

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní



David Honzík

Zefektivnění výroby klimatizačních jednotek

ve firmě GEA LVZ Liberec, a.s.

Diplomová práce

2011

Fakulta strojní

Katedra výrobních systémů

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Obor: Výrobní systémy
Zaměření: Pružné výrobní systémy pro strojírenskou výrobu

**ZEFEKTIVNĚNÍ VÝROBY KLIMATIZAČNÍCH JEDNOTEK
FIRMĚ GEA LVZ LIBEREC A.S.**

KVS – VS – 200

David Honzík

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. František Manlig

Konzultant: Ing. Jan Vavruška

Počet stran: 78
Počet příloh: 3
Počet obrázků: 39
Počet tabulek: 12
Počet grafů: 6

Datum: 30. 12. 2010

Označení DP: 200

Řešitel: David Honzík

ZEFEKTIVNĚNÍ VÝROBY KLIMATIZAČNÍCH JEDNOTEK VE FIRMĚ GEA LVZ LIBEREC, A.S.

ANOTACE:

Tato diplomová práce shrnuje informace o metodice zavádění štlhlé výroby. Zabývá se rozboem výrobních procesů, jejich analýzou, návrhem opatření a realizací nápravy.

Popisuje postup při optimalizaci výrobního procesu ve společnosti GEA LVZ Liberec, a.s.

STREAMLINING THE PRODUCTION OF AIR CONDITIONING UNITS IN THE COMPANY GEA LVZ LIBEREC, A.S.

ANNOTATION:

This diploma thesis gives information about the methods of implementing Lean production. Deal with production processes and studying it, their analysis, design and implementation rectification.

Describes practice how to optimize the manufacturing process in GEA LVZ Liberec, a.s.

Klíčová slova: Value Stream Mapping, štlhlá výroba, výrobní proces

Zpracovatel: TU v Liberci, KVS

Dokončeno: 2011

Archivní označení zprávy:

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 30.12.2010

Podpis:.....

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury pod vedením vedoucího a konzultanta.

V Liberci 30.12.2010

.....

Poděkování

Úvodem diplomové práce bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Dr. Ing. Františku Manligovi za odborné vedení a poskytnuté rady při realizaci této diplomové práce, dále bych chtěl poděkovat i kolegům ze společnosti GEA LVZ, a.s., za jejich věnovaný čas, věcné připomínky a výbornou spolupráci.

Také velké díky patří mé rodině a blízkým za jejich trpělivost a podporu během celého studia.

V Liberci 30.12.2010

.....

Obsah

Obsah.....	8
Seznam použitých značek a symbolů.....	10
1. Úvod.....	11
2. Teoretická část.....	12
2.1. Metody zlepšování procesů.....	12
2.1.1. Plýtvání.....	13
2.1.2. Six Sigma.....	15
2.1.3. Mapování hodnotového toku – Value Stream Mapping.....	16
2.1.3.1. Materiálový a informační tok.....	17
2.1.3.2. Postup při mapování hodnotového toku.....	17
2.1.4. Procesní analýza.....	21
2.1.5. Paretova analýza.....	23
2.2. Logistika.....	24
2.2.1. Just In Time (JIT).....	25
2.2.2. One piece flow.....	26
2.2.3. Spaghetti diagram.....	28
2.2.4. Kanban.....	28
3. Praktická část.....	30
3.1. Představení společnosti GEA LVZ Liberec a.s.	30
3.1.1. Výroba.....	30
3.1.2. Hospodářské výsledky.....	31
3.1.3. Klimatizační jednotky.....	31
3.2. Charakteristika diplomové práce.....	32
3.2.1. Cíle diplomové práce.....	33
3.2.2. Časový plán.....	33
3.3. Současný stav výroby.....	34
3.3.1. Layout výrobní haly.....	34
3.3.2. Jednotlivé provozy.....	35

3.3.2.1. Lisovna.....	35
3.3.2.2. Vysekávání.....	36
3.3.2.3. Ohýbání.....	37
3.3.2.4. Předmontáž.....	38
3.3.2.5. Montáž.....	38
3.3.3. Sortiment a zásobování montážní linky.....	39
3.3.4. Specifikace klimatizační jednotky.....	40
3.3.5. Ekonomické ukazatele výroby.....	41
3.3.6. Identifikace vybraných dílů.....	43
3.3.7. Systém plánování.....	45
3.4. Grafické vyhodnocení současného stavu.....	47
3.5. Identifikace kritických míst současného stavu a jejich analýza.....	57
3.6. Návrh opatření na zlepšení současného stavu.....	58
3.6.1. Opatření 1 - <i>Optimální výrobní dávky</i>	59
3.6.2. Opatření 2 - <i>Just-in-time</i>	60
3.6.3. Opatření 3 – <i>Konstrukční úpravy</i>	61
3.6.4. Opatření 4 – <i>Softwarové podpora pro plánování výroby</i>	62
3.6.5. Opatření 5 – <i>Flexibilní prostředky pro přepravu dílů</i>	62
3.6.5.1. Stanovení velikosti a kapacity transportních vozíků.....	62
3.6.5.2. Stanovení počtu vozíků a velikosti parkovací plochy.....	64
3.6.5.3. Stanovení bezpečnostních zásob.....	65
3.7. Porovnání současného stavu s navrhovaným řešením.....	67
3.8. Zavedení navrhovaných opatření.....	68
4. Závěr a zhodnocení.....	69
Seznam obrázků.....	70
Seznam tabulek.....	72
Seznam grafů.....	72
Seznam použité literatury.....	73
Seznam příloh.....	75

Seznam použitých zkratk a symbolů

VSM	Value Stream Mapping (mapování hodnotového toku)
TPS	Toyota Production System
JIT	Just in Time
Six Sigma	Metodika neustálé zlepšování procesů
PIN	Plýtvání, iracionalita, nejednotnost
OPF	One Piece Flow (Tok jednoho kusu)
VA / NVA	Value Added / No Value Added (Přidávající / Nepřidávající hodnotu)
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control (Definuj, Měř, Analyzuj, Zlepšuj, Ověřuj)
ISP	Informační systém podniku

1. Úvod

V současnosti, v době stále přetrvávající ekonomické krize, která nepříznivě zasáhla drtivou většinu firem a podniků, se přirozeně všechny subjekty snaží obsadit co možná největší podíl na trhu a čelí tak obrovské konkurenci. S tím samozřejmě souvisí tlak na snižování cen výrobků ze strany koncových zákazníků a nutí tak dodavatele hledat možnosti ke snižování výrobních nákladů. Ceny vstupů, jako jsou např. materiál, pracovní síla, energie, strojní zařízení, se však neustále zvyšují. Jednou z možností, jak současné nelehké situaci čelit je optimalizace výrobního procesu tak, aby se minimalizovaly prostoje ve výrobě, efektivně se využívala výrobní kapacita strojů, zařízení a pracovní síly ve výrobě, což by v důsledku vedlo právě k tíženému snížení výrobních nákladů.

Cílem řešitele daného problému je nalézt právě taková řešení, která minimalizují plýtvání a optimalizují proces. Každý má samozřejmě na danou situaci odlišný úhel pohledu a je proto možné stále nacházet nové a nové náměty ke zlepšení. Výrobní procesy v konkrétním podniku lze zlepšit mimo jiné i aplikací moderních metod průmyslového inženýrství, respektive použitím Lean nástrojů.

Tato diplomová práce aplikuje metody a nástroje štlé výroby při řešení zefektivnění výroby klimatizačních jednotek ve firmě GEA LVZ, a.s.

2. Teoretická část

V rámci teoretické části jsou v jednotlivých kapitolách popsány metody průmyslového inženýrství, které se zaměřují na optimalizaci procesu. Tyto metody se neustále vyvíjejí, proto je důležité, je znovu a znovu přizpůsobovat požadavkům, strategiím a vizím jednotlivých firem. Popsané metody byly použity v praktické části diplomové práce.

2.1. Metody zlepšování procesů

Štíhlý výrobní systém – Lean, je komplexní systém založený na neustálém zlepšování procesů za účelem maximální eliminace ztrát. Lean je znám jako výrobní systém Toyota (TPS) a je spojován s termíny jako je buňkové uspořádání, tahový systém, výroba Just In Time, plynulý tok, teorie omezení, vizuální management, rychlé změny (SMED), 5S a v neposlední řadě Six Sigma [2].

Základní jednotkou štíhlého výrobního podniku je proces. Proces můžeme charakterizovat jako činnost, která má vstupy a výstupy, konkrétně je souhrnem zpracovatelských, manipulačních, kontrolních a řídicích činností, jejichž účelem je měnit tvar, rozměry, složení, jakost a spojení výchozích materiálů a polotovarů podle požadavků na výstupy – produkty výroby.

Každý výrobek prochází během zpracovatelského procesu čtyřmi fázemi:

- zpracováním
- kontrolou
- přepravami
- stáním v zásobách [2]

V pojetí Toyoty se štíhlý výrobní systém neomezuje jen na fáze zpracovatelského předmětu, ale je zaměřen na eliminaci tzn. sedmi druhů ztrát (viz obrázek 1), které se dotýkají ať dalších prvků procesu, tak i lidí a výrobních zařízení.

2.1.1. Plýtvání

Plýtvání je vše co nepřidává produktu hodnotu anebo ho nepřibližuje zákazníkovi. Opakem plýtvání je práce s nárůstem hodnoty nebo práce přibližující produkt zákazníkovi (je to ta činnost, za kterou je zákazník ochoten zaplatit).

Plýtvání rozlišujeme na zjevné a skryté, přičemž skryté plýtvání je velmi často představováno činnostmi, které je za současného stavu sice nutné vykonat, ale přitom by mohly být tyto činnosti eliminovány nebo redukovány zlepšením pracovní metody či zlepšenou organizací. Za skryté plýtvání potom považuje činnost, jako jsou výměna nástrojů, kontrola dílů, transport dílů, vybalování dílů, čekání na informaci apod. [3]

Sedm druhů plýtvání + 1 navíc [1]

- nadvýroba

Vzniká v případě výroby položek, na něž nejsou objednávky, a která vyvolává ztráty v podobě přezaměstnanosti, skladovacích a dopravních nákladů v důsledku nadměrných zásob.

- čekání

Nastává, když např. pracovník musí postávat a čekat na další krok zpracovatelského procesu, nástroj, dodávku, součást atd. Popřípadě nemá-li pracovník co dělat v důsledku vyčerpání zásob, četných zpoždění procesu, prostojů, poruch zařízení a kapacitních problémů.

- doprava nebo přemísťování, které nejsou nezbytné

Rozložení pracovního procesu na velkou vzdálenost, vyvolání potřeby neefektivní přepravy, přesunu materiálu, dílů nebo hotového zboží do skladu či mezi procesy

- nadměrné či nepřesné zpracování

Neefektivní zpracovávání vinou špatných nástrojů a chybného konstrukčního řešení výrobku, které jsou příčinou zbytečných pohybů a způsobují vady.

- *nadbytečné zásoby*

Nadbytečné zásoby surovin, rozpracované výroby či hotové zboží bývají příčinou delších průběhových dob, poškození zboží, dopravních a skladovacích nákladů a prodlev. Mohou zakrývat i problémy, jako jsou nevyváženost výroby, vady, prostoje zařízení a dlouhé seřizovací časy.

- *zbytečné pohyby*

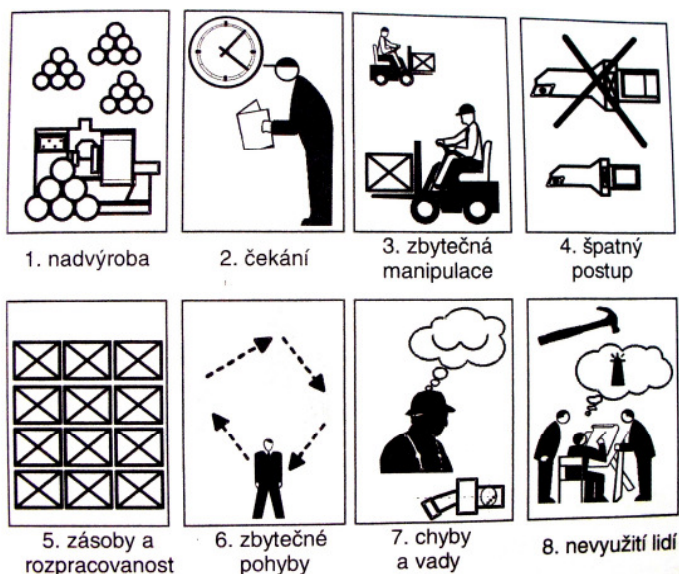
Každý ztrátový pohyb, který zaměstnanci musí vykonávat při práci, jako je vyhledávání dílů, nástrojů atd., natahování se pro ně nebo jejich urovnávání či skládání na sebe. Ztrátou je také zbytečná chůze.

- *vady*

Výroba vadných dílů či jejich úprav. Opravy, předělávky, vyřazené zmetky, náhradní výroba, kontrola a dohled znamenají ztrátovou manipulaci, ztrátové časy a zbytečné úsilí.

- *nevyužití schopností lidí*

Ztráty času, nápadů, dovedností, nových zlepšení a příležitostí k učení v důsledku toho, že se zaměstnavatel nezajímá o své zaměstnance nebo jim nenaslouchá.



Obr. 1 Druhy plýtvání [4]

2.1.2. Six Sigma

Six Sigma je nástroj určený pro zvyšování kvality procesů, firmy jako celku. Je zaměřený na vyhledávání slabých míst, jejich odstraňování. Klade si za cíl rovněž pomoci snížit náklady firemních procesů a zvýšit zisk. [6]

Filosofie six Sigma poskytuje společností způsob, jak dělat méně chyb ve všech svých činnostech (od vyplnění objednávky až po tu nejsložitější výrobu), eliminováním neshod dříve, než se objeví.

Pro zavádění Six Sigma je využíván model DMAIC (viz obrázek 2), který je i základním rámcem pro projekty implementace metodiky Six Sigma v organizaci. Metoda DMAIC vznikla v 80. letech 20. století ve společnosti Motorola a je zaměřena na snižování defektů, které v procesech obecně vznikají. DMAIC je zkratka vzniklá z prvních pěti písmen anglických slov popisujících jednotlivé kroky metody: Define, Measure, Analyze, Improve, Kontrol, v překladu pak: Definuj, Měř, Analyzuj, Zlepšuj, Ověřuj. Tato metoda poskytuje standardizovaný přístup k vedení a realizaci zlepšovacích projektů. Popis jednotlivých fází DMAIC: [7]

Define (Definuj)

- výběr projektu,
- definování cílů, termínů a týmů

Measure (Měř)

- měření současného plnění cílů
- zpracování mapy procesu
- co nejjednodušší popis současného stavu

Analyze (Analyzuj)

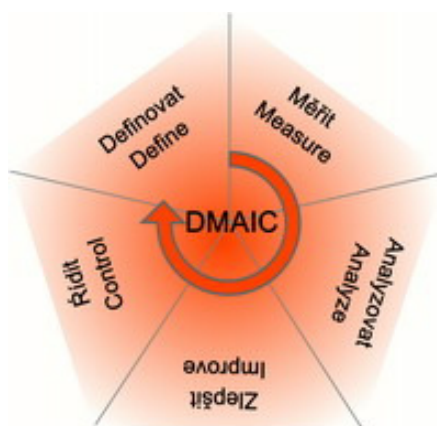
- určení klíčových příčin problému
- porovnání cílového stavu se současným, hledání příčiny odchylek

Improve (Zlepšuj)

- návrh zlepšení
- stanovení kritérií a priorit řešení
- realizace vybraných zlepšení

Control (Řid)

- řízení zlepšeného procesu
- zabezpečení trvalého udržení nově nastaveného procesu



Obr. 2 Popis pěti základních fází DMAIC [6]

2.1.3. Mapování hodnotového toku – Value Stream Mapping [4, 5]

Jedná se o analytický nástroj pro mapování hodnotového toku, zkr. VSM (z angl. Value Stream Mapping), ve výrobních i administrativních procesech. Cílem této metody je podrobně zakreslit současný stav (zmapování materiálových a informačních toků v podniku) toku hodnoty podnikem, identifikovat možné příčiny zbytečného plýtvání, tyto příčiny odstranit a navrhnout stav budoucí „ideální“.

Podle hodnotového managementu je hodnota definovaná jako poměr mezi užitečnými vlastnostmi produktu a náklady. Z hlediska štíhlé výroby je hodnota „to, za co je zákazník ochotný zaplatit“. Zde je možné vidět dva různé úhly pohledu:

- zájmem zákazníka je koupě takové hodnoty, za jakou je ochoten zaplatit
- podnik se snaží získat co nejvyšší zisk

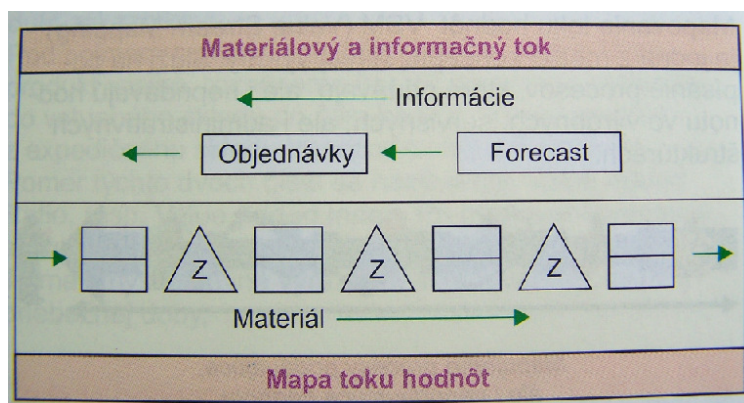
Pokud budou tyto dvě pravidla v rovnováze, podnik bude stále konkurenceschopný. Hodnota je vyjádřena vzorcem 1 [10].

$$\text{Hodnota} = \frac{\text{Užitečné vlastnosti produktu}}{\text{Náklady}} \quad (1)$$

Hodnotový tok (value stream) je souhrn všech aktiv v procesech, které umožňují vlastní transformaci materiálu na produkt, který má hodnotu pro zákazníka [8]. Mapování hodnotového toku vychází z konceptu štíhlé výroby. Popisuje procesy ve výrobě, servise a administrativě, které přidávají hodnotu a i ty, které hodnotu nepřidávají. Hlavním záměrem mapování je sledovat cestu materiálu od zákazníka k dodavateli a vizuálně znázornit reprezentanty každého procesu v materiálovém a informačním toku.

2.1.3.1. Materiálový a informační tok

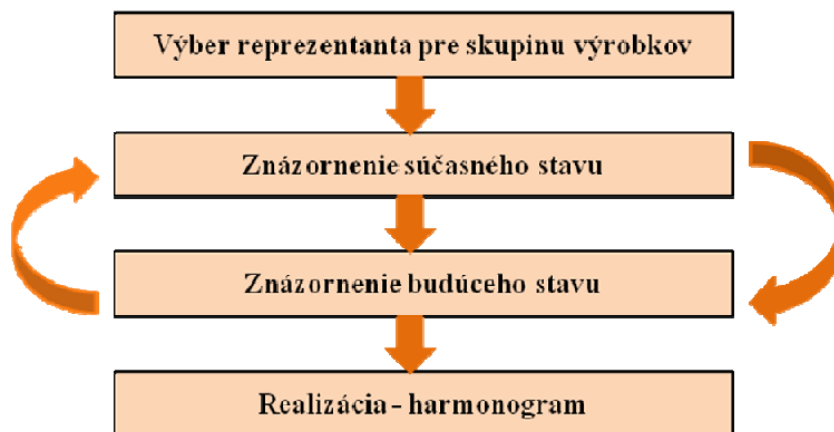
Při mapování hodnotového toku je důležité nakreslit mapu pro materiálový a také informační tok. Těmto tokům je ve štíhlé výrobě věnována stejná důležitost. Výsledná mapa bude ve spodní části obsahovat materiálový tok včetně všech specifikací a v horní části bude informační tok (viz obrázek 3).



Obr. 3 Materiálový a informační tok [8]

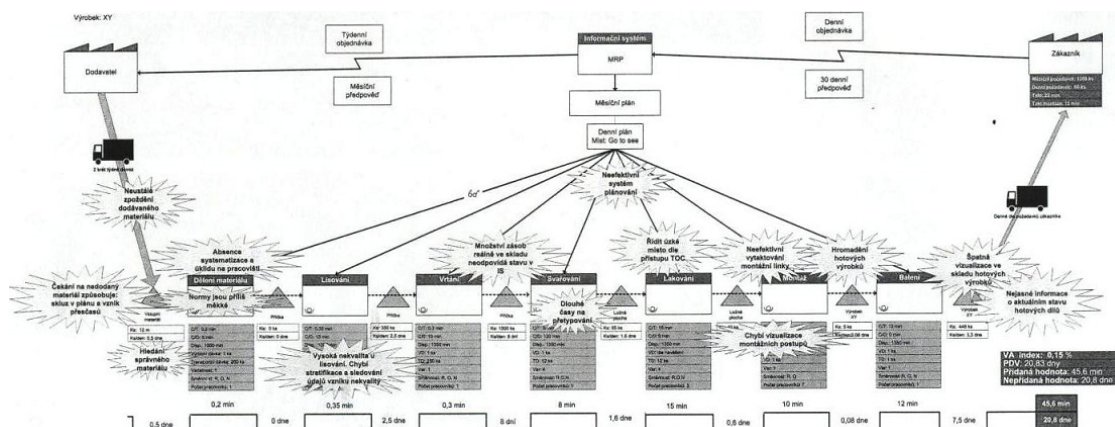
2.1.3.2. Postup při mapování hodnotového toku

Mapování hodnotového toku na obrázku 4 popisuje základní a také nezbytné kroky pro efektivnost nástroje.



Obr. 4 Postup při mapování hodnotového toku [8]

Prakticky se do mapy hodnotového toku zakreslí dodavatel daného procesu, kterým může být jak externí firma, tak interní oddělení společnosti. Dále se zanesou všechny po sobě jdoucí kroky procesu a přidají se k nim hodnoty, které jsou u tohoto procesu považovány za klíčové, např. velikost zásob, délka čekání mezi jednotlivými procesními kroky, doba trvání každého kroku, atd. Následně je do mapy zanesen zákazník a tím je ukončena část týkající se zakreslení toku materiálu. Poté jsou zakresleny toky informací od zákazníka k firmě, od firmy k dodavateli a také ty informační toky uvnitř firmy, které se daného procesu týkají. Praktická ukázka mapy hodnotového toku je uvedena na obrázku 5. Ikony, které se používají při kreslení a jsou patrné na obrázku 6 (a, b, c).



Obr. 5 Ukázka mapy hodnotového toku [11]

Externé zdroje 	Proces 	Dáta o procese 	Zásoby
Transport 	Tok hotových výrobkov 	Pohyb tlakom 	Pohyb ťahom
Supermarket 	Vyrovnávacia zásoba 	Bezpečnostná zásoba 	

Obr. 6 a) Ikony pro materiálový tok [8]

Manuálne informovanie 	Elektronická informácia 	Typ informácie 	Inventúrne plánovanie
Výrobný kanban 	Depravný kanban 	Signálny kanban 	Kanbanová schránka
Heijunka 	Heijunka-správce 	FIFO 	Výrobný mix

Obr. 6 b) Ikony pro informační tok [8]

Operátor 	Výrobná bunka 	Počítačová podpora 	Príležitosť k zlepšeniu
VA-linka 			

Obr. 6 c) Všeobecné ikony a symboly [8]

Mapování toku hodnot se zaměřuje na záznam:

- času, který přidává hodnotu
- průběžné doby, při které produkt vzniká
- poměru času přidané hodnoty a průběžné doby
- počtu procesních kroků, kde vzniká hodnota
- celkového počtu procesních kroků

Při zkoumáním efektivnosti procesů, při kterých se tvoří užitná hodnota, se používá definice (viz vzorec 2):

$$VA - index = \frac{\text{čas, kdy je výrobku přidávána hodnota}}{\text{průběžná doba výroby}} \quad (2)$$

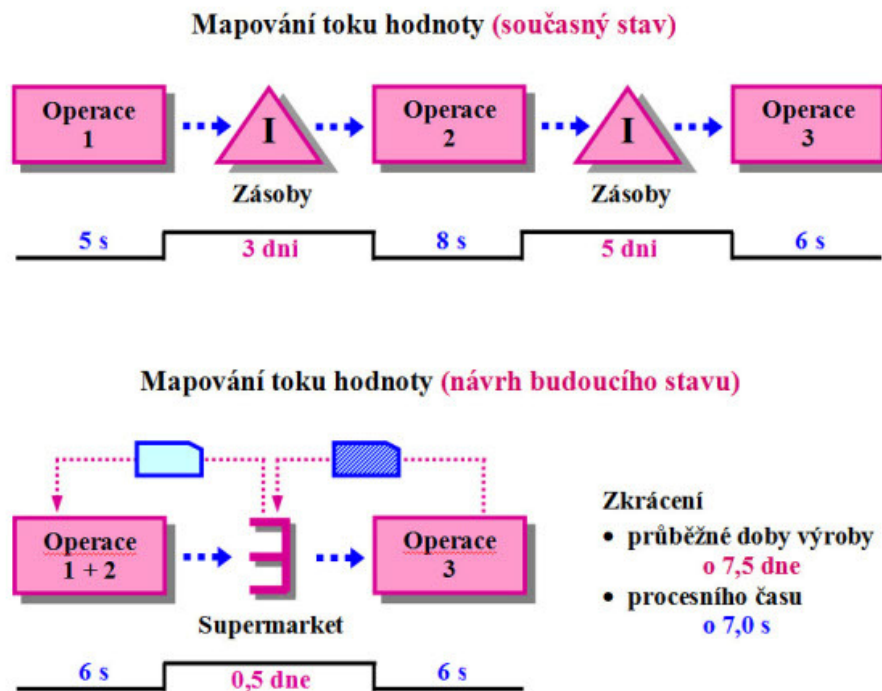
Poměr těchto dvou čísel se nazývá Value Added Index. Při mapování procesů se musíme snažit hodnotu tohoto indexu zvyšovat. Toho je možné dosáhnout snižováním celkové průběžné doby. Praktický příklad je znázorněn na obrázku 7.

Čas kdy je výrobku přidávána hodnota

vyjadřuje čas, kdy probíhají aktivity, při kterých výrobek mění své fyzikální nebo chemické parametry. Současně je možné sem zařadit také aktivity, které přibližují výrobek zákazníkovi a mezi ně patří optimalizované transportní časy.

Průběžná doba výroby

vyjadřuje dobu trvání vzniku výrobku. Je tím myšlený čas od navezení materiálu do skladu po čas, kdy je hotový výrobek z expedičního skladu dodaný zákazníkovi. [8]



Obr. 7 Mapování hodnotového toku [12]

2.1.4. Procesní analýza [5]

Jedná se o jednu ze základních metod pro mapování procesů v podniku. Jde o analytickou metodu popisující účinnost a výkonnost kritických operací obsahujících větší podíl přesunu, čekání a překážek. Jejím hlavním zaměřením je vyhledávání a eliminace plýtvání, iracionality a nejednotnosti v procesech (PIN) a mezi jednotlivými kroky procesu.

Hlavní náplní procesní analýzy je sledování toku procesu a hledání cest ke zlepšení daného toku. Definuje také místa hladkého toku procesu a místa s problémy.

Výstupem je procesní diagram (viz obrázek 8), který je grafickým znázorněním sledu aktivit pomocí standardizovaných symbolů: operace, čekání, kontrola, skladování a transport:

- Operace – změna tvaru daného materiálu, polotovaru, produktu
- ➡ Transport – změna umístění materiálu, polotovaru, produktu
- ▽ Skladování – plánované shromažďování materiálů, polotovarů a produktů
- D Čekání – neplánované shromažďování materiálů, polotovarů a produktů
- Kontrola množství
- ◇ Kontrola kvality

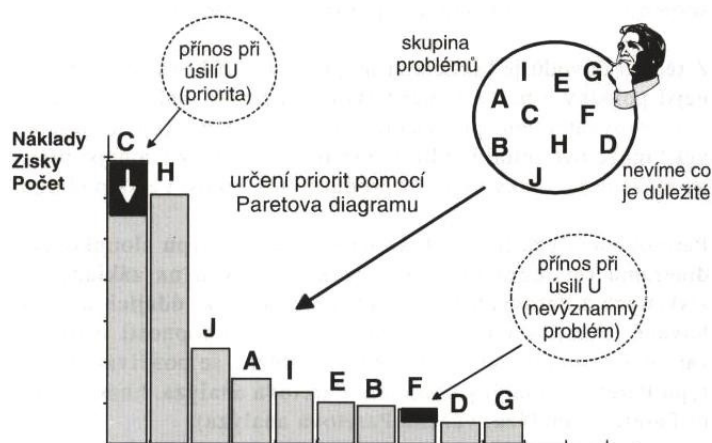
č.	činnost	operace	transport	kontrola	skladování	čekání	vzdálenost (m)	doba trvání (min)	počet pracovníků
1	Vykládka kamionu - příjem zboží	○						0,25	0,5
2	transport		➡				10		
3	skladování				▽			7689	
4	transport		➡				8		
5	skladování				▽			456	
6	transport		➡				35		
7	soustružení	○						4,7	1
8	transport		➡				26		
9	skladování				▽			1211	
10	transport		➡				10		
11	frézování	○						3,6	1
12	transport		➡				12		
13	skladování				▽			3456	
14	transport		➡				36		
15	montáž	○						5,2	0,5
16	transport		➡				2		
17	skladování				▽			1456	
18	transport		➡				5		
21	skladování				▽			457	
22	kontrola (100%)			◇				1,5	1
	transport		➡						
	skladování				▽				
	balení, expedice	○							1
	Celkem: - četnost	5	10	1	7	0			5
	- součet času (min)							14740,25	
	- vzdálenost (m)						144		

Obr. 8 Ukázka procesní analýzy [5]

2.1.5. Paretova analýza [10]

Paretova analýza patří mezi nástroje umožňující identifikovat prioritní problémy, protože ne všechny problémy mohou být řešeny současně. Z hlediska produktivity i jakosti platí, že více než 50% nedostatků je velmi často následkem jedné příčiny (Paretův zákon tento poměr vyjadřuje ve smyslu, že 80% výskytu nějakého jevu je spojeno s 20% souvisejících položek nebo příčin). Odstranění nejvýznamnější příčiny může dramaticky vylepšit produktivitu, jakost i zisk podniku.

Paretův diagram má tvar sloupkového diagramu, kde by tyto sloupky měli být kresleny v sestupném pořadí (od největšího po nejmenší), tak aby reprezentovali četnosti porovnávaných vstupů. Postup zpracování Paretova diagramu pro oblast zlepšení zobrazen na obrázku 9.



Obr. 9 Paretova analýza [10]

Představený Paretův diagram je nástrojem, který umožní každému, kdo ho efektivně využívá, získat následující přínosy: [10]

- identifikace nejvýznamnější příčiny daného problému
- efektivní ilustrace přínosů procesu zlepšování
- poskytnutí pomocí jednoduchého principu argumentů pro pracovníky, kteří mají nějaký nápad jak zlepšit stávající procesy, ale chybí jim argumenty.

ABC analýza

Vlastní ABC analýza vychází z Paretova pravidla (tzv. pravidlo 80 / 20), velmi často zhruba 80 % důsledků vyplývá přibližně z 20 % počtu všech možných příčin. Uvedená čísla 80 % a 20 % neplatí absolutně; vyjadřují pojmy „hodně“ a „málo“. V konkrétních případech budou více či méně odlišná.

2.2. Logistika

Logistika zahrnuje organizaci, plánování, řízení a výkon toků zboží. Vývojem a nákupem počínaje, výrobou a distribucí podle objednávky finálního zákazníka konče. Tak aby byly splněny všechny požadavky trhu při minimálních nákladech a při minimálních kapitálových výdajích. Logistika je významným faktorem konkurenceschopnosti.

Plynulý materiálový tok má klíčový vliv na konečné náklady výrobku, protože logistika může tvořit až 70% z celkových nákladů. Proto efektivní a správně pracující interní materiálový tok je velmi důležitou a nedílnou součástí zásobovacího řetězce. Velikost výrobních dávek, rozpracovanost, průběžná doba a využití kapacit výrobních linek jsou důležité faktory interní logistiky, které je potřeba vzájemně respektovat. [13]

Logistické náklady

Základní rovnice, od které se veškerá činnost výrobních i obchodních společností odvíjí:

$$\text{náklady} + \text{zisk} = \text{cena}$$

se mění na:

$$\text{cena} - \text{náklady} = \text{zisk}$$

„Chce-li podnik přežít, musí své náklady snížit tak, aby dosáhli maximálně hodnoty ceny zboží.“ [14]

V logistických systémech se snažíme pomocí vhodných metod přístupů a řídicích procedur vybrat a uspořádat jednotlivé operace tak, aby optimálně fungovaly. Mezi jedny z nejdůležitějších logistických metod patří just in time (JIT) a kanban. [14]

2.2.1. Just in Time (JIT) [15, 16]

Just in time (JIT) je výrobní filozofie, při jejímž uplatňování jsou materiál, díly a výrobky vyráběny, dopravovány a skladovány tehdy, kdy je výroba nebo zákazník vyžadují. Jinými slovy vyrábíme „správný výrobek“, který dodáváme „ve správném množství, správné době, ve správném čase, na správném místě a za správnou cenu“.

Výhody, které JIT přináší, jsou: [15]

- 50-90% snížení zásob
- 15-40% snížení nákladů na prodej
- 40-80% snížení času změn
- 30-60% zmenšení ploch
- 50-90% zvýšení jakosti

Nosnou myšlenkou JIT je odstraňování plýtvání ve všech jeho podobách. Podmínky, které by měli být splněny pro zavedení JIT: [15]

- plánovat a vyrábět na objednávku
- vyrábět malé série
- eliminovat plýtvání
- zajistit plynulé materiálové toky
- zajistit stabilní vysokou jakost
- systém musí respektovat všichni pracovníci
- eliminovat prostoje
- udržovat jasnou strategii

Jedním ze základních principů této koncepce je princip tahu. Znamená to, že všechny základní činnosti jsou vykonávány přesně tehdy, kdy to odpovídá požadavkům odvozeným od parametrů objednávek. Když se tento princip uplatní na všech operacích výrobního procesu, vzniká nová logika organizace materiálového toku.

Nejefektivnější formou filozofie Just-in-time je pak filozofie One piece flow – jednokusový tok.

2.2.2. One piece flow [17]

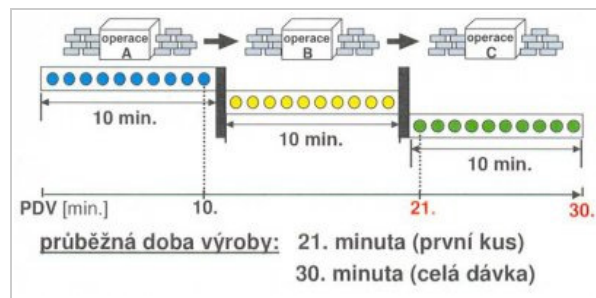
OPF (One Piece Flow) = **Tok jednoho kusu**

Způsob výroby, při kterém výrobek prochází jednotlivými operacemi procesu bez přerušování a čekání. V daný časový okamžik je tedy vyráběn na příslušné operaci pouze jeden výrobek, který je bezprostředně předán na operaci následující. Protikladem toku jednoho kusu je výroba v dávkách.

Tok jednoho kusu versus výroba v dávkách

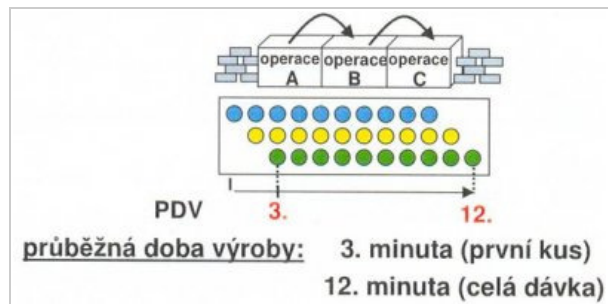
Praktickou ukázkou rozdílu mezi dávkovou výrobou a tokem jednoho kusu znázorňují obrázky 10 a 11. Jedná se o jeden druh výrobku, který prochází třemi fázemi, kdy se na výrobku pracuje. Každá fáze trvá jednu minutu. Na obrázku 10 se vyrábí po dávkách deseti kusů, znamená to, že až po dokončení operace A na všech výrobcích se může začít s operací B a následně s operací C. Z čehož vyplývá, že první kus může být hotov nejdříve za 21 minut. Na rozdíl u toku jednoho kusu, jež znázorňuje obrázek 11, kde po provedení operace A na prvním kusu se pokračuje hned s operací B a následně C. První výrobek je tedy hotov za 3 minuty.

Výroba v dávkách



Obr. 10 Výroba v dávkách [17]

Tok jednoho kusu



Obr. 11 Tok jednoho kusu [17]

Přínosy toku jednoho kusu:

- snížení rozpracovanosti výroby,
- snížení průběžné doby výroby,
- rychlejší identifikace nekvality,
- redukce výrobních ploch,
- identifikace úzkého místa v procesu.

2.2.3. Spaghetti diagram

Spaghetti diagram je velice jednoduchý nástroj pro optické znázornění a zachycení toku materiálu, informací nebo pohybu pracovníka. Sledovaný objekt mapujeme v jednotlivých fázích, tedy na pracovišti či jeho zastávkách.

K vytvoření diagramu stačí pouze překreslený layout v určitém měřítku a návštěva sledovaného pracoviště nebo procesu. Určité rozšíření skýtá diagram v tom, že se objektu přiřazují ураžené vzdálenosti. Z těchto údajů je pak vidět složitost a namáhavost procesu. Velice často se také tento nástroj využívá v kombinaci s časovým snímkem pracovníka, kdy ho pomáhá lépe vyhodnotit.

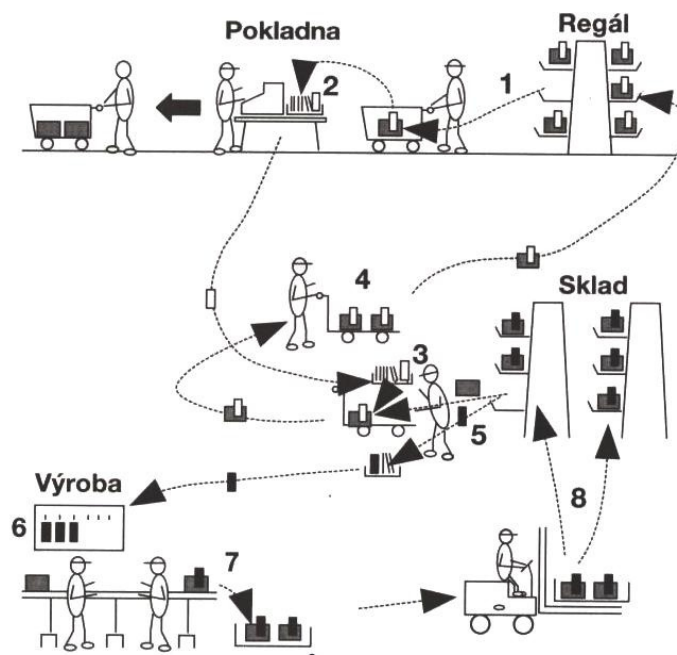
Největší síla spaghetti diagramu tkví v jeho jednoduchosti, protože díky přehledné formě jsou jasné a zřetelně vidět výsledky analýzy.

2.2.4. Kanban [15]

Kanban zajišťuje „tah“. Výroba „právě v čas“ znamená, že potřebné díly jsou vyráběny v požadovaném množství a čase. Při realizaci takového plynulého toku pomáhá zkracování přípravných časů, buňkové uspořádání orientované na výrobek, výroba na principu jednoho kusu multiprofesním personálem a vyvážená výroba ve výrobním mixu.

Kanban (japon. *kanban* = oznamovací karta). Je také nástrojem pro zlepšování procesů. Jednotlivé procesy na sebe musí navazovat tak, jako by byly pomocí neviditelných dopravních pásů vzájemně spojeny. Ideálním cílem je rovnoměrný tok materiálu vlastním podnikem i dodavatelskými podniky.

Pro lepší pochopení principu kanbanu je uveden tento popis, který je přirovnán k supermarketu, znázorněno obrázkem 12.



Obr. 12 Princip systému kanban [15]

- zákazník si z regálu vezme požadované zboží
- na pokladně jsou ze zboží sejmuty dopravní karty a položeny do skříňky (pošta kanban)
- dopravní karty jsou poslány do skladu
- poté, co je ze skladu odebráno zboží potřebné pro naplnění regálů, jsou dopravní karty vyměněny za karty výrobní, které se nacházeli na zboží
- výrobní karty jsou shromažďovány ve schránce (jiná kanbanová pošta)
- zboží je nyní dovezeno do supermarketu a s dopravními kartami postaveno do regálů
- výrobní karty jsou dodány zpět do továrny, kde se nyní vyrobí přesné množství stanovené pomocí výrobních karet
- když je výroba ukončena, jsou na nově vyrobeném zboží umístěny výrobní karty
- zboží je dáno do skladu a tím se cyklus uzavře [15]

3. Praktická část

Praktická část obsahuje vytyčení cílů diplomové práce a přiblížení současného stavu výroby klimatizačních jednotek. Zabývá se aplikací metod průmyslového inženýrství pro zlepšení vybraných pracovních procesů.

3.1. Představení společnosti GEA LVZ Liberec, a.s. [18]

Výroba vzduchotechniky má v Liberci dlouholetou tradici. První informace o výrobě ventilátorů pro kovářské výhně najdeme v historických materiálech z roku 1906.

Moderní historie se však datuje od roku 1992, kdy byly založeny Liberecké vzduchotechnické závody, a.s. V rámci procesu velké privatizace se tato akciová společnost stala součástí nadnárodního koncernu GEA, který je v současné době majoritním vlastníkem firmy.

3.1.1. Výroba

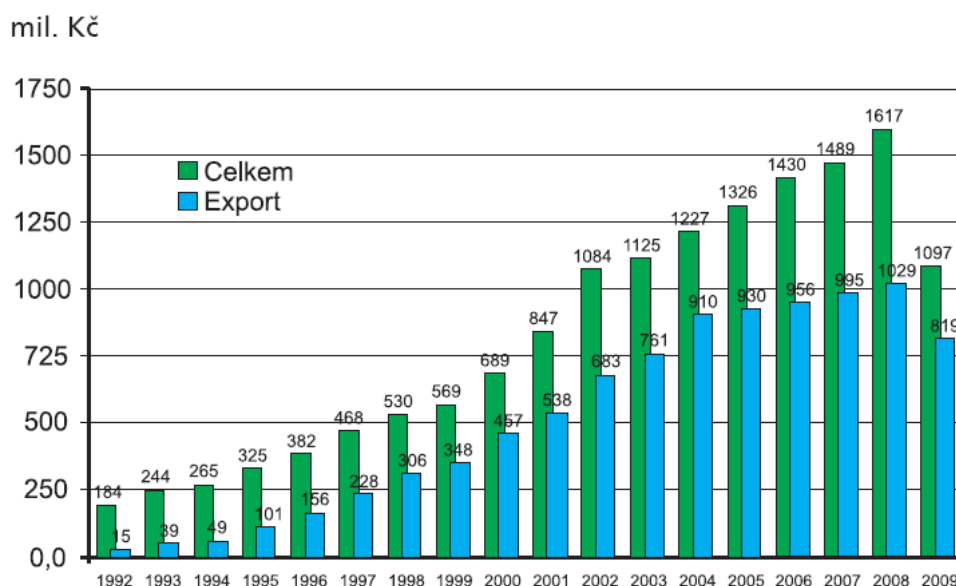
Firma je orientována na výrobu lehké vzduchotechniky, kde zaujímá vedoucí místo na českém trhu. Hlavními partnery jsou dodavatelské firmy v oblasti vzduchotechniky, topení a chlazení.

Kromě dodávek na český trh zajišťuje výrobu a dodávky klimatizačních jednotek, ventilátorů, vytápěcích jednotek, rekuperačních jednotek, dveřních clon, čistých prostorů a filtrů pro celoevropskou prodejní síť GEA. S výrobky se můžete setkat např. v Německu, Anglii, Francii ale i na dálném východě v Rusku. Exportuje se do 32 zemí světa. Počet zaměstnanců je v současné době cca 340.



Obr. 13 Letecký snímek GEA LVZ, a.s. [18]

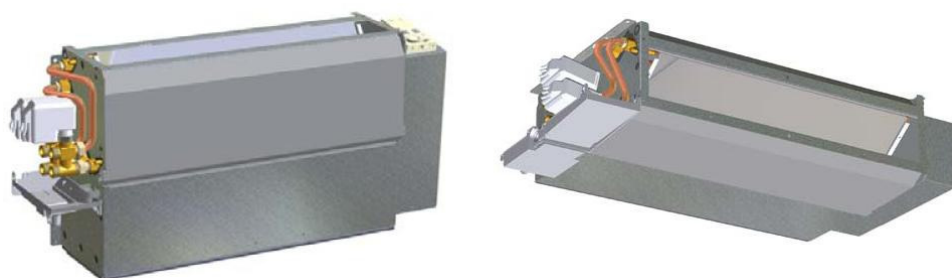
3.1.2. Hospodářské výsledky



Graf 1 Hospodářské výsledky 1992-2009 [18]

3.1.3. Klimatizační jednotky

Klimatizační jednotky řady GEKO pro decentralizovaný systém, které jsou určeny pro klimatizaci v obytných prostorech, hotelech, kancelářích apod. slouží pro funkci topení, chlazení, větrání, filtrace. Lze je montovat jako podstropní nebo nástěnné (viz obrázek 14), pro zabudování do mezistropu nebo parapetu, s opláštěváním (viz obrázek 15) nebo bez opláštěvání.



Obr. 14 Nástěnná a podstropní klimatizační jednotka [18]

Vyrábějí se v široké velikostní výkonové řadě s velkou škálou příslušenství na straně vzduchu a s různými možnostmi vybavení a variant. Využitím různých typů regulátorů je možné dosáhnout optimálního napojení na techniku v budově. Různé provedení klimatizačních jednotek zaručuje vhodný typ pro individuální potřeby zákazníka.



Obr. 15 Klimatizační jednotky s opláštěváním [18]

3.2. Charakteristika diplomové práce

Cílem této diplomové práce je snaha zefektivnit výrobu klimatizačních jednotek se zaměřením na výrobní proces. Pomocí metod Lean Production a jejich vhodným využitím najít řešení pro celkovou optimalizaci výrobních procesů. Dále bezproblémový průběh transportu a odstranění plýtvání při činnostech souvisejících se zásobováním jednotlivých pracovišť.

3.2.1. Cíle diplomové práce

Jednotlivé dílčí kroky diplomové práce, které vedly k efektivnímu řešení a zlepšení výrobního procesu, jsou stanoveny pomocí metody DMAIC.

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. krok: (<i>Definovat</i>) | Definovat současný stav výroby |
| 2. krok: (<i>Měřit</i>) | Graficky vyhodnotit současný stav |
| 3. krok: (<i>Analyzovat</i>) | Identifikovat kritická místa |
| 4. krok: (<i>Zlepšovat</i>) | Vytvořit nový návrh řešení |
| 5. krok: (<i>Řídit</i>) | Zavést zlepšení a aplikovat nápravná opatření |

3.2.2. Časový plán

Průběh diplomové práce je definován časovým plánem na obrázku 16, který vychází z jednotlivých předem daných kroků. Začíná seznámením s cílem práce a spolupracovníky, následuje získáváním teoretických poznatků o daných procesech. Dále se zaměřuje na analýzu současného stavu a vytvoření návrhu pro zlepšení výroby. Pokračuje zpracováním návrhu a aplikací ve výrobním procesu.

Cíle projektu	Časová osa							
	Červen	Červenec	Srpen	Září	Ríjen	Listopad	Prosinec	Leden
Seznámení s cílem práce								
Získání teoretických poznatků								
Analýza současného stavu								
Grafické vyhodnocení								
Vytvoření návrhu zlepšení								
Aplikace ve výrobním procesu								
Zhodnocení a odevzdání								

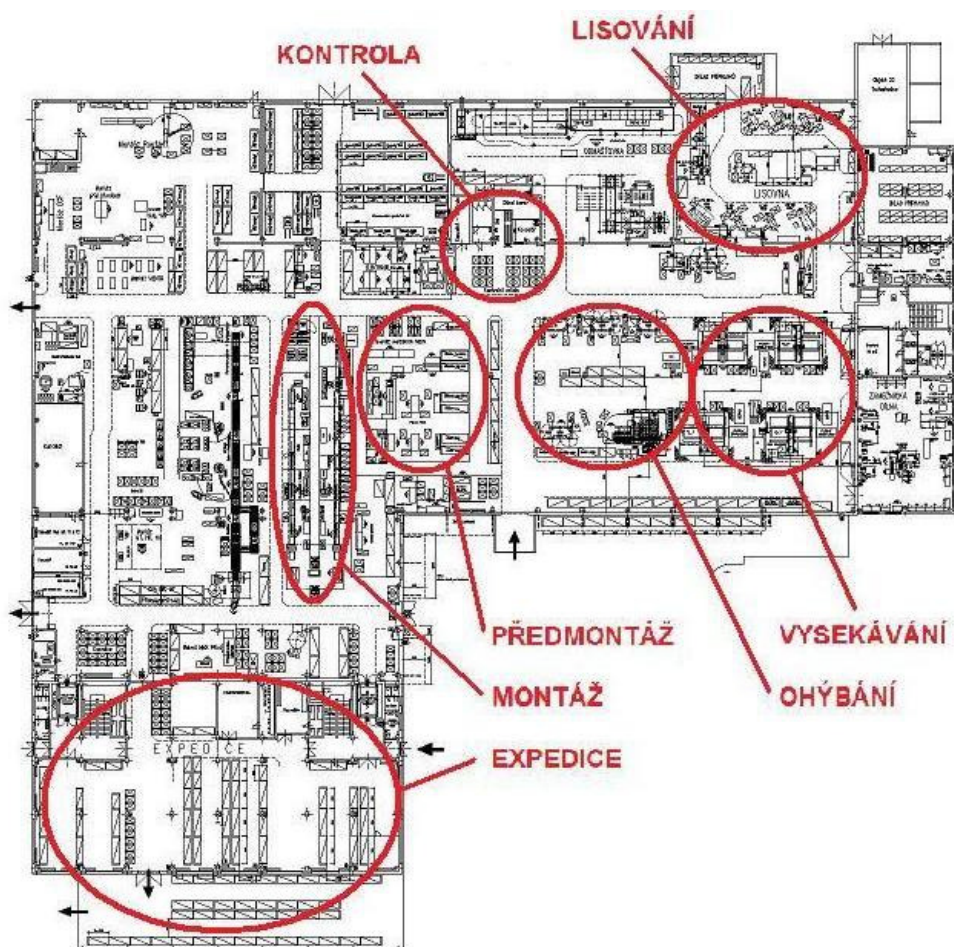
Obr. 16 Časový plán diplomové práce

3.3. Současný stav výroby

Současný stav výroby klimatizačních jednotek je popsán v následujících kapitolách. Zahrnuje layout výrobní haly, popis jednotlivých výrobních procesů, způsob výroby dílů, způsoby zásobování pracovišť, popis systému plánování výroby a identifikaci dílů pro další analyzování. Jedná se o první krok metody DMAIC, který je dále detailně rozebrán.

3.3.1. Layout výrobní haly

Výrobní halu tvoří samostatný objekt nacházející se v areálu GEA LVZ, a.s. Je rozdělen na několik částí – lisovnu, část vysekávání, ohýbání, kontrolu a montážní linky pro různé výrobky (část haly je určena k výrobě klimatizačních jednotek), jak je vidět na obrázku 17. Dále k těmto částem náleží sklad expedice.



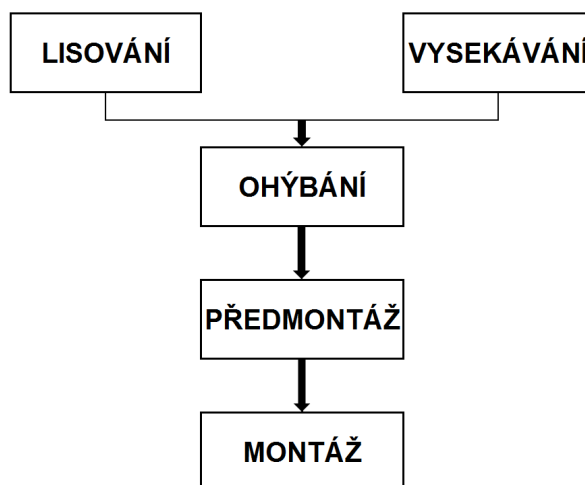
Obr. 17 Layout výrobní haly

3.3.2. Jednotlivé provozy

Vyráběné plechové díly neboli polotovary (polotovarem je označován vyráběný díl před finální montáží) procházejí jednotlivými pracovními procesy, které lze rozdělit na následující střediska:

- Lisování
- Vysekávání (Trumatic)
- Ohýbání (Trumabend / Salvagnini)
- Předmontáž
- Montáž

Jednotlivé procesy na sebe navazují, tok materiálu nejlépe vystihuje process flow diagram, který je znázorněn na obrázku 18.



Obr. 18 Jednotlivé technologické procesy

3.3.2.1. Lisovna

Zpracování materiálu v podobě plechových tabulí se provádí na různých typech lisů dle velikosti vyráběných polotovarů a složitosti přípravků. Na obrázku 19 a) je znázorněn Lis ZTS, na kterém je založen přípravek pro lisování konkrétního komponentu „bočnice“. Součástí lisovny jsou i nůžky, na kterých se upravují tabule

plechu na pásy podle šířky vyráběného kusu, viz obrázek 19 b). Materiál k jednotlivým lisům je navážen na paletách skladníkem pomocí vysokozdvížného vozíku ze skladu na hale, který je přímo doplňován dodavatelem plechu.



Obr. 19 a) Lis ZTS



Obr. 19 b) Nůžky LVD

3.3.2.2. Vysekávání

Středisko vysekávání disponuje CNC vystřihovacími lisami (Trumatic – obrázek 20) programovatelnými pomocí software JET-CAM Expert, na kterých se zpracovávají plechy od tloušťky 0,5 do 3mm. Materiál (tabule plechu) je vysekáván na jednotlivé polotovary „rozviny“. Využití jedné tabule činí 80-85%, což je dáno hraničním ochranným pásmem. Materiál je navážen k jednotlivým strojům ze skladu na hale.



Obr. 20 Vystřihovací lis Trumatic

3.3.2.3. Ohýbání

Ve středisku ohýbání jsou ohraňovací lisy (Trumabend – obrázek 21) programovatelné pomocí software ToPs 600 a pomocí řídicího systému TASC 6000 je možná i 3D simulace ohybů. Vysekané či vylisované polotovary v podobě rozvinů jsou zpracovávány ohraňovacími lisami do požadovaného tvaru.



Obr. 21 Ohraňovací lis TrumaBend

Dále je v tomto středisku nové ohýbací centrum Salvagnini P4X (viz obrázek 22), které svými univerzálními ohýbacími nástroji pokrývá celou škálu možných ohybů. Programování v EditP4 umožňuje také simulaci ohybů. Minimální délka ohraňování je 126mm, maximální pak 2180mm.



Obr. 22 Ohýbací centrum Salvagnini

3.3.2.4. Předmontáž

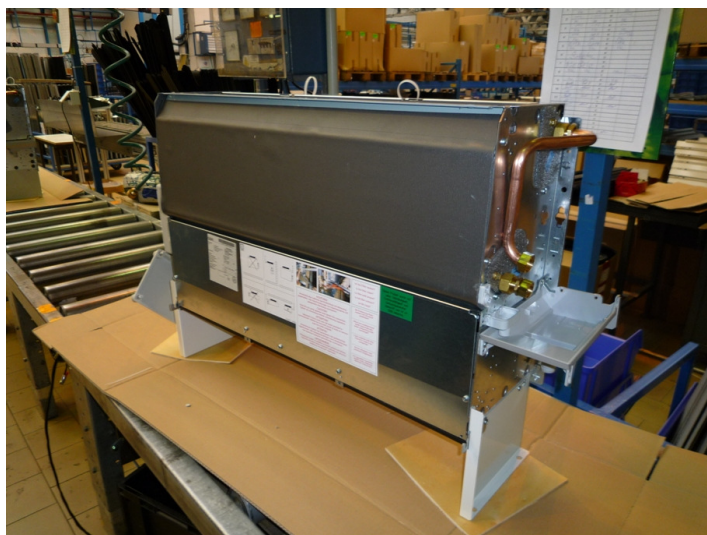
Ve středisku předmontáže se provádějí přípravné operace, většina dílů šasi se olepuje izolačním materiálem z důvodu možné kondenzace vody při používání klimatizační jednotky v režimu chlazení a také z důvodu snížení hlučnosti při provozu. Také se zde připevňují motorventilátory na desky, případně se lepí odtoky pro odvod kondenzátu apod.

3.3.2.5. Montáž

Montáž klimatizačních jednotek probíhá na dvou linkách, linka A pro standardní jednotky a linka B pro atypické jednotky. Na linkách jsou montovány různé velikosti jednotek (celkem osm velikostí) pro koncové zákazníky (viz obrázek 23). Montáž začíná sestavením šasi z vyráběných dílů a končí balením kompletní klimatizační jednotky (viz obrázek 24), následuje balení na paletu a odvoz do skladu expedice.



Obr. 23 Montáž klimatizačních jednotek



Obr. 24 Kompletní klimatizační jednotka

3.3.3. Sortiment a zásobování montážní linky

Zásobování linky se uskutečňuje dle předem určeného denního plánu. Pro jednotlivé směny jsou vyráběné díly chystány pracovníkem předmontáže do vozíků podle pořadí daných zakázek z předmontáže nebo přímo z meziskladu polotovarů (záleží na variantě jednotky). Z těchto vozíků jsou pak pracovníkem montáže („jumper“) plněny podavače před každou z částí montážní linky, viz obrázek 25.



Obr. 25 Zásobování montážní linky

Kapacita montážních linek

Základem správného fungování systému je stanovení základních parametrů. Kapacita montážních pracovišť byla dána vývojem objednávek v předchozích letech a výhledem zpracovaným pracovníky prodeje respektive marketingu. Kapacita montážní linky byla uzpůsobena na 75 tisíc jednotek za rok. Na základě těchto požadavků jsou nastaveny montážní linky a stanoven *Takt time* montážních linek:

Linka A pro standardní produkci a dvousměnný provoz,

Linka B pro atypické jednotky a pro jednotky s nadstandardní výbavou.

Plánovaná kapacita = 75 000 jednotek za rok / 250 pracovních dnů = 300 jednotek za den
Při dvousměnném provozu je potřebná kapacita 150 jednotek za směnu.

Pracovní směna je 8 hodin, zákonná přestávka 30 minut, čas na úklid 10 minut + dvě pětiminutové přestávky. Čistý pracovní čas je 7 hod. 10 minut = 430 minut na směnu.

Pro linku A

$\text{Takt time A} = 430 \text{ minut} / 100 \text{ jednotek} = 4,3 \text{ min}$

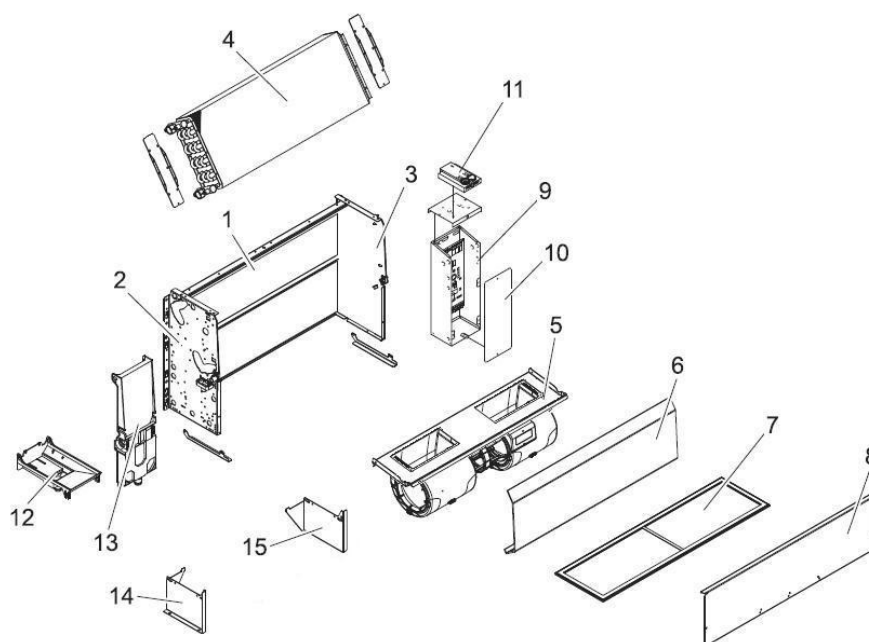
Pro linku B

$\text{Takt time B} = 430 \text{ minut} / 50 \text{ jednotek} = 8,6 \text{ min}$

Světová hospodářská krize ale způsobila určitý pokles objednávek.

3.3.4. Specifikace klimatizační jednotky

Klimatizační jednotka je výrobkem složeným z dílů jak vyráběných přímo v GEA LVZ, a.s. (ve většině případů plechové díly), tak i z komponentů nakupovaných u různých dodavatelů (např. výměník, elektrovybavení, ventilové vybavení apod.) jak je uvedeno na obrázku 26.



Obr. 26 Složení klimatizační jednotky

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1 – zadní stěna | 8 – kryt ventilátoru |
| 2 – bočnice levá | 9 – elektroskříň |
| 3 – bočnice pravá | 10 – víko elektroskříně |
| 4 – výměník s držáky | 11 – ovladač |
| 5 – kondenzační vana | 12; 13 – přídatné vany |
| 6 – přední vana | 14 – noha levá |
| 7 – filtr | 15 – noha pravá |

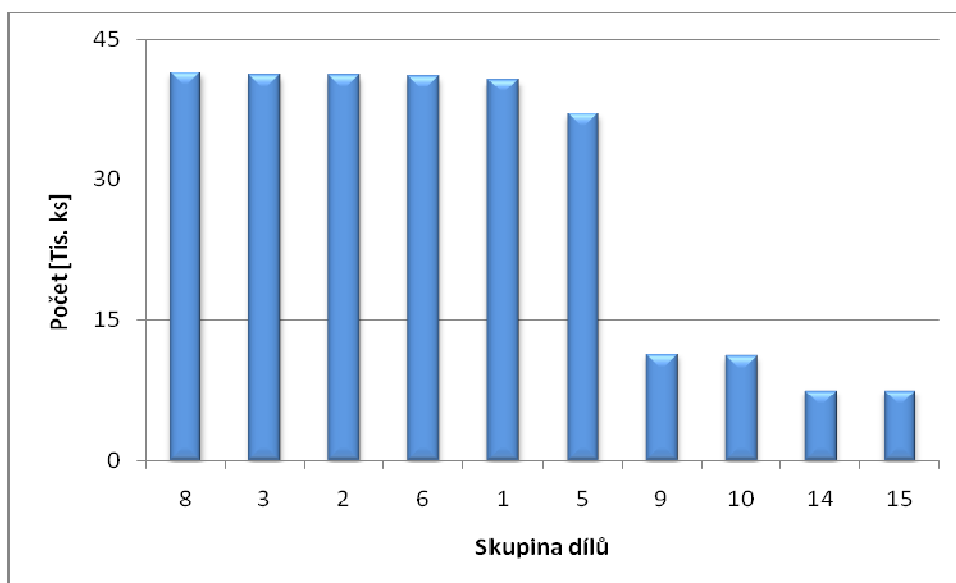
3.3.5. Ekonomické ukazatele výroby

Pro přehledné srovnání vyráběných plechových dílů (polotovaru) byla vytvořena tabulka 1. Jedná se vždy o sumarizaci jednoho dílu klimatizační jednotky pro všech osm možných velikostí. Tyto díly tvoří tzv. skupinu dílů. Data byla zpracována podle poskytnutých kmenových údajů z podnikového systému. Časový úsek jednoho roku pro určení počtu vyrobených kusů byl uvažován v rozmezí období 07/2009 – 06/2010.

Vyráběné plechové díly		
Číslo dílu	Název dílu	ks/rok
1	Zadní stěna	40581
2	Bočnice levá	41123
3	Bočnice pravá	41144
5	Kondenzační vana	36986
6	Přední vana	41025
8	Kryt ventilátoru	41426
9	Elektroskříň	11323
10	Víko elektroskříně	11124
14	Noha levá	7412
15	Noha pravá	7412

Tab. 1 Skupiny vyráběných plechových dílů

Tabulka 1 byla dále zpracována graficky dle objemu výroby, od skupiny dílů s nejvyšším počtem vyrobených kusů za dané období (skupina dílů č. 8) až po díly s nejnižším počtem vyrobených kusů (shodně skupina dílů č. 14 a č. 15), viz graf 2.

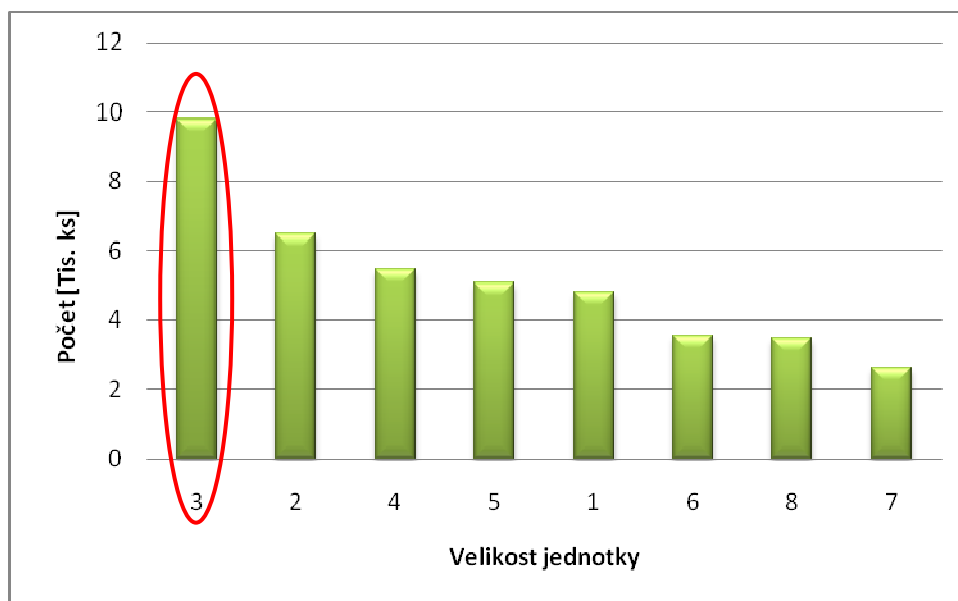


Graf 2 Objem výroby skupin dílů

Z grafu lze snadno vyčíst téměř stejné zastoupení objemů výroby skupin výrobků č. 8, 3, 2, 6, 1 a č. 5. Skupinu dílů tvoří vždy všech osm velikostí.

3.3.6. Identifikace dílů

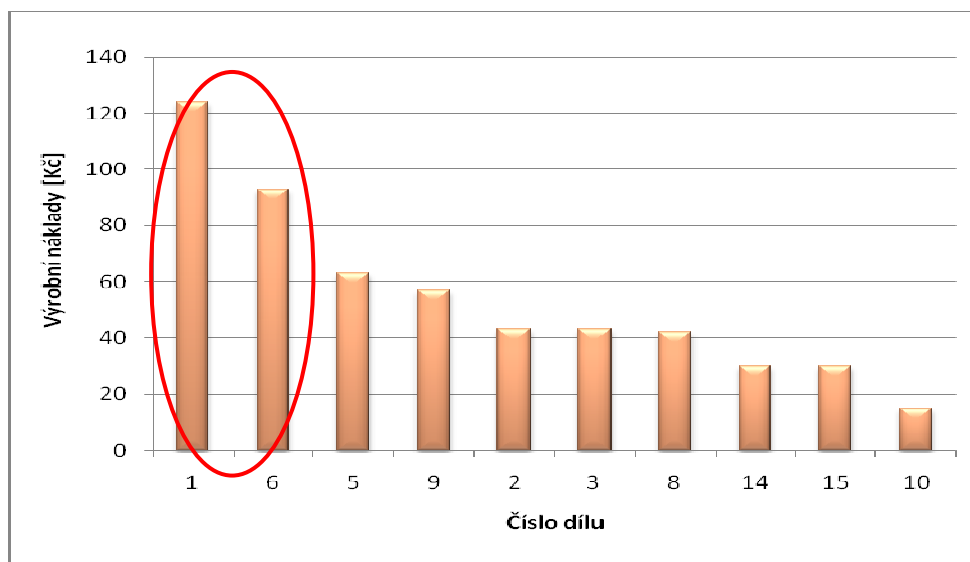
Pro identifikaci dílů byly provedeny ABC analýzy, které vycházejí z Paretova pravidla. Časové období bylo stanoveno opět na jeden rok od 07/2009 – 06/2010. Pomocí ABC analýzy byla určena velikost jednotky s největším podílem výroby za dané období.



Graf 3 Objem výroby klimatizačních jednotek

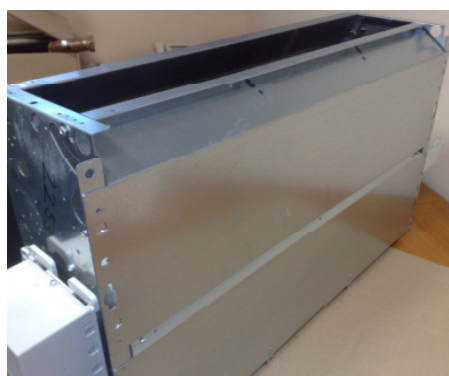
Z grafu je zřejmé, že klimatizační jednotky velikosti 3 mají největší podíl na výrobě všech jednotek za dané období. Jde o velikost, kterou si zákazníci žádají nejvíce.

Provést mapování hodnotového toku pro kompletní klimatizační jednotku by bylo velice náročné, především časově. Z tohoto důvodu bylo použito opět ABC analýzy, kde kritériem pro výběr byly výrobní náklady, viz graf 4.



Graf 4 Objem výrobních nákladů velikosti 3

Pomocí této analýzy byli vybráni dva představitelé s nejvyšším podílem výrobních nákladů. Vybrané díly jsou předmětem detailnějšího monitoringu během výrobního procesu. Jedná se o díly č. 1 „zadní stěna“ a č. 6 „přední vana“ velikosti 3 (viz obrázek 27).



a) Díl č. 1 - zadní stěna



b) Díl č. 6 - přední vana

Obr. 27 Vybrané díly

3.3.7. Systém plánování

Příjem zakázek

Koncern GEA má obchodní zastoupení ve většině Evropských zemích. Obchodní zástupci jednají se zákazníky, zpracovávají nabídky a posléze kupní smlouvy. Na základě těchto dokumentů následně posílají objednávku do výrobního závodu GEA LVZ, a.s. Objednávka přichází většinou v elektronické podobě. Ve výjimečných případech poštou.

Má-li zákazník specifické požadavky, obdrží GEA LVZ, a.s. poptávku, která je po technické stránce zpracována a technické řešení spolu s kalkulací je odesláno zpět přes obchodního zástupce k zákazníkovi. Po odsouhlasení, obdrží oddělení „Zpracování objednávek“ objednávku standardní cestou.

Zpracování objednávky

Elektronicky doručená objednávka je načtena referentem prodeje do informačního systému podniku (ISP). Jiné verze objednávek se musí zadat ručně. K zakázce je vyplněn požadovaný termín dodávky, podle kterého referent prodeje navrhne termín výroby. Termín výroby bývá obvykle 2 dny před plánovanou expedicí. Systém prověří dostupnost materiálu a upozorní na překročení kapacit. Není-li rozpor, dojde k zaplánování zakázky a vygenerování tzv. výrobní zakázky. Následně referent prodeje objedná dopravu, vystaví dodací listy a odešle zákazníkovi potvrzení o dodání. V případě rozporu požadovaného termínu s materiálem nebo kapacitami, musí referent prodeje kontaktovat odpovědného pracovníka a společně hledat nejbližší možný termín výroby.

Dodací doby jsou od 5 pracovních dnů do 4 týdnů v závislosti na velikosti objednávek a složitosti jednotek.

Výrobní zakázky

Výrobní zakázka vytvořená referentem prodeje obsahuje identifikaci výrobků, termín dodání a předběžný termín výroby. Na základě této zakázky je plánován a alokován materiál a výroba dílů (polotovarů). Výrobní zakázky jsou 4 až 5 dní před termínem výroby „potvrzovány = zamknuty změnám“. Jakékoliv změny v této fázi jsou možné jen za předpokladu úhrady naběhlých nákladů, eventuálně nákladů na danou změnu.

Vlastní potvrzení zakázek a finálnímu zaplánování do výrobního plánu dojde po schůzce zástupců prodeje, nákupu a výroby. Na této schůzce se řeší aktuální dostupnost materiálu, aktuální kapacitní bilancování a dávají se do souladu s požadavky na termín dodání. Pro většinu zakázek jde víceméně o formální záležitost, ale v některých případech je nutné korigovat termíny výroby v závislosti na dostupnosti materiálu nebo na kapacitách jednotlivých pracovišť.

Po potvrzení zakázek se připravuje průvodní dokumentace pro montáž zakázek - tisknou se montážní průvodky (obrázek 28), typové a balící štítky a výkresy pro nestandardní provedení.

č. v.	s. v.					
GEA						
mat.	tl.	rozměr:				
č. op./prac.m.						
os. č.						
odv. kusy						
datum						

Obr. 28 Průvodka

Plánování materiálu

Na základě výrobních zakázek je plánován a objednáván materiál. Materiál je zajišťován pro plánovaný termín výroby. Pro každou skladovou položku existuje bilance, podle které disponent vystavuje objednávky. V zásadě je materiál nakupován podle dvou schémat. Za prvé, cíleně na zakázku je objednáno potřebné množství

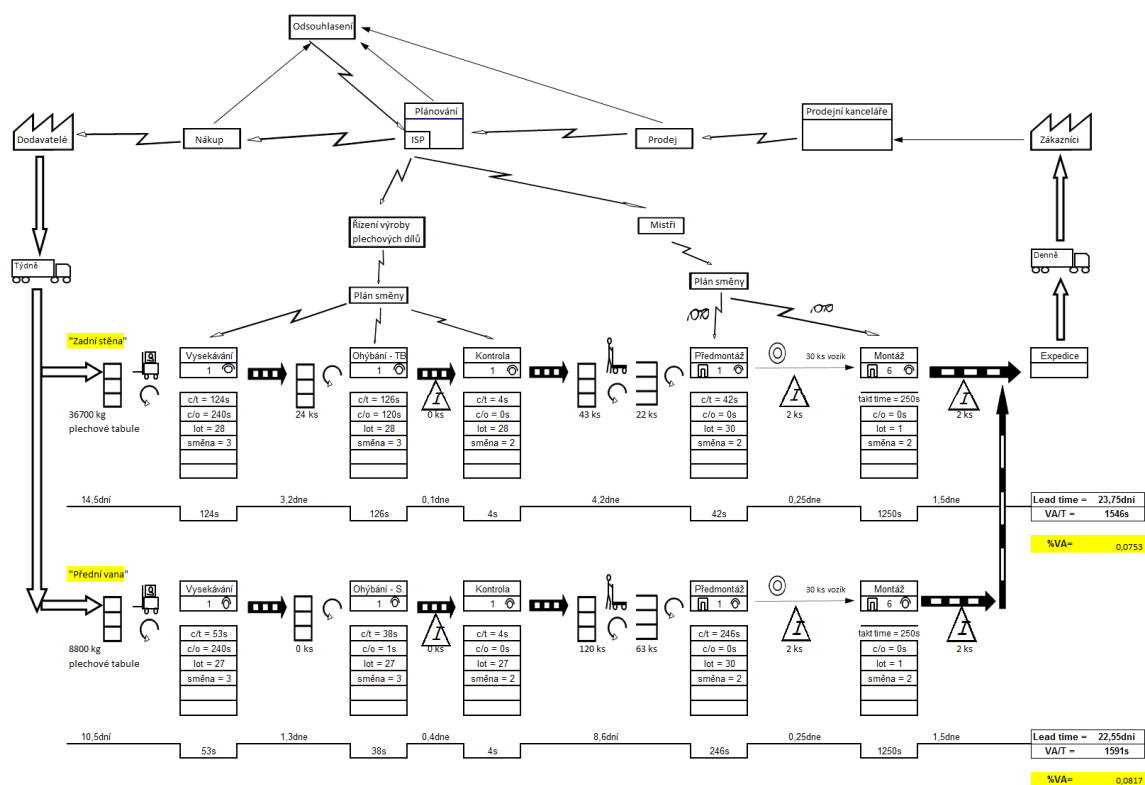
materiálu. Za druhé, objednávání probíhá na základě stavu minimálních zásob obvykle ve stanovených dávkách. Cílem je, aby materiál byl fyzicky k dispozici 1-2 dny před termínem výroby.

Plánování polotovarů

Na základě výrobních zakázek jsou také plánovány tzv. polotovary. V praxi jde o díly, které jsou vyráběny. Systém plánuje výrobu polotovarů 2 dny před termínem finální montáže. Právě 2 dny jsou z toho důvodu, že v průměru mají vyráběné díly 3 operace a většina dílů je pak potřeba cca 1 směnu před finální montáží na předmontáži.

3.4. Grafické vyhodnocení současného stavu

Podkladem pro zpracování mapy současného stavu vybraných dílů byly informace o jednotlivých provozech. K vytvoření mapy současného stavu předcházela důkladná prohlídka výrobních procesů, která byla zahájena na výstupu – expedici a ukončena na vstupu – sklad plechu na hale. Nashromážděné informace a poznatky byly zaznamenány do mapy současného stavu, která je zobrazena na obrázku 29. Do mapy byl také zaznamenán stav rozpracované výroby vybraných dílů na jednotlivých pracovištích a údaje c/t – čas, který přidává hodnotu, c/o, dávka, apod. Tato zaznamenaná místa byla podstatná pro definování, kde se materiálový tok zastavuje a zároveň ukazují na část hodnotového toku, který nepřináší firmě přidanou hodnotu a poukazuje na možnost eliminace. Identifikovaná místa mohou posloužit jako námět na zlepšení při zpracování mapy budoucího stavu.

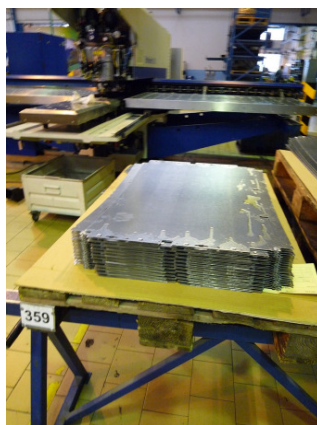


Obr. 29 Mapa současného stavu

Doplňující informace k mapě současného stavu

Celý proces výroby vybraných dílů začíná ve středisku vysekávání, kde jsou vysekávány „rozviny“ (viz obr. 30) podle výkresů zadaných do software JET-CAM oddělením řízení výroby plechových dílů. Následuje uskladnění těchto rozvinů na paletě v regále před ohýbacími stroji pomocí vysoko zdvižného vozíku.

Po ohnutí se díly transportují na místo kontroly, obrázek 31. Z kontroly se uloží do regálu před meziskladem polotovarů, každá paleta zvlášť je vždy chráněna stretchovou fólií. Do meziskladu polotovarů, kde je již jedna paleta pro jednotlivý díl a velikost, je manipulantem doplňován stav potřeby tak, aby byla paleta maximálně plná (viz obrázky 31 a 32). Na předmontáži probíhají přípravné operace, stříhání a lepení izolace. Pracovník předmontáže naplní vozík s dalšími díly podle denního plánu a připraví ho na sběrné místo před montáž. Z vozíků pak „jumper“ (operátor montážní linky) jednotlivými díly doplňuje zásobníky na montáži podle zakázek.



Obr. 30 Vysekané rozviny



Obr. 31 Sklad na hale



Obr. 32 Mezisklad polotovarů

VA index

Tento ukazatel vyjadřuje poměr sumy časů, které přidávají hodnotu výslednému produktu ku průběžné době výroby. Z dolní části mapy současného stavu (VA linka) lze hodnoty odečíst (viz tabulka 2). Podílem obou těchto časů (čas přidávající hodnotu ku času, který hodnotu výrobku nepřidává) se získá *VA index* vyjádřený v procentech. Cílem je pak docílit vyšších hodnot zmiňovaného indexu.

Díl	Současný stav		
	Celková průběžná doba	VA/T	%VA
č. 1 Zadní stěna	23,75dní	1546s	0,0753
č. 6 Přední vana	22,55dní	1591s	0,0817

Tab. 2 Hodnoty současného stavu

WIP index

Pomocí tohoto indexu lze získat přehled o rozpracovanosti v procesu. Udává podíl součtu všech zásob, které se v procesu objevují vůči dennímu požadavku zákazníka. Denní požadavek vybraných dílů vychází z poměru celkové roční výroby klimatizační jednotky velikosti 3 ku počtu 250 pracovních dní. Denní požadavek tak činí v průměru 40ks pro každý díl. V daný moment, kdy bylo prováděno mapování současného stavu, činily zásoby mezi expedicí a střediskem vysekávání:

93ks pro díl „zadní stěna“ → $WIP = 93 / 40 = 2,3\text{dní}$

187ks pro díl „přední vana“ → $WIP = 187 / 40 = 4,7\text{dní}$

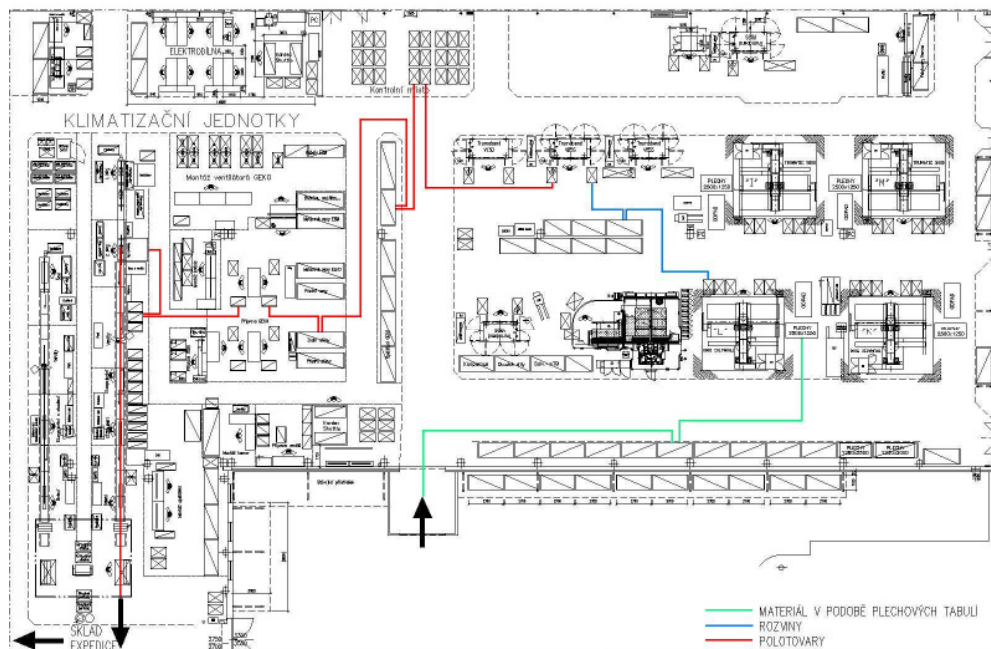
Pro další rozbor výroby vybraných dílů byly provedeny následující kroky. K popisu cesty dílů (polotovaru) od tabule plechu přes montáž až k expedici byl použit spaghetti diagram. Jedná se o nejjednodušší analýzu pro vyjádření cest, které musí výrobek (materiál) urazit v pracovním procesu. Diagram byl pak zakreslen přímo do layoutu výrobní haly. Jednotlivé trasy byly zjištěny přímo ve výrobě za pomoci mistrů a pracovníků jednotlivých pracovišť.

K detailnějšímu popisu výrobních procesů vybraných dílů byly vytvořeny procesní analýzy (viz tabulky 4 a 7).

Díl č. 1 „zadní stěna“

Spaghetti diagram dílu „zadní stěna“

Tok materiálu je znázorněn na obrázku 33 a vyčíslen v tabulce 3.



Obr. 33 Spaghetti diagram dílu „zadní stěna“

#	Popis cesty	Stav dílu	Vzdálenost (m)
1	Sklad (hala) - Vysekávání	Tabule plechu	17
2	Vysekávání - Regál	Rozvin	13
3	Regál - Ohýbání	Rozvin	7
4	Ohýbání - Kontrolní místo	Polotovar	22
5	Kontrolní místo - Regál na hale	Polotovar	12
6	Regál na hale - Mezisklad polotovarů	Polotovar	30
7	Mezisklad polotovarů - Předmontáž	Polotovar	6
8	Předmontáž - Montáž	Polotovar	9
9	Montáž - Balení	Sestava jednotky	30
10	Balení - Expedice	Sestava jednotky	49
Celkem			195m

Tab. 3 Přehled cest a vzdáleností

Z layoutu výrobní haly vyplývá, že cesty k jednotlivým pracovištím nejsou nijak komplikované. Protože cíloví zákazníci jsou v různých částech Evropy, nebyly externí pohyby započítány do celkového součtu, stejně tak i dodavatel plechu. Uvedené hodnoty v tabulce uvádějí, jak velké interní vzdálenosti musí sledovaný díl urazit, než se dostane do expedice (resp. k zákazníkovi). Celková hodnota vzdálenosti je 195m.

Procesní analýza

Detailnější rozbor procesu byl proveden pomocí procesní analýzy, viz tabulka 4.

	#	ČINNOST	Operátor	Operace  sec	Manipulace  sec	Transport  sec	Kontrola  sec	Čekání  sec	Poznámka
Vysekávání	1	Zavolání pro materiál	1		6s				čas/dávka
	2	Čekání na materiál						340s	
	3	Rozbalení materiálu			92s				čas/dávka
	4	Příprava prázdných palet			179s				čas/dávka
	5	Nastavení parametrů			240s				čas/dávka
	6	Založení tabule			37s				
	7	Vysekávání		124s					čas/kus
	8	Roztřídění dílu			77s				čas/kus
	9	Vyhazování vysekané tabule do odpadu			28s				
	10	Hledání paletového vozíku			125s				čas/dávka
	11	Odvoz dílů do regálu				423s			čas/dávka
								3,2dne	
Ohybání	1	Dovezení prázdné palety	1		123s				čas/dávka
	2	Nastavení parametrů			120s				čas/dávka
	3	Ohnutí 1 dílu na zkoušku		126s					čas/kus
	4	Kontrola dílu					124s		čas/kus
	5	Kalibrace			82s				čas/dávka
	6	Ohnutí dalšího dílu		126s					čas/kus
	7	Kontrola dílu					102s		čas/kus
	8	Složení dílu na paletu			15s				čas/kus
	9	Omotání palety fólií			143s				čas/dávka
	10	Odvoz dílů na kontrolní místo				339s			čas/dávka
								0,1dne	
Kontrola	1	Kontrola vybraného dílu	1				178s		čas/kus
Regál	1	Přesun do regálu na hale	1			281s			čas/dávka
								3dny	
Mezisklad	1	Převonání do meziskladu polotovarů	1			115s			čas/kus
								1,2dne	
Předmontáž	1	Příprava prázdného vozíku	1		48s				čas/dávka
	2	Vyskladnění dílu z meziskladu na vozík			7s				čas/kus
	3	Lepení izolace		42s					čas/kus
	4	Založení dílu do vozíku			10s				čas/kus
	5	Přeprava na stanoviště montáže				41s			čas/dávka
								0,25dne	
Montáž	1	Přeprava vozíku k podavači	6			90s			čas/dávka
	2	Naplnění podavače			6s				čas/kus
	3	Montáž		1250s					čas/kus
	4	Balení do kartonu			250s				čas/kus
	5	Balení na paletě a omotání palety fólií			370s				čas/dávka
								1,5dne	
Expedice	1	Převoz palety do skladu expedice	1			140s			čas/dávka
		Celkem: četnost	13	5	19	7	3	7	
		Celkem: součet času		1668s	1958s	1429s	404s	9,25dní	

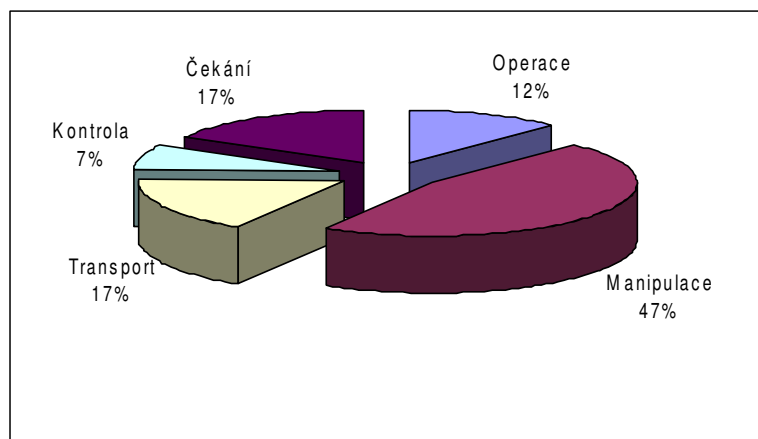
Tab. 4 Procesní analýza dílu „zadní stěna“

Činnost	Četnost	Součet času
Operace	5	1668s
Manipulace	19	1958s
Transport	7	1429s
Kontrola	3	404s
Čekání	7	9,25dní

Tab. 5 Celkové hodnoty procesní analýzy

Z procesní analýzy vyplývá, že čekání tvoří největší podíl času při výrobě zadní stěny. Což je dáno hlavně různou směnností provozů. Další, dlouhé časy tvoří také manipulace a transport. Celkové hodnoty jsou v předchozí tabulce 5.

Sumarizace jednotlivých četností je procentuálně znázorněno v grafu 5.

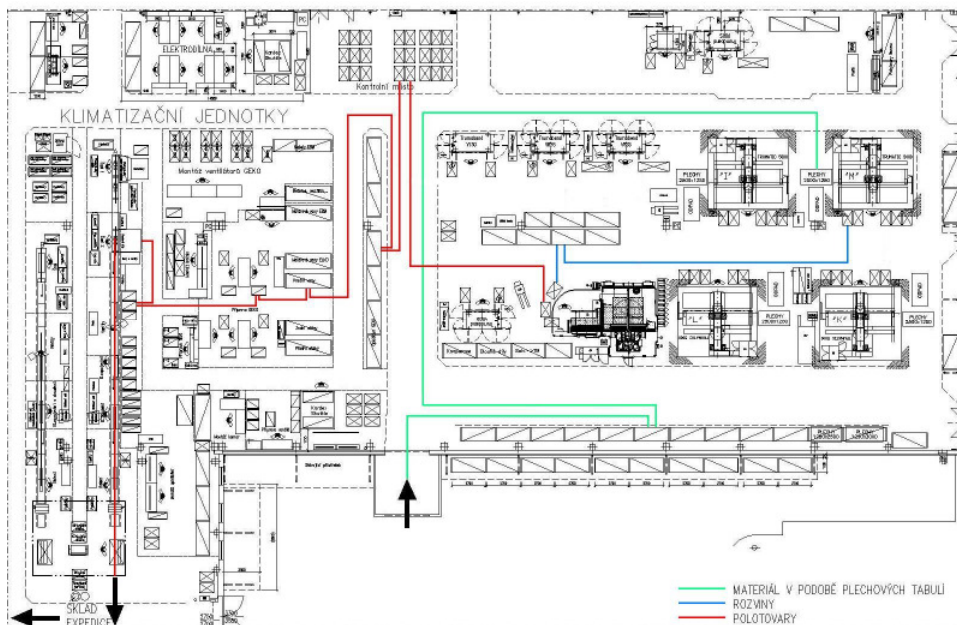


Graf 5 Procentuální vyjádření četnosti činností

Díl č. 6 „přední vana“

Spaghetti diagram

Tok materiálu pro tento díl je znázorněn na obrázku 34 a vyčíslen v tabulce 6.



Obr. 34 Spaghetti diagram dílu „přední vana“

#	Popis cesty	Stav dílu	Vzdálenost (m)
1	Sklad (hala) - Vysekávání	Tabule plechu	87
2	Vysekávání - Regál	Rozvin	34
3	Regál - Ohýbání	Rozvin	4
4	Ohýbání - Kontrolní místo	Polotovar	32
5	Kontrolní místo - Regál na hale	Polotovar	17
6	Regál na hale - Mezisklad polotovarů	Polotovar	38
7	Mezisklad polotovarů - Předmontáž	Polotovar	7
8	Předmontáž - Montáž	Polotovar	9
9	Montáž - Balení	Sestava jednotky	30
10	Balení - Expedice	Sestava jednotky	63
Celkem			321m

Tab. 6 Přehled cest a vzdáleností

Z obrázku 34 je patrné, že i zde nejsou cesty nijak složité. Konkrétní hodnoty vzdáleností mezi pracovišti obsahuje předchozí tabulka 6. Celkové interní vzdálenosti dílu od plechu tabule po expedici činí 321m.

Procesní analýza

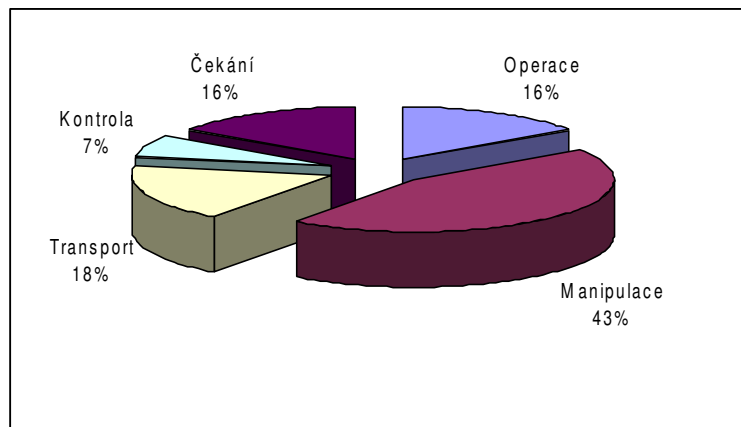
Detailnější rozbor procesu pro díl „přední vana“ obsahuje následující tabulka 7.

	#	ČINNOST	Operátor	Operace  sec	Manipulace  sec	Transport  sec	Kontrola  sec	Čekání  sec	Poznámka
Vysekávání	1	Zavolání pro materiál	1		4s				čas/dávka
	2	Čekání na materiál						300	
	3	Rozbalení materiálu			79s				čas/dávka
	4	Příprava prázdných palet			224s				čas/dávka
	5	Nastavení parametrů			15s				čas/dávka
	6	Založení tabule			25s				
	7	Vysekávání		53s					čas/kus
	8	Rozřídění dílu			62s				čas/kus
	9	Vyhození vysekané tabule do odpadu			32s				
	10	Hledání paletového vozíku			95s				čas/dávka
	11	Odvoz dílů do regálu				480s			čas/dávka
Ohýbání			1					1,3dne	
	1	Dovezení prázdné palety			239s				čas/dávka
	2	Nastavení parametrů			416s				čas/dávka
	3	Ohnutí 1 dílu na zkoušku		38s					čas/kus
	4	Kontrola dílu					145s		čas/kus
	5	Ohnutí dalšího dílu		38s					čas/kus
	6	Složení dílu na paletu			6s				čas/kus
	7	Omotání palety fólií			135s				čas/dávka
Kontrola	8	Odvoz dílů na kontrolní místo	1			460s			čas/dávka
								0,4dne	
Regál	1	Kontrola vybraného dílu	1				236s		čas/kus
Mezisklad	1	Přesun do regálu na hale	1			325s			čas/dávka
								3,1dne	
Předmontáž	1	Přerovnání do meziskladu polotovárů	1			185s			čas/dávka
								5,5dne	
Předmontáž	1	Připravení prázdného vozíku	1		51s				čas/dávka
	2	Vyskládání dílu z meziskladu na vozík			5s				čas/kus
	3	Přesun vozíku na pracoviště				34s			čas/dávka
	4	Vyndání přípravku "držáku"			10s				čas/dávka
	5	Nalepení izolace		85s					čas/kus
	6	Nasazení výtoku		37s					čas/kus
	7	Čtení		124s					čas/kus
	8	Vložení do vozíku			9s				čas/kus
	9	Přeprava na stanoviště montáže				98s			čas/dávka
Montáž			6					0,3dne	
	1	Přeprava vozíku k podavači				85s			čas/dávka
	2	Naplnění podavače			7s				čas/kus
	3	Montáž		1250s					čas/kus
	4	Balení do kartonu			184s				čas/dávka
Expedice	5	Omotání palety fólií	1		230s				čas/dávka
								1,5dne	
	1	Převoz palety do skladu expedice				250s			čas/dávka
Celkem: četnost			13	7	20	8	3	7	
Celkem: součet času				1625s	1521s	1917s	381s	12,05dne	

Tab. 7 Procesní analýza dílu „přední vana“

Činnost	Četnost	Součet času
Operace	7	1625s
Manipulace	20	1521s
Transport	8	1917s
Kontrola	3	381s
Čekání	7	12,05dne

Tab. 8 Celkové hodnoty procesní analýzy



Graf 6 Procentuální vyjádření četnosti činností

Shrnutí současného stavu

Z analýzy současného stavu vyplývá, že současný způsob výroby je poměrně neefektivní. Činnosti, které mají dominantní podíl na činnostech pracovníků, jsou:

- transport
- manipulace

V procesech byla zaznamenána celá řada činností, které můžeme označit za plýtvání. Největším je:

- čekání na materiál,
- hledání materiálu nebo polotovarů,
- mezioperační balení,
- nadbytečné kontrolní operace apod.

Vše nasvědčuje tomu, že tyto elementární nadbytečné činnosti jsou z velké části způsobeny „nadvýrobou“. Právě vypořádání se s nadvýrobou a eliminace různých typů plýtvání dává velký prostor pro efektivnější nastavení procesů (viz také 7 druhů plýtvání na straně 13).

3.5. Identifikace kritických míst současného stavu a jejich analýza

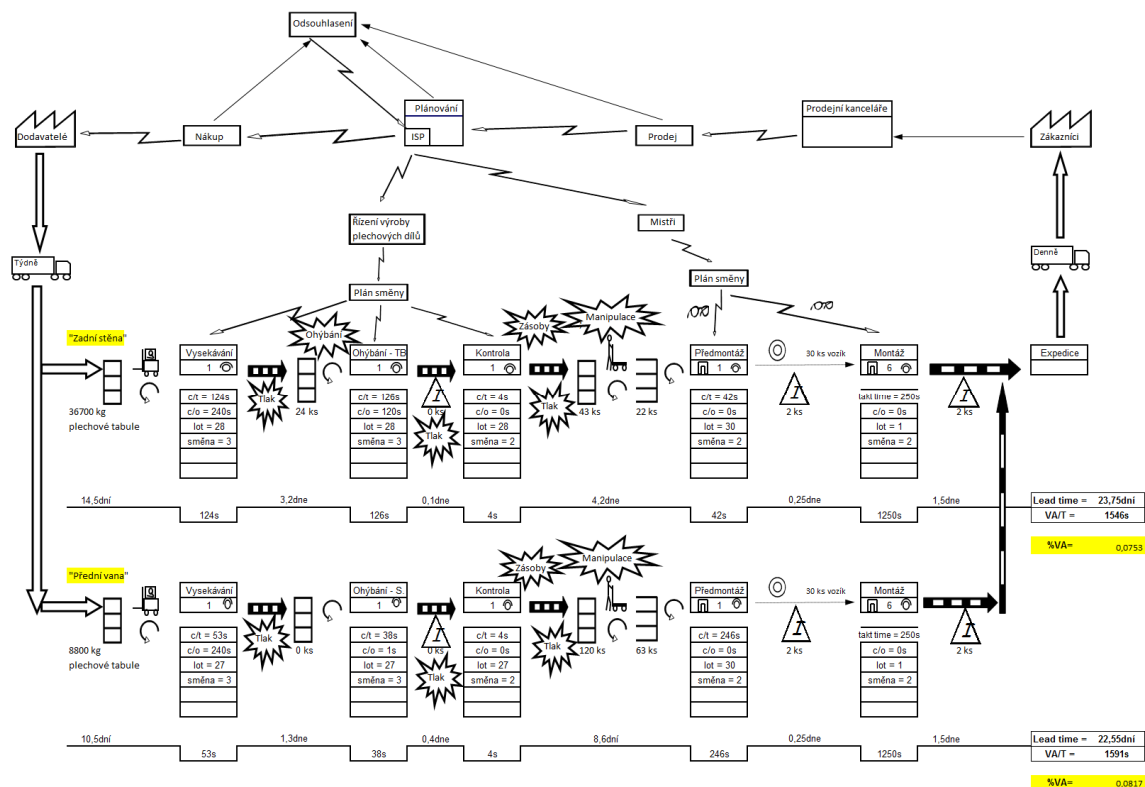
Identifikovat místa plýtvání nebo místa vymykající se standardům štíhlé výroby lze nejjednodušším způsobem pomocí mapy současného stavu. Jedná se o třetí krok metody DMAIC.

Jedním z úzkých míst byla přeprava a skladování dílů na dřevěných europaletách. Při nesprávném uložení, kdy díly přesahovali paletu i o 50cm nebo necitlivé manipulaci docházelo k vysypání dílů a někdy i k jejich poškození. Navíc bylo nutné většinu dílů zajistit na paletě pomocí stretch fólie. S paletami se manipulovalo ručně pomocí vysokozdvížných nebo paletových vozíků. To způsobovalo další ztráty – čekání na vozíky, dlouhé časy při horizontálním transportu, nutnost širokých uliček, apod. Tento problém by řešil správný návrh transportních vozíků z trubkového stavebnicového systému.

Dalším problémem byly přesuny zakázek o ± 2 dny z důvodu vyplnění kapacit nebo nedostatku nakupovaných komponent. Tento stav vedl k postupnému vytvoření vysoké hladiny zásob, která zaručovala na první pohled bezproblémový průběh výroby.

Ačkoliv i stávající software nabízel informace o denní potřebě jednotlivých dílů, často se této možnosti nevyužívalo. Především dlouhé seřizovací časy vedly pracovníky „výroby dílů“ ke zhromadňování požadavků a k výrobě daného dílu na celý týden dopředu. V případě přebytku kapacit pak i na více dní dopředu. Díly pak byly „natlačeny“ na montážní pracoviště, kde vyvolávaly plýtvání v různých formách (manipulace, hledání, ztráty, poškození dílů, ...). Což je dalším úzkým místem a tedy nevhodným využitím systému plánování.

Úzká místa jsou v mapě současného stavu označena ikonkami pro rychlé změny (viz obrázek 35).



Obr. 35 Mapa současného stavu s vyznačenými kritickými místy

3.6. Návrh opatření na zlepšení současného stavu

Navrhovaná řešení by měla čtít léty ověřené základní principy a myšlenky štíhlé výroby. Jde především o:

- Nahrazení tlaku tahem
- Aplikaci metody Just-in-time
- Eliminaci plýtvání
- Nastavení vztahu mezi pracovišti na principu vztah zákazník a dodavatel
- Zavedení standardních postupů

3.6.1. Opatření 1 - Optimální výrobní dávky

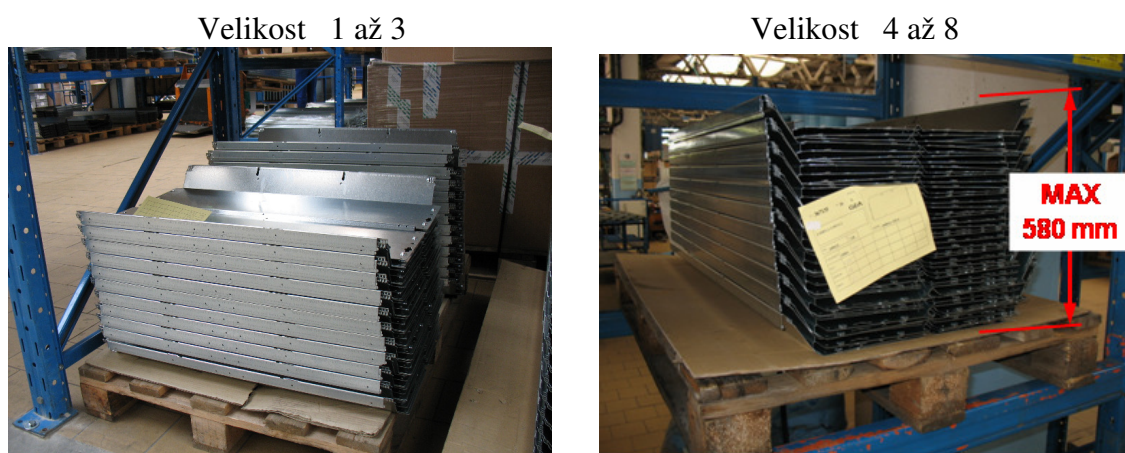
Na základě zjištěných skutečností, jako je zbytečné přerovnávání dílů do meziskladu polotovarů a s tím spojené manipulace, poloprázdné palety v regále, balení každé palety stretch fólií, se jeví jako vhodné výroba dílů podle předem daných dávek již v procesu vysekávání. Takto naplněná paleta by se pak dostala až do meziskladu polotovarů. S tím je spjato uskladnění a problém s místem.

Cílem je eliminovat plýtvání, redukovat vedlejší časy (balení fólií, přerovnávání dílů). Dávky a skladování dílů na paletách byly navrhnuty pro celou skupinu dílů (pro všechny velikosti) v následujícím rozmístění (viz tabulky 9 a 10):

Stěna zadní vel. 1-8

Název	Dávka (ks)	Orientace na paletě	Maximální počet ks ve sloupci	Počet sloupců na paletě
Zadní stěna velikost 1-3	90	Napříč	45	2
Zadní stěna velikost 4-8	45	Podél	45	1

Tab. 9 Rozmístění skupiny dílů „zadní stěna“

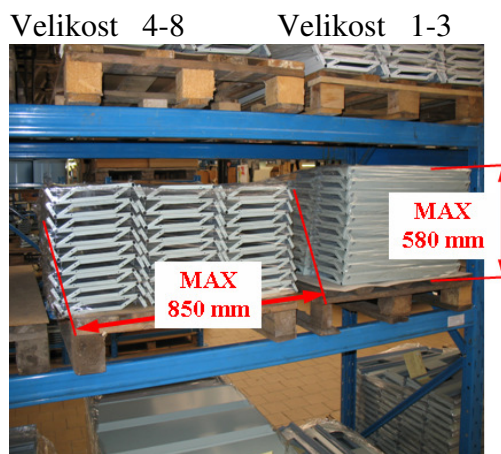


Obr. 36 Uskladnění v regále

Přední vana velikost 1-8

Název	Dávka (ks)	Orientace na paletě	Maximální počet ks ve sloupci	Počet sloupců na paletě
Přední vana velikost 1-3	80	Napříč	20	4
Přední vana velikost 4-8	60	Podél	20	3

Tab. 10 Rozmístění skupiny dílů „přední vana“



Obr. 37 Uskladnění v regále

Po odzkoušení tohoto návrhu však vznikla řada problémů. Toto opatření nelze realizovat z důvodu návaznosti na další střediska a hlavně z důvodu plánování výroby, největší problém se projevil ve středisku vysekávání. Středisko vysekávání se řídí programováním podle ABC priorit, tzn. rozložení dílů od nejběžnějších dílů po díly malé, vyplňující prostor plechové tabule a tudíž její maximální využití. Nelze tak v tomto středisku vysekávat jen jeden typ dílů. Z toho opatření však vyplynula možnost vhodným využitím plánování a využitím nového ohýbacího centra Salvagnini P4X aplikovat filozofii Just-in-time (JIT).

3.6.2. Opatření 2 - Just-in-time

Právě tato metoda se zdála jako východisko pro řešení stávající nadvýroby (viz strana 27). Nejeftektivnější formou filozofie Just-in-time je pak filozofie One piece flow – jednokusový tok. Pro současné provozy byla myšlenka této filozofie použita a

upravena. V našem případě se nejedná o tok jednoho kusu, ale o tok jedné dávky o velikosti jedné směny.

Zavedení tohoto opatření výrazně podporuje nové ohýbací centrum Salvagnini. Ohýbací centrum nabízí vyšší stupeň automatizace procesu ohýbání. Výhody tohoto ohýbacího centra ve srovnání s tradičními ohraňovacími lisy:

- V pracovním prostoru stroje není obsluha a tak může být pracovní rychlost stroje vyšší.
- K práci používá jednu univerzální sadu nástrojů, odpadají časy potřebné pro výměnu nebo seřízení nástrojů.
- Automaticky proměřuje tloušťku plechu u každého dílu a koriguje program.
- Odstraňuje do značné míry fyzickou náročnost práce a umožňuje pracovat rovnoměrně-vysokým tempem celou směnu.

Především vlastnosti centra umožňující přecházet z výroby jednoho výrobku na jiný s minimálními časovými nároky umožňují efektivně minimalizovat výrobní dávky. To má velký význam pro práci v systému JIT.

Předpokladem pro zavedení Just-in-time resp. One-piece-flow je:

- Využití ohýbacího centra SALVAGNINI P4X
- Softwarová podpora pro plánování výroby
- Flexibilní prostředky pro přepravu dílů

3.6.3. Opatření 3 – Konstrukční úprava

Vyšší stupeň automatizace je vykoupen určitými technologickými omezeními ohýbacího centra. Například minimální šířka dílů 120mm, díly nesmí mít negativní ohyby (kromě posledního ohybu), na rubové straně nesmějí vyčnívat žádné výstupky (tvary).

Poslední jmenované omezení vedlo ke konstrukční úpravě dílu „zadní stěna“. Musel být upraven tvarový prolis, který vytvářel díru pro samořezný šroub, tak aby

nevadil manipulátoru v uchopení a manipulaci s obrobkem. Navíc u zadní stěny není možné provádět 3 negativní ohyby. Jelikož tyto ohyby nebylo možné konstrukčně řešit jinak, nezbylo než je doohnout v druhé operaci na ohraňovacím lise. Tuto operaci by sice šlo řešit i na ohýbacím centru, ale s nutnou dodatečnou investicí 95 tis. EURO. To se ukázalo jako ekonomicky nevýhodné s ohledem na to, že toto zařízení by bylo využito jen pro zadní stěny, které kapacitně naplňují stroj z pouhých 4%.

3.6.4. Opatření 4 – *Softwarová podpora pro plánování výroby*

Plánování montážních zakázek bylo již před dvěma lety výrazně vylepšeno. Software umožnil důslednou kontrolu dostupnosti materiálu i polotovarů pro montáž. Následně bylo možné sestavit takzvaný jemný plán, který určil pořadí montáže zakázek v jednotlivých směnách a na jednotlivých linkách. Následně bylo možné tisknout montážní průvodky jak pro finální montáž tak pro předmontážní pracoviště. Tyto informace se však nepřenášeli do plánování výroby polotovarů (plechových dílů). Tento stav bylo nutné změnit a dopracovat vazbu mezi přesnými montážními plány a plánem výroby polotovarů. Teprve pak byly k dispozici informace o přesné potřebě dílů nejen v jednotlivých dnech, ale i pro jednotlivé směny a linky.

3.6.5. Opatření 5 – *Flexibilní prostředky pro přepravu dílů*

Pro správný návrh transportních vozíků z trubkového stavebnicového systému je předpokladem jak univerzálnost tak i ekonomické hledisko. Na díly je nutné se zaměřit z pohledu skupiny, tzn. návrh vozíku pro všechny vyráběné velikosti daného dílu.

3.6.5.1. Stanovení velikosti a kapacity transportních vozíků

Poloha dílů

S ohledem na velikost dílů a jejich proměnnou délku v rozsahu 450 až 1550mm (zohlednění celé skupiny výrobků) bylo zvoleno vertikální uložení dílů.

Půdorysný rozměr vozíku

Z důvodu snadné manipulace by rozměr neměl o mnoho přesahovat rozměr standardní europalety – tedy 800 x 1200mm. Vozík z hlediska stability nemůže být užší než 600mm. Návrh vozíku je v příloze 2.

Nosnost

Max. váha plného vozíku by neměla překročit 800kg, s těžším vozíkem by se již špatně manipulovalo.

Vozík pro díl „zadní stěna“

Půdorysný rozměr 800 x 1245mm. Praktické zkoušky vedly k uložení stěn po 3 kusech v jedné pozici. Potřebná rozteč rozřazovacích opěr je 75mm. Opěra má průměr 8mm. Díly budou uloženy ve dvou řadách.

Kapacita vozíku

$$1245 / (75+8) \times 3 \text{ kusy} \times 2 \text{ řady} = 90 \text{ ks „stěn“ / vozík}$$

$$\text{Max. váha} = 90 \times 7,8 \text{ kg} + 30 \text{ kg vozík} = 730 \text{ kg} < 800 \text{ kg} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Vozík pro díl „přední vana“

Půdorysný rozměr 600 x 1245mm. Praktické zkoušky vedly k uložení van po 2 kusech v jedné pozici. Potřebná rozteč rozřazovacích opěr je rovněž 75mm. Opěra má průměr 8mm. Díly budou uloženy také ve dvou řadách.

Kapacita vozíku

$$1245 / (75+8) \times 2 \text{ kusy} \times 2 \text{ řady} = 60 \text{ ks „van“ / vozík}$$

$$\text{Max. váha} = 60 \times 6,2 \text{ kg} \times 24 \text{ kg vozík} = 396 \text{ kg} < 800 \text{ kg} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.6.5.2. Stanovení počtu vozíků a velikosti parkovací plochy

Jak bylo uvedeno v předchozích kapitolách maximální kapacita montáží je 150 jednotek za směnu. Počítat by se mělo s výrobou dílů minimálně 1 až 1,5 směny před termínem plánované finální montáže. V tomto čase probíhají na těchto dílech ještě přípravné operace, především tmelení koutů a výtoků (středisko předmontáže). Tmel potřebuje min 2 hodiny na zatvrdnutí před tím, než se s dílem bude dál manipulovat. Navíc vozíky nemusejí být v čase výroby další dávky prázdné. Tok dílů by měl být plynulý a nemělo by docházet k nulovým stavům. Připravené díly (olepené izolací a zatmelené) budou uloženy v totožných vozících.

Počet vozíků pro díl „zadní stěna“

- Max. potřeba 150 stěn / směna
- Kapacita vozíku 90 stěn
- Pro jednu směnu jsou potřeba 2 vozíky

V kritický okamžik, tedy těsně před ohybem další dávky, budou potřeba 2 vozíky pro ohýbané díly plus (2 + 1) vozíky obsazené díly před finální montáží nebo předmontáží.

⇒ Celkem 5 vozíků.

Počet vozíků pro díl „přední vana“

- Max. potřeba 150 van / směna
- Kapacita vozíku 60 van
- Pro jednu směnu je potřeba 3 vozíků

V kritický okamžik, tedy těsně před ohybem další dávky, budou potřeba 3 vozíky pro ohýbané díly plus (3 + 1) vozíky obsazené díly před finální montáží nebo předmontáží.

⇒ Celkem tedy 7 vozíků.

Parkovací plocha bude vycházet z počtu vozíků. Mezery mezi vozíky by měly být 100 mm. Uličky mezi řadami vozíků pak pro bezpečnou manipulaci 2 metry.

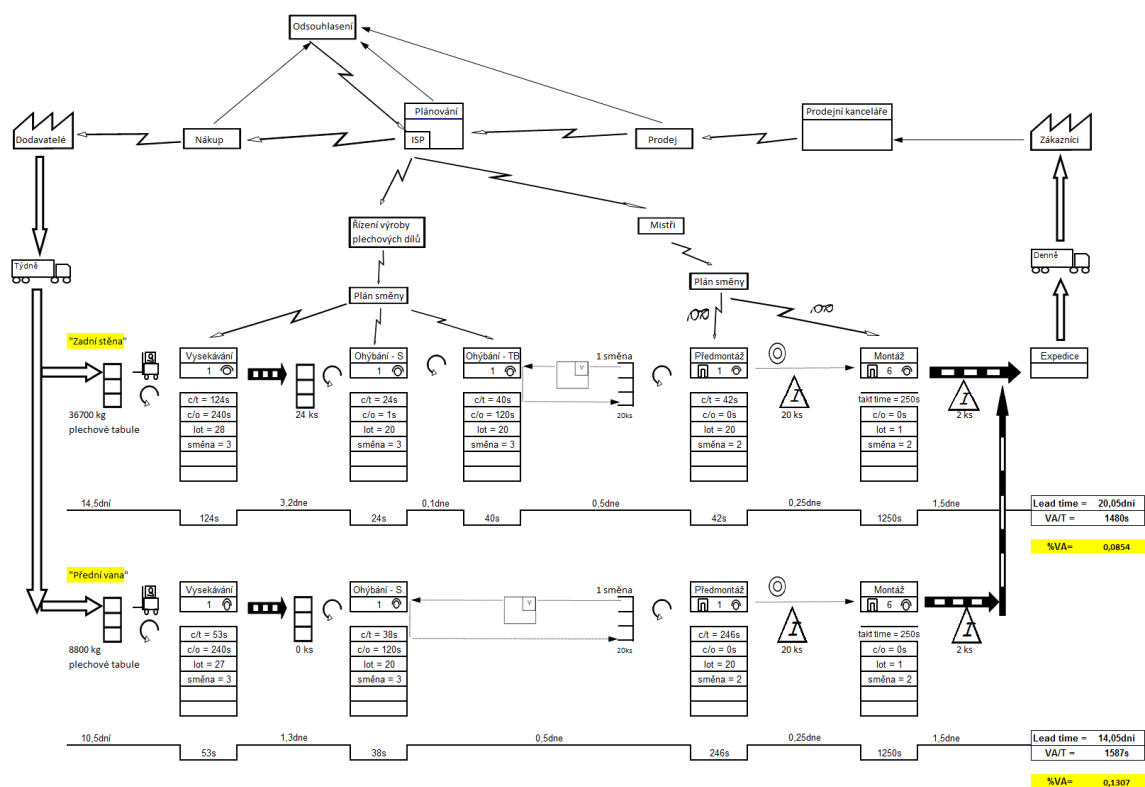
3.6.5.3. Stanovení bezpečnostních zásob

V průběhu výroby se dají očekávat určité problémy. Některé problémy jsou ze zkušeností předpověditelné a tomu musí odpovídat i nastavená hladina bezpečnostních zásob, tak aby bylo minimalizováno riziko výpadků a prostojů hlavní montážní linky. Docházet může například k těmto situacím:

- Díl může být poškozen (vyroben mimo tolerance nebo poškozen v průběhu dalšího zpracování např. vystřížení díry pro odtok na opačné straně nebo poškrábaný lak).
- Chybějící díl.
- Prodej požaduje výrobu vzorků jednotek do 24 hodin, dohodnuto max. 2ks / den (např. požadavek vzorku, apod.).

Tyto předpoklady vedly k nastavení min. zásob v rozmezí 3 až 8 ks od každé velikosti standardního dílu (8 velikostí). S ohledem na kapacitu vozíku a počet pozic pro díly v jednom vozíku byla stanovena hladina bezpečnostní zásoby na 6ks. Tato hodnota je založena na předpokladech a je nutné ji ověřit sledováním reálného procesu a jeho následným vyhodnocením. Bezpečnostní zásoby budou uloženy také ve vozíku a řádně označeny.

Mapu budoucího stavu bylo možné navrhnout pomocí definovaných a výše popsaných opatření. Mapa je znázorněna na obrázku 38.



Obr. 38 Mapa budoucího stavu

Z budoucího stavu vyplývá, jak by měla vypadat situace po zavedení navrhovaných zlepšení. Celkové sumy sledovaných hodnot lze vyčíst z následující tabulky 11.

Díl	Budoucí stav		
	Celková průběžná doba	VA/T	% VA
č. 1 Zadní stěna	20,05dne	1480s	0,0854
č. 6 Přední vana	14,05dne	1587s	0,1307

Tab. 11 Hodnoty budoucího stavu

WIP index

pro díl „zadní stěna“ → WIP = 1,7dne

pro díl „přední vana“ → WIP = 1,1dne

3.7. Porovnání současného stavu s navrhovaným řešením

Pomocí metod štíhlé výroby byly vytvořeny dvě základní mapy – mapa stávajícího stavu a mapa budoucího stavu. Na základě těchto map bylo provedeno zhodnocení stavu „před“ a „po“. Toto zhodnocení je patrné z níže uvedené tabulky 12.

#	Popis	Díl					
		č.1 Zadní stěna			č.6 Přední vana		
		Stav		Vyjádření v %	Stav		Vyjádření v %
		Před	Po		Před	Po	
1	Celková průběžná doba	23,75dní	20,05dní	16%	22,55dní	14,05dní	38%
2	VA/T	1546s	1480s	4%	1591s	1587s	0,3%
3	%VA	0,0753	0,0854	13%	0,0817	0,1307	60%
4	WIP	2,3dní	1,7dní	26%	4,7dní	1,1dní	77%
5	Množství ks ve výrobě	93ks	66ks	29%	187ks	42ks	78%
6	Dopravní vzdálenosti	195m	153m	22%	321m	255m	21%
7	Skladovací plochy	35m ²	14m ²	60%	27m ²	18m ²	33%

Tab. 12 Porovnání hlavních ukazatelů

Z porovnání také vyplývá, že zkrácením průběžné doby výroby se zároveň sníží i mezioperační zásoby. Ačkoli došlo k výraznému zkrácení celkové průběžné doby výroby, je tato doba stále příliš dlouhá. To je ovšem způsobeno z podstatné části relativně vysokými zásobami materiálu (plechu). Celkově lze dosažené výsledky hodnotit pozitivně.

Výše uvedené výsledky by mohly být podnětem pro analyzování a optimalizaci výroby dalších dílů, které firma GEA LVZ, a.s. vyrábí.

3.8. Zavedení navrhovaných opatření

Přechod na Just-in-time byl rozdělen do několika fází:

V první fázi testování byla prověřena funkčnost softwaru a otestováno ohýbání s ukládáním dílů do vozíků a jejich následný transport. Ukázalo se, že vozíky bude potřeba doplnit identifikačními značkami 1 až 8 pro vizuální kontrolu velikosti dílu. Dále byla doplněna identifikační tabulka o klip pro připevnění výrobního příkazu. Pomocí vizualizační tabulky a magnetického terčíku je možné přesně identifikovat vozík (směnu, na kterou je nachystán a kolik kusů je v něm uskladněno), viz obrázek 39.



Obr. 39 Vozíky

Následně byly zajištěny vozíky podle stanovených počtů a pozastavena výroba daných skupin dílů dle starého plánování.

Druhá – přechodová fáze trvala přibližně dva týdny. Díly byly nejprve vychystávány do vozíků z regálového meziskladu. Po vyčerpání zásob byla jednotlivá čísla výkresů (konkrétně zadní stěna) postupně uvolňována k výrobě Just-in-time.

Třetí fáze je testování systému za reálných podmínek a probíhá v současné době.

4. Závěr a zhodnocení

Cílem této diplomové práce bylo zefektivnit výrobu klimatizačních jednotek. Praktická aplikace moderních metod průmyslového inženýrství, respektive použití Lean nástrojů vedlo ke splnění tohoto úkolu. Byla použita procesní analýza spolu s metodou VSM, která jednoduchým způsobem odhalila místa, kde docházelo k nadměrnému plýtvání. Dále pak, pomocí metody DMAIC, byly jednotlivé dílčí kroky úspěšně realizovány a vedly tak k efektivnímu zlepšení výrobního procesu, což bylo hlavním cílem diplomové práce. Dosažené zlepšení lze popsat následujícími body:

- Asi nejcennějším přínosem je snížení průběžné doby výroby z předchozích 13 směn na 4 směny (čas od začátku ohýbání dílů až po předání výrobků do expedice).
- Snížení rozpracovanosti výroby a zásob ve stejném poměru.
- Redukce skladovacích ploch, úspora cca 30m².
- Rychlejší identifikace nekvality, která umožnila zrušit kontrolní operaci, ta byla dříve zařazena mezi ohýbáním a montáží.
- Dalším z přínosů byla identifikace chyb a problémů v procesu. Tyto chyby byly popsány a následně byla hledána řešení pro jejich eliminaci. To vedlo mimo jiné i ke zvýšení kvality výroby.
- Méně poškozených dílů během manipulace a transportu (manipulací – přerovnáváním docházelo k poškozování dílů – pád na zem apod.).
- Zjednodušení materiálového toku
- Růst produktivity cca o 4%

Možným slabým místem navrženého systému je fakt, že k dispozici je pouze jedno ohýbací centrum Salvagnini. V případě větší poruchy a odstávky na déle než jednu směnu se může výroba zákonitě dostat do velkých problémů. Vzhledem k rozdílné kapacitě se bude jen velmi těžko nahrazovat tento výpadek na klasických ohraňovacích lisech. Následně by byla výroba nucena zhromadňovat vyrobené díly, chyběl by i prostor. To by mělo za následek ztrátu produktivity montáže a následně komplikovaný návrat do systému. Řešením by bylo zavést TPM - totálně produktivní údržbu a hlavně zlepšit preventivní servis.

Seznam obrázků

Obrázek 1. Druhy plýtvání [4].....	14
Obrázek 2. Popis pěti základních fází DMAIC [6]	16
Obrázek 3. Materiálový a informační tok [8]	17
Obrázek 4. Postup při mapování hodnotového toku [8]	18
Obrázek 5. Ukázka mapy hodnotového toku [11].....	18
Obrázek 6. a) Ikony pro materiálový tok [8]	19
Obrázek 6. b) Ikony pro informační tok [8].....	19
Obrázek 6. c) Všeobecné ikony a symboly [8]	19
Obrázek 7. Mapování hodnotového toku [12]	21
Obrázek 8. Ukázka procesní analýzy [5]	22
Obrázek 9. Paretova analýza [10]	23
Obrázek 10. Výroba v dávkách [17]	26
Obrázek 11. Tok jednoho kusu [17]	27
Obrázek 12. Princip systému kanban [15]	29
Obrázek 13. Letecký snímek GEA LVZ, a.s. [18]	31
Obrázek 14. Nástěnná a podstropní klimatizační jednotka [18]	32
Obrázek 15. Klimatizační jednotky s opláštěváním [18]	32
Obrázek 16. Časový plán diplomové práce.....	33
Obrázek 17. Layout výrobní haly.....	34
Obrázek 18. Jednotlivé technologické procesy.....	35
Obrázek 19. a) Lis ZTS.....	36
Obrázek 19. b) Nůžky LVD.....	36
Obrázek 20. Vystřihovací lis Trumatic.....	36
Obrázek 21. Ohraňovací lis TrumaBend.....	37
Obrázek 22. Ohýbací centrum Salvagnini.....	37
Obrázek 23. Montáž klimatizačních jednotek.....	38
Obrázek 24. Kompletní klimatizační jednotka.....	39
Obrázek 25. Zásobování montážní linky.....	39
Obrázek 26. Složení klimatizační jednotky.....	41
Obrázek 27. Vybrané díly a) Díl č. 1 - zadní stěna.....	44
Obrázek 27. Vybrané díly b) Díl č. 6 - přední vana.....	44
Obrázek 28. Průvodka.....	46

Obrázek 29. Mapa současného stavu.....	48
Obrázek 30. Vysekané rozviny.....	49
Obrázek 31. Sklad na hale.....	49
Obrázek 32. Mezisklad polotovarů.....	49
Obrázek 33. Spaghetti diagram dílu „zadní stěna“	51
Obrázek 34. Spaghetti diagram dílu „přední vana“	54
Obrázek 35. Mapa současného stavu s vyznačenými kritickými místy.....	58
Obrázek 36. Uskladnění v regále.....	59
Obrázek 37. Uskladnění v regále.....	60
Obrázek 38. Mapa budoucího stavu.....	66
Obrázek 39. Vozíky.....	68

Seznam tabulek

Tabulka 1. Skupiny vyráběných plechových dílů.....	42
Tabulka 2. Hodnoty současného stavu.....	49
Tabulka 3. Přehled cest a vzdáleností.....	51
Tabulka 4. Procesní analýza dílu „zadní stěna“	52
Tabulka 5. Celkové hodnoty procesní analýzy.....	52
Tabulka 6. Přehled cest a vzdáleností.....	54
Tabulka 7. Procesní analýza dílu „přední vana“	55
Tabulka 8. Celkové hodnoty procesní analýzy.....	55
Tabulka 9. Rozmístění skupiny dílů „zadní stěna“	59
Tabulka 10. Rozmístění skupiny dílů „přední vana“	60
Tabulka 11. Hodnoty budoucího stavu.....	66
Tabulka 12. Porovnání hlavních ukazatelů.....	67

Seznam grafů

Graf 1. Hospodářské výsledky 1992-2009 [18]	31
Graf 2. Objem výroby skupin dílů.....	42
Graf 3. Objem výroby klimatizačních jednotek.....	43
Graf 4. Objem výrobních nákladů velikosti 3.....	44
Graf 5. Procentuální vyjádření četnosti činností.....	53
Graf 6. Procentuální vyjádření četnosti činností.....	56

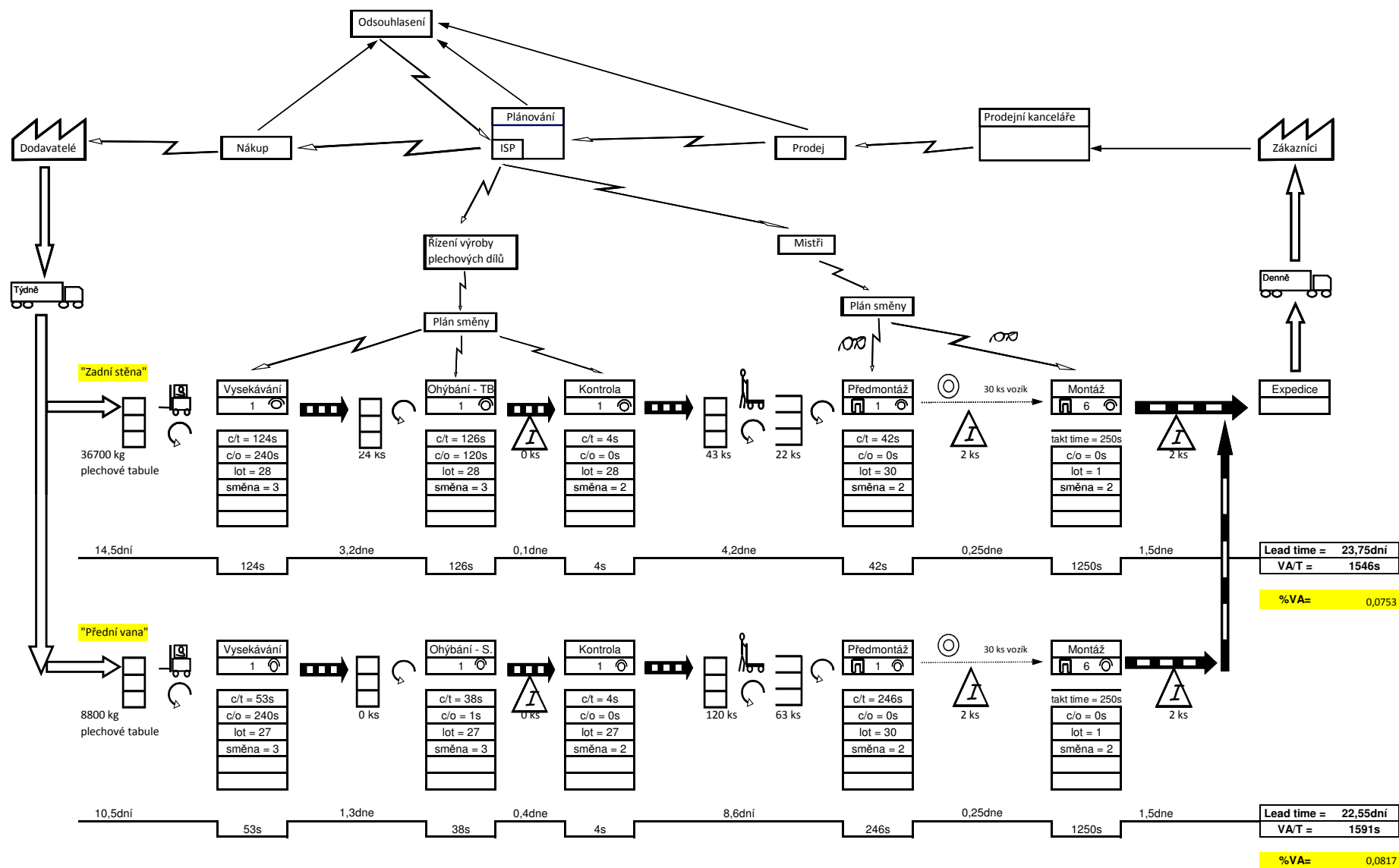
Seznam literatury

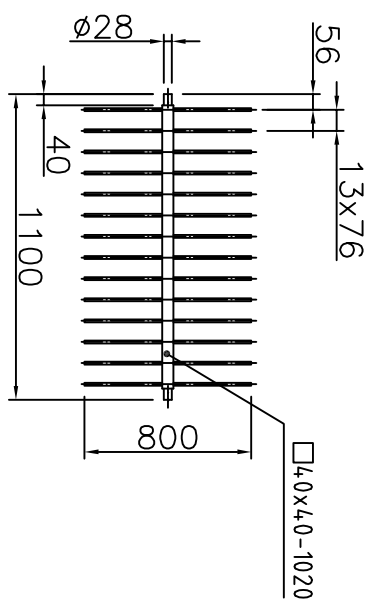
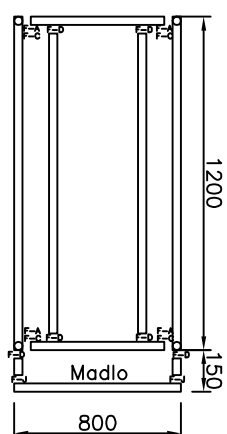
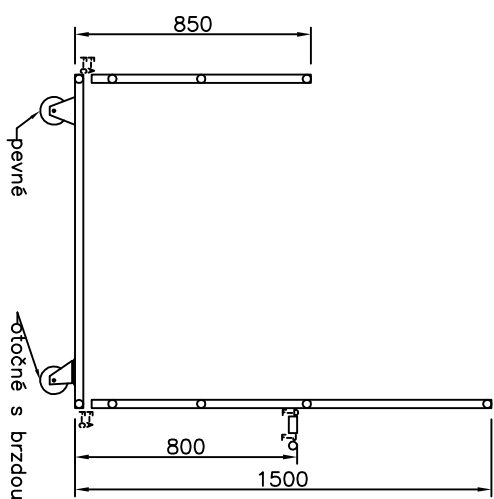
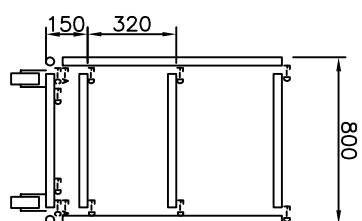
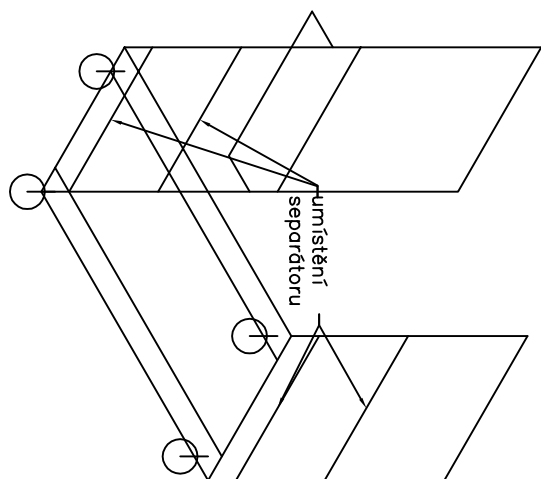
- [1] LIKER K. JEFFREY: Tak to dělá Toyota, 1. vydání, Management Press, Praha 2008, ISBN 978-80-7261-173-7.
- [2] STRACHOTA, S., STRACHOTOVÁ D.: Postup při zavádění štihlého výrobního systému, Úspěch, 01/2009, API - Akademie produktivity a inovací.
- [3] KOŠTURIK, J., FROLÍK, Z.: Štíhlý a inovativní podnik, Alfa Publishing, Praha 2006, 237 s., ISBN 80-86851-38-9.
- [4] MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M.: Nové cesty k vyšší produktivitě, 1. vydání, Institut průmyslového inženýrství, Liberec 2000, 311 s., ISBN 80-902235-6-7.
- [5] API - Akademie produktivity a inovací: Procesní analýza [on-line], 2010. Dostupné na WWW: <<http://e-api.cz/page/68260.mapovani-procesu-procesni-analyza/>>.
- [6] STŘELEČEK, J.: Six Sigma, [on-line], 2010. Dostupné na WWW: <<http://www.vlastnicesta.cz/metody/metody-kvalita-system-kvality-iso/six-sigma/>>.
- [7] KOŠTURIK, J., CHAL, J.: Inovace – vaše konkurenční výhoda, 1. vydání, Computer Press, a.s., Brno 2008, ISBN 978-80-251-1929-7.
- [8] KYSEL, M., KOŠTURIK, J., DEBNÁR, P.: Ako efektívne mapovať hodnotový tok v podniku?, IPA Slovakia, Žilina 2004, 66 s.
- [9] MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M.: Nové cesty k vyšší produktivitě, 1. vydání, Institut průmyslového inženýrství, Liberec 2000, 311 s., ISBN 80-902235-6-7.
- [10] VYTLAČIL, M., MAŠÍN, I.: Dynamické zlepšování procesů, Institut průmyslového inženýrství, Liberec 1999, ISBN 80-902235-3-2.

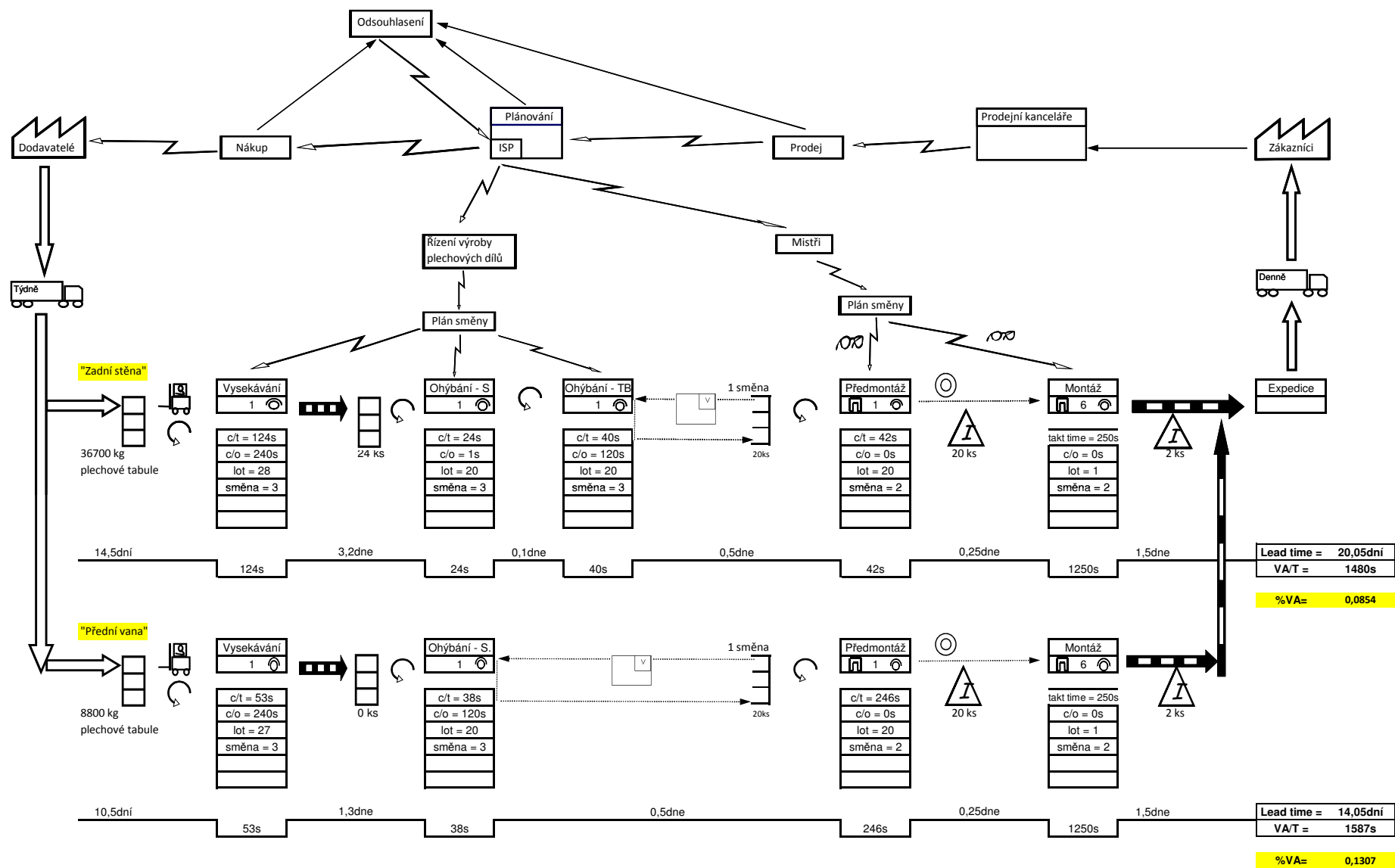
- [11] GREGOROVÍČOVÁ, L.: Nástroj pro identifikaci plýtvání: Mapování toku hodnot, Úspěch, 04/2009, API - Akademie produktivity a inovací.
- [12] Centrum andragogiky: Management toku hodnot, [on-line], 2010. Dostupné na WWW: <http://hardskills.centrumandragogiky.cz/management_toku_hodnoty>.
- [13] MAŘÍKOVÁ, O., Řízení interního toku materiálu, časopis Automobil industry, 04/2008, Infocube.
- [14] SIXTA, J., MAČÁT, V.: Logistika – teorie a praxe, 1. vydání, CP Books, a.s., Brno 2005, ISBN 80-251-0573-3
- [15] VYTLAČIL, M., MAŠÍN. I., STANĚK, M.: Podnik světové třídy, 1. vydání, Institut průmyslového inženýrství, Liberec 1997, ISBN 80-902235-1-6.
- [16] SIXTA, J., MAČÁT, V.: Logistika – teorie a praxe, 1. vydání, CP Books, a.s., Brno 2005, ISBN 80-251-0573-3
- [17] API - Akademie produktivity a inovací: Procesní analýza [on-line], 2010. Dostupné na WWW: <<http://e-api.cz/page/68413.one-piece-flow/>>.
- [18] interní materiály firmy Gea Lvz a.s.

Seznam příloh

Příloha 1 – Mapa současného stavu.....	76
Příloha 2 – Návrh vozíku.....	77
Příloha 3 – Mapa budoucího stavu.....	78
Příloha 4 – CD s elektronickou formou diplomové práce	







Obr.38 Mapa budoucího stavu