

Realizace metody VSM a VSD ve výrobním procesu

Bc. Richard Hodulák

Diplomová práce
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Richard Hodulák
Osobní číslo: M190317
Studijní program: N6209 Systémové inženýrství a informatika
Studijní obor: Průmyslové inženýrství
Forma studia: Kombinovaná
Téma práce: Realizace metody VSM a VSD ve výrobním procesu

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši vztahující se k technice mapování toku hodnoty a tvorby budoucího stavu toku hodnoty.

II. Praktická část

- Realizujte analýzu procesu technikou uzlové mapy.
- Navrhněte a realizujte zeštíhlení procesu.
- Vyhodnotte realizaci projektu.

Závěr



Rozsah diplomové práce: **cca 70 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **Tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

BRAUN, Sebastian. *Lean 4.0 Manufacturing*. Boca Raton: American Lean SD, 2016, 94 s. ISBN 978-15-393-2294-8.
GEORGE, Michael L. at al. *Lean a Six Sigma kapesní příručka*. Brno: SC&C Partner, 2010, 276 s. ISBN 978-80-904099-2-7.
HUČKA, Miroslav. *Modely podnikových procesů*. Praha: C.H. Beck, 2017, 484 s. ISBN 9788074004681.
JUROVÁ, Marie. *Výrobní procesy řízené logistikou*. Brno: BizBooks, 2013, 260 s. ISBN 9788026500599.
USTUNDAG, Alp a Emre CEVIKAN. *Industry 4.0: managing the digital transformation*. Cham: Springer, 2018, 286 s. ISBN 9783319578699.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Lucie Hrbáčková**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání diplomové práce: **15. ledna 2021**
Termín odevzdání diplomové práce: **20. dubna 2021**

L.S.

doc. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan

Ing. Eva Juříčková, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 15. ledna 2021

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům; beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

1. že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 16.5.2021

Jméno a příjmení: Richard Hodulák

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Diplomová práce se zaměřuje na aplikaci dvou metod mapování hodnotového toku do průmyslového prostředí. V teoretické části je popsána dostupná literatura a byl sestaven teoretický postup realizace Value Stream Mapping (VSM) a Value Stream Design (VSD). V praktické části je popsána realizace VSM a VSD do výrobního procesu v rozsahu 15 pracovišť. Novou technikou mapování hodnotového toku je Uzlová mapa procesu NOD<>VSM umožňující analýzu toku hodnoty v kombinačně složitém procesu, jako například v zakázkové, či malosériové výrobě. Práce předkládá základní teorii k technice NOD<>VSM a představuje její realizaci do procesu.

Klíčová slova: Lean, Six Sigma, TOC, Štíhlý podnik, VSM, Mapování toku hodnoty, VSD, Návrh budoucího toku hodnoty, NOD<>VSM, Uzlová mapa procesu

ABSTRACT

This diploma thesis deals with application of two Value Stream Mapping methods in the industrial environment. Theoretical part is focused on description of available literature and theoretical implementation of Value Stream Mapping (VSM) and Value Stream Design (VSD). Practical part of the thesis is focused on implementation of VSM and VSD in the manufacturing process to the extent of fifteen workplaces. Thesis also presents a new technique for Value Stream Mapping, which enables implementation of VSM into complex manufacturing processes, for example small-scale or tailor-made manufacturing. The method is named Nodal Value Stream Mapping (NOD<>VSM) and the thesis introduces basic theory for NOD<>VSM method and presents its implementation in the manufacturing process.

Keywords: Lean, Six Sigma, TOC, Lean Manufacturing, VSM, Value Stream Mapping, Value Stream Design, VSD, NOD<>VSM, Nod Value Stream Mapping

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí práce Ing. Lucie Hrbáčkové, Ph.D. za metodické vedení práce. Mé poděkování také směřuje do výrobního týmu CZUB za skvělou projektovou spolupráci a odvahu aplikovat nové myšlení.

„Dobrý plán důrazně provedený nyní, je lepší než dokonalý plán příští týden.“

General George S. Patton Jr.

„Ve strategii je důležité vidět vzdálené věci, jako by byly blízko, a podívat se vzdáleně na blízké věci.“

Mijamoto Musaši

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	11
CÍLE A POUŽITÉ METODY.....	12
I TEORETICKÁ ČÁST.....	13
1 ŠTÍHLÁ VÝROBA.....	14
1.1 PŘIDANÁ HODNOTA VE VÝROBNÍCH PROCESECH	14
1.2 NEPŘIDANÁ HODNOTA VE VÝROBNÍCH PROCESECH.....	15
1.3 NEZBYTNÉ ČINNOSTI PRO VZNIK PŘIDANÉ HODNOTY	15
1.4 ZTRÁTY – 9 DRUHŮ PLÝTVÁNÍ V PROCESU	15
2 HODNOTOVÝ TOK A JEHO PARAMETRY.....	17
2.1 HODNOTOVÁ ANALÝZA	17
2.2 LEAD TIME.....	18
2.3 INDEX PŘIDANÉ HODNOTY	18
2.4 ROZPRACOVANOSTÍ WIP	19
3 VALUE STREAM MAPA - VSM.....	20
3.1 PŘEDMĚT MAPOVÁNÍ – PRODUKT, PRODUKTOVÁ SKUPINA	21
3.2 PROCESNÍ DIAGRAM	21
3.3 POŽADAVKY ZÁKAZNÍKA	21
3.4 DATOVÁ TABULKA	21
3.5 NOSNÝ KOMPONENT.....	22
3.6 ANALÝZA PROCESNÍCH KROKŮ	23
3.7 TLAK A TAH VE VSM	23
3.8 POUŽÍVANÉ SYMBOLY VE VSM.....	23
3.9 INFORMAČNÍ TOK VE VSM.....	24
3.10 ČASOVÁ OSA	24
3.11 BALANČNÍ ANALÝZA	25
3.12 VYHODNOCENÍ VSM – IDENTIFIKACE ZTRÁT A PŘÍLEŽITOSTÍ	26
4 ÚZKÉ MÍSTO PROCESU A TEORIE OMEZENÍ (TOC).....	27
4.1 ZÁKLADNÍ PROBLÉMY PODNIKU	27
4.2 ÚZKÉ MÍSTO	27
4.3 METRIKY TOC.....	28
4.4 APLIKACE TOC V 5 KROCÍCH.....	28
4.5 METODA DBR.....	29
5 TECHNIKA VALUE STREAM DESIN.....	30

5.1	VÝCHOZÍ SITUACE PŘI NÁVRHU VSD	30
5.2	ČAS TAKTU	31
5.3	SUPERMARKET NEBO PŘÍMÁ DODÁVKA	31
5.4	PLYNULÝ TOK – OPF VÝROBA	32
5.5	ZEŠTÍHLENÍ SAMOSTATNÝCH TECHNOLOGIÍ	32
5.6	KANBANOVÉ ŘÍZENÍ SE SUPERMARKETY	33
5.7	VÝROBNÍ DÁVKY A VÝROBKOVÝ MIX	33
5.8	MAPA TOKU BUDOUCÍHO STAVU A PLÁN REALIZACE	34
6	ČTYŘI LIMITNÍ OMEZENÍ TECHNIKY VSM	35
6.1	KOMBINAČNĚ SLOŽITÝ PROCES	35
6.2	VELKÉ MNOŽSTVÍ ODLIŠNÝCH PRODUKTŮ VYRÁBĚNÝCH V PROCESU	36
6.3	ZÁSADNÍ ROZDÍLY V PROCESNÍM ČASE PRODUKTŮ	36
6.4	ZAKÁZKOVÁ A MALOSÉRIOVÁ VÝROBA	37
7	UZLOVÁ MAPA PROCESU NOD<>VSM	38
7.1	PŘEDSTAVENÍ TECHNIKY NOD<>VSM	38
7.2	POSTUPOVÉ SCHÉMA REALIZACE ANALÝZY NOD<>VSM	39
7.3	LEAD TIME PROCESU LT_H	40
7.4	BUDOUCÍ LEAD TIME PROCESU LT_F	40
7.5	SESTAVENÍ UZLŮ	41
7.6	UZLOVÝ LEAD TIME NOD<LT	41
7.7	UZLOVÝ LEAD TIME V DLOUHÉM OBDOBÍ NOD<<LT	42
7.8	UZLOVÁ LEAN ANALÝZA	43
7.9	WIP V UZLOVÉ MAPĚ	45
7.10	ANALÝZA ÚZKÝCH MÍST	46
7.11	VIRTUÁLNÍ LEAD TIME NOD<>VLT	48
7.12	SESTAVENÍ UZLOVÉ MAPY PROCESU NOD<>VSM	48
7.13	REALIZACE ZEŠTÍHLENÍ UZLOVÉHO PROCESU	50
7.14	PĚT ŘÍDÍCÍCH POHLEDŮ – 5RP	52
7.15	REKAPITULACE POSTUPU REALIZACE UZLOVÉ MAPY PROCESU	55
8	SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI	56
II	PRAKTICKÁ ČÁST	57
9	PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI	58
9.1	ZÁKLADNÍ INFORMACE	58
9.2	STRUČNÁ HISTORIE SPOLEČNOSTI	58
10	PŘEDSTAVENÍ PROJEKTU	59

10.1	POPIS OBLASTÍ PROJEKTU	59
11	VALUE STREAM MAPPING (VSM) – OBLAST D	61
11.1	IDENTIFIKACE ZÁKAZNÍKA A JEHO POTŘEB.....	61
11.4	PRODUKTOVÁ RODINA	62
11.7	PROCESNÍ DIAGRAM OBLASTI D	65
11.13	IDENTIFIKOVANÁ PLÝTVÁNÍ V OBLASTI D.....	70
11.14	IDENTIFIKOVANÉ PŘÍLEŽITOSTI OBLASTI D	71
11.16	VSM OBLAST D.....	73
12	VSD – ZEŠTÍHLENÍ OBLAST D	75
12.1	PRINCIP ŘEŠENÍ	75
12.2	NÁVRH MIKRO LINKY 1 – MĚKKÝ STAV	75
12.3	NÁVRH MIKRO LINKY 2 – TVRDÝ STAV.....	78
12.4	ZÁVĚREČNÉ VÝSTUPY VSD PRO OBLAST D.....	79
12.5	FYZICKÁ IMPLEMENTACE ZEŠTÍHLENÍ – OBLAST D.....	80
13	UZLOVÁ MAPA PROCESU (NOD<>VSM) – OBLAST A.....	81
13.1	LEAD TIME PROCESU LT_H	82
13.2	BUDOUCÍ LEAD TIME PROCESU LT_F	83
13.3	SESTAVENÍ UZLŮ	84
13.4	UZLOVÝ LEAD TIME $NOD < LT$	84
13.5	UZLOVÝ LEAD TIME V DLOUHÉM OBDOBÍ $NOD << LT$	85
13.6	ANALÝZA PŘESTAVEB V UZLECH.....	86
13.7	ÚZKÁ MÍSTA PROCESU A STAV WIP.....	87
13.8	SESTAVENÍ UZLOVÉ MAPY PROCESU $NOD <> VSM$	88
13.9	KLÍČOVÉ PŘÍLEŽITOSTI IDENTIFIKOVANÉ Z $NOD <> VSM$:.....	90
14	$NOD <> VSD$ ZEŠTÍHLENÍ – OBLAST A.....	93
14.2	PRINCIPY UZLOVÉHO ZEŠTÍHLENÍ $NOD <> VSD$	93
15	$NOD <> VSD$ NÁVRH ZEŠTÍHLENÍ – OBLAST C	98
15.1	PRINCIP ŘEŠENÍ	98
15.2	PULL SYSTÉM PRO UZEL CHI	99
15.3	JIS SYSTÉM PRO VYTÍŽENÍ PECE TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ	100
15.4	ZVÝŠENÍ VÝKONU UZLU CHI	101
15.5	ZÁVĚREČNÉ VÝSTUPY PRO OBLAST C:.....	102
16	$VSD <> VSD$ NÁVRH ZEŠTÍHLENÍ - OBLAST B.....	103
16.1	PRINCIP ŘEŠENÍ	103
16.2	KOV JAKO ŘÍDÍCÍ UZEL	104

16.3	ZAH – VRT – SP TVOŘÍ MIKRO LINKU.....	105
16.4	ŘÍZENÍ TÝMU.....	105
16.5	ZÁVĚREČNÉ VÝSTUPY OBLAST B:	105
17	ZHODNOCENÍ PROJEKTU	106
18	ZÁVĚR.....	108
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	109
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	112
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	114
	SEZNAM TABULEK.....	116
	SEZNAM PŘÍLOH.....	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.

ÚVOD

Co je mimořádné na LEAN technikách? Proč jsou masivně nasazovány v průmyslu, ve službách, v bankovníctví? Naše opověď může znít různě. Například tak, že tyto techniky přinášejí hodnotu zákazníkovi, zvyšují výkonnost procesů a snižují náklady. Mou nejoblíbenější odpovědí je, že tyto techniky fungují.

S nástupem Industry 4.0 a probíhající automatizací a robotizací, Lean techniky nezanikají, ba naopak jejich potřeba roste. Avšak jejich aplikace se transformuje do datového sektoru. Dříve platné základní pravidlo: Learning to See (Rother a Shook, 2003) se mění na: Naučit se vizualizovat a chápat.

Štíhlá výroba se transformuje a lze očekávat, že potřeby, které budou kladeny v následujících letech, změní náš přístup k používání této metody. Namísto náročného snímkování vstupuje na pole Lean technik statistika a datová analýza. Radikálně jsou snižovány četnosti pozorování procesu ve prospěch měření variability a aplikovaných rychlých řešení odchylek, či preventivních opatření. Mění se použití hodnotové analýzy z dlouhodobého měření všech činností nepřidávající hodnotu, na jednorázovou identifikaci činností přinášející hodnotu. Transformujeme pracoviště na standardy vylučující variabilitu a plýtvání.

Tato diplomová práce pojednává o realizaci zeštíhlení procesu skrze dnes již standardní techniku Value Stream Mapping, tedy mapování toku hodnoty. Očekávaným přínosem je sestavení vzorového systematického postupu realizace techniky VSM a VSD.

Tato diplomová práce rovněž pojednává o Uzlové mapě procesu NOD<>VSM. Novém nástroji na rozhraní technik Lean, Six Sigmy a online zpracování dat. Očekávaným přínosem je prokázání možnosti aplikace techniky hodnotového toku do složitých systémů, kde použití standardní techniky VSM bylo velmi limitované, či nemožné. Očekávaným přínosem je rovněž prokázání zapojení datové a statistické analýzy do Lean technik jako budoucího perspektivního přístupu k Lean metodice.

CÍLE A POUŽITÉ METODY

Hlavní cíl práce: Aplikací technik hodnotového mapování identifikovat příležitost, navrhnout řešení a cílový standard procesu. Tímto zeštíhlením dosáhnout: 70% zkrácení průběžné doby výroby a redukce rozpracované výroby.

Dílčí cíl práce: Prokázání aplikovatelnosti nové techniky Uzlové mapy procesu k zeštíhlení kombinačně složitých procesů, realizované jedinou analýzou.

Diplomová práce popisuje realizaci technik mapování hodnotového toku v průmyslovém podniku. Byly použity tyto základní metody:

- VSM – Value Stream Mapping. Technika mapování hodnotového toku aplikovaná pozorováním a měřím skutečného stavu procesu.
- VSD – Value Stream Design. Technika změny hodnotového toku, realizovaná kreativními týmovými postupy, zaměřená na zeštíhlení procesu.
- NOD<>VSM – Uzlová mapa procesu. Technika využívající datovou, grafickou analýzu, nástroje Six Sixma i intuitivní pozorování procesu. Technika určená pro kombinačně složitě procesy.
- 5RP – pět řídicích pohledů pro zeštíhlení Uzlového procesu. Realizační fáze techniky uzlové mapy procesu využívající data z ERP, MES. Následnou vizualizací pomocí BI aplikací řídí proces zeštíhlení.
- Hodnotová analýza umožňující identifikovat přidanou hodnotu v procesu.
- Teorie omezení a její aplikace na identifikaci, analýzu a zproduktivnění úzkých míst procesu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ŠTÍHLÁ VÝROBA

Technika Mapování hodnotového toku (VSM se řadí do oblasti Lean nástrojů). Autoři jsou v definici štíhlé výroby ve shodě, různí se pouze v rozsahu - ohraničení.

Pojem Lean, tedy štíhlý přístup, je realizace změny procesu, která má cíl zvýšit zisk. (Kysel', 2011, s.5).

Štíhlá výroba je systém, který představuje změnu myšlení v řízení výroby, s cílem dosažení optimalizace procesů, za současného uvědomění si složek tvořících přidanou hodnotu. (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 44).

Lean Production vysvětluje komplexní přístup v organizaci organizací zahrnující vývoj, výrobu výrobků na straně výrobce, dodavatele na straně materiálů a zákazníků na straně koncového produktu. Tato organizace je optimalizována požadavkem zákazníka, a to tak, aby bylo při splnění požadavku zapotřebí méně zdrojů všech typů. (Bauer, 2015, s.9)

Štíhlý podnik bude taková výrobní společnost, která dělá přesně to, co chce náš zákazník a to vždy s minimem činností, které hodnotu výrobku nezvyšují. (Košturiak a Frolík, 2006, s.17).

Lean popisuje činnosti, které umožní zlepšování výrobního procesu (Charron, 2015, s.27).

Štíhlá výroba je považována za koncept, pružně reagující na požadavky zákazníka. (Tuček a Bobák, 2006, s.226)

Štíhlý podnik lze popsat jako podnik s procesy fungujícími na principu samořízení. A cílem samořízení je poté snižování nákladů za současného přísného standardu. (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s.47)

1.1 Přidaná hodnota ve výrobních procesech

Zaměření na přidanou hodnotu činností z pohledu zákazníka je charakteristickým znakem štíhlé výroby.

Přidaná hodnota pro zákazníka – Value Added – VA jsou činnosti vytvářející službu, nebo výrobek, mající hodnotu pro zákazníka. (Kysel', 2011,s.7)

Hodnota pro zákazníka je také často vnímána jako činnosti, za které je zákazník ochoten zaplatit. Respektive můžeme definovat vztah mezi užitnými vlastnostmi produktu a

náklady. V případě, že náklady rostou a zároveň se nezvyšuje užitek pro zákazníka, hodnota pro zákazníka se zmenšuje. (Mašín, 2003, s.10)

Za přidanou hodnotu je považován takový krok procesu, který přetváří tvar, vlastnosti, nebo funkci a současně za tuto transformaci zákazník platí. (George et al.,2005, s.200)

1.2 Nepřidaná hodnota ve výrobních procesech

Protipólem činností přinášejících hodnotu jsou činnosti hodnotu nepřinášející.

Činnosti nepřinášející hodnotu – Non Value Added – NVA jsou činnosti, které spotřebovávají zdroje, ale na výrobku nebo službě pro zákazníka se nic nemění (Kysel', 2011,s.8)

Činnosti nepřinášející hodnotu jsou označovány také jako náklady nepřidávající hodnotu (NVA). Charakteristické pro náklady nepřidávající hodnotu je, že zákazníci by si koupili produkt prostý těchto nákladů, pokud by to znamenalo nižší cenu. (George et al.,2005, s.201)

1.3 Nezbytné činnosti pro vznik přidané hodnoty

Třetím typem činností stojícím mezi VA a NVA jsou činnosti nezbytné pro vznik přidané hodnoty.

Činnosti nezbytné pro přidanou hodnotu – Value Enabled – VE jsou činnostmi prováděnými za účelem lepší organizace práce (Kysel', 2011,s.8)

1.4 Ztráty – 9 druhů plýtvání v procesu

Činnosti nepřinášející hodnotu zákazníkovi a činnosti nezbytné pro vznik přidané hodnoty jsou považovány za ztráty výrobního procesu a označovány souhrnným názvem plýtvání.

Doprava - 1. plýtvání. Reprezentuje složité komunikační toky materiálu, prázdné, či neobsazené jízdy. Složité komunikační a zásobovací systémy mezi dodavateli komponentů, výrobcem a zákazníkem

Zásoby - 2. plýtvání. Jsou klíčovým problémem, klíčovou ztrátou. Způsobující následný zvýšený pohyb, organizace, hledání.

Pohyb – 3. plýtvání. Reprezentuje přesuny materiálů, složité pohyby, neergonomické pracoviště a ztrátu způsobenou složitým pohybem.

Čekání – 4. plýtvání. Čekání je spojeno s prostoji zdrojů, s neefektivitou procesu. Čekat mohou stroje, lidé, zákazník.

Složité procesy – 5. plýtvání. Reprezentuje opakované činnosti, organizačně složité postupy, administrativní či byrokratické postupy.

Chyby – 6. plýtvání. Opravy a zmetky vytvářené v procesu tvoří šesté plýtvání, neschopnost vytvářet na první možnost správný výstup.

Nevyužitý potenciál zaměstnanců – 7. plýtvání. Reprezentuje nezájem pracovníků o zaměstnavatele, o procesy. Chybějící motivace a zacílení.

Nadprodukce – 8. plýtvání. K interní nadprodukci dochází tehdy, když předchozí pracoviště vyrobí díl, který následující pracoviště nepotřebuje. K Externí nadprodukci dochází tehdy, když výrobce vyrobí pro zákazníka produkt, který zákazník nepotřebuje nebo neodebere.

(Chromjaková a Rajnoha, 2011, s.46-49)

Nejasná informace, nebo zbytečná informace tvoří deváté plýtvání. Jsou reprezentovány nepřesně, nedostatečně zadanou výrobní dokumentací prodlužující práci, nebo činnostmi vedoucí k defektu. Případně zbytečná informace tvoří časovou ztrátu procesu pro zpracování této informace.



Obrázek 1 Příklad zbytečné informace (foto R. Hodulák, 2018)

2 HODNOTOVÝ TOK A JEHO PARAMETRY

Pojmem tok hodnoty (value stream) znamená celkový pohled na aktivitu v procesu, na činnosti, které umožní změnu materiálu na zboží s hodnotou pro zákazníka. Do hodnotového toku je zařazeno:

- Poptávkové a nabídkové řízení
- Vypracování dokumentace
- Transakce a komunikace s dodavateli
- Přeprava, transport a skladování materiálu
- Plánování
- Informační tok
- Výrobní procesy
- Administrativa spojená s prodejem, kvalitou apod.

(Mašín, 2003, s.13)

Primárním cílem při analýze hodnotového toku je identifikace příležitosti eliminující ztráty všeho druhu. Cílem je tedy odstranit plýtvání (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s.49)

2.1 Hodnotová analýza

V každém procesním kroku určujeme úroveň hodnot činností. Následně vyjádříme jako sumární informace o celém procesu – o jeho hodnotovém toku. Pro vyjádření. Pro sestavení hodnotové analýzy můžeme využít mimo jiné techniky (Mašín, 2003, s. 21-29):

- Grafické procesní analýzy
- Popisné studie pohybu
- Rozboru činností z video záznamu
- Techniky předem určených časů, např. MOST

2.2 Lead Time

průběžnou dobou výroby. Lead Time je čas průchodu výrobku skrze proces, od hranice mapování, obvykle zajištění, či naskladnění komponentu po odeslání, či doručení zákazníkovi. (Nash a Poling, 2008, s. 257).

Průběžná doba výroby (PDV) je čas od navezení materiálu do vstupního skladu po okamžik dodání hotového produktu zákazníkovi. (Kysel', 2011,s.9)

2.3 Index přidané hodnoty

Vyjadřuje poměr délky činností typu VA a Lead Time. (Kysel', 2011,s.9)

$$\text{Index přidané hodnoty} = \frac{\text{čas přidávající hodnotu (VA)}}{\text{Lead Time}} \times 100 \quad [\%] \quad (1)$$

V některé literatuře je tento parametr označován jak PCE – účinnost cyklu procesu například (George et al.,2005, s.201). Výpočet PCE se shoduje s výpočtem indexu VA.

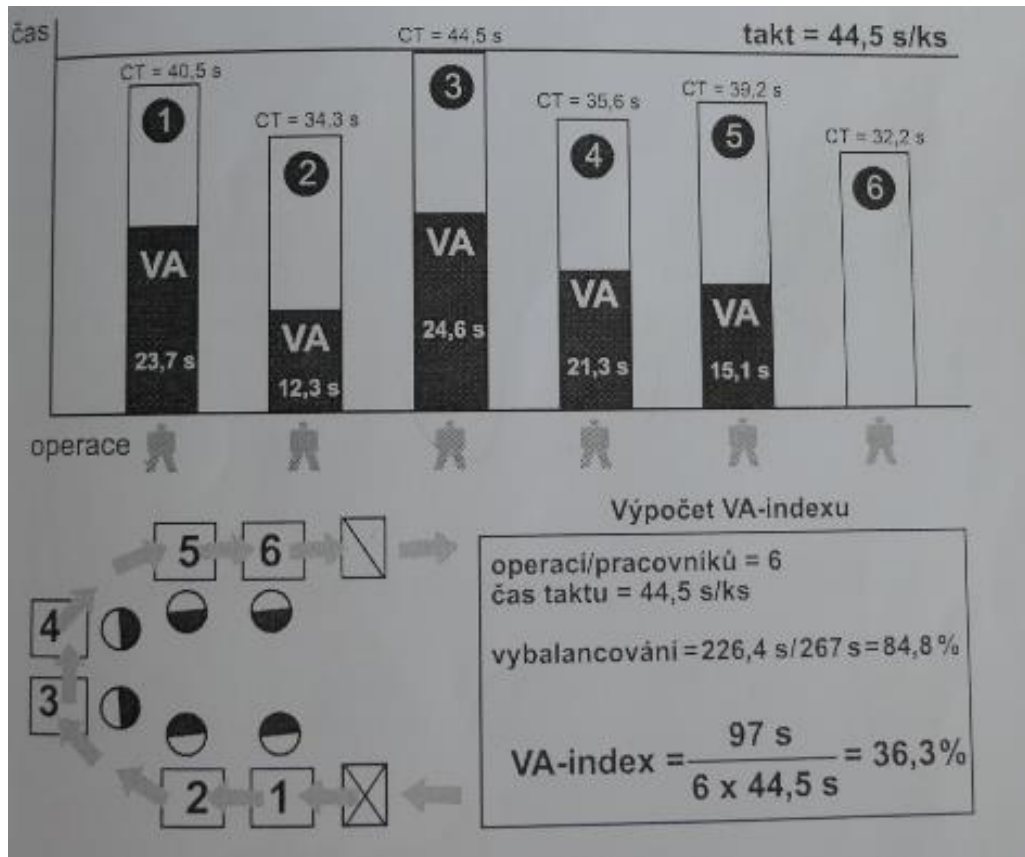
Zde je nutné se zamyslet nad správností tohoto léta používaného parametru. Pokud snížíme Lead Time, tedy výrobek projde procesem rychleji, dosáhne vyšší hodnoty Indexu VA. Avšak, pokud v řešení (při zeštíhlení procesu) dosáhneme nižšího času přidávajícího hodnotu, index přidané hodnoty bude vyšší. V praxi je možné tuto situaci sledovat například při radikálním zeštíhlení pracovišť, kdy je u výchozího stavu malá rozpracovanost, a v řešení se objeví vysoká míra snížení činností typu VA.

V případě, že bychom na situaci popsané na obr. 2 byli úspěšní při realizaci zlepšení v procesu a zredukovali časy cyklů o 50% a současně bychom zredukovali i 50% činností typu VA, pak ve stejné logice:

- Úzké místo je stále operace č. 3 – tedy $CT = 22,25$ pro 6 operací $6 \times 22,25 = 133,5s$
- Suma VA = 48,5s
- Výpočet VA indexu = $48,5 / 133,5 = 36,3$

Přestože jsme snížili hodnotu činností na ½, index VA ukazuje stejný stav.

Z výše uvedeného doporučuji nepoužívat index VA pro srovnání stavu před zeštíhlením a po zeštíhlení toku hodnoty. Míru činností přinášející hodnotu vyjadřovat v procentech.



Obrázek 2 výpočet indexu VA. (Mašín, 2003, s. 42)

2.4 Rozpracovaností WIP

Za rozpracovanost (work in process - WIP) je považována jakákoliv zásoba materiálu od komponentu až po finální produkt. (Nash a Poling, 2008, s. 266).

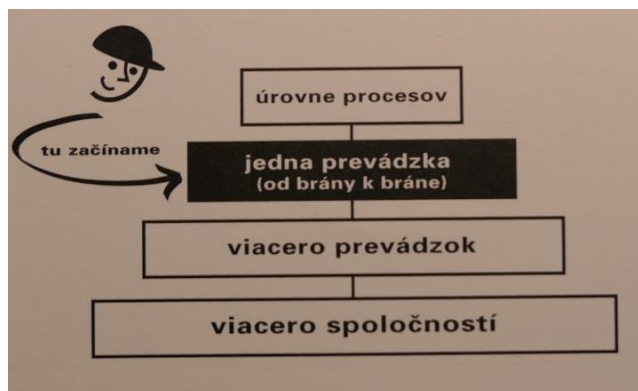
WIP můžeme počítat v kusech, rozpracovaných zakázkách, v ceně WIP.

Základními parametry pro popis hodnotového toku tedy jsou:

- Objem činností přinášející a nepřinášející hodnotu zákazníkovi. Obvykle uváděná v %.
- Lead Time. Obvykle uváděný ve dnech.
- WIP. Obvykle uváděný v kusech.

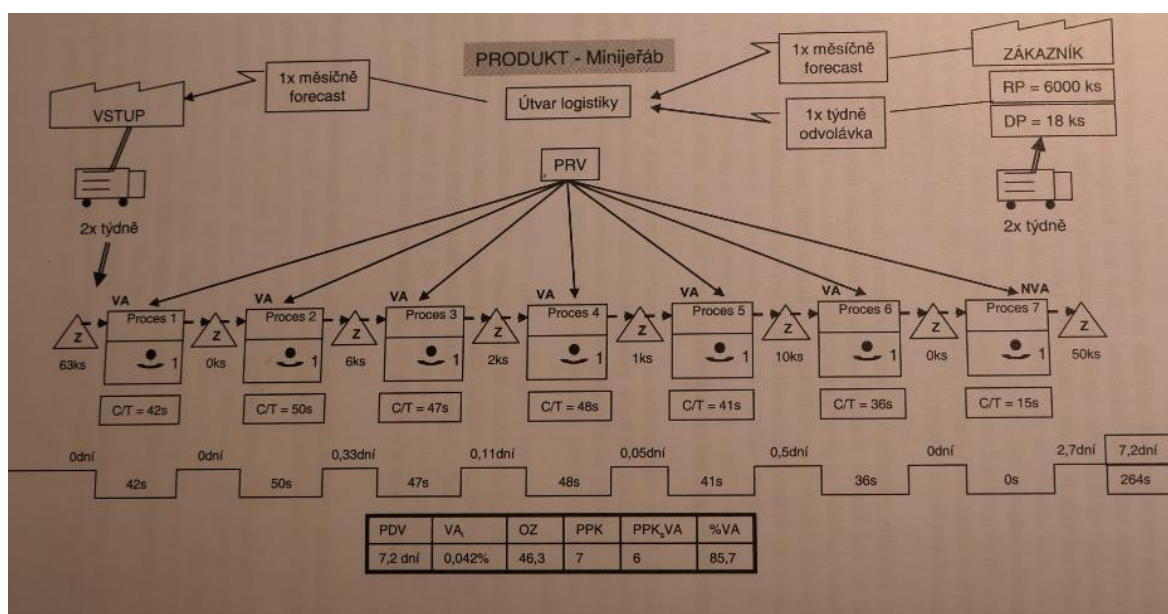
3 VALUE STREAM MAPA - VSM

Mapa současného stavu procesu (VSM) popisuje současný (okamžitý) tok hodnoty procesem výroby analyzovaného produktu. (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s.52). Drtivá většina implementací VSM směřuje k takzvané variantě Gate to Gate, tedy popisuje jeden proces v rozsahu výrobního závodu. Potenciál VSM techniky je však nejvyšší s nasazením do procesu procházejícím sledem dodavatelských společností viz. Obr. 3



Obrázek 3 úrovně mapování VSM. (Rother a Shook, 2009, s. 13)

Klíčové je uvědomění si, co nám mapa hodnoty přinese. „Mapa toku hodnoty se realizuje pro 1 kus, který prodáme zákazníkovi“ (Kysel', 2011,s.45). Tedy získáme představu o průchodu jednotky výrobku skrze proces a sledujeme již zmíněné úvodní parametry míru VA (VE, NVA), Lead Time a WIP.



Obrázek 4 Ukázka jednoduché VSM mapy. (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s.62)

3.1 Předmět mapování – produkt, produktová skupina

Při zahájení práce na VSM je prvním rozhodnutím, co budeme mapovat – jeden výrobek, nebo skupinu výrobků? Při mapování po jednotlivých výrobcích je nezbytné provádět množství VSM. Při mapování v **produktové skupině** musíme prohlásit, že mezi produkty mapované skupiny není zásadní rozdíl z pohledu toku hodnoty.

Zákazník má zájem, potřebu dosáhnout zlepšení na konkrétním produktu, či na konkrétní skupině produktů. Tedy nemusíme mapovat všechny toky, ale soustředíme se klíčové toky pro zákazníka. (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s.55)

Pro výběr, jaký produkt nebo produktovou skupinu mapovat, se používá **A,B,C analýza**. Její aplikace využívá sestupného uspořádání zkoumaných dat (objem produkce, hodnota obratu apod.) a kumulovaných hodnot daných parametrů (Macurová, Klabusayová a Tvrdoň, 2018, s.167).

3.2 Procesní diagram

Procesní mapa, či model obsahuje zakreslené procesní kroky, u kterých jsou zdokumentovány jejich základní atributy a vazby. (Tuček, Hrabal a Trčka, 2014, s. 50)

Procesní mapa při VSM slouží jako dokument pro efektivní průběh samotného mapování. Identifikuje počet procesních kroků, identifikuje očekávanou pracnost operací, zobrazuje tok procesu.

3.3 Požadavky zákazníka

Identifikujeme potřeby a požadavky zákazníka, případně určujeme, co je přidanou hodnotou pro zákazníka. V minimálním rozsahu do VSM zaznamenáváme: počet požadovaných výrobků za časové období, balení, transportní požadavky a frekvenci odběru. (Rother a Shook, 2009, s.36)

3.4 Datová tabulka

Definujeme parametry, které budeme zaznamenávat na každém pracovišti. Obvykle zaznamenané hodnoty (Mašín,2003, s.47):

- Procesní čas (PT)

- Čas cyklu (CT)
- VA, VE, NVA časy z PT nebo CT
- WIP v ks, případně v počtu zakázek, případně ceně
- OEE – celková efektivita stroje
- Počet operátorů
- Počet pracovišť
- Délka přestavby, přeseřízení (CO)
- Prostoje
- Poruchy
- Zmetkovitost a opravy
- Počet čekajících zakázek vyžadujících seřízení

Není nezbytné používat všechny údaje při každém mapování. Výhodné je při vytvoření procesního diagramu s procesem seznámit a následně určit parametry datové tabulky.

3.5 Nosný komponent

Za nosný komponent označujeme díl, který je na začátku procesu a ideálně prostupuje všemi procesními kroky. V případě, že v některém procesním kroku nosný komponent chybí (například jiná podskupina), zvolíme sekundární nosný komponent pro sekundární větve procesu.

Cílem je při VSM mapovat pouze jediný typ materiálu ve všech stavech rozpracovanosti a pomocí nosného komponentu popsat rozložení WIP ve všech operacích. Zjednodušení materiálové toku je kompenzováno při vytváření budoucího stavu tím, že všechny ostatní komponenty a jejich tok podřídíme řešení pro nosný komponent, popřípadě jejich tok uvedeme do souladu s nosným komponentem.

„Protože uvažujeme o štihlé výrobě a k rozhodování používáme i mapování toku hodnot, budou nás primárně zajímat informace ve vztahu k hodnotě jedné jednotky materiálového a jedné jednotky informačního toku., které jsou u požadovaného sortimentu rozhodující pro to, abychom docílili minimální objem materiálu v hodnotovém řetězci. (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s.54)

3.6 Analýza procesních kroků

Materiálový tok zakreslujeme ve spodní části mapy ve směru zleva doprava. Vhodné je mapovat proti směru toku procesu z důvodu pochopení potřeb interních zákazníků v předcházejícím procesu, např. (Mašín, 2003, s. 48). Obecné doporučení je zachovávat jednoduchost např. (Rother a Shook, 2009, s. 19). A raději vytvořit menší produktovou skupinu a tím jednodušší mapu, než vykreslovat složitá schémata. S nástupem nových SW programů však toto doporučení (omezení) odpadá. Programy pracující s nekonečným bílým plátnem umí pracovat jedním kliknutím v detailu a makro pohledu.

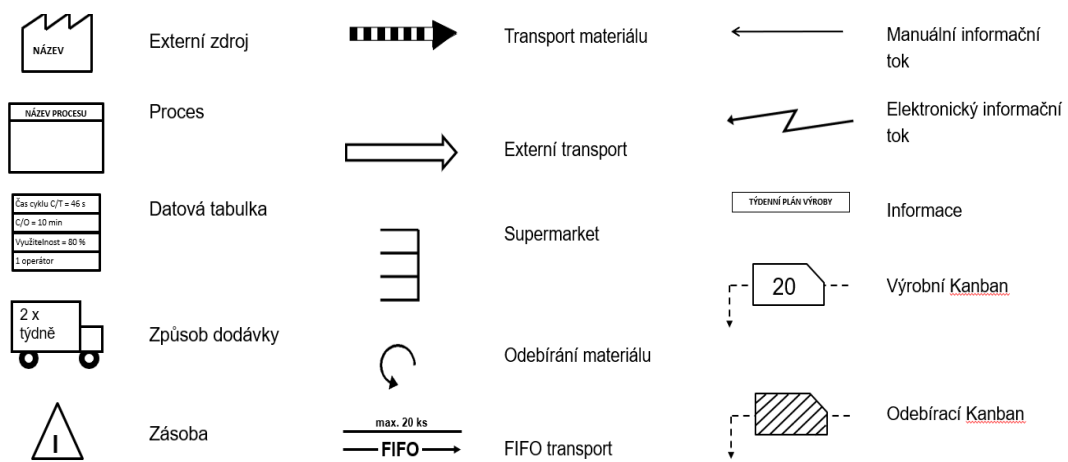
Za procesní krok považujeme každé zastavení produktu, kdy je změněna hodnota. Procesní krok pozorujeme, snímáme osobně v procesu. Sestavujeme datovou tabulku, hodnoty zapisujeme do tabulky. (Mašín, 2003, s. 47). V každém procesním kroku identifikujeme ztráty (plýtvání) tvořící činnosti typu NVA nebo VE.

3.7 Tlak a tah ve VSM

Zaznamenáváme skutečnost pohybu materiálu mezi procesními kroky. V základním rozdělení hovoříme o tlaku tedy, když dodavatelský proces vyrábí nezávisle na potřebě zákazníka. O tahu hovoříme tedy, když dodavatelský proces vyrábí (dodává) na základě potřeby zákazníka. Tlakový systém dodávky materiálu značíme v mapě obvykle páskovanou čarou se šipkou k zákazníkovi a tahový systém dodávky značíme obvykle prázdnou bílou šipkou. (Rother a Shook, 2009, s. 27)

3.8 Používané symboly ve VSM

Symbole nejsou normovány, je však výhodné v jedné společnosti udržovat sjednocený standard. Výběr z doporučených symbolů (Rother a Shook, 2009, s. 102):



3.9 Informační tok ve VSM

Zákazník je ve VSM zakreslen vždy v pravém horním rohu mapy. Datová tabulka zákazníka informuje o klíčových potřebách zákazníka. Od zákazníka je vykreslován tok všech informací řídících výrobu v mapovaném procesu. Typicky zakreslujeme výhledy výroby a výrobní objednávky, zakreslujeme postup jejich zpracování, zaplánování zakázek a vstup výrobních, či vyskladňovacích příkazů do procesních kroků.

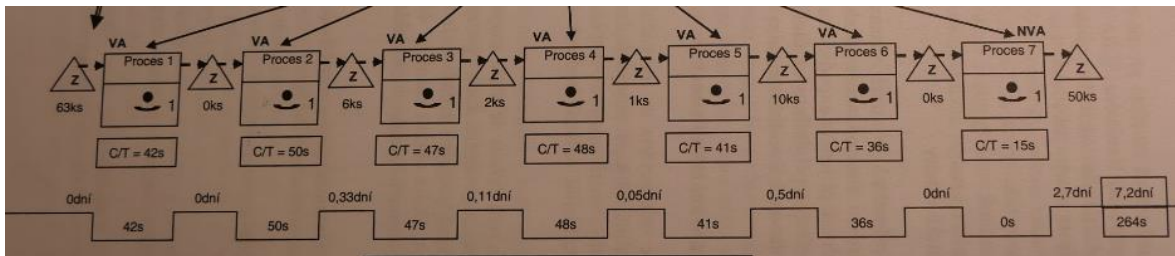
3.10 Časová osa

Pod identifikované procesní kroky se zakresluje časová osa. Má tvar nízkého cimbuří.

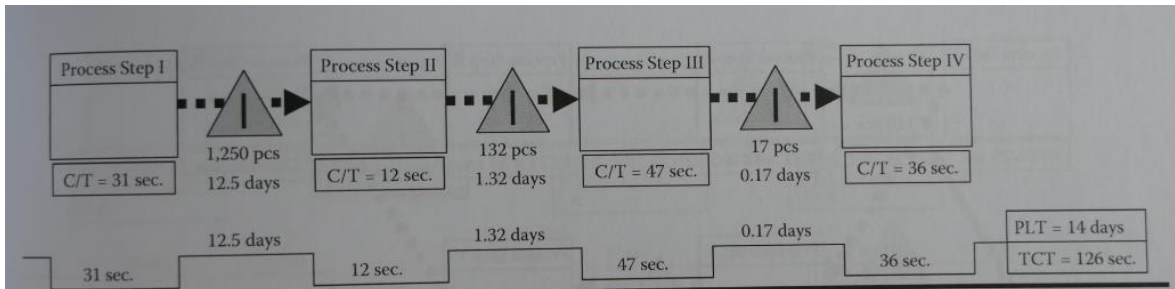
Na časovou osu umísťujeme informace (Mašín, 2003, s. 54):

- Čas cyklu přidávající přidanou hodnotu (VA CT)
- Čas cyklu (CT)
- Čas čekání zásob před procesním krokem (W/T)

Součtem všech časů cyklů přidávající hodnotu vznikne na časové ose údaj $\sum VA CT$. Tento údaj porovnáváme s celkovým Lead Time.



Obrázek 5 časová osa a vizualizace celkového VA CT a LT. (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s.62)



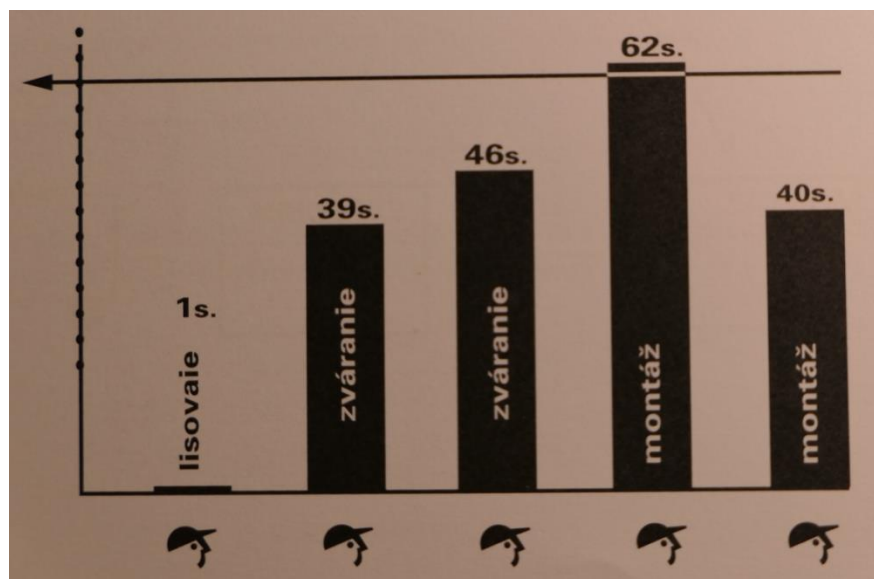
Obrázek 6 časové osy a vizualizace celkového VA CT a LT. (Nash a Poling, 2008, s.127)

Z vizualizované časové osy je viditelné potvrzení tvrzení: „Kdekoli existuje produkt pro zákazníka, existuje i tok hodnoty (Hodulák, 2021).

3.11 Balanční analýza

Grafické zobrazení časů cyklů ve vztahu k hodnotě Takt Time zákazníka nazýváme balanční studií nebo také grafem plánovaných časů.

Osa x je určena pro procesní kroky. Na ose y je zaznamenána hodnota celkového času cyklu, případně dále vnořené hodnoty činností typu VA, NVA, VE v rámci daného času cyklu. Horizontálně je označena hodnota Takt Time.



Obrázek 7 Balanční studie procesu. (Rother a Shook, 2009, s. 62)

Takt Time určuje maximální frekvenci, ve které by mělo dojít k dodání výrobku pro správné zásobování zákazníka. Všechny procesní časy, které překračují T/T jsou považovány za časovou past a musejí být zlepšeny (zeštíhleny). (George et. al., 2010, s.54).

Současně můžeme analyzovat rovnost práce jednotlivých procesních kroků a ztrátový čas operátorů či strojů vůči úzkému místu, nebo T/T.

Pro úspěšné vybalancování procesu je klíčové získání výchozího přehledu o procesu, potřebě zákazníků. Je to první krok pro budoucí vybalancování pracovišť a procesu. (Roser, 2016)

3.12 Vyhodnocení VSM – identifikace ztrát a příležitostí

- Identifikujeme klíčové systémové plýtvání v procesu. Identifikujeme druhy ztrát v jednotlivých procesních krocích. Ke zjištěným ztrátám přiřadíme změřenou hodnotu plýtvání – tedy časů typu NVA a VE. Identifikujeme procesy, které nepřidávají hodnotu. (Kysel', 2011, s. 28).
- Hodnotu změřeného LT porovnáme se sumou VA CT
- Lead Time porovnáme s potřebou zákazníka na realizaci zakázky
- Vyhodnotíme ztráty z balanční analýzy
- Vyhodnotíme rozdělení WIP. Hledáme zbytečné zásoby a rozpracovanost.

Mapa toku je vizuální nástroj. Teprve úspěšné odhalení příležitostí, při vytváření VSM a následná důslednost při realizaci jejich odstranění přináší vysokou míru zlepšení procesu v klíčových parametrech zlepšení: Lead Time, produktivitě, nákladech a stavech rozpracovanosti. (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s.64)

4 ÚZKÉ MÍSTO PROCESU A TEORIE OMEZENÍ (TOC)

Teorie omezení, Theory of Constraints (TOC) se zabývá propustností procesu skrze klíčový procesní krok úzké místo. Nekritická místa nejsou v hledáčku zásadní pozornosti a jsou uvedena v soulad, či podřízena potřebám úzkého místa. V 80. a 90. letech 20. století společně s JIT a TQM patřila ke třem základním manažerským způsobům řízení. (Tuček a Bobák, 2006, s. 90)

4.1 Základní problémy podniku

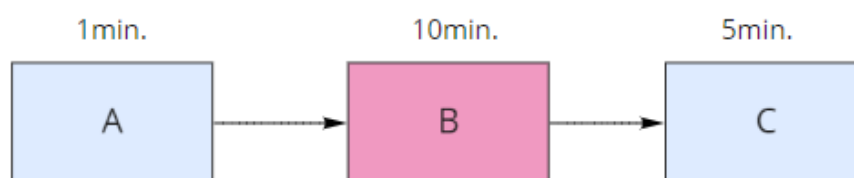
Procesy jsou ovlivňovány základními problémy. Jejich následné působení v úzkém místě je rozhodující pro výkon úzkého místa a čas realizace dodávek. Základní problémy můžeme charakterizovat (Basl, Majer a Šmíra, 2003, s.16):

- Měnící se požadavky zákazníků a společně s nimi se měnící výhledy výroby
- Nespolehlivost dodavatelského řetězce
- Defekty a nespolehlivost interních procesů

Vzájemná provázanost procesních kroků do článků řetězu, řetězí i základní problémy podniku. Lokální nadbytky kapacit mají obvykle malý význam pro celý systém a jeho výkon. Úzké místo a projevy problémů v úzkém místě pak rozhodují o výkonnosti procesu jako celku.

4.2 Úzké místo

Za úzké místo považujeme proces, kde dochází k hromadění zakázek, práce, rozpracovanosti. Obvykle je to proces s nejdelším časem cyklu, nebo proces s přítomností největších defektů, časových ztrát. (Basl, Majer a Šmíra, 2003, s.12)



Obrázek 8 Příklad procesu s úzkým místem (vlastní zpracování)

4.3 Metriky TOC

TOC se zaměřuje na tři klíčové ukazatele (Cox a Schleier, 2010, s. 20):

- **Průtok.** Má v TOC dva významy. První vyjadřuje propustnost úzkého místa, na které se obvykle podniky zaměřují. Přeneseně však jde o míru generování peněz za jednotku času. V TOC je parametr propustnost vnímán především z pohledu průtoku peněz. Jde o peníze z prodeje ponížené o všechny variabilní náklady.
- **Zásoby.** Peníze vázané v zásobách a rozpracovanosti, peníze za zboží koupené za účelem prodeje.
- **Provozní náklady.** Prostředky vydané na změnu komponentů na hotové zboží.

4.4 Aplikace TOC v 5 krocích

Práci s úzkým místem lze popsat v pěti krocích (Goldratt a Cox, 2012, s. 271):

1. **Identifikuj omezení systému.** Tedy najdi úzké místo.
2. **Maximální využití daného omezení** – aplikace lean nástrojů. Využití všech zdrojů společnosti pro maximalizaci kapacity, výkonu úzkého místa. Eliminace defektů, nasazení prevence defektů.
3. **Podřízení všeho v systému tomuto omezení** – po dosažení maximálního využití úzkého místa podřizujeme provoz všech ostatních procesních kroků tomuto úzkému místu, nebo ostatní procesní kroky uvádíme do souladu s úzkým místem.
4. **Odstranění omezení** – změna procesního toku tak, aby bylo úzké místo zcela eliminováno a plnilo potřeby zákazníka.
5. Jestliže bylo **úzké místo odstraněno, cyklus se opakuje**

4.5 Metoda DBR

Metoda Drum-Buffer-Rope umožňuje aktivní zlepšení výkonu a propustnosti úzkého místa. Tvoří ji tři součásti: Drum – buben, Buffer – zásobník, Rope – lano. (Basl, Majer a Šmíra, 2003, s.12):

Drum – buben. Určuje rytmus výroby. Jde o hlavní výrobní plán procesu. Řídí postup práce v kritickém úzkém místě s cílem maximalizovat využitou kapacitu a propustnost. Zabývá se určením priorit výroby, velikostí procesních dávek a přepravní velikostí dávek.

Buffer – zásobník. Má za úkol ochránit úzké místo před nedostatkem materiálu a z toho plynoucí ztrátou kapacity. Zásobníky je však nutné umisťovat jen před úzká místa a to v minimálním v množství garantujícím ochranu propustnosti úzkého místa.

Rope – lano. Odvezení potřeby práce a výkonu podle úzkého místa. Pracoviště před úzkým místem sladujeme s potřebou úzkého místa. Procesní kroky za úzkým místem podřizujeme aktuální maximálnímu výkonu a propustnosti úzkého místa.

5 TECHNIKA VALUE STREAM DESIN

Value Stream Design je kreativní část techniky VSM. Vychází ze zpracované mapy současného stavu a analýzy ztrát a příležitostí. Mapování hodnotového toku patří do skupiny Lean technik, které mají následující klíčové principy (Chromjaková, 2013, s. 33):

- Hodnocení problému, jako budoucí příležitosti zlepšit se
- Trvalé zlepšování procesu
- Synergie týmu, díky spolupráci a důvěře
- Odstraňování činností hodnotového toku typu NVA
- Redukce činností hodnotového toku typu VE
- Budování plynulých toků
- Zavedení tahového řízení

5.1 Výchozí situace při návrhu VSD

Výchozím bodem pro použití techniky VSD je existence zpracované VSM. Klíčové otázky pokládané pro řešení budoucího procesu (Rother a Shook, 2006, s. 138):

- Jaký je Takt Time procesu?
- Budeme dodávat přímo zákazníkovi nebo do supermarketu?
- Kde může být uplatněn plynulý tok?
- Kde můžeme použít supermarket a tahový mechanismus?
- Ve kterém jediném bodě budeme řídit výrobní řetězec?
- Jak budeme řídit výrobní mix?
- V jakých dávkách budeme uvolňovat výrobu?

VSD nám ukazuje budoucí cílový stav. Realizace je postupná, obvykle ve formě plánovaných Kaizen workshopů. (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 60)

Kaizen znamená neustálé zdokonalení – v přenesení na pracoviště zdokonalení týkající se všech – manažerů i zaměstnanců. (Imai, 2007, s. 8).

Zlepšení navržené ve VSD není tedy konečné. Je implementováno postupně podle plánu implementace VSD s cílem cílové zlepšení kontinuálně rozvíjet a zlepšovat.

5.2 Čas taktu

Vypočítáme hodnotu Takt Time – času taktu (T/T).

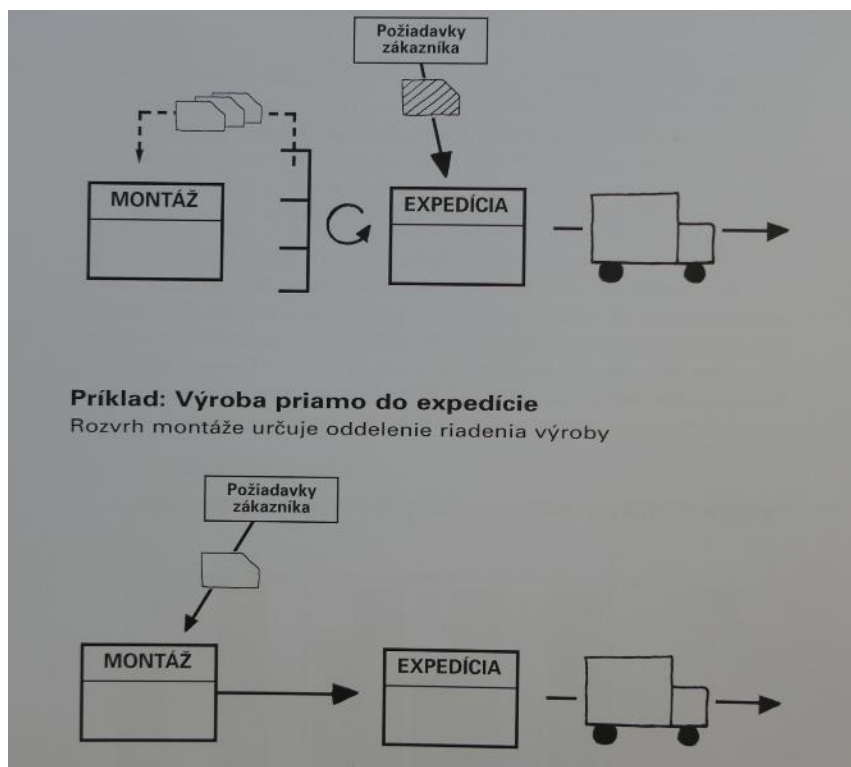
$$T/T = (\text{dostupný pracovní čas}) / (\text{požadovaný počet výrobků zákazníkem}) \quad (2)$$

(Rother a Shook, 2009, s. 44)

V případě proměnlivé produkce – sezónní variability potřeby zákazníka je nutné vypočítat T/T pro všechny zásadní hladiny požadovaného odběru. Nedoporučuje se používat průměrné hodnoty!

5.3 Supermarket nebo přímá dodávka

Rozhodnutí, jakou formou budeme dodávat materiály zákazníkovi, je zásadní pro nastavení logiky zeštíhleného procesu. Autoři popisující techniky VSM a VSD se zaměřují na dva způsoby přímé dodávky, nebo výrobu pomocí Kanbanového systému pomocí supermarketu. například (Rother a Shook, 2006, s. 60).



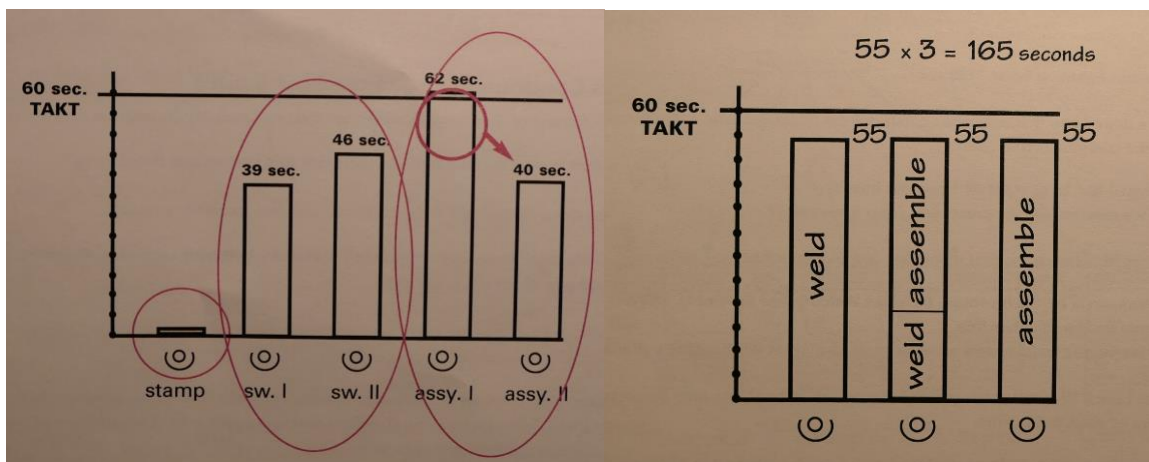
Obrázek 9 Přímá expedice nebo výroba do supermarketu (Rother a Shook, 2009, s. 61)

5.4 Plynulý tok – OPF výroba

Návrh budoucího stavu procesu se bude lišit v oblasti řešení úzkého místa. V případě aplikace výroby o toku jednoho kusu (OPF) bude aplikováno balancování výroby.

Obecný postup balancování operací (Rother a Shook, 2006, s. 156):

- Definovat TT
- Odstranit plýtvání (NVA)
- Re-balancovat operace na plánovaný čas taktu



Obrázek 10 balancování a odstranění úzkého místa. (Rother a Shook, 2006, s. 4-17 a 4-23)

Technika balancování procesních kroků je závislá od technické možnosti balancování realizovat. Poměrně velmi dobře aplikovatelná je technika na ručních pracovištích typu montáž, šití, lepení. Výrazně náročněji se aplikuje např. u CNC obráběcích strojů. Pokud technologická nebo investiční omezení znemožní balancování, zůstává zvýšená nevyužitá kapacita zařízení.

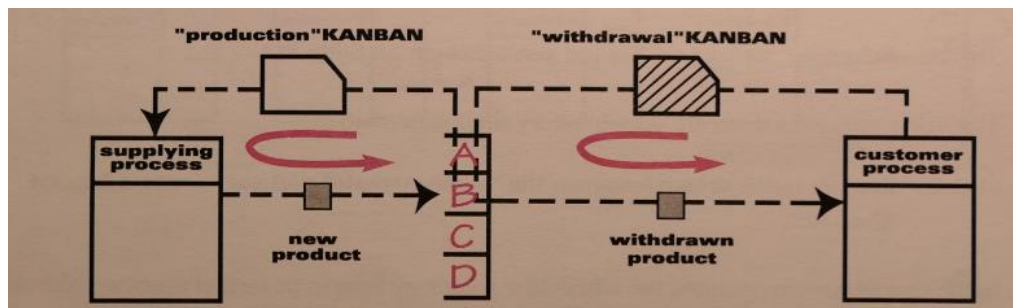
5.5 Zeštíhlení samostatných technologií

Procesní kroky, které není vhodné zapojit do plynulého toku, zeštíhlujeme aplikací samostatných Kaizenů typu rychlé přestavby, aplikací TPM.

Jedním z klíčových nástrojů je standardizace a odstranění plýtvání pomocí techniky 5S využívající pěti pilířů: třídění, nastavení pořádku, čištění, standardizace a udržení standardu. (Rubin, 2009, s. 10).

Na procesní kroky tvořící úzké místo aplikujeme techniky teorie omezení TOC.

5.6 Kanbanové řízení se supermarketem

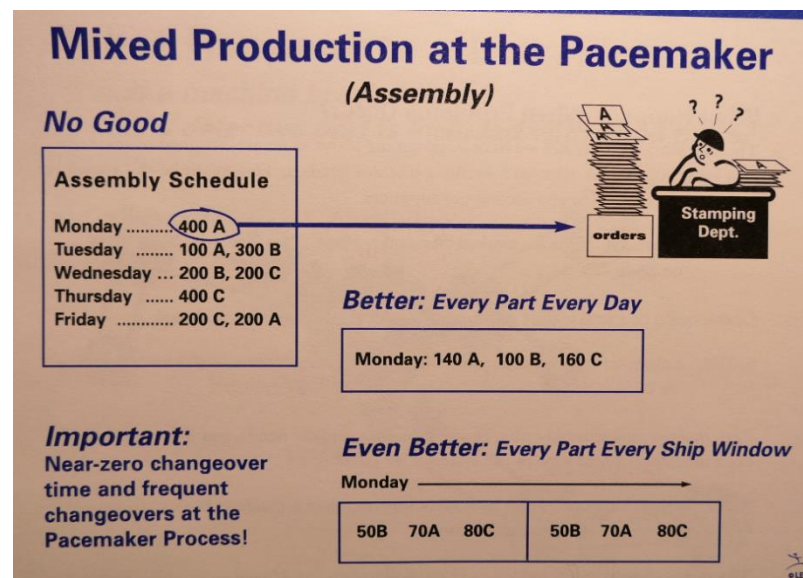


Obrázek 11 Výrobní a transportní Kanban se supermarketem (Rother a Shook, 2006, s. 3-27)

Na oblasti, kde není možné nastavit výrobu o toku jednoho kusu, aplikujeme například kanabanové řízení. Supermarket – řízená forma skladové zásoby doplňovaná vždy při odběru produktu zákazníkem. Je samořídícím mechanismem.

5.7 Výrobní dávky a výrobkový mix

Rozhodnutí, ve kterém místě budeme řídit plán výroby, souvisí s rozhodnutím systému výroby. Platí pravidlo: Za místem, kde vstupuje plán, již nesmí být supermarket a musí být aplikován výhradně FI-FO tok. First In – First Out. (Rother a Shook, 2009, s. 72).



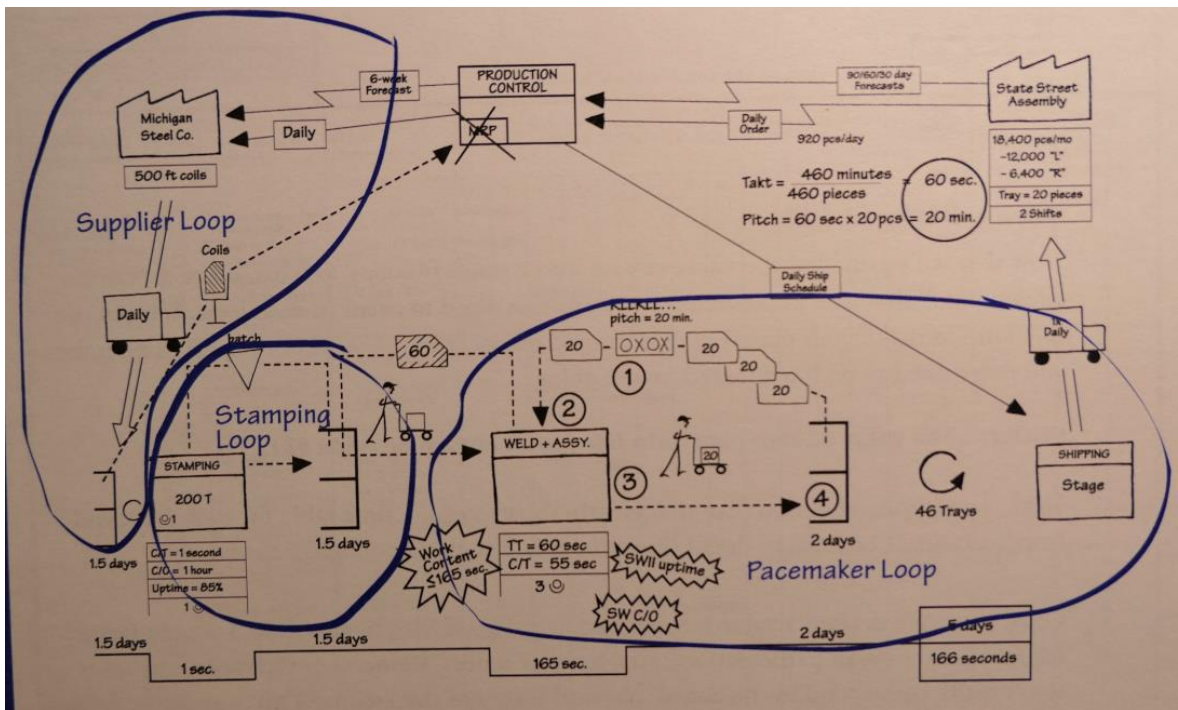
Obr.12 Výrobní a transportní Kanban se supermarketem (Rother a Shook, 2006, s. 3-35)

Principem výrobkového mixu je výroba v malých dávkách, umožňující zajistit plynulé zásobování všech výrobkových typů v krátkých časových jednotkách. Tato technika vyžaduje nezbytně razantní aplikaci technik rychlé přestavby.

5.8 Mapa toku budoucího stavu a plán realizace

Sestavená VSM je vyhodnocena ve stejných parametrech, jako byla vypracována mapa současného stavu. Je provedeno vyhodnocení zlepšení.

Pro realizační fázi jsou vytvořeny implementační smyčky zahrnující oblasti realizace v jednotlivých časových obdobích. Jednotlivé realizační zlepšení jsou přeneseny do formy projektového plánu. (Rother a Shook, 2006, s. 5-6)



Obr.13 VSD s vyznačenými implementačními smyčkami (Rother a Shook, 2006, s. 5-5)

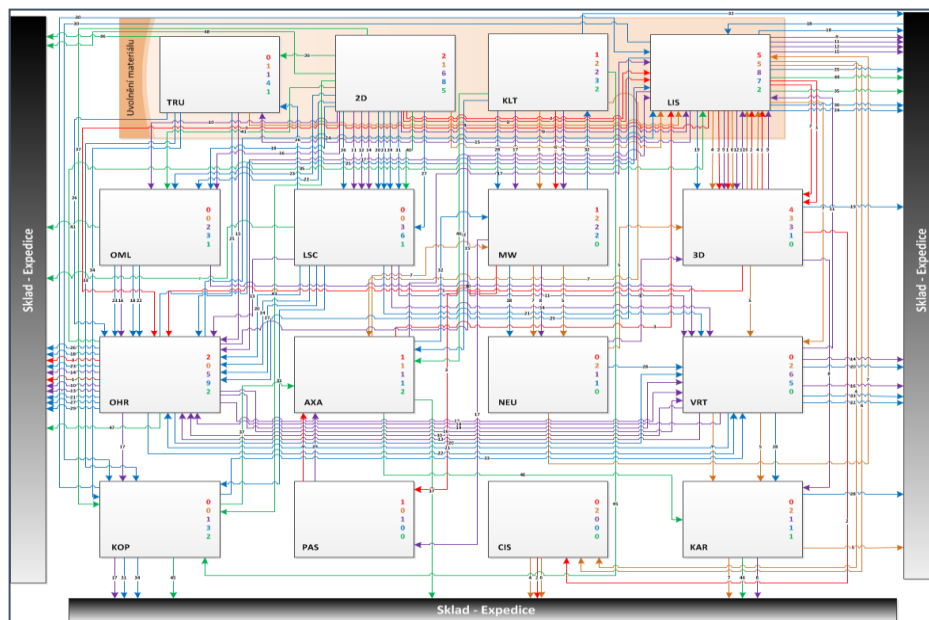
6 ČTYŘI LIMITNÍ OMEZENÍ TECHNIKY VSM

Technika VSM je založena na vzorkování procesu. Typicky sledujeme jeden produkt nebo produktovou skupinu na omezeném množství pozorování. Identifikovaná plýtvání při snímkování umožňují proces pochopit a následně odstraněním plýtvání optimalizovat.

Limitní omezení použitelnosti techniky VSM nastane tehdy, když vzorkování přestane popisovat celou populaci (mapovaný proces) a bude popisovat pouze plýtvání ve vzorku samém. Čtyři limitní omezení významně snižují výkonost techniky VSM, popřípadě extrémně zvyšují pracnost realizace a tím defacto ukončí praktickou realizovatelnost. Velmi obvyklá je aktivní kombinace jednotlivých omezení.

6.1 Kombinačně složitý proces

Na obrázku č. 14 je procesní digram strojírenské výroby procházející 16 typy technologií o celkovém počtu cca 50 strojních pracovišť. Výrobní zakázky procházejí různými technologickými operacemi. V diagramu je zobrazen průchod 48 klíčových Hi-Run produktů. V datové analýze za poslední měsíc výroby bylo identifikováno 360 variant průchodu zakázky skrze výrobní proces.



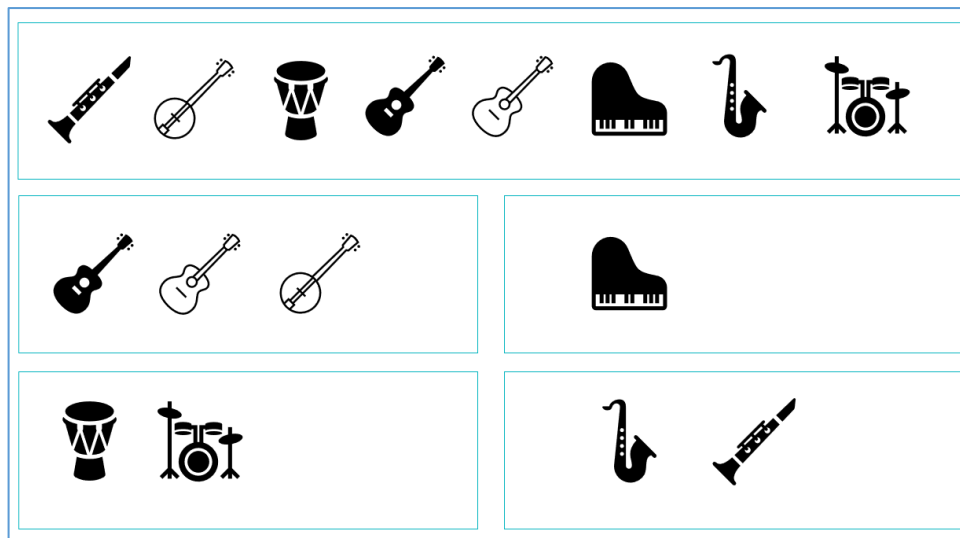
Obrázek 14 Příklad kombinačně složitého procesu ve strojírenské výrobě (Vlastní zpracování)

Obecně můžeme za kombinačně složitý proces z pohledu VSM považovat ten, který neumožňuje na základě jedné vytvořené mapy poskytnout významnou informaci o toku

hodnoty v celém procesu, ale poskytne informaci o toku hodnoty jen daného produktu. Přičemž významnost zjištění je zanedbatelná v kontextu celkového výkonu procesu. Při realizaci VSM na Hi-run produktu, pak objasníme pouze jednotky procent toku hodnoty procesu. A tedy naše zlepšení přinese analogicky nízké zlepšení celku procesu.

6.2 Velké množství odlišných produktů vyráběných v procesu

Pokud je proces zatížen výrobou odlišných produktů, popřípadě, pokud je proces zatížen velkým množstvím alternativ stejných produktů, dochází k souběžné výrobě typově odlišných výrobků. Změny produktů vyvolávají různé nezbytné podmínky v procesu. Mění se manipulační časy, časy seřízení, mění se časy čekání zásob.



Obrázek 15 Příklad procesu s produktovými skupinami (Vlastní zpracování)

Na uvedeném obrázku 15 můžeme uvažovat, že produkci směřující do mapovaného procesu rozdělíme do produktových skupin a mapovat budeme Hi-run skupinu. Tedy ze skupiny všech vyráběných nástrojů vydělíme skupiny perkusí, žesťů, strunných nástrojů apod. Pokud bychom si představili proces, kde je těchto produktových skupin nikoli 4, ale 40 nebo 400 a naše výroba má jeden montážní tým (či skupinu strojů), pak aktivujeme toto klíčové omezení využitelnosti VSM.

6.3 Zásadní rozdíly v procesním čase produktů

V případě, že sdružíme produkty do produktové skupiny, umožní nám to pomocí jediné VSM popsat významnou část procesu. Avšak můžeme narazit na zásadní rozdíly procesního času, následně i času cyklů jednotlivých operací. VSM začne tedy poskytovat

pouze přibližné údaje. Klíčové je toto omezení především pro procesní balancování. Tento příklad je v praxi velmi častý a jeho přímým důsledkem je ztráta části produktivity procesu.



Obrázek 16 Příklad rozdílu pracnosti uvnitř produktové skupiny (Vlastní zpracování)

6.4 Zakázková a malosériová výroba

Zakázková výroba má nulovou opakovatelnost celého procesu. VSM tedy vypoví analyticky pouze o produktu, který byl právě dokončen. Z pohledu odhalených plýtvání popisujeme ztráty provázející minulý produkt. U zakázkové výroby je jediná možná aplikace VSM – sledovat typ zakázky, tedy afinitní skupinu. Identifikovaná plýtvání následně aplikovat na celý proces. O stupeň lepší informaci získáme při VSM v malosériové výrobě. Zjištění, identifikovaná plýtvání i budoucí zlepšení jsou platná i pro další opakování, byť v malém měřítku. V praxi je VSM v malosériové a zakázkové výrobě využívána zcela ojediněle. Obvykle se zlepšování na těchto typech pracovišť zaměřuje na Kaizen techniky a zlepšování se zaměřuje na přestavbu, 5S, vizualizaci a podobně.

7 UZLOVÁ MAPA PROCESU NOD<>VSM

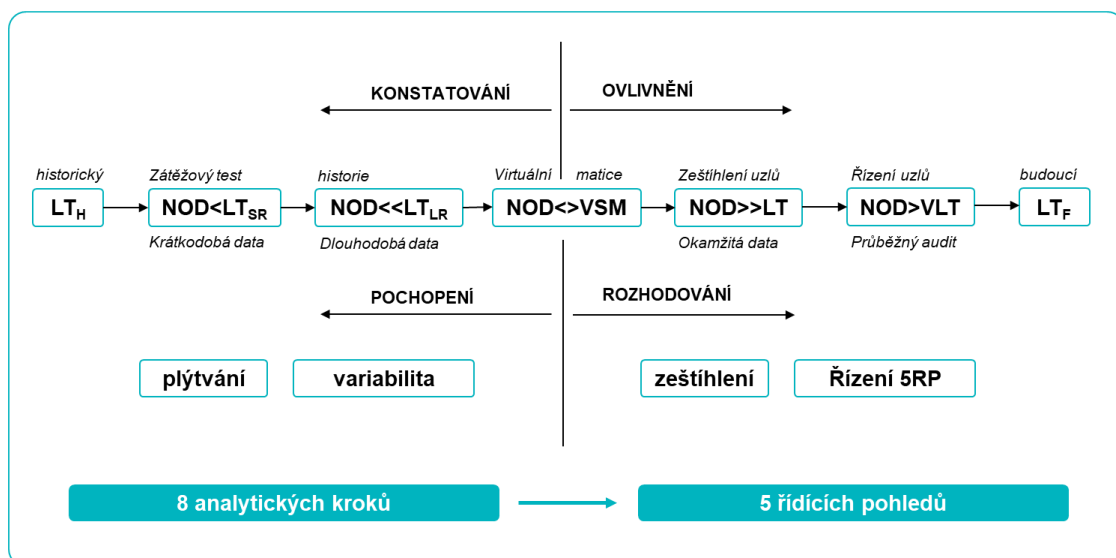
7.1 Představení techniky NOD<>VSM

NOD<>VSM je nástroj pro analýzu složitých výrobních procesů s dynamicky proměnlivou skladbou výroby, variabilní pracností operací nebo širokou škálou možných kombinací použití strojů či operací při průchodu zakázky výrobním procesem. Je inovací klasické techniky VSM. Využívá datové, lean a logistické analýzy, v interakci s teorií omezení a technikami Six Sigma. (Hodulák, 2020).

Pro Uzlovou mapu procesu je charakteristické následující vyjádření:

„Neumíme-li dosáhnout efektivního (štíhlého) průběhu každé výrobní jednotky (zakázky), pak realizujeme efektivitu všech procesních bodů, kterými výrobní jednotka (zakázka) může procházet.“ (Hodulák, 2020, s. 15)

Tyto procesní body nazýváme uzly a budou základní stavební jednotkou Uzlové procesní mapy. Základní schéma realizace NOD<>VSM je rozděleno na dvě části. První oblast je analytická. Cílem této části je sestavení Uzlové mapy procesu. Druhá část je realizační a jejím cílem je dosažení cílového zeštíhlení.



Obrázek 17 Základní schéma Uzlové mapy procesu (NOD <> VSM) (Hodulák, 2020)

Grafické znázornění obsahuje symboly pro orientaci v analýze:

<< dlouhodobá historická data, < data historická v krátkém období, <> sestavení matice Uzlové mapy procesu, > okamžité měření pro řízení a zeštíhlení, >> audity zlepšení.

7.2 Postupové schéma realizace analýzy NOD<>VSM

Analýza			
Krok	Zkratka	Činnost	Stručný postup
1	LT _H	Změřte historický Lead Time [dny]	Vzorkujeme, nebo hodnotíme 1 rok zpět všechny výrobní příkazy (VP)
2	LT _F	Definujte cílový Lead Time	Rozhodnutí vztažené k potřebě zákazníka
3	NOD	Definujte procesní uzly	Podle technologické podobnosti pracovišť
4	NOD<<LT	Uzlová průběžná doba v krátkém období (SR)	Snímkuje VP, zaznamenáme LT, sledujeme plýtvání, variabilitu v LT
5	NOD<LT	Uzlová průběžná doba v dlouhém období (LR)	Zpracováváme datově, box-plot, variabilita. Nástroje Six Sigma
6	NVA	Lean analýza v uzlech	Snímkuje 1-3 VP v uzlu, identifikujeme hlavní plýtvání / ztráty
7	WIP	Analýza WIP v uzlech	Datově – inventurní stav ideálně v hodnotě zásob.
8	UM	Analýza úzkých míst	Datové snímkování LR.
9	NOD<>VLT	Výpočet hodnoty virtuálního Lead Time	KPI pro zlepšování procesu
10	NOD<>VSM	Sestavení matice VSM	Vyhodnocení ztrát a příležitostí
11	Plán	Plán zeštíhlení procesu	Použijte agilní Kanban

tabulka 1 Postup realizace sestavení Uzlové mapy procesu (Vlastní zpracování)

7.3 Lead Time procesu LT_H

Obecným rysem kombinačně složitých procesů je obtížné stanovení a následné dodržení požadovaných termínů dodání zákazníka. LT_H stanovujeme výhradně z dlouhého období. Definice dlouhého období musí splňovat tato obecná kritéria:

- obsahuje vlivy sezónnosti procesu
- obsahuje zvláštní příčiny variability – např. extrémní zpoždění, extrémně krátká dodání, zásadní seskupení požadavků apod.

LT_H definujeme jako rozdíl okamžiku doručení výrobního příkazu (VP) na cílovou lokaci (na sklad, zákazníkovi, dalším procesu) a okamžiku zahájení výrobního příkazu (vyskladnění, zahájení první operace, zadání požadavku zákazníka).

7.4 Budoucí Lead Time procesu LT_F

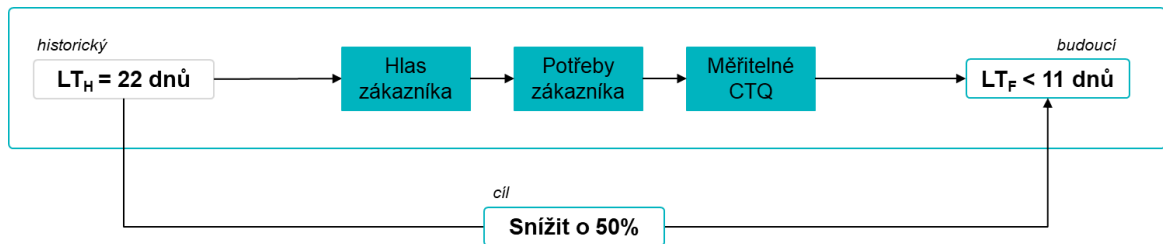
Pro efektivní použití uzlové mapy procesu je klíčové definovat cílový - budoucí Lead Time (LT_F). Principiálně je nutné směřovat k podkročení minimální potřeby zákazníka. Na obr. 18 je znázorněna situace, kdy na základě přezkumu hlasu zákazníka víme, že je nutné dodat zakázky do 12 dní od objednání. Náš současný proces dodává v průměru za 22 dnů. Tedy neplníme požadavek zákazníka. Pokud bychom se rozhodli, že dosáhneme zlepšení o 50% a zlepšíme se na průměrných 11 dnů, je pravděpodobné, že díky variabilitě procesu bude určité procento dodáváno se zpožděním a náš zlepšovaný proces bude zatížen tlakem prioritizace zakázek.

Pro stanovení LT_F používáme techniku Voice of the Customer (VOC), patřící do skupiny nástrojů Six Sigma. Identifikujeme informace a důležité vyjádření o procesu a o produktu. Hlas zákazníka transformujeme na potřeby, které jsou sepsány v pozitivním vyjádření. Vyjádřenou potřebu dále transformujeme do podoby parametru Critical to Quality (CTQ). (Čadek a Gazdík, 2020)

Pro NOD < >VSM vždy definujeme měřitelný kritický parametr (CTQ) tak, aby při splnění cíle bylo dosaženo podkročení minimálního požadavku zákazníka na průběžnou dobu výroby.

To v důsledku způsobí, že náš složitý proces můžeme následně řídit jednoduchou FI-FO logikou a zcela se oprostít od prioritizace zakázek v rámci dané kapacity procesu.

CTQ v tomto případě může znít: **Každý VP bude doručen do 11 dnů.**



Obrázek 18 příklad definování budoucího Lead Time (Hodulák, 2020)

7.5 Sestavení uzlů

Uzlem je myšleno seskupení strojů, pracovišť do technologické afinity. Seskupujeme podle podobnosti práce, podle profesí obsluh, podle podobnosti technických činností nebo podle podobnosti strojního zařízení či pracovišť. Uzel může obsahovat jeden stroj nebo skupinu podobných strojů, či skupinu stejných pracovišť.

Při rozhodování o uzlech se neřídíme zvykem rozdělení daného procesu do týmů, ale technologickou podobností či technologickou odlišností pracovišť.

Při správně technologických zvolených uzlech dojde při tvorbě NOD<>VSM k následujícím důležitým souvislostem:

- **Je vysoce pravděpodobné, že ve zvolené technologické afinitě (uzlu) budou nalezeny stejné druhy plýtvání**
- **Je vysoce pravděpodobné, že v uzlu bude možné odstraňovat či redukovat plýtvání stejným postupem**
- **Je vysoce pravděpodobné, že lze navrhnout řídicí a zásobovací mechanismus jednotný pro celý uzel**

7.6 Uzlový Lead Time NOD<LT

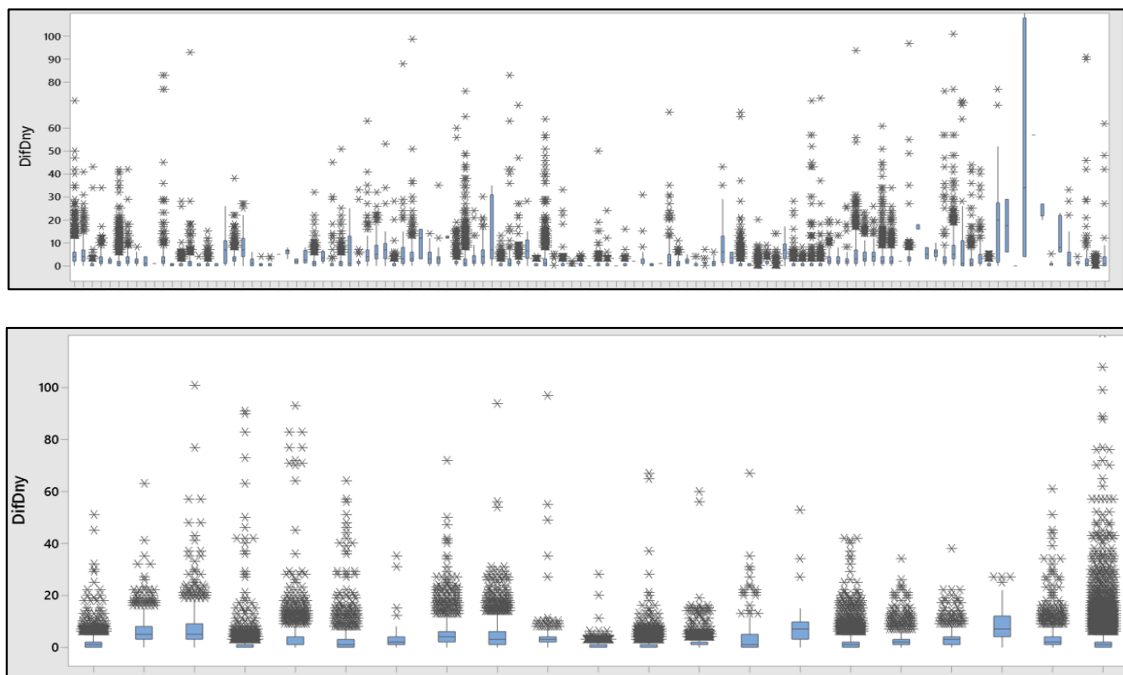
Hodnota uzlového Lead Time (NOD<LT) popisuje okamžitý stav průběžné doby výroby v jednotlivých uzlech, v době realizace analýzy NOD<>VSM. Lze si jej představit jako frontu všech polotovarů ležící před strojem, hodnota uzlového Lead Time vyjadřuje čas, za který se poslední výrobek ve frontě dostane skrze daný uzel. Fronta je tvořena časovými jednotkami odpovídajícími:

- Času seřízení stroje při změně výroby
- Délce času cyklu
- Velikosti dávek

Hodnota $(NOD < LT) = 1$, znamená, že poslední polotovár ve frontě bude zpracován za 1 den.

7.7 Uzlový Lead Time v dlouhém období $NOD \ll LT$

Uzlová průběžná doba v dlouhém období ($NOD \ll LT$) vyjadřuje střední hodnotu času (mean) realizace 1 operace v daném uzlu z pohledu dlouhodobého působení procesu. Od okamžité uzlové průběžné doby se odlišuje především tím, že obsahuje dlouhodobou variabilitu působící na proces zvenčí i variabilitu vytvářenou jednotlivými procesními kroky. Uzlovou průběžnou dobu v dlouhém období hodnotíme výhradně datově.



Obr.19 dlouhodobá variabilita průběžné doby výroby (Hodulák, 2020)

(dole) zobrazení variability stejného procesu seskupeného do procesních Uzlů

(Nahoře) cca 150 jednotlivých strojů

Při hodnocení dlouhodobého uzlového Lead Time je pro nás primární střední hodnota dlouhodobých dat. Avšak vždy posuzujeme celkovou variabilitu zastoupenou směrodatnou odchylkou, rozpětím. Zvláštní pozornost je věnována extrémním (odlehlym) hodnotám.

U extrémních maximálních a minimálních hodnot je důležité identifikovat kořenové příčiny těchto extrémních stavů.

Za kořenové příčiny považujeme základní důvod vzniku problému nebo posloupnosti navazujících příčin, vedoucí k výstupu s defektem. (Procházka, 2020).

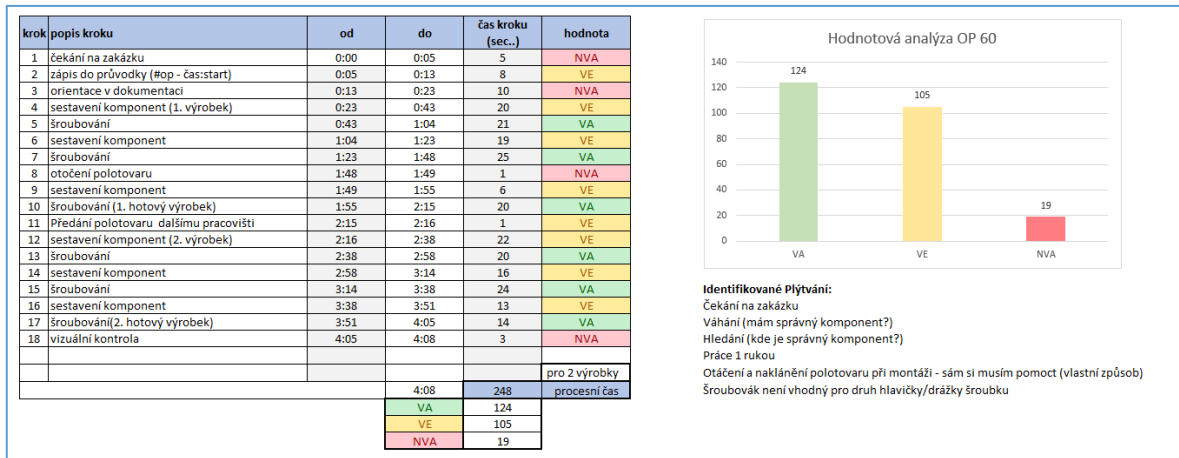
V praktické rovině dochází ke dvěma možnostem. První je pro analýzu NOD<<LT výhodná. ERP systém společnosti poskytuje detailní informace o zakázce a jejich rozbořem je možné identifikovat příčinu dlouhého Lead Time. Druhá možnost je pro analýzu NOD<<LT výrazně omezující. Pouze konstatujeme, že tento jev nastal. V analýze tedy pracujeme s rizikem vytváření odlehlé datové hodnoty, které chceme zajistit nebo minimalizovat.

7.8 Uzlová Lean analýza

Zásadní silnou stránkou Uzlové techniky mapování toku procesu je extrémní zjednodušení identifikace plýtvání v analytické části. Využíváme sestavených uzlů a přístupu k jejich sestavení. Uzel je technologická skupina podobných strojů, např. dílna CNC laserů. Máme mnoho strojů, každý stroj je určen pro specifickou sílu materiálu, každý stroj může být od jiného výrobce s jinými procesními parametry. Dílnou prochází zakázky s výrazně odlišnými procesními časy. Avšak stále jsme na CNC laserovém obrábění, obdobným způsobem manipulujeme materiálem, používáme podobné postupy práce, kontroly. Díky těmto podobnostem můžeme realizovat extrémně krátké snímkování a toto prohlásit s vysokou mírou pravděpodobnosti platné pro celý technologický uzel.

Primární technikou používanou při Lean analýze uzlů je hodnotová analýza. Hodnotová analýza. Cílem hodnotové analýzy je změřit čas procesního kroku a identifikovat činnosti nepřinášející hodnotu zákazníkovi (NVA). Identifikuje plýtvání, která zatěžují proces neefektivitou, časovými ztrátami. (Svozilová, 2001, s.36).

V Uzlové mapě vyjadřujeme v hodnotovou analýzu vždy pro čas procesu (PT).



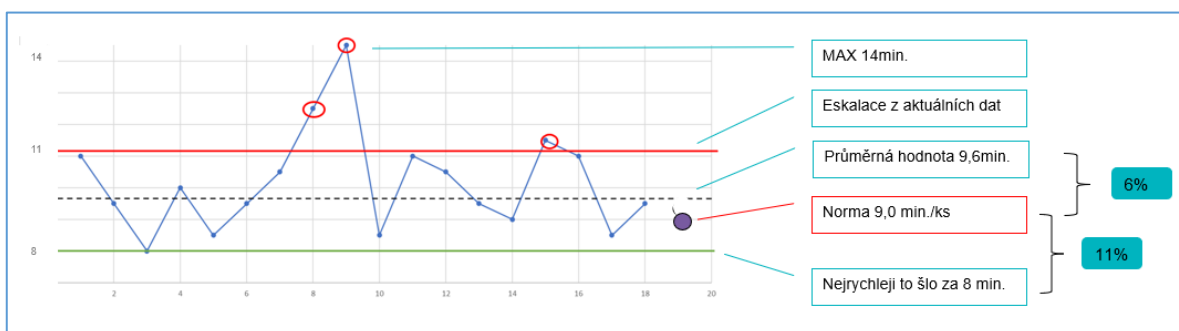
Obrázek 20 Příklad sestavené hodnotové analýzy (Vlastní zpracování)

Obdobně provádíme pomocí hodnotové analýzy přezkoumání ztrátových časů a identifikaci plýtvání při přestavbě. Sestavená hodnotová analýza slouží jako podklad pro úvodní řešení zeshňování ve formě zacílených Kaizen workshopů. Zásadní je pro nasměrování úvodního zlepšení na úzká místa procesu.

Druhou základní technikou používanou v Lean analýze Uzlové mapy procesu je variabilita času cyklů a variabilita času seřízení. Výhodné je využití MES systémů a hromadné zpracování dat. V případě neexistence datového vzorku je nezbytné fyzické snímkování vzorkováním procesu.

Při použití vzorkování je nezbytné dodržet předpoklady pro správné vzorkování populace: náhodný výběr z cílové populace, reprezentativnost maximálně reflektující realitu a správně definovaná velikost vzorku. (Jarkovský et al., 2021,s.8)

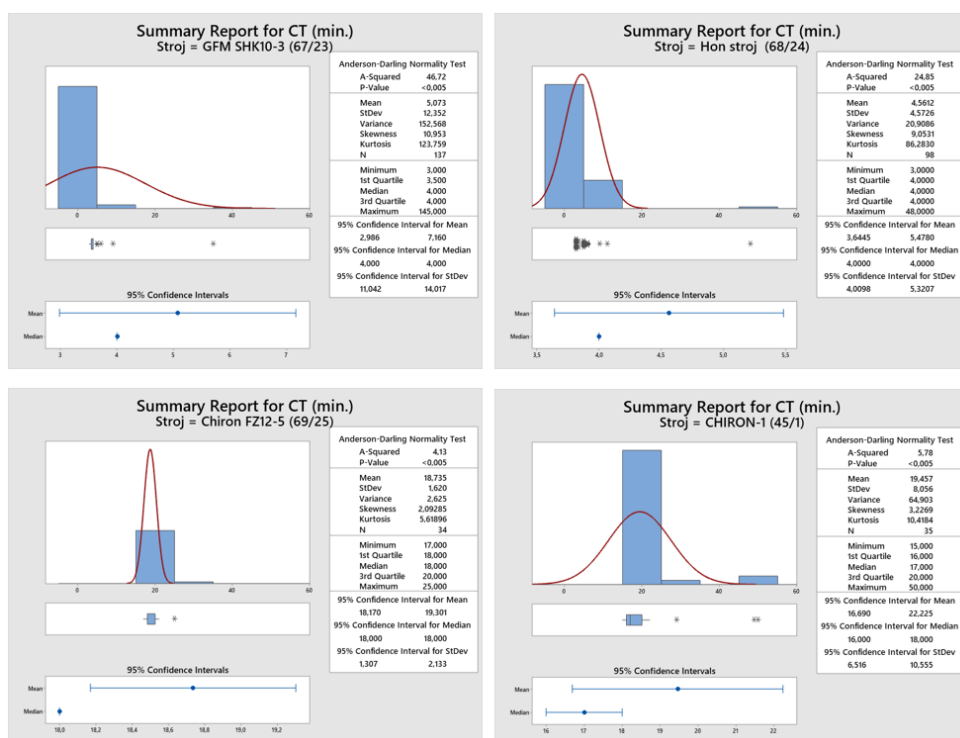
Na obrázku 22 je zobrazeno měření přestavby CNC stroje. Normativ délky přestavby byl stanoven na 9min. průměrná hodnota náměrů činí 9,6min. Skutečnost je tedy o 6% delší, než je plánovaný čas přestavby. Avšak nejnižší dosažená hodnota seřízení činila 8min. Potenciál úspory je 17%.



Obrázek 21 příklad analýzy variability přestavby .(Hodulák, 2020)

Za variabilitou času cyklu, či seřizení je nezbytné hledat kořenové příčiny, či plýtvání, tedy NVA, VE aktivity v procesu. Specifické je u Lean analýzy v uzlové mapě procesu to, že se v žádném případě nesnažíme vytvořit komplexní výčet plýtvání. Úkolem lean analýzy je v této technice sestavit úvodní směřování propojeného sledu zeštíhlování. Můžeme prohlásit, že uzlová mapa má za úkol nastartovat Kaizen myšlení o možném zeštíhlení v každém uzlu. Avšak až samotná realizace NOD \leftrightarrow VSD nás přivede do hlubšího řešení v těch uzlech, která budou aktuálně kritické pro naše zlepšování.

Nezbytné ovšem je i při tomto zjednodušení identifikovat základní systémová plýtvání, která je možné redukovat, nebo odstraňovat v rozsahu celého procesu.



Obrázek 22 analýzy variability času cyklu z dat MES systému CNC strojů (vlastní zpracování)

7.9 WIP v uzlové mapě

Sledujeme a vyhodnocujeme několik základních parametrů vždy v jednotlivých uzlech a následně v Uzlové mapě jako celku:

- Počet zakázek, či výrobních příkazů
- Počet kusů čekajících na provedení další pracovní operace
- Cenu rozpracované výroby

Protože primárně předpokládáme nasazení uzlové mapy do kombinačně složitých procesů výroby, kde je obvyklá různost časů cyklů, velikosti dávek. Je nezbytné v každé konkrétní uzlové mapě definovat parametry – zakázka, kus. A tyto definice aplikovat na celý mapovaný proces.

7.10 Analýza úzkých míst

Za úzké místo obecně považujeme proces s nejdelším časem cyklu.

Charakteristickým znakem úzkého místa je prodlužování času čekání zásob a tedy i vysoká hodnota WIP. Tento argument však neplatí trvale. Spolehlivý je tento ukazatel u pracovišť s obdobnými časy cyklu. Klíčová je opakovatelnost pozorování. (Roser, 2017)

Pro procesy v uzlové mapě je však charakteristická změna časů cyklů, času seřízení, velikosti dávky. Není možné tedy určit úzké místo balanční studií procesu, protože tato situace by popisovala pouze jednu z mnoha okamžitých situací v daném procesu.

Pro analýzu úzkých míst se využívá dvou způsobů zobrazení. Oba se aplikují na datovou řadu historických údajů. V ideálním případě v rozsahu dlouhodobých dat obsahující zvláštní příčiny variability a sezónnost procesu.

Analýza úzkých míst v liniových procesech

- Typicky jde o složité strojírenské výrobky, které v různých obměnách prochází stejným základním technologickým sledem operací. Umíme zde definovat jednotku výrobku. **Výhodné je analyzovat úzké místo pomocí počtu kusů čekajících v uzlu.** S přibývajícemi operacemi hodnota produktu roste, ale stále jde o jeden kus.
- V tomto případě zkoumáme hodnotu WIP (ks) v jednotlivých uzlech. Vzorkujeme historická data.
- **Hledáme uzly s nejvyšší kumulací WIP.** Červeně označujeme skupinu A – trvalá úzká místa procesu. Na obr. 24 je proces, kde se ve 4 červených uzlech soustředilo 57% rozpracovanosti.
- **Hledáme uzly s minimální kumulací WIP.** Zeleně označujeme skupinu C – uzly, které netvoří úzká místa procesu. Na obr. 24 se v 9 uzlech soustředilo 9% rozpracovanosti

- **Hledáme uzly s dočasně aktivními úzkými místy.** Žlutě označujeme skupinu B – uzly s dočasně vytvořeným úzkým místem. Na obr. 24 se v 7 uzlech po určitou (omezenou) dobu soustředilo 34% rozpracovanosti.

UZEL	20.10.	1.10	19.9.	8.9.	1.8.	14.7.	25.8.	12.6.	9.6.	27.5.	8.5.	16.4.	2.4.	27.3.	7.3.	24.2.	14.2.	30.1.	11.1.	suma	%
A1	84	33	99	75	76	152	90	138	143	273	147	220	343	328	390	337	254	197	110	3491	8%
A2	13	21	12	19	21	28	21	53	58	24	49	24	41	54	24	54	42	21	19	597	1%
A3	162	280	234	329	326	231	234	70	111	92	211	53	84	108	98	85	94	55	74	2931	7%
B1	20	27	17	20	103	23	135	79	94	84	148	14	66	80	104	107	35	8	32	1195	3%
B2	28	46	40	32	49	70	14	28	30	104	43	69	21	34	14	18	19	12	17	687	2%
B3	17	36	6	4	7	4	13	52	31	19	38	22	19	37	23	74	35	37	43	517	1%
C1	201	138	146	64	136	79	73	44	67	65	174	31	42	34	51	26	42	37	52	1499	4%
C2	101	67	64	89	66	98	72	118	114	53	103	81	171	151	115	159	24	100	84	1830	4%
C3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0%
D1	19	77	114	114	141	141	210	68	102	0	89	96	26	64	169	176	0	89	54	1748	4%
D2	170	199	227	324	332	354	319	437	602	429	460	487	496	470	531	593	556	550	281	7816	19%
D3	31	60	72	73	159	166	130	69	101	80	79	51	62	100	87	77	83	90	75	1645	4%
E1	298	272	278	329	278	352	239	248	302	313	335	244	297	327	281	310	290	142	130	5263	13%
E2	0	3	1	0	2	1	1	7	11	3	3	2	6	6	1	4	1	8	1	61	0%
E3	24	0	0	0	50	84	17	13	13	115	90	97	150	112	114	71	54	41	18	1063	3%
F1	11	8	7	10	5	9	9	12	14	9	11	11	11	11	12	11	12	17	19	208	1%
F2	95	116	105	188	138	165	207	323	374	271	283	314	346	296	285	390	282	306	140	4623	11%
F3	82	189	178	287	248	189	331	304	395	314	329	251	365	327	383	461	412	383	286	5713	14%
G1	8	13	16	31	8	1	39	14	16	15	2	13	10	10	8	16	19	19	8	269	1%
G2	14	0	11	9	0	5	19	9	8	14	4	5	19	0	0	0	0	1	12	132	0%
Celkem	1378	1585	1628	1997	2144	2151	2172	2087	2585	2277	2599	2083	2576	2548	2690	2968	2253	2114	1455	41291	

Obrázek 23 uzlová analýza úzkého místa (Hodulák, 2020)

Analýza úzkých míst v zakázkové či malosériové výrobě

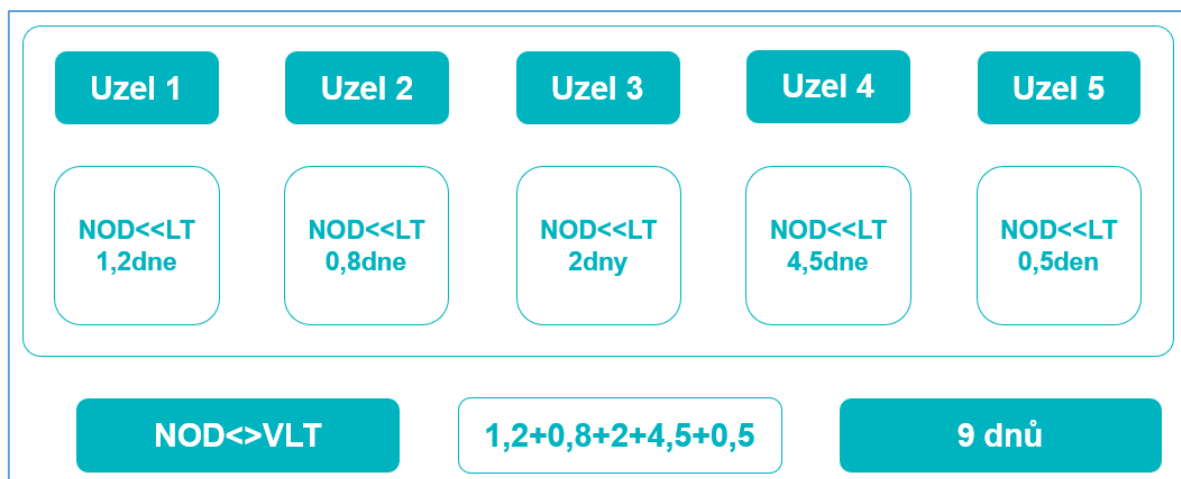
- Typicky jde o pravidelné maloobjemové zakázky, či výrobu zcela na klíč, kdy jsou technologie vytěžovány různými operacemi s různou délkou pracnosti a seřizení.
- V tomto případě je vhodnější použít pro hodnocení úzkých míst čas čekání zásob (W/T). Tedy čas mezi procesními kroky, který sledovaná jednotka stráví čekáním na další operaci. (Čadek a Gazdík, 2013).

Alternativně lze použít průběžnou dobu výroby jednotlivých operací a využít snímkování pomocí $NOD < LT$. V tomto případě je nezbytné odečíst hodnotu pracnosti prováděné operace.

Výstupem analýzy úzkých míst je identifikace kritických dlouhodobých úzkých míst procesu. Identifikace dočasně aktivních úzkých míst procesu. A identifikace uzlů, kde úzké místo nevzniká.

7.11 Virtuální Lead Time $NOD \leftrightarrow VLT$

Vyjadřuje průběžnou dobu virtuální testovací zakázky, která by vstoupila do každého uzlu právě jedenkrát. $NOD \leftrightarrow VLT$ je součtem jednotlivých uzlových Lead Time v dlouhém období ($NOD \ll VLT$).



Obrázek 24 výpočet $NOD \leftrightarrow VLT$ (Hodulák, 2020)

Alternativně můžeme počítat krátkodobý virtuální Lead Time ($NOD < VLT$) a z dat krátkodobé měření. V realizační fázi pak využíváme okamžitou hodnotu $NOD > VLT$ pro řízení procesu zeštíhlení celkové průběžné doby.

Virtuální Lead Time $NOD \leftrightarrow VLT$ sám o sobě nemá žádnou informační hodnotu. Slouží jako baseline (výchozí hodnota) pro následnou implementaci 5 řídicích pohledů.

7.12 Sestavení uzlové mapy procesu $NOD \leftrightarrow VSM$

V dynamicky proměnlivém procesu nahrazuje klasickou mapu VSM uzlová matice. Účelem matice $NOD \leftrightarrow VSM$ je poskytnout ucelený pohled na proces. Identifikovat klíčové uzly, na které se soustředí zlepšování. Matice uzlové mapy je vytvořena s úvodním předpokladem, že v každém procesu lze nalézt řídicí uzly, které mají zásadní význam pro celkovou organizaci procesu a současně lze nalézt uzly, které mají zásadní vliv na výkonnost procesu.

NOD 1			NOD 2			NOD 3			NOD 4			NOD <> VLT (dny)
72			9			83			40			
TOP	WIP	NVA	TOP	WIP	NVA	TOP	WIP	NVA	TOP	WIP	NVA	
62%	12%	23%	7%	5%	12%	17%	13%	67%	23%	10%	39%	
CNC soustružení			Ohýbání			rovnání			2D laser			Σ WIP (mil.Kč)
NOD 5			NOD 6			NOD 7			NOD 8			
33			69			31			2			
TOP	WIP	NVA	TOP	WIP	NVA	TOP	WIP	NVA	TOP	WIP	NVA	
19%	7%	44%	94%	22%	63%	45%	11%	39%	2%	3%	61%	
vrtání			QA			Ohraňovací lísy			kartáčování			X NVA
NOD 9			NOD 10			NOD 11			NOD 12			
23			1			15			11			
TOP	WIP	NVA	TOP	WIP	NVA	TOP	WIP	NVA	TOP	WIP	NVA	
3%	5%	52%	86%	1%	34%	7%	7%	58%	7%	4%	40%	
Frézarna			5osé CNC			2D pily			lisovna			

Obrázek 25 příklad základní uzlové mapy procesu NOD<>VSM (Vlastní zpracování)

číslo uzlu		
[číselný údaj] NOD<<LT střední hodnota (hod. nebo dny) [barva] hodnocení úzkých míst A - červená / B - žlutá / C - zelená		
TOP	WIP	NVA
objem zakázek procházející NOD (%)	NOD WIP z Σ WIP (%)	Ztrátová kapacita uzlu (%)
CNC Soustružení		

Obrázek 26 legenda základní uzlové mapy NOD<>VSM (Vlastní zpracování)

Hodnocení uzlové mapy v obr. 26:

- Proces má 12 uzlů
- Proces má tři kritická trvalá úzká místa – uzly: 1,3,6
- Klíčová příležitost ke zlepšení je v uzlu 6. Prochází jím 94% produktů. V uzlu bylo identifikováno 63% NVA aktivit a současně alokuje v okamžiku vzniku NOD<>VSM 22% z celkového WIP.
- Uzlem 1 Prochází 62% produktů a identifikované možné zeštíhlení je 23%

- Uzel 3 má nejvyšší hodnoty plýtvání. Příležitost zeštíhlení o 63% se týká 17% objemu výroby a postihuje 13% z celkového WIP.
- Celkové NVA činnosti identifikované v procesu jsou rovny 44% sumy procesního času
- Baseline virtuálního Lead Time NOD \leftrightarrow VLT je 25,9 dne
- Baseline cena WIP je 49,3 mil. Kč

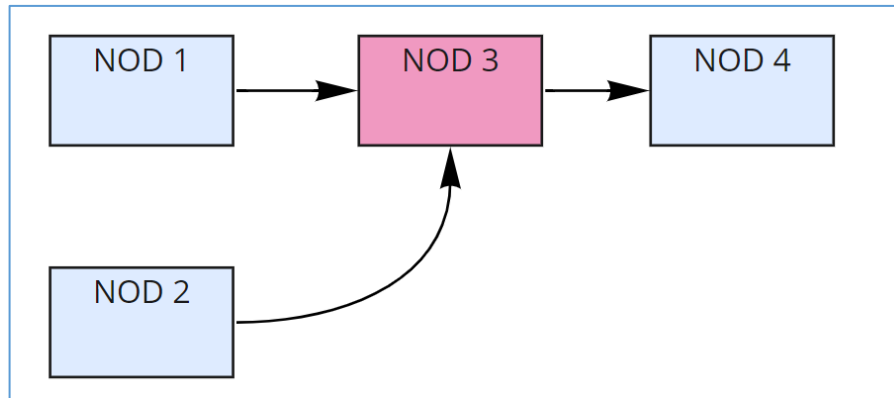
7.13 Realizace zeštíhlení Uzlového procesu

K okamžiku sepsání této diplomové práce bylo realizováno celkem 7 Uzlových map procesu. Společným jmenovatelem u všech realizací byla jen částečně sestavená VSD, následné řízení zeštíhlení plynoucí z Pěti řídicích pohledů (5RP). Všechny uzlové procesy byly zeštíhlovány pomocí Kaizen workshopů se zapojením agilních technik řízení.

V obecné rovině každý uzlový proces můžeme zeštíhlovat jedním ze dvou způsobů (Hodulák, 2020):

LINIOVÝ proces tvoří sled pracovišť a máme zde jasné úzké místo. Úzké místo ovlivňuje výkon dalších pracovišť a váže u sebe rozpracovanost. V tomto případě v řešení vykreslujeme linii závislosti a pracujeme při zeštíhlení se standardy teorie omezení. Příklad uspořádání procesních uzlů na obr. 28 zobrazuje příklad liniového procesu. Postup řešení zeštíhlení se nejprve zaměří na maximalizaci výkonu uzlu 3 a odstranění všech plýtvání. Následně budou uzly 1,2 podřízeny v zásobování tahovému mechanismu. Jako poslední bude zeštíhlován uzel 4.

Je zapotřebí si uvědomit, že jde o uzlový proces a máme velkou variabilitu CT, CO, dávek. Zeštíhlení nedostihneme na základě optimalizace balanční analýzy. Technika Uzlové mapy zavádí nové nástroje 5RP – pět řídicích pohledů.



Obrázek 27 liniové upořádání uzlového procesu (Vlastní zpracování)

Kombinační proces tvoří samostatné technologické uzly. Zakázky mezi uzly postupují v různém sledu. Protože jde obvykle o zakázkovou výrobu nebo výrobu malosériovou, je aktivní i variabilita CT, CO, dávky. Tento proces zeštíhlujeme podle věty (Hodulák, 2020):

„Prioritně realizujeme zeštíhlení v tom procesním uzlu, kde dosáhneme největšího zlepšení našich KPI, provedené s nejmenší energií.“

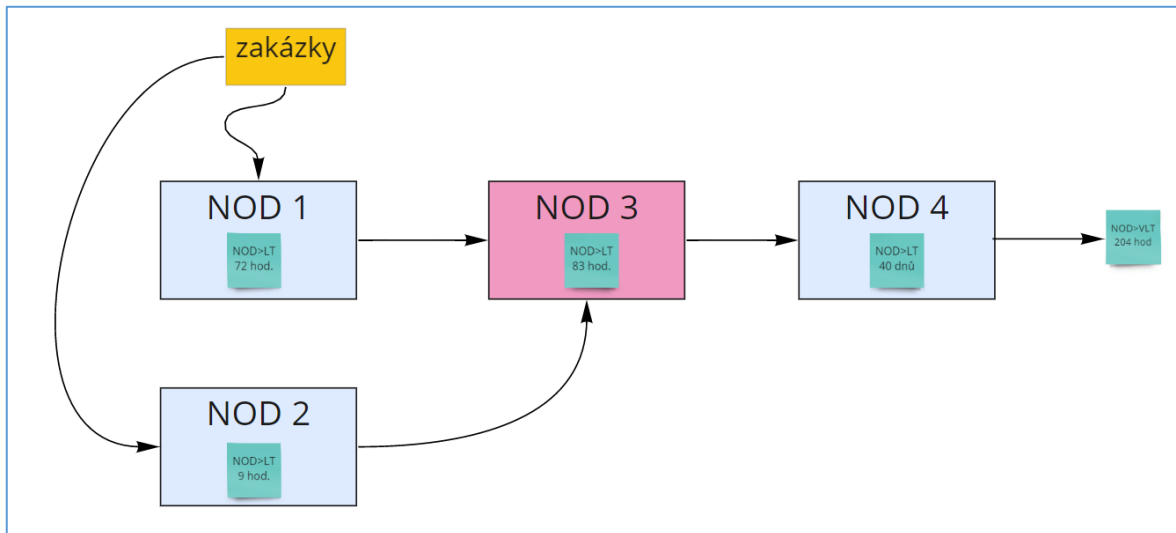
A to znamená, že mohu pracovat kdekoli. Kdekoli identifikuji nejvýhodnější příležitost. Pro kombinační proces je výhodné při vytváření NOD<>VSM definovat seznam příležitostí, nápadů na zlepšení a využít agilní techniky řízení procesu zlepšení.

Jedna z agilních technik, které můžeme využít při zeštíhlení uzlového procesu, je Kanban pro vývoj software. Kanban používá tři pilíře (Uřídil, 2020):

1. **Zobrazení toku práce** – každé téma zlepšení, každý Kaizen je zaznamenám na samostatnou kartu. Všechny Kaizeny jsou zařazeny na začátku do kategorie – sloupce Nápady. Dalšími kategorie (sloupci) jsou Budeme realizovat, Pracujeme na realizaci, Dokončeno.
2. **Omezené množství souběžně rozpracovaných Kaizenů.** Definujeme maximální možné množství rozpracovaných činností v každé kategorii – sloupci.
3. **Měření času jednoho cyklu** – čas implementace Kaizenu v celém cyklu

Příklad řešení kombinačního procesu je obr. 29. Proces má NOD>VLT - 204hod. Úzkým místem procesu je uzel 3, kde by bylo logické začít se zeštíhlením. Avšak jako aktivita s nejmenší vydanou energií a největším dopadem na Lead Time se jeví zastavit vydávání zakázek na NOD 1,2. Zpracovat rozpracovanost a nadbytečnou kapacitu obsluh z uzlů 1 a

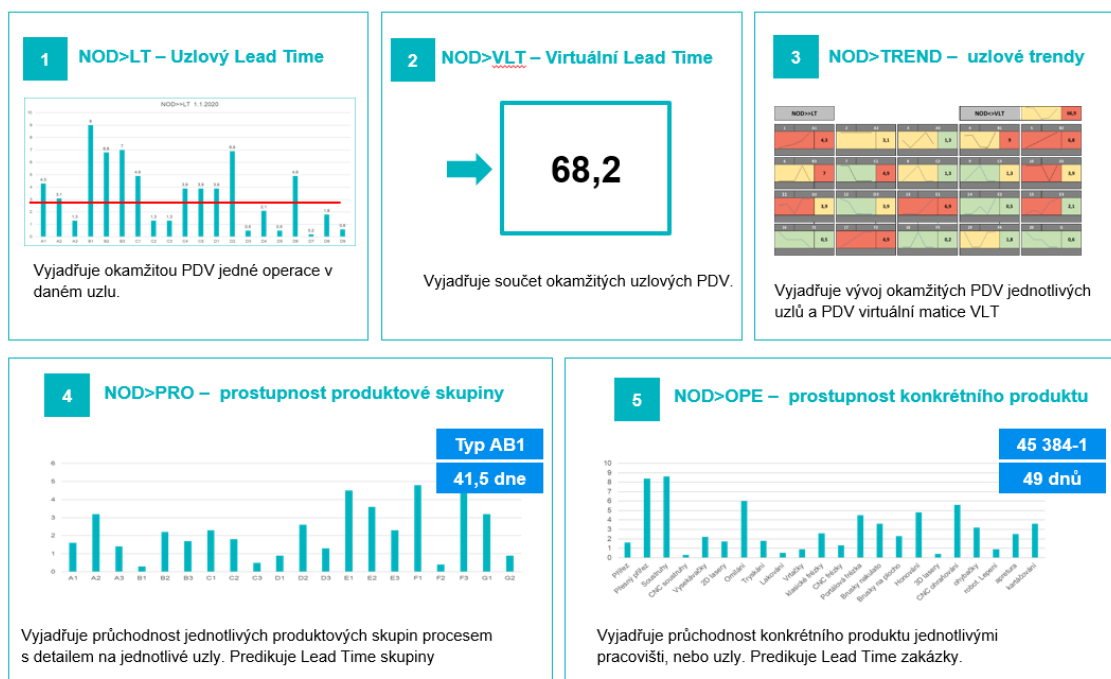
2 použít na zvýšení výkonu uzlu 3. V případě, že bychom nechali rozpracovanost před Uzlem 3 poklesnout na 20hod. a v uzlech 1 a 2 na 5 hodin, pak získáme redukci NOD>VLT o 65%. Konkrétní řešení je závislé vždy na dané situaci konkrétního uzlového procesu.



Obrázek 28 kombinační zeštíhlení uzlového procesu (Vlastní zpracování)

7.14 Pět řídicích pohledů – 5RP

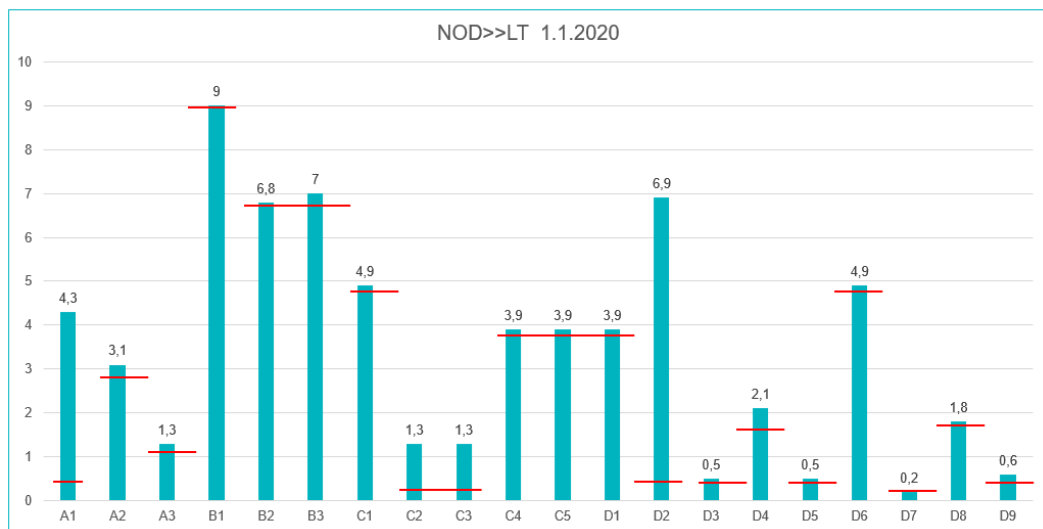
Pět řídicích pohledů je nástrojem zeštíhlování uzlového procesu. Na zahájení projektu je doporučeno implementovat první 3 řídicí pohledy.



Obrázek 29 Přehled 5 řídicích pohledů uzlového procesu (Hodulák,2020)

První Řídící pohled – 1RP

Zobrazuje aktuální hodnoty NOD>LT. Informuje o aktuálním stavu průtoku skrze daný uzel. Ideální je výstup z ERP, který dále pomocí BI aplikace zobrazíme jako aktuální hladiny. První řídí pohled používáme na denní / směnové / online bázi pro přímé dílenské řízení a plánování kapacit a využití zdrojů.



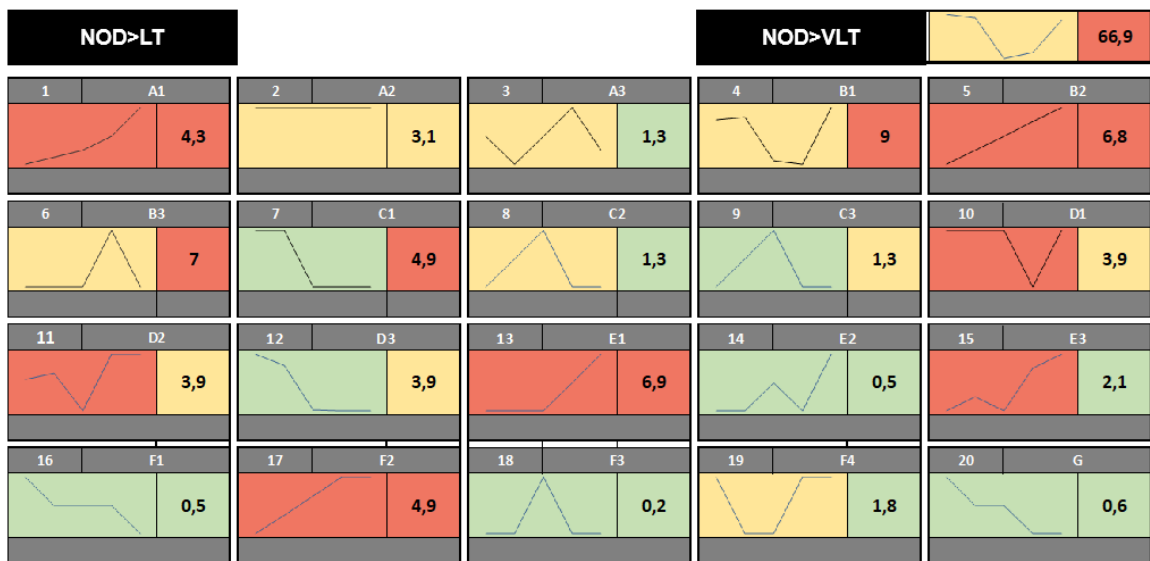
Obrázek 30 1RP s vizualizací krátkodobých cílů zlepšení pro jednotlivé uzly (Hodulák, 2020)

Druhý řídící pohled – 2RP

Zobrazuje aktuální hodnotu NOD>VLT. Virtuální Lead Time je součtem okamžitým hodnot uzlových Lead Timů. NOD>VLT porovnáváme vůči baseline NOD<=>VLT.

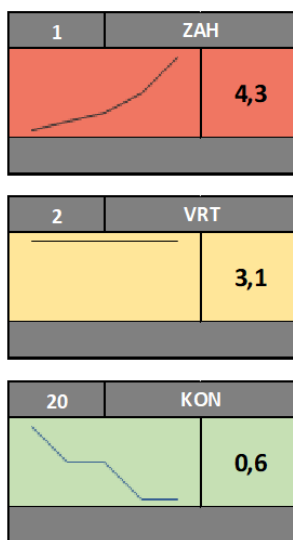
Třetí řídící pohled – 3RP

Zobrazuje hodnoty trendů NOD>VLT a NOD>LT k danému datumu. Obvykle používáme denní aktualizaci a zobrazujeme 5-10 hodnoty trendu. S aplikací statistických nástrojů lze budoucí hodnoty časové řady predikovat a přijímat preventivní opatření.



Obrázek 31 3RP. Denní vizualizace zlepšení (Hodulák, 2020)

Ve 3RP se řídíme následujícími pravidly (Hodulák, 2020):



Zakázek v uzlu přibývá. Nestihnáme. Vytváří se / prohlubuje se úzké místo.

- Střídat pracovníky o přestávkách
- Maximální přesnost C/T
- Priority pro údržbu – přednostní opravy při souběhu činností
- Osobní nasazení řídicích pracovníků všech úrovní

Setrvalý stav. Nezlepšují se – nezhoršují se.

- Pokud jsem zavedl opatření – neprojevují se.
- Pokud jsem nic neudělal – v uzlu se nic nemění

PDV uzlu se snížila. Plním cíle.

- Mohu zastavit / snížit výkon pracoviště a pomoci úzkým místům?
- Mohu přesunout kapacity stroje pro jinou operaci – pomoci UM?
- Nevytvářím uzlem nadprodukcí – mám jej zastavit?
- Jsem spokojen s výkonem.
- Nemám zde moc pracovníků, moc směn?

Obrázek 33 3RP. Základní pravidla reakce (Hodulák, 2020)

Čtvrtý řídicí pohled – 4RP

Vyjadřuje průchodnost vybrané produktové skupiny skrze uzlový proces. 4RP aplikuje filtr a zobrazí průchod produktové skupiny skrze uzly a vrátí očekávanou hodnotu NOD>LT pro danou produktovou skupinu.

Pátý řídicí pohled – 5RP

Vyjadřuje průchodnost vybraného výrobku skrze uzlový proces. 5RP aplikuje konkrétní pracovní postup. Zobrazí průchod skrze uzly a vrátí hodnotu $NOD > LT$ pro konkrétní výrobek v aktuální situaci procesu.

Při kvalitním informačním systému výroby lze aktuální data propojit do prediktivního systému a pomocí 5RP predikovat termíny dokončení.

7.15 Rekapitulace postupu realizace Uzlové mapy procesu

Uzlová mapa procesu má za cíl razantní snížení Lead Time a WIP za současného pozitivního ovlivnění produktivity procesu. Je nasazována do procesů, které je obtížné, nebo nemožné analyzovat klasickou technikou VSM/VSM.

$NOD \leftrightarrow VSM$ realizujeme pomocí 8 analytických kroků, sestavíme uzlovou matici a identifikujeme klíčové příležitosti pro zlepšení.

Realizační fáze se sestává z aplikace pěti řídicích pohledů. Realizačním princem je zeštíhlení skrze odstranění systémových plýtvání, změnou plánovací, řídicích standardů. Uzlové techniky jsou doplněny standardními Lean nástroji typu: SMED, Standardizace, 5S, Kanban a další.

Výhodné je pro realizaci používat nástroje agilního řízení, namísto běžných technik řízení projektovým plánem.

8 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část práce zachycuje klíčovou techniku Lean metodiky mapování hodnotového toku. V první části popisuje hodnotový tok a jeho aplikaci do procesu řízení. Věnuje se tématu hodnotové analýzy a typům činností v hodnotovém toku. Popisuje druhy plýtvání v procesech a jejich identifikaci.

Ve druhé části je popsána metodika VSM. Je vysvětleno zaměření a zacílení analýzy. Definice potřeby zákazníka, zacílení mapování, sestavení procesního digramu, definice produktové skupiny, identifikace nosného komponentu. Je popsán postup realizace mapování v procesních krocích, sestaví mapy VSM. Závěr druhé části se věnuje vyhodnocení identifikované příležitosti, balanční studii procesu a závěrečnému vyhodnocení VSM.

Třetí část práce se zabývá základními informacemi z teorie omezení (TOC) a její aplikaci do procesu. Popisuje omezení v procesu výroby, metriky používané v TOC. Popisuje kroky pro aplikaci TOC a techniku DBR.

Čtvrtá část teoretického bloku je věnována nové technice mapování hodnotového toku – Uzlové mapě procesu. NOD<>VSM je používána v kombinačně složitých procesech, kde jsou aktivní omezení pro efektivní aplikaci techniky VSM. Práce se věnuje 8 analytickým krokům pro sestavení Uzlové mapy procesu – změření historické průběžné doby výroby a identifikace cílově požadované průběžné doby, postupu pro definici uzlů, měření uzlové průběžné doby, Lean analýze v uzlech, výpočtu virtuálního Lead Time a závěrečnému sestavení matice NOD<>VSM a jejímu vyhodnocení. Teoretická část je ukončena aplikací pěti řídicích pohledů a metodice zeštíhlení uzlového procesu.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

9 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Realizace projektu diplomové práce probíhala v závodě Česká Zbrojovka a.s.

Česká zbrojovka a.s. je strojírenskou společností se sídlem v Uherském Brodě. Převažujícím výrobním programem je výroba ručních palných zbraní pro sportovní a lovecké účely, výroba zbraní pro osobní ochranu a pro ozbrojené složky. Mateřský závod v Uherském Brodě je součástí holdingu CZG. Společnost v závodě v Uherském Brodě zaměstnává přes jeden a půl tisíce pracovníků. Exportuje do 98 zemí světa. (CZUB, 2021)

9.1 Základní informace

Dle výroční zprávy 2019 (CZUB, 2021):

Název společnosti:	Česká zbrojovka a.s.
Sídlo společnosti:	Svat. Čecha 1283, 688 01 Uherský Brod
Právní forma:	Akciová společnost
Zisk po zdanění (2019):	735 mil. Kč
Zásoby (k 31.12.2019):	1 088,4 mil. Kč
Počet zaměstnanců 31.12. 2019:	1 719

9.2 Stručná Historie společnosti

Továrna v Uherském Brodě byla založena po přesunu strategicky významných výrobních kapacit v roce 1936. V prvních letech výrobní program tvořila především produkce leteckých kulometů. V roce 1949 byla Česká zbrojovka znárodněna a pobočný závod v Uherském Brodě se stal samostatným. Továrna se zaměřila na výrobu samopalů, v počátku vz. 48, následně například vz. 58. V roce 1962 byla zahájena výroba samopalu vz. 61 škorpión. V roce 1975 byla zahájena výroba pistolí CZ 75.

V roce 1992 byl státní podnik privatizován a vznikla akciová společnost. Mimo palných zbraní dotěžuje své kapacity i výrobou přesných součástí pro automobilový a letecký průmysl. V roce 1997 byla založena dceřiná společnost CZ-USA. V roce 2004 je provedena akvizice zbrojní výroby společnosti Zbrojovka Brno. V roce 2006 byla zahájena výroba varianty Shadow modelu CZ 75 SP-01. V roce 2011 továrna zahajuje dodávky pro přezbrojení Armády ČR. V roce 2018 je Česká zbrojovka a.s. začleněna do holdingu Česká zbrojovka Group SE. (CZUB, 2021)

10 PŘEDSTAVENÍ PROJEKTU

Praktická část diplomové práce byla realizována ve výrobním procesu společnosti Česká Zbrojovka a.s. Projekt je složen z použití analytických technik VSM a NOD<>VSM, z návrhu zeštíhlení procesu a implementace řešení VSD do procesu.

Vzhledem k uzavřené dohodě o utajení informací je proces popisován jako **proces X** a výroba **produktu X**. V diplomové práci nebyly použity žádné fotografie procesu a nejsou předkládány žádné detailní informace produktu. Práce se soustředí na aplikaci a zeštíhlení procesu pomocí použitých Lean a Six Sigma technik.

Byly realizovány dvě odlišné techniky mapování hodnotového toku.

- První technikou byla realizací standardní analytické techniky VSM a následného vytvoření budoucího stavu procesu VSD (oblast implementace D).
- Jako druhá technika byla použita Uzlová mapa procesu pro kombinačně složité procesy a to v analytické části NOD<>VSM (oblast implementace A) a v realizační části při vytvoření budoucího stavu NOD<>VSD (oblast implementace B,C)

Proces X byl tvořen cca 150 stroji, 20-70 výrobními operacemi v závislosti na typu výrobků, na procesu se podílelo přes 120 pracovníků ve směnnostech od jedno směnného až po čtyř směnný provoz. Bylo vyráběno na 70 základních typů výrobků.

Pro efektivní práci při analýze a řešení projektu bylo přistoupeno k rozdělení procesu X do 4 řešených oblastí A, B, C, D.

10.1 Popis oblastí projektu

Projekt byl rozdělen do 4 oblastí. Některé techniky analyzovaly a zlepšovaly celý proces. Některé techniky byly zacíleny do specifické části procesu.

Technika **VSM a VSD** byla aplikována v **oblasti D**.

Technika **NOD<>VSM** byla aplikována na **celý proces - oblast A**.

Pro oblasti **B, C** byla navržena nová **řešení plynulého toku**

Oblast D

v oblasti D byla provedena analýza technikou VSM a návrh řešení technikou VSD. Navržené zeštíhlení bylo implementováno do procesu a vyhodnoceno. Oblast D je zaměřena na skupinu produktu X-PI. Produkty X-PI tvoří cca 30% z produktových typů a cca 50% z objemu vyráběných kusů.

Oblast A

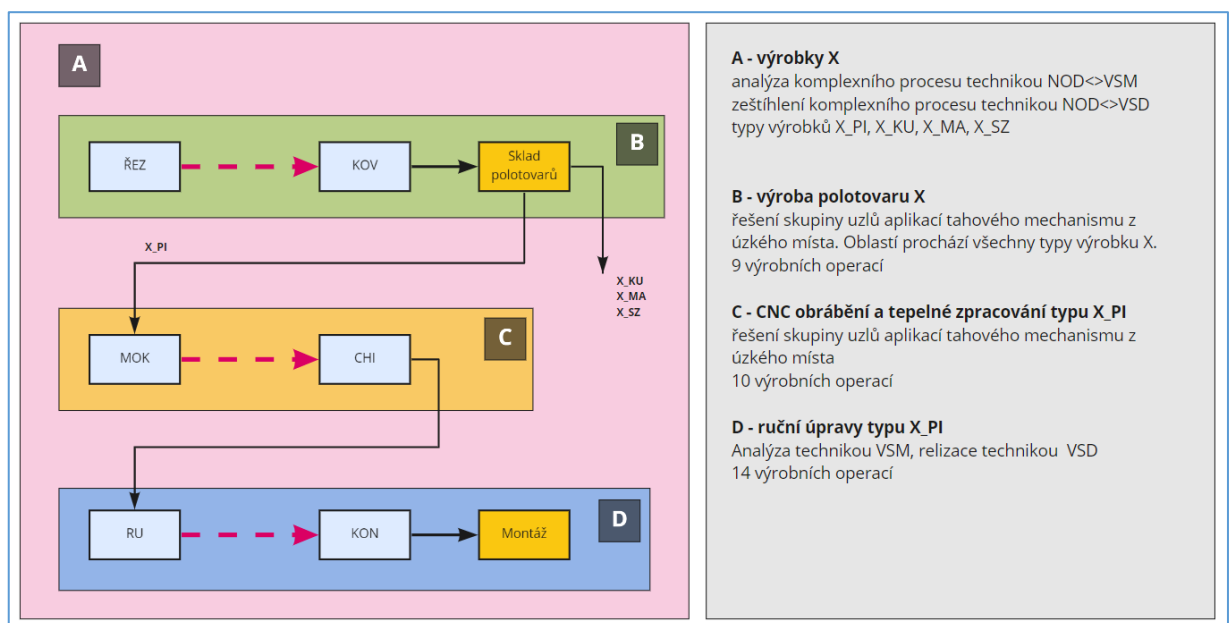
Oblast A tvoří celý výrobní proces produktu X. V oblasti A byla provedena analýza komplexního procesu X technikou NOD<>VSM v rozsahu všech typů výrobků. Bylo navrženo a implementováno komplexní řešení pro řízení plynulého toku výroby.

Oblast B

v oblasti B bylo na základě analýzy NOD<>VSM navrženo a implementováno zeštíhlení v oblasti ŘEZ – KOV, a to pro všechny výrobové typy.

Oblasti C

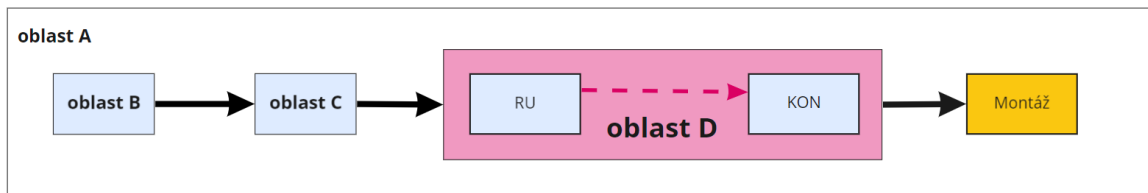
v oblasti C byl na základě analýzy NOD<>VSM navržen nový systém toku materiálu a aplikován tahový mechanismus z řídicího uzlu oblasti D.



Obrázek 33 Základní schéma oblastí realizace projektu (Vlastní zpracování)

11 VALUE STREAM MAPPING (VSM) – OBLAST D

Mapování toku hodnoty (VSM) bylo provedeno na procesu výroby produktů X_PI. Tato oblast procesu X je tvořena 15 operacemi převážně ručních činností, klasického obrábění a kontrolních operací. Úvodní pracoviště oblasti D je označeno jako pracoviště RU, koncové pracoviště je označeno jako KON.



Obrázek 34 Oblast D – realizace VSM (Vlastní zpracování)

11.1 Identifikace zákazníka a jeho potřeb

Jako zákazník procesu byla identifikována montáž závodu v Uherském Brodě. Výrobek X_PI patří mezi základní (hlavní) komponenty vrcholové sestavy, které má montáž na svém skladě. Sortiment X_PI je rozdělen na ABC položky. A položky jsou skladem, jsou vyráběny v pravidelných, opakovaných výrobních dávkách. B položky jsou vyráběny v opakovaných dávkách menších objemů a C položky jsou vyráběny po dosažení minimálního objednáčímho počtu výrobků v nepravidelných intervalech.

Byly identifikovány tyto základní potřeby zákazníka:

- Dodávat na naplánovaný termín
- V případě změny priority dodat na požadovaný prioritní termín
- Vyrábět 7.500Ks / týden

11.2 Stanovení Takt Time

V procesu X_PI se pracuje v rozdílné směnnosti, a to od 1 směnného provozu po nepřetržitý.

směnnost	Fond práce (sec.)	Takt Time (sec.)
4 směny (22 hod. * 7 dní)	554 400	72
3 směny (22,5 hod. * 5 dnů)	405 000	54
2 směny (15hod. * 5 dnů)	270 000	36
1 směna (8 hod. * 5 dnů)	144 000	19

Tab 2 Výpočet Takt Time procesu (Vlastní zpracování)

Výrobní dávka = 100ks. Požadovaný počet kusů výrobku X-PI = 7500 ks/týden.

Příklad výpočtu taktu pro 4 směnný provoz:

$TT = \text{fond práce} / \text{počet požadovaných kusů} = 544\,400 / 7500 = 72,6$. Po zaokrouhlení směrem dolů (v neprospěch procesu) $TT = 72$ sec.

11.3 Identifikace nosného komponentu

Výrobek X_PI je tvořen jediným polotovarem, který je na jednotlivých operacích postupně opracováván, nebo tepelně upravován, či kontrolován. V každé části procesu tedy byl WIP počítán v ks výrobku X_PI.

11.4 Produktová rodina

Interním týmem mapování bylo rozhodnuto, že v oblasti D bude vytvořena jediná produktová skupina, která bude obsahovat všechny typy. Rozdíly v pracnosti budou zanedbány. Důsledkem tohoto rozhodnutí byla stanovena dostupnost pracovišť $DP = 100\%$. A současně bylo rozhodnuto o aplikaci rezervy do plánovaného času cyklu v hodnotě 5%.


11.5 Příprava mapování


Byly provedeny následující přípravné práce:


- Interní odborný tým byl vyškolen z realizace techniky VSM a VSD
- Byla připravena data o stavu WIP
- Byly analyzovány záznamy o prostojích, defektech, opravách, OEE, TEEP
- Byly určeny mapovací dvojice a přiděleny jednotlivé operace k analýze
- Každý tým si prošel praktickým workshopem mapování na simulaci TractorMotive
- Byly definovány standardy mapování a určeny parametry datové tabulky VSM
- Byl vyškolen postup sběru dat a jejich zadání do datové tabulky
- Byly připraveny výrobní zakázky a výrobní příkazy na každou výrobní operaci
- Byla provedena datová inventura rozpracovanosti z informačního systému
- Byla sestavena prázdná mapa VSM v programu Miro
- Byla připravena prázdná (vzorová) datová tabulka v programu MS Excel sdílená na share poitu celým týmem mapování
- Byl stanoven rozsah mapování a zajištěna manažerská podpora aktivity
- Byl sestaven diagram Process flow

Na zpracování Value Stream Mapping procesu X-PI byl použit Software Miro. V programu byla před zahájením mapování sestavena prázdná datová tabulka pro plánovaný sběr hodnot na pracovištích.

Tým mapování tvořili průmysloví inženýři podniku doplněni o řídicí pracovníky a pracovníky z výrobního procesu.


NOD>LT (PBI)


WIP ks


WIP Kč

Vzorová Operace

číslo

číslo

operace
popis pracoviště

C/O	0	min.	%
NVA C/O	0	min.	
počet zakázek ve WIP	0	#	

PT	0	sec.	%
VA PT	0	sec.	
VE PT	0	sec.	
NVA PT	0	sec.	
pracovníků/směně		#	
směnnost		#	
aktivních pracovišť		#	

CT		sec.	%
VA CT	0		
VE CT	0		
NVA CT	0		

zmetky	0	%	
opravy	0	%	
poruchy	0	%	
prevence na stroji	0	%	
dost_Pracoviště	100	%	
dost_Pracovníka	100	%	
celková ztráta	0	Σ%	

Klíčová plynutí při přestavbě - interní logistice

Plytvání

Plytvání

Plytvání

Plytvání

Plytvání

Plytvání

Klíčová plynutí při výrobě

Plytvání

Plytvání

Plytvání

video operace

foto - odkaz video

foto

foto

Poznámky

Poznámky

Poznámky

0

průběžný čas operace

Obrázek 35 prázdná datová tabulka připravena pro VSM v programu Miro (Vlastní zpracování)

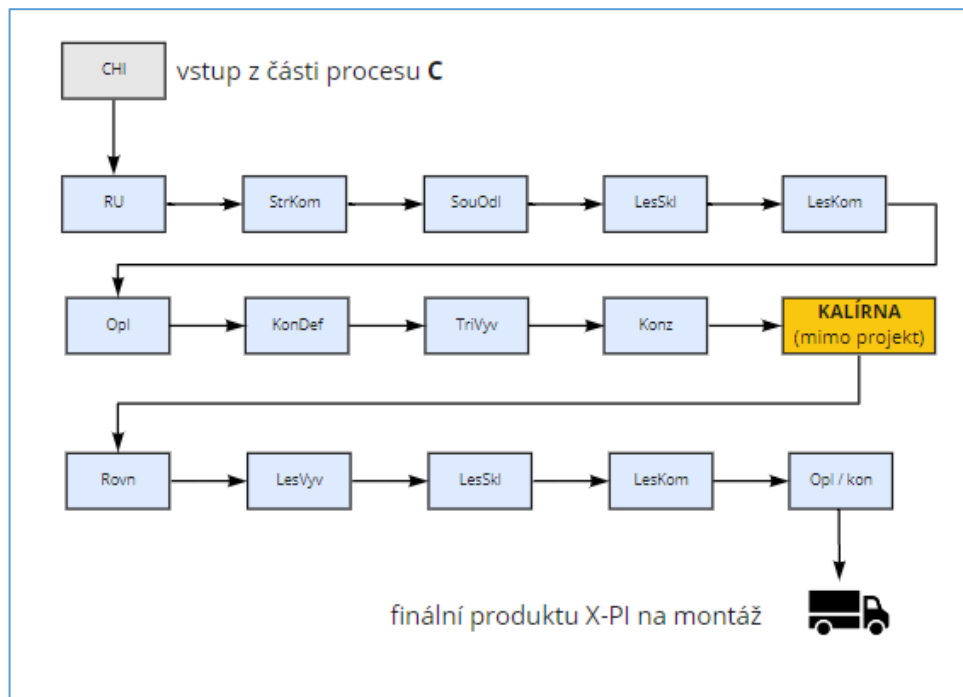
11.6 Realizace mapování

Díky precizní přípravě samotná realizace mapování proběhla v rozsahu 1 pracovního dne. Mapování bylo standardizováno a proběhlo identicky na všech operacích. Datová příprava byla provedena v předstihu 1-3 dnů výstupem z místního ERP systému.

Na následujícím jednodenním on-line workshopu byla VSM mapa dokončena a byla provedena detailní analýza zjištěných skutečností.

Bylo identifikováno klíčové plýtvání v jednotlivých operacích. Byly identifikovány klíčové ztráty mezi jednotlivými operacemi. Bylo identifikováno plýtvání v rámci celého mapovaného procesu. Závěrem sestavení VSM byla provedena identifikace klíčových příležitostí z mapovaného procesu.

11.7 Procesní diagram oblasti D

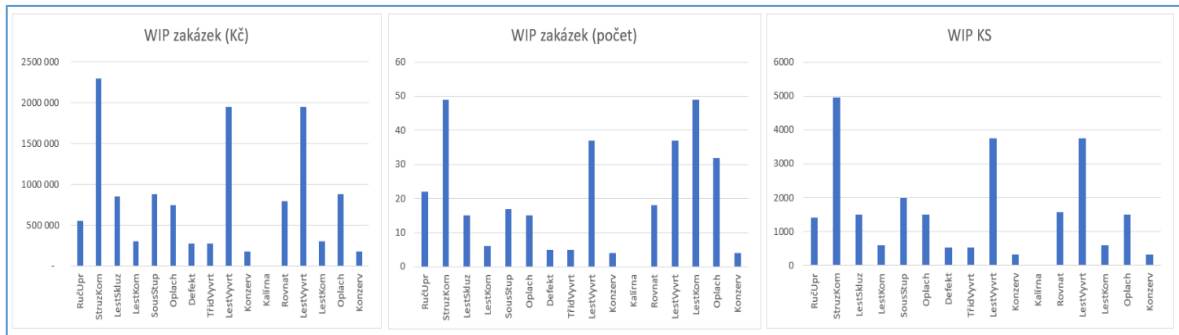


Obrázek 36 Procesní diagram produktu X-PI v oblasti D (Vlastní zpracování)

Vstupní hranici procesní analýzy tvořil koncový procesní krok oblasti C – uzel CHI. Koncový bod procesní analýzy byl definován jako odeslání hotového výrobku X-PI na montáž.

11.8 Analýza rozpracovanosti procesu (WIP)

Rozpracovaná výroba byla hodnocena ve třech ukazatelích. Primární ukazatele pro VSM mapu byly definovány: počet rozpracovaných výrobků na dané operaci (ks) a počet rozpracovaných zakázek na dané operaci (počet). Sekundárním údajem bylo vyjádření hodnoty rozpracované produkce (Kč).



Obrázek 37 Analýza WIP (Vlastní zpracování)

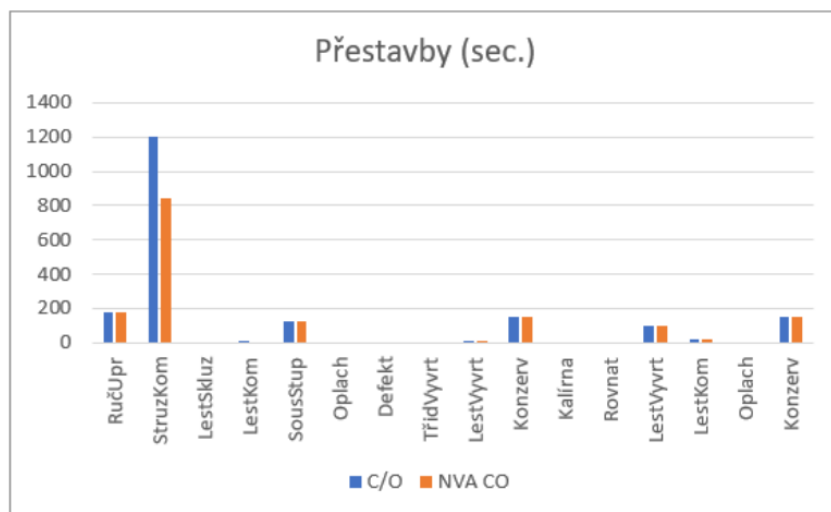
Celkem bylo zaznamenáno 12 091ks rozpracovaných výrobků X_PI. Na 12 výrobcích se aktivně pracovalo v době mapování a 12 079ks výrobků čekalo na opracování.

V procesu byla identifikována průměrná rozpracovanost 1007,5ks / pracovníka. Přičemž, mimo operace KON je ve všech operacích realizována výroba po jednom kusu za aktivní ruční práce operátorů.

Celková cena rozpracované produkce činila 7,7 mil. Kč.

11.9 Analýza přestaveb

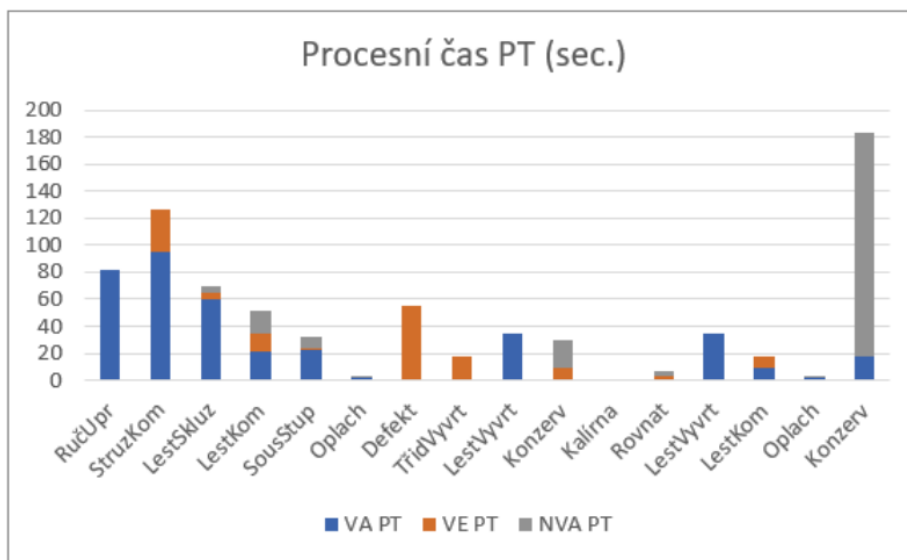
Na každé operaci byla analyzována přestavba – změna výrobního typu. U každé přestavby byl určen celkový seřizovací čas a čas nepřinášející hodnotu NVA. Analýza byla provedena technikou hodnotové analýzy z videozáznamu operace. Operace neuvedené v grafu nevyžadují pře-seřízení při změně výroby.



Obrázek 38 hodnotová analýza přestaveb (Vlastní zpracování)

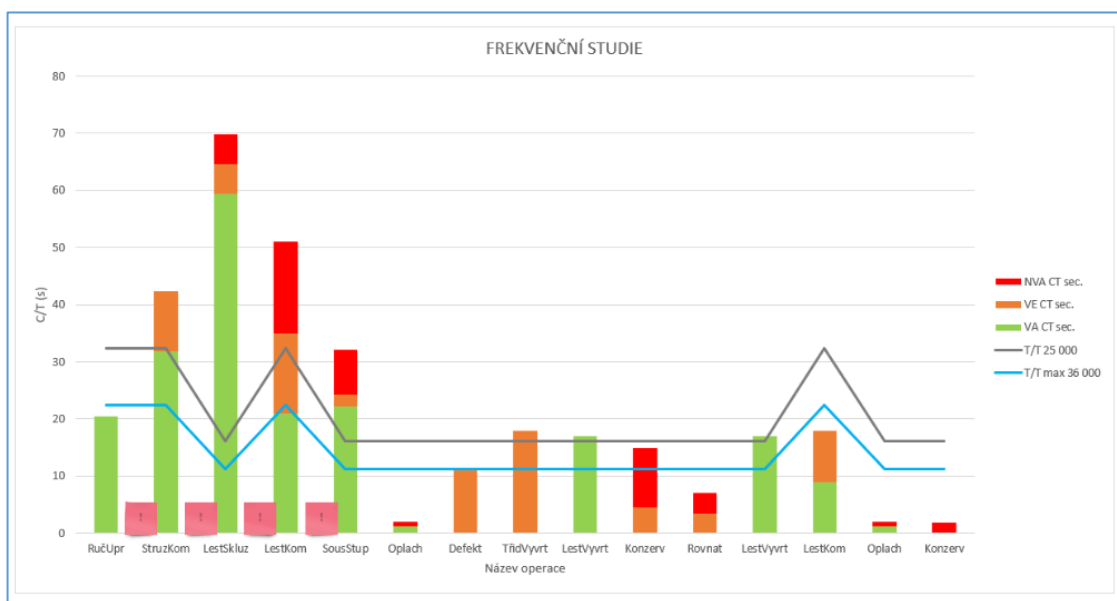
11.10 Záznam procesních časů

Procesní časy byly zaznamenány na vzorku 10 opakování na jednotlivých operacích. Záměrem při mapování bylo určit výchozí hodnotu procesního času přidávající hodnotu a identifikovat klíčová plynutí způsobující následnou variabilitu.



Obrázek 39 procesní časy jednotlivých operací (Vlastní zpracování)

11.11 Balanční studie procesu



Obrázek 40 Balanční studie oblasti D (Vlastní zpracování)

Byla sestavena balanční studie procesu na základě zjištěných časů cyklu jednotlivých operací. Do studie byly zaneseny dva časy Takt Time - současného procesu a budoucího cíle (+2 roky). Bylo identifikováno 6 procesů neplnících aktuálně potřebu zákazníka.

Jako kritické v okamžiku mapování byly popsány operace:

- StruzKom
- LestSkluz
- LestKom
- SoustStup.

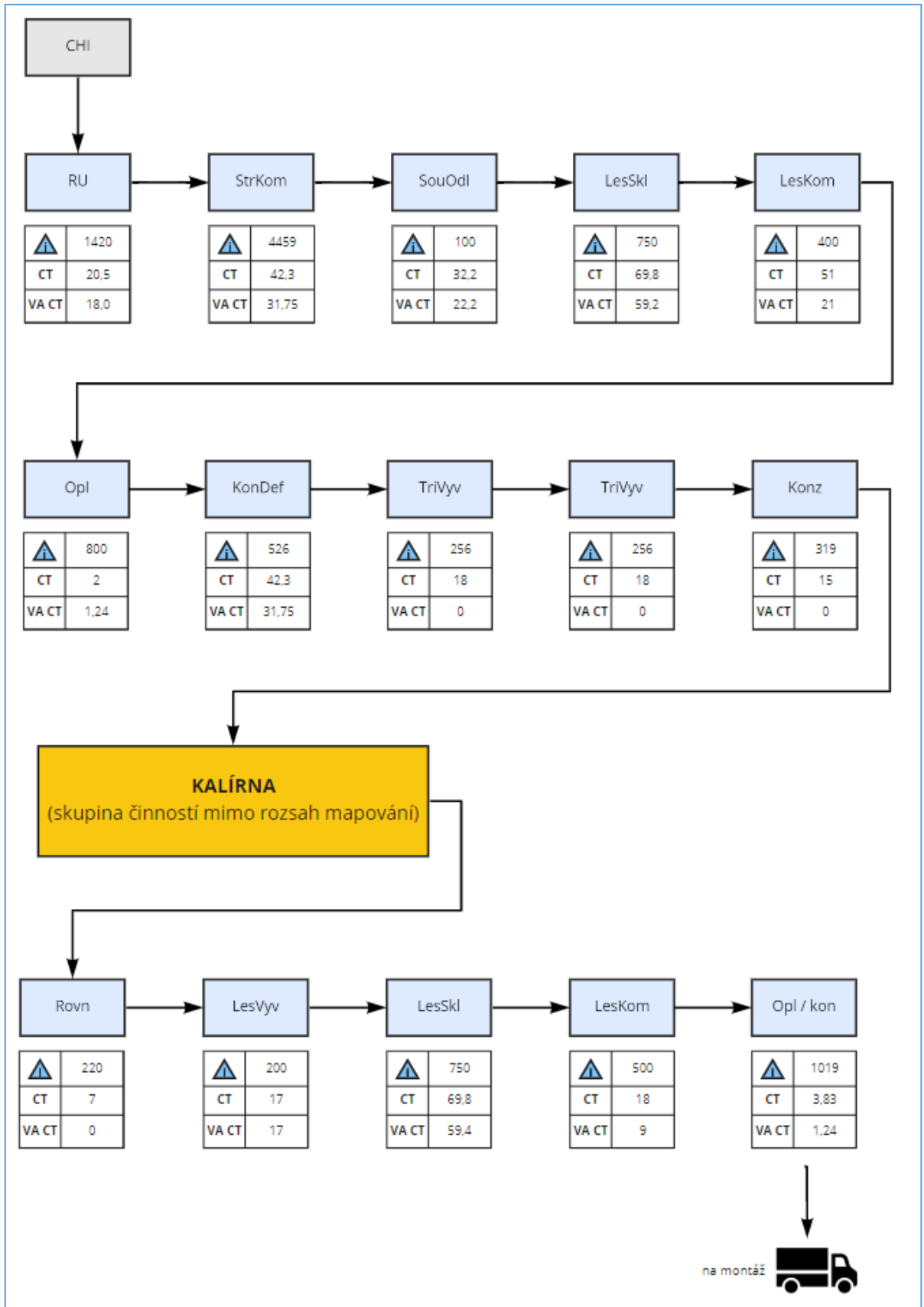
Jako úzké místo procese bylo vyhodnoceno pracoviště:

- LestSkluz.

Při kontrole datových záznamů bylo zřejmé, že čas cyklu úzkého místa (LestSkluz) byl vysoce variabilní díky aktuální obsazenosti pracoviště. Mapování odpovídá skutečnosti v mapovaný den. Jde tedy o zásadní neshodu v propustnosti systému. V obecné rovině bylo konstatováno, že není maximalizován a měřen výkon v úzkém místě, a to jak v dlouhodobém, tak v dočasně aktivovaných úzkých místech.

11.12 Vizualizace a výstupy VSM

Pro zjednodušení a vizuální přehlednost analyzovaného procesu byla sestavena zjednodušená VSM. Zobrazeny jsou 3 klíčové parametry: WIP, CT a VA CT.



Obr. 41 zjednodušená vizualizace VSM oblasti D (Vlastní zpracování)

Suma časů cyklů procesu činí 325sec. Hodnota VA CT je nadprůměrně vysoká (62%). Tato skutečnost je dána především převahou ruční specializované práce. Opracovávají jsou malé komponenty v dávkovém systému zakázek. Pracovníci mají tedy minimalizovány činnosti pohybu, hledání a záznamu informací.

Suma CT	VA CT	VE CT	NVA CT
325 s	201 s	78 s	46 s
	61,8 %	24,0 %	14,2 %

Obr. 42 výstup hodnotové analýzy (Vlastní zpracování)

Při hodnotové analýze byla odhalena příležitost k následné úspoře celkové pracovní produktivity. V některých operacích byla identifikována příležitost pro odstranění technologických operací ruční apretury a zalesnění změnou technologických parametrů na CNC strojích předchozích operací uzlu CHI. Tato aktivita byla dále realizována interním týmem a není součástí této práce.

11.13 Identifikovaná plýtvání v oblasti D

- Pohyb s materiálem mezi pracovišti
- Neřízený výkon úzkého místa
- Nestandardizovaná práce na ručních pracovištích
- Zásadní ne-ergonomie práce na ručních úpravách
- Layout odpovídá technologickému rozdělení procesu a nepodporuje plynulý tok
- Není dodržováno FI-FO
- Řízení prioritami dle ERP systému způsobuje čekání zakázek a prodloužení LT
- Nestandardizovaný postup přestaveb

11.14 Identifikované příležitosti oblasti D

- WIP v procesu bylo identifikováno 12 091ks. Na 1 pracovníka čekalo 1007ks výrobků.
- Hodnota WIP činila 7,7 mil. Kč. V případě, že bude možné nalézt řešení pro redukci 80% WIP, pak je očekávaná úspora vázaného kapitálu 6,16 mil. Kč.
- Na procesech ruční úpravy lze zvýšit produktivitu práce o 20-30% pomocí kombinace technik standardizace práce a vhodného přeměrování pracnosti do rychlých CNC programů na předchozích operacích.
- Bylo konstatováno, že 15 samostatných pracovišť je možné sestavit do FI-FO výrobní linky a razantně redukovat průběžnou dobu výroby
- 7 operací má vyšší CT než aktuální TT, je nezbytné provést změny v obsazení pracovišť a provést vybalancování propustnosti operací
- 9 operací má vyšší CT než budoucí cílový TT, je nezbytné provést změny v obsazení pracovišť a provést vybalancování propustnosti operací
- Aktuální LT dosahuje 15,5 dne, je možné redukovat min. o 80%, tedy na hodnoty cca 3 dny.

Aktuální počet pracovníků byl v době mapování 32.

V případě, že v řešení bude možné odstranit NVA činnosti v rozsahu 14% a VE činnosti v rozsahu 24% lze redukovat hodnotu na polovinu, pak je možné:

- Uspořit 8,3 pracovníků, což odpovídá úspoře nákladů cca 4,15mil. Kč / rok
- Nebo zvýšit produktivitu současného týmu o 26%

11.15 Klíčové příležitosti z mapování VSM oblasti D

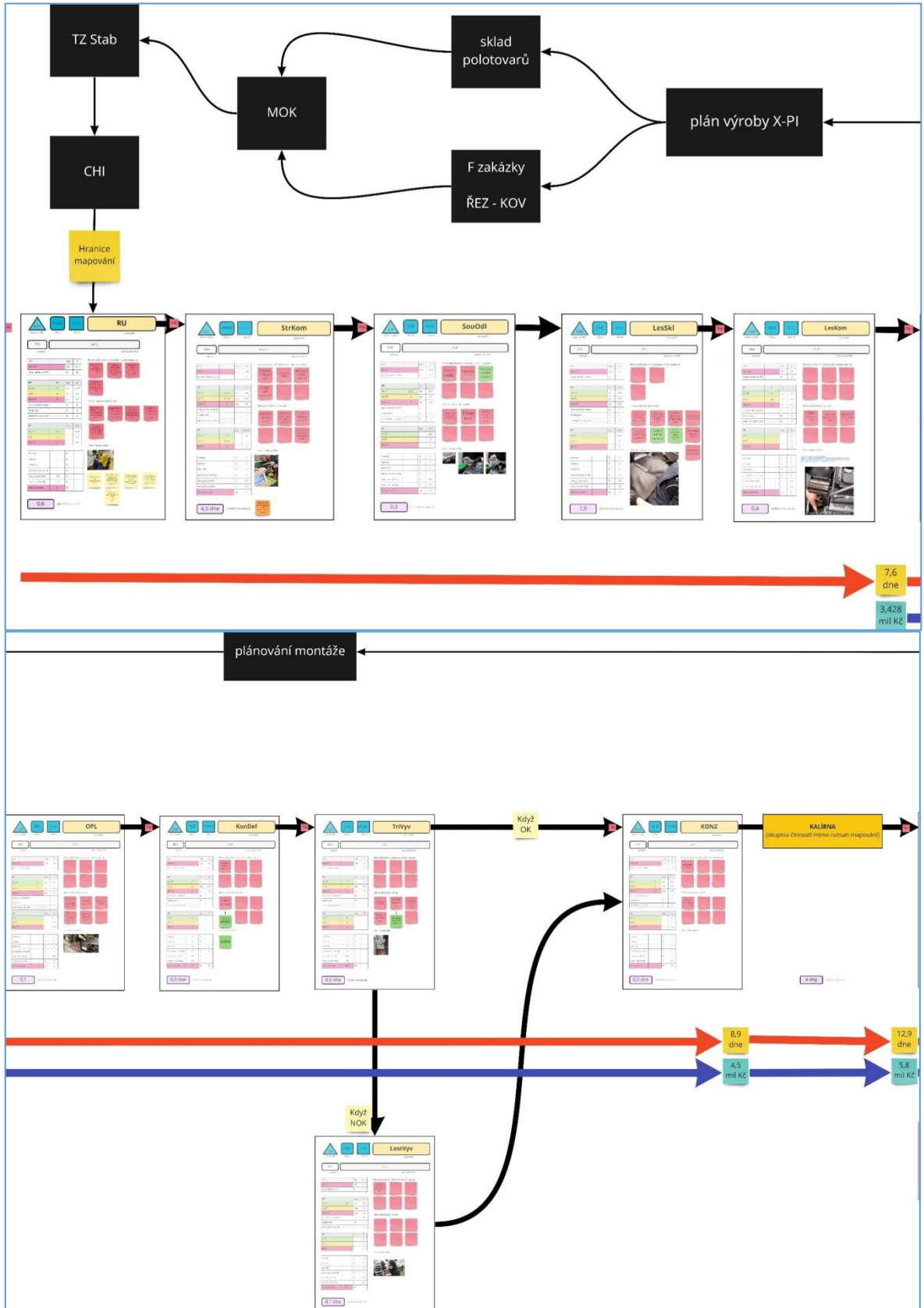
Ve spolupráci s interním odborným týmem byly definovány klíčové příležitosti procesu:

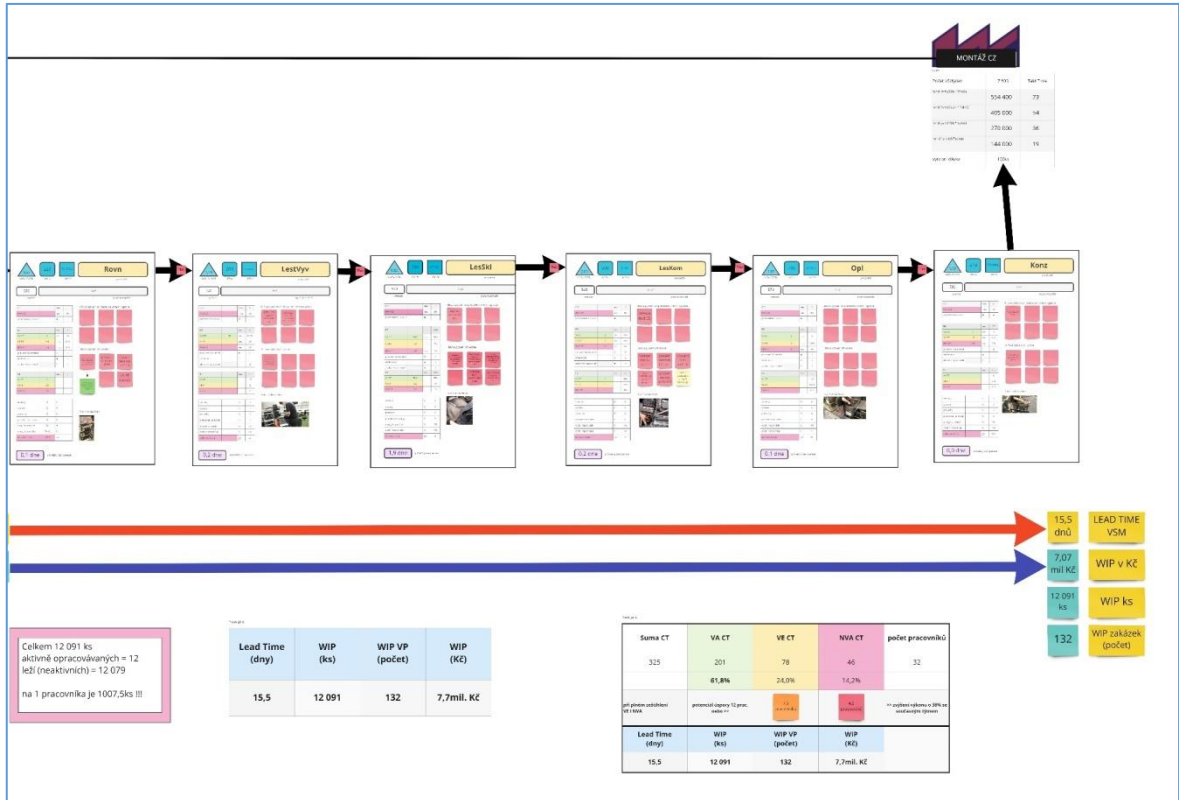
LEAD TIME	WIP	PRODUKTIVITA
99% času realizace výrobní zakázky tvoří čekání ve frontách před pracovišti	0,001 % WIP je aktivně zpracováváno najednou	Layout neodpovídá skutečnému toku – pohyb a křížové přesuny materiálu
Každé pracoviště je řízeno za sebe a svým výkonem. 15 pracovišť nespolupracuje na dosažení minimálního LT	4 rozpracované výrobní příkazy na 1 pracovníka. 1007 ks rozpracovanosti na 1 pracovníka. A pracovník pracuje vždy jen na 1 kusu.	Lze plně odstranit 2 operace (OPL a KON), pokud bude proces mezi operacemi rychlý bez čekání
Propustnosti pracovišť oblasti D nejsou slazeny s úzkým místem CHI	Výrobní příkazy jsou řízeny tlakem priorit pomocí ERP systému. To způsobuje budoucí zpoždění a nové urgentní budoucí priority.	NVA tvoří 14% času cyklu lze zcela odstranit. Administrativa tvoří 24% času cyklu, lze redukovat o 50-70%.
Při vytvoření linky lze redukovat LT o 80%	Při vytvoření linky lze uvolnit 5-6mil. Kč z WIP	20-30% produktivity ve vícepracích a nestandardizované práce na ručních úpravách

Tab. 3 Klíčové příležitosti identifikované ve VSM (Vlastní zpracování)

11.16 VSM Oblast D

Byla zpracována VSM oblasti D.





Výsledné hodnoty zjištěné ve VSM:

Lead Time	15,5 dne
WIP	12 091ks / 132 výrobních příkazů / 5,77 mil. Kč
Počet pracovníků	32
NVA CT	14,2%
VE CT	24,0%
VA CT	61,8%
Suma CT	325 sec.

12 VSD – ZEŠTÍHLENÍ OBLAST D

VSD výrobku X-PI pro Oblast D byla vytvořena na základě úvodního mapování a zpracované analýzy VSM.

12.1 Princip řešení

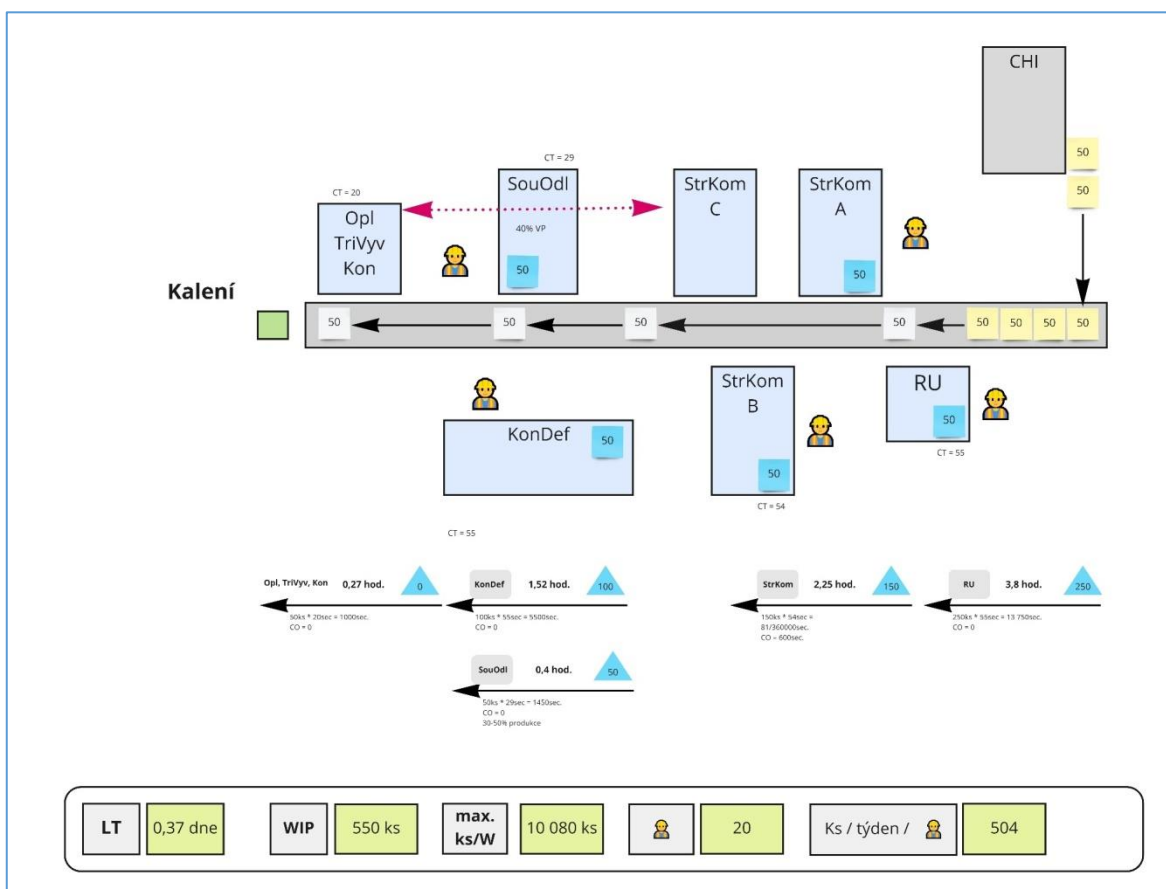
Pro zeštíhlení byl zvolen tento základní koncept:

- Výroba bude integrována do dvou mikro linek – v měkkém a zakaleném stavu
- Řešení pro 4směnný provoz je navrženo jako maximální z pohledu výkonu kusů a současně maximálně vybalancované pro kombinovanou práci na dávce 50ks.
- Aktuální požadovaný řídicí TT = 72sec. Řešení však počítá s potřebou dalšího rozvoje produktu. PCT je však definován na 55sec.! Řešení odpovídá maximalizaci využití současně dostupných technologií.
- Jednoznačně je doporučována verze směnnosti 7/24, tedy 4 směnný provoz v přímé návaznosti na 4 směnný provoz úzkého místa procesu X-PI uzel CHI.
- Aplikace FI-FO řízení na všech pracovištích
- Vytvoření mikro 1 linky s páteřním dopravníkem a $LT < 1$ den (v měkkém stavu)
- Mikro linka 2 s páteřním dopravníkem a $LT < 0,5$ dne (po kalení)
- Ideální dávka 50ks - odpovídá velikosti výrobního příkazu z řídicího pracoviště CHI
- 50PF – pohyb po dávce 50-ti kusů. Stejně principy jako OPF, balancování CT na dávku 50ks.
- Zisk min. 5 mil. Kč z WIP
- Redukce LT o min. o 10 dnů
- Zvýšení produktivity práce o 20%

12.2 Návrh mikro linky 1 – měkký stav

Mikro linka 1 byla navržena jako tzv. 50PF (fifty pieces flow line). Tok je tedy organizován a balancován v dávkách 50ks. Linka byla navržena s těmito základními pravidly:

- Dodržování FI-FO. Tento požadavek zajišťuje válečková trať s mechanickým posunem.
- Pracovníci uzlu CHI doručují v překrytém strojním čase dokončené dávky na mikro linku 1
- Byl navržen nákup **nového stroje KonDef**. Rozdělit současnou podobu pracoviště kontroly a plně integrovat kontrolní činnosti do nové linky. Tím bude dosažena minimalizace Lead Time.



Obrázek 44 Procesní schéma nové mikro linky 1 (Vlastní zpracování)

Pracovník	1	2	3	4	5
Operace	RU	StrKom		KonDef	SouOdl + dotěžuje StrKom TriVyyv Opl Kon
CT	55 sec.	54 sec.		55 sec.	55 sec.

Tabulka 4 Kombinovaná práce v novém vybalancování (Vlastní zpracování)

Řídící TT = 72 sec. , cílový plánovaný čas cyklu PCT = 66 sec., rezerva ztráty výkonu 8%
Pracoviště SouOdl bylo aktivní při cca 50% produkce. Pracovník pomáhá s průtočností StrKom. Z rozdělení činností bylo zřejmé, že úzké místo linky tvoří šesté pracoviště. Byl definován úkol pro Kaizen workshop – dosáhnout snížení času cyklu šesté kombinované operace o ideálně 12 sec. Dále bylo definováno alternativní řešení, a to kombinovaná práce pracovníků na druhé a třetí pozici. Ve VSD je doplnění časů alternativního řešení vyznačeno červenou hvězdičkou.

Alternativní řešení pro balancování pracoviště č. 6 – v případě, že není možné zredukovat CT z původní hodnoty 78sec. na 66 sec.:

každý pracovník operace StrKom po dokončení tří dávek (3x50ks), přejde na 6. pracoviště a provede operaci TriVyv na dávce 50ks. Tímto dojde k rozložení zátěže z operace na 3 pracovníky.

Pro WIP v mikro lince 1 byl navržen tento princip:

- Výrobní zakázka byla předefinována na 50ks
- V mikro lince 1 šest operátorů pracuje na 6 výrobních jednotkách, tzn. 6 výrobních dávek v rozpracovanosti
- Z důvodu sdílení pracovišť a výpomoci na posledním pracovišti je možné, že v lince budou navíc 1-3 rozpracované jednotky
- Pracoviště CHI obsahuje 8 strojů. Byl stanoven předpoklad, že maximální souběžné dokončení výrobních příkazů může dosáhnout 2-4 souběžných jednotek dodaných na mikro linku 1.

Kontrola kapacity a seřízení v mikro lince 1:

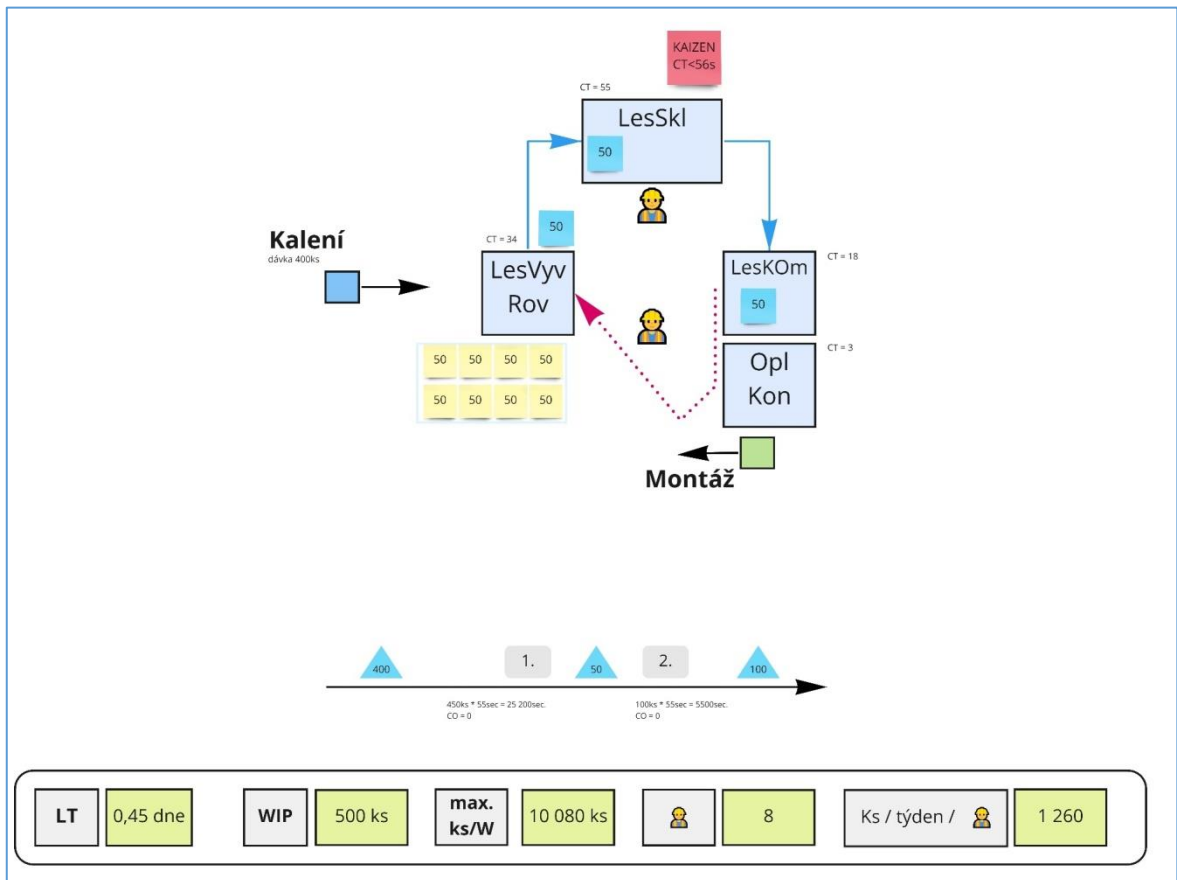
Seřízení – přestavba byla identifikována na pracovišti *StrKom*

- CO = 20 min.
- NVA CO = 70 % , tedy 14 min.
- Bylo konstatováno, že po aplikaci technik rychlé přestavby (SMED, 1X, 3X) je možné redukovat čas seřízení na 6 minut.

12.3 Návrh mikro linky 2 – tvrdý stav

Mikro linka 2 byla navržena pro online zpracování kusů dodaných z kalírny. Dávka kalírny byla stanovena na 400ks produktu X-PI. Tímto byl ovlivněn WIP a LT mikro linky 2, kde je nezbytné počítat s dodávkou dávky na vstup mikro linky o velikosti kalírenské dávky 400ks.

Byla navržena zásadní procesní změna – integrace kontroly rovinnosti a rovnání výrobků X-PI do nové mikro linky 2. Operace mikro linky 2 nevyžadují seřízení.



Obrázek 45 Procesní schéma nové mikro linky 2 (Vlastní zpracování)

Pracovník	1	2
Operace	LesVyv Rov LesKom Opl Konz	LesSkl
CT	56 sec.	62 sec.

Tabulka 5 Kombinovaná práce v novém vybalancování mikro linka 2 (Vlastní zpracování)

Řídící TT = 72 sec. , cílový plánovaný čas cyklu PCT = 66 sec., rezerva ztráty výkonu 14%

Bylo identifikováno projektové riziko – motivace pracovníků Rov pro zapojení do linkového uspořádání. Pro snížení rizika byl navržen postup vyškolení nových pracovníků pod metodickým vedením současných pracovníků operace Rov.

12.4 Závěrečné výstupy VSD pro oblast D

Závěrem řešení oblasti D bylo konstatováno, že dvě navržené mikro linky navázané na plynulý tok dávek po 50ks, mají zásadní vliv na všechny primární i sekundární cíle a v oblasti D tyto cíle překračují.

Parametr	Výchozí situace dle VSM	Cílové parametry dle VSD	Zeštíhlení
Počet pracovníků	32	28	-12%
Počet ks/týden	7255	10 080	+39%
Produktivita Vyrobené kusy / osobu/ týden	226	360	+ 59 %
WIP (ks)	12 091	1 050	- 91 %
WIP (počet zakázek)	132	21	- 84 %
WIP (Kč) *	5,77 mil. Kč	0,67 mil. Kč	- 88 %
Lead Time (dny)	15,5	0,82	- 94 %

Tabulka 6 Hodnocení výstupu VSD (Vlastní zpracování)

12.5 Fyzická implementace zeštíhlení – oblast D

Základní časová osa projektu:

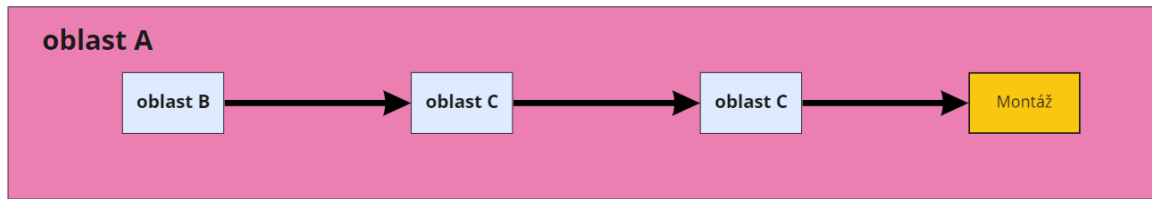
Prosinec 2020	VSM mapování bylo realizováno
Leden 2021	Návrh VSD
Duben – červen	Změna layoutu Implementace zeštíhlení na 2 směnném provozu Nastavení FI-FO toku v oblasti D Standardizace procesu
Rok 2022	Přestup na 4 směnný provoz a cílové VSD

V okamžiku sestavení této diplomové práce byla realizována změna layoutu a vytvořena mikro linka 1 ve verzi 2 směnného provozu. Byly instalovány první standardy pracoviště a práce na realizaci pokračují dle projektového plánu.

Parametr	Výchozí situace (VSM)	Implementační stav 4/2021	Průběžné zeštíhlení
Počet pracovníků	32	24	-25%
Počet ks/týden	7 255	6 660	-8,3%
Produktivita Vyrobené kusy / osobu/ týden	226	277,5	+ 22,7%
WIP (ks)	12 091	NA	
WIP (počet zakázek)	132	NA	
WIP (Kč) *	5,77 mil. Kč	3,3	- 42,9%
Lead Time (dny)	15,5	14,25	-7,1%

Tabulka 7 Průběžné výsledky implementace do procesu (Vlastní zpracování)

13 UZLOVÁ MAPA PROCESU (NOD<>VSM) – OBLAST A



Obrázek 46 Vizualizace oblasti A – realizace Uzlové mapy procesu (Vlastní zpracování)

Uzlová mapa toku hodnoty v procesu byla sestavena pro celý proces výroby produktů X. Oblast zahrnuje celý proces včetně oblastí B, C, D.

- Analýza byla provedena na datech roku 2019
- Mapování a analýza byla provedena v 1Q. roku 2020.
- Fyzická implementace řešení byla implementována postupně od 3.Q roku 2020
- Předpokládané dokončení implementace řešení je v roce 2022
- V okamžiku sestavení této diplomové práce byla realizační fáze zhruba v 50%.

NOD<>VSM mapuje kombinačně složité procesy, kde je obtížné využití standardní VSM. V případě skupiny produktů X byly v procesu aktivní tyto omezení:

- Technologická odlišnost výrobků procházejících skrze jednotlivá pracoviště
- Proměnlivost času cyklů
- Proměnlivost sezónovacích časů
- Různá velikost výrobní dávky
- Odlišný počet výrobních operací
- Různý procesní tok

Bylo konstatováno, že produkty typu X lze rozdělit na několik základních produktových skupin. Na tyto skupiny lze nasadit standardní mapování VSM / VSD. Avšak uvnitř každé produktové skupiny byly identifikovány stejné principiální odchylky, jako v celkové skupině X. Výjimku tvořila oblast D, kde bylo konstatováno, že rozdíly uvnitř skupiny X-PI jsou zanedbatelné a je možné aplikovat jedno mapování VSM

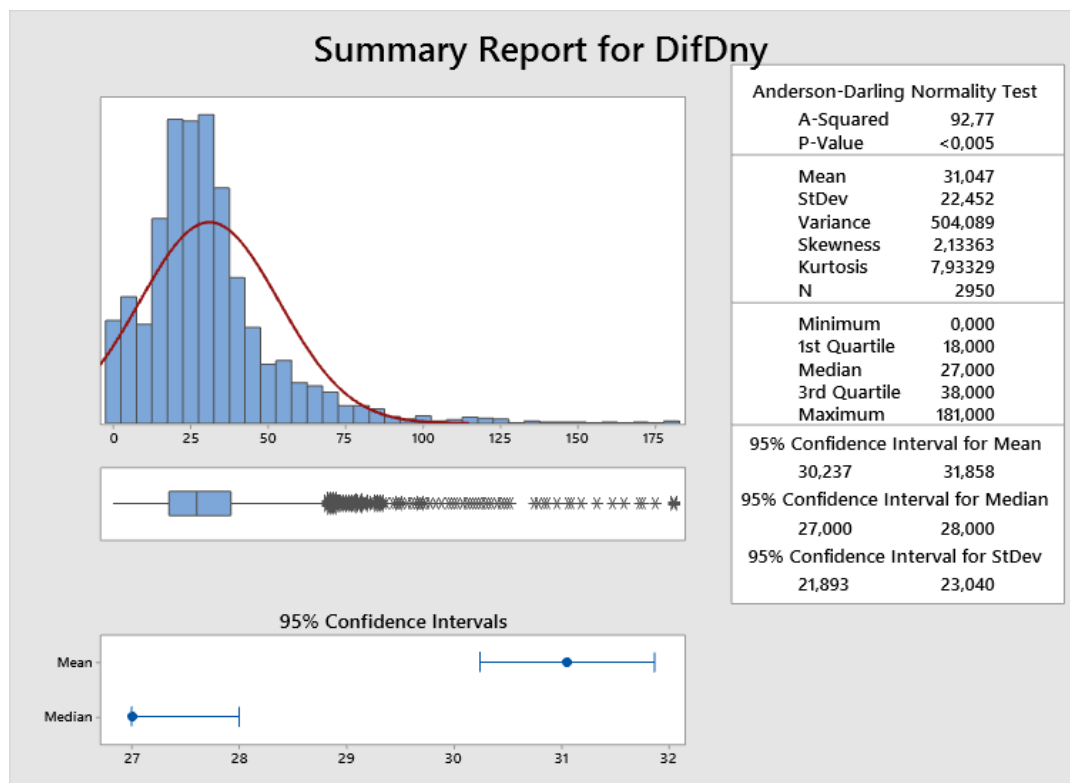
V oblasti D byly tedy aplikovány obě popisované techniky mapování hodnotového toku.

13.1 Lead Time procesu LT_H

LT_H byl změřen na datech skutečně realizovaných zakázek výrobku X za rok 2019. Pro výpočet délky byl zvolen čas zahájení výrobního příkazu na první operaci a čas dokončení výrobního příkazu na poslední operaci.

$$LT_H = \text{čas dokončení VP} - \text{čas zahájení VP} \quad [\text{dny}] \quad (3)$$

Historický Lead Time byl změřen na celé populaci zakázek roku 2019. Bylo analyzováno 2950 výrobních příkazů (VP).



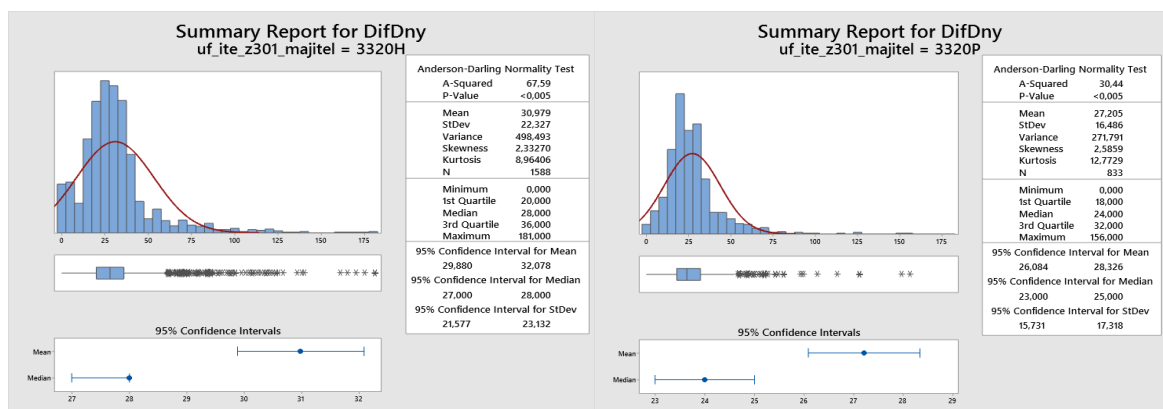
Obrázek 47 histogram LT_H . populace VP roku 2019 (Vlastní zpracování)

Při datovém rozboru VP bylo dále zjištěno, že existují 3 skupiny příkazů.

- Polotovarové. Je provedena první sada operací a polotovary je naskladněn do skladu polotovarů = VP je ukončen. Typ **P**.
- Dokončení na hotovo. Je provedena druhá sada operací a výstupem je hotový výrobek naskladněný na montáž. Typ **H**.
- F typy procházející celým procesem. Minoritní množství výrobků.

Toto zjištění bylo přínosné pro uvědomění si, že v procesu X nebyl měřen a vyhodnocován skutečný Lead Time produktu X, ale Lead Time zakázek vydávaných pro jednotlivé oblasti

výroby. Po rozřazení dat byl vykázán následující výstup. Jak je z následujícího grafu viditelné, v obou výrobních skupinách byla vysoká variabilita. Při mean=30,9 je StDev 22,3 a ve druhém případě mean=27,2 a StDev=16,4. V obou datových souborech byly značné odlehlé hodnoty max=181 a max=156. Rovněž je viditelný technický problém, který jsme v prvních analýzách neuměli identifikovat a odfiltrout. Průměrné hodnoty LT jsou snižovány nulovými, nebo nule se blížícími hodnotami realizace jednotlivých zakázek. Kořenová příčina těchto krátkých časů byla identifikována až s odstupem času v projektu při nasazení nového postupu měření skutečného Lead Time zakázek.



Obrázek 48 rozdělení VP na polotovary a dokončované VP (Vlastní zpracování)

Bylo rozhodnuto, že výchozí hodnota (baseline) Lead Time procesu bude stanovena jako součet průběžné doby výroby polotovarové (VP typu P) a dokončení na hotovo (VP typu H). Což reprezentuje průchod zakázky celým výrobním procesem.

	LT _H mean (dny)	LT _H medián (dny)	StDev	Max LT _H (dny)
Polotovar (H)	30,97	28,0	22,3	181
Dokončení (P)	27,2	24,0	16,5	156
LT_H	58,17			

Tabulka 8 LT_H Baseline projektu (Vlastní zpracování)

13.2 Budoucí Lead Time procesu LT_F

LT_F je klíčovým měřitelným parametrem zeštíhlení v uzlové mapě procesu. Při konzultacích s týmem vedení výroby bylo konstatováno, že současný Lead Time zcela neodpovídá budoucí potřebě společnosti a byl definován tento měřitelný parametr (CTQ):

Každý Výrobek X bude dokončen do 14 dnů.

Tedy: $(LT_P + LT_H) < 14$ dnů. Změřená hodnota $LT_H = 58,17$ dne.

Cílově je požadováno **snížení Lead Time o 76%!**

13.3 Sestavení uzlů

V analyzovaném procesu *Výrobek X* bylo definováno 20 výrobních uzlů. Tyto uzly sdružují procesy přípravy a dělení materiálu, CNC soustružení, klasické soustružení, CNC frézování, broušení, ruční úpravy, procesy tepelného zpracování a kontroly.

Z důvodu zachování obchodního tajemství není v diplomové práci poskytnut úplný výčet strojů a jednotlivých technologií. Stejně tak nejsou uvedeny důvody konkrétních seskupení technologií do uzlů.

13.4 Uzlový Lead Time $NOD < LT$

Hodnota uzlového Lead Time $NOD < LT$ byla hodnocena jako snímek okamžitého stavu průběžné doby výroby v jednotlivých uzlech v době realizace analýzy $NOD < VSM$.

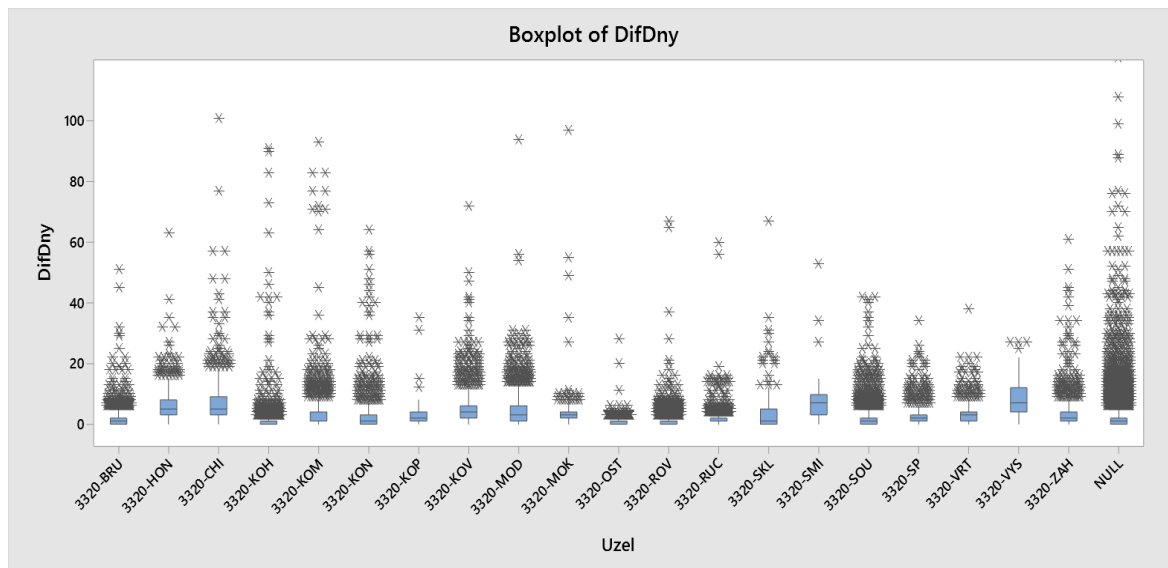
V procesu X byly změřeny tyto hodnoty okamžitého Uzlového Lead Time:

č.	Uzel	$NOD < LT$ (dny)
1	ZAH	0,7
2	VRT	1,7
3	SP	3,1
4	VYS	1,5
5	HON	2,6
6	SMI	6,7
7	KOV	4,1
8	SOU	1,7
9	KOP	0
10	SKL	0
11	MOK	2,7
12	BRU	3,5
13	CHI	2,1
14	OST	0
15	KOM	3,1
16	RUC	0,7
17	MOD	1,6
18	KOH	0,3
19	ROV	0,3
20	KON	0,1

Tab. 9 Okamžitý Lead Time uzlů procesu X ($NOD < LT$) (Vlastní zpracování)

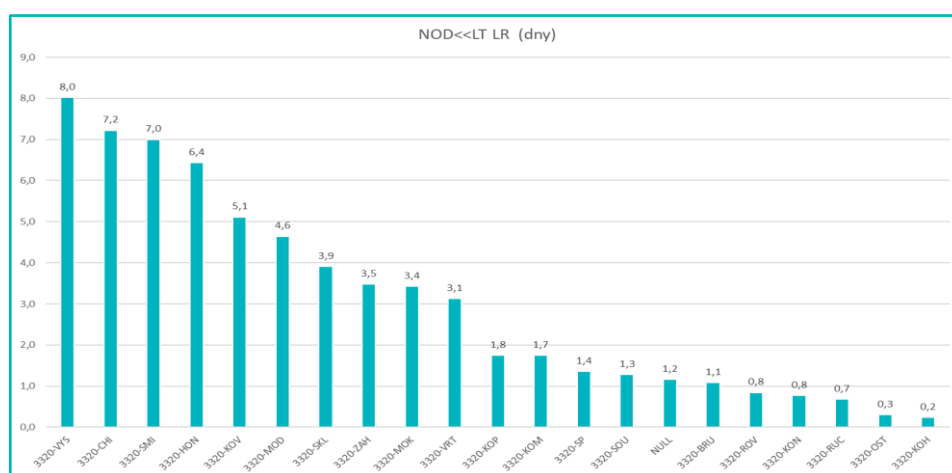
13.5 Uzlový Lead Time v dlouhém období NOD<<LT

Byl změřen Uzlový Lead Time v dlouhém období. Oproti okamžitému stavu zobrazená data obsahují dlouhodobou variabilitu procesu.

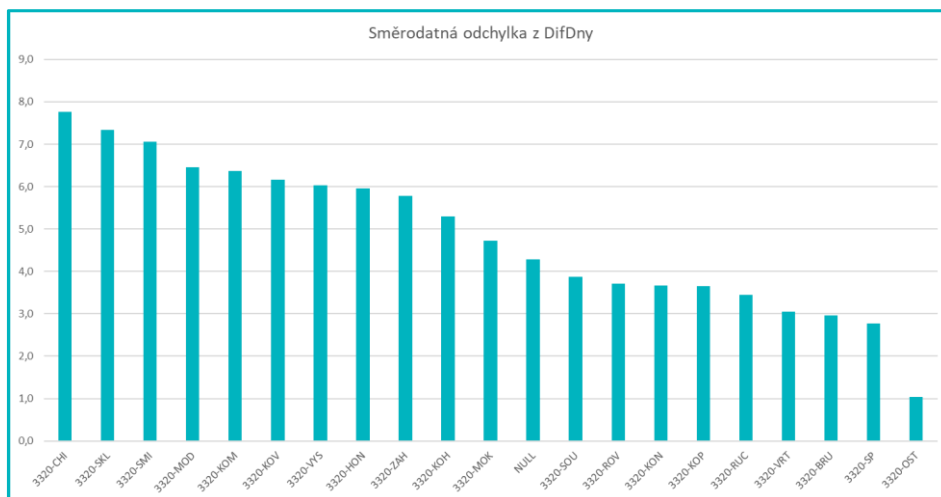


Obrázek 49 dlouhodobá variabilita průběžné doby výroby dle uzlů (Vlastní zpracování)

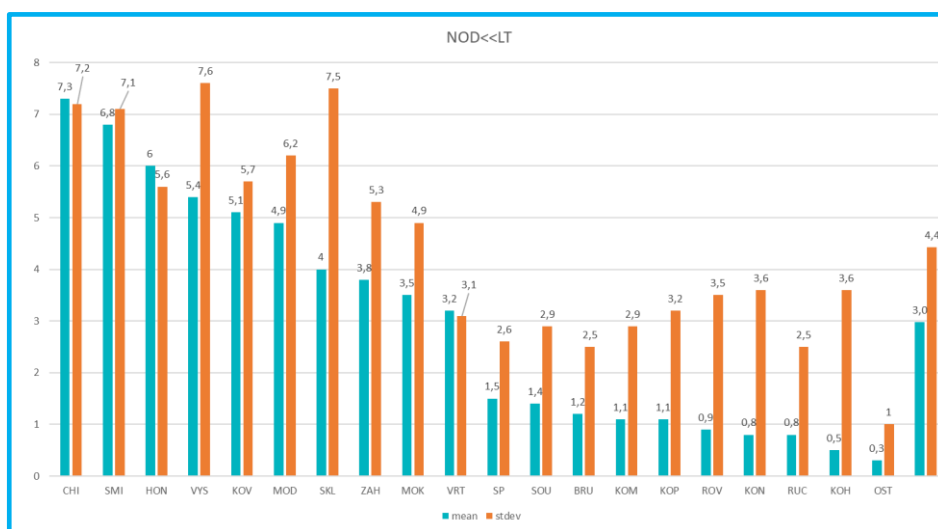
Na grafu je patrná velká variabilita průchodu 1 operace skrze pracoviště nebo výrobní uzel. Pro lepší vizualizaci byla data seřazena do následujících grafů:



Obrázek 50 NOD<<LT seřazení dle uzlů podle délky realizace (Vlastní zpracování)



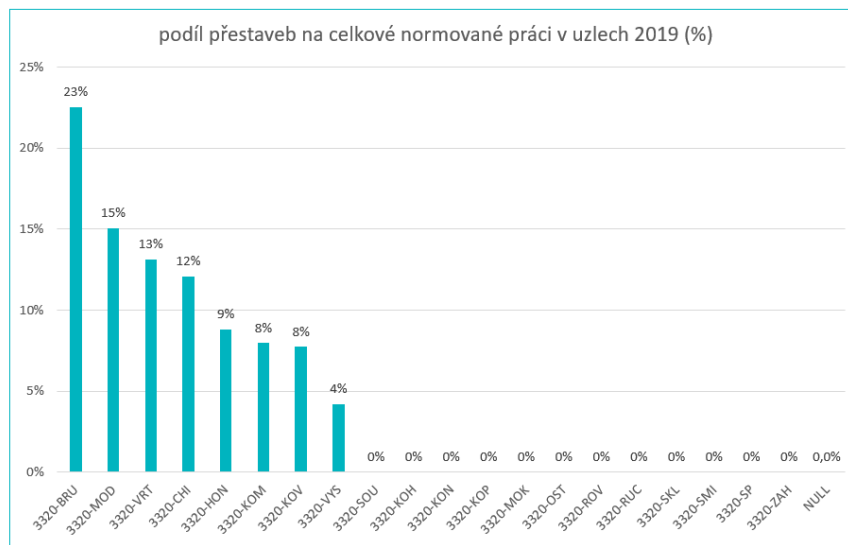
Obrázek 51 Seřazená hodnoty StDev popisující variabilitu NOD<<LT (Vlastní zpracování)



Obrázek 52 Zobrazení střední hodnoty NOD<<LT a StDev NOD<<LT (Vlastní zpracování)

13.6 Analýza přestaveb v uzlech

Byly analyzovány data přestaveb - seřizení v jednotlivých uzlech. V hodnocení byl uveden počet hodin seřizovacích aktivit na jednotlivých uzlech a podíl času přestaveb na celkové normované práci.



Popisky řádků	Součet z T_serizeni_min
3320-BRU	108 820
3320-CHI	108 431
3320-MOD	90 112
3320-KOV	54 680
NULL	32 260
3320-HON	29 695
3320-VRT	28 576
3320-KOM	20 550
3320-VYS	7 370
3320-SOU	70
3320-KOH	0
3320-KON	0
3320-KOP	0
3320-MOK	0
3320-OST	0
3320-ROV	0
3320-RUC	0
3320-SKL	0
3320-SMI	0
3320-SP	0
3320-ZAH	0
Celkový součet	480 562

8.009 hod.

Obrázek 53 Objem přestaveb v jednotlivých uzlech (Vlastní zpracování)

13.7 Úzká místa procesu a stav WIP

Byla vyhodnocena historická úzká místa v roce 2019. V každém měsíci byly náhodným způsobem vybrány dva pracovní dny. V sestavě rozpracované výroby z ERP systému byly identifikovány počty kusů výrobků X v jednotlivých uzlech. Zjištění bylo vloženo do dlouhodobé matice úzkých míst

Uzel	20.10.	1.10.	8.9.	19.9.	25.8.	1.8.	14.7.	3.7.	12.6.	9.6.	27.5.	8.5.	16.4.	2.4.	27.3.	7.3.	24.2.	14.2.	30.1.	suma	%
BRU	6 452	1 558	2 066	545	4 638	2 280	2 797	1 040	449	2 821	3 653	3 295	555	491	675	1 355	1 599	3 028	57	39 355	2,3%
HON	14 722	9 819	10 301	12 586	6 017	3 647	4 578	4 869	9 372	5 763	1 067	4 975	3 450	2 440	3 314	1 366	6 503	5 259	7 393	118 106	6,9%
CHI	14 635	12 671	28 412	14 625	23 010	14 199	14 927	8 343	7 348	12 384	16 076	24 417	33 897	32 522	42 133	46 948	34 944	22 365	5 414	409 271	24,1%
KOH	759	114	698	693	646	418	485	564	220	447	190	101	39	105	100	187	256	46	8	6 076	0,4%
KOM	3 810	2 863	4 492	2 664	3 651	2 103	5 171	4 114	4 398	4 698	4 093	3 999	2 908	3 507	3 106	3 457	4 029	1 308	157	64 529	3,8%
KON	222	143	138	62	101	115	56	134	155	409	60	131	137	242	198	143	221	137	75	2 879	0,2%
KOP	0	627	0	40	0	601	1 032	0	0	0	0	0	0	0	0	566	1 142	0	0	4 008	0,2%
KOV	16 699	11 382	14 721	13 616	18 519	10 204	12 314	9 271	5 526	12 352	17 288	10 558	9 450	5 535	2 543	23 027	21 793	12 863	4 313	231 973	13,6%
MOD	5 378	4 411	16 770	11 031	21 156	8 907	8 815	8 307	5 716	8 223	10 865	18 969	6 908	6 083	14 400	14 674	17 009	9 673	4 415	201 709	11,9%
MOK	5 090	4 276	5 292	2 248	5 814	5 534	3 867	3 833	3 239	5 524	776	6 853	2 651	5 025	2 888	6 949	8 896	5 738	3 776	88 268	5,2%
OST	0	0	476	0	0	0	380	0	16	721	0	532	0	0	0	172	0	513	0	2 810	0,2%
ROV	818	1 168	952	1 939	1 370	643	1 573	990	719	816	511	854	511	550	197	0	649	0	129	14 390	0,8%
RUC	276	525	551	114	391	24	281	88	42	494	120	120	88	107	100	60	228	120	0	3 728	0,2%
SKL	73	32	84	15	15	56	90	28	98	88	46	17	17	97	53	61	164	82	0	1 116	0,1%
SMI	1 679	1 470	1 708	3 212	3 738	1 720	0	1 752	1 372	730	1 460	1 787	2 470	1 215	730	0	1 321	2 356	1 480	30 200	1,8%
SOU	3 693	2 213	3 677	747	4 612	1 575	4 993	4 149	1 771	2 745	2 683	2 141	2 288	2 700	2 458	633	2 956	1 592	518	48 144	2,8%
SP	1 313	1 380	2 949	2 136	5 376	1 819	526	1 679	1 592	2 557	7 006	2 371	1 611	1 427	3 430	1 109	1 251	3 384	4 290	47 205	2,8%
VRT	2 626	2 855	2 091	0	2 311	2 080	4 044	1 420	2 857	3 997	112	1 822	1 341	565	714	1 719	957	1 154	3 406	37 571	2,2%
VYS	947	4 110	4 192	5 550	2 713	5 058	8 149	4 134	3 303	4 646	3 020	12 718	6 313	9 123	9 861	1 124	4 490	10 477	687	100 614	5,9%
ZAH	340	0	878	0	799	1 141	1 528	1 942	789	1 372	1 933	1 886	4 221	1 927	2 139	1 528	391	612	855	28 052	1,6%
NULL	13 539	12 102	18 099	15 414	12 124	5 428	11 282	8 473	11 584	22 843	28 108	21 153	6 210	4 665	5 015	3 950	13 027	5 372	1 726	221 485	13,0%
Celkový	93 070	73 718	118 546	87 238	117 002	67 550	86 888	65 130	60 566	93 631	99 066	118 699	85 064	78 327	94 053	109 029	121 826	86 079	38 700	1 701 489	

Tabulka 10 Hodnocení úzkých míst procesu (Vlastní zpracování)

Pro vyhodnocení úzkých míst bylo použito následující hodnocení:

- A červená: UM se tvořilo pravidelně
- B žlutá: UM se vytváří za určitých podmínek dočasně
- C zelená: UM se na pracovišti netvoří

Za kritické uzly v dlouhém období byly označeny: **CHI, KOV, MOD**

Za uzly s dočasně vytvářenými úzkými místy byly označeny: **HON, VYS**

Za výchozí hodnotu rozpracované výroby výrobků X považujeme stav rozpracované výroby k 30. 1. 2020: hodnota **WIP všech produktů X = 17,2 mil. Kč**

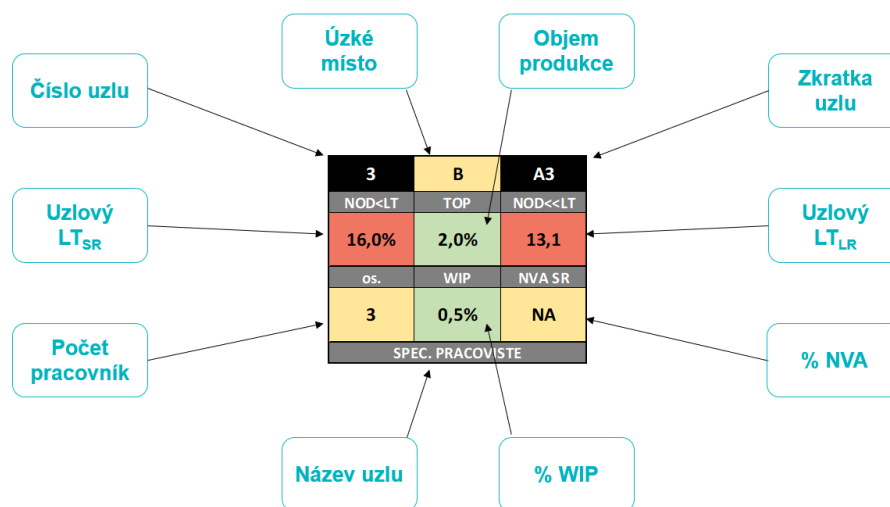
13.8 Sestavení uzlové mapy procesu NOD<>VSM

V dynamicky proměnlivém procesu nahrazuje klasickou mapu VSM uzlová matice. Účelem matice NOD<>VSM je ucelený pohled na proces s cílem identifikovat klíčové uzly, na které se soustředí zlepšování.

NOD<>VSM byla sestavena na základě:

- Analyzovaných dat 1 roční produkce výrobku X. Byla hodnocena celá populace výrobních zakázek.
- Změření okamžitého stavu rozpracovanosti ke dni analýzy. Byla hodnocena celá populace rozpracovaných výrobních zakázek.
- Lean analýzou v jednotlivých uzlech. Byla použita technika snímkování vybraného vzorku výroby v daném uzlu.
- Datové analýzy úzkých míst. Byla použita technika vzorkování.

1	C	ZAH	2	C	VRT	3	C	SP	4	B	VYS	5	B	HON
W/T SR	TOP	NOD<<LT	W/T SR	TOP	NOD<<LT	W/T SR	TOP	NOD<<LT	W/T SR	TOP	NOD<<LT	W/T SR	TOP	NOD<<LT
0,7	1,6%	3,5	1,7	2,2%	3,1	3,1	2,8%	1,4	1,5	5,9%	8,0	2,6	6,9%	6,4
os.	WIP	NVA SR	os.	WIP	NVA SR	os.	WIP	NVA SR	os.	WIP	NVA SR	os.	WIP	NVA SR
2	2,0%	31%	3	5,6%	45%	2	5,3%	14%	1	0,9%	23%	2	3,3%	34%
NC soustružení			NC vrtání			NC soustružení			stružení			honování		
6	C	SMI	7	A	KOV	8	C	SOU	9	C	KOP	10	C	SKL
W/T SR	TOP	NOD<<LT	W/T SR	TOP	NOD<<LT	W/T SR	TOP	NOD<<LT	W/T SR	TOP	NOD<<LT	W/T SR	TOP	NOD<<LT
6,7	1,8%	7,0	4,1	13,6%	5,1	1,7	2,8%	1,3	0,0	0,2%	1,8	0,0	0,1%	3,9
os.	WIP	NVA SR	os.	WIP	NVA SR	os.	WIP	NVA SR	os.	WIP	NVA SR	os.	WIP	NVA SR
2	2,6%	16%	2	13,4%	31%	5	10,4%	19%	0	0,0%	NA	0	0,0%	NA
opravy			kování			klasické soustruhy			kooperace			SKL		
11	C	MOK	12	C	BRU	13	A	CHI	14	C	OST	15	C	KOM
W/T SR	TOP	NOD<<LT	W/T SR	TOP	NOD<<LT	W/T SR	TOP	NOD<<LT	W/T SR	TOP	NOD<<LT	W/T SR	TOP	NOD<<LT
2,7	5,2%	3,4	3,5	2,3%	1,1	2,1	24,1%	7,2	NA	0,2%	0,3	3,1	3,8%	1,7
os.	WIP	NVA SR	os.	WIP	NVA SR	os.	WIP	NVA SR	os.	WIP	NVA SR	os.	WIP	NVA SR
2	7,1%	24%	5	8,8%	15%	2	7,1%	27%	0	0,0%	10%	5	11,2%	33%
CNC soustružení			klasické broušení			CNC frézování			ruční práce			stružení		
16	C	RUC	17	A	MOD	18	C	KOH	19	C	ROV	20	C	KON
W/T SR	TOP	NOD<<LT	W/T SR	TOP	NOD<<LT	W/T SR	TOP	NOD<<LT	W/T SR	TOP	NOD<<LT	W/T SR	TOP	NOD<<LT
0,7	0,2%	0,7	1,6	11,9%	4,6	0,3	0,4%	0,2	0,3	0,8%	1,8	0,1	0,2%	0,8
os.	WIP	NVA SR	os.	WIP	NVA SR	os.	WIP	NVA SR	os.	WIP	NVA SR	os.	WIP	NVA SR
5	8,7%	31%	2	5,6%	33%	5	5,9%	12%	2	2,1%	50%	0	0,0%	85%
ruční práce			CNC frézování			kontrola			rovňání			konzevence		
NOD<<VLT (dny)			WIP VP (počet)			LT _{ii} (dny)			produkce ks/měsíc			JMN/ks		
63,3			290			58,2			30 107			170,3		
WIP (Kč)			WIP (ks)			StDev			počet pracovníků			PKP/M		
17,2 mil. Kč			36.331			22,3			123			244,8		
kritické NOD pro LT			nejvyšší NOD NVA			NOD Uzké místa v LR			NOD s max. WIP			NOD s max. práce		
VYS, CHI, KOV, HON			KON, VRT, KOM, CHI, RUC			KOV, CHI, MOD			KOV, SOU, KOM			CHI, KOV, MOD		



Obrázek 54 Uzlová mapa procesu NOD<->VSM výroba produktu X (Vlastní zpracování)

Legenda Uzlové mapy procesu NOD<->VSM:

Úzké místo	Označuje významnost uzlu z pohledu průtočností uzlů v LR
NOD<LT	Uzlový LT v SR
NOD<<LT	Uzlový LT v LR
%NVA	Identifikovaný NVA PT – plynutí odstranitelné z procesu
% WIP	procentní zastoupení WIP v uzlu z celkové zásoby v procesu
Objem produkce	procentní zastoupení plánovaného objemu práce z celkového objemu práce procesu
SR, LR	krátké období, dlouhé období
JMN/ks	jednicové mzdové náklady na 1 výrobu 1 ks výrobku X
PKP/M	počet kusů vyrobených za měsíc na 1 pracovníka
NOD<<VLT	virtuální historický Lead Time. Suma hodnot NOD<<LT v uzlové mapě za dlouhé období.

13.9 Klíčové příležitosti identifikované z NOD<->VSM

Byly identifikovány následující klíčové příležitosti:

Oblast	UZLY	Popis zjištění	Příležitost
Dlouhodobé úzké místo procesu	CHI 24% KOV 14% MOD 12%	1. Proces výrobku X má tři trvalá úzká místa. 2. 50% z celkové WIP je v LR alokováno zde	1. Průběžná doba realizace výrobku X může klesnout o 25% , pokud uzlech CHI, KOV, MOD zeštíhlíme WIP o 50% 2. Pokud vyřešíme zeštíhlení 3 TOP uzlů může klesnout WIP procesu o 30-40%
Dlouhodobé dočasné úzké místo procesu	HON 6,9% VYS 5,9% MOK 5,2%	3. tři dočasně alokované úzká místa v dlouhém období vážou 18% celkového WIP	3. Při zeštíhlení dalších 3 klíčových uzlů může dojít k poklesu WIP o cca 10% .
NOD<LT okamžitý uzlový Lead Time	SMI 6,7dne KOV 4,1dne	4. dva uzly konzumují 30% aktuální hodnoty NOD<VLT	4. Prevencí vzniku dočasného úzkého místa procesu můžeme snížit 15-20% Lead Time procesu
NVA PT	CHI KOM RUC	5. Činnosti nepřinášejí hodnotu tvoří významou část skupiny ručních operací	5. Můžeme zvýšit produktivitu procesu o hodnotu odpovídající 7pracovníkům
Variabilita času cyklu a délky přestavby	CHI MOK MOD	6. Variabilita délky přestavby a variabilita času cyklu tvoří na CNC pracovištích 29% ztrátu výkonu	Můžeme zvýšit produktivitu CNC strojů o 20-25% - rychlá přestavba a standardizace procesu

Tabulka 11 Příležitosti identifikované z NOD<>VSM (Vlastní zpracování)

Výchozí klíčové indikátory zlepšení uzlového procesu byly identifikovány takto:

Historický Virtuální Lead Time	NOD<<VLT	63,3 dny
Počet kusů/měsíc/pracovníka	PKP/M	170,3
Jednicové mzdové měsíční náklady na kus	JMN/ks	244,8 Kč
WIP rozpracovaných zakázek		290
WIP v Kč		17,2 mil. Kč
WIP v Ks		36.331 ks

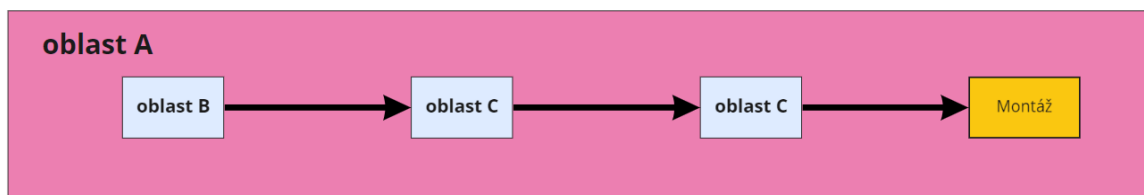
Sekundární plýtvání identifikovaná při vytvoření VSM :

- 36.331 ks v rozpracované výrobě, aktivně se pracuje na max. 200ks (dle proměnlivosti počtu opracovávaných kusů na jednotlivých operacích), tj. 0,5% WIP je aktivně opracováváno, 99,5% materiálu leží a čeká na opracování.

- V plánovacím systému bylo zjištěno cca 1 mil. agregovaných změn (množství a pořadí výroby) za 3 pracovní týdny – výroba se soustředí na dodávku priorit. Čekání ostatní rozpracované produkce vytváří budoucí priority.
- Ruční pracoviště jsou výrazně neergonomická, častá je práce bez přípravku (v klíně). Neexistují přesné dílenské standardy pro ruční práci.
- Layout je technologický. Výrobek X krouží mezi stroji. Materiály jsou uloženy ve zbývajících prostorech, nikoli na definovaných standardech – pohyb a čekání zapomenutých zásob.
- Opakované odmaštění a konzervace z důvodu čekání zásob – 8 procesních kroků

14 NOD<>VSD ZEŠTÍHLENÍ – OBLAST A

Oblast A zahrnuje celý proces výroby produktu X. V řešení bylo směřováno do návrhu a aplikace systémových nástrojů ovlivňujících celý proces.



Obrázek 55 Vizualizace oblasti A – realizace zeštíhlení (Vlastní zpracování)

14.1 Oblasti cílů zeštíhlení procesu

Pro zeštíhlení komplexního procesu X byly stanoveny tyto oblasti cílů:

- Primárním cílem bylo stanoveno **zvýšení výkonnosti úzkých míst** procesu na budoucí potřeby zákazníka.
- Sekundárním cíle bylo stanoveno **dosažení zásadního snížení Lead Time** výrobní zakázky skrze celý proces X.
- Terciálním cílem, v principu svázaným s cílem sekundárním, byla stanovena **minimalizace čekajícího WIP** v jednotlivých uzlech a tím dosažení radikálního zeštíhlení průběžné doby průchodu výrobního příkazu (VP) skrze konkrétní uzel a současně **zásadního snížení WIP v celém procesu**.

14.2 Principy uzlového zeštíhlení NOD<>VSD

Uzlová mapa umožňuje použít dva odlišné přístupy k zeštíhlení.

Liniový proces – je tvořen postupovými operacemi. Pracoviště s nejnižší propustností tvoří úzké místo procesu. Zde můžeme použít aplikaci teorie omezení a maximalizovat výkon úzkého místa, následně aktivovat tahový mechanismus z úzkého místa pro zásobující pracoviště.

Kombinační proces – uzly jsou nezávislé technologie, kde se různými kombinacemi kříží zakázky. V uzlovém zeštíhlení hledáme uzel, kde s nejnižší realizační energií a

v nejkratším čase, získáme nejlepší výstup (v produktivitě, LT, WIP). Tzn., že zeštíhlení můžeme provádět v libovolném místě procesu

Pro uzlové zeštíhlení je klíčovým nástrojem aplikace 5 řídicích pohledů (SRP). Technika prvních tří řídicích pohledů umožňuje přesné zacílení zlepšení a současné on-line hodnocení výkonnosti. Čtvrtý a pátý řídicí pohled umožní budoucí přesné predikce termínu doručení, na základě aktuální kondice dynamicky proměnlivého procesu. V řešení oblasti A byly nasazeny první tři řídicí pohledy. Čtvrtý řídicí pohled bude aplikován v závěru projektu.

14.2.1 Aplikace prvního řídicího pohled (1RP)

Sekundárním cílem projektu zeštíhlení procesu X byla definována redukce Lead Time na hodnotu nižší než 14 dnů. Problematické pro řízení zlepšení je v tomto případě zpoždění informace. V roce baseline projektu byla informace o skutečné délce realizace výrobního příkazu dostupná po průměrných 58 dnech. V době zjištění však už byly podmínky v procesu opakovaně změněny. Nezbytné tedy bylo aplikovat nástroj umožňující sledovat okamžitý stav rozpracovanosti a přijímat okamžitá rozhodnutí směřující k dosažení budoucího plánovaného Lead Time výrobního příkazu.

První řídicí pohled (1RP) je určen k zobrazení aktuální (okamžité) průběžné doby výroby jednotlivých uzlů (NOD>LT) a přijmutí okamžité reakce pro snížení hladiny jednotlivých NOD>LT v uzlech procesu.

Aplikace 1RP byla realizována:

- Identifikací výchozího stavu z datové analýzy
- Sestavením postupu výpočtu NOD>LT
- Identifikací nezbytných dat a jejich lokalizace v plánovacím a řídicím SW výroby Site Line. Každá výrobní operace je datově sledována a zaznamenána v čase a způsobu realizace výrobního příkazu
- Aplikací analytické datové platformy Power Business Intelligence (PBI) byla vytvořena praktická vizualizace okamžitého stavu procesu pro jednotlivé uzly
- Nastavením denního standardu hodnocení stavu NOD>LT na úrovni leadrů uzlů, vedením provozu a ředitelem výroby

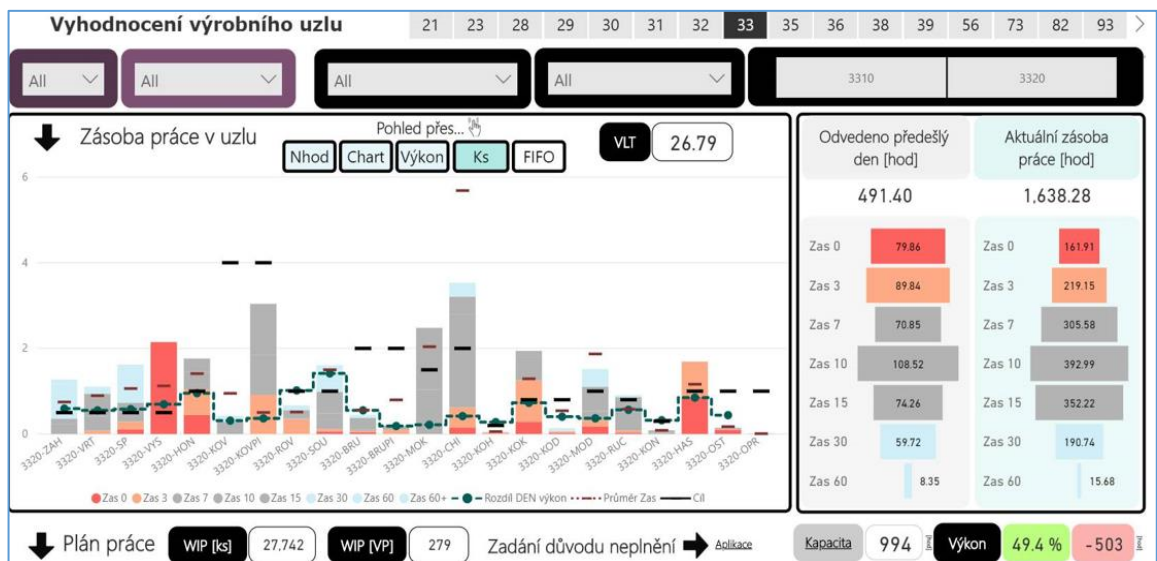
- Integrací hodnocení okamžitého stavu do Shop Floor Managementu a následným řízením stavu budoucího

14.2.2 Druhý řídicí pohled (2RP)

Druhý řídicí pohled reprezentuje jediné číslo – virtuální Lead Time (NOD>VLT).

NOD>VLT je součtem okamžitého stavu všech NOD>LT.

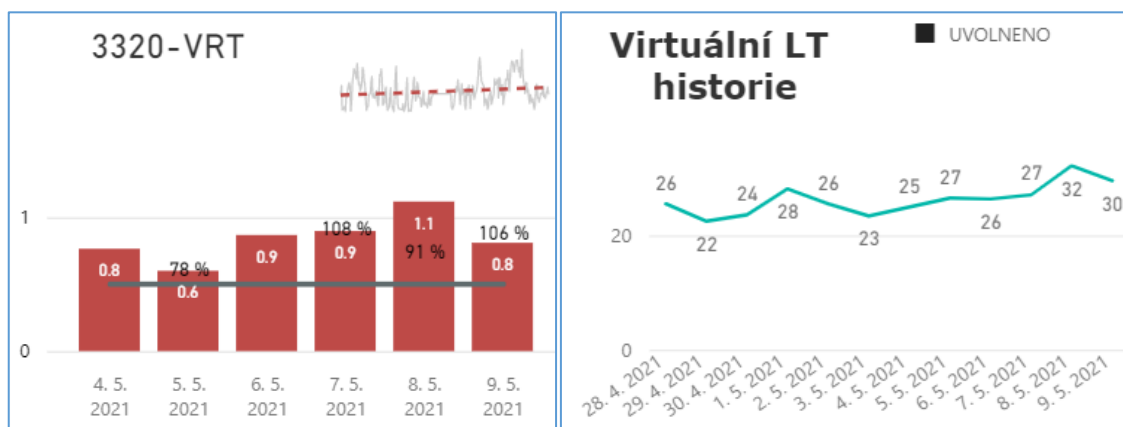
NOD>VLT je tedy jakousi virtuální zakázkou, která vstoupí do každého uzlu procesu právě 1x a v každém uzlu stráví čas odpovídající hodnotě uzlového Lead Time daného uzlu (NOD>LT). S využitím datového skladu a aplikace Power BI byla vytvořena vizualizace prvního a druhého řídicího pohledu. Do standardizovaných postupů řízení SFM byl integrován denní kontrolní a řídicí systém pro postupné zlepšování celkové situace rozpracovanosti v procesu X.



Obrázek 56 Realizace 1RP a 2RP (Převzato z informačního systému CZUB)

14.2.3 Třetí řídicí pohled (3RP)

3RP byl aplikován pro zobrazení trendů zlepšení NOD>LT a NOD>VLT.



Obrázek 57 Realizace 3RP (Převzato z informačního systému CZUB)

Třetí řídicí pohled byl nastaven do Power BI aplikace a zobrazuje jednoduchým poklikem na daný uzel nebo hodnotu VLT. Aplikace řídicích pohledů umožnila průběžné hodnocení zlepšení procesu bez čekání na výslednou hodnotu Lead Time jednotlivých výrobních příkazů. Hodnocení aktuálního stavu a následné přijetí nápravných nebo preventivních opatření bylo aplikováno na denní bázi a integrováno do procesu SFM.

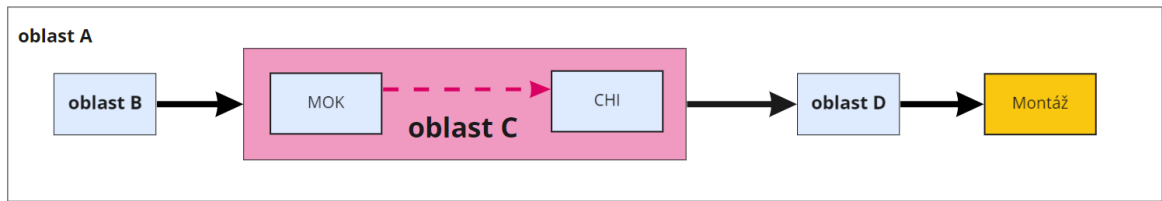
Třetí řídicí pohled umožňuje plánovat rozpracovanost, rozdělení pracovního týmu. Cílem obecného přístupu v řízení procesu X je postupně snižovat jednotlivé NOD<>LT, při dodržení zásobování úzkých či klíčových pracovišť.

Aby bylo cílového LT_F , tedy zeštíhlení lead time o 76% dosaženo, byla navržena tato koncepce pro systémovou práci s uzlovým Lead Time:

- Uzly SMI, HON, VYS tvoří vysoké dlouhodobé hladiny – byla přijata hypotéza, že nejsou skutečným úzkým místem procesu a vysoké hladiny v uzlech je možné odstranit řízením z kritického uzlu KOV. Tato oblast výroby polotovárů je klíčová pro fungování celého procesu X a řešení plynulého toku bylo navrženo v samostatné VSD – v diplomové práci popsáno v oblasti B.

- Klíčová dlouhodobá úzká místa CHI, KOV budou mít hladinu $NOD < LT$ při rozdílné směnnosti pracovišť max. 2,5dne. Rozdílná směnnost bude způsobovat zvýšenou hladinu $NOD > LT$ ve čtvrtek a pátek před kritickým uzlem a v pondělí, úterý za kritickým uzlem. Byla stanovena hypotéza, že uzel CHI lze zproduktivnit natolik, že přestane být úzkým místem. Řešení tahového mechanismu pro uzel CHI je popsáno v oblasti C. Samotné zvýšení výkonu úzkého místa bylo provedeno technikami SMED, 1X, standardizací ve formě několika sérií Kaizen workshopů. Tyto aktivity nejsou v diplomové práci dále uváděny.
- Klíčová dlouhodobá úzká místa CHI, KOV budou mít hladinu $NOD < LT$ při sjednocené směnnosti pracovišť max. 1 den. Tento stav v reálu odpovídá komplexně zavedenému 4 směnnému provozu.
- Při plánu $LT < 14$ dnů to znamená rezervaci 5 dnů pro kritické místa při rozdílné směnnosti pracovišť
- Na zbývajících 18 uzlů zůstává 9 dnů.
- Plánovaná hladina průměrného $NOD > LT$ byla definována na 0,5 dne

15 NOD \leftrightarrow VSD NÁVRH ZEŠTÍHLENÍ – OBLAST C

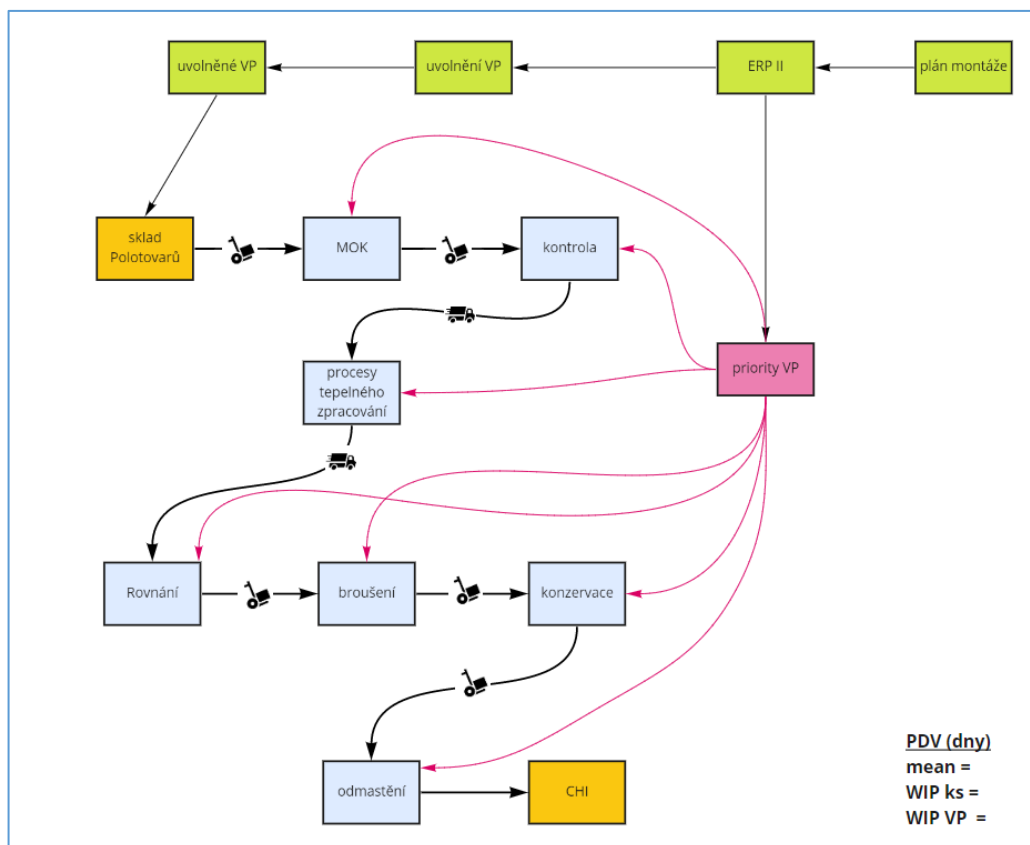


Obrázek 58 Vizualizace oblasti C – realizace zeštíhlení (Vlastní zpracování)

15.1 Princip řešení

Uzel CHI tvoří osm pěti-osých obráběcích CNC strojů. Některé stroje jsou plně zakládány a spouštěny obsluhou. Některé stroje mají integrovanou robotickou paži pro automatickou výměnu polotovarů a automatický start stroje.

Úzké místo procesu – uzel CHI je aktivní v části procesu, kde jsou vyráběny výrobky typu X_PI, cca 40% objemu produkce. Procesní tok se pro typy X_PI odlišuje po uzlu KOV, respektive po vyskladnění ze skladu polotovarů. Současný procesní je diagram zobrazen na obr. 59. Systém je zcela tlakový s řízením každého pracoviště pomocí priorit z plánovacího modulu ERP.

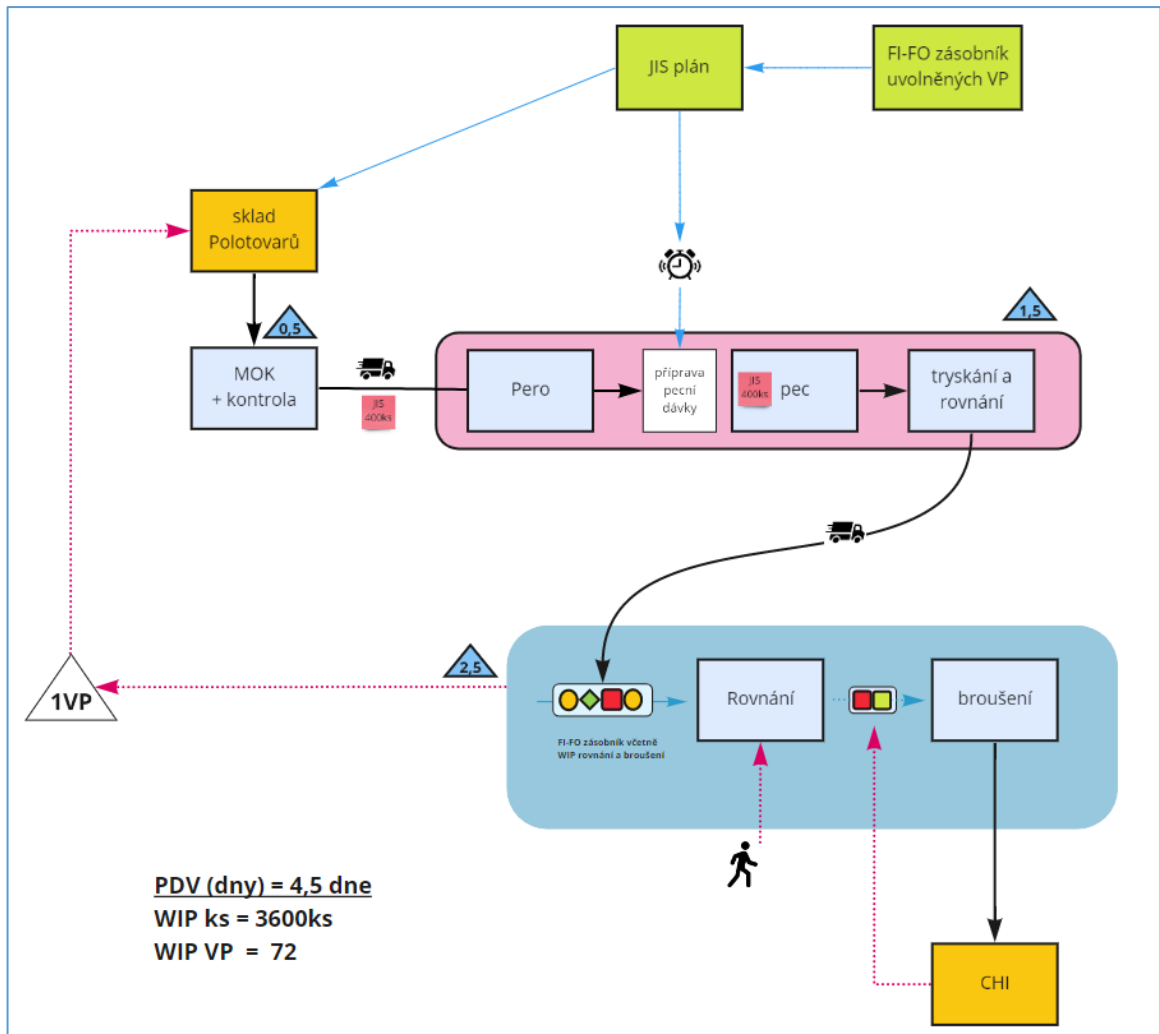


Obrázek 59 proces flow současného uzlu CHI (Vlastní zpracování)

15.2 PULL systém pro uzel CHI

- Byl navržen kanbanový supermarket ve velikosti 2,5dne. Do hladiny supermarketu je započítán WIP pracoviště rovnání a broušení. (modrá oblast obr. 60). Jednotkou kanbanu byl stanoven 1 výrobní příkaz (VP) o 50ks
- S každým dodání 1VP nabroušeného VP ke strojům CHI je vydán kanbanový signál a ze skladu polotovarů je uvolněn 1 nový VP
- Operace broušení byla navržena integrovat do pracovního týmu uzlu CHI. Brouší se JIT po dávkách 50ks. Broušení si zajišťuje tým pracovníků CHI. Kapalina z obrábění zajistí v krátkém období protikorozní ochranu a je možné eliminovat operace konzervace a odmaštění.
- Pracoviště rovnání bylo navrženo nově vytvořit v týmu CHI. Rovnač přichází na pracoviště a denně zpracuje 3 dávky po 400ks dodané z tepelného zpracování.

- Pro supermarket bylo navrženo minimum 400ks, což odpovídá zajištění výroby 8 strojů na cca ½ dne. Maximum bylo navrženo na 2,5 dne, což odpovídá zajištění víkendového provozu CHI v režimu 7/24.



Obrázek 60 Aplikace systému tahu úzkého místa – uzel CHI (Vlastní zpracování)

15.3 JIS systém pro vytížení pece tepelného zpracování

- Výrobní potřeba uzlu CHI je 1200ks/den. Maximální dávka pece tepelného zpracování je 400ks.
- Byl navržen JIS systém založen na jízdním řádu tepelného zpracování. (červená oblast obr. 60.)
- Jednotkou systému je výrobní příkaz (VP) o velikosti 50ks

- Výrobní příkaz je integrován do JIS sekvencéru pro 400ks. Dávka v JIS odpovídá ½ denní potřeby. Frekvence převozu je 2x denně.
- Před pec tepelného zpracování byla navržena přípravná JIS zóna. Úkolem pracího procesu (Pero) je připravit dodané díly tak, aby JIS dávka byla připravena 30-60minut před termínem založení do pece.
- Po ukončení tepelného zpracování je JIS dávka přesunuta do FI-FO fronty tryskání.
- Klíčovou výhodou navrženého JIS systému je pravidelnost systému. Tepelné zpracování udává rytmus uvolnění zakázek ze skladu polotovarů.
- Při navýšení/snížení počtu vyráběných ks na uzlu CHI je nutné bezprostředně upravit frekvenci JIS plánu tepelného zpracování.
- Navržený systém maximalizujeme vytížení pece tepelného zpracování – minimalizuje náklady na produkt X_PI při tepelném zpracování.

15.4 Zvýšení výkonu uzlu CHI

V analytické části NOD<>VSM bylo identifikováno 27% NVA. Klíčové plýtvání byly:

- Čekání stroje na obsluhu z důvodu obsluhy jiného stroje – variabilita CT
- Čekání stroje na obsluhu z důvodu seřizování jiného stroje – variabilita CT
- Pohyb při přestavbě – pro nástroje, pro informaci, pro měřidlo

4 stroje uzlu CHI mají robotickou paži a zásobník na 8 ks. Bylo tedy nezbytné, aby obsluha doplnila zásobník maximálně v 7.-8. cyklu.

4 stroje uzlu CHI jsou s manuální výměnou kusů. Obsluha musí po každém dokončení cyklu vyměnit materiál.

Byl navržen tento způsob organizace práce a řízení uzlu CHI:

- Hi-run zakázky s dlouhým časem cyklu byly nasměřovány na stroje s ruční výměnou
- Zakázky s krátkým časem cyklu byly nasměřovány na stroje s robotickou paží
- Na směně jsou 2 pracovníci obsluhy CNC. Každý se stará o 2 stroje s robotickou paží a 2 stroje s ruční výměnou.

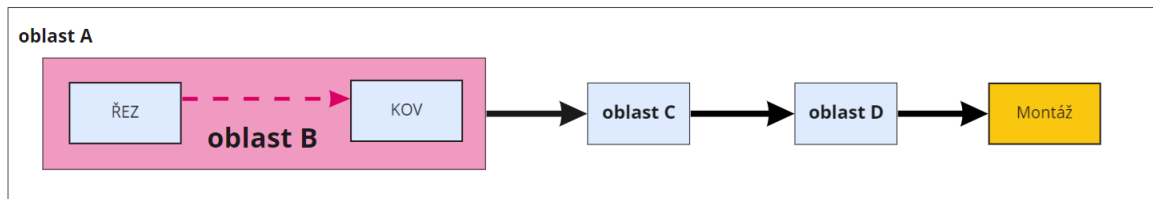
- Bylo navrženo vizualizovat zbývající čas cyklu stroje tak, aby obsluha měla informaci, za jak dlouho musí být připravena u výměny dílů konkrétního stroje.
- Bylo navrženo, aby v řadě strojů byly vždy z vnější strany umístěny stroje s robotickou paží. To umožní efektivnější zastupování obsluhy na vnitřních strojích s ruční výměnou.
- Byl sestaven tento standard práce:
 - a) Spust' stroje s robotickou paží
 - b) Spust' stroje s ruční výměnou
 - c) Sleduj časy dokončení cyklu a připrav se na výměnu u stroje s nejnižším zbývajícím časem
 - d) Při defektu – zastavení stroje vyžadující zásah obsluhy vždy upřednostni stroj s robotickou paží
 - e) Pokud na směně není seřizovač a přestavbu na nový výrobek provádí obsluha, vždy udržuj souběžně s přestavbou stroje s robotickou paží. Druhý operátor vyměňuje díly po dobu přestavby na zbývajících strojích

15.5 Závěrečné výstupy pro oblast C:

Parametr	Baseline	VSD cíl	Zeštíhlení
LEAD TIME (dny)	16,5	4,5	-72,8 %
WIP (ks)	9 019	3600	-60%

Tabulka 12 Výstupy řešení v oblasti C (Vlastní zpracování)

16 VSD<>VSD NÁVRH ZEŠTÍHLENÍ - OBLAST B

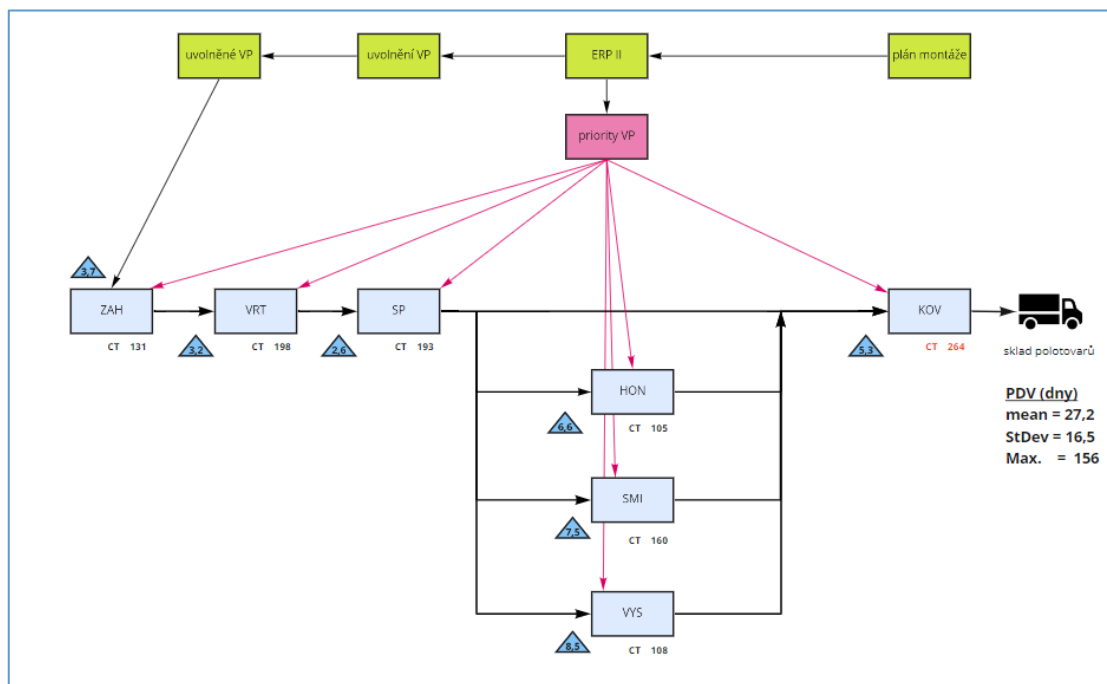


Obrázek 61 Vizualizace oblasti B – realizace zeštíhlení (Vlastní zpracování)

16.1 Princip řešení

Zakázky typu P – polotovary mají shodný technologický tok. Liší se v délkách procesních časů a délce seřízení. Byl sestaven procesní diagram od vystavení výrobního příkazu (VP) do realizace uzlu KOV. Všechny části tohoto systému jsou organizovány systémem PUSH a dle aktuálního stavu potřeb montáže jsou upřednostňovány prioritní zakázky pro zpracování.

- $LT_H = 27,2$ dne
- Směrodatná odchylka $StDev = 16,5$
- Max. identifikovaná hodnota $LT_{MAX} = 156$ dnů



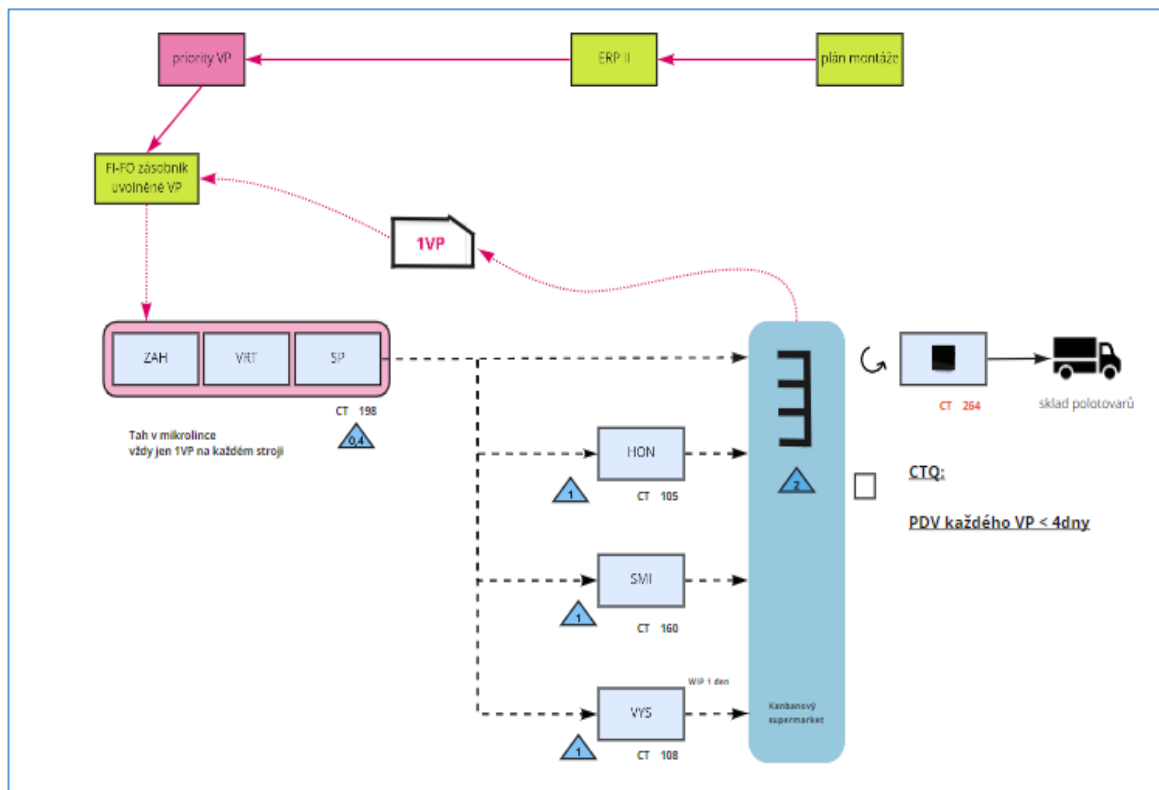
Obrázek 62 Procesní schéma polotovarových zakázek typu P (Vlastní zpracování)

V návrhu řešení bylo využito klíčových zjištění:

- Rozdílná směnnost (ZAH a SP 3. směny, VRT 4 směny) způsobuje vlny WIP.
- HON, SMI, VYS poptávají práci u plánování – urychlují zakázky tak, aby tým pracující na těchto zařízeních měl stále dostatek práce.
- KOV je úzké místo procesu VP typu P. Je zásobováno výstupy z SP,HON,SMI, VYS

16.2 KOV jako řídicí uzel

- Před uzlem KOV byl navržen supermarket o velikosti 2dny
- Vždy při odběru 1 VP ze supermarketu bude uvolněno další 1 VP na ZAH
- Bylo navrženo kanbanové řízení o velikosti dávky = 1 VP
- Připouští se proměnlivá velikost dávky, počet kusů ve VP
- Měří se denní skutečný výkon pracoviště KOV – pouze a výhradně



Obrázek 63 Návrh zeštíhlení procesu polotovarových zakázek typu P (Vlastní zpracování)

16.3 ZAH – VRT – SP tvoří mikro linku

- Sjednocená směnnost na 4 směnný provoz
- Plná zastupitelnost pracovníků na všech třech uzlech – zaškolovací plán
- V druhé vlně zaškolování bude každý pracovník mikro linky zaškolen na jednu z technologií VYS, SMI, HON
- Byl definován základní postupový standard mikro linky. Jednotkou je 1VP
- Průběžná doba byla vypočtena na 1 den

16.4 Řízení týmu

- Při dosažení maxima supermarketu před KOV je zastaveno uvolňování VP
- Zastavení vydávání VP vyvolá nedostatek VP v mikro lince. Pracovníci ukončí činnosti a přejdou na výpomoc na pracoviště KOV (primárně), HON, SMI, VYS (sekundárně), čerpají náhradní volno, dovolenou (terciálně).
- Pracovníci SMI, VYS jsou zaučeni pro výpomoc KOV a HON
- Pracoviště KOV je vyžadováno TEEP > 90%. Prostoje jsou evidovány MES systémem, při prostoji delším 5 minut eskalovány, na denní bázi je v rámci SFM kontrolováno plnění KOV.
- Bude potlačeno / zrušeno měření produktivity všech ostatních pracovišť
- Tým má dva ukazatele výkonu - počet vyrobených kusů / den uzlu KOV a maximální hladinu NOD>VLT (viz. Kapitola 5 řídicích pohledů)

16.5 Závěrečné výstupy oblast B:

Parametr	Baseline	VSD cíl	Zeštíhlení
LEAD TIME (dny)	27,2	4	-85,3 %
WIP (ks)	12 025	2400	-80%

Tabulka 13 Výstupy řešení v oblasti B (Vlastní zpracování)

17 ZHODNOCENÍ PROJEKTU

V realizaci projektu bylo využito dvou technik mapování a zeštíhlení toku hodnoty v procesu X. Dále byly implementovány části technik Teorie omezení

V první technikou byla VSM a VSD procesu.

Analyzovaný proces tvořilo 15 výrobních operací. Bylo sestaveno řešení maximalizující výkonnost této části procesu a současně zrychlující průtok a snižující rozpracovanost. V řešení bylo dosaženo těchto KPI, které překročily úvodní zadání cílů práce:

Redukce Lead Time o 94%
Zvýšení výkonu , (počet výrobků za časovou jednotku) o 39%
Zvýšení produktivity lidské práce o 59%
Snížení rozpracovanosti o 91%

Druhou použitou technikou byla Uzlová mapa procesu NOD<>VSM

Jde o novou techniku mapování, analýzy a systémového zeštíhlování kombinačně složitých procesů. V projektu procesu X byla NOD<>VSM aplikována na celý rozsah procesu, včetně integrace nástrojů změny – zeštíhlení, které tvořily aplikované 3 řídicí pohledy.

Realizace zeštíhlení pomocí Uzlové mapy procesu bude probíhat v roce 2021. Dle aktuálního stavu (duben 2021) v době dokončení této diplomové práce dosahoval průměrný Lead Time zakázek (typ P+H) hodnoty 39 dnů. Oproti výchozímu stavu bylo k dubnu 2021 dosaženo:

průběžného zeštíhlení celého procesu X v parametru LEAD TIME o 33% .
snížení průměrných mzdových nákladů na 1 výrobek X o 13,7% .

Třetí technikou bylo řešení zásobování úzkých míst

V oblastech C a B procesu X byly navrženy tahové mechanismy – kanban a JIS. Obě oblasti byly navrženy tak, aby byla minimalizována hodnota uzlového Lead Time $NOD > LT$.

V oblasti C bylo navrženo řešení:

Redukující Lead Time o 73%
Redukující rozpracovanost o 60%

V oblasti B bylo navrženo řešení:

Redukující Lead Time o 85%
Redukující rozpracovanost o 80%

Postupná aplikace navržených řešení v oblastech C a B umožní navazující zeštíhlení uzlových Lead Time a dosažení cílové hodnoty celého procesu X. A to vyrábět zakázku kteréhokoliv typu výrobku X do 14 dnů, což znamená cílové zeštíhlení Lead Time o 76%.

18 ZÁVĚR

Primárním cílem práce bylo prokázání redukce Lead Time, tedy průběžné doby výroby pomocí techniky mapování hodnotového toku (VSM) a jejich návrhu technikou designu hodnotového toku (VSD). Práce byla doplněna o implementační fázi do procesu. Projekt byl realizován na procesu o rozsahu 15 pracovišť. V diplomové práci byl popsán postup analýzy, návrhu nového řešení i implementace do procesu. Přijaté cíle – redukce Lean Time o 70% byly výrazně překročeny. Cílová hodnota Lead Time byla redukována o 94%. Současně redukcí průběžné doby výroby byla zvýšena produktivita a zásadně redukována rozpracovanost. Realizační projekt v diplomové práci splnil definované zadání a detailně popsal analýzu, návrh a realizaci zeštíhlení toku hodnoty technikou VSM a VSD.

Dílní cílem práce bylo prokázání aplikovatelnosti nové techniky Uzlové mapy procesu (NOD<>VSM) do kombinačně náročného procesu. V diplomové práci byla strukturovaně popsána metodika realizace Uzlové mapy procesu. Byla provedena analýza na procesu o rozsahu cca 120 pracovníků, 50 pracovišť, 20 výrobních uzlů a 70 výrobků s velkými odlišnostmi v technologii, pracnosti i složitosti výrobku. Na základě analýzy byly implementovány tři řídicí pohledy (3RP) a pomocí BI aplikace zahájeno kontinuální měření a zeštíhlování procesu jako celku. Pro dvě části procesu byla sestavena studie budoucího stavu a navrženo řešení cílové zeštíhlení. Realizační projekt potvrdil aplikovatelnost hromadného přístupu k hodnotovému toku na základě uzlového principu. V řešení bylo dosaženo cílové zeštíhlení Lead Time o 76%, za současného razantního snížení WIP.

Na základě realizace diplomové práce konstatuji, že technika VSM a VSD přináší prokazatelné benefity pro průmyslové prostředí. Domnívám se, že propojení technik Uzlové mapy a VSM pomocí informačních technologií přinese v nejbližších letech automatizaci technik mapování hodnotového toku až do rozsahu cca 90%. Zbývajících 10% bude nadále nutné analyzovat pozorování průmyslových inženýrů na pracovištích.

Z výše uvedené dle mého názoru vyplývá, že v následujících letech plně automatizujeme proces mapování toku hodnoty a tato technika bude dostupná v plném rozsahu procesů továren online. Radikálně se bude muset změnit přístup a znalosti průmyslových inženýrů, a to ve prospěch hromadného zpracování dat a statistických nástrojů. Současně však bude muset být zachována vysoká míra intuitivního hodnocení příležitostí v procesech.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- HODULÁK, Richard, 2020. *Uzlová mapa procesu NOD<>VSM*. ICG [online]. [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://icg.odoo-is.com/slides/slide/nod-vsm-online-402>
- Hodulák, Richard, 2021. *Lean Value Stream Expert*. ICG [online]. [cit. 2021-16-05]. Dostupné z: <https://capability.cz/skoleni/lean/lean-value-stream-expert-vsm/>
- BASL, Josef, Pavel MAJER a Miroslav ŠMÍRA, 2003. *Teorie omezení v podnikové praxi: zvyšování výkonnosti podniku nástroji TOC*. Praha: Grada, 213 s. ISBN 802470613X.
- COX, James F. a John G. SCHLEIER, 2010. *Theory of constraints handbook*. New York: McGraw-Hill, 1175 s. ISBN 9780071665544.
- CZUB, 2021. *Výroční zpráva 2019 Česká zbrojovka a.s.* [online]. [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.czub.cz/file/24>
- CZUB, 2021. *Historie České zbrojovky a.s.* [online]. [cit. 2021-05-10] Dostupné z: <https://www.czub.cz/o-firme-historie/>
- ČADEK, Libor a Milan GAZDÍK, 2013. *Lean Six Sigma Black Belt*, ICG [online]. [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://capability.cz/skoleni/six-sigma/black-belt-online/>
- ČADEK, Libor a Milan GAZDÍK, 2020. *Lean Six Sigma Green Belt*. ICG [online]. [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://icg.odoo-is.com/slides/slide/green-belt-english-manufacturing-273>
- GEORGE, Michael L., 2005. *The lean Six Sigma pocket toolbox: a quick reference guide to nearly 100 tools for improving process quality, speed, and complexity*. New York: McGraw-Hill, 282 s. ISBN 0071441190.
- GOLDRATT, Eliyahu M. a Jeff COX, 2012. *Cíl: proces trvalého zlepšování*. Vyd. 3. Praha: InterQuality, 333 s. ISBN 9788090277083.
- CHARRON, Rich, 2015. *The Lean Management Systems Handbook*. FL: CRC Press, 523 s. ISBN 978-146-6564-350.
- CHROMJAKOVÁ, Felicita a Rastislav RAJNOHA, 2011. *Řízení a organizace výrobních procesů: kompendium průmyslového inženýra*. Žilina: GEORG, 138 s. ISBN 978-80-89401-26-0.
- CHROMJAKOVÁ, Felicita, 2013. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 116 s. ISBN 9788081540585.

IMAI, Masaaki, 2007. *Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Brno: Computer Press, 272 s. Business books. ISBN 9788025116210.

JARKOVSKÝ J, et al., 2020, *Statistická analýza dat*, Masarykova univerzita [online]. [cit. 2021-05-15]. Dostupné z:

https://is.muni.cz/el/1431/podzim2017/Bi7541/um/01_uvod_do_analyzy_dat.pdf

KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK, 2006. *Štíhlý a inovativní podnik*. 1. vyd. Praha: Alfa Publishing, 237 s. Management studium. ISBN 80-86851-38-9.

KYSEL', Marek, 2011. *Mapovanie toku hodnôt vo výrobe*. Žilina: IPA Slovakia, [2011], 46 s.

MACUROVÁ, Pavla, Naděžda KLABUSAYOVÁ a Leo TVRDOŇ, 2018. *Logistika*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 370 s. ISBN 978-80-248-4158-8.

MAŠÍN, Ivan, 2003. *Mapování hodnotového toku ve výrobních procesech*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 80 s. ISBN 8090223591.

PROCHÁZKA, Josef, 2020. *A3 / PDCA: Problem Solving Expert*. ICG [online]. [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://icg.odoo-is.com/slides/slide/a3-pdca-problem-solving-expert-387>

ROSER, Christoph, 2016. *Line Balancing Part 1 – Data Overview*. AllAboutLean: Organize your Industry! [online]. [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/line-balancing-1/>

ROSER, Christoph, 2017. *Can you tell your Bottleneck from your Inventory?*. AllAboutLean: Organize your Industry! [online]. [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/bottleneck-direction-inventory/>

ROTHER, Mike a John SHOOK, 2006. *Training to See. A Value Stream Mapping Workshop*. Cambridge: The Lean Enterprise Institute, 234 s. ISBN 0-9667843-1-6.

ROTHER, Mike a John SHOOK, 2009. *Umenie vidieť*, Slovenské centrum produktivity, 102 s.

RUBIN, Melanie, 2009. *5S pro operátory: 5 pilířů vizuálního pracoviště*. Brno: SC&C Partners, 102 s. ISBN 978-80-904099-1-0.

TUČEK, David a Roman BOBÁK, 2006. *Výrobní systémy*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 298 s. ISBN 80-731-8381-1.

TUČEK, David, Martin HRABAL a Lukáš TRČKA, 2014. *Procesní řízení v praxi podniků a vysokých škol*. Praha: Wolters Kluwer, 270 s. ISBN 9788074786747.

NASH, A. Mark a POLING R. Sheila, 2008. *Mapping the Total Value Stream*. New York: Taylor & Francis Group, 247 s. ISBN 978-1-56327-329-9.

SVOZILOVÁ, Alena, 2011. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 223 s. Expert. ISBN 9788024739380.

UŘÍDIL, Martin, 2020. *Zlepšování procesů budování IS – semestrální práce*. VŠE[online]. [cit. 2021-0515]. Dostupné z: https://spicenter.vse.cz/wp-content/uploads/2018/08/semestralni_prace/15_02/Uridil-xurim00.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

VSM	Value Stream Mapping, mapa toku hodnoty
VSD	Value Stream Design, mapa toku hodnoty budoucího stavu
NOD<>VSM	Uzlová mapa toku hodnoty procesu
NOD<>VSD	Budoucí Uzlová mapa toku hodnoty
CT	čas cyklu dané operace
CTQ	Critical to Quality – měřitelný parametr výstupu procesu
PT	procesní čas
VA CT	čas cyklu přidávající hodnotu zákazníkovi
NVA CT	čas cyklu nepřidávající hodnotu zákazníkovi
VE CT	nezbytný čas cyklu pro vznik VA, sám o sobě však nepřináší hodnotu zákazníkovi
LT	Lead Time, průběžná doba výroby
SR,	krátké období – v uzlové mapě okamžitý stav při mapování
LR	dlouhé období – v uzlové mapě obvykle rok vyjadřující sezónnost
NOD<LT	Uzlový LT v SR
NOD<<LT	Uzlový LT v LR
NVA	činnosti nepřinášející hodnotu- plýtvání odstranitelné z procesu
VOC	Voice of the Customer, hlas zákazníka
WIP	rozpracovaná výroba (v kusech, zakázkách, ceně)
JMN/ks	jednicové mzdové náklady na 1 výrobu 1 ks výrobku X
PKP/M	počet kusů vyrobených za měsíc na 1 pracovníka
NOD<<VLT	virtuální historický Lead Time. Suma hodnot NOD<<LT v uzlové mapě za dlouhé období.
NOD>LT	uzlový LT aktuální stav
NOD>>LT	uzlový LT v aktuálním dlouhém období
NOD<>VLT	virtuální Lead Time. Reprezentuje součet hodnot NOD>LT

CO	čas přestavby
NVA CO	čas přestavby nepřinášející hodnotu – plýtvání odstranitelné z procesu
1RP	první řídicí pohled – zobrazuje průběžnou dobu průchodu zakázky skrze uzel
2RP	druhý řídicí pohled – zobrazuje Virutální Lead Time NOD<>VLT
3RP	třetí řídicí pohled – zobrazuje trendy NOD<>VLT a NOD>LT
OPF	linka o toku jednoho kusu
CTQ	critical to quality, měřitelný klíčový parametr projektu
LT _H	historický Lead Time – střední hodnota (Mean)
LT _F	plánovaný (požadovaný) Lead Time
NOD	výrobní uzel, technologická afinita ve výrobním procesu
<<	dlouhodobá historická data
<	data historická v krátkém období
<>	sestavení matice NOD<>VSM z historických dat
>	okamžité měření pro řízení a zeštíhlení
>>	audity, dlouhodobá data při realizaci zlepšení
NOD<>VLT	virtuální Lead Time zakázky v uzlové matici
NOD>VLT	virtuální Lead Time okamžitého stavu procesu při zeštíhlování
TOC	teorie omezení
DBR	Drum-Buffer-Rope
KPI	klíčový indikátor výkonnosti procesu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 příklad zbytečné informace	16
Obrázek 2 výpočet indexu VA.....	19
Obrázek 3 úrovně mapování VSM	20
Obrázek 4 ukázka jednoduché VSM mapy.....	20
Obrázek 5 časová osa a vizualizace celkového VA CT a LT	24
Obrázek 6 časová osa a vizualizace celkového VA CT a LT 2	24
Obrázek 7 balanční studie procesu	25
Obrázek 8 příklad procesu s úzkým místem.....	27
Obrázek 9 přímá expedice nebo výroba do supermarketu.....	31
Obrázek 10 balancování a odstranění úzkého místa.....	32
Obrázek 11 Výrobní a transportní Kanban se supermarketem	33
Obrázek 12 Výrobní a transportní Kanban se supermarketem	33
Obrázek 13 VSD s vyznačenými implementačními smyčkami.....	34
Obrázek 14 Příklad kombinačně složitého procesu ve strojírenské výrobě	35
Obrázek 15 Příklad procesu s produktovými skupinami	36
Obrázek 16 Příklad rozdílu pracnosti uvnitř produktové skupiny	37
Obrázek 17 Základní schéma Uzlové mapy procesu	38
Obrázek 18 příklad definování budoucího Lead Time.....	41
Obrázek 19 dlouhodobá variabilita průběžné doby výroby	42
Obrázek 20 Příklad sestavené hodnotové analýzy	44
Obrázek 21 příklad analýzy variability přestavby	44
Obrázek 22 analýzy variability času cyklu z dat MES systému CNC strojů	45
Obrázek 23 uzlová analýza úzkého místa.....	47
Obrázek 24 výpočet $NOD \leftrightarrow VLT$	48
Obrázek 25 příklad základní uzlové mapy procesu $NOD \leftrightarrow VSM$	49
Obrázek 26 legenda základní uzlové mapy $NOD \leftrightarrow VSM$	49
Obrázek 27 liniové upořádání uzlového procesu	51
Obrázek 28 kombinační zeštíhlení uzlového procesu	52
Obrázek 29 Přehled 5 řídicích pohledů uzlového procesu	52
Obrázek 30 1RP s vizualizací krátkodobých cílů zlepšení pro jednotlivé uzly	53
Obrázek 31 3RP. Denní vizualizace zlepšení	54
Obrázek 32 3RP. Základní pravidla reakce	44
Obrázek 33 Základní schéma oblastí realizace projektu	60
Obrázek 34 Oblast D – realizace VSM	61

Obrázek 35	prázdná datová tabulka připravena pro VSM v programu Miro	63
Obrázek 36	Procesní diagram produktu X-PI v oblasti D	65
Obrázek 37	Analýza WIP	66
Obrázek 38	hodnotová analýza přestaveb	66
Obrázek 39	procesní časy jednotlivých operací	67
Obrázek 40	Balanční studie oblasti D	67
Obrázek 41	zjednodušená vizualizace VSM oblasti D	69
Obrázek 42	výstup hodnotové analýzy	70
Obrázek 43	VSM výrobku X-PI v oblasti D	73
Obrázek 44	Procesní schéma nové mikro linky 1	76
Obrázek 45	Procesní schéma nové mikro linky 2	78
Obrázek 46	Vizualizace oblasti A – realizace Uzlové mapy procesu.....	81
Obrázek 47	histogram LT_H . populace VP roku 2019.....	82
Obrázek 48	rozdělení VP na polotovary a dokončované VP.....	83
Obrázek 49	dlouhodobá variabilita průběžné doby výroby dle uzlů	85
Obrázek 50	NOD<<LT seřazení dle uzlů podle délky realizace.....	85
Obrázek 51	seřazená hodnoty StDev popisující variabilitu NOD<<LT	86
Obrázek 52	zobrazení střední hodnoty NOD<<LT a StDev NOD<<LT	86
Obrázek 53	Objem přestaveb v jednotlivých uzlech	87
Obrázek 54	Uzlová mapa procesu NOD<>VSM výroba produktu X	89
Obrázek 55	Vizualizace oblasti A – realizace zeštíhlení	92
Obrázek 56	Realizace 1RP a 2RP.....	94
Obrázek 57	Realizace 3RP	95
Obrázek 58	Vizualizace oblasti C – realizace zeštíhlení	97
Obrázek 59	proces flow současného uzlu CHI	98
Obrázek 60	Aplikace systému tahu úzkého místa – uzel CHI	99
Obrázek 61	Vizualizace oblasti B – realizace zeštíhlení	102
Obrázek 62	Procesní schéma polotovarových zakázek typu P	102
Obrázek 63	Návrh zeštíhlení procesu polotovarových zakázek typu P	103

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1	Postup realizace Uzlové mapy procesu	39
Tabulka 2	Výpočet Takt Time procesu	62
Tabulka 3	Klíčové příležitosti identifikované ve VSM.....	39
Tabulka 4	Kombinovaná práce v novém vybalancování.....	76
Tabulka 5	Kombinovaná práce v novém vybalancování mikro linka 2	78
Tabulka 6	Hodnocení výstupu VSD	79
Tabulka 7	Průběžné výsledky implementace do procesu	39
Tabulka 8	LT_H Baseline projektu	83
Tabulka 9	Okamžitý Lead Time uzlů procesu X ($NOD < LT$)	84
Tabulka 10	Hodnocení úzkých míst procesu	87
Tabulka 11	Příležitosti identifikované z $NOD < VSM$	90
Tabulka 12	Výstupy řešení v oblasti C	101
Tabulka 13	Výstupy řešení v oblasti B	104