

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Brno, 2024

Radek Paloš



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

PROCESNÍ MODEL LABORATOŘE SPÍNACÍCH PŘÍSTROJŮ

PROCESS MODEL OF THE SWITCHGEAR LABORATORY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Radek Paloš

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. David Šimek, Ph.D.

BRNO 2024

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Student: Radek Paloš

ID: 230410

Ročník: 3

Akademický rok: 2023/24

NÁZEV TÉMATU:

Procesní model laboratoře spínacích přístrojů

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se s metodami analýzy procesů a postupů.
2. Vytvořte přehledný seznam metod analýzy procesů včetně jejich výhod a nevýhod.
3. Na základě nabytých znalostí aplikujte vhodnou metodu a vytvořte model vybraných procesů laboratoře spínacích přístrojů VUT v Brně.
4. Dle vybraných kritérií proveďte vyhodnocení jednotlivých procesů a navrhnete optimalizace.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] BUŠOV, Bohuslav, Pavel JIRMAN a Vladimír DOSTÁL. Tvorba a řešení inovačních zadání (HA + ARIZ). Brno: IndustRIZ International, 1996. Studijní text pro střední a vysoké školy technické.
- [2] GEORGE, Michael L. Kapesní příručka Lean Six Sigma: rychlý průvodce téměř 100 nástroji na zlepšování kvality procesů, rychlosti a komplexity. [Brno]: SC&C Partner, 2010. ISBN 978-80-904099-2-7.
- [3] TÖPFER, Armin. Six Sigma: koncepce a příklady pro řízení bez chyb. Brno: Computer Press, 2008. Business books. ISBN 978-80-251-1766-8.

Termín zadání: 5.2.2024

Termín odevzdání: 29.5.2024

Vedoucí práce: Ing. David Šimek, Ph.D.

prof. Ing. Petr Toman, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Práce se zabývá problematikou optimalizace procesů. Zejména pak dvěma vybranými metodami z tohoto oboru, Lean six sigma a TRIZ. Obě tyto metody jsou zde stručně popsány, konkrétně v práci najdeme kapitoly věnující se historii, možnostem využití metod a popisu vybraných nástrojů k jejich realizaci. Součástí práce je i srovnání metod, včetně uvedení jejich výhod a nevýhod.

Následující část práce se pak věnuje zmapování procesů příprav vybraných zkoušek v laboratoři UVEE FEKT na VUT v Brně. Kromě mapy procesů je provedena analýza jednotlivých procesů a vyhodnocení s možností budoucí optimalizace.

Klíčová slova

Optimalizace, analýza procesů, mapa procesu, Lean six sigma, TRIZ, BPMN, laboratoř spínacích přístrojů

Abstract

This thesis deals with the issue of process optimization. Especially with two selected methods, Lean six sigma and TRIZ. Both of these methods are briefly described, especially we could find in this thesis chapters about history, options of usage, and description of selected tools for realization. The thesis also deals with the comparison between methods, including their advantages and disadvantages.

The next part of the thesis is about process mapping of preparation before testing electrical devices in the UVEE department FEET laboratory, which is part of BUT. Except process map, there is an analysis of each process, evaluation, and future possible optimization.

Keywords

Optimization, process analysis, process map, Lean six sigma, TRIZ, BPMN, switch gear laboratory

Bibliografická citace

PALOŠ, Radek. *Procesní model laboratoře spínacích přístrojů* [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-05-19]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/159079>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky. Vedoucí práce David Šimek.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	Radek Paloš
VUT ID studenta:	230410
Typ práce:	Bakalářská
Akademický rok:	2023/24
Téma závěrečné práce:	Procesní model laboratoře spínacích přístrojů

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 19. května 2024

podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Davidu Šimkovi, Ph.D. za odbornou pomoc a rady při zpracování této práce a dále děkuji doc. Ing. Bohuslavu Bušovovi, CSc. za vstřícný přístup ohledně studijních materiálů a pomoc s metodikou TRIZ.

V Brně dne: 19. května 2024

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	10
SEZNAM TABULEK.....	11
ÚVOD	12
1. OPTIMALIZACE	13
1.1 VÝBĚR OBJEKTU OPTIMALIZACE.....	13
1.2 SBĚR DAT	13
1.3 ANALÝZA	14
1.4 SYNTÉZA	14
1.5 ZAVÁDĚNÍ.....	14
1.6 KONTROLA	15
2. LEAN SIX SIGMA.....	16
2.1 HISTORIE	16
2.2 PRINCIP	16
2.3 NÁSTROJE.....	18
2.3.1 <i>Hlas zákazníka</i>	18
2.3.2 <i>DMAIC</i>	18
2.3.3 <i>SWOT analýza</i>	20
2.3.4 <i>SIPOC diagram</i>	21
2.3.5 <i>Metoda 5S</i>	22
2.4 VYUŽITÍ.....	23
2.5 SHRUTÍ.....	23
3. TRIZ.....	24
3.1 HISTORIE	24
3.2 PRINCIP	24
3.3 NÁSTROJE.....	26
3.3.1 <i>Formulace problému v TRIZ</i>	26
3.3.2 <i>Altšullerova tabulka invenčních principů</i>	26
3.3.3 <i>Čtyř krokový algoritmus pro fyzikální rozpor</i>	27
3.3.4 <i>RCA – Root cause analysis</i>	27
3.3.5 <i>Separáčn</i> í postupy.....	27
3.3.6 <i>Zákonitosti rozvoje techniky</i>	28
3.3.7 <i>FNA – funkčně nákladová analýza</i>	28
3.3.8 <i>Su-Field analýza</i>	29
3.4 VYUŽITÍ.....	29
3.5 SHRUTÍ.....	29
4. SROVNÁNÍ METOD OPTIMALIZACE	31
5. MAPOVÁNÍ PROCESU	33
5.1 TVORBA PROCESNÍ MAPY	34
5.1.1 <i>Specifikace mapovaných procesů</i>	34
5.1.2 <i>Stanovení základních požadavků</i>	35

5.1.3	<i>Struktura procesní mapy</i>	35
5.2	PARAMETRY KROKŮ MAPY	36
5.2.1	<i>Krok</i>	36
5.2.2	<i>Čas</i>	36
5.2.3	<i>Počet pracovníků</i>	37
5.2.4	<i>Nástroje a spotřební materiál</i>	38
5.2.5	<i>Místo</i>	38
5.2.6	<i>Vzdálenost</i>	39
5.2.7	<i>Priorita</i>	41
5.2.8	<i>Popis</i>	41
5.2.9	<i>Problém</i>	41
5.2.10	<i>Náklady</i>	42
6.	VYHODNOCENÍ ANALÝZY PROCESŮ	43
6.1	MAPOVANÉ A ANALYZOVANÉ PROCESY	43
6.1.1	<i>Zkouška dlouhodobé životnosti</i>	43
6.1.2	<i>Oteplovací zkouška s proudem vyšším než 1000 A</i>	44
6.1.3	<i>Oteplovací zkouška s proudem nižším než 1000 A</i>	45
6.1.4	<i>Zkouška zkratové odolnosti</i>	45
6.1.5	<i>Zkouška mechanické životnosti</i>	46
6.2	UKÁZKOVÉ VYHODNOCENÍ	46
6.2.1	<i>Vzorový proces</i>	47
6.2.2	<i>SWOT analýza</i>	48
6.2.3	<i>FNA</i>	51
6.2.4	<i>Porovnání</i>	52
6.3	VYHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH PROCESŮ	53
6.3.1	<i>Příprava TTL</i>	53
6.3.2	<i>Převzetí a uskladnění vzorku</i>	54
6.3.3	<i>Osazení pohonů</i>	55
6.3.4	<i>Otvory pro připevnění vzorku</i>	55
6.3.5	<i>Příprava termočlánků</i>	56
6.3.6	<i>Příprava rychlokamery</i>	57
6.3.7	<i>Spuštění a tlakování kompresoru</i>	57
6.3.8	<i>Převoz a rozbalení vzorku</i>	57
6.3.9	<i>Kalibrace měření</i>	58
6.3.10	<i>Příprava zkoušky dlouhodobé životnosti</i>	58
6.3.11	<i>Příprava oteplovací zkoušky s proudem nižším než 1000 A</i>	59
6.3.12	<i>Příprava oteplovací zkoušky s proudem vyšším než 1000 A</i>	60
6.3.13	<i>Příprava zkoušky zkratové odolnosti</i>	60
6.3.14	<i>Příprava zkoušky mechanické životnosti</i>	61
7.	ZÁVĚR	62
	LITERATURA	64
	SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	65
	SEZNAM PŘÍLOH	66

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Rozložení výsledků procesů a limity [5]	17
Obrázek 2: SWOT analýza [7].....	21
Obrázek 3: Ukázka SIPOC diagramu [13].....	22
Obrázek 4: Obecný princip TRIZ [14].....	24
Obrázek 5: Schéma postupu řešení problému podle metody TRIZ [3].....	25
Obrázek 6: Ukázka mapy procesu podle standardu BPMN	33
Obrázek 7: Tabulka s popisem procesu	36
Obrázek 8: Plánek objektu pro odečítání vzdáleností	40
Obrázek 9: Ukázka barevného škálování vyhodnocení časových nákladů	42
Obrázek 10: Procesní mapa přípravy zkoušky dlouhodobé životnosti	44
Obrázek 11: Procesní mapa přípravy oteplovací zkoušky nad 1000 A.....	45
Obrázek 12: Procesní mapa přípravy oteplovací zkoušky pod 1000 A	45
Obrázek 13: Procesní mapa přípravy zkratové zkoušky	46
Obrázek 14: Procesní mapa přípravy zkoušky mechanické životnosti	46
Obrázek 15: Mapa procesu tvorby a připojení vodičů	47
Obrázek 16: úryvek z tabulky popisu procesu tvorby vodičů	48
Obrázek 17: SWOT analýza procesu přípravy vodičů	49

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Výtěžnost a DPMO podle úrovně sigma [5].....	17
Tabulka 2: Srovnání výhod a nevýhod metod optimalizace	31

ÚVOD

Primárním cílem firem je zpravidla zisk. Jedním ze způsobů, jak zvýšit zisk je omezit plýtvání, a to všemi prostředky, tedy prací, penězi, časem atd. Je třeba zmínit, že ačkoliv optimalizace procesů vyžaduje nemalé finanční prostředky, a především pracovníky s potřebnou kvalifikací a zkušenostmi, hlavně větší firmy tyto metody využívají, ať už mají samostatná oddělení věnující se procesní optimalizaci, nebo využívají služeb externích firem. I přes tyto nemalé náklady se optimalizace vyplácí, protože kromě finančních úspor nám tyto metody mohou dát výraznou výhodu oproti konkurenci, která těchto metod nepoužívá.

Zmíněných benefitů se člověk snaží dosáhnout již velmi dlouho prostřednictvím inovace pracovních postupů, tedy aby dosáhl stejného nebo lepšího výsledku s menší námahou, v kratším čase, nebo za menší náklady. Dlouho tato snaha probíhala pozvolna, často chaoticky, a proto se nedosahovalo tak kvalitních výsledků. V dnešní době však toto dokážeme provádět mnohem efektivněji, organizovaně – nazýváme to optimalizací procesů – a máme různé metody, jak dosáhnout úspěchu.

Většina metod se vyvíjela postupem času. Některé se ukázaly jako užitečné, některé jako méně a od těch obvykle upouštíme v prospěch právě těch dokonalejších. Obvyklým problémem je však skutečnost, že čím je metoda univerzálnější a čím lepší výsledky vykazuje, tím je náročnější na osvojení a provedení.

Tato práce se zabývá dvěma vybranými metodami optimalizace procesů – Lean six sigma a TRIZ. Tyto metody, ačkoliv mohou na první pohled vypadat velmi různorodě, se věnují v podstatě stejné problematice. Principy a nástroje těchto metod, jak uvidíme dále, jsou si často blízké, protože obě metody pracují s obdobnými termíny a myšlenkami. Výše zmíněné bude představeno v jednotlivých kapitolách zaměřených na LSS a TRIZ. Stejně tak zde budou uvedeny výhody a nevýhody spolu s možnostmi jejich použití.

Prvním výstupem této práce, který souvisí s optimalizací, je mapování procesů. To nám pomáhá při analýze, protože nám poskytuje přehled o struktuře procesu a z mapy můžeme vyvodit problémy procesu, na které bychom se měli zaměřit. Součástí této práce tedy bude vytvoření a popis map procesů příprav jednotlivých zkoušek prováděných v laboratoři spínacích přístrojů VUT v Brně, podle standardu BPMN.

Poslední částí této práce je pak provedení analýzy procesů a její vyhodnocení, spolu s návrhem optimalizačních opatření, podle metodik Lean Six Sigma a TRIZ. Vycházet se zde bude především z vytvořených map a jejich popisů, které budou opět vytvořeny v souladu s teorií mapování procesů.

1. OPTIMALIZACE

Pokud zdroje, které máme k dispozici nevyužíváme na sto procent, vzniká plýtvání. Takto dokonalého využití bohužel není možné dosáhnout, ale přesto se snažíme se k tomuto stavu co nejvíce přiblížit. energii a zdroje, které využíváme a které přímo nesouvisí s dosažením námi vytyčeného cíle, nazýváme vyplývanými, a tedy činnost toto způsobující nazýváme plýtváním. Tento pojem se velmi často objevuje v teorii metodik, které jsou představeny dále v této práci

Plýtvání je podle jedné z definic jakákoliv činnost, která sice zvyšuje náklady na produkt, ale nepřidává pro odběratele produktu, tedy zákazníka, další hodnotu, za kterou by byl ochoten zaplatit. [9]

Optimalizace pro nás pak znamená takovou změnu procesu, která má v důsledku vliv na snížení nákladů na produkt při zachování koncové hodnoty, zvýšení koncové hodnoty při zachování stejných vstupních nákladů, případně kombinaci obou variant.

I přesto, že existuje mnoho různých metod, jak optimalizovat a jednotlivé metody se na problém dívají často odlišnými pohledy, jejich postupy je možné zobecnit. Takto zobecněné kroky jsou popsány v dalších podkapitolách. Konkrétním nástrojům a pravidlům vybraných metod se budou věnovat kapitoly zaměřené právě na konkrétní metody.

1.1 Výběr objektu optimalizace

Prvním krokem v optimalizaci je výběr vhodného objektu. Tento objekt bychom měli vybrat na základě několika kritérií. Tato kritéria jsou především:

- Stav stávajícího procesu – efektivita
- doporučení managementu – ekonomičnost
- hlas zákazníka – stav trhu. [6]

Společnost se rozhoduje o projektu k optimalizaci na základě zmíněných kritérií, s tím, že je nejvhodnější, když všechna ukazují na jeden proces. Pokud tomu tak není a kritéria ukazují na rozdílné procesy, je nutné si určit, které kritérium má pro nás vyšší prioritu a vybrat proces podle toho.

1.2 Sběr dat

Abychom měli v rámci analýzy s čím pracovat, a především abychom došli ke kvalitním výsledkům, je potřeba sbírat kvalitní data. Do tohoto procesu je vhodné zapojit více lidí, kteří se procesu účastní, protože právě oni nám mohou poskytnout cenné informace o tom, jaká data jsou potřebná, případně upozornit na chyby ve sběru dat.

Na začátku sběru je také důležité si stanovit metodiku sběru dat, která bude vhodná pro náš problém. Je potřeba se této zvolené metodiky pevně držet, protože pokud použijeme jinou metodiku pro analýzu na začátku a jinou pro vyhodnocení na konci,

můžeme vyhodnotit zlepšení, které bude způsobené právě odlišným způsobem sběru dat, případně opačně, tedy zjistit, že nedošlo ke zlepšení, i když to fakticky nebude pravda.

Měli bychom zároveň zohlednit, že to, jaká data budeme potřebovat nám určuje následující krok, tedy analýza, resp. typ analýzy, kterou chceme provést.

1.3 Analýza

Smyslem analýzy je vyvodit závěry z dat, která máme k dispozici. Výsledkem analýzy může být v podstatě cokoliv. Provedli jsme analýzu s cílem zjistit, na jaké zákazníky je ekonomicky nejvýhodnější se zaměřit? Pak bude výstupem analýzy obraz našeho zákazníka. Zajímá nás, proč na trhu nemá náš produkt úspěch, i když za konkurencí z našeho pohledu nezaostává? Výsledek analýzy nám tedy ukáže, co našemu produktu chybí, nebo naopak přebývá.

Analýzu v optimalizaci provádíme relativně často, ať už právě k určení zákazníků produktu, výběru objektu optimalizace, vyhodnocení silných a slabých stránek, odhalení plýtvání a spoustu dalších. Analýza má mnoho různých podob a pokaždé se nám může hodit jiná metoda, než kterou jsme použili minule. Na to je potřeba myslet a zvolit vhodnou metodu v souladu s požadavky případu, který zrovna řešíme.

1.4 Syntéza

Po tom, co jsme v rámci analýzy odhalili na co se máme zaměřit, přichází řada na syntézu, která nám má pomoci právě odhalený problém vyřešit. Na rozdíl od předchozích kroků syntéza obvykle vyžaduje značné množství zkušeností a kreativity. Pokud nemáme zkušenosti ani kreativitu, bude pro nás obtížné navrhnout řešení, protože při řešení zpravidla vycházíme právě ze zkušeností, respektive se snažíme aplikovat naše zkušenosti na problém, k čemuž je právě potřeba kreativity.

Užitečnost zkušeností uvidíme jak v TRIZ, tak v LSS. U TRIZ v podobě patentů a vynálezů, u LSS jako zapojení pracovníků, kteří se podílí na procesu a zároveň jsou do něj zapojeni. U TRIZ pak máme k dispozici i pomocné programy, které mají z úkol nám usnadnit především tuto část.

1.5 Zavádění

Tento krok se částečně kryje s předchozí syntézou. V rámci syntézy najdeme řešení, ale je potřeba ho kompletně přizpůsobit našemu procesu. To zahrnuje např. návrh konkrétního rozmístění strojů na hale nebo bližší specifikace časů jednotlivých kroků.

Dalším problémem, který řešíme, je potřeba navrhnout vhodné postupy, jak zavést opatření do procesu s citlivostí na přerušení procesu a náklady obecně. Ideální by samozřejmě pro proces bylo, kdybychom dokázali zavést změny okamžitě a bez nutnosti

přerušit provoz, ale to obvykle není uskutečnitelné. Snažíme se tedy o co nejmenší náklady, ať už jde o nároky na finance, čas, pracovní síly atp.

1.6 Kontrola

Na konci projektu chceme vyhodnotit výsledky naší práce. K tomu je potřeba nasbírat data v souladu s podkapitolou „Sběr dat“. Tak jak je zde psáno, je potřeba dodržet metodiku a sbírat relevantní data. Sesbíraná data pak opět podrobíme analýzy, která nám v tomto případě ukáže, ve kterých oblastech došlo k posunu a zároveň ho dokáže kvantifikovat.

Součástí tohoto kroku by měla být zpětná vazba, ve které bychom si měli shrnout, jak projekt probíhal, co se povedlo, a naopak co by se dalo ještě zlepšit. Zároveň si můžeme vytyčit další cíle, které se nám nyní nepovedlo uskutečnit, ale mohou se realizovat v budoucnu.

2. LEAN SIX SIGMA

2.1 Historie

Lean six sigma je kombinací dvou metod optimalizace, a to metody Lean a metody Six sigma.

Slovo Lean v češtině znamená „štíhlý“. Tato metoda se tedy snaží primárně „zeštíhlit“ náklady v procesu tak, aby došlo k co největší úspoře. Historie poukazuje jako na jedno z průkopníků, kteří tuto metodu zaváděli na Henryho Forda, zakladatele americké automobilky Ford Motor Company a pak na japonskou automobilku Toyota [10], která se Fordem v některých věcech inspirovala a některé vylepšila. Henry Ford se proslavil především zavedením pásové výroby a metody just-in-time, které ve výsledku právě snižují náklady. Jak víme, systém just-in-time spočívá v dodání potřebných komponent přesně v čase, kdy jsou potřeba, a tudíž odpadají náklady spojené se skladováním. Obdobně pásová výroba výrazně zkrátila dobu montáže, a tudíž opět ušetřila náklady.

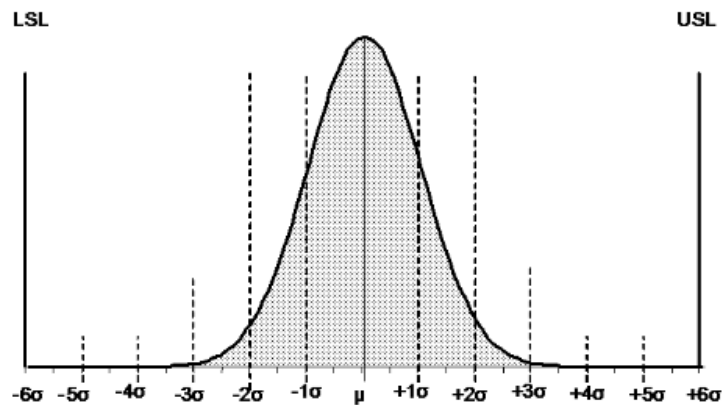
Historie druhé z metod, tedy metody Six sigma se datuje k roku 1986, kdy Bill Smith, zaměstnanec firmy Motorola, přišel s metodologií, jak standardizovat měření počtu defektů. Od té doby se tato metoda značně rozvinula a stala se velmi populární. Jak uvádí sama společnost Motorola, využívání této metody ji za 18 let (tedy do roku 2004) ušetřilo 17 miliard dolarů.[1][2]

2.2 Princip

Chceme-li pochopit cíl metody Six sigma, musíme se podívat na statistiku. Výsledek procesu není vždy přesně takový, jaký požadujeme, ale má odchylky. Tyto odchylky mají standardní (Gaussovo) rozložení. Platí tedy, že mezi průměrem a např. odchylkou $\pm\sigma$ se nachází 68,2 % hodnot.

Dále je potřeba si specifikovat limity, tedy krajní odchylku, kterou ještě zákazník považuje za splnění svých požadavků (výsledky, které nesplňují zákazníkovi požadavky se označují jako neshody). Dolní mez si označíme „LSL“, z anglického „Lower specification limit“ a horní odchylku „USL“, obdobně „Upper specification limit“.

Metoda Six sigma, jak název napovídá, se snaží dosáhnout takového rozložení, kdy dolní a horní mez je vzdálena od středu právě o odchylku šest σ . Pak platí, že počet neshod vyprodukovaných procesem je asi 3,4 neshod ku milionu. K vyjádření chybovosti užíváme zkratku DPMO, z angličtiny „defects per milion opportunities“, která vyjadřuje právě počet neshod na milion příležitostí. Rozložení a limity pak zobrazuje Obrázek 1.



Obrázek 1: Rozložení výsledků procesů a limity [5]

To, na jaké úrovni se nachází DPMO závisí na rozložení, resp. počtu sigma mezi středem a limity. Chybovost ukazuje *Tabulka 1*.

Výtěžnost [%]	DPMO [-]	Úroveň σ [-]
30,85	691500	1
69,15	308500	2
93,32	66800	3
99,38	6200	4
99,977	230	5
99,99966	3,4	6

Tabulka 1: Výtěžnost a DPMO podle úrovně sigma [5]

Metoda Six sigma počítá se zapojením (alespoň částečným) mnoha lidí. Pro účinné zlepšování procesu je potřeba především nasbírat data, a to v dostatečném množství a kvalitě, ale zároveň také zapojení co nejvíce osob působících v procesu, protože každý může přinést cenné informace a/nebo nápady pro inovace.

Pro účely projektu dělíme tyto osoby na několik kategorií:

- Champion – usměrňuje vedení projektu a dohlíží, aby byly zachovány priority korporace
- Master black belt – proškolený pracovník, který má za sebou několik úspěšných projektů, vede několik týmů a v případě potřeby jim pomáhá
- Black belt – proškolený pracovník, který vede tým zodpovědný za optimalizaci procesu, obvykle je takto zaměstnán na plný úvazek
- Green belt, Yellow belt, White belt, členové týmu – pracovníci, kteří prošli krátkým školením, a kteří plní svou obvyklou pracovní náplň a na projektu pracují jen na částečný úvazek. [3]

2.3 Nástroje

2.3.1 Hlas zákazníka

Jednou z velmi důležitých věcí na Lean six sigma je tzv. hlas zákazníka. Jak je zmíněno výše, není to firma, která si určuje parametry výsledku procesů, ale právě odběratel zboží či služeb, tedy zákazník.

V rámci optimalizace je tedy jedním z kroků zjišťování, co zákazník chce. Bez ohledu na to, jak levný a kvalitní výrobek nabízíme, nemusí mít vždy úspěch, pokud je z naší strany nabídka, ale na trhu není poptávka. V rámci tohoto kroku můžeme zjišťovat například jestli zákazník ocení rychlost dodání před kvalitou, případně třeba spolehlivost před cenou.

K tomuto můžeme využívat různé nástroje, které si dále přiblížíme, a které jsou velmi důležitou součástí analýzy, z důvodů popsaných výše.

Jedním z nástrojů může být brainstorming zaměřený na specifikaci zákazníka. Jeho cílem je napsat si, obvykle v rámci skupiny, různé vlastnosti, které má náš typický zákazník. Z výsledku brainstormingu si pak vyhodnotíme, jaké společné a rozdílné vlastnosti mají naši zákazníci. Z toho pak můžeme odvodit co by naši zákazníci ocenili.

Jiným nástrojem jsou dotazníky, ať už v papírové nebo v elektronické podobě, nebo ve formě telefonátů, přičemž oboje má svoje výhody. Tímto můžeme zjistit cenné informace, ale zde je potřeba značná zkušenost, aby položené otázky, respektive odpovědi na ně byly pro nás opravdu přínosné. Zde se již dostáváme do „netechnické“ oblasti, protože jak říká lidové moudro, „lidé nevědí co chtějí, dokud jim to neřeknete“. Především pokud je náš zákazník laik, zpravidla nedokáže odpovědět na otázku typu „co byste na našem produktu zlepšil“. Musíme na to bohužel přijít sami a zákazníka nechat ideálně pouze vybrat ze dvou možností. Jinou variantou je pak obecné hodnocení našeho výrobku, přičemž prostor pro zlepšení vyhodnotíme z množiny těchto obecných odpovědí.

2.3.2 DMAIC

Jedním z důležitých nástrojů metody Lean six sigma je metoda známá pod zkratkou DMAIC. Písmena této zkratky prezentují její jednotlivé fáze, a to Define, Measure, Analyze, Improve a Control, nebo v češtině Definovat, Měřit, Analyzovat, Zlepšit a Řídit[6]. Tato metoda je hojně využívaná kvůli své jednoduchosti velké užitné hodnotě.

2.3.2.1 Define – definovat

V této fázi musíme definovat prvky potřebné k zahájení projektu. Těchto prvků je hodně, ale bez nich by projekt neměl jasně určený cíl, nemusel by reflektovat požadavky zákazníků apod.

První potřebnou věcí je projektová listina. Ta by měla obsahovat stanovení problému, cílů, harmonogramu. Také určuje složení týmu, který se bude na projektu podílet a rozsah dopadů na firmu.

Potřebujeme také informaci o tom, co dostaneme jako vstup do našeho procesu a také jaký výstup je od procesu očekáván. K tomu budeme potřebovat mapu procesu vyšší úrovně, tedy mapu nadprocesu, jehož je námi vybraný proces součástí, nebo alespoň SIPOC diagram, který by nám měl pomoci určit hranice našeho procesu, popsat vstupy/dodavatele a výstupy/zákazníky a určit prvky zásadní pro kvalitu procesu.

Při celé této fázi je vhodné držet se takové míry detailů, která je potřeba pro náš projekt, pokud budeme mít příliš detailní popis, zahrne nás nepodstatnými informacemi, naopak při málo detailech můžou vzniknout nejasnosti a nejednoznačnosti, které by mohly znehodnotit výsledek dalších kroků.[6]

2.3.2.2 Measure – měřit

Pro dosažení kvalitních výsledků, musíme mít k dispozici kvalitní data. Ještě před začátkem optimalizace, v kroku výběru procesu k optimalizaci, je potřeba mít data na jejichž základě se rozhodujeme, který proces zvolit. Stejně tak potřebujeme data jako podklad pro další krok, tedy analýzu. Pokud má mít analýza validní výsledek, je potřeba dodat validní data. Obdobně pak na konci procesu, při vyhodnocení výsledku, je třeba mít data která byla získána za stejných podmínek a se stejnou metodikou, abychom mohli jistě říct, jaký je výsledek naší snahy.

Jak plyne z předchozího odstavce, v tomto bodě se zaměřujeme na specifikace měření, tedy metodiku sběru dat, kterou musíme zachovat v celém procesu a zároveň určení, která data budeme měřit. S výsledkem tohoto pak musíme seznámit všechny účastníky procesu optimalizace, zejména ty, kteří data sbírají.

2.3.2.3 Analyze – analyzovat

V tomto kroku bychom měli analyzovat data, která jsme získali sběrem v předchozím kroku. Ve zkratce z nich potřebujeme vyvodit, na které fáze našeho procesu se zaměřit s optimalizací.

Jedním ze zásadních bodů v analýze pro Six sigma je tzv. tok hodnoty. Z pohledu analýzy to znamená určit z dat, které kroky přidávají hodnotu a které nikoliv vzhledem k jejich náročnosti [6]. Například pokud vyrobíme polotovár, který čeká na další zpracování ve skladu, skladování mu nijak nepřidává hodnotu, oproti samotnému opracování. Stejně tak nepřidává hodnotu např. transport mezi jednotlivými fázemi procesu. Takovéto kroky se tedy snažíme odstranit, viz metoda just-in-time u skladování, nebo co nejvíce omezit, protože např. přesun často nejde plně odstranit. Pokud však čekání a přesuny snížíme na absolutní technicky možné minimum, už to podle některých definic nepovažujeme za plýtvání, protože tyto kroky, ač nepřidávají hodnotu, jsou nezbytné.

2.3.2.4 Improve – zlepšit

Tento krok vyžaduje alespoň malou míru kreativity a hlavně zkušenost. Jde v něm o to, navrhnout inovaci procesu v souladu s předchozí analýzou. Ta by měla odhalit slabá místa v procesu, která zejména vyžadují velké náklady (časové, prostorové, finanční) a přesto přidávají malou nebo žádnou hodnotu.

Na základě analýzy je naším úkolem zbavit se těchto slabých míst, tedy např. navrhnout, jak minimalizovat zmíněné doby skladování, nebo prodlevy při přepravě.

2.3.2.5 Control – řídit

Pátá a poslední fáze metody DMAIC je fáze s názvem „řídit“. Předpokládá zavedení úspěšných opatření v předchozím kroku a má na starost je stabilně udržet a vyhodnocovat.

Opět je zde potřeba sbírat data, i když již ne v takovém rozsahu jako v kroku „měřit“. Hlavním důvodem sběru dat v této fázi je možnost kontroly zlepšení. Můžeme tedy vyhodnotit, jaké zlepšení přinesly námi navržené a implementované inovace a jestli pokrok splňuje naše očekávání, vytyčené na začátku projektu.

Inovovaný proces pak předáváme vlastníkovvi procesu, což je většinou firma, resp. vedoucí pracovníci procesu, které musíme seznámit s řízením procesu, tedy s metodikou sběru dat a jejich vyhodnocováním, aby mohli zachovat parametry procesu, pokud jsme tak neučinili v rámci předchozích fází.

2.3.3 SWOT analýza

SWOT analýza je dalším nástrojem, který můžeme u LSS využít. Je to nástroj pro vytvoření náhledu z vyššího stupně, což znamená, že nám poskytuje, spíše než konkrétní body pro zlepšení, obecný přehled našeho procesu. Tento nástroj je možné využít například na začátku výběru procesu ke zlepšení, provedením analýzy nadřazeného celku vzhledem k velikosti procesů, ze kterých budeme vybírat.

Pod zkratkou SWOT se skrývají anglická slova *Strengths*, *Weaknesses*, *Opportunities* a *Threats*, což můžeme do češtiny přeložit jako silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby. Analýza samotná pak spočívá v určení právě těchto čtyřech kategorií. Ty ještě dělíme na interní, externí, užitečné a škodlivé a můžeme je zobrazit jako tabulku nebo matici, kterou vidíme na Obr. 2.

Strengths představují silné stránky, což znamená cokoli, co nám přináší konkurenční výhody. Může to být kvalitní zákaznický servis, patenty nebo vyšší efektivita produkce.

Weaknesses jsou slabé stránky, tedy taková místa v našem procesu, které prokazatelně snižují kvalitu, prodlužují čas dodání apod.

Opportunities jsou pro nás příležitostmi pro zlepšení, rozšíření nebo další možnosti, které přinesou firmě pozitivní výsledek.

Poslední bod, *threats*, tedy hrozby pro nás znamenají ohrožení kvality procesu, v podobě problémů s dodávkou, změnami na trhu nebo nedostatečně kvalifikovaní pracovníci. [8]

SWOT ANALYSIS



Obrázek 2: SWOT analýza [7]

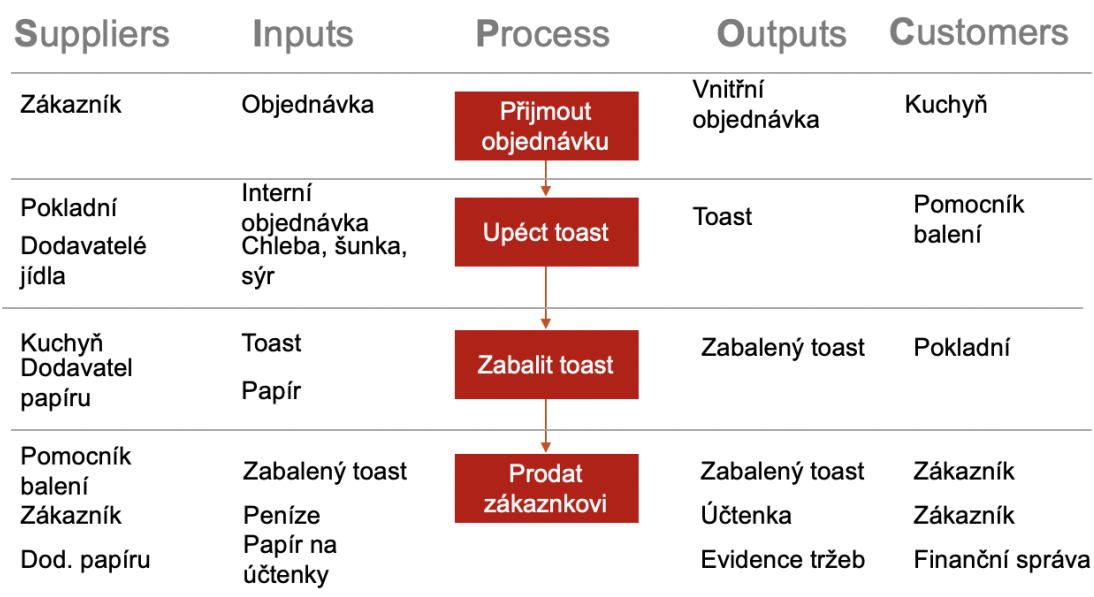
2.3.4 SIPOC diagram

SIPOC diagram pracuje s požadavky na vstupy a výstupy a měl by kontrolovat, jestli požadované vstupy do procesu jsou kvalitativně na takové úrovni, jakou potřebujeme ke správnému fungování. Stejně tak u výstupů, jestli uspokojují zákazníka, případně jestli můžeme kvalitu zhoršit, např. v návaznosti na nižší cenu, nebo je naopak žádoucí zlepšení. Přitom je vhodné pamatovat, že jedním ze základních požadavků LSS je snížení variability a výstup tedy můžeme dimenzovat právě podle požadavků zákazníka a nemusíme počítat s velkou chybovostí.

Klíčovými prvky tohoto diagramu jsou „dodavatel“, „vstupy“, „proces“, „výstupy“ a nakonec „zákazník“. Tyto prvky je vhodné uspořádat do tabulky, pro lepší přehlednost.

Ve sloupci „dodavatel“ bude napsáno, kdo nám poskytuje vstupy do našeho procesu. Jestli se jedná o externího nebo interního dodavatele, konkrétního člověka atp. Sloupec „vstupy“ má obsahovat požadavky, které klademe na vstupy od dodavatelů, tedy např. čas, který vyžadujeme na vyřízení požadavku nebo různé dokumenty. „Proces“ by pak měl obsahovat stručně kroky současného procesu, a to především ty, které přímo souvisí se vstupy a výstupy. Sloupec „výstupy“ pak obdobně jako druhý sloupec popisuje co se očekává z pohledu našeho zákazníka, ať už interního, nebo externího. Opět jde o čas, kvalitu apod. Poslední sloupec „zákazník“ pak specifikuje, kdo je vlastně naším zákazníkem, tedy komu dodáváme náš produkt.

Příklad SIPOC diagramu výše popsaným je zobrazen na obrázku níže.



Obrázek 3: Ukázka SIPOC diagramu [13]

2.3.5 Metoda 5S

Tato metoda je jedním z nástrojů, které Lean six sigma využívá, i když s ní není pevně spjata. Mimo jiné ji totiž využívá metodika Kaizen, věnující se především systému neustálého zlepšování. S tímto termínem se v oboru optimalizace setkáme často, ale tato práce se jím nebude zabývat, protože v rámci BP je úkolem provést analýzu a navrhnout počáteční změny. Pokud by tento proces však probíhal ve firmě, některá z metod neustálého zlepšování by po počáteční optimalizaci byla logicky navazujícím krokem.

Zjednodušeně se dá říct, že metoda se věnuje úklidu. Má za cíl snížit na minimum čas a energii, které věnujeme hledání náradí, nástrojů, materiálu atp., opět se zřetelem na to, že za tento čas zákazník není ochoten platit a může nám poskytnout konkurenční výhodu.

Podíváme-li se na tuto metodu blíže, označení 5S znamená pět japonských slov. V překladu jde o *utřídit, uspořádat, udržovat pořádek, určit pravidla a upevňovat a zlepšovat*. Pro lepší pochopení zde rozepíšeme jednotlivé body.

Utřídit znamená především rozlišit ze všech předmětů na pracovišti to, co není nezbytně potřebné pro proces. Jde především o spotřební věci, které pracovníci někam odloží a pak si místo hledání vezmou jiné, jako jsou rukavice, různé menší nástroje jako stranové klíče nebo také rozbité věci, jako jsou židle a zničené ochranné pomůcky, které se hned nevyhodí, tudíž zabírají místo a snižují přehlednost pracoviště.

Uspořádání pak obnáší především soustředění potřebných věcí vyplývajících z předchozího kroku na místo, kde budou přehledně uloženy a tedy čas vynaložený na jejich hledání bude minimalizován.

Udržovat pořádek pak znamená uklidit pracoviště do nejlepšího možného stavu. To souvisí s předchozími dvěma kroky. Na řádně uklizeném pracovišti je často jednodušší

odhalit problémy, jako je únik oleje u strojů. Tento krok zároveň obnáší vyčištění nánosů nečistot, odstranění rzi atp.

V dalším kroku, *určení pravidel*, je nutné určení pravidel, jak má pracoviště vypadat, kde mají být uloženy jednotlivé nástroje nebo jak často a co se má uklízet. Cílem těchto pravidel je udržení uklizeného stavu pracoviště.

Posledním krokem je *upevňovat a zlepšovat*. Zde je již pracoviště uklizené, pravidla nastavená, ale stále se snažíme co nejvíce přiblížit ideálnímu stavu. Za podpory managementu by měli být samotní pracovníci vedeni k tomu, aby nejen udržovali pořádek, ale sami přicházeli s novými nápady, které povedou k lepší orientaci a většímu pořádku na jejich pracovištích.

[6][12]

2.4 Využití

Využití této metoda najde především v rozsáhlých podnicích, které mají mnoho zaměstnanců, výrobních prostor, skladů atp. Zároveň předpokládá oddělení lidí věnujících se optimalizaci v celém podniku, přičemž střídají projekty v různých oblastech výroby nebo služeb, případně externí skupině, která se věnuje optimalizaci v rámci více podniků.

Z praxe víme, že tato metoda může najít využití nejen v technických provozech, kde je hlavním cílem obvykle výroba, ale i např. v administrativních procesech, jako jsou úřady, které vyřizují žádosti o stavební povolení apod. V obou případech lze ušetřit nezanedbatelné množství času a dalších prostředků, pomocí např. snížení rozpracovanosti, digitalizace apod. [3]

2.5 Shrnutí

Lean six sigma byla vyvinuta primárně pro velké podniky, jako je třeba Motorola, jejíž zaměstnanec je pokládán za otce této metody, jak je zmíněno v kapitole věnující se historii. Obvykle funguje ve větších skupinách lidí, kteří jsou rozdělení do kategorií, typu black belt, yellow belt atd.

Chceme-li shrnout výhody metody, určitě musíme jmenovat zmíněné zapojení většího okruhu lidí a její univerzálnost. Nasazení LSS přináší kvalitní výsledky v procesech různých kategorií, jak bylo zmíněno, ať už jde o technické či jiné problémy. Další výhodou, kterou zároveň můžeme uvést jako nevýhodu, je její komplexnost.

Jako nevýhodu to můžeme uvést proto, protože metoda se nehodí na jednodušší procesy, kde je její nasazení zbytečně komplikované a tudíž nežádoucí.

3. TRIZ

3.1 Historie

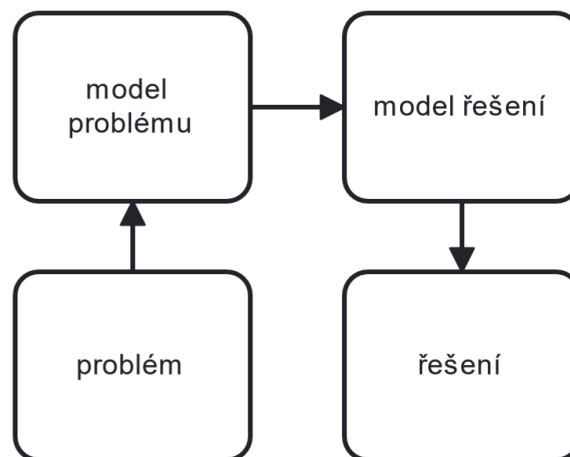
Název TRIZ, který se v češtině interpretuje jako „Tvorba a řešení inovačních zadání“, je zkratka z původního ruského názvu „Тѳорія рѳешѳня изобрѳетатѳльских задѳч“. Metoda TRIZ vznikla někdy kolem roku 1946 v Rusku kdy byla formulována Genrichem Saulovičem Altšullerem a následně dále rozvíjena jeho žáky.

Altšuller připravoval patenty pro patentní úřad a při práci přišel na to, že řešení je invenční, pokud řeší nějaký rozpor, který na první pohled nemá jasné řešení. Altšuller přišel na to, že velké množství patentů využívá relativně malý počet principů, na čemž založil metodu TRIZ. V souladu s tím formuloval metody řešení v závislosti na formulaci problému, jako je tabulka čtyřiceti (někdy uváděno i padesáti) invenčních principů, zákonitosti rozvoje techniky atp., kterým se tato práce bude věnovat později. [3]

3.2 Princip

Základní myšlenkou metody TRIZ je v podstatě zobecnění problému a hledání jeho řešení ve známých principech. Tyto principy pak vznikly generalizací postupů inovací z již známých vynálezů.

Obecný princip TRIZ prezentuje obrázek níže. Z něj je patrné, že se problém zjednoduší do modelu problému, poté se najde model řešení, který se nakonec aplikuje na konkrétní produkt. [14]



Obrázek 4: Obecný princip TRIZ [14]

Prvním krokem je specifikace našeho problému. Je potřeba kvalitně a podrobně provést analýzu, která by nám měla pomoci zjistit, které prvky našeho problému (produktu, procesu apod.) je potřeba inovovat.

Abychom mohli provést inovaci, musíme formulovat problém do jedné ze čtyř variant, popsaných dále, což náleží do druhého kroku. Musíme popsat to, co v tuto chvíli

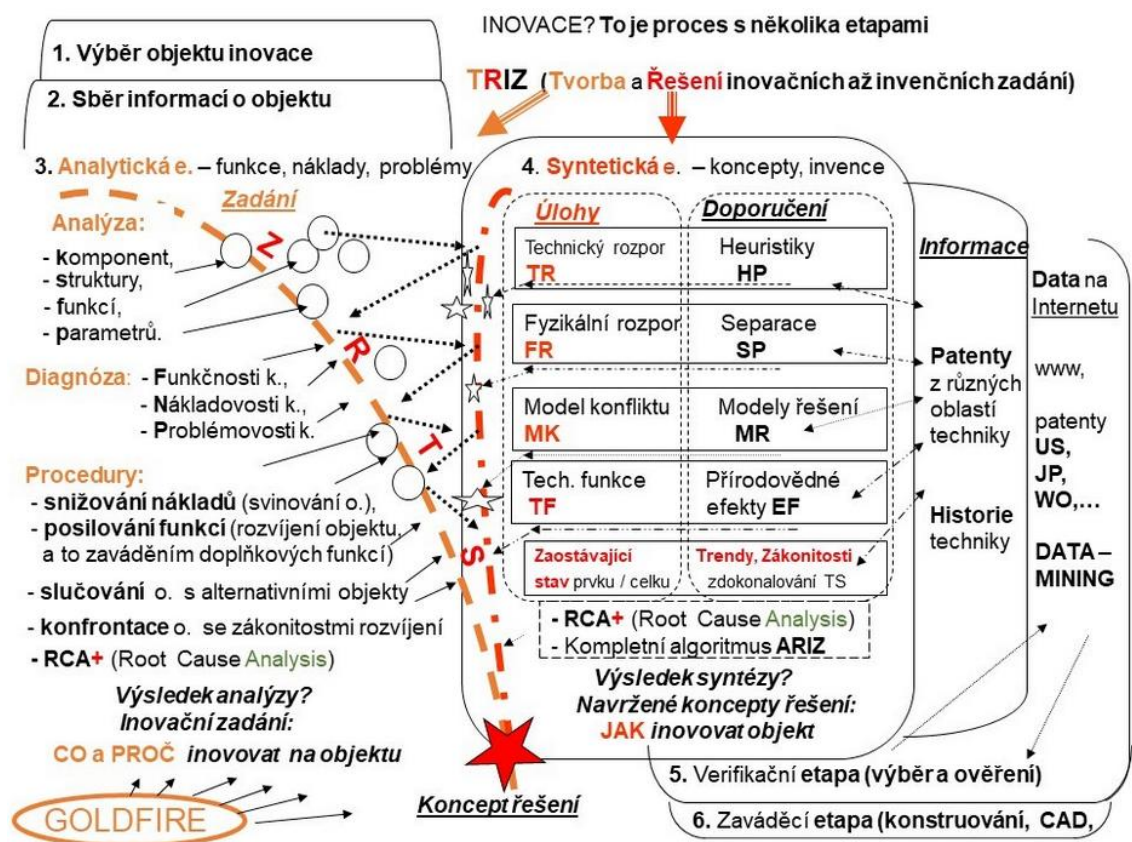
znemožňuje provést inovaci, protože neumíme přímo navrhnout řešení. Dále pak přichází v podstatě zjednodušení, nebo lépe zobecnění našeho problému a jeho pojmenování, resp. zařazení podle toho, kterou variantu chceme řešit. K provedení bodů v předchozích dvou odstavcích nám slouží některé metody analýzy, jako FNA, Su-Field analýza apod.

Pokud už víme, jaký rozpor se před námi nachází, můžeme přikročit k jeho řešení. Zde můžeme použít tabulku invenčních principů nebo další pomůcky, které nám mohou pomoci k řešení pomocí doporučení, jak řešit námi formulovaný problém.

Po nalezení doporučení se pokoušíme přenést obecné řešení na náš konkrétní problém. V tom nám mohou pomoci známé vynálezy a patenty. Také existují podpůrné softwary, jako jsou TechOptimizer nebo Goldfire.

To je tedy velmi zkrácená cesta metodou TRIZ k inovaci, i když skutečná cesta může být velmi dlouhá, náročná, a ne vždy úspěšná. Je však potřeba pamatovat proč jsme inovaci prováděli, abychom po této dlouhé cestě opravdu splnili cíl našeho původního snažení a v případě neúspěchu si odnesli zkušenosti, které budeme moci zúročit v budoucnu.

Metoda TRIZ je, jak jsme zmínili, relativně náročná na pochopení a osvojení. Postup řešení problému pomocí této metody nám může pomoci pochopit následující obrázek, který sice nyní může působit poněkud nepřehledně, ale se znalostí jednotlivých postupů, které jsou dále popsány se toto schéma jeví jako velmi výstižné.



Obrázek 5: Schéma postupu řešení problému podle metody TRIZ [3]

3.3 Nástroje

3.3.1 Formulace problému v TRIZ

TRIZ rozlišuje čtyři možné formulace problému. Máme technický rozpor, fyzikální rozpor, model konfliktu a technickou funkci. S tím souvisí čtyři typy řešení. Popíšeme si tedy jednotlivé formulace a jejich řešení.

Technický rozpor představuje situaci, kdy potřebujeme zlepšit daný parametr, známe způsob zlepšení, ale tento způsob s sebou nese zhoršení jiného parametru, což je pro nás nepřijatelné. To řešíme pomocí invenčních principů a Altšullerovy tabulky.

Fyzikální rozpor obsahuje jeden parametr, u kterého potřebujeme dvě různé hodnoty, které si navzájem odporují, tedy že například vyžadujeme co nejnižší hmotnost, kvůli dynamice, ale co nejvyšší hmotnost, kvůli stabilitě. Zde využijeme separační postupy, jejichž cílem je naplnit oba požadavky v rozdílném čase, fázi apod.

Třetí formulací je model konfliktu. K tomu přistupujeme jako ke zjednodušenému systému, kde máme dva prvky a vazbu mezi nimi, která může být škodlivá, nedostatečná apod. Opět zde existuje sada doporučení, jak tyto problémy řešit, podle vazby mezi prvky modelu.

Čtvrtá a poslední varianta je technická funkce. Formulujeme funkci, kterou má náš systém splňovat pro odstranění zjištěného nežádoucího efektu, který jsme na našem produktu zjistili. K tomu nám slouží přírodní efekty. Cílem této formulace je využít disponibilní zdroje systému, případně přidat další látky atp. avšak v co nejmenší míře.

3.3.2 Altšullerova tabulka invenčních principů

Po důkladné analýze, jejíž výstup by měla být formulace rozporu, v tomto případě technického rozporu, přistupujeme k řešení, tedy syntéze. Altšuller pro tuto fázi sestavil tabulku obsahující čtyřicet invenčních principů, které vycházejí z patentů a vynálezů, které studoval v rámci své práce. Tato tabulka by nám měla pomoci při řešení.

Na základě rozporu si v tabulce najdeme doporučení, jak náš rozpor řešit, v podobě invenčních principů, které obvykle pomohly při řešení ve známých případech, ze kterých právě celá metoda vychází.

Nutno však pamatovat na to, že to jsou pouze doporučení, která sice mohou, ale také nemusí vést k úspěšnému řešení našeho příkladu. Zároveň také záleží na řešiteli, jestli dokáže přenést invenční princip z tabulky na jím řešený problém, vzhledem k tomu, že metoda TRIZ závisí na zkušenosti a kreativitě jejího uživatele. Uveďme si příklad použití této tabulky.

Princip pod číslem 8, s názvem „anti-tíže“ (anglicky anti-weight nebo counterweight) nám radí kompenzovat malou/velkou tíhu objektu opačným efektem, tedy přítlakem/vztlakem. Jako příklad můžeme uvést formuli 1, která tohoto dosahuje pomocí ploch generujících přítlak ve vysokých rychlostech. To řeší rozpor, kde požadujeme co

nejnižší váhu, kvůli rychlosti a dynamice, a zároveň co nejvyšší váhu, kvůli stabilitě a ovladatelnosti.

3.3.3 Čtyř krokový algoritmus pro fyzikální rozpor

Pokud se nám problém formulovaný do technického rozporu nepodaří vyřešit, přikročíme k přeformulování do rozporu fyzikálního. K tomu máme dva různé nástroje, z nichž jedním je čtyř krokový algoritmus.

- Modelování problému jako TR
- Vymezení časů a míst výskytu PE a NE, bilance zdrojů látek a polí v TS
- Formulace ideálního konečného stavu a úlohy jako fyzikálního rozporu
- Využití separačních postupů pro řešení FR.

3.3.4 RCA – Root cause analysis

Druhý nástrojem k přechodu od TR k FR je *Root cause analysis*, nebo také v češtině příčinně následková analýza, nebo příčinně následkový řetězec. Slouží nám ke grafickému znázornění příčin a následků a jednotlivých prvků a vazeb v řešeném problému. Přechod k fyzikálnímu rozporu pak provádíme na základě sestaveného řetězce, ze kterého vyhodnotíme prvek, který má mít pro inovaci různou velikost jednoho parametru.

Samotný digram sestavujeme obvykle od konce, resp. od jevu, který nás zajímá se posouváme směrem zpět. Máme-li vybraný jev, musíme přijít na to, co ho způsobuje. To může být jeden nebo více přírodních jevů, působení polí apod. Tyto jsou však také něčím způsobeny, takže provedeme obdobný proces i pro ně a můžeme se takto posouvat až do molekulárních struktur a vzájemného působení protonů a elektronů, to však záleží na tom, co zkoumáme.

Pracujeme zde s myšlenkou, že tento řetězec stačí přerušit pouze v jednom bodě vývoje a konečný efekt bude zvrácen, nebo změněn. Snažíme se tedy najít místo, kde se dá řetězec přerušit a pokud je to možné, přerušit ho tam, kde je to pro nás nejjednodušší.

3.3.5 Separační postupy

Jako prostředek k řešení fyzikálního rozporu máme separační postupy. Jak víme, fyzikální rozpor spočívá v tom, že potřebujeme u jednoho parametru vzájemně rozporné hodnoty.

Potřebujeme tedy vytvořit situaci, kdy splňujeme obě hodnoty parametru. Toho dosahujeme pomocí separace, a to primárně v čase, nebo prostoru. Snažíme se tedy např. vytvořit jednu hodnotu parametru v jednom čase a v jiném čase změnit hodnotu parametru tak, abychom uspokojili oba požadavky. Další separační postupy jsou fázové přechody, nebo vazby na podsystém, nebo nadsystém.

Jako příklad separace v čase si můžeme uvést technologii vypínání válců v moderních spalovacích motorech. Máme-li spalovací motor a jedeme s autem po rovině stálou rychlostí, nevyužíváme plný výkon motoru, ale jen jeho malou poměrnou část. Palivo je

však vstříkováno do všech válců, což se nepříznivě podepisuje na spotřebě. Fyzikální rozpor by zde mohl znít asi takto: vyžadujeme velký počet válců a objem, abychom mohli pohodlně zrychlovat a zároveň malý počet válců a objem, abychom zachovali co nejnižší spotřebu paliva. Využijeme tedy separaci v čase, kdy při zrychlování, jízdě do kopce apod. využíváme všechny válce, ale při malém zatížení vypneme vstříkování do některých válců a uzavřeme ventily. Takto uzavřený válec tedy nespotebovává palivo a celková spotřeba je nižší, přestože jsme zachovali v čase potřeby vysoký výkon motoru.

3.3.6 Zákonitosti rozvoje techniky

Altšuller mimo jiné zformuloval i obecné zákonitosti rozvoje technických systémů. Tyto zákonitosti nám umožňují posoudit stav vývojového stupně produktu.

Každý produkt má obecně formulovaný průběh života, který udává obecný předpoklad vývoje apod. Na konci života produktu ho můžeme uvést do nového životního cyklu tím, že ho zmodernizujeme. Právě k možnosti modernizace a posouzení produktu v podmínkách konkurence a volného trhu máme ZRTS.

Tyto zákonitosti formulují obecná pravidla technického vývoje, jako je například fakt, že TS se vyvíjí k čím dál větší složitosti, dynamičnosti a stále více eliminuje lidský faktor. Díky těmto kritériím jsme schopni vyhodnotit, kam se vývoj našeho produktu má ubírat, vzhledem ke konkurenci. Pokud například konkurence má vysoký stupeň dynamičnosti a náš produkt ne, není nutné se snažit dorovnat tuto oblast, ale soustředit se na jinou, například produkt udělat více automatizovaný, aby potřeboval méně lidské práce a pozornosti.

Dalším využitím je určení stavu samotného produktu, bez přímého srovnání s konkurenčním produktem. U našeho produktu se zaměříme na stupeň rozvinutí podle jednotlivých zákonitostí, tedy posoudíme, jaký potenciál má produkt v současné podobě a kam by se mohl posunout v jednotlivých oblastech, tedy např. jak můžeme zvýšit dynamičnosti a řízení systému.

3.3.7 FNA – funkčně nákladová analýza

Hlavní úlohou FNA v TRIZ je odpovědět na otázku: „Co a proč řešit?“. To pro nás znamená zjistit na který prvek našeho systému bychom se měli zaměřit v rámci optimalizace. Důležité je zde však i mít odpověď na to, proč bychom se měli věnovat právě tomuto prvku, což souvisí s jeho hodnotou v systému. Tu získáme vyhodnocením jeho funkcí a nákladů na provoz prvku. Obecně se dá hodnota vyjádřit vzorcem

$$\text{Hodnota} = \frac{F}{N+P} \quad (1)$$

kde F je součet funkcí objektu, N je součet nákladů na provoz a P je součet problémů zjištěných na objektu.

Do součtu funkcí zahrnujeme všechny funkce, přičemž bychom měli vzít v potaz váhu jednotlivých funkcí, tedy de facto jejich zásadnost pro funkčnost systému.

Součet nákladů pak obsahuje výčet všech nároků, které prvek vyžaduje ke správnému plnění funkce v rámci systému, ať už se jedná o nároky na finance, materiál, pozornost, čas apod. V rámci navýšení hodnoty prvku se snažíme náklady minimalizovat.

Problémy vnímáme jako vlastnosti, které mají jakékoliv nežádoucí účinky na prvek samotný, případně na ostatní prvky a systémy. Se snižováním počtu problémů nám opět roste hodnota, tudíž se problémy snažíme odstranit, nebo alespoň minimalizovat jejich dopady.

V rámci samotné analýzy pak vyhodnocujeme vlastnosti objektu, tedy jeho funkce, vazby s ostatními prvky, komponenty objektu apod. Funkce dělíme na

- hlavní – definuje důvod existence prvku v systému, tedy v podstatě vyjadřuje funkci systému jako celku
- základní – vyjadřuje primární funkci jednotlivého prvku v systému
- pomocné – podpora pro vykonávání základní funkce
- doplňkové – zvyšuje hodnotu prvku, i když se přímo nepodílí na základní funkci objektu, může být zaměřena i na nadsystém.

3.3.8 Su-Field analýza

Pojem Su-Field je zkráceně Substance-Field. Substance jsou v našem případě jednotlivé objekty nebo prvky zkoumaného systému. Mohou to být různé komponenty, ale i např. síla nebo energie, které hrají v našem systému roli. Druhá část – field, z angličtiny pole, představuje prostředí, podmínky, ve kterých tyto prvky působí. Tato analýza by nám tedy při správném provedení měla pomoci pochopit strukturu našeho objektu, co na čem závisí a jak. Na základě toho pak můžeme přikročit k procesům jako je svinování, protože jsme schopni určit, které prvky mohou přejmout funkci jiných a ty pak vynechat v rámci úspory.

3.4 Využití

Metodu TRIZ můžeme využít primárně pro účely zdokonalování produktů a vynálezání. Nástroje, které metoda používá se však dají aplikovat i na optimalizaci. FNA například dokáže analyzovat ideálnost produktu na základě jeho funkcí a nákladů na jejich plnění. Místo produktu do předchozí věty ale můžeme dosadit právě proces, přičemž zjišťujeme opět funkce, u procesu spíše výstupy a náklady, zde především finanční, časové atp.

3.5 Shrnutí

TRIZ byla původně zamýšlena jako metoda pro vynálezcovské účely, a tak je i dnes koncipována. Jedna z nevýhod tedy je, že nástroje určené pro jednotlivé výrobky/produkty zde musíme přizpůsobit požadavkům které jsou u procesů odlišné. Další nevýhodou je pak časová náročnost TRIZu, jak na osvojení, tak na samotnou aplikaci, která je ale vykoupena výsledky metody.

Právě výsledky můžeme zmínit jako výhody. Oproti jiným metodám TRIZ dosahuje mnohem vyšší úspěšnosti. Další výhodou je pak existence podpůrných softwarů, které nám pomáhají v některých částech postupu, a které u LSS sice existují, ale jsou to spíše pomůcky pro organizaci a sdílení dat než vyloženě podpora LSS.

4. SROVNÁNÍ METOD OPTIMALIZACE

Tato kapitola bude věnována porovnání obou dříve popsaných metod. Srovnání by mělo zohledňovat náročnost metod na všechny prostředky, možnosti jejich využití a všechny výhody a nevýhody, které nám pomáhají prodávat náš výrobek, případně naopak, protože především o odbyt produktu a tím maximalizaci zisku jde v tržní ekonomice především.

V následující tabulce jsou vypsány hlavní výhody a nevýhody obou zmiňovaných metod.

	LSS	TRIZ
výhody	vhodná pro velké firmy	velmi účinné metody analýzy
	pracuje s hodně lidmi – zkušenosti	vhodná pro technické problémy
	univerzálnost	univerzálnost
	velká základna lektorů	existence SW podpory
	zaměření na zákazníka	
nevýhody	pracuje s hodně lidmi – omezuje běžné pracovní povinnosti	časová náročnost na osvojení
	nehodná pro jednodušší problémy	potřeba značných zkušeností
		není primárně zamýšlena k optimalizaci procesů

Tabulka 2: Srovnání výhod a nevýhod metod optimalizace

Z podkapitol shrnutí u obou metod je k dispozici souhrn důležitých vlastností, které tu budou vzájemně porovnány, v rámci naplnění zadání této práce.

Zatímco LSS byla vytvořena za účelem optimalizace, TRIZ má spíš úkol metodiky pro vynalézání. V současnosti však k optimalizaci můžeme využít obou metod. Jeden z nejvýznačnějších rozdílů je zaměření na zákazníka. To jsou sice obě metody, ale u TRIZ je na to kladen mnohem menší důraz. Zatímco u LSS je zákazník jedním z nejdůležitějších metrik a všechno se mu přizpůsobuje, v TRIZ je hlavní důraz kladen na překonání technického problému, k čemuž taky byla stvořena, a zákazník zde nehraje tak důležitou roli.

Dalším rozdílem je zapojení lidí do projektu. Pro úspěch LSS je potřeba zapojení velké skupiny lidí, některých na plný úvazek, některých jen částečně. TRIZ toto nevyžaduje, i když spolupráce více lidí je zde stále možná, a dokonce často žádoucí.

Rozdíl je také v metodách analýzy. Analýza podle LSS zahrnuje poznání silných a slabých stránek a rozpoznání prostoru pro zlepšení podle toku hodnoty. Oproti tomu TRIZ má FNA, která zkoumá funkce a náklady, z nichž je vyhodnocována ideálnost objektu, a Su-Field analýzu, která se zabývá vztahy látek a polí. Je vidět, že TRIZ má více technický charakter, ačkoliv pro obě metody jsou velmi důležitá data

Pokud se přesuneme k podpoře metod, LSS má velkou lektorskou základnu, takže jsou materiály snadno přístupné online a stejně tak kurzy. Materiály TRIZu jsou dostupné hůře, ale oproti LSS existuje SW podpora, která nám dokáže pomoci při analýze

problému. I LSS má svůj druh SW nástrojů, ale jedná se spíše o prostředky, jak sdílet data a informace napříč týmem.

Co se týká syntézy, tedy kroku řešení po analýze, jsou zde opět rozdíly. LSS spoléhá na to, že analýza ukáže slabá místa a k řešení nepoužívá žádné speciální metody. Oproti tomu TRIZ má velmi konkrétní postupy syntézy. Je důležité zmínit, že se vždy jedná o doporučení, nikoliv o zaručený návod na úspěch, jak již bylo zmíněno. TRIZ totiž počítá s tím, že se setká s problémy, které ještě před námi nikdo neřešil, kdežto LSS spoléhá právě na již řešené problémy a obecná řešení, která získáme jen úvahou, případně jako výstup z brainstormingu atp.

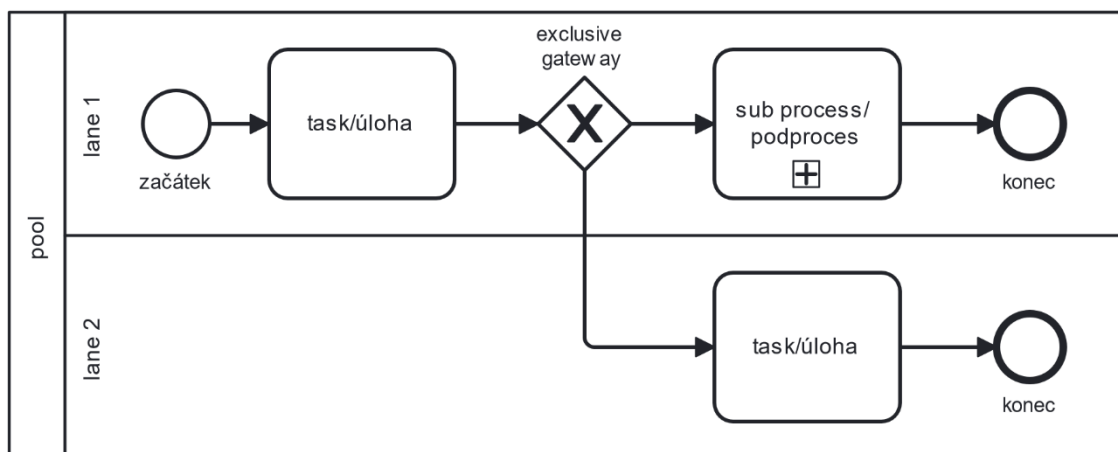
V tabulce je možné si všimnout, že u obou metod je ve výhodách zmíněná univerzálnost. Obě metody jsou totiž univerzální, alespoň co se týče optimalizace procesů. Nástroje, se kterými pracují se dají využít téměř na jakýkoliv problém a dojdeme k výsledku, se kterým je možné dále pracovat.

Posledním bodem, který zde bude zmíněný, je časová náročnost a potřeba zkušeností. Obě metody jsou časově náročné. U TRIZ je obtížné odhadnout celkovou dobu trvání, ale LSS s časem pracuje mnohem lépe, protože počítá s vytvořením harmonogramu, detailním rozepsáním a rozdělením činností tak, aby byl harmonogram naplněn. Zároveň je TRIZ obecně náročnější na osvojení, protože k pochopení vyžaduje velké množství příkladů, v čemž je LSS jednodušší.

5. MAPOVÁNÍ PROCESU

Jedním z prvků, které využíváme v obou předchozích metodách, ale i v optimalizaci obecně, je procesní mapa. Pod tímto pojmem rozumíme grafické znázornění jednotlivých kroků procesu, které nám může pomoci v analýze a často je pro nás výhodná co se týče přehlednosti. Procesní mapa by se měla řídit podle cílů mapované organizace, a nikoliv podle organizační struktury [11].

Samotný formát, tedy strukturální stránka procesních map, byl mezinárodně standardizován, a to normou ISO/IEC 19510:2013. Tato norma upravuje vizuální stránku procesní mapy, a to jak vnější formu, tedy rámec procesu, tak podobu a organizaci vnitřních bloků představujících jednotlivé kroky. Standardu je nazýváme BPMN, z anglické zkratky „Business process modeling notation“. To se dá volně přeložit jako „zaznamenání modelů podnikových procesů“. Vzor samotné mapy procesu podle této normy pak prezentuje obrázek. Nepředstavuje žádný reálný proces, slouží pouze jako ukázka.



Obrázek 6: Ukázka mapy procesu podle standardu BPMN

Základní myšlenka představuje „pool“, což je ohraničení celého mapovaného procesu. V tomto prostoru jsou pak „lanes“, které rozdělují pool na části příslušející jednotlivým organizačním celkům vystupujícím v procesu.

Mohou to být různé celky nebo místa, které závisí na konkrétním procesu a na zvoleném detailu. V rámci firmy to může být výrobní hala, oddělení vývoje, IT nebo účetní oddělení. V případě nižšího detailu, kde se již mapa věnuje například jedné výrobní hale se jedná o jednotlivé sekce, jako obrobnu nebo úsek kontroly kvality, případně jednotlivé osoby, které vykonávají dané úlohy.

V těchto pomyslných dráhách jsou pak jednotlivé úkony. Na obrázku to jsou zleva začátek a základní úloha nebo task, představující libovolný krok v procesu. Následuje exkluzivní gateway, tedy člen umožňující rozvětvit mapu do dvou a více větví, podle podmínky, kterou obsahuje. Za tím je sbalený podproces, tedy samostatně rozkreslený

proces, který je hierarchicky pod mapovaným procesem a kvůli přehlednosti je takto sbalen. Posledním prvkem je konec. Jak je vidět na ukázce, konců může být několik, zatímco začátek může být jen jeden.

Dalších symbolů, které představují nespočet dalších možností, stejně jako celou metodiku standardu popisuje výše zmíněná norma. Zde byly však představeny jen takové bloky, které budou používány v rámci této práce.

Mapy všech procesů, které jsou předmětem této práce, jsou součástí příloh tohoto dokumentu.

5.1 Tvorba procesní mapy

5.1.1 Specifikace mapovaných procesů

Práce má za úkol zmapovat procesy příprav vybraných zkoušek na zkratovně. Jedná se zejména o tyto typy zkoušek:

- Zkratové zkoušky
- Dlouhodobé oteplovací zkoušky (zde bude rozlišováno mezi zkouškami proudy do 1000 A a nad 1000 A)
- Zkoušky mechanické odolnosti
- Zkoušky elektrické životnosti.

Podle typu zkoušky se pak jednotlivé přípravy odlišují, v některých případech jsou si však některé části podobné, či dokonce stejné. To závisí mj. na místě provádění zkoušky. Pokud bude probíhat zkouška z transformátoru na vysokém napětí, budou vzorek a měřicí aparatura umístěny jinde, než když bude probíhat zkouška mechanické odolnosti, která ke svému provedení nevyžaduje připojení transformátoru, nebo zkratového generátoru.

První zkouškou je zkouška elektrické životnosti. Po připojení přístroje ke zkušební stolici je potřeba připojit a nastavit pohony, které budou zajišťovat periodické zapínání přístroje. Vzhledem k nutnosti připojení přístroje k napájení tato zkouška musí probíhat na zkušebních stolicích ZS1, 2 nebo 3. Zároveň jsou potřeba vhodné vodiče, otvory pro upevnění vzorku apod. To všechno by měla znázorňovat mapa procesu, která bude popsána dále v této práci.

Proti tomu je rozdílná zkouška mechanické odolnosti, která spočívá v opakovaném mechanickém zapínání a vypínání přístroje, přičemž sledovaným parametrem je zde mechanické opotřebení, které se projeví především na kontaktech, které jsou vystaveny otěru. Pohony zde tedy budou potřeba stejně jako u předchozí popsané zkoušky, ale odpadá zde nutnost vodičů. Také se může provádět na zkušební stolici, která je umístěna mimo zkušební kobku, takže zkušebna zůstává volná pro jinou zkoušku. Co naopak přibývá u tohoto typu zkoušky je nutnost samostatného řídicího systému, který bude zajišťovat činnost pohonů.

5.1.2 Stanovení základních požadavků

Na začátku procesu optimalizace je potřebné určit si, jaký parametr, případně parametry jsou pro nás zásadní. V tomto případě byl zvolen čas, který je věnován přípravám zkoušek. Zkušební kapacita kobek zkratovny sice není plně využita a tento stav se ani nepředpokládá, ale cílem v tomto směru je ušetřit čas pracovníků připravujících zkoušky tak, aby ve své časově omezené pracovní době nevěnovali výrazně více času, než je potřeba těmto přípravám. Samotných zkoušek se optimalizace týkat nebude a ani nemůže, protože průběhy jednotlivých zkoušek jsou dané normou, a tudíž s nimi není dobře možné manipulovat.

Výše popsáný požadavek pak budeme muset mít na paměti při tvorbě popisu mapy, abychom se na něj mohli zaměřit. V případě soukromých firem je obvykle zásadním bodem zisk, protože právě ten je nejvíce viditelným výsledkem chodu firmy a v manažerské ekonomice je to hlavní ukazatel úspěchu. V tomto případě se ovšem pohybujeme ve státním sektoru a jak bylo zmíněno výše, hlavním parametrem je čas. Je samozřejmě možné v rámci optimalizace procesů dosáhnout zlepšení právě i v oblasti finanční náročnosti atp. ale pouze jako vedlejší produkt úspory času.

5.1.3 Struktura procesní mapy

Tvorba mapy má některá obecná pravidla a doporučení, které by měly být dodrženy, pokud chceme, aby nám tento model opravdu pomohl v pochopení našeho procesu a odhalení případných slabých míst apod. Část specifikuje norma, která byla popsána výše, ale pak jsou tu některá další pravidla, která nejsou její součástí. Jde především o členitost a přehlednost mapy. Jen při dodržování všech těchto pravidel můžeme naplno využít všech výhod standardu BPMN.

Mapa by neměla být příliš jednoduchá, nebo naopak příliš složitá, což jsou ovšem relativní pojmy, které pro techniku nejsou vhodné. Míra složitosti by se měla především odvíjet od toho, co právě řešíme. Pokud naším aktuálním problémem je volba jednoho podprocesu, stačí nám obecná mapa. Podrobnost pro tento krok by tedy měla být taková, abychom mohli identifikovat jednotlivé procesy a jejich vazby na ostatní prvky, ale nezabývali se, v tuto chvíli zbytečně, jednotlivými kroky v procesu. Dále je však ještě potřeba doplnit k mapě další informace, čemuž se věnuje jedna z následujících kapitol.

Potom co si díky analýze zvolíme podproces, musíme již zvolit mnohem vyšší míru detailů. Velikost mapy může být často podobná jako v předchozím případě, ovšem s tím rozdílem, že na místech jednotlivých procesů, jsou teď již rozkresleny konkrétní kroky jednoho vybraného procesu. Opět platí, že musíme znát pořadí jednotlivých kroků a jejich vazby na ostatní.

Obecně pak také platí, že co se týče detailů, kromě toho, co již bylo zmíněno, bychom se měli držet na stejné úrovni, tedy že by neměla nastat situace, kdy na mapě po procesu, který zahrnuje 50 pracovníků, výrobní halu a trvá několik hodin přijde proces, který obsahuje jednoho pracovníka, 10 minut a jeden stroj. V případě, že by toto mělo nastat,

snažíme se takovýto „malý“ proces zahrnout pro účel mapy do jiného většího procesu, přičemž k větší podrobnosti se dostaneme při detailnějším rozkreslení, pokud to budeme potřebovat.

5.2 Parametry kroků mapy

Samotná mapa nám neposkytuje komplexní informace o procesu, pouze nám zobrazuje vazby mezi jednotlivými kroky v procesu. Abychom dosáhli dostatečného náhledu na náš proces v rámci optimalizace, musíme si k mapě sestavit ještě další prvek, v tomto případě má podobu tabulky, kde si shrneme některé parametry potřebné k další práci.

Tato tabulka má popisovat všechno co není možné vyčíst ze samotné mapy a co je potřebné k analýze procesu, ke které slouží jako hlavní podklad. V našem případě byla zvolena struktura, která obsahuje celkem deset sloupců. Parametry, které zde byly zvoleny, jsou pak dále i podrobněji rozepsány.

Podoba tabulky je vidět na obrázku níže. Konkrétně jde o úryvek tabulky s popisem kroků procesu přípravy zkoušky dlouhodobé elektrické životnosti. V prvním řádku se nachází popis jednotlivých parametrů a další řádky už jsou věnovány samotným krokům.

krok	čas [min]	počet pracovníků	nástroje, nářadí	spotřební materiál	místo	vzdálenost [m]	priorita	popis	problém	náklady
přijetí vzorku do procesu	4,8	1	viz podproces	viz podproces	viz podproces	184	pomocná	přijetí vzorku od přepravní společnosti, uskladnění až do přípravy zkoušky	viz podproces	14,3
čekání na přípravu zkoušky	X	1	X	X	kancelář	0	pomocná	čekání na zahájení zkoušky, podle rozpisu využít zkušební kobky	proměnlivá doba čekání, vzorky zabírají místo skladováním	

Obrázek 7: Tabulka s popisem procesu

5.2.1 Krok

První položkou je krok. V této kolonce je obsažen název kroku, ideálně tak, jak je v mapě. Stačí ale i jiné označení, pokud z něj bude jednoznačně rozpoznatelné, které krok má prezentovat. Je vhodné cílit na pojmenování, které nebude dlouhé, ale zároveň bude co nejlépe reprezentovat smysl a náplň daného kroku. V případě zde prezentované mapy bylo zvoleno za vhodné rozpětí tři až pět slov, nepočítaje předložky a spojky. Vzhledem ke zvolené podrobnosti mapy je tento rozsah plně dostačující. U méně podrobných map se můžeme setkat s rozsáhlejšími popisy vedoucími k lepšímu pochopení jednotlivých kroků, které by ale měly být v případě potřeby rozkresleny do samostatné mapy. Stále je však potřeba brát v potaz zvolenou úroveň detailu mapy, respektive její zachování.

5.2.2 Čas

Další sloupec je čas. Každý krok procesu má určitou dobu trvání, která je zde vyjádřena v minutách, ale můžeme zvolit i jinou vhodnou jednotku (hodiny, sekundy), v závislosti na členitosti procesu.

Doba trvání kroku může být značně variabilní. V tabulce zapsaný čas může být ovlivněn při výskytu komplikací, ať už předpokladatelných, které se často dají statisticky kvantifikovat a započítat je do procesu, nebo nepředvídatelné, se kterými se počítat nedá.

Příkladem původu časové variability může být výměna baterie v akumulátorovém nářadí, což se dá zahrnout do celkového času, protože je možné odhadnout, jak často k tomuto dochází a jaká je zde prodleva. Naopak příkladem neočekávatelného děje může být výpadek elektriny v důsledku poruchy, u kterého ale není dobře možné předpokládat jeho vznik ani trvání.

V LSS se nicméně snažíme o co nejnižší variabilitu, takže je vhodné, aby odchylky byly co nejmenší, i když zde nejde primárně o tyto odchylky, ale spíše o proměnlivou dobu trvání kroku samotného, bez ohledu na děje typu výměna baterií. Zjištění časové náročnosti kroku je prováděno měřením přímo v procesu, kdy vyhrazení pracovníci měří dobu trvání jednotlivých kroků. Je žádoucí provést několik měření a na základě výsledků stanovit koncový čas. V případě jednoho měření by zde mohla nastat situace, kdy by byl změřen jeden čas, který by byl shodou okolností kratší, než je obvyklé, a to by mohlo zanechat chybu do dalšího postupu.

V této práci, v rozporu s předchozím textem, nebyl čas přímo měřen, ale některých částí odhadnut vedoucím této práce, na základě jeho zkušeností s mapovanými procesy a některé časy byly odhadnuty autorem práce, na základě jeho zkušeností. V druhém případě šlo především o drobné činnosti, které přímo nevyžadují zkušenost s prací na zkratovně, jako je lisování ok, stříhání vodičů atp. Hlavní příčinou zvolení tohoto postupu je přílišná časová a personální zátěž kladená na požadavky měření. Provedení série několika měření pro minimalizaci odchylky a zohlednění všech okolností, jak bylo popsáno výše, by v časovém rámci jednoho semestru nebylo proveditelné.

Čas, který není odhadnut, především co se týče dob různých přesunů, je vypočítán. Výpočet pracuje se vzdáleností odečtenou podle kapitoly 5.2.6 a s průměrnou rychlostí lidské chůze asi 4 km/h. Různá literatura udává obvykle mezi pěti a šesti, ale tento údaj byl pro potřeby práce snížen, a to započtením obcházení různých překážek, otevírání dveří apod., což se v reálném procesu děje.

5.2.3 Počet pracovníků

Následuje počet pracovníků. Jak je patrné z názvu, jde o údaj, kolik osob je potřeba pro naplnění kroku. Opět záleží na procesu, který mapujeme. Mohou to být jednotky, desítky a eventuálně až stovky, ale to bude spíš výjimečný případ.

Užitečnou položkou pak může být rozdělení pracovníků podle kvalifikace a také podle jejich ohodnocení. Práce odborníka bude velmi pravděpodobně náročnější na vynaložené prostředky než práce řadového montéra, tedy osoby bez kvalifikace v daném oboru, který provádí často repetitivní manuální práci. Vynaloženými prostředky jsou myšleny jak nároky na finanční ohodnocení pracovníka, související s jeho kvalifikací, tak nároky například na specializované měřicí přístroje apod. Zároveň je odborníků relativně omezené množství, oproti montérům.

V souladu s tím může být zaveden systém osobohodin, kdy hodina práce montéra bez vyšší kvalifikace bude mít referenční hodnotu 1 a hodina práce odborníka bude pro nás

mít hodnotu např. 2, což znamená, že hodina součinnosti jednoho montéra a jednoho odborníka bude mít ve výsledku hodnotu tří osobohodin (jednu za montéra dvě za odborníka). V našem případě pro jednoduchost uvažujeme všechny pracovníky stejně kvalifikované. V případě potřeby je také možné si pro potřeby konkrétního procesu zavést jakýkoliv jiný systém rozdělení a hodnocení lidské práce, za předpokladu, že to bude v souladu s požadavky na mapu konkrétního procesu a zároveň bude stále spolehlivě reprezentovat potřebný čas.

5.2.4 Nástroje a spotřební materiál

Tyto dvě položky v tabulce představují v podstatě všechno, co potřebuje pracovník k vykonání dané úlohy.

Položkou spotřební materiál je zde myšleno hlavně na spojovací materiál, tedy např. u mechanických činností šrouby, vruty, nýty atp., u balení pak jde o obalové materiály jako karton, balicí fólii a bublinkovou fólii. U těchto materiálů je stěžejní vlastností skutečnost, že vložením do procesu o ně přicházíme, a tudíž je není možné znovu použít.

Jiné je to u nástrojů, které nám po použití stále zůstávají, ale objevuje se u nich jiný problém, a to opotřebením. To je možné opět statisticky kvantifikovat a započítat do procesu. Jedná se zde o věci jako je osmekání bitů aku šroubováku, ztupení nůžek. U některého náradí je toto opotřebením velmi malé a můžeme si ho dovolit zanedbat. U nástrojů například strojní výroby je ale často opotřebením takové, že nástroj vydrží ve stroji v rámci dnů nebo jen hodin. Zde už opotřebením zanedbat nemůžeme a musíme počítat s tím, že po daném životním cyklu nástroje je potřeba jeho výměna nebo oprava, což opět zvyšuje náklady, což ale v tomto případě není problém, protože se zde nevyskytuje nic, co by takovému opotřebením podléhalo. Špatně fungující nástroje a náradí mohou způsobovat větší chybovost a nespolehlivost výroby, tudíž je vhodné se tomu vyhnout.

V této práci se nicméně nepočítá s opotřebením nástrojů, protože to spadá do dlouhodobějšího horizontu, než kterému se věnuje tato práce. Specifické je zde také využití zmíněného spojovacího materiálu, protože například šrouby, kterými se uchycuje vzorek na montážní desku se používají opakovaně, a tudíž nenaplňují zcela definici spotřebního materiálu. Na druhou stranu díky tomu musíme řešit jejich opotřebením, což by jinak nebyl problém. Obdobně je to u vodičů, které se někdy připravují nové, někdy se využívají stávající, kvůli čemu je zařazení do spotřebního materiálu také sporné.

5.2.5 Místo

Tento sloupec nám říká, na jakém místě se činnost odehrává. Může zde být jedno místo, pokud se v rámci kroku pracovník nikam nepřesouvá, nebo několik míst, pokud naopak krok obsahuje cestu např. pro materiál. V prvním případě je to často údaj typu „sklad“, nebo „strojovna“, v případě druhém pak může být „sklad, chodba, zkušební kobka“, tedy případ, kdy se v rámci kroku pracovník přesune ze skladu do kobky, přičemž cesta vede přes chodbu.

I to, kudy cesta vede je důležité, protože často je možné se setkat s několika různými cestami, které mohou vést ke stejnému cíli, ale jsou jinak dlouhé, nebo je volíme v jiných situacích. Jak příklad můžeme uvést cestu ze strojovny, kde se mj. skladují vzorky před zkouškami, do zkušební kobky nízkého napětí. Cesta, kterou si zvolí pracovník, pokud si může vybrat, je cesta přes chodbu. Pokud ale musí přemístit vzorek na EUR paletě, která se nevejde mezi sloupky podpírající měděné vodiče v kobce, musí pracovník obejít budovu zvenku, což je sice podobně dlouhé, ale časově náročnější, protože si musí otvírat dvoje vrata a zavírat je za vozíkem.

Od tohoto údaje se pak odvíjí další parametr, tedy vzdálenost, popsaná v následující kapitole.

5.2.6 Vzdálenost

Tento parametr ukazuje, jakou vzdálenost urazí pracovník při daném kroku. Zde je uvedena v metrech, i když je samozřejmě možné zvolit jakoukoliv jinou jednotku, jako u ostatních parametrů. Volba milimetrů, či kilometrů zde však bude zpravidla nevhodná. Pokud by však zadavatel měl potřebu vybočit z mezinárodně uznávaného standardu metrického systému, je možné použít jednotky jako jsou yardy, stopy, sáhy atp., se kterými se však v kontinentální Evropě běžně nesetkáme.

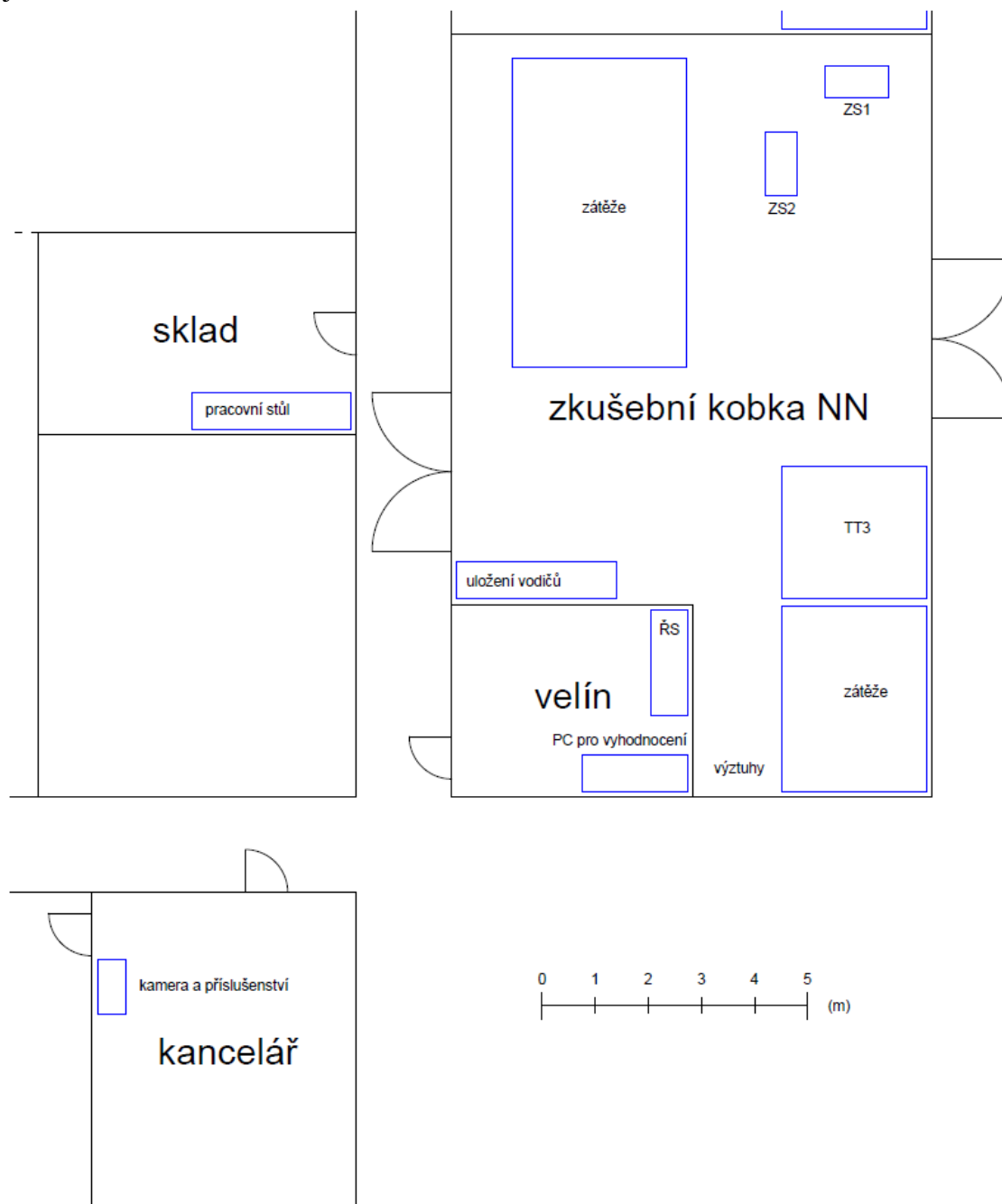
Vzhledem k tomu, že tento údaj přímo souvisí se vzdáleností strojů, nástrojů a všeho ostatního potřebného od výchozího pracoviště a zároveň závisí na pořadí, ve kterém se pracovník pohybuje mezi jednotlivými místy, je potřeba s tím pracovat a vše co možná nejvíce přiblížit a zkrátit. Zkrácení nám totiž snižuje čas pohybu pracovníka po pracovišti, který nepřidává hodnotu našemu produktu. Při snížení vzdáleností pak naopak docílíme zvýšení produktivního času a tím optimalizujeme proces. V ideálním případě tedy bude mít pracovník doslova na dosah ruky.

V reálném procesu, opět za předpokladu dostatku pracovníků a času, by mělo dojít, obdobně jako u parametru doby trvání kroku, k měření reálných hodnot. To bylo v tomto případě, vzhledem k relativní jednoduchosti budovy CVVOZE, nahrazeno změřením chodby a umístění vchodů do jednotlivých místností.

K měření byl použit laserový měřič vzdálenosti, který při srovnání s jinými měřidly dosahoval odchylky pohybující se níže než jedno procento. Pro potřeby měření v této práci byl vyhodnocen jako dostačující, i vzhledem k tomu, že se zde uvádí vzdálenost s nejvyšší přesností v desetinách metru. Zároveň vzhledem k relativní velikosti odchylky můžeme nepřesnost měření v tomto případě zanedbat.

Na základě těchto měření pak byl sestaven plánek objektu, potažmo těch částí budovy, které jsou relevantní pro účely této práce. Jsou zde tedy vynechány místnosti jako zasedací místnost, nebo sekce velmi vysokého napětí, která na námi mapované procesy nemá vliv, i když se nachází ve stejné budově. V plánu, jehož část je pro příklad zobrazena níže, jsou navíc zobrazena vybraná místa, která figurují ve zkoumaných

procesech. Celý plánek je umístěn v přílohách. Z tohoto plánu pak byly odečítány jednotlivé vzdálenosti.



Obrázek 8: Plánek objektu pro odečítání vzdáleností

Odečet přesunů mezi různými místnostmi probíhal v kreslicím programu, pomocí funkce křivky, kdy byla v půdorysu načrtnuta trasa, po které se pracovník pohybuje a z toho vyhodnocena vzdálenost. Oproti tomu vzdálenosti uražené v rámci jedné místnosti byly odhadnuty, a to na základě obecné znalosti dispozice jednotlivých místností a koordinace činností v rámci každého kroku.

5.2.7 Priorita

Následuje sloupec s prioritou. V rámci této práce byl zvolen systém přiřazení priorit podle hodnoty, kterou krok přidává do koncového produktu. Byly tak definovány celkem tři stupně, které jsou:

- Hlavní – znamená, že daná činnost produkuje výstup, který přímo naplňuje požadavky zákazníka na koncový produkt. U zkoušek pak také bereme jako hlavní prioritu to, co požaduje norma a tedy musíme splnit.
- vedlejší – sice není přímo požadována specifikována zákazníkem, ale je často nezbytná k naplnění funkce Hlavního stupně priority.
- pomocná – je zpravidla aktivita, která z pohledu zákazníka nepřidává žádnou hodnotu, ale je prospěšná pro nás, tedy z pohledu výroby produktu.

V případě použití funkčně nákladové analýzy, která zde bude také využita, je možnost zavést násobitele pro jednotlivé stupně priorit. V rámci jednoduchosti zde byly zvoleny čísla jedna, dvě a tři, jak je uvedeno odstavci výše, tedy pro hlavní prioritu 1, pro vedlejší 2 a pro pomocnou 3, kterými budou násobeny hodnoty času v tabulce. Díky tomu budou mnohem lépe viditelné náklady na kroky, které přinášejí malou, nebo žádnou hodnotu pro konečný výrobek a pro zákazníka, tudíž právě takové kroky, na které bude třeba se zaměřit v rámci návrhů pro optimalizaci.

V rámci vyhodnocení, které bude popsáno níže, je možné si kroky seřadit případně zvýraznit pro lepší orientaci. Jednou z možností je seřadit si kroky podle vyhodnocené náročnosti, ale v tomto případě setrváme u chronologického řazení, protože návaznost a vzájemné vztahy jednotlivých aktivit jsou, nebo by mohly být důležité při návrhu řešení.

5.2.8 Popis

Jak je u tohoto sloupce opět patrné z názvu, mělo by se jednat o podrobnější popis kroku, který nejsme rozsahem schopni obsáhnout v názvu. Ani zde není vhodné se příliš rozepisovat a obdobně jako u názvu je vhodné držet se rozsahu, který si předem stanovíme. V našem případě je to jedna až dvě jednoduché věty. Vhodné je v tomto parametru především co nejjednoznačněji určit rozsah kroku.

Při potřebě ještě obsáhlejšího popisu je pak na místě samostatná mapa, kvůli přehlednosti.

5.2.9 Problém

Posledním sloupcem je pak problém. Tento parametr je důležitý z pohledu optimalizace, protože v něm se snažíme vystihnout hlavní podstatu současného problému, který nám buď reálně způsobuje škodu, nebo je to riziko, které by škodu způsobit mohlo, ale nedělá se nic pro jeho odstranění/minimalizaci. I náš vybraný proces má své problémy. Jedná se zde obvykle o problémy spojené s možným poškozením materiálu nebo přístrojů neopatrným zacházením, nebo nízkou bezpečností při manipulaci.

Při sestavování této tabulky je důležité stále pamatovat na to, že kvalita analýzy se přímo podepíše na výsledku. Pokud v tabulce některé údaje neuvedeme, nebo uvedeme chybně, povede to k nesprávnému vyhodnocení situace a tím pádem k potenciálně chybnému řešení celého problému. Například pokud při provedení funkčně-nákladové analýzy nebudeme mít k dispozici všechny náklady (nástroje, čas, materiál...) a všechny funkce, nikdy z takových vstupů nedostaneme validní výsledky.

5.2.10 Náklady

Poslední sloupec, s názvem náklady, je už součástí vyhodnocení kvality procesu. Vzhledem k tomu, že zde je kladen důraz primárně na úsporu času, jak již bylo několikrát zmíněno, byl zvolen takový postup vyhodnocení, kde dochází k vynásobení časové náročnosti jednotlivých kroků koeficientem priority, jak je popsáno v podkapitole 5.2.7.

Součástí vyhodnocení je i barevné škálování výsledků, od červené, pro nejvyšší hodnoty, po zelenou, pro nejnižší hodnoty. Díky tomu je vyhodnocení v tabulce přehlednější, a především rychlejší pro orientaci. Ukázkou takového škálování je možné vidět na obrázku níže, který je z popisu podprocesu, který obstarává spuštění tlakování kompresoru, pro pneumatické pohony. Jak je vidět, poslední krok, který má nejvyšší hodnotu, je podbarven červeně. S klesající hodnotou se buňky barví do žluta a u nejnižších hodnot, ve druhém a čtvrtém kroku mají již zelenou barvu. Z toho vyplývá, že při vyhodnocení se budeme pravděpodobně zaměřovat především na poslední krok.

krok	čas [min]	vzdálenost [m]	priorita	popis	problém	náklady
přesun do velína	0,6	37	pomocná	přesun do velína k PC s ŘS	X	1,7
spuštění ŘS	0,5	0	vedlejší	spuštění PC s řídicím systémem	doba spuštění viz "čekání na spuštění systému"	1,0
čekání na spuštění systému	1,0	0	pomocná	čekání, než se PC se systémem spustí	systém se nespustí ihned a pracovník musí čekat na spuštění, tedy čas nijak nevyužije	3,0
spuštění tlakování kompresoru	0,5	0	hlavní	spuštění procesu tlakování kompresoru přes ŘS	spuštění kompresoru se musí provádět z velína, přímo u kompresoru to není možné	0,5
přesun k ZSS	0,6	37	pomocná	přesun zpět ke zkušební stolici	X	1,7
čekání na natlakování	6,4	0	pomocná	čekání, než skončí tlakování kompresoru	kompresor má velkou nádrž a proto tlakuje dlouho	19,3
celkem	9,6	74				

Obrázek 9: Ukázka barevného škálování vyhodnocení časových nákladů

6. VYHODNOCENÍ ANALÝZY PROCESŮ

V této kapitole bude ukázka vyhodnocení vybraných parametrů a částí procesů. Pozornost zde bude věnována především těm částem, které budou předběžně vyhodnoceny jako problémové. To znamená, v souladu s tím, co bylo popsáno dříve, takové kroky, které přinášejí žádnou nebo jen malou přidanou hodnotu a zároveň vykazují vysoké náklady. K vyhodnocení bude použita SWOT analýza a zároveň funkčně-nákladová analýza, pro porovnání obou metod.

Vyhodnocení bude provedeno na základě tabulky popisu procesů, která je přílohou této práce. Tabulka obsahuje všechno potřebné pro to, aby bylo možné z ní vyhodnotit ukazatele kvality procesu.

U vybraných procesů nebo jejich částí, které budou na základě takové analýzy zvoleny pro optimalizaci, bude provedena podrobnější analýza a na jejím základě vypracován návrh na konkrétní opatření, která by mohla vést ke zkvalitnění procesu a k námi vytyčenému cíli, kterým je úspora času zaměstnanců zkratovny. Navržená opatření pak budou směřována v souladu s teoretickou částí této práce, tedy podle již v praxi vyzkoušených postupů, tak, aby bylo dosaženo co možná nejlepších výsledků.

I pro části, které nebudou vyhodnoceny jako výrazně problémové však budou navržena opatření, pokud to jejich charakter bude jednoduše umožňovat. Pod tímto pojmem rozumíme například úklid pracoviště. Jak bylo napsáno, neuklizenost nemusí způsobovat problémy, ale naopak uklizené a organizované pracoviště téměř vždy přinese zlepšení.

První část vyhodnocení procesu probíhá už ve zmíněné tabulce, kde je vyhodnocení celkové časové náročnosti a zároveň vyhodnocení náročnosti jednotlivých kroků. Jak zde již bylo zmíněno, poslední sloupec tabulky prezentuje časovou náročnost kroku vynásobenou zavedeným koeficientem, který se odvíjí od stanovené priority v rámci procesu, případně podprocesu. Bližší popis je v podkapitole 5.2.10.

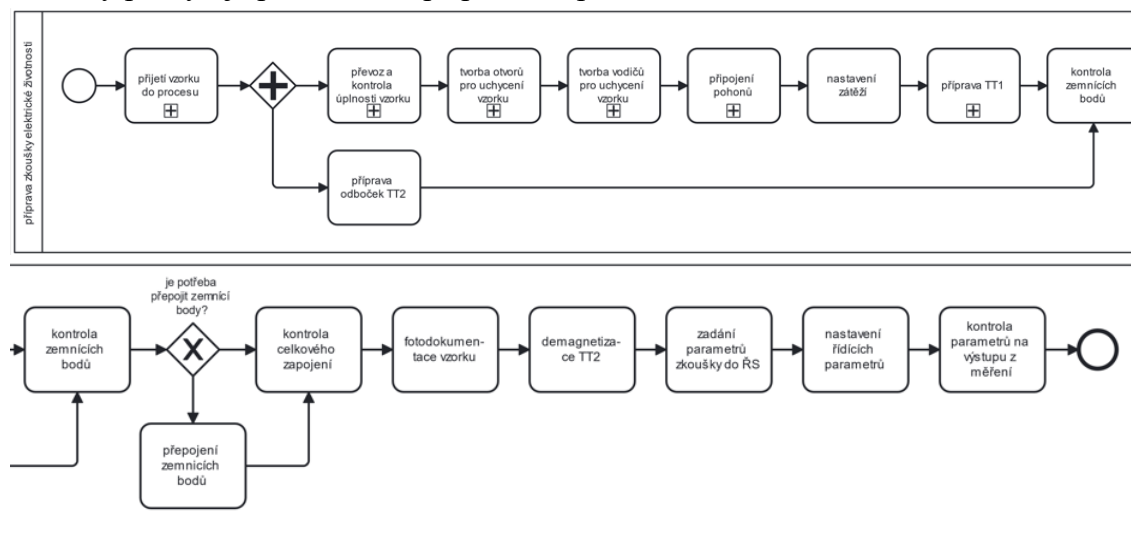
6.1 Mapované a analyzované procesy

Před samotnou analýzou zde však budou představeny jednotlivé procesy a podprocesy, kterými se práce zabývá. Jde zejména o přípravy pěti typů zkoušek, které se provádí a potom vybrané podprocesy, které souvisí s jejich přípravou. Jednotlivé procesy zde budou popsány a k nim připojeny procesní mapy, pro lepší pochopení procesů přípravy.

6.1.1 Zkouška dlouhodobé životnosti

Smyslem této zkoušky je otestovat dlouhodobou životnost vzorku z pohledu eklektické výdržnosti, tedy především opotřebení kontaktů, zhášecích komor atp. Zjednodušeně se dá říct, že vzorek je připojen k napájení a zátěžím a je periodicky spínán a rozpínán. Dochází tedy k opotřebování zmíněných částí, a to za podmínek daných normou.

Co se týče přípravy zkoušky, je potřeba vzorek upevnit ke zkušební stoličce, připojit ho k napájení a zátěžím, opatřit ho pohonem zajišťujícím spínání a rozpínání, spustit generátor a samozřejmě průběh zkoušky monitorovat. Představu o podobě přípravy této zkoušky poskytuje přiložená mapa procesu, pro čitelnost rozdělená na dvě části.



Obrázek 10: Procesní mapa přípravy zkoušky dlouhodobé životnosti

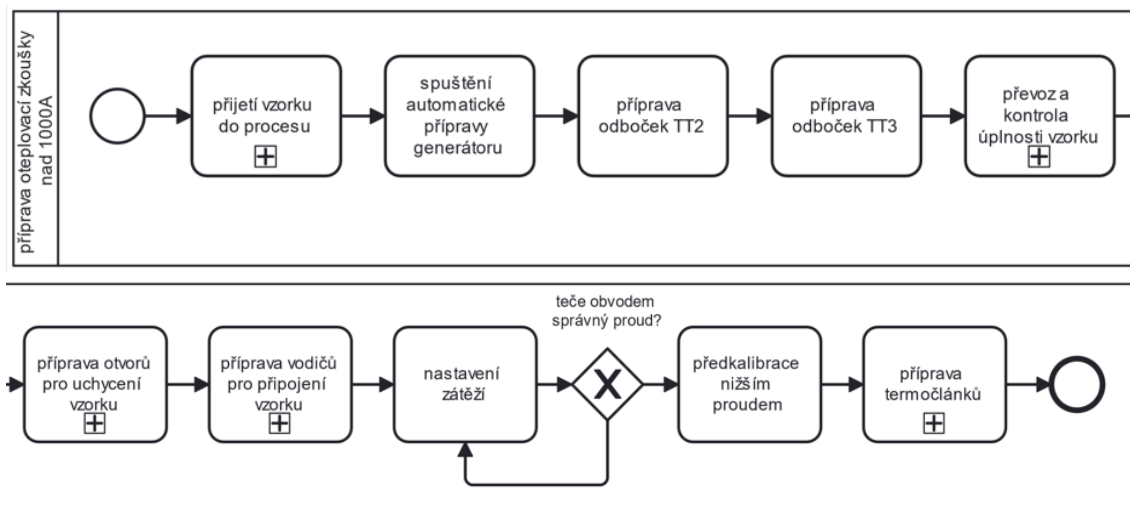
Mimo to, co je možné vyčíst z mapy je pro analýzu důležité, že se zkouška odehrává ve zkušební kobce NN, případně ve zkušební kobce VN, podle jmenovitého napětí přístroje.

6.1.2 Oteplovací zkouška s proudem vyšším než 1000 A

Další je zkouška oteplení, kterou ještě dělíme podle proudu. S proudem vyšším než 1000 A, kterou se budeme zabývat zde a s proudem do 1000 A, kterou se bude zabývat další kapitola.

Jak vypovídá název, jde o zkoušku oteplení, jejíž parametry v závislosti na přístroji specifikuje norma. Obecně je průběh obdobný jako u předchozí zkoušky, tedy upevnění vzorku, připojení, nastavení zátěží, spuštění generátoru a nastavení monitorování. Navíc je zde potřeba instalace termočlánků, pomocí kterých se monitoruje teplota na vybraných místech vzorku. V závislosti na velikosti a složitosti vzorku jich mohou být až nižší desítky kusů, což z jejich montáže dělá velmi výraznou položku. Zkouška opět probíhá ve zkušební kobce NN nebo VN.

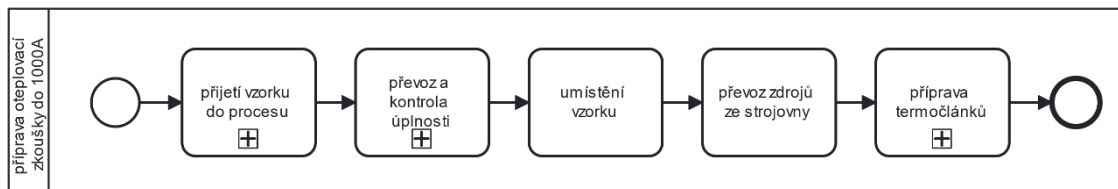
Opět je zde přiložena mapa procesu přípravy této zkoušky.



Obrázek 11: Procesní mapa přípravy oteplovací zkoušky nad 1000 A

6.1.3 Oteplovací zkouška s proudem nižším než 1000 A

Tato zkouška probíhá v podstatě stejně jako předchozí, i když je tu několik rozdílů. Především jsou to tyto dva. Vzorek je připojen na transformátory v počtu podle pólů přístroje a není tudíž napájen z generátoru, jako předchozí zkouška. Druhá odlišnost je pak v umístění, protože zde zkouška probíhá ve skladu, nikoliv ve zkušební kobce. Opět je přiložena mapa procesu. Jak vidíme, některé kroky, jako je příprava generátoru zde oproti předchozí zkoušce opravdu chybí a obecně je proces jednodušší.

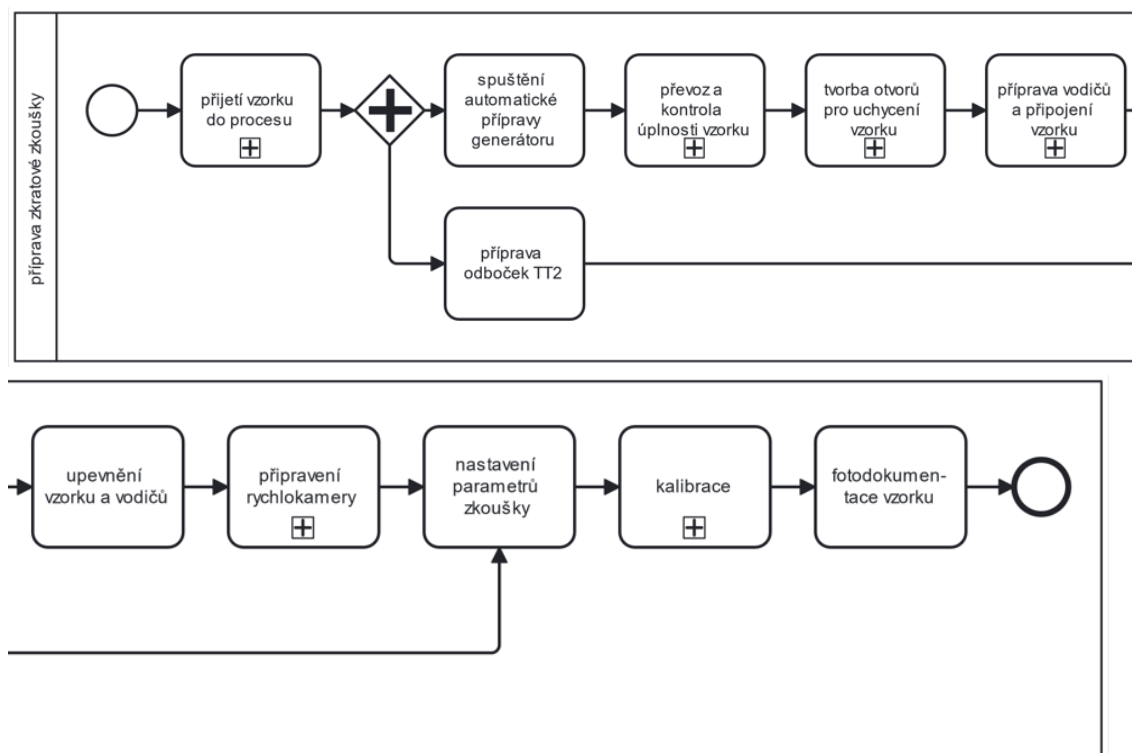


Obrázek 12: Procesní mapa přípravy oteplovací zkoušky pod 1000 A

6.1.4 Zkouška zkratové odolnosti

Cílem této zkoušky je vystavit testovaný vzorek zkratovému proudu, jehož parametry, stejně jako u všech ostatních zkoušek, definuje norma. Cílem této zkoušky pak je zjistit, jestli vzorek odolal zkratu, především jeho silovým účinkům. Např. u jističů a vypínačů se pak navíc vyhodnocuje například jestli byly schopny obvod ve zkratu ve stanovené době vypnout a jsou tedy způsobilé použití.

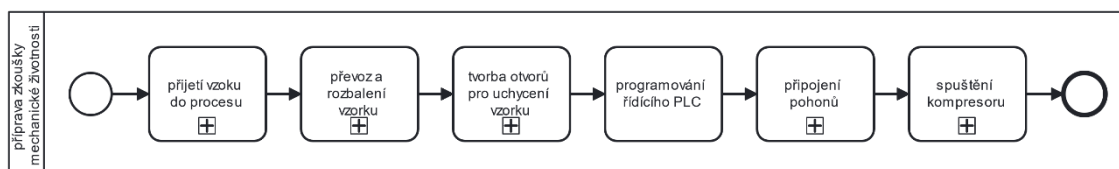
Zkouška opět probíhá ve zkušebních kobkách NN nebo VN. Postup je opět obdobný jako u jiných prvních dvou zkoušek. Obrázek opět pro přehlednost rozdělen na dva.



Obrázek 13: Procesní mapa přípravy zkratové zkoušky

6.1.5 Zkouška mechanické životnosti

Poslední typem zkoušky, do jisté míry specifickým, je zkouška mechanické životnosti. Specifickou proto, že nevyžaduje připojení do elektrické sítě. Zkouška proto probíhá v místnosti s kompresorem a kondenzátorovou baterií. Příprava zkoušky je z tohoto důvodu jednodušší, což se projevuje i na procesní mapě.



Obrázek 14: Procesní mapa přípravy zkoušky mechanické životnosti

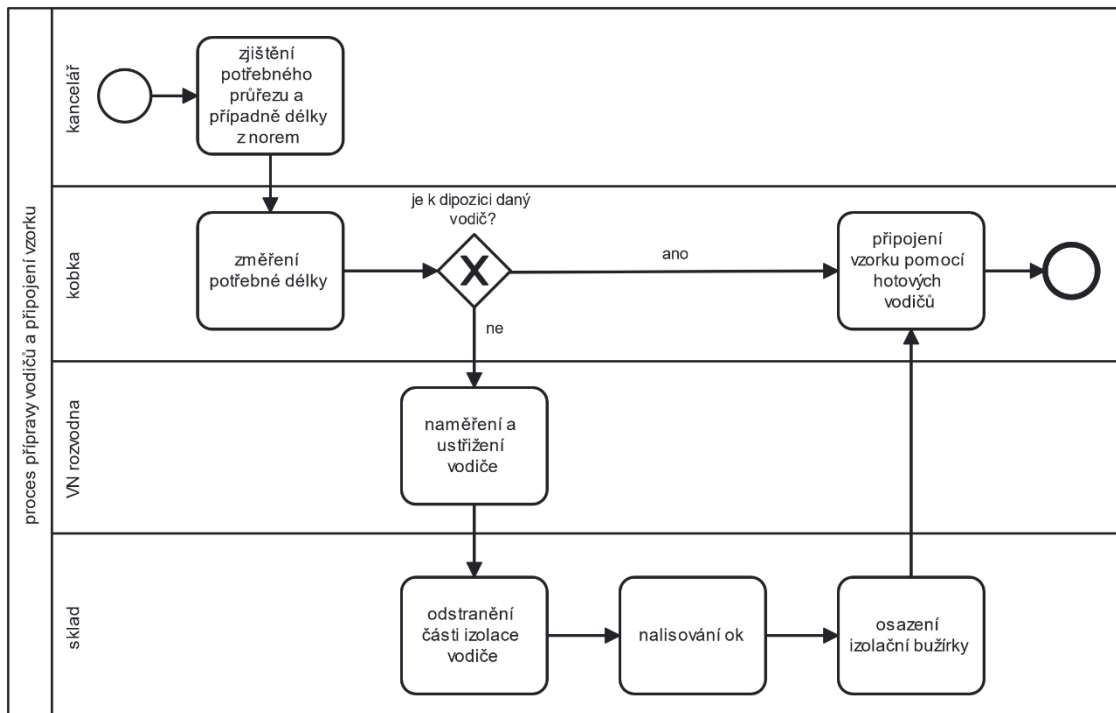
Smyslem této zkoušky je pak zjistit mechanickou životnost kontaktů, které jsou při spínání a vypínání namáhány zejména otěrem, což má nežádoucí vliv na jejich vlastnosti.

6.2 Ukázkové vyhodnocení

Tato kapitola se bude věnovat ukázkové analýze SWOT a FNA, které budou sloužit jako vzor pro vyhodnocování dalších procesů. Smyslem této kapitoly je tedy především vysvětlit, jak bude dále postupováno v rámci analýzy a jak budou navrhována opatření pro optimalizaci procesů, která je jedním z cílů této bakalářské práce.

6.2.1 Vzorový proces

Proces, kterému se bude tato ukázkové analýza věnovat, popisuje tvorbu a připojení vodičů. Z příložené mapy procesu, která je zobrazena na obrázku níže, vidíme jednotlivé kroky a jejich sled.



Obrázek 15: Mapa procesu tvorby a připojení vodičů

Popis procesu z mapy by zněl asi takto: Zjistíme potřebný průřez a případně délku vodičů, pokud to specifikuje norma. Přesuneme se do kobky, kde si změříme potřebnou délku vodiče, případně ověříme délku z norem. Je vodič daných parametrů k dispozici již hotový? Pokud ano, vodiče jen připojíme a pokud ne, ve VN rozvodně naměříme a ustrihneme potřebné vodiče a ve skladu si odizolujeme konce vodičů, na které nalisujeme oka a osadíme izolační bužírky. Nakonec vodiče ve zkušební kobce připojíme a podproces zde končí. Jak zde již bylo zmiňováno, z této mapy nepoznáme, kolik která činnost zabere času nebo jaké vyžaduje nářadí.

Přichází tedy na řadu tabulka, která je důležitým doplňkem mapy, ve které je popsáno právě to, co z mapy nevyčteme. Podoba tabulky a zvolené parametry jsou blíže popsány v podkapitole 5.2. Část tabulky s parametry důležitými pro tuto fázi a vyhodnocením nákladům vidíme opět na obrázku níže.

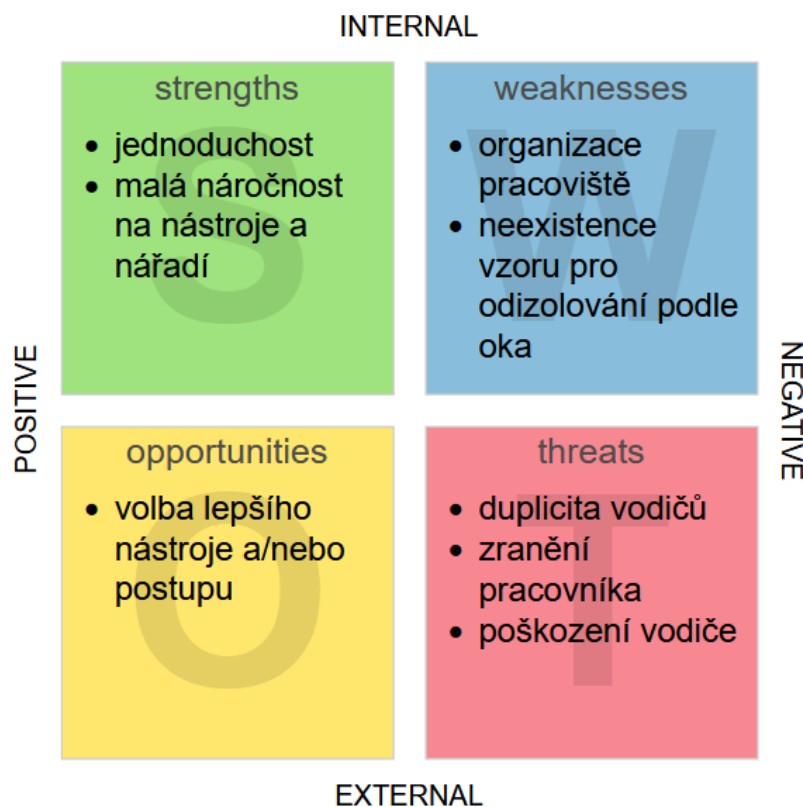
krok	čas [min]	popis	problém	náklady	FNA	funkce	problém	náklady
zjištění potřebného průřezu z norem	5,0	zjištění potřebné délky a průřezu vodiče z norem, pokud to definují	normy jsou přístupné jen z počítače v kanceláři, stejně tak návod výrobce, hledání může být zdlouhavé	5,0	0,5	8	5	11
přesun do kobky	0,4	přesun od PC z kanceláře do kobky ke vzorku	X	1,2	0,6	4	4	3
změření potřebné délky vodiče	1,0	změření délky vodiče, pokud není určen normou	změření nemusí být přesné a může dojít k nedostatečné nebo nadbytečné délce, není-li stanovena normou	3,0	0,5	7	10	5
přesun do VN rozvodny	1,0	přesun z kobky od vzorku do VN rozvodny	X	3,1	0,4	4	4	5
naměření a ustřížení vodiče	3,0	naměření a ustřížení vodiče, podle délky z normy, nebo změněné	nůžky a metr jsou jině než vodiče, uvnitř budovy ve zkušebně	6,0	0,6	11	9	8
přesun do skladu	0,9	přesun z VN rozvodny do skladu k pracovnímu stolu	X	2,7	0,5	4	4	4
odizolování části vodiče	4,5	odstranění izolace v délce potřebné pro nasazení oka	odizolování je časově náročné, hrozí poranění, nyní prováděno zalamovacím nožem	9,0	0,3	6	11	10
nalísování ok	2,0	nasazení a nalísování ok pro připojení	lísování ok je pro jednoho složitější, nutnost upnout vodič do svěráku a ručně nalísovat oko	2,0	0,6	9	8	7
osazení izolační bužírky	1,5	nasazení a zafouknutí izolační teplem smršťovací bužírky	není šablona délky bužírky pro jednotlivá oka, pistolí se musí foukat vzduch rovnoměrně ze všech stran, což postup komplikuje	3,0	0,4	5	6	6
přesun do kobky	0,2	přesun od pracovního stolu do zkušební kobky	X	0,7	0,7	4	4	2
připojení vodičů	4,0	připojení testovaného vzorku k přípojnicím pomocí připravených vodičů	šrouby podléhají opotřebení, jako je degradace závitů nebo osmekání šestihraných hlav šroubů	4,0	0,6	10	7	9
celkem	24							

Obrázek 16: úryvek z tabulky popisu procesu tvorby vodičů

6.2.2 SWOT analýza

V této podkapitole bude provedena a popsána SWOT analýza pro vybraný proces. Přitom bude dodržován postup tvorby této analýzy, který je podrobněji popsán v kapitole 2.3.3.

Na přiloženém obrázku vidíme již hotovou SWOT analýzu procesu přípravy vodičů. Pro lepší pochopení zde bude blíže popsána.



Obrázek 17: SWOT analýza procesu přípravy vodičů

V *silných stránkách* je napsána jednoduchost a malá náročnost na nástroje a nářadí. Jednoduchost proto, že proces je složen z několika velmi jednoduchých kroků, jako měření, stříhání, připevnění šroubů. Zároveň na tyto činnosti nepotřebujeme žádné specializované nástroje.

Slabé stránky jsou organizace pracoviště a neexistence vzoru pro odizolování podle oka. Jedním z problémů, kvůli kterým je zařazen bod organizace pracoviště, je umístění svinovacího metru a kabelových nůžek ve stole ve zkušební kobce, kde ale nedochází ke stříhání. To probíhá ve VN rozvodně, kde jsou uskladněny vodiče. Dalším bodem je odizolování konce vodiče v délce potřebné pro nalisování oka. Pro každý průřez je lisovaná část oka jinak dlouhá, ale v rámci jednoho průřezu se neliší. V rámci tohoto kroku je potřeba odstranit takovou část izolace, aby byl vodič doražen až na konec oka a zajistila se dostatečná styčná plocha a zároveň by neměl holý vodič přesahovat z oka. K tomuto problému se vrátíme v odstavci příležitosti.

Hrozby nám prezentují hlavně stavy, které ohrožují kvalitu procesu nebo bezpečnost pracovníků. Zde je to duplicita vodičů, tedy případ, kdy pracovník vyhodnotí, že potřebný vodič neexistuje, ale ve skutečnosti ho jen nenašel, kvůli nevyhovující organizaci již hotových vodičů. Druhým problémem je možnost poranění pracovníka. Při odizolování se pracuje se zalamovacím nožem, přičemž hrozí poranění především prstů. Posledním bodem je pak poškození vodiče. Vzhledem k tomu, že při procesu se s vodiči často

manipuluje, hrozí poškození izolace, které může vyústit v krajním případě až proražení na kostru, nebo jinou fázi.

Posledním bodem jsou *příležitosti*. Do nich doplníme nejenom oblasti, kde by mohla vzniknout konkurenční výhoda, ale je možné zde provést i částečné vyhodnocení. Zde je volba lepšího nástroje a/nebo postupu a organizace postupu. První bod se týká především odizolování vodiče, které je v tomto procesu nejproblémovější, což nám vychází nejen ze SWOT analýzy, ale i vyhodnocení v tabulce popisu. Druhý bod pak zmiňuje organizaci postupu, která by mohla být lepší i kvůli bodům ve *slabých stránkách*.

Nyní bude provedeno vyhodnocení analýzy a navržení optimalizací. Vycházet zde budeme především z odstavců představujících škodlivé věci, tedy *slabé stránky* a *hrozby*.

Prvním bodem je hrozba duplicity vodičů. Pracovníci, kteří se účastní tohoto procesu sice často zhruba vědí, jaké vodiče jsou k dispozici, ale mohou se splést, nebo když si nejsou jistí, mohou se přehlédnout, kvůli špatné organizaci hotových vodičů, která teď spočívá ve volně ležících vodičích pod stolem. Vzhledem k tomu, že se jedná o organizaci pracoviště, navrhneme zde opatření podle zásad 5S. V souladu s tím by měly být všechny vodiče uklizeny, resp. soustředěny na jedno místo, kde vznikne organizér, který bude třídít vodiče podle průřezů a vodiče budou viditelně označeny popisem, který bude udávat jejich délku. Důležité je, aby si toto navrhly sami pracovníci tak, aby to vyhovovalo jejich potřebám. Zároveň pak díky tomu budou více motivováni udržovat daný stav. Další možnou optimalizací je vytvoření soupisu vodičů, který bude aktualizován pokaždé, když někdo vytvoří nový přípojovací vodič. Otázkou zde však je, jestli vzhledem k nutnosti zapsat nový vodič dojde k optimalizaci, nebo zapsání zabere stejné nebo větší množství času, než které ušetří při hledání.

Druhou hrozbou je poranění pracovníka. Vzhledem k tomu, že odizolování probíhá zalamovacím nožem a čepel se pohybuje kolem celého obvodu vodiče, hrozí při neopatrné manipulaci poranění především prstů pracovníka. Tento problém má ovšem jednoduché řešení, které nevyžaduje hlubší znalosti optimalizace. Pro tuto práci budou mít pracovníci k dispozici rukavice odolné proti prořezu.

Třetí a poslední hrozbou je možnost poškození vodiče, především jeho izolace. Manipulace s vodiči, které se používají, je složitá, kvůli jejich délce a poddajnosti, resp. nepoddajnosti. S vodiči se v průběhu procesu různě manipuluje, upínají se do svěráku, odkládají se na různé povrchy atp. Tyto operace spolu např. s ostrými hranami mohou vyústit v poškození izolace. Zavedené opatření bude spočívat v zavedení držáků, nebo jiných odkládacích míst pro vodiče, kde bude udržován takový stav, který eliminuje ostré hrany v okolí a zároveň díky tomu nebudou vodiče odkládány na různá místa. Dalším bodem je minimalizace manipulace s vodiči, tedy navržení takového postupu práce, kdy dojde k odstranění zbytečných pohybů s vodiči, např. když pracovník bere vodič, který je zamotaný do sebe s dalšími dvěma. Tento postup si opět musí navrhnout pracovníci na základě jejich zkušeností s procesem.

První slabou stránkou je organizace pracoviště. Jmenovitě pak řešení uložení jednotlivých nástrojů a jejich přesuny. Jedním z těchto problémů je uložení kabelového ráčnového řezáku (který se používá, protože ustříhnout vodič kabelovými nůžkami by bylo náročné) a metru, které jsou umístěny ve stole ve zkušební kobce NN. V případě zkoušky ve zkušební kobce NN má pracovník cestu okolo tohoto stolu, ale v případě zkoušky v kobce VN, nebo ve skladu musí pro tyto nástroje zajít zvlášť. Při tom hrozí riziko zapomenutí z čehož vzniká další cesta, která je z našeho pohledu zbytečná a toto riziko se snažíme snížit na minimum. Navržené opatření je tedy umístění těchto nástrojů do VN rozvodny, kde se vodiče skladují a kde probíhá jejich střihání.

Další slabou stránkou je u odizolování vodičů neexistence vzoru pro lisování oka. Jak bylo napsáno výše, potřebná délka odstraněné izolace je vždy stejná u daného oka, proto se doporučuje vytvořit vzor potřebné délky u jednotlivých ok, podle kterého bude možné odstranit izolaci bez odhadování správné délky podle oka.

Dalším bodem je příležitost volby jiného nástroje pro odizolování. To bylo vyhodnoceno na základě současné metody, se kterou jsou spojené některé nežádoucí efekty. V tomto bodě je však problémem, že již byly vyzkoušeny jiné nástroje, které však nebyly z pohledu pracovníků zlepšením. Při setrvání u stávajícího nástroje však není možná ani volba jiného postupu, protože možnosti jsou zde velmi omezené. Pokud bychom přesto zde chtěli optimalizovat, je potřeba se zaměřit na celý postup, tedy nejen odizolování.

6.2.3 FNA

Náplní této kapitoly bude provedení funkčně-nákladové analýzy v souladu se zásadami pro její tvorbu, které jsou uvedeny kapitole 3.3.7. Zároveň dojde k vyhodnocení a návrh optimalizace na základě zjištění plynoucích z výsledků analýzy, obdobně jako to bylo provedeno v předchozí kapitole u SWOT analýzy.

Hlavním smyslem FNA je porovnat funkce procesu s jeho náklady a problémy. Měla by nám odpovědět především na otázku „Co a proč řešit?“, což je cílem i SWOT analýzy.

Konkrétní podobu analýzy je možné si přizpůsobit, podle toho, jak přesně chceme k výstupům přistupovat. V případě volby jednoduššího přístupu, který nedosáhne tak přesných výsledků se hodnota přiřadí podle priority. Tento přístup však neumožňuje správně vyjádřit váhu problémů, které jsou součástí analýzy, podle vzorce (1). To umožňuje druhý způsob, který zde bude použit. Ten spočívá v tom, že se seřadí hodnota a problémy vzestupně, přičemž takto seřazeným jsou jim přiřazena čísla od jedné do n , kde n je počet prvků. Stejně tak je možné seřadit i náklady, což sice není nutné, ale je vhodné, aby velikost nákladů, v našem případě času, byla řádově stejná, jako funkcí a nákladů. Pokud by toto nebylo splněno, došlo by k tomu, že ve vzorci by náklady měli neúměrně malou nebo velkou váhu.

Vyhodnocení pak probíhá podle zmíněného vzorce, kde je za F dosazena hodnota podle pořadí, za P opět hodnota podle pořadí a za N prezentující náklady, dosadíme čas,

nebo také číslo podle pořadí v závislosti na tom, jaký postup si zvolíme. Pro jednotlivé kroky bude tedy v souladu s tímto dosazeno, a to opět v rámci tabulky popisu procesu. Samotné vyhodnocení je pak vidět na obrázku 8.

V posledních třech sloupcích jsou čísla přiřazena podle pořadí, jak je psáno výše. Zvolena zde byla druhá varianta, kdy seřadíme nejen problémy a funkce, ale i náklady. Čísla zde však nejsou seřazena od jedné do jedenácti, dle počtu kroků, ale u funkcí jde jenom do čtyř, to kvůli shodné funkci, resp. hodnotě čtyř přesunů, které se dějí v rámci procesu. Stejně tak je to u sloupce problémů, protože žádný z přesunů v tomto procesu nemá specifikovaný žádný problém. Obdobně pak v posledním sloupci, který představuje náklady, není číslo jedna. Opět proto, že dva kroky, konkrétně pod číslem pět, mají stejnou hodnotu, co se týče časové náročnosti.

V šestém sloupci jsou pak zobrazeny samotné výsledky analýzy, které jsou opět barevně škálovány. Je zde možné porovnat sloupce s výsledky prostého násobení vynaloženého času a výsledků FNA, přičemž je patrné, že obě metody mají podobné výsledky.

U obou metod vyšel nejhůře krok odizolování, protože funkce, kterou zajišťuje, nemá příliš vysokou hodnotu, ale obnáší velké náklady a zároveň nejvýznamnější problém, protože zde hrozí největší škody. Vzhledem k tomu, že stejný závěr vyšel i z předchozí analýzy, budou zde navržena i stejná opatření.

Druhou nejhorší pozici pak obsadily dva kroky, jeden z nich je přesun, na kterém není co optimalizovat a druhý z nich je osazení a zafouknutí izolační bužírky, protože hodnota, kterou přináší není příliš významná, ale jak problémy, tak náklady jsou asi v polovině srovnávaného spektra. V tomto případě tedy můžeme navrhnout opatření v podobě tvorby vzoru délky podle daného lisovacího oka a jiný postup zafukování, který ovšem bude opět na pracovnících, aby vyhovoval jejich požadavkům.

Naopak lépe, než u nákladů, vyšlo naměření a ustřížení vodičů, které má sice relativně vysoké náklady a závažné problémy, ale co se týče plněné funkce, je na vrcholu spektra. Podle výsledků provedené FNA by tedy nebylo nutné se na tento krok zaměřovat. Bez ohledu na vysokou hodnotu kroku jsou zde však významné problémy, které by měly být odstraněny nebo minimalizovány. V tomto případě by tedy byl navržen opět stejný postup jako u předchozí analýzy.

6.2.4 Porovnání

Při srovnání předchozích dvou kapitol, tedy dvou různých metod analýzy procesu je vidět, že obě metody mají podobné, i když zdaleka ne stejné výsledky. SWOT analýza je spíše o zkušenostech s tím, že na které kroky se zaměřit nám udává cíl optimalizace, v tomto případě náklady. FNA je více exaktní, dalo by se říct techničtější. Oproti SWOT analýze nám totiž dává přesné výsledky ve formě *hodnoty*, podle daného vzorce.

Sebelepší analýza nám ovšem není schopna ukázat přesné a jednoznačné výsledky, které by se daly rovnou použít. Je proto důležité, aby k tomu tak bylo přistupováno. Je

patrné, že i když v FNA, jak bylo popsáno výše, není některý krok, který je hodnotově významný a který má velké problémy vyhodnocen k zamíření optimalizace, opravdu ho můžeme vynechat. Naopak u FNA vyšel jako relativně optimální krok „připojení vodičů“, na který bychom se ale podle SWOT měli zaměřit. Vždy tedy jde i o to, aby byly výsledky jednotlivých analýz kriticky vyhodnoceny a správně interpretovány.

Ze srovnání obou metod tedy plyne tento závěr: Obě metody dosahují podobných výsledků, i když se v některých bodech i relativně výrazně odlišují, což může být způsobeno i chybným vyhodnocením. Ani jednu z metod tedy není dobré brát jako dogma, kterého je potřeba se držet. Slouží spíš jako doporučení nebo ukazatel, na které body se zaměřit. V praxi je pak vhodné pracovat na těchto analýzách v týmu, kde se minimalizuje riziko chybného vyhodnocení parametrů nebo opomenutí některých bodů. V rámci této práce ale samozřejmě nepracuje celý tým, proto zde může docházet i k těmto chybám, které, jak bylo zmíněno, mohou mít vliv na kvalitu analýz.

6.3 Vyhodnocení jednotlivých procesů

V rámci této kapitoly bude provedeno vyhodnocení jednotlivých procesů a podprocesů a zároveň bude proveden návrh optimalizačních opatření v rámci metodik popsaných v této práci. To bude provedeno obdobně jako u předchozího příkladu. Nebudou zde již uvedeny tabulky popisu u každého procesu, ale jsou k dispozici v rámci příloh práce. Pořadí pak bude takové, že nejdříve budou vyhodnoceny podprocesy a teprve potom procesy. Toto pořadí bylo zvoleno proto, že při analýze procesů se již nebude nutné zabývat podprocesy, jelikož ty budou již vyřešeny.

Pro vyhodnocení bude zpravidla použita SWOT analýza, kvůli své jednoduchosti a univerzálnosti. Jako u uvedeného příkladu bude tato analýza vycházet především z vyhodnocených nákladů a uvedených problémů.

6.3.1 Příprava TT1

Silné stránky

- elektronické přepínání odboček

Slabé stránky

- manuální demagnetizace

- čekání na přijetí na hovoru na dispečinku

Hrozby

- chyba při provedení demagnetizace, které může způsobit nadměrný zapínací proud

Příležitosti

- automatizace demagnetizace

Navržená opatření

Prvním slabou stránkou a zároveň hrozbou je zde demagnetizace a nastavení pracovního bodu transformátoru. Ta probíhá ručně a díky tomu je zdlouhavá. Příkladem

dobře provedené optimalizace je naopak ten samý proces u TT2, který probíhá automaticky, obsluha ho pouze spustí z velína. Logickým krokem zde tedy je připravit obdobné zařízení pro TT1, pokud bude možné splnit všechny technické a bezpečnostní požadavky v rámci přiměřené ceny. Pokud ne, vhodnou alternativou by byla alespoň částečná automatizace v podobě zařízení, které pracovník pouze připojí a spustí. Tím bude dosaženo alespoň částečné úspory a eliminace možnosti chyby pracovníka.

Druhou slabou stránkou je čekání na připojení na dispečink. Čekací lhůta zde však vzniká vinou distributora, a tudíž s ní není možné ze strany zkratovny nic dělat. Řešení by mohlo spočívat opět v částečné automatizaci, například pomocí aplikace, kdy by operátor na dispečinku pouze potvrdil požadavek.

6.3.2 Převzetí a uskladnění vzorku

Silné stránky

k dispozici je jak paletový, tak ruční vozík
přebírka a uskladnění jsou v nejbližších možných místech, čímž se eliminují přesuny

Slabé stránky

uskladněné vzorky zabírají místo, dokud nezačne příprava zkoušky

Hrozby

převzetí poškozeného vzorku
poškození vzorků uskladněných ve strojovně manipulací vozíku se vzorkem

Příležitosti

zkrácení doby mezi přijetím vzorku a začátkem přípravy zkoušky

Navržená opatření

Slabou stránkou tohoto procesu je doba uskladnění vzorků mezi jejich přijetím do procesu a začátkem přípravy zkoušky daného vzorku, kdy se vyskladní. Zatímco je vzorek uskladněn samozřejmě zabírá místo. Při běžném četnosti zkoušek a velikosti vzorků nás ovšem skladovací kapacita strojovny nelimituje. Druhým problémem spojeným se skladováním je možnost převzetí vzorku poškozeného tak, že způsobené poškození není na první pohled znatelné. Pokud se na to přijde až při rozbalení vzorku při přípravě zkoušky, může to způsobit nemalé především časové náklady. Kromě toho může vzniknout problém při reklamaci u přepravní společnosti. Kvůli těmto možnostem jsou tedy navržena dvě opatření – snížit dobu skladování a rozbalit vzorek ideálně už při převzetí.

Toto opatření také pokrývá hrozbu přijetí poškozeného vzorku. Proti poškození vzorku při ukládání a vyskladnění mohou být dodržovány větší mezery mezi vzorky, což by ale mělo za následek znatelné snížení užitého prostoru strojovny. Řešení by bylo ponechat vzorky v původních obalech, ale to vrací zpět problém s možným poškozením. Vzhledem k tomu, že poškození však nastává jen velmi výjimečně, nebudeme se tím tato práce zabývat.

6.3.3 Osazení pohonů

Silné stránky

možnost libovolného nastavení polohy pohonu

Slabé stránky

složité upevnění držáků profilu pro pohony

absence druhé rychlospojky, takže se musí hadice pokaždé přepojovat

Hrozby

uvolnění upevnění pohonu v průběhu zkoušky, což naruší průběh

Příležitosti

zjednodušit připojování hadic

jiný systém upevnění

Navržená opatření

Slabou stránkou a zároveň příležitostí je změna instalace držáků profilu pro pohon. Nyní probíhá pomocí několika šroubů. Zlepšení by mohlo spočívat ve vytvoření takové konstrukce, kde budou držáky zapadat do místa jejich opevnění, které jim bude bránit v otočení nebo uvolnění. Takovýto systém by pak dovozoval připevnění například jen dvěma šrouby, místo současnými osmi, což by přineslo časovou úsporu bez vlivu na kvalitu.

Druhou slabou stránkou a opět i příležitostí je pořízení druhé rychlospojky pro připojení pneumatických pohonů. V současném stavu je zde jen jedna, což ústí v neustálé přepojování hadice. Zde řešení obsahují již samotný bod příležitosti, tudíž není potřeba dalšího postupu.

6.3.4 Otvory pro připevnění vzorku

Silné stránky

spolehlivé připevnění vzorku ke zkušební stolici

Slabé stránky

hledání otvorů trvá dlouho

vrtání stále nových otvorů

Hrozby

poškození vzorku při manipulaci nad deskou

Příležitosti

vrtání otvorů skrz

značení otvorů

Navržená opatření

Hlavním problémem je zdlouhavé hledání otvorů na montážní desce. Otvory nyní nejsou nijak značené a jsou rozmístěny náhodně po desce. Hledají se tak, že pracovník pohybuje se vzorkem po desce a snaží se najít rozteče, které jsou shodné se vzorkem. S tím souvisí další body, tedy vrtání dalších otvorů a možnost poškození přístroje neopatrnou manipulací. Částečným řešením je značení děr při jejich vrtání. Pokud budou

vyvrtány nové díry, barevně se označí a k jedné z nich se stejnou barvou čitelně připiše rozteč jak horizontální, tak vertikální. V případě zkoušení nového vzorku bude stačit změřit rozteče a podívat se na desku, jsou-li takové k dispozici. Může samozřejmě dojít i k tomu, že bude shodná jedna rozteč, ale i to ušetří vrtání dvou děr a dvou závitů. Časem by mohl nastat problém s přehledností, ale přesto bude tento systém na hledání roztečí jednodušší.

Jak bylo zmíněno výše, souvisí s tím i možnost poškození vzorku, především jeho upuštěním, a to kvůli způsobu hledání roztečí popsaneého v předchozím odstavci. Navrženými opatřeními se však tato hrozba eliminuje.

6.3.5 Příprava termočlánků

Silné stránky

skladování části termočlánků přímo v kobce a ve skladu

Slabé stránky

lepení základen

opravy článků

Hrozby

poškození článků při manipulaci

Příležitosti

změna upevnění termočlánků

Navržená opatření

Silná stránka tohoto procesu může být i jeho částečnou slabinou. Termočlánky se totiž skladují na dvou místech – ve zkušební kobce a ve skladu. Silná stránka je to proto, že zkoušky oteplení se dělají právě v těchto dvou místnostech, a tudíž se opět minimalizují přesuny. V případě, kdy probíhá zkouška, která vyžaduje velké množství termočlánků, musí se stejně vzít z obou skladovacích míst. Zde už tedy figuruje přesun, ale řešení by spočívalo jedině v pořízení takového množství termočlánků, které by vyhovovalo kapacitě měřícího rozvaděče, protože ten limituje počet měřených bodů. Tento nákup by však byl drahý a jeho návratnost by byla extrémně dlouhá, takže se ponechá občasný přesun článků do jiné místnosti.

První slabou stránkou je lepení základen. Pokud článek potřebuje upevnit na místo, kde by nedržel, např. pod šroub, provádí se upevnění pomocí základny, resp. jejího nalepení pomocí epoxidového lepidla. Tento způsob je sice spolehlivý, protože lepidlo pevně drží a zároveň je dobře tepelně vodivé, takže neovlivňuje měření, ale vyžaduje namíchání, a především asi deseti hodinového vytvrzení lepidla. Vytvrzení se ovšem obvykle provádí přes noc, kdy tento proces nic neomezuje. Sundávání základen je pak ovšem složité, především časově, a proto zde bude navrženo jiné upevnění základen. Jedním z možných způsobů je nástroj podobný kuličce na prádlo, který udrží základnu na místě. Tento způsob je výrazně rychlejší, jednodušší a na kvalitu měření by neměl mít vliv.

Dalším bodem je poškození a případné opravy termočlánků. V případě zjištění vady na termočlátku se pracovník pokouší ho opravit, což při více poškozených člancích může značně prodloužit dobu montáže. V tomto případě se navrhuje odložení termočlánku a jeho opravení tehdy, když se čeká na jinou část procesu, jako je příprava odboček TT2.

s opravami termočlánků je pak spojena i hrozba jejich poškození, ale vzhledem k tomu, že je zde nutná manipulace s články, tomuto se nevyhneme, protože to obvykle spadá do běžného opotřebení.

6.3.6 Příprava rychlokamery

Silné stránky

nasvícení vzorku pro optimální obraz

Slabé stránky

zdlouhavé přinášení kompletní aparatury

Hrozby

poškození aparatury při přenosu

Příležitosti

Změny přepravy a/nebo skladování aparatury

Navržená opatření

Přinášení celé aparatury, tedy kamery, stativu kamery, světel a stativů světel a notebooku probíhá na více cest, a to z kanceláře. V tomto případě tedy bude navrženo přesunutí celé aparatury do kobky. Pokud to okolnosti neumožní, alternativní opatření je pořízení vozíku, na který se naloží celá aparatura a převeze se najednou. Obě tyto řešení zároveň odstraní nebo zmírní hrozbu poškození především kamery při přenosu, i když to není velké, protože kamera je chráněna kufrem s molitanovou výplní.

6.3.7 Spuštění a tlakování kompresoru

V tomto případě bude z hlediska vyhodnocení výjimka. Vzhledem k jednoduchosti a malému rozsahu zde nebude provedena SWOT analýza jako u ostatních procesů. Kromě toho je i řešení jednoduché, takže bude navrženo přímo.

Problémem zde je spuštění tlakování kompresoru, které je nyní možné provést pouze ve velíně, prostřednictvím počítače s ŘS. U zkoušek mechanické životnosti ale jinak pracovník do velína kvůli ničemu jinému nejde, tudíž je tato cesta zbytečná, vzhledem k faktu, že kompresor je ve stejné místnosti, jako zkouška. Navržená optimalizace tedy spočívá ve vytvoření paralelní cesty, jak spouštět kompresor přímo u něj. Konkrétní řešení by mělo mít podobu tlačítka, které bude spouštět tlakování kompresoru nezávisle na ŘS.

6.3.8 Převoz a rozbalení vzorku

Silné stránky

možnost přepravy vzorku na ručním vozíku, nebo paletovém vozíku

Slabé stránky

objížďení budovy se vzorky na paletě

Hrozby

zatečení vody do vzorku

Příležitosti

změna trasy převozu vzorku a sjednocení tras

Navržená opatření

V tomto procesu se jedná především o převoz vzorku ze strojovny, kde je uskladněn od svého přijetí, do zkušební kobky, kde probíhá příprava zkoušky. Pokud vzorek není na paletě, je možné ho převézt do kobky na ručním vozíku přes chodbu, což je jednodušší varianta. Pokud ovšem vzorek je na paletě, pracovník s ním musí jet venkem, tedy otevřít vrata strojovny, přejet k venkovním vratům kobky a otevřít je a složit paletu ve zkušební kobce. Tento proces pak samozřejmě pokračuje uklizením vozíku, zavřením obou vrat a přesunem pracovníka zpět do kobky. Nejen že to zvyšuje čas trvání kvůli otevření a zavření vrat, ale navíc při nepříznivém počasí může dojít ke zmoknutí vzorku a pracovník si také musí dojít pro vhodné oblečení.

Tato komplikace se děje pouze kvůli jednomu zúžení v kobce, kdy patky dvou ocelových sloupků sloužících jako nosníky pro měděné přípojnice vedoucí přes prostor kobky jsou u sebe blíže než 80 cm, což je rozměr kratší strany standardizované EUR palety, na kterých vzorky obvykle jsou. Řešení toho může být dvojí. Pořízení takového vozíku, který dokáže zvednout paletu až nad patky, nebo jednodušší a levnější řešení v podobě seříznutí patek nosníků, pokud to nezpůsobí ohrožení jejich pevnosti. Vzhledem k jejich četnosti a konstrukci by to však jejich funkci nijak významně ovlivnit nemělo, a proto se doporučuje toto řešení. Zároveň to vyřeší všechny problémy, které tento proces má, tedy sjednotí trasy, čímž sníží variabilitu a eliminuje pohyb venkem, který působil výše popsané problémy.

6.3.9 Kalibrace měření

U tohoto procesu opět neproběhne klasická analýza. Hlavním důvodem je, že jediný výsledek tohoto procesu, tedy správně nastavené parametry a zkalibrované hodnoty měření, přímo podléhá normě, tudíž zde není moc prostoru pro změny. Jedinou optimalizací, kterou zde můžeme navrhnout, je automatizace nastavování zátěží, která by ovšem byla velmi nákladná, a proto její realizace jen těžko obhajitelná, pokud stávající stav funguje, přestože je mnohem pomalejší.

6.3.10 Příprava zkoušky dlouhodobé životnosti

Silné stránky

automatické demagnetizace TT2

Slabé stránky

příprava odboček TT2

nastavení zátěží

Hrozby

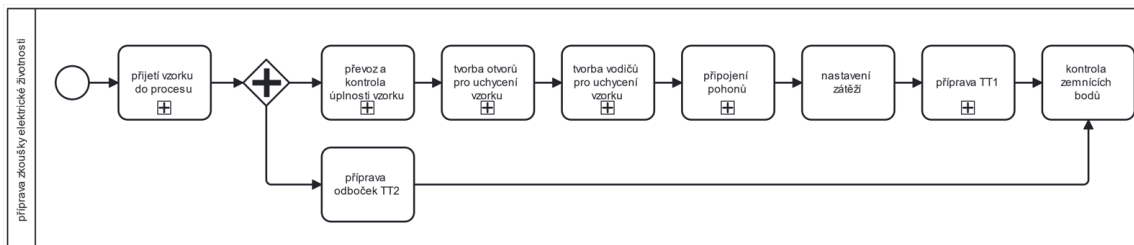
možnost poškození vzorku, vodičů atp.

Příležitosti

optimalizace podprocesů

Navržená opatření

U tohoto procesu je nejnáročnějším krokem příprava odboček transformátoru TT2. Problém je v tom, že zde už optimalizace proběhla, v podobě nasazení bateriového náradí, zejména rázového utahováku, který práci výrazně usnadňuje. Mimo to zde není co navrhovat, mimo automatizace, která by ale opět byla příliš drahá. Obdobný problém nastává u nastavení zátěží. Aby však příprava netrvala tak dlouho, je zde použito řešení v podobě paralelního vykonávání více činností, konkrétně přípravě TT2 souběžně s tím, co další pracovník prochází ostatní kroky. Paralelní běh pak vidíme i na mapě procesu na obrázku níže, který je útržkem mapy procesu přípravy zkoušky dlouhodobé životnosti.



Ostatní slabé stránky a hrozby, které by zde mohly být zmíněny, souvisí s podprocesy, a tudíž u nich analýza a vyhodnocení bylo provedeno zvlášť v předcházejících kapitolách.

6.3.11 Příprava oteplovací zkoušky s proudem nižším než 1000 A

Silné stránky

možnost provedení zkoušky mimo zkušební kobku

Slabé stránky

převážení zdrojů

příprava termočlánků

Hrozby

X

Příležitosti

změny místa provedení zkoušky nebo uskladnění zdrojů jinde

Navržená opatření

Výhodou zde je možnost provedení zkoušky mimo hlavní zkušební kobku, tudíž je možné provádět souběžně s touto zkouškou libovolnou další.

První slabou stránkou je zde převážení zdrojů. Pro každou zkoušku musí být přivezeny zdroje ze strojovny, kde jsou jinak uskladněny. Navrhuje se proto přesunout zkoušku jinam, kde budou zároveň uskladněny zdroje a pokud to nebude možné, alternativní opatření je přeskupit vybavení skladu tak, aby se tam zdroje vešly a nezpůsobovaly jiné obtíže.

Druhou slabou stránkou je zdlouhavá příprava termočlánků, čemuž se ale opět věnuje podproces, a proto zde nebude více rozebrána.

Jako hrozba zde pak nebylo vyhodnoceno nic, co by opět nebylo součástí podprocesu.

6.3.12 Příprava oteplovací zkoušky s proudem vyšším než 1000 A

V tomto případě bude opět vynechána analýza, protože všechny problémy zde opět souvisí s podprocesy. Netýká se pouze jedné hrozby, a to je možnost poruchy při automatické přípravě generátoru.

Problém zde spočívá v tom, že olej, který čerpadlo žene do generátoru má, především v zimě, nízkou teplotu. Systém si tedy olej předejde a potom co začne olej obíhat se do potrubí s měřením teploty dostane studený olej z generátoru, systém vyhodnotí chybu a zastaví přípravu generátoru. Řešení tohoto problému však není v kompetenci pracovníků zkratovny a musel by se jím zabývat výrobce systému.

Tento problém se týká všech zkoušek, kdy je využíván generátor, čímž vzrůstá jeho závažnost. Zároveň již dál nebude rozebírán, protože řešení bylo navrženo zde.

6.3.13 Příprava zkoušky zkratové odolnosti

Silné stránky

- spouštění přípravy generátoru přes noc
- upevnění vzorku a vodičů pomocí dřevěných výztuh

Slabé stránky

- umístění výztuh

Hrozby

- poškození vybavení zkušebny vlivem nevhodně umístěných výztuh
- porucha při automatické přípravě generátoru
- hrozby plynoucí z podprocesů

Příležitosti

X

Navržená opatření

Silnými stránkami zde je příprava generátoru, která byla zmíněna již dříve a upevnění vzorku pomocí dřevěných výztuh. Jejich hlavní výhody spočívá ve velmi jednoduché a levné opravitelnosti a nahraditelnosti a faktu, že se nejedná o spotřební materiál, takže negenerují odpad.

Slabou stránkou je, že umístění výztuh nepodléhá žádným pravidlům nebo vzorům, takže je na pracovnících, aby odhadli, kde budou potřeba. Při špatném odhadu pak může dojít k poškození některých částí vybavení zkratovny vlivem sil vzniklých působením zkratových proudů, což zmiňuje první odrážka v seznamu hrozeb. Jako opatření se zde tedy navrhuje vytvoření interní normy, která bude specifikovat rozteče a umístění výztuh na základě výpočtů a zkušeností pracovníků.

6.3.14 Příprava zkoušky mechanické životnosti

Silné stránky

možnost umístit zkoušku mimo hlavní stolice, čímž se šetří kapacita zkušebny

Slabé stránky

tlakování kompresoru

Hrozby

neexistence zpětné vazby, jestli zkoušky probíhá

Příležitosti

lepší program řízení

Navržená opatření

Silnou stránkou zde je možnost umístit zkoušku mimo standardní zkušební stolice, obdobně jako oteplovací zkoušku s proudem nižším než 1000 A, díky čemuž je opět možné provádět zkoušku i souběžně s libovolnou další zkouškou, resp. může pobíhat tato zkoušky, zkoušky mechanické životnosti a k tomu ještě jedna zkouška v kobce.

Slabou stránkou je časová náročnost spuštění kompresoru a jeho tlakování. To však již bylo řešeno v samostatné kapitole.

Hrozbou zde pak je možnost přerušení zkoušky vlivem poruchy, ať už mechanické, nebo elektrické. V tomto případě totiž řídicí systém nedokáže vyhodnotit přerušení a dále provádí program, což může vést při pozdním odhalení ke znehodnocení výsledku zkoušky. Navrhuje se zde tedy opatření v podobě doplnění řídicího PLC o spínací kontakt, který bude vyhodnocovat sepnutí vzorku a při poruše odešle chybové hlášení přes libovolnou platformu (SMS, e-mail) pracovníkovi, který má za zkoušku zodpovědnost.

S tím souvisí příležitost změny řídicího programu. Nyní probíhá nastavení pomocí PC. Je zde však možnost vytvoření takového programu, který bude univerzální a bude umožňovat nastavení přímo u PLC pomocí přepínačů atp., pomocí kterých pracovník definuje plánovaný počet sepnutí a možné další parametry.

7. ZÁVĚR

Na začátku této práce bylo provedeno seznámení s teorií optimalizace procesů a dvěma jejími vybranými metodikami, jmenovitě Lean Six Sigma a TRIZ. U obou těchto metod byly popsány okolnosti vzniku, použití, a především zde byl uveden výčet vybraných nástrojů obou metodik. Především se jedná o metody analýzy procesů, které jednotlivé metodiky používají, včetně jejich podrobnějšího popisu. Dále bylo u obou metod sepsáno stručné shrnutí, které zmiňuje jejich hlavní výhody a nevýhody z hlediska použití.

Po seznámení s těmito metodami a shrnutí jejich použití bylo provedeno porovnání obou metod. Závěrem tohoto vyhodnocení bylo zjištění, že ačkoliv obě metody používají odlišný přístup k problému, dosahují podobných výsledků. Spíše, než aby si metody přímo konkurovaly, bude vhodné využití kombinace obou těchto metod tak, aby se vzájemně doplňovaly ve svých slabých stránkách. V situacích, kdy např. nebude vhodná metoda analýzy běžně používaná u LSS, nabízí se využití jedné z metod spadající pod TRIZ.

První praktickou částí bylo vytvoření procesních map příprav vybraných zkoušek prováděných v laboratoři UVEE FEKT na VUT v Brně. Jmenovitě to jsou zkoušky dlouhodobé elektrické životnosti, mechanické životnosti, zkratové odolnosti a oteplovací zkoušky, pro potřebu této práce rozdělené podle procházejícího proudu do 1000 A a nad 1000 A, protože příprava se liší. Procesní mapy byly vytvořeny v souladu se standardem BPMN, kterému se věnuje norma ISO/IEC 19510:2013. K těmto mapám byla navíc, pro potřeby analýzy, vytvořena tabulka, která obsahuje popisy vybraných parametrů jednotlivých kroků procesu. Jednotlivé parametry této tabulky byly zvoleny na základě doporučení z literatury a hodnoty parametrů pro jednotlivé kroky byly určovány několika způsoby, které jsou podrobněji popsány v kapitole 5, která se věnuje právě mapování procesů.

Na začátku následující kapitoly byly u jednoho vybraného procesu provedeny dvě analýzy, přičemž účel toho byl získat srovnání výsledků obou analýz. Konkrétní výsledky jsou rozepsány v příslušné kapitole, důležité je ovšem to, že pro ostatní procesy byla zvolena SWOT analýza, především kvůli své jednoduchosti a univerzálnosti. Po tomto vzorovém procesu pak tedy byla provedena tato analýza pro všechny ostatní procesy, kterým se tato práce věnuje. Výstupem toho je obraz celkového stavu procesů a zhodnocení, na které kroky se zaměřit při následném návrhu optimalizace.

Samotný návrh je pak posledním bodem této práce. Na základě výsledků provedené analýzy byla u jednotlivých procesů navržena taková opatření, která jsou v souladu s metodikou LSS a TRIZ, a která by tudíž měla vést k optimalizaci.

Na tuto práci by se dalo navázat podle principů optimalizace popsaných v této práci. Kroky teoreticky vedoucí k optimalizaci zde byly navrženy, přirozeným pokračováním by tedy byla implementace těchto opatření a následné vyhodnocení. To by mělo zjistit, jestli zavedení navržených opatření opravdu snížilo plýtvání a jaké k tomu byly potřeba

náklady. Z toho by se daly určit další ukazatele, jako je návratnost např. při zakoupení nového náradí nebo poměrné úspory času při provádění jednotlivých kroků.

LITERATURA

- [1] *About Motorola University: The Inventors of Six Sigma*. Online. Wayback Machine. 2004. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20051106025733/http://www.motorola.com/content/0,,3079,00.html>. [cit. 2023-10-27].
- [2] *About Motorola University*. Online. Wayback Machine. 2004. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20051222081924/http://www.motorola.com/content/0,,3071-5801,00.html>. [cit. 2023-10-30].
- [3] BUŠOV, Bohuslav. *TRIZ – tvorba a řešení inovačních zadání*. Online. 2024. Dostupné z: <https://triz.cz/>. [cit. 2024-01-04].
- [4] GEORGE, Mike; ROWLANDS, Dave a KASTLE, Bill. *Co je Lean Six Sigma*. SC&C Partner, 2005. ISBN 80-239-5172-6.
- [5] KOŠÍKOVÁ, Jana. *Základní myšlenky metody six sigma*. Diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008.
- [6] GEORGE, Michael L.; ROWLANDS, David; PRICE, Mark a MAXEY, John. *Kapesní příručka Lean Six Sigma: rychlý průvodce téměř 100 nástroji na zlepšování kvality procesů, rychlosti a komplexity*. [Brno]: McGraw-Hill, 2010. ISBN 978-80-904099-2-7.
- [7] XHIENNE. *SWOT analysis*. Online. In: Wikimedia commons. 2007. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SWOT_en.svg. [cit. 2023-11-22].
- [8] TARTAROTTI, Amanda. *What is SWOT analysis*. Online. Think lean six sigma. 2022. Dostupné z: <https://www.thinkleansixsigma.com/article/swot-analysis>. [cit. 2023-11-24].
- [9] PAVELKA, Marcel. *Naučte se vidět a odstraňovat plýtvání*. Online. API – akademie produktivity a inovací. 2005. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25781n-naucte-se-videt-a-odstranovat-plytvani>. [cit. 2024-01-04].
- [10] BENEDIKT, Jiří. *8 druhů plýtvání ve firmách dle Lean managementu*. Online. Jiří Benedikt – future skills trainer. 2019. Dostupné z: <https://www.jiribenedikt.com/8-druhu-plytvani/>. [cit. 2024-01-04].
- [11] KOUDELKOVÁ, Anna. *Procesní model organizace*. Diplomová práce. Pardubice: Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní, 2011.
- [12] BAUER, Miroslav. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0029-2.
- [13] BENEDIKT, Jiří. *SIPOC procesní mapování – šablona a návod*. Online. Jiří Benedikt - future skills trainer. 2019. Dostupné z: <https://www.jiribenedikt.com/materialy/lean-six-sigma/sipoc/>. [cit. 2024-04-23].
- [14] ORLOFF, Michael A. *ABC-TRIZ: Introduction to Creative Design Thinking with Modern TRIZ Modeling*. Online. Cham: Springer International Publishing, 2017. ISBN ISBN978-3-319-29436-0. [cit. 2024-05-11].

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratky:

BPMN	business process model notation
CVVOZE	centrum výzkumu a využití obnovitelných zdrojů energie
FNA	funkčně nákladová analýza
LSS	Lean six sigma
NE	nežádoucí efekt
PE	požadovaný efekt
RCA	root-cause analysis (příčinně následková analýza)
ŘS	řídící systém
SWOT	strengths, weaknesses, opportunities, threats (analýza)
TRIZ	Těorijs rešenja izobretateľskich zadač (tvorba a rešení invenčních zadání)

Symboly:

F	součet funkcí
N	součet nákladů
P	součet problémů

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A – SOUBOR MAP PROCESŮ A PODPROCESŮ

PŘÍLOHA B – TABULKA POPISU PROCESŮ A PODPROCESŮ

PŘÍLOHA C – PLÁNEK BUDOVY PRO ODEČÍTÁNÍ VZDÁLENOSTÍ