se používají v analýze pracovního procesu. MIPS ve své struktuře zahrnuje tyto prvky:

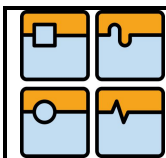
- **prvky úkolové analýzy** – např. pracovní toky,
- **prvky ergonomické analýzy** – např. pracovní prostředí,
- **prvky analýzy managementu a řízení**,
- **prvky obecné psychologie práce**.

Zahrnutím těchto prvků metoda umožňuje analýzu většiny faktorů, působících na zaměstnance, které zapříčiňují selhání lidského činitele [25].

Abychom mohli charakterizovat systém (prostředí a procesy), bylo pro účely této metody vytvořeno 64 tzv. SOF, neboli Spolehlivostních Organizačních Faktorů. SOF jsou jakousi obdobou PSF (či PIF) používaných u jiných metod. SOF jsou ukazatele charakterizující vliv části systému na daného pracovníka, který se mohl podílet na vzniku mimořádné události. SOF faktory jsou rozděleny do 11 skupin – viz tabulka 6.

k	Název skupiny	i
1	Výcvik	1 až 3
2	Povinnosti a úkoly	4 až 6
3	Rozhodování a řízení procesů	7 až 12
4	Ovládání a manipulace	13 až 18
5	Pracovní skupina	19 až 22
6	Dohled a dozor	23 až 28
7	Řízení a management	29 až 36
8	Osobnostní rysy	37 až 39
9	Rizikové faktory prostředí	40 až 51
10	Pracoviště	52 až 56
11	Stresory	57 až 64

Tab. 6 – Členění MIPS na skupiny „k“ SOF a pro „i“ pořadí SOF
(převzato a upraveno z literatury [25])

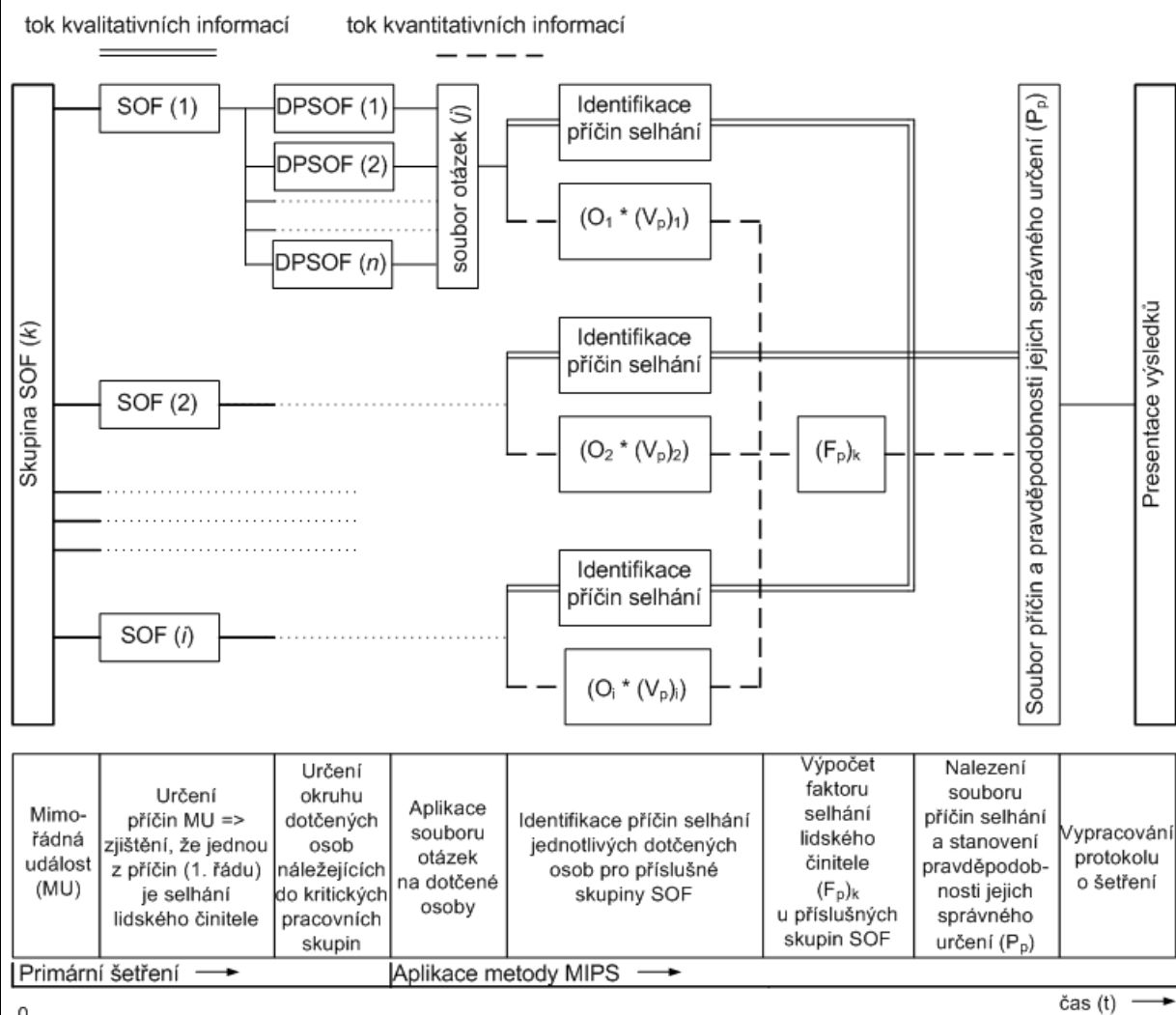


SOF obvykle charakterizují široký okruh vlivů, a proto jsou dále děleny na dílčí prvky (DPSOF). Počet těchto prvků se liší a je volen tak, aby umožnili k danému SOF formulaci souboru vyšetřovacích otázek. Zpracováním odpovědí, podle definovaného postupu, získáme kvalitativní i kvantitativní výstupy.

Metoda taktéž zohledňuje tzv. kritické profesní skupiny. Toto zohlednění vyplývá z důvodů rozdílné interakce jednotlivých SOF s profesními skupinami. Kritické profesní skupiny jsou ty, které, dle zkušeností z praxe, se nejčastěji podílejí na vzniku mimořádných událostí.

4.9.3 Postupové schéma metody MIPS

Metodu MIPS lze jednoduše zobrazit postupovým schématem uvedeným na obrázku 5. Jedná se o zobrazení jednotlivých částí metody, společně s navazujícími informačními toky. Uvedené schéma také obsahuje zobrazení časové souslednosti kroků a operací.



Obr. 5 – Postupové schéma metody MIPS pro skupinu (k) spolehlivostních organizačních faktorů aplikovaných na pracovní pozici (p) [25]

4.9.4 Charakter výstupů metody MIPS

Hlavními možnými výstupy z metody je, podle literatury [25] následující:

1. **určení profesních skupin osob, které se podílely největší měrou na vzniku mimořádné události,**
2. **určení oblasti systému, která je v podniku nedostatečně řešena a může negativně ovlivnit pracovníky,**
3. **identifikace pravděpodobné příčiny selhání posuzovaných osob,**
4. **určení faktoru selhání profesní skupiny,**
5. **stanovení míry správnosti určení skutečných příčin selhání konkrétních osob.**

4.9.5 Kvalitativní analýza metody MIPS

Pracovník dané profese, který měl vliv na vzniklou mimořádnou událost, je podroben pohovoru, který obnáší 245 otázek s možností odpovědi pouze ANO či NE. Každá z otázek by měla umožnit odhalení jedné příčiny možného selhání příslušného pracovníka.

K identifikaci možných příčin selhání slouží databáze předdefinovaných příčin, které byly navrženy na základě zkušeností z praxe. Celkem se jedná o 75 předdefinovaných příčin, jak je uvedeno v literatuře [25].

4.9.6 Kvantitativní analýza metody MIPS

Tato metoda umožňuje rovněž i kvantifikaci výstupů. Zpracování odpovědí na předchozí otázky lze získat jednak identifikaci možných příčin selhání osoby, ale i pravděpodobnost správného určení příčin selhání P_p , která se stanovuje pomocí faktoru selhání lidského činitele F_p [25].

4.10 ZÁVĚR K NEJČASTĚJI POUŽÍVANÝM METODÁM

4.10.1 Shrnutí výhod a nevýhod nejčastěji používaných metod HRA

Obecně lze říci, že hlavní nevýhodou metod první generace je přístup k posuzování spolehlivosti lidského činitele jako k hardwaru, kdy bylo uvažováno pouze splnění či nesplnění daného úkolu.

Metoda ATHEANA

Jak uvádí literatura [14], je tato metoda úzce orientována na posuzování provozů jaderných elektráren, což může být považováno za nevýhodu metody. Dále literatura uvádí, že některé části metody nejsou zcela jasné a nejsou stanoveny přesné kroky, kterým postupovat v rámci metody. I tohle lze považovat za nevýhodu metody. Oproti tomu lze za pozitivní považovat fakt, že metoda rozšiřuje THERP přístup o systematické hledání tzv. EOC – Chyby přidání (Error of commission). Dalšími výhodami je, že se metoda soustředí na nalezení odchylek od normálního provozního stavu a normálního průběhu operací a taktéž, že metoda vybízí k opakované aplikaci v několika opakovaných iteračních krocích [14].

Metoda TESEO

U této metody je vhodné zmínit, že její jednoduchost, kdy hodnocení spolehlivosti lidského činitele spočívá ve stanovení pěti faktorů, lze považovat jak za pozitivum – metoda je na základě tohoto jednoduchá, ale i za negativum – stanovení zmiňovaných faktorů se

nemusí jevit jako dostatečné. Další nevýhodou je, že není možné zpětně ověřit konkrétní numerické hodnoty jednotlivých uvážených faktorů [21].

Metoda CREAM

Jak popisuje literatura [14], metoda vytváří mnoho tabulek, které se kombinují a tím vytváří řetězec pravděpodobných skutečností, které se podílejí na uvažovaném módu chyby. Tento fakt sice, na jedné straně, umožňuje rozsáhlé pokrytí skutečností, které mohou mít vliv na daný chybový mód, ovšem, na druhé straně, se může jednat o poměrně náročnou činnost, kde může být prostor pro vznik nejasností a chyb. Metoda dále neuplatňuje striktní pravidla, která by stanovovala kombinaci zmiňovaných tabulek a nejsou v ní stanovena jasná pravidla a „mantinely“. Tohle může být hlavním nedostatkem metody.

Metoda SHARP

Jako jednoznačné pozitivum metody lze uvést, že i metody z novější generace HRA přebírají rámec přístupu k jednotlivým bodům uvedeným v kapitole 4.5.2 Rozbor postupu metody SHARP, jak uvádí literatura [22]. Lze tedy předpokládat, že se jedná o osvědčený přístup. Oproti zmíněné výhodě je v literatuře [19] uvedeno, že od osmdesátých let dvacátého století nejsou důkazy o užívání metody nebo jejím vývoji, či inovaci. Tento fakt je jednoznačná nevýhoda metody. Lze se domnívat, že vzhledem k nevyvíjení metody, nemusí být metoda schopna reflektovat stávající požadavky na spolehlivost lidského činitele.

Metoda THERP

Jak je zmíněno v kapitole 4.6.1 Obecně o metodě THERP, metoda obsahuje databázi spolehlivostních ukazatelů a je s ní spojeno velké množství praktických zkušeností, což je jednoznačným pozitivem metody. Nevýhodou, jak uvádí literatura [22] je, že metoda v současné době není schopna pokrýt stávající požadavky na kompletnost metodiky HRA.

Metoda HEART

Jak udává literatura [20], metoda HEART je poměrně snadno zvládnutelná, což je jedno pozitivum. Druhé pozitivum je, že faktory ovlivňující lidskou spolehlivost (PSF) vychází z empirických studií. Oproti výhodám je hlavní nevýhodou metody, že není vhodná pro odhadování spolehlivosti lidských zásahů v případě, že je cílem získat posouzení s vysokou přesností.

Metoda HTA-PHEA

Metoda HTA-PHEA slouží hlavně k predikci a redukci potenciálních lidských chyb, což samo o sobě lze považovat za výhodu. Další výhodou je integrace kvantitativních hodnot v metodě samotné. Pro samotnou PHEA analýzu slouží, jako jeden ze vstupů, úkolový diagram HTA. Další výhodou je předdefinovaná databáze chyb, díky níž lze systematicky postupovat analýzou a tím je umožněna snazší identifikace chyb, které by jinak nemusely být odhaleny. Jako výhodu lze uvést i skutečnost, že při kombinaci HTA-PHEA lze metodu použít pro jakýkoliv úkol.

Metoda MIPS

Jistou nevýhodou metody je, že byla vytvořena ke zpětnému vyšetřování příčin selhání lidského činitele a to primárně pro chemické provozy a jaderné elektrárny. Výhodou je rychlost použití metody a také, že umožňuje k identifikovaným příčinám určit i míru pravděpodobnosti, že uvažovaná příčina měla vliv na selhání lidského činitele. Další výhodou je, že metoda byla vytvořena na bázi modelu WPAM (Work Process Analysis Model), který je v současné době považován za zástupce nejmodernějších přístupů užívaných v analýze pracovního procesu, jak je zmíněno v kapitole 4.9.2 Popis metody MIPS.

4.10.2 Výběr metody pro hodnocení spolehlivosti lidského činitele

Pro hodnocení spolehlivosti lidského činitele byla zvolena metoda HTA-PHEA a to z několika důvodů:

- první, důvod je uveden v literatuře [23], kde je napsáno, že v ČR bývají nejčastěji pro kvantitativní hodnocení spolehlivosti lidského činitele užívány metody TESEO, HEART, PHEA,
- dalšími důvody pro zvolení zmiňované metody jsou zejména fakt, že metoda slouží hlavně k předpovědi a redukci potenciálních lidských chyb, což odpovídá situaci, protože stroj se nachází ve fázi výroby a montáže a stále nebyl uveden do provozu,
- výhodou, a i jedním z důvodů volby této metody, je integrace kvantitativních hodnot v metodě samotné,
- jako další důvod, respektive výhoda volby metody, je využití systematicky definovaných vstupů (v podobě úkolů a subúkolů) z metody HTA,
- jako poslední důvod lze uvést, že díky metodě zjistím nejen faktor ovlivňující spolehlivost lidského činitele, ale i jejich analýzu pomocí PIF.

5 HODNOCENÍ SPOLEHLIVOSTI LIDSKÉHO ČINITELE

5.1 ROBOTERM SPOL. S.R.O.

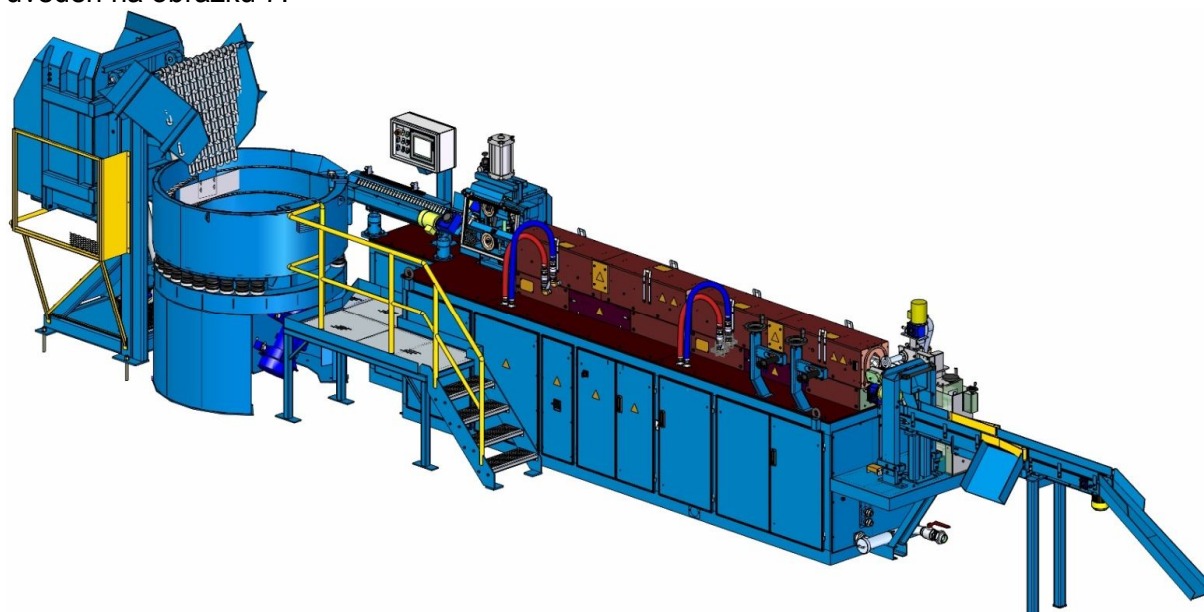
Společnost Robotem spol. s.r.o. vznikla v letech 1991 – 1992 privatizací státního podniku Robotem Chotěboř. Tato společnost se zabývá indukčními ohřevy, manipulační technikou a vývojem a výrobou diagnostického zařízení pro automobilové servisy a STK [26].



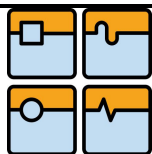
Obr. 6 – Roboterm spol. s.r.o. v Chotěboři [převzato z 27]

5.2 POSUZOVANÉ ZAŘÍZENÍ

Posuzované zařízení je indukční ohříváč KSO 1000/1,2-C25, jehož 3D model je uveden na obrázku 7.



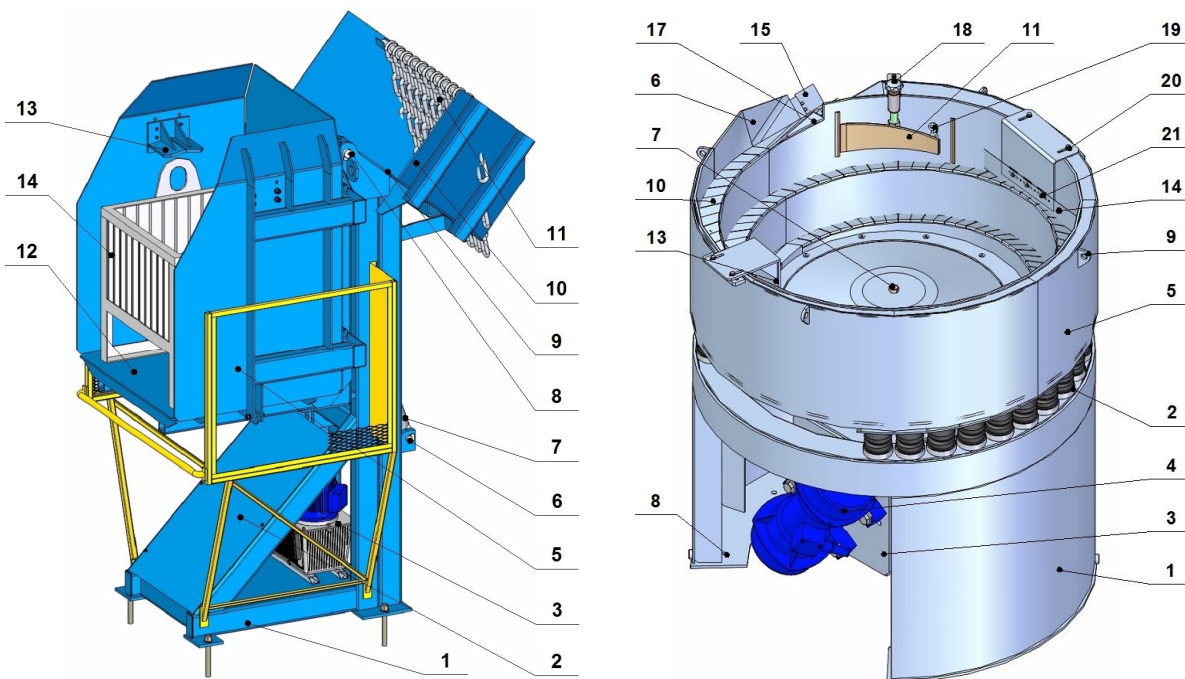
Obr. 7 – 3D model indukčního ohříváč KSO 1000/1,2-C25 [převzato z 28]



DIPLOMOVÁ PRÁCE

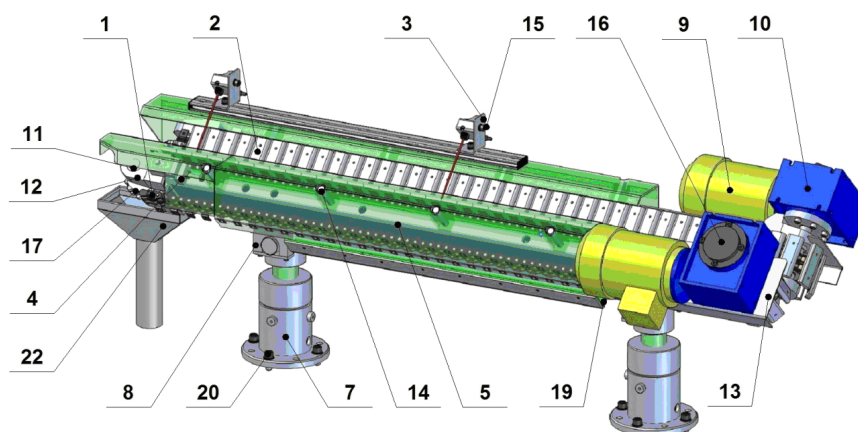
Indukční ohřívač KSO 1000/1,2-C25 se skládá z těchto hlavních částí:

- výklopník palet VP 2010 – viz obr. 8,
- vibrační zásobník VZ 1800S – viz obr. 9,

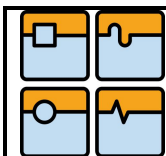


Obr. 8,9 – 3D model výklopníku palet VP 2010 [převzato z 28],
3D model vibračního zásobníku VZ 1800S [převzato z 28]

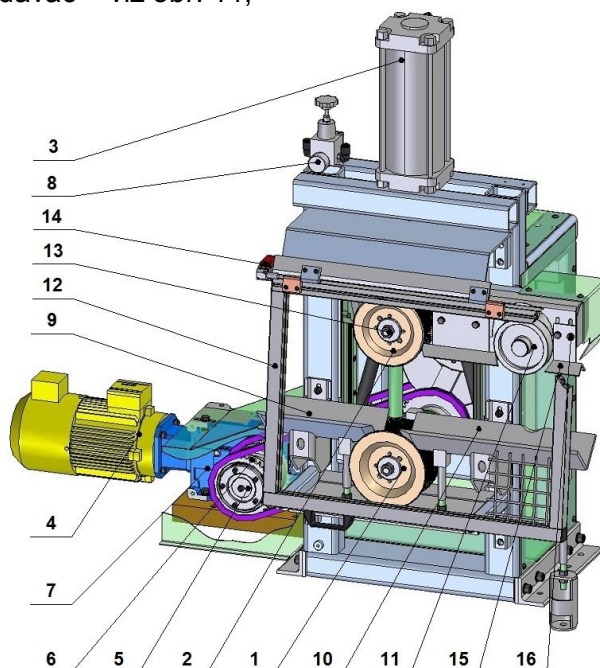
- vstupní dopravník – viz obr. 10,



Obr. 10 – 3D model vstupního dopravníku [převzato z 28]

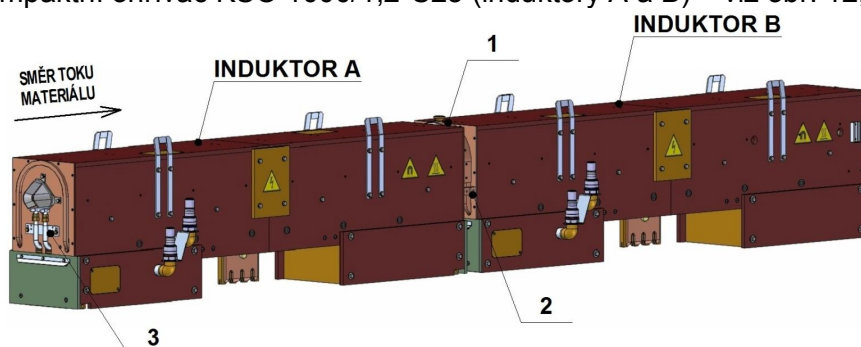


- kladkový podavač – viz obr. 11,



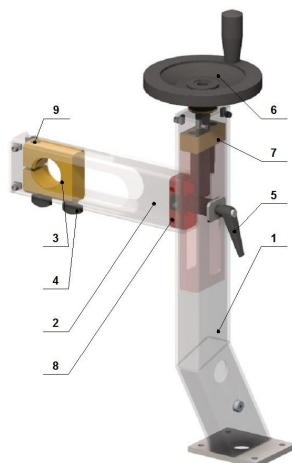
Obr. 11 – 3D model kladkového podavače [převzato z 28]

- kompaktní ohřívač KSO 1000/1,2-C25 (induktory A a B) – viz obr. 12,

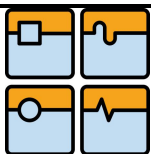


Obr. 12 – 3D model kompaktního ohřívače KSO 1000/1,2-C25 (induktory A a B) [převzato z 28]

- držáky pyrometrů – viz obr. 13,

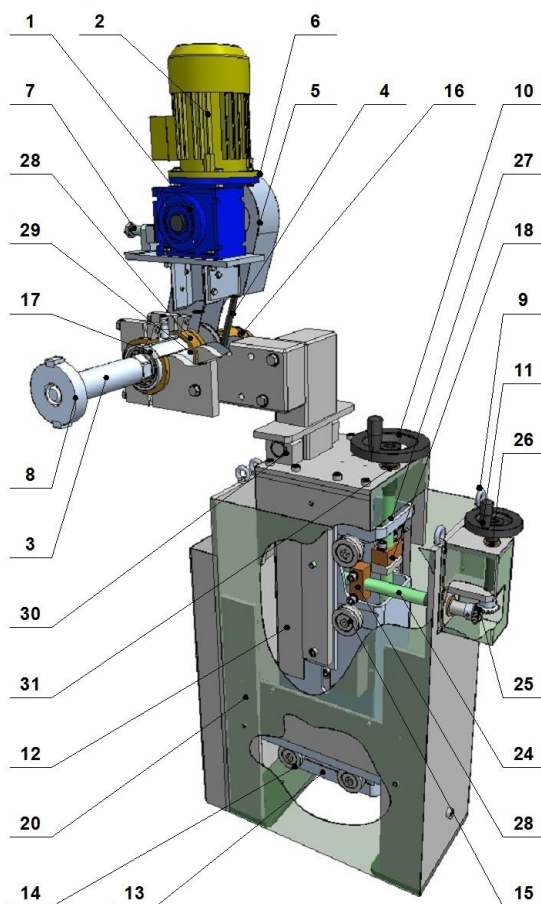


Obr. 13 – 3D model držáku pyrometrů [převzato z 28]



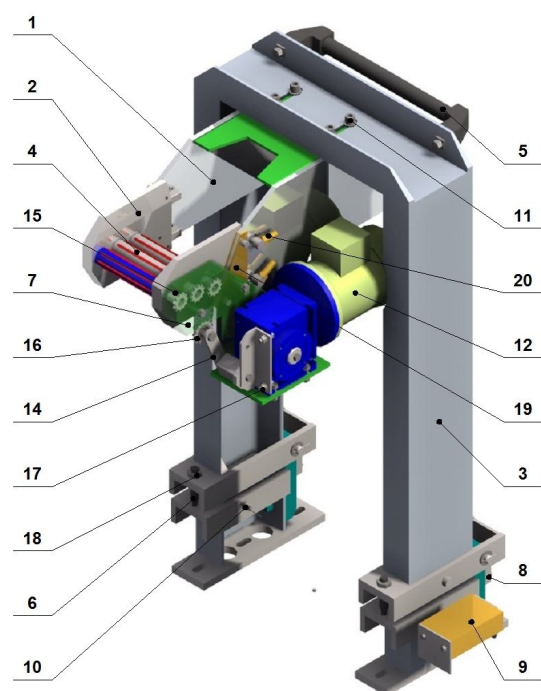
DIPLOMOVÁ PRÁCE

- oddělovací kladka – viz obr. 14,

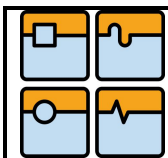


Obr. 14 – 3D model oddělovací kladky [převzato z 28]

- kladkový žlábek – viz obr. 15,

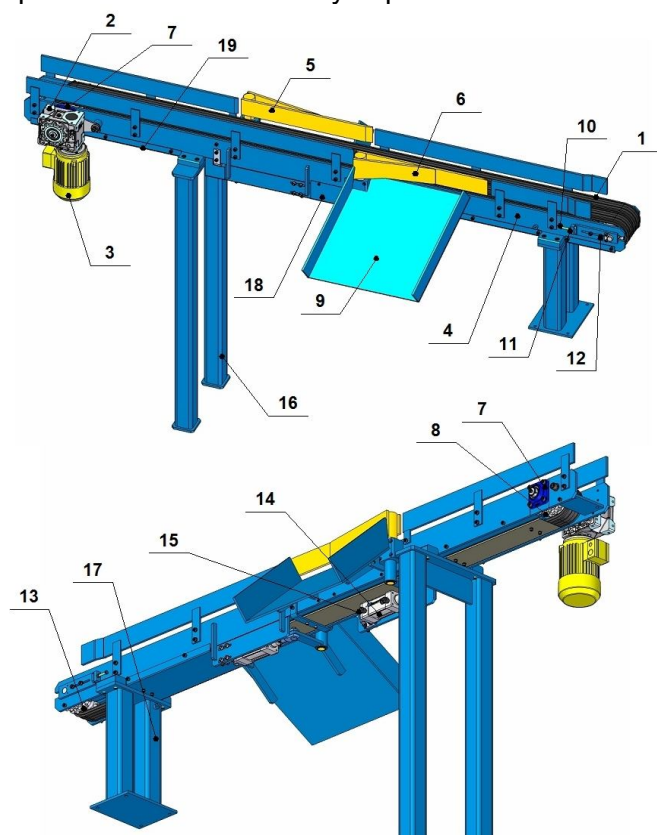


Obr. 15 – 3D model kladkového žlábků [převzato z 28]



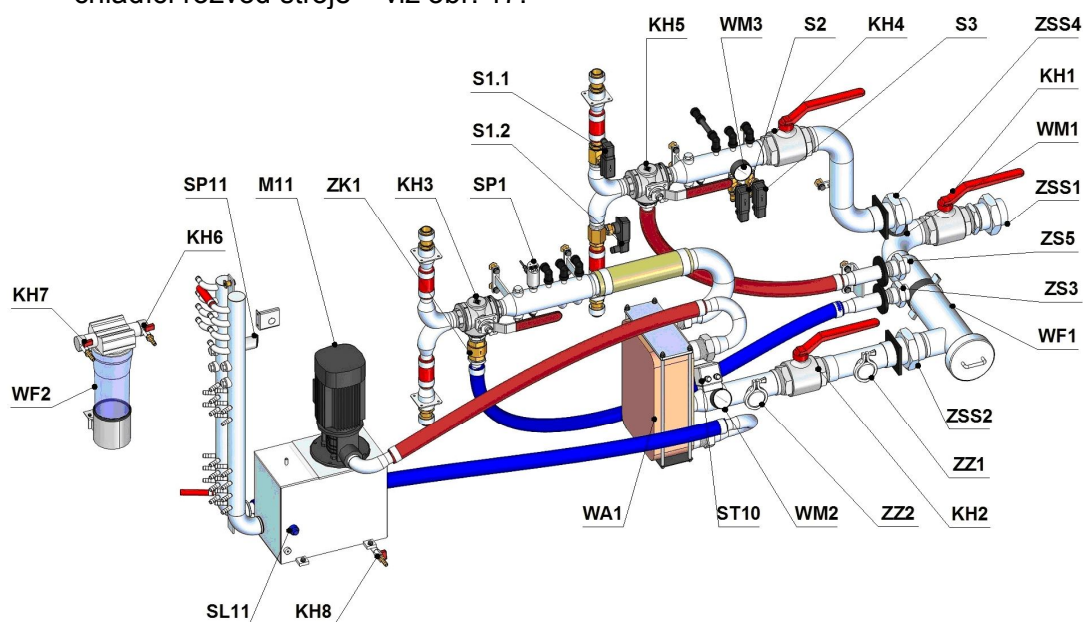
DIPLOMOVÁ PRÁCE

- výstupní dopravník s třídičkou ohřátých přířezů – viz obr. 16.

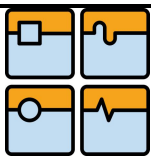


Obr. 16 – 3D model výstupního dopravníku s třídičkou ohřátých přířezů [převzato z 28]

- chladicí rozvod stroje – viz obr. 17.



Obr. 17 – 3D model chladicího obvodu stroje [převzato z 28]

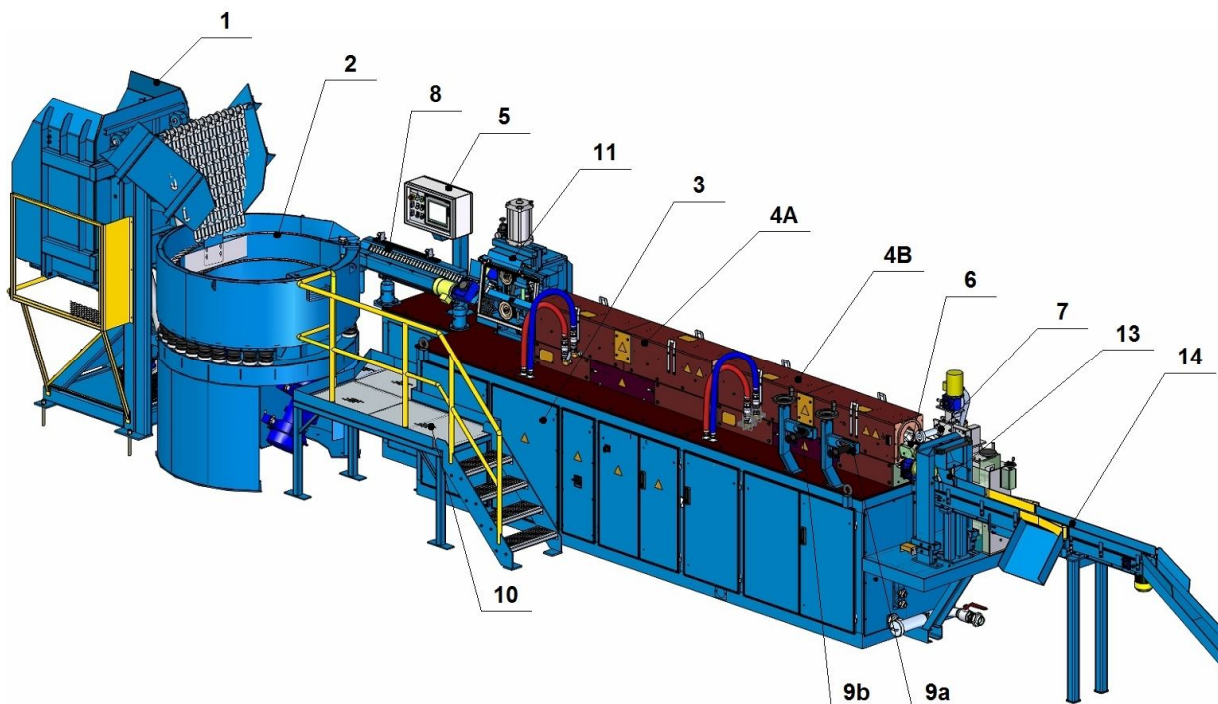


5.3 STRUČNÝ POPIS FUNKCE STROJE

Indukční ohříváč **KSO 1000/1,2-C25** slouží k ohřívání přířezů na požadovanou teplotu k dalšímu technologickému zpracování.

V první fázi činnosti obsluha pomocí vysokozdvizného vozíku založí stanovenou paletu s přířezí do výklopníku palet VP 2010 (poz. 1 v obr. 18) a pomocí ovládacího tlačítka vysype stanovený počet přířezů do vibračního zásobníku VS 1800 S (poz. 2 v obr. 18). Z vibračního dopravníku putují přířezy na vstupní dopravník (poz. 8 v obr. 18), který je dále dopravuje ke kladkovému podavači (poz. 11 v obr. 18). Kladkový podavač posouvá přířezy dále skrz oba indukory A a B (poz. 4A a 4B v obr. 18). Teplota přířezů je určována pomocí pyrometrů (poz. 9a, 9b v obr. 18).

Ohřáté přířezy vystupují na konci induktoru B a jsou od sebe navzájem oddělovány oddělovací kladkou (poz. 7 v obr. 18). V případě nutnosti (faktor délky přířezu) jsou přířezy navíc podpírány kladkovým žlábkem (poz. 13 v obr. 18). V poslední fázi jsou přířezy výstupním dopravníkem (poz. 14 v obr. 18) tříděny na přířezy se správnou teplotou a přířezy s nižší či vyšší teplotou.



Obr. 18 – 3D model indukčního ohříváče KSO 1000/1,2-C25 [převzato z 28]

5.4 PRAKTICKÁ ČÁST HODNOCENÍ SPOLEHLIVOSTI LIDSKÉHO ČINITELE

Cílem práce je analyzovat provozní seřízení a nastavení indukčního ohříváče KSO 1000/1,2-C25, kterými se musí obsluha (operátor) zabývat během své pracovní směny. Cílem práce není analýza seřizovacích činností vykonávaných údržbou, jiných servisních činností, doplňování mazacích kapalin apod. Výsledek práce bude uveden v podobě úkolového diagramu HTA-PHEA analýzy a rovněž v podobě strukturované tabulky jednotlivých kroků integrované metody HTA-PHEA (včetně provedení kvantitativní analýzy Q-PHEA).

K provedení analýzy bude použit, po registraci, volně stažitelný software *Analýza HTA-PHEA, verze 1.1.4368.30894*, který se nachází na [www stránkách](http://www.stránkách) Výzkumného ústavu bezpečnosti práce, v.v.i. Tento software byl vytvořen v roce 2010 v rámci řešení projektu

„Pracovní pohoda a spolehlivost člověka v pracovním systému“ na základě spolupráce VÚBP, v.v.i. a firmy ZECON s.r.o., jak uvádí literatura [29].

5.4.1 Identifikace chyb obsluhy metodou FMEA

K identifikaci chyb obsluhy byla použita metoda FMEA. Metoda byla použita takovým způsobem, aby pomohla odhalit možné chyby obsluhy, způsob této chyby, důsledek chyby, následně stanovit možnou příčinu chyby a způsob jejího odhalení.

Metoda byla postupně aplikována na všechny části indukčního ohříváče KSO 1000/1,2-C25, které operátor během své činnosti jakkoliv nastavuje či upravuje.

Jako způsob selhání funkce objektu je uvažován jev, jehož prostřednictvím operátor zjistí (pozoruje), že vykonal chybu, může se jednat například o vysokou hlučnost vibračního dopravníku při vysypávání přířezů z výklopníku palet (to je projev chyby, čili způsob selhání funkce objektu). Toto selhání bylo zapříčiněno nesprávně vloženou paletou do výklopníku palet operátorem (jedná se o příčinu selhání funkce objektu).

Dále jsou v tabulce FMEA uvedeny místní a konečný důsledek selhání funkce objektu, u něhož bylo cílem najít nebezpečí vzhledem ke zdraví obsluhy, pokud takové nebezpečí existuje. Jako způsob odhalení je uváděn jev nebo činnost, pomocí níž může obsluha odhalit, že došlo k chybě. Na obrázku 19 je uveden příklad FMEA analýzy pro výklopník palet VP 2010, ostatní analýzy FMEA jsou přiloženy jako příloha 1.

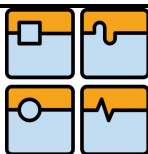
ANALÝZA FMEA						
Objekt	Funkce objektu	Způsob selhání funkce objektu	Možný důsledek selhání funkce objektu		Možná příčina selhání funkce objektu	Způsob odhalení možného selhání obsluhy
			Místní důsledek	Konečný důsledek		
Výklopník palet VP 2010	Vysypávání přířezů z přepravní palety do vibračního zásobníku	Přířezy nejsou vysypány z výklopníku palet	Žádný	Induktor běží naprázdno – ekonomická ztráta, přehřátí induktoru, popálení obsluhy	Obsluha nevložila paletu do výklopníku palet	Vizuální ověření přítomnosti palety ve výklopníku
				Induktor běží naprázdno – ekonomická ztráta, přehřátí induktoru, popálení obsluhy	Obsluha vložila do výklopníku palet paletu s nesprávným počtem přířezů	Vstupní ověření počtu přířezů
		Vysoká hlučnost při vysypávání přířezů z výklopníku palet	Poškození výklopníku palet	Možné poškození výklopníku palet a vibračního zásobníku	Obsluha vložila paletu do výklopníku palet, ale nesprávně ji prostorově orientovala	Vizuální ověření správné orientace palety
		Jsou vysypány jiné přířezy, než ty, které měly být ohřívány	Žádný	Induktor běží naprázdno – ekonomická ztráta, přehřátí induktoru, popálení obsluhy	Obsluha vložila do výklopníku palet paletu s jinými přířezy, než bylo požadováno	Vizuální ověření správného označení palety
		Je vysypán malý počet přířezů z výklopníku palet	Žádný	Vysoká hlučnost vibračního zásobníku, induktor běží naprázdno – ekonomická ztráta, přehřátí induktoru, popálení obsluhy	Obsluha chybně odhadla počet přířezů vysypaných z výklopníku palet	Nelze
		Je vysypán velký počet přířezů z výklopníku palet	Žádný	Přetížení vibračního dopravníku a následné poškození vibračního dopravníku, hrozí poranění obsluhy	Obsluha chybně odhadla počet přířezů vysypaných z výklopníku palet	Nelze/ v krajním případě lze opticky zjistit přeplnění vibračního dopravníku

Obr. 19 – Příklad použití metod FMEA pro identifikaci chyb obsluhy

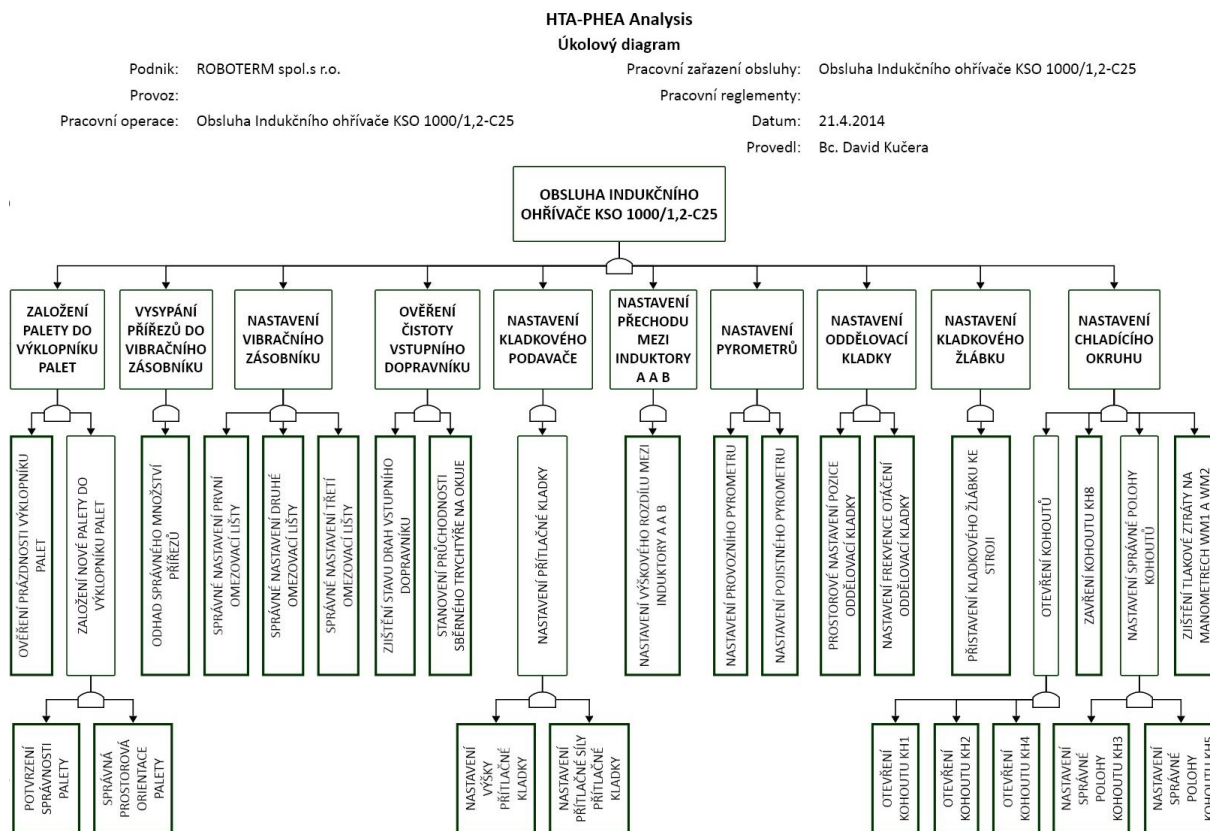
5.4.2 Analýza chybování lidského činitele pomocí integrované metody HTA-PHEA

Jako jeden ze vstupů pro metodu byly použity závěry z metody FMEA. Jednalo se o možné příčiny selhání funkce objektu (části stroje) a způsob odhalení možného selhání činnosti obsluhy.

Posuzovaná pracovní operace je obsluha Indukčního ohříváče KSO 1000/1,2-C25, čili činnosti, kterými se obsluha během pracovní směny zabývá. Vytvořený úkolový diagram je uveden na obrázku 20 a též jako příloha 2.



Úkolový diagram HTA



Obr. 20 – Úkolový diagram HTA analýzy

Úkolový diagram HTA na obrázku 20 postupně popisuje činnosti, které musí obsluha vykonat před zahájením provozu zařízení, nebo činnosti, které musí vykonávat opakovaně během doby běhu zařízení. Na nulté úrovni se nachází samotná obsluha Indukčního ohříváče KSO 1000/1,2-C25, která je členěna na jednotlivé úkoly, jako jsou například ověření prázdnosti výklopníku palet, odhad správného množství přířezů apod. Činnosti, u kterých je to nutné, jsou dále členěny na jednotlivé subúkoly. Například u činnosti *nastavení přitlačné kladky* se jedná o činnosti *nastavení výšky přitlačné kladky* a *nastavení přitlačné síly přitlačné kladky*.

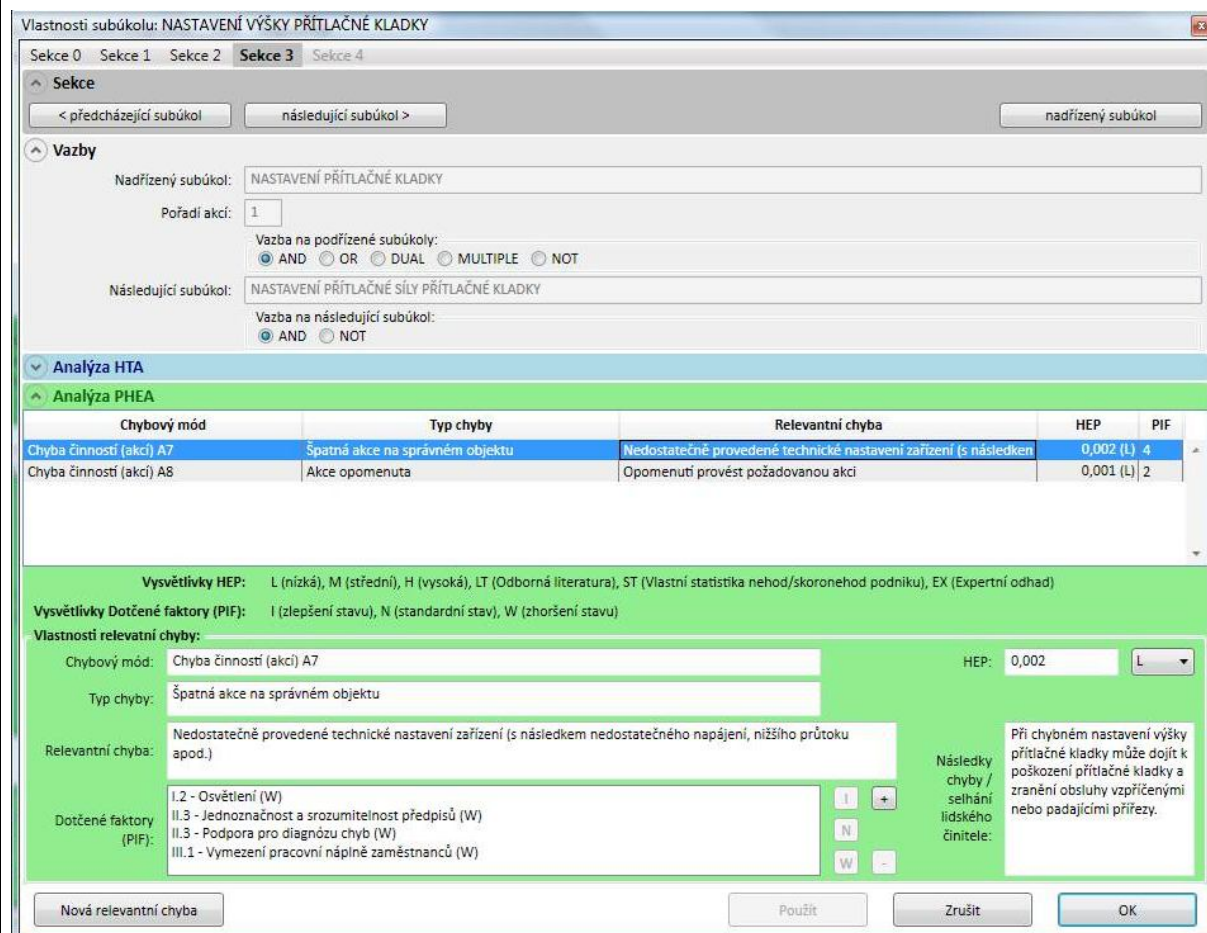
Analýza PHEA

V případě, že se daný úkol či subúkol v úkolovém diagramu HTA dále nevětví, byla pro takovou činnost provedena analýza PHEA. Příklad provedené analýzy je uveden na obrázku 21. Jedná se o PHEA analýzu kroku *nastavení výšky přitlačné kladky*. Pro každou takovou činnost se stanovují chybové módy a konkrétní typy chyb. Následně pro daný typ chyby hledáme relevantní chybu či chyby.

Přiřazením relevantní chyby získáme i pravděpodobnost lidské chyby HEP, jejíž hodnotu následně korigujeme dle pravidel uvedených v kapitole 4.8.4 Odhad pravděpodobnosti vzniku lidské chyby – HEP. Vzhledem k tomu, že v tomto případě se jedná o nové zařízení, které ještě nebylo uvedeno do provozu, tudíž nebyl zaznamenán vznik chyby (ani nemohl být zaznamenán), byla u téměř všech HEP nastavena kategorie nízká (L – low). U několika málo kategorií HEP, například u kroku *odhad správného množství přířezů*, byla hodnota HEP stanovena expertním odhadem na základě debaty s inženýry společnosti

Roboterm. Důvodem bylo definování nové relevantní chyby, která přesně popisovala daný problém.

K jednotlivým pravděpodobnostem vzniku chyby jsou dále přiřazovány faktory ovlivňující výkon a spolehlivost PIF, jejichž vysvětlení a popis je uveden v kapitole 4.8.5 Analýza faktorů ovlivňujících výkon a spolehlivost. Při tomto hodnocení je uvažován stávající stav zařízení, okolí zařízení, osobnostní faktory obsluhy, apod. a jejich vliv na provoz zařízení a spolehlivost lidského činitele.



Vlastnosti subúkolu: NASTAVENÍ VÝŠKY PŘÍTLAČNÉ KLDKY

Sekce 0 Sekce 1 Sekce 2 **Sekce 3** Sekce 4

Sekce

< předcházející subúkol následující subúkol > nadřazený subúkol

Vazby

Nadřazený subúkol: NASTAVENÍ PŘÍTLAČNÉ KLDKY

Pořadí akcí: 1

Vazba na podřazené subúkoly: ☒ AND ☐ OR ☐ DUAL ☐ MULTIPLE ☐ NOT

Následující subúkol: NASTAVENÍ PŘÍTLAČNÉ SÍLY PŘÍTLAČNÉ KLDKY

Vazba na následující subúkol: ☒ AND ☐ NOT

Analýza HTA

Analýza PHEA

Chybový mód	Typ chyby	Relevantní chyba	HEP	PIF
Chyba činnosti (akci) A7	Špatná akce na správném objektu	Nedostatečně provedené technické nastavení zařízení (s následkem	0,002 (L) 4	
Chyba činnosti (akci) A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,001 (L) 2	

Vysvětlivky HEP: L (nízká), M (střední), H (vysoká), LT (Odborná literatura), ST (Vlastní statistika nehod/skoronehod podniku), EX (Expertní odhad)

Vysvětlivky Dotčené faktory (PIF): I (zlepšení stavu), N (standardní stav), W (zhoršení stavu)

Vlastnosti relevantní chyby:

Chybový mód: Chyba činnosti (akci) A7 HEP: 0,002 L

Typ chyby: Špatná akce na správném objektu

Relevantní chyba: Nedostatečně provedené technické nastavení zařízení (s následkem nedostatečného napájení, nižšího průtoku apod.)

Dotčené faktory (PIF):

- I.2 - Osvětlení (W)
- II.3 - Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů (W)
- II.3 - Podpora pro diagnózu chyb (W)
- III.1 - Vymezení pracovní náplně zaměstnanců (W)

Následky chyby / selhání lidského činitele: Při chybném nastavení výšky přítlačné kladky může dojít k poškození přítlačné kladky a zranění obsluhy vzpříčenými nebo padajícími předměty.

Nová relevantní chyba Použít Zrušit OK

Obr. 21 – Okno programu při PHEA analýze subúkolu Nastavení výšky přítlačné kladky

5.4.3 Závěr z analýzy spolehlivosti lidského činitele pomocí integrované metody HTA-PHEA

Metoda byla postupně aplikována na provozní činnosti obsluhy Indukčního ohříváče KSO 1000/1,2-C25. Z hlediska výsledných hodnot pravděpodobnosti vzniku lidské chyby HEP byly, jako nejkritičtější, identifikovány činnosti uvedené v tabulce 7.

Krok	Kód, typ chyby	Relevantní chyba	Výsledná hodnota HEP
Potvrzení správnosti palety	T2 – Je předána špatná informace	Chybně napsaná informace nebo číslo, které jsou předávány dál	0,005
Otevření kohoutu KH1	S2 – Provedení špatného výběru	Chybná manipulace s ventilem (obsluha chybně nastaví ventil do jedné z poloh – „otevřen“ nebo „zavřen“)	0,005
Otevření kohoutu KH2	S2 – Provedení špatného výběru	Chybná manipulace s ventilem (obsluha chybně nastaví ventil do jedné z poloh – „otevřen“ nebo „zavřen“)	0,005
Otevření kohoutu KH4	S2 – Provedení špatného výběru	Chybná manipulace s ventilem (obsluha chybně nastaví ventil do jedné z poloh – „otevřen“ nebo „zavřen“)	0,005
Zavření kohoutu KH8	S2 – Provedení špatného výběru	Chybná manipulace s ventilem (obsluha chybně nastaví ventil do jedné z poloh – „otevřen“ nebo „zavřen“)	0,005
Zjištění tlakové ztráty na manometrech WM1 a WM2	R2 – Získání chybné informace	Chyba při čtení textu a čísel	0,003

Tab. 7 – Nejkritičtější činnosti z hlediska spolehlivosti lidského činitele

Z tabulky 7 je zřejmé, že z pohledu pravděpodobnosti vzniku lidské chyby je dominantní správné nastavení kohoutů chladicího obvodu. Chyba obsluhy by v tomto případě mohla znamenat nefunkčnost chladicího obvodu, což může mít za následek přehřátí induktoru a popálení obsluhy přehřátými přířezy či jinými částmi induktoru. Jako druhotné nebezpečí je nutno zmínit hrozící poškození celého zařízení přehřátím (mohlo by dojít k přivaření přířezů k vodícím lištám, poškození vyzdívky induktorů, apod.).

Stejnou hodnotu HEP jako nastavení kohoutů chladicího obvodu získalo i potvrzení správnosti palety. Příklad výstupu z metody HTA-PHEA je ukázán na obrázku 22. Kompletní tabulky, které jsou výstupem z integrované metody HTA-PHEA, jsou uvedeny v příloze číslo 3. Nápravná opatření pro nejkritičtější činnosti z hlediska spolehlivosti lidského činitele uvedené v tabulce 7 jsou uvedena v následující kapitole 5.4.4 Nápravná opatření ke zvýšení spolehlivosti lidského činitele.

Výsledná hodnota HEP, u nejkritičtějších činností z hlediska spolehlivosti lidského činitele, stanovená na hodnotu 0,005 znamená, že k potenciální chybě obsluhy může dojít v 5 případech z 1000. Uvažujme, že k nastavení pozice kohoutů bude docházet jen jednou za den (tato hodnota záleží na množství přířezů, které jsou ohřívány, čili nutnosti čištění stroje, dále na četnosti změn v nastavení stroje vlivem změny rozměrů ohříváných přířezů apod.), byť není vyloučeno, že k nastavování bude docházet podstatně častěji. Dále uvažujme padesát dva pracovních týdnů v roce po pěti pracovních dnech během týdne, vyšlo by, že k uvedeným pěti případům chybného nastavení by došlo přibližně během doby 3,8 roku. To znamená, že jedna chyba by mohla vzniknout přibližně během 0,8 roku, neboli po devíti měsících provozu. Tuto hodnotu lze považovat za správnou, neboť se lze domnívat, že po době devíti měsíců obsluhy jednoho zařízení se u takového člověka dostaví pocit

stereotypu a přestane si uvědomovat důležitost svého konání. Jak přesné jsou uvedené hodnoty, lze zjistit až během dlouhodobějšího provozu stroje.

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb
		Q-PHEA											
Krok	Zpětná vazba splnění úkolu	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP	Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba vykonání chyby	Nápravná opatření
1.1 Ověření prázdnosti výklopníku palet	Ano	A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	I.1	Pracovní vytížení	W	Nebude možno provést založení nové palety do výklopníku palet.	Ano	- Snížit pracovní vytížení operátora
								I.2	Osvětlení	W			- Zlepšit osvětlení v okolí stroje
								II.1	Umístění zařízení a přístup k němu	N			- Umístit stroj tak, aby byl umožněn snadný přístup k výklopníku palet
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			- Jasně stanovit povinnosti obsluhy, důkladné zacvičení obsluhy

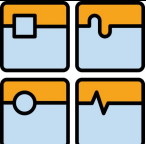
Obr. 22 – Příklad výstupu z integrované metody HTA-PHEA

5.4.4 Nápravná opatření ke zvýšení spolehlivosti lidského činitele

Posledním krokem celé analýzy je návrh opatření ke zvýšení lidského činitele. Dle provedené analýzy se ve většině případů jedná o managementová opatření. Vzhledem k faktu, že se velice často vyskytovaly dotčené faktory ovlivňující výkon a spolehlivost (PIF), jako jsou například vymezení pracovní náplně zaměstnanců, jednoznačnost a srozumitelnost předpisů a také se vyskytuje faktor kompatibilita předpisů s provozními zkušenostmi, lze usuzovat, že managementová opatření jsou správná. Pro obsluhu by jasně a srozumitelně měly být stanoveny její povinnosti, rozsah a způsob provedení konkrétních činností. Dále je velice důležité, aby vytvořená dokumentace korespondovala s provozními zkušenostmi obsluhy, pokud by tomu tak nebylo, mohlo by dojít k výraznému snížení spolehlivosti lidského činitele.

Dalším možným opatřením ze strany managementu by mohla být dostatečná informovanost obsluhy o důležitosti činností, které vykonává. Člověk nezainteresovaný do problému může namítnout, že obsluhovat podobné zařízení, jako je posuzované, není náročná činnost, nespočívá ve složitých úkonech a nejsou s ní spojena žádná rozhodnutí ze strany obsluhy. Ačkoliv to nemusí být na první pohled zřejmé, opak je pravdou. Většina úkonů ze strany obsluhy vyžaduje větší či menší rozhodnutí, či rozvahu, nad provedením daného úkonu. Z tohoto faktu vyplývá nutnost podrobně seznámit obsluhu s činností zařízení, jednotlivými úkony a parametry (rozměry přířezů apod.), které musí obsluha zohlednit při nastavování zařízení a provádění konkrétních úkonů.

Jako další bezpečnostně-managementovým opatřením lze doporučit seznámení obsluhy s možnými riziky, spojenými s provozem zařízení. Zařízení samotné je zdrojem hluku, tepla, vyskytují se v něm přířezy s ostrými hranami. Dále jsou součástí zařízení rotující části (kladky) a pohybující se části (řetězové dráhy, dráha výstupního dopravníku). Cokoliv z uvedeného může být zdrojem rizika, a tedy může mít vliv na zdraví člověka. Předmětem diplomové práce sice není hodnotit rizika zařízení samotného, ale lze předpokládat, že obsluha, která bude dostatečně informována o těchto rizicích si bude uvědomovat i rizika spojená s vykonáváním jednotlivých činností a bude je brát více v patnosti, než obsluha, která by si myslela, že zařízení je „bezpečné“.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 51
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Chybně vykonaná činnost obsluhy může mít za následek nejen vliv na zdraví obsluhy, ale také na „ekonomický provoz stroje“. Sice se jedná o faktor značně méně závažný, než je poškození zdraví obsluhy, ale i v tomto případě lze předpokládat, že obsluha uvědomující si finanční rizika činností, které provede chybně, bude brát více zřetele na důkladnost provedení jednotlivých činností a na eventuální ověřování jejich správného vykonání.

V následujících odstavcích jsou uvedena nápravná opatření pro nejkritičtější činnosti z hlediska spolehlivosti lidského činitele, uvedené v kapitole 5.4.3 Závěr z analýzy spolehlivosti lidského činitele pomocí integrované metody HTA-PHEA:

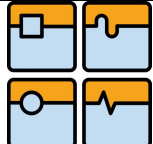
- V případě kroku *potvrzení správnosti palety* lze doporučit, aby v daném provozu byl používán pouze jeden typ palet pro veškeré předchozí činnosti, které budou předcházet zakládání palety s přířezy do výklopníku palet. S tímto krokem souvisí doporučení úpravy předpisů – zanesení informace o používání konkrétního typu palety. Jako smysluplné lze považovat i dostatečnou informovanost obsluhy o důvodu používání konkrétního typu palety.
- U kroků *otevření kohoutů KH1, KH2, KH4* je vhodné upravení a zlepšení popisek nejen konkrétních kohoutů, ale i celého chladicího systému.
- Nápravné opatření pro krok *zavření kohoutu KH8* je stejné jako předchozí. Opět je vhodné zlepšení popisek kohoutu a rovněž celého chladicího systému.
- Jako nápravné opatření pro krok *zjištění tlakové ztráty na manometrech WM1 a WM2* lze doporučit konstrukční opatření a to instalaci čidla a signalizačního zařízení. Při dosažení tlakové ztráty mimo požadovaný rozsah by byla obsluze zařízení signalizována informace o nutnosti vyčistit filtr.

V případě obecných opatření ke zvýšení spolehlivosti lidského činitele lze uvést například vhodné prostorové umístění stroje, které umožní obsluze snadnou manipulaci s paletami (s využitím vysokozdvizného vozíku), dostatečné osvětlení celého zařízení a pracovního prostoru, kterým lze výrazně snížit, či zcela eliminovat, možnost pochybení lidského činitele.

U některých činností, jako je například zakládání palety do výklopníku palet, vysypávání přířezů z výklopníku palet, apod. je vhodné aplikovat jistá konstrukční opatření, která by umožnila obsluze zpětnou vazbu splnění daného úkolu, či naopak by obsluhu informovala o vykonání chybné činnosti.

U zmíněného zakládání palety do výklopníku palet lze doporučit instalaci optického čidla do výklopníku palet, které by zajistilo informování obsluhy v případě, že by zakládaná paleta byla správně prostorově orientována. Čidlo by bylo vhodné instalovat pod zádržné lůžko výklopníku (pozice 13 v obrázku 8), takže, při správné prostorové orientaci palety, dojde k detekci přítomnosti nosného oka pod zádržným lůžkem. Obsluha by tedy měla signalizováno správné uložení palety ve výklopníku palet.

Veškerá opatření k redukci chyb jsou uvedena v příloze 3, ve sloupci *Redukce chyb – Nápravná opatření*.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 52
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

6 ZÁVĚR

Tato práce se zabývá hodnocením spolehlivosti lidského činitele v podobě obsluhy indukčního ohříváče KSO 1000/1,2-C25. K uskutečnění tohoto cíle bylo nutno provést několik kroků, které byly definovány jako cíle diplomové práce. Prvním cílem bylo provedení rešerše literatury v oblasti hodnocení spolehlivosti lidského činitele. V práci je tedy uvedena definice lidského činitele, dále rozbor metod k jejímu hodnocení a uvedení nejpoužívanějších metod, včetně stručné historie jejich vývoje. Metod k hodnocení spolehlivosti lidského činitele je celá řada. Z toho důvodu bylo nutno zacílit na ty opravdu nejpoužívanější metody.

Kromě uvedených metod jsou v práci popsány a vysvětleny i pomocné metody, které lze užít k hodnocení rizika či, jak tomu bylo v případě této práce, k identifikaci potencionálních chyb obsluhy zařízení.

Další fází práce je výběr vhodné metody, který je zcela zásadní pro následné posuzování. Z důvodů uvedených v kapitole 4.10.2 Výběr metody pro hodnocení spolehlivosti lidského činitele, byla zvolena metoda HTA-PHEA. Tato metoda byla použita i ve své modifikované části Q-PHEA, která kvantitativně hodnotí pravděpodobnost vzniku lidské chyby. Jak je však v práci uvedeno, v současnosti toto hodnocení zatíženo značnou nejistotou a pouze následující vývoj metody dokáže stanovit nakolik je toto hodnocení přesné. Q-PHEA se ze zmíněných důvodů může jevit jako zbytečný krok, ovšem bez užívání tohoto hodnocení by nebylo možno v budoucnu stanovit „nejistotu“ metody či ji dále inovovat a zpřesňovat.

Na základě uvedené analýzy (běžných provozních nastavení a činností obsluhy) byly stanoveny možné negativní dopady selhání lidského činitele při obsluze zmiňovaného zařízení a dále byla stanovena nápravná opatření ke zvýšení spolehlivosti lidského činitele. Jistým přínosem může být i zjištění, že většina doporučených opatření směřuje k managementu společnosti a ke stanovení jasných pravidel, instrukcí a povinností, pomocí kterých je možno zvýšit spolehlivost obsluhy zařízení a tím i tedy spolehlivost lidského činitele.

7 Seznam literatury

- [1] SKŘEHOT, Petr. *Terminologický výkladový slovník k problematice lidského činitele* [online]. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2011 [cit. 2014-02-20]. ISBN 978-80-86973-68-5. Dostupné z: http://www.vubp.cz/index.php/component/docman/doc_download/465-terminologicky-vykladovy-slovník-k-problematice-lidskeho-initiele
- [2] TALAŠOVÁ, A. *Spolehlivost lidského činitele a možná rizika na pracovišti firmy Tigas, Tečovice*. Uherské Hradiště, 2013. 74 s. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta logistiky a krizového řízení. Vedoucí práce Zdeněk Šafařík. Dostupné také z: http://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/24720/tala%C5%A1ov%C3%A1_2013_bp.pdf?sequence=1
- [3] DOLEŽAL, R. et al *Analýza a hodnocení rizik s ohledem na lidský faktor: materiály z 50. semináře odborné skupiny pro spolehlivost, Praha, únor 2013 : [sborník přednášek]* [online]. 1. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2013, 32 s.[cit. 2014-02-23]. ISBN 978-80-02-02434-7. Dostupné z: www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Spolehlivost/Sborniky/Sbornik_2013_02_26_Lidsky_faktor.pdf
- [4] JANÍČEK, P. et al *Expertní inženýrství v systémovém pojetí*. Praha: Grada, 2013, 592 s. ISBN 978-80-247-4127-7.
- [5] ČSN IEC 1025. *Analýza stromu poruchových stavov*. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [6] ČSN EN 61025. *Analýza stromu poruchových stavů (FTA)*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [7] MARADA, V. *Porovnání metod analýzy rizik závažných havárií*. Brno, 2012. 54 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí bakalářské práce Marek Tabas.
- [8] ČSN EN 62502. *Techniky analýzy spolehlivosti – Analýza stromu událostí (ETA)*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [9] VESELÝ, M. *Použití metody FMEA pro prevenci chyb v průmyslovém podniku*. Brno, 2012. 51 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Luboš Kotek. Dostupné také z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/4439/2012_DP_Vesel%C3%BD_76060.pdf?sequence=1
- [10] ČSN EN 60812. *Techniky analýzy bezporuchovosti systémů – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [11] BERNATÍK, A. *Prevence závažných havárií I.* [online]. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006 [cit. 2014-02-26]. 86 s. ISBN 80-866-3489-2. Dostupné z: <http://www.fbi.vsb.cz/export/sites/fbi/040/.content/sys-cs/resource/PDF/skripta-PZH-I.pdf>

- [12] RICHTER, M. *Hodnocení spolehlivosti lidského činitele*. Brno, 2010. 39 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí diplomové práce Luboš Kotek. Dostupné také z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/17314/2010_DP_RICHTER_MAREK_48742.pdf
- [13] BABINEC, F. *Management rizika: Loss Prevention & Safety Promotion* [online]. Brno: Slezská Universita v Opavě, Ústav matematiky, 2005 [cit. 2014-02-27]. 93 s. Dostupné z: <http://www.slu.cz/math/cz/knihovna/ucebni-texty/Analyza-rizik/Analyza-rizik-1.pdf>. Učební text.
- [14] DOLEŽAL, R. Nové aspekty aplikace metod druhé generace analýzy spolehlivosti lidského činitele. In: DOLEŽAL, R. et al *Spolehlivost lidského činitele při provozu moderní technologie* [online]. Praha: Česká společnost pro jakost, 2011, s. 12-18 [cit. 2014-02-27]. ISBN 978-80-02-02342-5. Dostupné z: http://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Spolehlivost/Sborniky/Sbornik_192_44_Lidsky_cinitel.pdf
- [15] HELD, J. a H. KRUEGER. Ein Mensch-Maschine System zur Analyse von Mensch-Maschine Interaktionen. In: DEITMER, L. a F. EICKER. *Schriftenreihe Berufliche Bildung*. Bremen: Donat, 2000, s. 263-279.
- [16] SPURGIN, Anthony J. *Human reliability assessment: theory and practice*. Boca Raton: CRC Press, 2010, 300 s. ISBN 978-1-4200-6851-1.
- [17] PYY, P. *Human reliability analysis methods for probabilistic safety assessment* [online]. Espoo: Technical Research Centre of Finland, 2000, 63 s. [cit. 2014-03-06]. ISBN 95-138-5585-6. Dostupné z: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2000/P422.pdf>
- [18] JURČÍK, P. *Systémy MMS a jejich spolehlivost*. Brno, 2009. 50 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Vedoucí bakalářské práce Marie Havlíková. Dostupné také z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/13657/BP_Jurcik_2009.pdf
- [19] BELL, J. a J. HOLROYD. Review of human reliability assessment methods. In: HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. *RR679 Research report* [online]. Derbyshire, 2009 [cit. 2014-03-06]. Dostupné z: <http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr679.pdf>
- [20] ČSN EN 62508. *Návod pro lidská hlediska spolehlivosti*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 48 s.
- [21] KOLÁŘ, P. Analýza vlivu spolehlivosti lidského faktoru na hodnocení provozní technologičnosti. In: DOHNAL, G. et al *Zajišťování provozní spolehlivosti v etapě návrhu* [online]. Praha: Česká společnost pro jakost, 2006, s. 23-29 [cit. 2014-03-07]. Dostupné z: http://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Spolehlivost/Sborniky/22_Spolehlivost_etapa_navrhu.pdf

- [22] KOLÁŘ, P. Vliv spolehlivosti lidského faktoru na bezpečnost a spolehlivost malého dopravního letounu. In: AICHINGER, M. et al *Nové metody a postupy v oblasti přístrojové techniky, automatického řízení a informatiky* [online]. J. HOŠEK. Praha: Masarykova akademie práce, strojní společnost na ČVUT, 2005, s. 122-126 [cit. 2014-03-09]. ISBN 80-01-03240-X. Dostupné z: <http://fsinet.fsid.cvut.cz/cz/U2102/Herbertov.pdf>
- [23] KOTEK, L. *Vliv podmínek při řešení havarijní situace na spolehlivost lidského činitele* [online]. 2012, roč. 5, 3-4 [cit. 2014-03-10]. ISSN 1803-3687. Dostupné z: www.bozpinfo.cz/josra/josra-03-04-2012/havarie-lidsky-cinitel.html
- [24] SKŘEHOT, P. a J. TRPIŠ. *Analýza chybování lidského činitele pomocí integrované metody HTA-PHEA* [online]. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i., 2009, 36 s. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.vubp.cz/hta-phea/Analyza-chybovani-lidskeho-cinitele-pomoci-integrovane-metody-HTA-PHEA.pdf>. Metodická příručka.
- [25] SKŘEHOT, P. *Chyby lidského činitele a identifikace jejich příčin* [online]. 2009, roč. 2, č. 1 [cit. 2014-03-10]. ISSN 1803-3687. Dostupné z: http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-01-2009/skrehot_mips.html
- [26] Historie firmy ROBOTERM spol. s r.o. *Roboterm.cz* [online]. © 2012 [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://www.roboterm.cz/o-nas/historie>
- [27] Služby firmy ROBOTERM spol. s r.o. *Roboterm.cz* [online fotografie]. © 2012 [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://www.roboterm.cz/media/images/header/sluzby-robterm.jpg>
- [28] ROBOTERM SPOL. S R.O. *Průvodní technická dokumentace: Indukční ohříváč KSO 1000/1,2-C25*. Chotěboř, 2014, 102 s. Interní materiál Roboterm spol.s r.o.
- [29] Pracovní pohoda a spolehlivost člověka v pracovním systému. In: VÝZKUMNÝ ÚSTAV BEZPEČNOSTI PRÁCE, v.v.i, Zecon s.r.o. [online příručka]. © 2010 [cit. 2014-04-22]. Dostupné z: <http://www.vubp.cz/hta-phea/HTA-PHEA-1.0-manual.pdf>

8 Seznam použitých zkratk a symbolů

Apod.	A podobně
ASEP-TRC	Accident sequence evaluation program-time reliability correlation
ATHEANA	A technique for human error analysis – Metoda pro analýzu lidské chyby
CAHR	Connectionism assessment of human reliability – Posuzování konekcionismu bezporuchovosti lidské činnosti
CARA	Controller action reliability assessment – Posuzování bezporuchovosti zásahu dispečera
CESA	Commission errors search and assessment
CM	Confusion matrix
CPC	Common performance condition – Hlavní podmínky výkonu
CREAM	Cognitive reliability and error analysis method – Poznávací spolehlivost a metoda pro analýzu chyby
CREAM II	Cognitive reliability and error analysis method II – Poznávací spolehlivost a metoda pro analýzu chyby II
DPSOF	Dílčí prvek spolehlivostního organizačního faktoru
EOC	Error of commission – Chyba přidání
EOM	Error of omission – Chyba z vynechání
ETA	Event tree analysis – Analýza stromu událostí
F_p	Faktor selhání lidského činitele
FMEA	Failure mode and effect analysis – Analýza způsobů a důsledků poruch
FMECA	Failure mode, effects and criticality analysis – Analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch
FTA	Fault tree analysis – Analýza stromu poruchových stavů
HAZOP	Hazard and operability study – Analýza (Studie) nebezpečí a provozovatelnosti
HCR	Human cognitive reliability – Bezporuchovost lidské poznávací činnosti
HEART	Human error assessment and reduction technique – Posuzování lidských chyb a technika jejich omezení
HEP	Human error probability – Pravděpodobnost lidské chyby

HFE	Human failure event – Událost lidského selhání
HRA	Human reliability assessment – Analýza spolehlivosti člověka
HRA-tree	Human reliability assessment tree – Strom analýzy spolehlivosti člověka
HSP	Human success probability – Pravděpodobnost úspěšného provedení
HTA	Hierarchical task analysis – Analýza úkolů
MERMOS	Méthode d'évaluation de la réalisation des missions opérateur pour la sûreté – Method for the evaluation of the realization of an operator's mission regarding safety – Metoda pro hodnocení realizace zadání obsluhy ohledně bezpečnosti
MIPS	Metoda identifikace příčin selhání
NARA	Nuclear action reliability assessment
O_i	Penalizační koeficient
OAT	Operator action tree
Obr.	Obrázek
ORE	Operator reliability experiments – Experimenty s bezporuchovostí činnosti obsluhy
ORE/HCR TRCs	Operator reliability experiments/human cognitive reliability time reliability correlations
P_p	Pravděpodobnost správného určení příčin selhání člověka
PHEA	Predictive Human Error Analysis – Analýza odhadu chybování lidského činitele
PIF	Performance Influencing Factor – Faktor ovlivňující výkon a spolehlivost
Poz.	Pozice
PSA	Probabilistic safety assessment – Pravděpodobnostního hodnocení spolehlivosti
PSF	Performance shaping factor – Faktor ovlivňující lidskou spolehlivost
RPN	Risk priority number – Rizikové prioritní číslo
SHARP	Systematic Human Action Reliability Procedure – Systematický postup pro určení spolehlivosti
SLIM	Success likelihood index method

SOF	Spolehlivostní organizační faktor
SPAR-H	Standardized plant analysis risk – Standardizovaná analýza rizika provozu elektrárny
TESEO	Tecnica Empirica Stima Errori Operatori – Empirická metoda pro odhad chyb operátorů
THERP	Technique for human error rate prediction – Technika předvídající míru chyby lidského činitele
TRC	Time reliability correlation
V_p	Váhový koeficient
VÚBP, v.v.i.	Výzkumný ústav bezpečnosti práce, veřejná výzkumná instituce

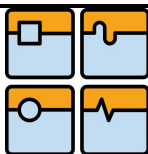
9 Seznam příloh

Příloha 1 – Analýza FMEA	60
Příloha 2 – Úkolový diagram HTA analýzy, PHEA analýza	65
Příloha 3 – Výstup z integrované metody HTA-PHEA	66
Příloha 4 – CD se soubory:	
- text diplomové práce ve formátu .pdf	
- úkolový diagram HTA analýzy, PHEA analýza ve formátu .xhp	
- analýza FMEA ve formátu .doc	
- výstup z integrované metody HTA-PHEA ve formátu .doc	

Přílohy

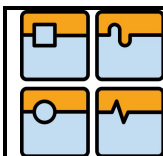
Příloha 1 –Analýza FMEA

ANALÝZA FMEA						
Objekt	Funkce objektu	Způsob selhání funkce objektu	Možný důsledek selhání funkce objektu		Možná příčina selhání funkce objektu	Způsob odhalení možného selhání obsluhy
			Místní důsledek	Konečný důsledek		
Výklopník palet VP 2010	Vysypávání přřezů z přepravní palety do vibračního zásobníku	Přřezy nejsou vysypány z výklopníku palet	Žádný	Induktor běží naprázdno – ekonomická ztráta, přehřátí induktoru, popálení obsluhy	Obsluha nevložila paletu do výklopníku palet	Vizuální ověření přítomnosti palety ve výklopníku
				Induktor běží naprázdno – ekonomická ztráta, přehřátí induktoru, popálení obsluhy	Obsluha vložila do výklopníku palet paletu s nesprávným počtem přřezů	Vstupní ověření počtu přřezů
		Vysoká hlučnost při vysypávání přřezů z výklopníku palet	Poškození výklopníku palet	Možné poškození výklopníku palet a vibračního zásobníku	Obsluha vložila paletu do výklopníku palet, ale nesprávně ji prostorově orientovala	Vizuální ověření správné orientace palety
	Jsou vysypány jiné přřezy, než ty, které měly být ohřívány	Je vysypán malý počet přřezů z výklopníku palet	Žádný	Induktor běží naprázdno – ekonomická ztráta, přehřátí induktoru, popálení obsluhy	Obsluha vložila do výklopníku palet paletu s jinými přřezy, než bylo požadováno	Vizuální ověření správného označení palety
				Vysoká hlučnost vibračního zásobníku, induktor běží naprázdno – ekonomická ztráta, přehřátí induktoru, popálení obsluhy	Obsluha chybně odhadla počet přřezů vysypaných z výklopníku palet	Nelze
		Je vysypán velký počet přřezů z výklopníku palet	Žádný	Přetížení vibračního dopravníku a následné poškození vibračního dopravníku, hrozí poranění obsluhy	Obsluha chybně odhadla počet přřezů vysypaných z výklopníku palet	Nelze/ v krajním případě lze opticky zjistit přeplnění vibračního dopravníku



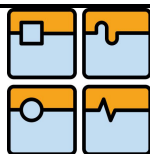
ANALÝZA FMEA

Objekt	Funkce objektu	Způsob selhání funkce objektu	Možný důsledek selhání funkce objektu		Možná příčina selhání funkce objektu	Způsob odhalení možného selhání obsluhy
			Místní důsledek	Konečný důsledek		
Vibrační zásobník VZ 1800S	Správná prostorová orientace přířezů před vstupem na vstupní dopravník	Přířezy jsou na výstupu z vibračního zásobníku poskládány ve více vrstvách	Vypadnutí přířezu na výstupu z dopravníku a zranění operátora	Možnost mechanického poškození vstupního dopravníku nebo induktoru chybně orientovanými přířezy, hrozí pád přířezů a poranění obsluhy	Obsluha chybně nastavila první omezovací listu vibračního zásobníku	Vizuální ověření správné orientace přířezů během provozu vibračního zásobníku
		Přířezy nejsou na výstupu z vibračního zásobníku poskládány jednotlivě za sebou	Vypadnutí přířezu na výstupu z dopravníku a zranění operátora	Možnost mechanického poškození vstupního dopravníku nebo induktoru chybně orientovanými přířezy, hrozí pád přířezů a poranění obsluhy	Obsluha chybně nastavila druhou omezovací listu vibračního zásobníku	Vizuální ověření správné orientace přířezů během provozu vibračního zásobníku
		Přířezy jsou na výstupu z vibračního zásobníku osově pootočený vzhledem k dráze posunu přířezů	Vypadnutí přířezu na výstupu z dopravníku a zranění operátora	Možnost mechanického poškození vstupního dopravníku nebo induktoru chybně orientovanými přířezy, hrozí pád přířezů a poranění obsluhy	Obsluha chybně nastavila třetí omezovací listu vibračního zásobníku	Vizuální ověření správné orientace přířezů během provozu vibračního zásobníku
Vstupní dopravník	Přířezy nejsou dopravovány ke kladkovému podavači		Žádný	Induktor běží naprázdno – ekonomická ztráta, přehřátí induktoru, popálení obsluhy	Obsluha neověřila zanesení řetězových drah okujemi	Vizuální ověření přítomnosti přířezů na vstupním dopravníku během provozu stroje
				Induktor běží naprázdno – ekonomická ztráta, přehřátí induktoru, popálení obsluhy	Obsluha chybně nastavila řetězové dráhy dopravníku	Ověření seřízení řetězových drah před zapnutím stroje
	Na vstupní dopravník je dopravováno velké množství přířezů		Hromadění přířezů na vstupním dopravníku	Při hromadění přířezů na vstupním dopravníku hrozí jejich pád a následné zranění operátora	Obsluha neověřila zanesení řetězových drah okujemi	Vizuálně lze ověřit mechanické poškození, závadu na čidlech spínačů ověřit nelze
				Možnost poškození kladkového podavače, při vysokém zanesení řetězových drah hrozí pád přířezů a poranění obsluhy	Obsluha neověřila průchodnost sběrného trychtýře na okuje	Průběžné ověřování průchodnosti sběrného trychtýře



ANALÝZA FMEA

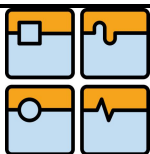
Objekt	Funkce objektu	Způsob selhání funkce objektu	Možný důsledek selhání funkce objektu		Možná příčina selhání funkce objektu	Způsob odhalení možného selhání obsluhy
			Místní důsledek	Konečný důsledek		
Kladkový podavač	Protlačování přítěží induktorem	Přítězy nejsou protlačovány induktorem	Přítězy se hromadí na vstupním žlábků, hrozí jejich pád a následné zranění obsluhy	Induktor běží naprázdno – ekonomická ztráta, přehřátí induktoru, popálení obsluhy	Obsluha nastavila příliš nízkou přitlačnou sílu horní kladky	Ověření pohybu přítěží pomocí sledovací kladky
					Homí přitlačná kladka není v mechanickém kontaktu s přítěží	Vizuální ověření kontaktu homí přitlačné kladky s přítěží
			Stavění a vzpříčení přítěží v kladkovém podavači – poškození kladkového podavače	Induktor běží naprázdno – ekonomická ztráta, přehřátí induktoru, popálení obsluhy	Obsluha chybně nastavila výšku přitlačné kladky a zamezila tím pohybu přítěží	Vizuální ověření výškového nastavení kladky mimo úroveň pohybujících se přítěží
Vstupní induktor A	Ohřev přítěží na požadovanou teplotu	Přítězy nejsou posouvány dutinou cívky	Přítězy nejsou protlačovány induktorem	Induktor B běží naprázdno – ekonomická ztráta, přehřátí induktoru B, poškození induktoru A, popálení obsluhy	Obsluha nastavila příliš vysokou přitlačnou sílu horní kladky	Ověření pohybu přítěží pomocí sledovací kladky
					Obsluha chybně nastavila chladicí obvod, vodící lišty nejsou chlazeny vodou, došlo k přivaření přítěží k vodícím lištám	Nelze
			Přítězy nejsou protlačovány induktorem	Induktor B běží naprázdno – ekonomická ztráta, přehřátí induktoru B, poškození induktoru A, popálení obsluhy	Obsluha chybně nastavila pozici pyrometru, došlo k chybné regulaci přikřonu, následně k překročení povolené teploty v dutině induktoru a došlo k přivaření přítěží k vodícím lištám	Signalizace pomocí teplotních čidel vinutí cívky
			Přítězy se hromadí na výstupu vstupního induktoru A	Induktor B běží naprázdno – ekonomická ztráta, přehřátí induktoru B, poškození induktoru A, popálení obsluhy	Obsluha chybně nastavila výškový rozdíl mezi induktorem A a B a následně došlo ke vzpříčení přítěží mezi induktory A a B	Zjištění měřením výškového rozdílu před započetím provozu stroje



ANALÝZA FMEA					
Objekt	Funkce objektu	Způsob selhání funkce objektu	Možný důsledek selhání funkce objektu		Možná příčina selhání funkce objektu
			Místní důsledek	Konečný důsledek	
Výstupní induktor B	Ohřev přívězů na požadovanou teplotu	Přívězy nejsou posouvány dutinou cívky	Přívězy se hromadí na vstupu výstupního induktoru B	Induktor B běží naprázdno – ekonomická ztráta, přehřátí induktoru B, popálení obsluhy	Obsluha chybně nastavila výškový rozdíl mezi induktorem A a B pomocí odtlačovacích šroubů induktoru A, hrozí pád přívězu a poranění obsluhy
			Přívězy nejsou protlačovány induktorem	Poškození induktoru A a B, popálení obsluhy	Obsluha chybně nastavila pozici pyrometru, došlo k chybné regulaci příkonu, následně k překročení povolené teploty v dutině induktoru a došlo k přiváření přívězů k vodícím lištám
Provozní pyrometr	Řízení výkonu ohříváče při běžném provozu	Naměření nižší teploty oproti teplotě naměřené pojistným pyrometrem	Žádný	Řízení výkonu ohříváče převezme pojistný pyrometr	Signalizace pomocí teplotních čidel vlnutí cívky
					Ověření správné prostorové orientace pomocí průhledítka provozního pyrometru
Pojistný pyrometr	Řízení výkonu ohříváče při naměření vyšší teploty pojistným pyrometrem, než provozním	Naměření vyšší teploty oproti teplotě naměřené provozním pyrometrem	Žádný	Řízení výkonu ohříváče provozním pyrometrem	Ověření čistoty přívězu pomocí průhledítka provozního pyrometru
					Ověření čistoty pomocí průhledítka provozního pyrometru
					Ověření správné prostorové orientace pomocí průhledítka pojistného pyrometru
Pojistný pyrometr	Ověření čistoty přívězu pomocí průhledítka pojistného pyrometru	Ověření čistoty přívězu pomocí průhledítka pojistného pyrometru	Ověření čistoty přívězu pomocí průhledítka pojistného pyrometru	Ověření čistoty přívězu pomocí průhledítka pojistného pyrometru	Ověření čistoty přívězu pomocí průhledítka pojistného pyrometru
					Ověření čistoty přívězu pomocí průhledítka pojistného pyrometru

ANALÝZA FMEA

Objekt	Funkce objektu	Způsob selhání funkce objektu	Možný důsledek selhání funkce objektu		Možná příčina selhání funkce objektu	Způsob odhalení možného selhání obsluhy
			Místní důsledek	Konečný důsledek		
Oddělovací kladka	Oddělení přířezů, na výstupu z induktoru, které byly svařeny v důsledku ohřívání	Přířezy na výstupu z induktoru nejsou od sebe odděleny	Přířezy nejsou oddělovány	Vzpříčení přířezu ve výstupním dopravníku s třídičkou ohřátých přířezů	Obsluha chybně nastavila svislou pozici kladky	Kladka není v kontaktu s přířezem
			Zastavení pohybu přířezů v celém stroji	Mechanické poškození stroje, zranění operátora vzpříčenými či padajícími přířezi	Obsluha chybně nastavila vodorovnou pozici kladky	Přířezy nejsou od sebe oddělovány
					Obsluha chybně nastavila frekvenci otáčení kladky	Přířezy nejsou od sebe oddělovány
Kladkový žlábek	Slouží k podepření přířezů větší délky (rozděleno podle průměru přířezu)	Vzpříčení přířezu na výstupu z oddělovací kladky	Vzpříčení přířezu	Poškození oddělovací kladky	Chybné výškové nastavení pozice kladky	Při provozu dochází k zarážení přířezů o kladku
Chladicí rozvod	Chlazení stroje	Přehřívání stroje	Žádný	Přehřátí induktoru	Obsluha zavřela některý z kohoutů KH1, KH2, KH4	Optické ověření otevření kohoutů operátorem
					Obsluha otevřela kohout KH8	Optické ověření zavření kohoutu operátorem
					Obsluha otevřela některý z kohoutů KH3, KH5 do nesprávné polohy	Optické ověření správného otevření kohoutu operátorem
					Obsluha neověřila tlakovou ztrátu na manometrech WM1 a WM2	Tlaková ztráta cca 50kPa indikovaná na manometrech WM1 a WM2



Příloha 2 – Úkolový diagram HTA analýzy, PHEA analýza

HTA-PHEA Analysis

Úkolový diagram

Podnik: ROBOTERM spol.s r.o.

Pracovní zařízení obsluhy: Obsluha Indukčního ohříváče KSO 1000/1,2-C25

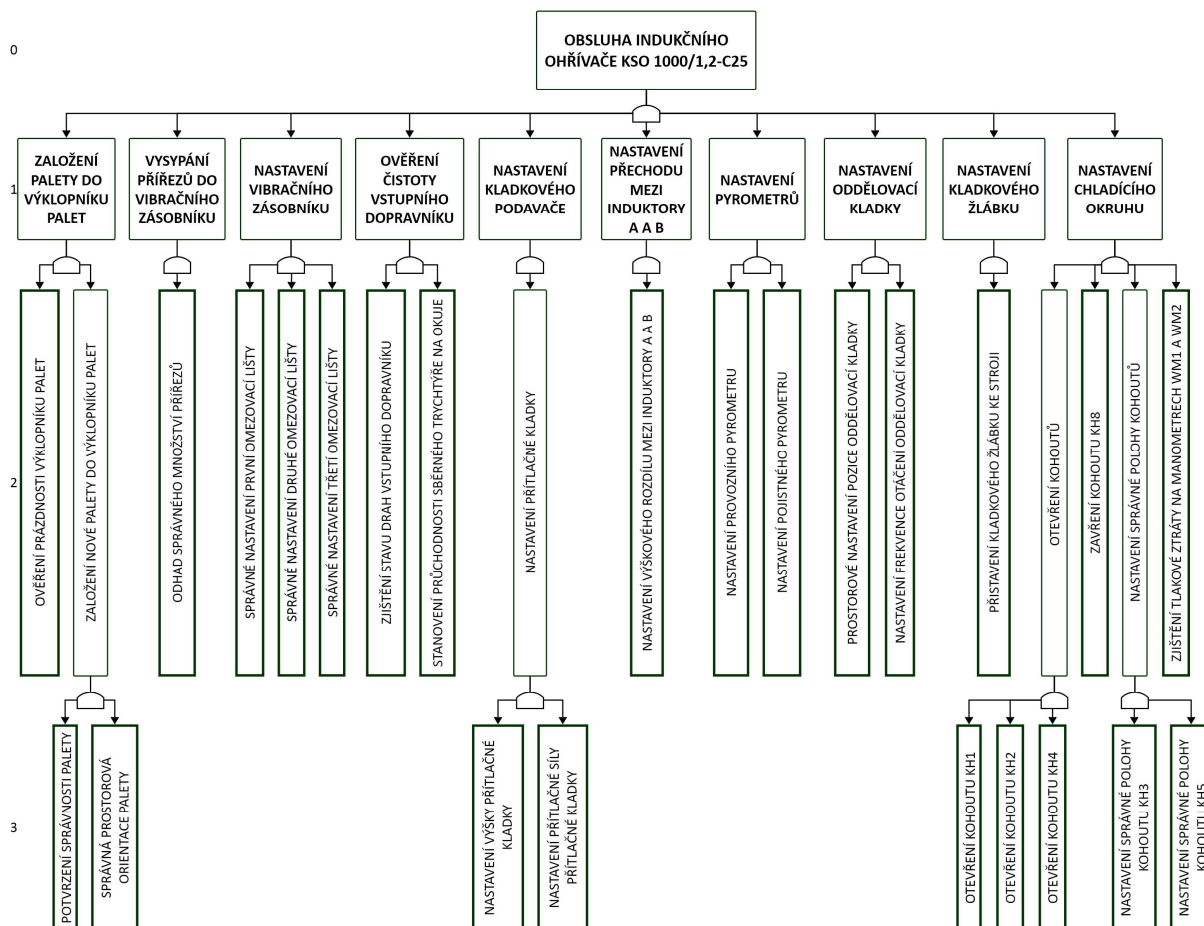
Provoz:

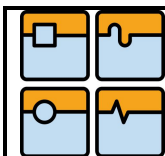
Pracovní reglementy:

Pracovní operace: Obsluha Indukčního ohříváče KSO 1000/1,2-C25

Datum: 21.4.2014

Provedl: Bc. David Kučera

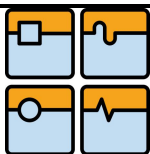




Příloha 3 – Výstup z integrované metody HTA-PHEA

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb
		Q-PHEA											
Krok	Zpětná vazba splnění úkolu	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP	Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba vykonání chyby	Nápravná opatření
1.1 Ověření prázdnosti výklopníku palet	Ano	A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	I.1	Pracovní vytížení	W	Nebude možno provést založení nové palety do výklopníku palet.	Ano	- Snížit pracovní vytížení operátora
								I.2	Osvětlení	W			- Zlepšit osvětlení v okolí stroje
								II.1	Umístění zařízení a přístup k němu	N			- Umístit stroj tak, aby byl umožněn snadný přístup k výklopníku palet
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			- Jasně stanovit povinnosti obsluhy, důkladné zacvičení obsluhy

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb
		Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Q-PHEA			Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba vykonání chyby	
Krok	Zpětná vazba splnění úkolu				Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP						Nápravná opatření
1.2.1 Potvrzení správnosti palety	Ne	A6	Správná akce na špatném objektu	Obecná chyba provedení (např. chybné přečtení instrukce nebo popisu a následné vybrání špatného ovládače)	0,003	L	0,001	I.2	Osvětlení	W	Při založení odlišné palety, než jsou té, kterou je možno používat, hrozí poškození výklopníku palet, a zranění obsluhy.	Ne	- Používat pouze jeden správný typ palet u všech operací, které předchází zakládání palet do výklopníku palet. - Úprava předpisů, informovat obsluhu o důvodu použití konkrétního typu palet.
								II.1	Značení a popisky	W			
								II.3	Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů	W			
		A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01		I.1	Pracovní vytížení	W				
							I.2	Osvětlení	W				
							III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W				
		T2	Je předána špatná informace	Chybně napsaná informace nebo číslo, které jsou předávány dál	0,01		I.2	Osvětlení	W				
							II.1	Značení a popisky	W				
							III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W				



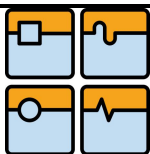
DIPLOMOVÁ PRÁCE

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb
		Q-PHEA											
Krok	Zpětná vazba a splnění úkolu	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP	Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba a vykonání chyby	Nápravná opatření
1.2.2 Správná prostorová orientace palety	Ano	A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	I.1	Pracovní vytížení	W	Při špatné prostorové orientaci palety, ve výklopníku palet, hrozí poškození výklopníku palet, a zranění obsluhy.	Ano	- Instalace optického čidla do výklopníku palet tak, aby při správné prostorové orientaci palety čidlo signalizovalo „přítomnost“ nosného oka pod zádržným lůžkem.
								I.2	Osvětlení	W			
								II.3	Podpora pro diagnózu chyb	W			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků	Redukce chyb	
Krok	Zpětná vazba splnění úkolu	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Q-PHEA			Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba vykonání chyby	Nápravná opatření
					Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP						
2.1 Odhad správného množství přřezů	Ne	P1	Předpoklady plánu jsou ignorovány	Doplnění zásobníků jejich limit pod	0,003	EX	0,001	I.2	Osvětlení	W	Vysoká hluková úroveň vibračního zásobníku, hrozí poškození sluchu obsluhy stroje.	Ne	- Instalace čidla hmotnosti přřezů vysypaných do vibračního zásobníku.
								II.3	Kompatibilita předpisů s provozními zkušenostmi	W			
								II.3	Podpora pro diagnózu chyb	W			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			
				Přeplnění zásobníků jejich limit nad	0,003	L	0,001	I.2	Osvětlení	W	Hrozí přeplnění vibračního zásobníku, vypadnutí přřezů/ů následně poranění obsluhy.	Ne	- Instalace čidla hmotnosti přřezů vysypaných do vibračního zásobníku.
								II.3	Kompatibilita předpisů s provozními zkušenostmi	W			
								II.3	Podpora pro diagnózu chyb	W			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			

HTA		PHEA												
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb	
Krok	Zpětná vazba a splnění úkolu	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Q-PHEA			Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba a vykonání chyby	Nápravná opatření	
					Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP							
3.1 Správné nastavení první omezovací lišty	Ano	A6	Správná akce na špatném objektu	Obecná chyba provedení (např. chybné přečtení instrukce nebo popisu a následné vybrání špatného ovládače)	0,003	L	0,001	I.2	Osvětlení	W	Při nastavení jiné omezovací lišty hrozí pád přítěže na výstupu z vibračního dopravníku a zranění obsluhy.	Ano	- Důkladná informovanost obsluhy stroje o funkci omezovací lišty, jednoznačné stanovení její funkce a zanesení tohoto do dokumentace k provozu stroje. - Instruktaž obsluhy stroje o správném nastavení polohy omezovací lišty a zanesení tohoto do dokumentace ke stroji.	
								II.3	Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů	W				
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W				
		A7	Špatná akce na správném objektu	Chybné technické nastavení zařízení nebo jeho části	-	EX	0,001	I.2	Osvětlení	W				Při špatném nastavení omezovací lišty hrozí pád přítěže na výstupu z vibračního dopravníku a zranění obsluhy.
								II.3	Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů	W				
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W				
		A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	I.2	Osvětlení	W				Při nenastavení omezovací lišty hrozí pád přítěže na výstupu z vibračního dopravníku a zranění obsluhy.
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W				

HTA		PHEA												
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb	
Krok	Zpětná vazba a splnění úkolu	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Q-PHEA			Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba a vykonání chyby	Nápravná opatření	
					Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP							
3.2 Správné nastavení druhé omezovací lišty	Ano	A6	Správná akce na špatném objektu	Obecná chyba provedení (např. chybné přečtení instrukce nebo popisu a následné vybrání špatného ovládače)	0,003	L	0,001	I.2	Osvětlení	W	Při nastavení jiné omezovací lišty hrozí pád přítěže na výstupu z vibračního dopravníku a zranění obsluhy.	Ano	- Důkladná informovanost obsluhy stroje o funkci omezovací lišty, jednoznačné stanovení její funkce a zanesení tohoto do dokumentace k provozu stroje. - Instruktaž obsluhy stroje o správném nastavení polohy omezovací lišty a zanesení tohoto do dokumentace ke stroji.	
								II.3	Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů	W				
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W				
		A7	Špatná akce na správném objektu	Chybné technické nastavení zařízení nebo jeho části	-	EX	0,001	I.2	Osvětlení	W				Při špatném nastavení omezovací lišty hrozí pád přítěže na výstupu z vibračního dopravníku a zranění obsluhy.
								II.3	Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů	W				
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W				
		A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	I.2	Osvětlení	W				Při nenastavení omezovací lišty hrozí pád přítěže na výstupu z vibračního dopravníku a zranění obsluhy.
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W				



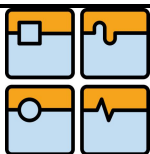
DIPLOMOVÁ PRÁCE

HTA		PHEA												
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků	Redukce chyb		
					Q-PHEA									
Krok	Zpětná vazba a splnění úkolu	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP	Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba a vykonání chyby	Nápravná opatření	
3.3 Správné nastavení třetí omezovací lišty	Ano	A6	Správná akce na špatném objektu	Obecná chyba provedení (např. chybné přečtení instrukce nebo popisu a následné vybrání špatného ovládače)	0,003	L	0,001	I.2	Osvětlení	W	Při nastavení jiné omezovací lišty hrozí pád přifezu na výstupu z	Ano	- Důkladná informovanost obsluhy stroje o funkci omezovací lišty, jednoznačné stanovení její funkce a zanesení tohoto do dokumentace k provozu stroje. - Instruktaž obsluhy stroje o správném nastavení polohy omezovací lišty a zanesení tohoto do dokumentace ke stroji.	
								II.3	Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů	W	vibračního dopravníku a zranění obsluhy.			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W				
		A7	Špatná akce na správném objektu	Chybné technické nastavení zařízení nebo jeho části	0,001	EX	0,001	I.2	Osvětlení	W	Při špatném nastavení omezovací lišty hrozí pád přifezu na výstupu z			
								II.3	Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů	W				
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W				
		A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	I.2	Osvětlení	W	Při nenastavení omezovací lišty hrozí pád přifezu na výstupu z			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W				

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb					Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb	
		Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP	Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky		Zpětná vazba vykonání chyby
Krok	Zpětná vazba splnění úkolu											Nápravná opatření	
4.1 Zjištění stavu vstupního dopravníku	Ano	A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	I.2	Osvětlení	W	Při nadměrném zanesení vstupního dopravníku okujemi hrozí poškození vstupního dopravníku a následně je možné zranění obsluhy.	Ano	- Stanovení provozního intervalu (nad rámec běžného údržbového intervalu) k průběžnému ověřování čistoty vstupního dopravníku.
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			
4.2 Stanovení průchodnosti sběrného trychtýře na okuje	Ano	A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	I.2	Osvětlení	W	Při zanesení sběrného trychtýře okujemi hrozí hromadění okuj na vstupním dopravníku a jeho poškození a následně je možné zranění obsluhy.	Ano	- Stanovení provozního intervalu (nad rámec běžného údržbového intervalu) k průběžnému ověřování průchodnosti vstupního dopravníku.
								II.3	Podpora pro diagnózu chyb	W			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb
		Q-PHEA											
Krok	Zpětná vazba splnění úkolu	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP	Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba vykonání chyby	Nápravná opatření
5.1.1 Nastavení výšky přítlačné kladky	Ano	A7	Špatná akce na správném objektu	Nedostatečně provedené technické nastavení zařízení (s následkem nedostatečného napájení, nižšího průtoku apod.)	0,0065	L	0,002	I.2	Osvětlení	W	Při chybném nastavení výšky přítlačné kladky může dojít k poškození přítlačné kladky a zranění obsluhy vzpříčenými nebo padajícími předměty.	Ano	- Důkladné proškolení obsluhy o výškovém nastavení přítlačné kladky. - Vytvoření předpisu stanovujícího přesné parametry nastavení vzhledem k použitým předmětům.
								II.3	Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů	W			
								II.3	Podpora pro Diagnózu chyb	W			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			
		A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	I.2	Osvětlení	W	Při nenastavení výšky přítlačné kladky může dojít k poškození přítlačné kladky a zranění obsluhy vzpříčenými nebo padajícími předměty.		
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF		Analýza následků		Redukce chyb	
Krok	Zpětná vazba splnění úkolu	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Q-PHEA			Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba vykonání chyby	Nápravná opatření
					Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP						
5.1.2 Nastavení přítlačné síly	Ano	A7	Špatná akce na správném objektu	Nedostatečně provedené technické nastavení zařízení (s následkem nedostatečného napájení, nižšího průtoku apod.)	0,0065	L	0,002	I.2	Osvětlení	W	Při chybném nastavení přítlačné síly přítlačné kladky může dojít k poškození přítlačné kladky a zranění obsluhy vzpříčenými nebo padajícími předměty.	Ano	- Důkladné proškolení obsluhy způsobu nastavení přítlačné síly přítlačné kladky.
								II.3	Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů	W			
								II.3	Podpora pro Diagnózu chyb	W			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			
		A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	I.2	Osvětlení	W	Při nenastavení přítlačné síly přítlačné kladky může dojít k poškození přítlačné kladky a zranění obsluhy vzpříčenými nebo padajícími předměty.	Ano	- Vytvoření předpisu stanovujícího přesné parametry nastavení vzhledem k použitým předmětům.
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			

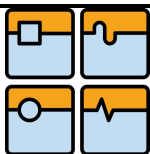


HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků	Redukce chyb	
		Q-PHEA											
Krok	Zpětná vazba a splnění úkolu	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP	Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba a vykonání chyby	Nápravná opatření
6.1. Nastavení výškového rozdílu mezi induktory A a B	Ano	A7	Špatná akce na správném objektu	Nedostatečně provedené technické nastavení zařízení (s následkem nedostatečného napájení, nižšího průtoku apod.)	0,0065	L	0,002	I.2	Osvětlení	W	Při nastavení nedostatečného výškového rozdílu mezi induktory může dojít k poškození induktoru a zranění obsluhy padajícími a ohřátými přítěžemi.	Ano	- Instalace optického čidla, které bude signalizovat nastavení správného výškového rozdílu mezi induktory.
								II.3	Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů	W			
								II.3	Podpora pro Diagnózu chyb	W			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			
		A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	I.2	Osvětlení	W	Při nenastavení výškového rozdílu mezi induktory může dojít k poškození induktorů a zranění obsluhy padajícími a ohřátými přítěžemi.		
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF		Analýza následků		Redukce chyb	
		Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Q-PHEA			Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky		Zpětná vazba vykonání chyby
Krok	Zpětná vazba splnění úkolu				Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP					Nápravná opatření	
7.1 Nastavení provozního pyrometru	Ano	A7	Špatná akce na správném objektu	Nedostatečně provedené technické nastavení zařízení (s následkem nedostatečného napájení, nižšího průtoku apod.)	0,0065	L	0,002	I.2	Osvětlení	W	Při chybném nastavení pozice provozního pyrometru může dojít k chybné regulaci příkonu induktorů, jejich poškození a poranění obsluhy.	Ano	- Důkladné proškolení obsluhy o funkci pyrometru, stanovení přesného nastavení pozice pyrometru a zanesení tohoto do provozního předpisu.
								II.3	Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů	W			
								II.3	Podpora pro Diagnózu chyb	W			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			
		A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	I.2	Osvětlení	W	Při nenastavení pozice provozního pyrometru může dojít k chybné regulaci příkonu induktorů, jejich poškození a poranění obsluhy.		
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb
Krok	Zpětná vazba a splnění úkolu	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Q-PHEA			Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba a vykonání chyby	
					Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP						
7.2 Nastavení pojistného pyrometru	Ano	A7	Špatná akce na správném objektu	Nedostatečně provedené technické nastavení zařízení (s následkem nedostatečného napájení, nižšího průtoku apod.)	0,0065	L	0,002	I.2	Osvětlení	W	Při chybném nastavení pozice pojistného pyrometru může dojít k chybné regulaci příkonu induktorů, jejich poškození a poranění obsluhy.	Ano	- Důkladné proškolení obsluhy o funkci pyrometru, stanovení přesného nastavení pozice pyrometru a zanesení tohoto do provozního předpisu.
								II.3	Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů	W			
								II.3	Podpora pro Diagnózu chyb	W			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			
		A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	I.2	Osvětlení	W	Při nenastavení pozice pojistného pyrometru může dojít k chybné regulaci příkonu induktorů, jejich poškození a poranění obsluhy.		
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb
Krok	Zpětná vazba a splnění úkolu	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Q-PHEA			Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba a vykonání chyby	Nápravná opatření
					Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP						
8.1 Prostorové nastavení pozice oddělovací kladky	Ano	A7	Špatná akce na správném objektu	Nedostatečně provedené technické nastavení zařízení (s následkem nedostatečného napájení, nižšího průtoku apod.)	0,0065	L	0,002	I.2	Osvětlení	W	Při chybném nastavení pozice oddělovací kladky může dojít k poškození oddělovací kladky a zranění obsluhy.	Ano	- Důkladné proškolení obsluhy o funkci oddělovací kladky, stanovení přesného nastavení pozice oddělovací kladky a zanesení tohoto do provozního předpisu.
								II.3	Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů	W			
								II.3	Podpora pro Diagnózu chyb	W			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			
		A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	I.2	Osvětlení	W	Při nenastavení pozice oddělovací kladky může dojít k poškození oddělovací kladky a zranění obsluhy.		
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			



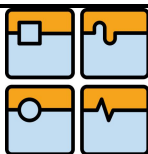
DIPLOMOVÁ PRÁCE

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb
Krok	Zpětná vazba splnění úkolu	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Q-PHEA			Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba vykonání chyby	
					Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP						
8.2 Nastavení frekvence otáčení oddělovací kladky	Ano	A7	Špatná akce na správném objektu	Nedostatečně provedené technické nastavení zařízení (s následkem nedostatečného napájení, nižšího průtoku apod.)	0,0065	L	0,002	I.2	Osvětlení	W	Při chybném nastavení frekvence otáčení oddělovací kladky může dojít k poškození oddělovací kladky a přřezů a zranění obsluhy.	Ano	- Důkladné proškolení obsluhy o funkci oddělovací kladky, stanovení přesného nastavení frekvence otáčení oddělovací kladky a zanesení tohoto do provozního předpisu.
								II.3	Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů	W			
								II.3	Podpora pro Diagnózu chyb	W			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			
		A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	I.2	Osvětlení	W			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	W			

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb
Krok	Zpětná vazba splnění úkolu	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP	Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba vykonání chyby	
9.1 Nastavení kladkového žlábků	Ano	A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	I.2	Osvětlení	W	Při nepřistavení kladkového žlábků ke stroji může dojít k poškození oddělovací kladky, vzpříčení přřezu a zranění obsluhy.	Ano	- Informovat obsluhu stroje o případě, kdy je nutno přistavit kladkový žlábek, další opatření nejsou potřebná (přistavení je signalizováno sepnutím koncového spínače).
								II.3	Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů	W			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	I			

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb
Krok	Zpětná vazba splnění úkolu	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Q-PHEA			Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba a vykonání chyby	Nápravná opatření
					Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP						
10.1.1 Otevření kohoutu KH1	Ano	A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	II.1	Umístění zařízení a přístup k němu	N	Při neotevření kohoutu nebude fungovat chladicí okruh stroje, hrozí jeho poškození a popálení obsluhy.	Ne	- Zlepšit popisky kohoutů a značení celého chladicího systému. - Seznámit obsluhu s funkcí chladicího systému a směrem proudění chladicí kapaliny.
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	N			
		S2	Provedení špatného výběru	Chybná manipulace s ventilem (obsluha chybně nastaví ventil do jedné z poloh - "otevřen" nebo "zavřen")	0,01	L	0,005	I.2	Osvětlení	I	Při neotevření kohoutu nebude fungovat chladicí okruh stroje, hrozí jeho poškození a popálení obsluhy.		
								II.1	Umístění zařízení a přístup k němu	N			
								II.1	Značení a popisky	W			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	N			
				Obsluha pro manipulaci zvolí špatný ventil	0,003	L	0,0006	I.2	Osvětlení	I	Při otevření jiného kohoutu nemusí fungovat chladicí obvod, hrozí přehřívání stroje, jeho poškození a popálení obsluhy.		
								II.1	Umístění zařízení a přístup k němu	N			
								II.1	Značení a popisky	W			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	N			

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb
Krok	Zpětná vazba splnění úkolu	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Q-PHEA			Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba a vykonání chyby	Nápravná opatření
					Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP						
10.1.2 Otevření kohoutu KH2	Ano	A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	II.1	Umístění zařízení a přístup k němu	N	Při neotevření kohoutu nebude fungovat chladicí okruh stroje, hrozí jeho poškození a popálení obsluhy.	Ne	- Zlepšit popisky kohoutů a značení celého chladicího systému. - Seznámit obsluhu s funkcí chladicího systému a směrem proudění chladicí kapaliny.
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	N			
		S2	Provedení špatného výběru	Chybná manipulace s ventilem (obsluha chybně nastaví ventil do jedné z poloh - "otevřen" nebo "zavřen")	0,01	L	0,005	I.2	Osvětlení	I	Při neotevření kohoutu nebude fungovat chladicí okruh stroje, hrozí jeho poškození a popálení obsluhy.		
								II.1	Umístění zařízení a přístup k němu	N			
								II.1	Značení a popisky	W			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	N			
				Obsluha pro manipulaci zvolí špatný ventil	0,003	L	0,0006	I.2	Osvětlení	I	Při otevření jiného kohoutu nemusí fungovat chladicí obvod, hrozí přehřívání stroje, jeho poškození a popálení obsluhy.		
								II.1	Umístění zařízení a přístup k němu	N			
								II.1	Značení a popisky	W			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	N			



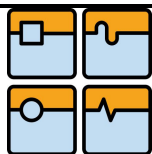
DIPLOMOVÁ PRÁCE

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků	Redukce chyb	
Krok	Zpětná vazba splnění úkolu	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Q-PHEA			Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba vykonání chyby	Nápravná opatření
					Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP						
10.1.3 Otevření kohoutu KH4	Ano	A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	II.1	Umístění zařízení a přístup k němu	N	Při neotevření kohoutu nebude fungovat chladicí okruh stroje, hrozí jeho poškození a popálení obsluhy.	Ne	- Zlepšit popisky kohoutů a značení celého chladicího systému. - Seznámit obsluhu s funkcí chladicího systému a směrem proudění chladicí kapaliny.
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	N			
		S2	Provedení špatného výběru	Chybná manipulace s ventilem (obsluha chybně nastaví ventil do jedné z poloh - "otevřen" nebo "zavřen")	0,01	L	0,005	I.2	Osvětlení	I	Při neotevření kohoutu nebude fungovat chladicí okruh stroje, hrozí jeho poškození a popálení obsluhy.		
								II.1	Umístění zařízení a přístup k němu	N			
								II.1	Značení a popisky	W			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	N			
				Obsluha pro manipulaci zvolí špatný ventil	0,003	L	0,0006	I.2	Osvětlení	I	Při otevření jiného kohoutu nemusí fungovat chladicí obvod, hrozí přehřívání stroje, jeho poškození a popálení obsluhy.		
								II.1	Umístění zařízení a přístup k němu	N			
								II.1	Značení a popisky	W			
								III.1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	N			

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb
		Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP	Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba vykonání chyby	
Krok	Zpětná vazba splnění úkolu												Kód
10.2 Zavření kohoutu KH8	Ano	A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	II. 1	Umístění zařízení a přístup k němu	N	Při nezavření kohoutu nebude fungovat chladicí okruh stroje, hrozí jeho poškození a popálení obsluhy.	Ne	- Zlepšit popisky kohoutů a značení celého chladicího systému. - Seznámit obsluhu s funkcí chladicího systému a směrem proudění chladicí kapaliny.
								III. 1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	N			
		S2	Provedení špatného výběru	Chybná manipulace s ventilem (obsluha chybně nastaví ventil do jedné z poloh - "otevřen" nebo "zavřen")	0,01	L	0,005	I. 2	Osvětlení	I	Při otevření kohoutu nebude fungovat chladicí okruh stroje, hrozí jeho poškození a popálení obsluhy.		
								II. 1	Umístění zařízení a přístup k němu	N			
								II. 1	Značení a popisky	W			
								III. 1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	N			
				Obsluha pro manipulaci zvolí špatný ventil	0,003	L	0,0006	I. 2	Osvětlení	I	Při zavření jiného kohoutu nemusí fungovat chladicí obvod, hrozí přehřívání stroje, jeho poškození a popálení obsluhy.		
								II. 1	Umístění zařízení a přístup k němu	N			
								II. 1	Značení a popisky	W			
								III. 1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	N			

HTA		PHEA													
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb		
Krok	Zpětná vazba a splnění úkolů	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Q-PHEA			Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba a vykonání chyby			
					Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP								
10.3.1 Nastavení správné polohy kohoutu KH3	Ano	A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	II. 1	Umístění zařízení a přístup k němu	N	Při opomenutí nastavení správné polohy kohoutu nedojde ke správné funkci chladicího obvodu stroje, může dojít k jeho přehřívání a popálení obsluhy.	Ne	- Zlepšit popisky kohoutů a značení celého chladicího systému. - Seznámit obsluhu s funkcí chladicího systému a směrem proudění chladicí kapaliny.		
							III. 1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	N						
		S2	Provedení špatného výběru	Chybné nastavení průtoku vlivem špatné manipulace s ventilem	0,0004	L	0,0001	I. 2	Osvětlení	I	Při nastavení špatné polohy kohoutu nedojde ke správné funkci chladicího obvodu stroje, může dojít k jeho přehřívání a popálení obsluhy.				
								II. 1	Umístění zařízení a přístup k němu	N					
				Obsluha pro manipulaci zvolí špatný ventil	0,003	L	0,0006	III. 1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	N					
								I. 2	Osvětlení	I	Při nastavení jiného kohoutu do polohy, odpovídající pro kohout KH3, nemusí dojít ke správné funkci chladicího obvodu a může dojít k přehřívání stroje a jeho poškození, může dojít k popálení obsluhy.				
				II. 1	Umístění zařízení a přístup k němu	N									
				II. 1	Značení a popisky	W									

HTA		PHEA													
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb		
Krok	Zpětná vazba a splnění úkolů	Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Q-PHEA			Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba a vykonání chyby			
					Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP								
10.3.2 Nastavení správné polohy kohoutu KH5	Ano	A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	II. 1	Umístění zařízení a přístup k němu	N	Při opomenutí nastavení správné polohy kohoutu nedojde ke správné funkci chladicího obvodu stroje, může dojít k jeho přehřívání a popálení obsluhy.	Ne	- Zlepšit popisky kohoutů a značení celého chladicího systému. - Seznámit obsluhu s funkcí chladicího systému a směrem proudění chladicí kapaliny.		
							III. 1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	N						
		S2	Provedení špatného výběru	Chybné nastavení průtoku vlivem špatné manipulace s ventilem	0,0004	L	0,0001	I. 2	Osvětlení	I	Při nastavení špatné polohy kohoutu nedojde ke správné funkci chladicího obvodu stroje, může dojít k jeho přehřívání a popálení obsluhy.				
								II. 1	Umístění zařízení a přístup k němu	N					
				Obsluha pro manipulaci zvolí špatný ventil	0,003	L	0,0006	III. 1	Značení a popisky	W					
								I. 2	Osvětlení	I	Při nastavení jiného kohoutu do polohy, odpovídající pro kohout KH5, nemusí dojít ke správné funkci chladicího obvodu a může dojít k přehřívání stroje a jeho poškození, může dojít k popálení obsluhy.				
				II. 1	Umístění zařízení a přístup k němu	N									
				II. 1	Značení a popisky	W									



DIPLOMOVÁ PRÁCE

HTA		PHEA											
Analýza subúkolů		Analýza relevantních chyb						Analýza PIF			Analýza následků		Redukce chyb
		Kód	Typ chyby	Relevantní chyby	Q-PHEA			Kód	Dotčené PIF	Kritičnost	Následky	Zpětná vazba vykonání chyby	
Krok	Zpětná vazba splnění úkolu				Střední hodnota HEP	Kategorie závažnosti HEP	Výsledná HEP						Nápravná opatření
10.4 Zjištění tlakové ztráty na manometrech WM1 a WM2	Ano	A8	Akce opomenuta	Opomenutí provést požadovanou akci	0,01	L	0,001	II. 1	Umístění zařízení a přístup k němu	N	Při nezjištění předepsané tlakové ztráty na manometrech WM1 a WM2 nedojde ke správnému chlazení stroje, může nastat jeho přehřívání a popálení obsluhy.	Ne	- Instalace čidla a signalizačního zařízení, které bude při dosažení tlakové ztráty mimo stanovený rozsah, signalizovat obsluze stroje informaci, že je nutno vyčistit filtr.
								III. 1	Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	N			
		R2	Získání chybné informace	Chyba při čtení textu a čísel	0,005	L	0,003	I. 2	Osvětlení	I			
								II. 1	Umístění zařízení a přístup k němu	N			
	II. 1							Značení a popisky	W				
	III. 1							Vymezení pracovní náplně zaměstnanců	N				