

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2301T007-0 Průmyslové inženýrství a management

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Racionalizace výroby ve společnosti  
Integrated Micro-Electronics Czech Republic s.r.o.

Autor: **Bc. Kristýna Pechová**  
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.**

Akademický rok 2012/2013

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Kristýna PECHOVÁ**  
Osobní číslo: **S11N0064P**  
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Průmyslové inženýrství a management**  
Název tématu: **Racionalizace výroby ve společnosti Integrated  
Micro-Electronics Czech Republic s. r. o.**  
Zadávající katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod
2. Teoretická příprava
3. Analýza současného stavu
4. Identifikace problémů
5. Návrh optimalizace
6. Zhodnocení
7. Závěr

Rozsah grafických prací: 2 - 5 výkresů

Rozsah pracovní zprávy: 50 - 70 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

1. KOŠTURIÁK, Ján a kol. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006. 237 s. Management studium. ISBN 80-86851-38-9
2. ROTHER, M. a SHOOK, J. *Learning to see: value-stream mapping to create value and eliminate muda*. Cambridge: Lean Enterprise Institute, 2003. 102 s. ISBN 0-9667843-0-8

Vedoucí diplomové práce:

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.

Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Konzultant diplomové práce:

Ing. Jiří Kudrna

Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Datum zadání diplomové práce:


24. září 2012

Termín odevzdání diplomové práce:

24. května 2013

  
Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.  
děkan



  
Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 24. září 2012

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## **AUTORSKÁ PRÁVA**

Podle Zákona o právu autorském, 35/1965 Sb. (175/1996 Sb. \_R) § 17 a Zákona o vysokých školách 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků diplomové práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků nebo jakékoliv nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

# ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Bc. Pechová	<b>Jméno</b> Kristýna		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301T007-0 Průmyslové inženýrství a management			
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Doc. Ing. Edl, Ph.D.	<b>Jméno</b> Milan		
<b>PRACOVISŤE</b>	ZČU - FST - KPV			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Racionalizace ve společnosti Integrated Micro-Electronics Czech Republic s.r.o.			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2013
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	75	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	66	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	9
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS</b>	Diplomová práce se zabývá analýzou a racionalizací výroby za pomoci metody Value stream mapping. První část se věnuje teoretickému seznámení se štihlou výrobou a metodou VSM, praktická část je aplikací této metody v prostředí firmy Integrated Micro-Electronics na vybraném výrobku. Práce obsahuje analýzu a návrh pro zlepšení stavu materiálového toku produktu.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	Value stream mapping, štihlá výroba, racionalizace, materiálový tok, průběžná doba výroby

## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Bc. Pechová	Name Kristýna	
<b>FIELD OF STUDY</b>	2301T007-0 Industrial Engineering and Management		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Edl, Ph.D.	Name Milan	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	Delete when not applicable
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Rationalization of production at Integrated Micro-Electronics Czech Republic s.r.o.		

<b>FACULTY</b>	Mechanical engineering	<b>DEPARTMENT</b>	KPV	<b>SUBMITTED IN</b>	2013
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	75	<b>TEXT PART</b>	66	<b>GRAPHICAL PART</b>	9
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION</b>	This thesis deals with the analysis and rationalization of production with the help of a value stream mapping. The first part is devoted to theoretical introduction to Lean Manufacturing and VSM method, the practical part is an application of this method in the environment of Integrated Micro-Electronics for the selected product. The work contains an analysis and proposal for improvement of the material flow of the product.
<b>KEY WORDS</b>	Value stream mapping, lean manufacturing, rationalization, material flow, lead time

## Obsah

Seznam obrázků a tabulek .....	3
Seznam příloh.....	4
Seznam použitých symbolů a zkratk .....	5
Úvod .....	7
1 Teoretická část .....	8
1.1 Štíhlá výroba.....	8
1.1.1 Plýtvání.....	9
1.1.2 Štíhlé myšlení .....	10
1.1.3 Hodnota .....	11
1.1.4 Prvky štíhlé výroby .....	12
1.1.4.1 Management toku hodnot .....	13
1.1.4.2 Štíhlé pracoviště.....	13
1.1.4.3 Vizualizace.....	13
1.1.4.4 Týmová práce.....	13
1.1.4.5 Štíhlý layout, výrobní buňky.....	13
1.1.4.6 TPM, rychlé změny, redukce dávek .....	13
1.1.4.7 Procesy kvality a standardizovaná práce .....	14
1.1.4.8 Synchronizace procesů a vyvážený tok .....	14
1.2 Mapování toku hodnot ve výrobním podniku .....	15
1.2.1 Podstata mapování hodnotových toků.....	15
1.2.2 Tok hodnot .....	16
1.2.3 Ikony pro mapování procesů na podnikové úrovni .....	16
1.2.4 Postup při mapování toku hodnot.....	17
1.2.4.1 Výběr výrobkové řady, výběr reprezentanta výrobků .....	18
1.2.4.2 Tvorba mapy současného stavu .....	19
1.2.4.3 Tvorba mapy budoucího stavu.....	21
1.2.4.4 Harmonogram změn a jejich realizace.....	22
1.3 Shrnutí teoretické části .....	24
2 Praktická část .....	25
2.1 Představení společnosti.....	26
2.1.1 Strojní vybavení a výroba .....	27
2.1.1.1 SMT linka .....	27

2.1.1.2	Automatická optická inspekce offline (AOI offline) .....	28
2.1.1.3	Pájecí vlny .....	28
2.1.1.4	Selektivní lakovací automat .....	28
2.1.2	Informační systém .....	30
2.1.3	Štíhlá výroba v Integrated Micro-Electronics Czech Republic s.r.o. ....	31
2.2	Analýza výrobního procesu vybraného výrobku .....	32
2.2.1	Představení produktu, výrobní proces .....	32
2.2.1.1	Řízení výroby .....	32
2.2.1.2	Výrobní proces .....	33
2.2.1.3	Průběh výroby layoutem .....	35
2.3	Změna v realizaci mapování s ohledem na analýzu procesu výroby .....	37
2.4	Pilotní mapování a validace metody VSM .....	40
2.4.1	Mapování informačního a materiálového toku .....	40
2.4.2	Analýza pilotní mapy .....	43
2.4.2.1	Analýza dotazníkového šetření .....	43
2.4.2.2	Analýza hodnotového toku .....	43
2.5	Tvorba mapy současného stavu II. ....	45
2.5.1	Analýza VSM mapy a identifikace problémů .....	49
2.5.1.1	Analýza pracoviště Ruční osazování .....	53
2.5.1.2	Shrnutí analýzy .....	57
2.6	Návrh optimalizace .....	58
2.7	Mapa budoucího stavu .....	61
2.8	Zhodnocení navržených změn .....	63
	Závěr .....	64
	Použitá literatura .....	65



## Seznam obrázků a tabulek

### Seznam obrázků

Obrázek 1 Sedm druhů plýtvání [8] .....	9
Obrázek 2 Tradiční výpočet ceny versus štlhlý přístup [9].....	10
Obrázek 3 Hodnota v pojetí štlhlé výroby [9].....	11
Obrázek 4 Prvky štlhlé výroby [1] .....	12
Obrázek 5 Ikony používané při mapování toku hodnot [11] .....	16
Obrázek 6 Materiálový a informační tok [14].....	17
Obrázek 7 Postup mapování toku hodnot [1].....	17
Obrázek 8 Výběr skupiny výrobků na montážní operaci [14] .....	18
Obrázek 9 Mapa současného stavu [11].....	20
Obrázek 10 Mapa budoucího stavu [11] .....	22
Obrázek 12 Globální zastoupení Integrated Micro-Electronics Inc.[18] .....	26
Obrázek 11 Závod Integrated Micro-Electronics Czech Republic s.r.o ve Třemošné u Plzně, zdroj: www.maps.google.com.....	26
Obrázek 13 Zákazníci IMI CZ dle segmentu [18] .....	27
Obrázek 14 Deska plošných spojů osazená miniaturními SMD součástkami zdroj: [15] .....	27
Obrázek 15 Výrobní hala IMI CZ [18] .....	28
Obrázek 16 Layout přízemí [18] .....	29
Obrázek 17 První poschodí [18].....	30
Obrázek 18 Produkt mapování [vlastní].....	32
Obrázek 19 Schéma výrobního procesu produktu[vlastní] .....	33
Obrázek 20 Montáž A [vlastní].....	33
Obrázek 21 Ruční osazování [vlastní].....	33
Obrázek 22 Pájecí linka [vlastní] .....	34
Obrázek 23 Vizualní kontrola .....	34
Obrázek 24 Kompletní test funkčnosti [vlastní] .....	34
Obrázek 25 Selektivní lakování [vlastní] .....	34
Obrázek 26 Expediční balení [vlastní] .....	35
Obrázek 27 Průběh výroby layoutem přízemí [vlastní] .....	35
Obrázek 28 Průběh výroby layoutem 1. poschodí [vlastní] .....	36
Obrázek 29 Výrobní průvodka [vlastní].....	38
Obrázek 30 Ukázka zpracování informací z průvodek v MS Excel [vlastní] .....	41

Obrázek 31 Pilotní VSM mapa [vlastní] .....	42
Obrázek 32 Hromadění rozpracované výroby [vlastní] .....	44
<i>Obrázek 34 VSM mapa 2[vlastní] .....</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 33 VSM mapa 1[vlastní] .....</i>	<i>46</i>
Obrázek 35 VSM celková mapa [vlastní] .....	48
Obrázek 36 Graf výrobních časů jednotlivých operací [vlastní].....	49
Obrázek 37 Graf nadvýroby [vlastní].....	50
Obrázek 38 Nedodržení FIFO mezi dvěma výrobními objednávkami [vlastní] .....	52
Obrázek 39 Pracoviště Ruční .....	53
Obrázek 40 Pracoviště Ruční osazování [vlastní].....	53
Obrázek 41 Schéma pracoviště Ruční osazování [vlastní] .....	53
Obrázek 42 Umístění konektorů s vodiči .....	55
Obrázek 43 Umístění multipanelu[vlastní] .....	55
Obrázek 44 Vozík.....	55
Obrázek 45 Graf činnosti pracovníka [vlastní] .....	56
Obrázek 46 Úprava pracoviště Ruční osazování [vlastní] .....	60
Obrázek 47 Mapa budoucího stavu [vlastní].....	62

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Miniaudit pořádku a čistoty na pracovišti [vlastní].....	54
Tabulka 2 Miniaudit vizualizace na pracovišti [vlastní] .....	54
Tabulka 3 Ověření plnění norem [vlastní] .....	56

## Seznam příloh

Příloha 1: Zpracování VSM mapy v MS Visio

Příloha 2: Vyplněné průvodky

## **Seznam použitých symbolů a zkratk**

5S – 5 základních pravidel, kterými by se měla řídit organizace usilující o zavedení štíhlé výroby

AOI offline – Automatická optická kontrola, mimo linku

DPS – deska plošných spojů

IMI CZ – zkratka názvu společnosti Integrated Micro-Electronics Czech Republic s.r.o.

IS Baan – informační systém Baan

Lean, Lean manufacturing – štíhlá výroba

MS Excel – tabulkový kalkulátor Microsoft Excel

MS Office – Microsoft Office

MS Visio – Microsoft Visio, kancelářská aplikace s pokročilými nástroji pro vytváření diagramů, schémat sítí, technické infrastruktury apod.

PCB – printed circuit board (deska plošných spojů)  
s drátovými vývody)

SMD – surface mounted device (součástka pro povrchovou montáž)

SMED - Single Minute Exchange of Dies - Metoda na zkracování časů přetypování výrobních zařízení.

SMT – surface mounted technology (technologie povrchové montáže)

THT – through-hole technology (Technologie osazování plošných spojů součástkami)

TPM – Total productivity maintenance

TPS - Toyota production system

VA – linka – grafické znázornění časů přidané a nepřidané hodnoty ve VSM mapě

VA-index – index přidané hodnoty

VO – výrobní objednávka

VSM – Value stream mapping – mapování hodnotových tok

## **GLOSÁŘ**

Assembly – pracoviště montáže

Forecast – výhled, předpověď, zde ve smyslu výhledu na množstevní objednávky do výroby

Gemba - pracoviště

Muda – plýtvání

Mura – výpadky výroby

Muri – přetížení/zahlcení výroby

Reflow pec - přetavovací pec je bezebytným výrobním prostředkem ve výrobní lince SMT

## Úvod

Výroba v posledních desetiletích prošla významnou změnou. Tržní prostředí nahradilo masovou výrobu individuálním přístupem k zákazníkům, kteří si žádají výrobky a služby dle svých představ, ovšem očekávají ceny hromadné produkce. [1]

Těmto trendům se musí výrobní společnosti, aby prosperovaly, přežily a byly konkurenceschopné, chtít nechtě přizpůsobit. Podnikům tak oproti dřívějšímu výrazně narostla variabilita výroby, přičemž je nutné stále dosahovat vysoké kvality, spolehlivosti v rychlosti a přesnosti dodávek a to vše při velmi nízkých nákladech. [1]

Od 50. let se v Japonsku v automobilovém průmyslu rozvíjely optimalizační metody, které umožnily japonským značkám vyrábět levněji a rychleji než konkurence. Tato metodika, známá jako „Lean“, „Lean Manufacturing“ neboli „Štíhlá výroba“ obrátila tradiční myšlení výrobců a začala se pro své nepopiratelné klady rozmáhat i v dalších kontinentech.

Velké automobilky zavedly štíhlé metody nejen ve své výrobě, ale začaly je vyžadovat i od svých dodavatelů. Metody Lean tudíž víceméně prostupují celým dodavatelským řetězcem tak, aby uspokojily především zákazníka a nabídly mu co největší přidanou hodnotu.

Zavádění štíhlé výroby a odstraňování plýtvání v podniku není nijak jednoduchým úkolem, obzvláště ztratíme-li se v rozličných zeštíhlovacích metodách a jejich izolovaném použití. Pro efektivní optimalizaci je zapotřebí postupovat systematicky. Jedním z nejdůležitějších nástrojů, který nám pomáhá udržovat strategický postup je Value stream mapping. Budou-li metody štíhlé výroby či kaizenu uplatňovány v souladu s kontextem budování štíhlého hodnotového toku v podniku, pak budou nejefektivnější. [2]

Tématem mé diplomové práce je „Racionalizace výroby ve společnosti Integrated Micro-Electronics Czech Republic s.r.o.“, která se zaměřuje právě na mapování toku hodnot ve výrobě, který má sloužit jako vstupní audit pro zavádění dalších štíhlých metod do procesu.

Práce je rozdělena na dvě části – část teoretickou a praktickou. Teoretická část začíná úvodem, v první kapitole seznamuje s obecnou problematikou štíhlé výroby a základními metodami, se kterými se při zeštíhlování výroby pracuje a druhá kapitola rozebírá podrobněji metodu mapování toků hodnot – Value stream mapping. Praktická část se věnuje vlastnímu mapování vybraného produktu ve společnosti, zpracování VSM map, jejich analýze, identifikaci problémů a následně návrhu optimalizace.

# 1 Teoretická část

Tato část se zabývá teoretickým pojednáním o štihlé výrobě v kontextu dnešní doby a podrobnějším rozepsáním jedné z metod lean manufacturing Value Stream Mapping, jejíž praktická aplikace v konkrétním prostředí bude popsána v praktické části.

## 1.1 Štihlá výroba

Koncept štihlé výroby vznikl po druhé světové válce v Japonsku a vychází z dlouholetých zkušeností z přístupu k výrobě ve společnosti Toyota, která dokázala předběhnout zavedené tradiční západní automobilky jako je General Motors a stát se leaderem automobilového průmyslu. Pro koncept Toyoty mluví nejlépe tato čísla z roku 2007 [3]:

Toyota vykázala v březnu 2007 zisk 13,7 miliardy USD, přičemž GM vykázal za rok 2006 ztrátu 1,97 miliardy a Ford ztrátu 12,61 miliardy USD.

V květnu 2007 byla tržní kapitalizace Toyoty 186,71 miliardy dolarů. Pro srovnání – GM (16,6), Ford (15,7), Daimler Chrysler (81, 77).

V roce 2007 spustila Toyota svůj nový výrobní závod Takaoka. Přesto, že měla tato firma nejproduktivnější výrobní linky na světě, nové linky jsou 1,7 krát rychlejší a 4 krát pružnější, přičemž jejich délka je poloviční. Každá linka je schopna dělat 8 různých modelů s ročním výkonem 250 tisíc kusů.

V březnu v roce 2011 bylo Japonsko těžce zasaženo zemětřesením s následnou vlnou tsunami, která způsobila zastavení výroby i v Toyotě. Přesto v první polovině roku 2012 opět dokázala získat vedoucí pozici a stát se světovou jedničkou v produkci aut. [4]

Toyota svoji úspěšnou filosofii a management řízení výroby popsala již v roce 1988 v metodice Toyota Production System (TPS). TPS je dalším významným vývojovým krokem po systému hromadné výroby, se kterým přišel Henry Ford, a který byl dokumentován, důkladně rozebrán a uplatněn ve firmách ve všech odvětvích a po celém světě. TPS je znám také jako „štihlost“, neboli „štihlá výroba“. [5]

Hlavním účelem TPS je vyloučit přetížení/zahlcení výroby (muri) a výpadky (mura), a zároveň eliminovat plýtvání (muda). Nejlepších výsledků je dosaženo definováním procesu, který je schopný dosahovat požadovaných výsledků hladce, tzn. bez přerušení výrobního procesu - vyloučením "mura" (výpadků). Rovněž tak je zásadní zajistit, aby byl proces tak flexibilní, jak je třeba, a to bez stresu či "muri" (přetížení), jelikož to opět přináší "muda" (plýtvání). Ve výsledku jsou taktická zlepšení v oblasti eliminace plýtvání neboli eliminace „muda“ velmi přínosná. [6]

### 1.1.1 Plýtvání

Pojem plýtvání pochází z japonského slova *muda* a označuje všechny druhy plýtvání a ztrát, které způsobují snižování efektivnosti či hospodárnosti organizace. Za plýtvání či ztráty se považuje vše, co nepřidává hodnotu. Chceme-li eliminovat plýtvání z podnikových procesů, musíme je umět především identifikovat a měřit.

Muda v pojetí **Lean production**, tedy zaměřená především na podniky výrobního sektoru, rozlišuje 7 druhů plýtvání:

- **Transport** (Přemístování) – zbytečné přemístování materiálu a výrobků je plýtvání.
- **Inventory** (Inventory) – zbytečné skladování je plýtvání.
- **Motion** (Motion) – zbytečný pohyb pracovníků je plýtvání.
- **Waiting** (Čekání) – zbytečné prostoje a čekání je plýtvání.
- **Over-production** (Nadvýroba) - výroba nad rámec požadavků zákazníků je plýtvání.
- **Over-processing** (Nadbytečné zpracování) - zbytečná kvalita nebo zpracování, které již nepožaduje zákazník je plýtvání.
- **Defects** (Vady) - výroba defektních výrobků je plýtvání.

*Pozn: Pro lepší zapamatování se používá akronym "TIM WOOD".*

Někdy se ještě uvádí další, osmý druh plýtvání, pak se celý koncept označuje jako 7+1 druhů plýtvání nebo 8 druhů plýtvání:

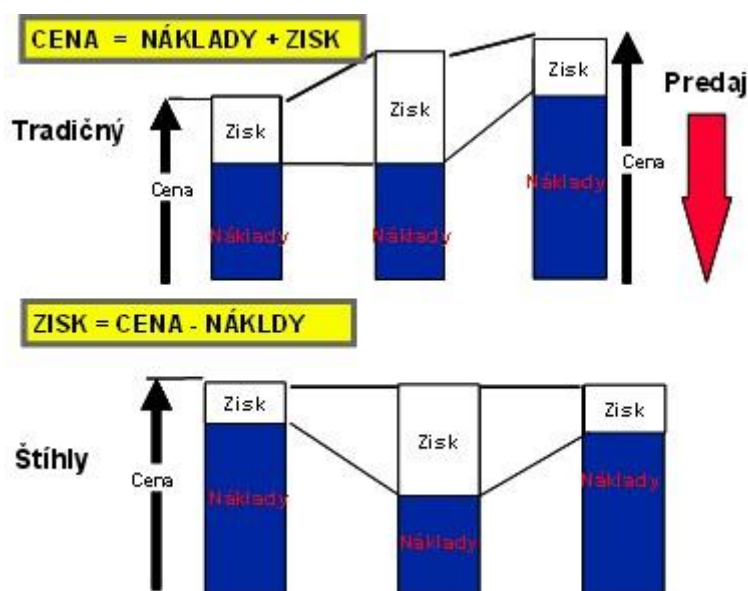
- **People, Creativity and Motivation, Skills** - (Lidé), nevyužitý potenciál pracovníků a jejich tvořivosti je plýtvání. [7]



Obrázek 1 Sedm druhů plýtvání [8]

### 1.1.2 Štíhlé myšlení

Štíhlé myšlení je způsob organizační změny, který je nejčastěji zaváděn s cílem zvýšení zisku. Zvýšení zisku je možné dosáhnout zaměřením se na snížení nákladů použitím následujícího vztahu [9]:  $Zisk = Cena - Náklady$



Obrázek 2 Tradiční výpočet ceny versus štíhlý přístup [9]

Ve filozofii štíhlého podniku je prodejní cena stanovena trhem a nemůže být "uměle" zvýšená (jak to bývalo v tradičních přístupech, používaných v minulosti). Proto jediná cesta, jak zvýšit zisk je snížit náklady. [9]

Štíhlé myšlení dosahuje snižování nákladů orientací všech zaměstnanců na hodnotu definovanou zákazníkem. Štíhlé úsilí je zaměřeno na odstranění všech kroků ve výrobě produktů nebo při poskytování služby, které nepřidávají hodnotu zákazníkovi. [9]

Mezi 5 základních kroků štíhlého myšlení patří [10]:

- Přesné definování hodnoty z pohledu zákazníka
- Identifikace hodnotových toků
- Zavádění plynulého toku
- Aplikace tahového řízení výroby
- Snaha o dokonalost ve všem

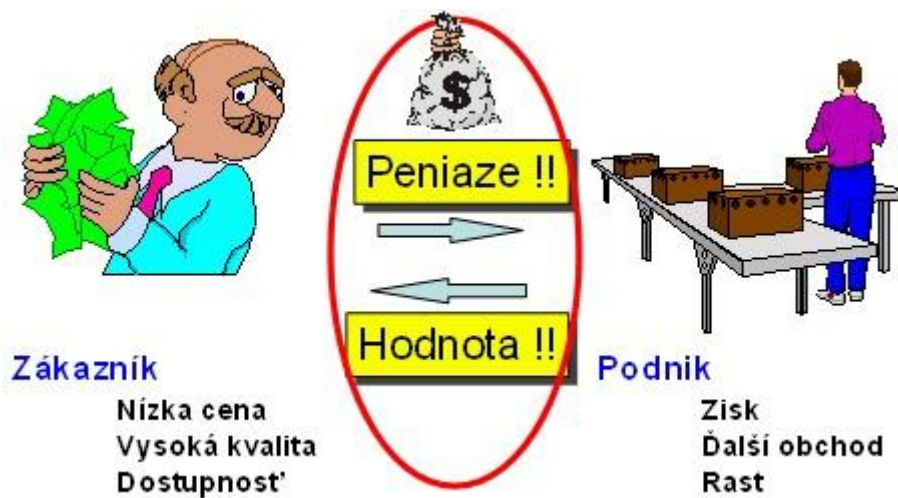


### 1.1.3 Hodnota

Existuje řada definic, co to vlastně hodnota je. Podle definice hodnotového managementu je to poměr mezi užitečnými vlastnostmi produktu a náklady. V chápání štíhlé výroby musíme však hodnotu chápat následovně: *Hodnota je to, za co je zákazník ochoten zaplatit.* [9]

V tomto vztahu jde každému o něco jiného:

- Zákazníkovi o to, aby koupil takovou hodnotu, za jakou je ochoten zaplatit.
- Podniku o to, aby získal co nejvyšší zisk.



Obrázek 3 Hodnota v pojetí štíhlé výroby [9]

Přidaná hodnota se tedy vztahuje na činnosti, které přeměňují zdroje na výrobky nebo služby odpovídající požadavkům zákazníka, patří do nich například montáž, technologické zpracování a podobně. Přidaná hodnota je tedy pouze takový proces, který splňuje podmínky [11] :

- Zákazník je ochoten za něj zaplatit,
- fyzicky přeměňuje produkt nebo informaci nezbytnou k jeho výrobě,
- je proveden napoprvé správně.

Veškeré ostatní procesy řadíme do nepřidané hodnoty. Patří sem například manipulace, skladování, plánování, fakturace, komunikace apod. Nepřidaná hodnota se dále dělí na procesy, které sice výrobku nepřidávají hodnotu, avšak jsou pro daný hodnotový tok nezbytné a na ty, které jsou prostým plýtváním, které musíme eliminovat.

### Přidaná hodnota, celková průběžná doba výroby, VA index

Při zkoumání efektivnosti procesů, při kterých se vytváří hodnota využíváme následující definici [12]:

$$\text{VA index} = \frac{\text{Čas, kdy je produktu přidávána hodnota}}{\text{Celková průběžná doba, při které produkt vzniká}}$$

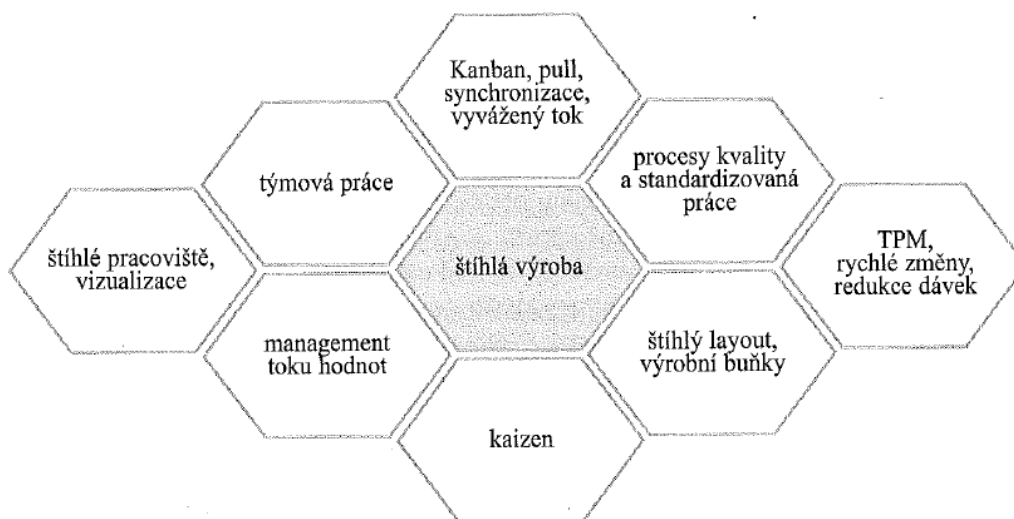
**Čas, kdy je produktu přidávána hodnota** = čas, kdy probíhají aktivity přidané hodnoty.

**Celková průběžná doba, při které produkt vzniká** = čas od navezení materiálu do vstupního skladu po čas, kdy je hotový produkt z expedičního skladu transportovaný zákazníkovi.

**VA-index** (Value added index, Value added ratio) – poměr času přidané hodnoty a celkové průběžné doby výroby. Tuto hodnotu se snažíme u každého procesu zvyšovat, tedy naším cílem je hlavně výrazně zkrátit celkovou průběžnou dobu výroby.

#### 1.1.4 Prvky štíhlé výroby

Úspěšná implementace Lean manufacturing zahrnuje zavádění jednotlivých prvků štíhlé výroby (zobrazené na Obrázek 4), které vedou k eliminaci všech forem plýtvání, a které se v určité míře vyskytují v každém výrobním systému. [1]



Obrázek 4 Prvky štíhlé výroby [1]

#### 1.1.4.1 Management toku hodnot

Základní metodou z prvků štihlé výroby, která umožňuje systematický postup při zeštíhlování podniku je **management toku hodnot**. Tato metoda je výborným pomocníkem pro analýzu, vizualizaci a měření plýtvání v celém hodnotovém toku podniku. Její využití není jen ve výrobě, ale také v dalších oblastech, jako je například logistika, administrativa nebo vývoj. Síla této metody je v její jednoduchosti a rychlosti – za několik hodin je možné pomocí listu papíru, tužky a gumy získat velmi cenný pohled na plýtvání v podniku. Touto metodou se budeme podrobněji zabývat v kapitole 1.2.[1]

#### 1.1.4.2 Štíhlé pracoviště

Základem štihlé výroby je **štíhlé pracoviště**, jehož návrh zásadně ovlivňuje každodenní pohyby pracovníků, ze kterých pak vychází spotřeby času, výkonové normy, výrobní kapacity, apod. Správný design pracoviště by měl vycházet ze zásad **5S**. Každé pracoviště má mít definované potřebné pomůcky, zařízení a každá položka má své přesné místo. Je v něm odstraněno vše zbytečné, co pracovník nepotřebuje k práci, udržována čistota a pořádek a dodržují se disciplinovaně všechny standardy a systematizovaná práce. [1]

#### 1.1.4.3 Vizualizace

**Vizualizace** je jedním ze základních komunikačních a standardizačních nástrojů, se kterým se setkáme na všech štihlých pracovištích, ale i ve většině štihlých procesů. Říká nám, jak správně probíhá a vypadá daný proces, upozorňuje na možné odchylky, zobrazuje jeho základní parametry jako je produktivita, kvalita tak, aby se zabezpečila efektivní výměna důležitých informací. [1]

#### 1.1.4.4 Týmová práce

Na týmové práci a spolupráci je založené celé fungování štihlé výroby. Předpokladem je přijetí štihlého myšlení a jeho aplikace všemi pracovníky v rámci celého podniku a další zlepšování všech procesů, které se jednoduše nazývá **Kaizen**. Pouze kvalitní komunikace a přemýšlení nad svou prací a možnostmi jejího dalšího zlepšení dokáží eliminovat plýtvání. [1]

#### 1.1.4.5 Štíhlý layout, výrobní buňky

Štíhlá výrobní buňka je takové pracoviště, v němž jsou výrobní zařízení rozmístěna obvykle do tvaru „U“, „L“ nebo má třeba tvar přímky. Toto uspořádání pracovišť umožňuje lepší pohyb lidí i materiálu v pracovním prostoru, zároveň také zlepšuje možnost komunikace mezi operátory, díky menším vzdálenostem. V takovýchto pracovištích je rovněž důležité, aby obsluha byla univerzální, tudíž aby více pracovníků bylo schopno dělat různé pracovní operace a flexibilně tak vykrývat pracoviště podle velikosti zakázek. Pracovní kompetence pro více pracovních činností, takzvaná vícefunkčnost, bývá u dělníků v podnicích se štihlou výrobou důležitým faktorem, který umožňuje jejich optimální využívání. [1]

#### 1.1.4.6 TPM, rychlé změny, redukce dávek

V podnicích, kde linky vyrábějí více různých výrobků, je kladen velký důraz na odstraňování veškerých příčin, které by mohly snížit kapacitu zařízení. Ve štihlé výrobě mluvíme o metodě TPM a SMED. **TPM** – *Total Productivity Maintenance* - je metoda, která má za cíl zvyšovat produktivitu a eliminovat veškeré časy, které by zapříčinily, že na strojích vyrábíme méně kusů než by bylo možné. Jedná se tedy o systematické snižování ztrát v oblasti poruch strojů, výměny a seřizování nástrojů, ztrát rychlosti, kvality a snižování výkonu. **SMED** - *Single*

*Minute Exchange of Die* – je metoda, která má umožnit zkrácení přestavby zařízení mezi přechodem na jiný typ výrobku, což by mělo umožnit výrobu v malých dávkách. Tímto by se měla zvýšit pružnost výroby, snížit rozpracovanost a celkově by se měla zkrátit průběžná doba výroby. [1]

#### 1.1.4.7 Procesy kvality a standardizovaná práce

**Kvalita** musí být zabudována v procesu, stejně jako zjištění abnormality a reakce na ni. Tam, kde nejsou procesy pod kontrolou, nemohou existovat ani další prvky štíhlé výroby. Kvalita u zdroje znamená okamžité zjištění chyby, okamžité reagování, hledání a odstraňování příčiny vzniku chyby. **Standardizace** práce umožňuje eliminovat chyby lidského faktoru. Říká jasně a srozumitelně operátorům, jak má proces vypadat a na co si dát pozor. Dále instruuje o tom, co dělat, probíhá-li proces nestandardně. [1]

#### 1.1.4.8 Synchronizace procesů a vyvážený tok

Synchronizace ve výrobě jsou často vrcholem snažení při zavádění štíhlosti ve výrobě. Výsledkem je pak to, že se vyrábí jen to, co chce zákazník, v požadovaném množství, čase a kvalitě. Toto se podaří však pouze tehdy, pokud jsou splněny základní předpoklady plynulého toku a to vyvážené kapacity, malé dávky, stabilní procesy z hlediska kvality, spolehlivosti a času a dobře fungující okolí výroby. [1]

## 1.2 Mapování toku hodnot ve výrobním podniku

Tato kapitola hlouběji seznamuje s principem mapování hodnotového toku. Vysvětluje postup, jak vytvořit mapu současného stavu, jaké informace z ní můžeme vyčíst, a jak se tvoří mapa budoucího stavu. Slouží jako základní znalostní báze pro praktickou aplikaci metody ve výrobě.

### 1.2.1 Podstata mapování hodnotových toků

Mapování toku hodnot neboli **VSM – Value stream mapping**, někdy též Management toku hodnot, je, jak již bylo uvedeno v kapitole 1.1.4.1, jedním ze základních a důležitých analytických nástrojů pro mapování hodnotového toku ve výrobních procesech.

Tento grafický nástroj vycházející z konceptu štihlé výroby nám znázorňuje obraz současného stavu procesů, díky kterému jsme schopni odkrýt veškeré abnormality vznikající při realizaci produktu. Hodnotový tok představuje zaměření se nejen na materiálové toky, ale také na toky informační. Výstupem tohoto nástroje je ucelený pohled na hodnotový tok vytipovaného výrobku. Při mapování daného výrobku v gembě (přímo ve výrobě, na pracovišti) odhalíme možné ztráty, úzké místo a důvody neefektivního toku v procesech, na pracovišti, v systému či skladech. Mapa toku hodnot je nástrojem vizuálním, mnohdy slouží k hlubšímu pochopení celého toku produktu skrz výrobou s návazností na systém řízení a plánování výroby, kapacitu průtoku procesy a výši zásob s ohledem na požadavek zákazníka. Cílem mapování toku hodnot je navrhnout budoucí "ideální" stav tvorby produktu bez plýtvání. [13]

Mapování toku hodnot se obvykle používá [13,1]:

- při analýze výrobních i nevýrobních procesů, kdy chceme zjistit průběžnou dobu výroby/realizace daného výrobku či zakázky, index přidané hodnoty či reálný stav současného stavu,
- u výrobku, jehož výroba se zavádí,
- u výrobku, u kterého se plánují změny,
- při návrhu nových procesů,
- při novém způsobu rozvrhování výroby.

Kde naopak má mapování toku hodnot omezení a rizika [1]:

- Problematické využití při proměnlivých procesech a výrobním programu.
- Mapa je jen statické zobrazení procesu, při složitějších procesech je někdy nutná dynamická simulace na počítači.
- Nedoporučuje se vytvářet mapu za stolem v kanceláři, je třeba jít analyzovat procesy přímo do výroby.
- První verze map toku hodnot je nutné verifikovat v týmu.

Musíme pamatovat na to, že cílem dosažení štíhlosti není mapování, ale důležitější je zavedení toku přidávajícího hodnotu. Mapování nám pomáhá vidět a zaměřit se na tok ideálního anebo přinejmenším zlepšeného stavu. [12]

### 1.2.2 Tok hodnot

O tom, co se považuje ve štíhlé výrobě za hodnotu jsme se dozvěděli v kapitole 1.1.3. Tok hodnot je veškeré dění, ať už se jedná o kroky přidávající hodnotu nebo nepřidávající hodnotu, v současné době nutné k tomu, aby výrobek prošel hlavním výrobním tokem od suroviny až po náruč zákazníka, což je právě oblast, kde většina podniků usiluje o zavedení štíhlých metod.

Sledujeme-li proces z hlediska hodnotového toku dostáváme na něj celkový náhled. Tudiž jsme pak schopni optimalizovat celý systém a ne pouze jeho části. V této práci se zabýváme pouze výrobním tokem, někdy též označovaném „od vrat ke vratům“ uvnitř vlastního závodu včetně odeslání k zákazníkovi a příjmu nakupovaných dílů materiálu. Takto můžeme navrhovat vizi budoucího stavu a začít ji ihned zavádět pomocí aplikace štíhlých nástrojů.

### 1.2.3 Ikony pro mapování procesů na podnikové úrovni

Pro popis hodnotových metod se používá řada standardizovaných ikon, které dělíme do tří základních kategorií [11] :

- Ikony pro materiálový tok
- Ikony pro informační tok
- Obecné ikony

Základní ikony, se kterými se můžeme v mapách setkat jsou tyto:

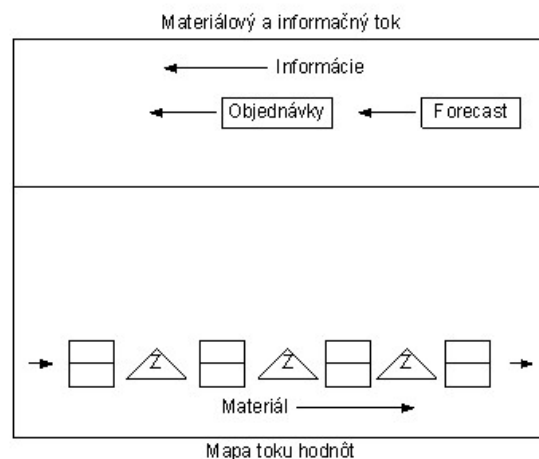
Ikony pro materiálový tok			
Externí zdroje 	Proces 	Data o procesu 	Zásoby 
Transport 	Tok hotových výrobků 	Pohyb tlakem 	Pohyb tahem 
Supermarket 	Výrovnávací zásoba 	Bezpečnostní zásoba 	
Ikony pro informační tok			
Manuální informování 	Elektronická informace 	Typ informace 	Inventurní plánování 
Výrobní kanban 	Dopravní kanban 	Signální kanban 	Kanbové schránka 
Heijunka 	Heijunka-správce 	FIFO 	Výrobní mix 
Všeobecné ikony a symboly			
Operátor 	Výrobní buňka 	Počítačová podpora 	Příležitost ke zlepšení 
VA-linka 			

Obrázek 5 Ikony používané při mapování toku hodnot [11]

### Materiálový a informační tok

V procesu mapování toku hodnot je třeba nakreslit mapu pro materiálový, ale také informační tok, neboť VSM je nástroj k vytvoření komplexního obrazu o výrobě. [14]

Ve štíhlé výrobě je informačnímu toku věnována stejná důležitost, jako toku materiálovému, protože ten každému procesu říká, co se má vyrobit nebo co bude následovat. Výsledný obraz - mapa o procesech ve výrobě bude tedy obsahovat ve spodní části materiálový tok, včetně specifických informací o každém procesu a v horní části informační tok. [14]



Obrázek 6 Materiálový a informační tok [14]

#### 1.2.4 Postup při mapování toku hodnot

Mapování hodnotového toku se skládá ze čtyř základních kroků [1]:



Obrázek 7 Postup mapování toku hodnot [1]

K tomuto postupu je třeba poznamenat, že vytváření map současných a budoucích stavů je neustálý proces. Vytvořením jedné mapy současného a budoucího stavu pro jeden produkt proces mapování nekončí. V důsledku neustálých změn ve výrobě je potřeba mapy neustále aktualizovat. [14]

Poslední krok je připravit a začít aktivně využívat implementační (akční) plán, který popisuje, jaký plánujeme budoucí stav a jak se stane realitou po nakreslení mapy budoucího stavu. Budoucí stav lze doladovat během realizace kroků z akčního plánu. [1]

Někdy se též můžeme setkat s krokem pátým, a to je definice týmu pro mapování hodnot. Většina společností se dělí v organizační struktuře na různá oddělení, která spolu spolupracují, ale hodnotový tok je nad těmito strukturami. Leckdy se proto může stát, že se v podniku setkáme s lidmi, jež neznají celý materiálový a informační tok výrobku a to jakými všemi procesy výrobek prochází a jak je plánován, jelikož se soustředují pouze na své oddělení. Pro to, aby se zabránilo těmto izolovaným ostrůvkům je třeba vždy určit manažera, který bude mít zodpovědnost za poznání hodnotového toku výrobní řady a za jeho zlepšování. [1]

#### 1.2.4.1 Výběr výrobní řady, výběr reprezentanta výrobků

Při tvorbě mapy je vždy důležité vybrat si jeden výrobek anebo výrobní řadu. Reprezentanti či výrobní řady se určují od zákaznického konce a je to vždy výrobek nebo skupina výrobků, které prochází podobnými kroky zpracování a většinou i společnými zařízeními.

Pokud je výrobní mix příliš složitý, pak přichází na řadu ABC analýza.

		Montážní operace							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Výrobky	A	x	x	x		x	x		
	B	x	x	x	x	x	x		
	C	x	x	x		x	x	x	
	D		x	x	x			x	x
	E		x	x	x			x	x
	F	x		x		x	x	x	
	G	x		x		x	x	x	

Výrobní rodina

Obrázek 8 Výběr skupiny výrobků na montážní operaci [14]



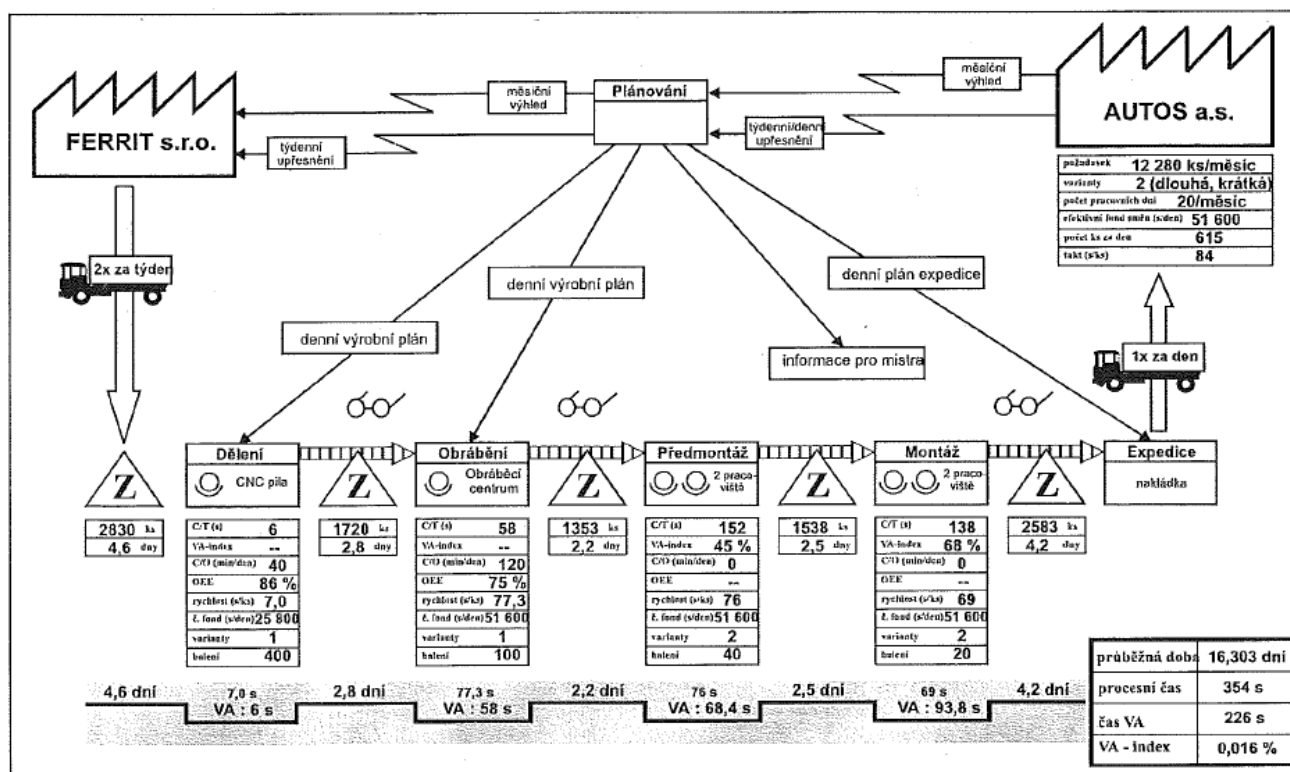
#### 1.2.4.2 Tvorba mapy současného stavu

VSM mapa se kreslí pro klíčový výrobek anebo pro reprezentanta určité skupiny výrobků. Vždy se vychází z požadavků zákazníka, kdy zaznamenáváme veškerý informační a materiálový tok do jedné mapy pomocí standardizovaných ikon ve směru zprava doleva v jedné linii. U každého procesu dále zaznamenáváme jeho parametry, které měříme nejlépe přímo v procesu. Na základní tvorbu VSM mapy používáme jednoduché nástroje jako tužka, papír a stopky. V dalším kroku je možno pro zpracování používat podpůrný vizualizační software. [1]

Postup tvorby mapy současného stavu je následující [1]:

- 1) Vybrat reprezentativní hodnotový tok,
  - 2) nákres hrubé skici procesu,
  - 3) příprava formulářů pro zaznamenání dat,
  - 4) zjištění a zapsání, vypočtení základních údajů o zákazníkovi (požadavky na dodávky, takt, denní potřeba, směnnost apod.),
  - 5) zaznamenání základních údajů o procesu a operacích přímo na gembě (cyklové časy, OEE, časový fond apod.),
  - 6) zmapování stavu rozpracované výroby v procesech a velikost zásob v místech skladování,
  - 7) přepočtení velikosti zásob podle denní potřeby zákazníka,
  - 8) zakreslení ikony zákazníka a uvedení zjištěných údajů do tabulky dat,
  - 9) zakreslení ikony externího dodavatele,
  - 10) pomocí ikon pro výrobní proces a tabulek dat popsat sled pracovních kroků v podniku včetně dodavatele,
  - 11) dokreslení materiálových toků a ikon skladů s údajem o velikosti zásob,
  - 12) zakreslení externího transportu,
  - 13) zakreslení informačních toků od zákazníka přes podnik až k dodavateli, zachycení systému a formy plánování,
  - 14) zakreslení VA- linky,
  - 15) vypočítat základní údaje o hodnotovém toku :
    - celková průběžná doba výroby ve dnech,
    - celkový procesní čas,
    - čas přidávání hodnoty,
    - $VA - index = \text{čas přidávání hodnoty} / \text{celkový průběžný čas}$ .
- Výsledný poměr určuje, kolik % z celkové průběžné doby výroby tvoří plýtvání a kolik práce přidávající hodnotu výrobku.

Výsledná mapa současného stavu je zobrazena na *Obrázek 9 Mapa současného stavu* [11]



Obrázek 9 Mapa současného stavu [11]

Máme-li nakreslenou mapu současného stavu hodnotového toku, pak můžeme přejít k její analýze. Ta spočívá především v hledání veškerého plýtvání a snažíme se nalézt veškeré možnosti pro uplatnění metod štíhlé výroby, jako jsou např. [11]:

- Integrace operací do výrobních buněk
- Tok jednoho kusu
- Tahový systém (kanban)
- Rychlé změny
- Balancování buněk a linek
- FIFO
- Standardizace operací
- TPM
- Vizualní řízení a kontrola
- Supermarkety
- a další.

Cílem implementace těchto metod je vytvoření řetězce výrobních operací, které jsou spojeny se zákazníkem formou plynulého toku nebo tahovým systémem, kdy každý výrobní proces dostává přesně to, co je požadováno zákazníkem. Smyslem celého procesu je zlepšení základních parametrů hodnotových toků, mezi které patří např. [11]:

- uspokojení zákaznických potřeb,
- celková průběžná doba,
- stav zásob a obrátka zásob,
- rozpracovanost,
- velikost výrobních dávek,
- VA-index.

#### 1.2.4.3 Tvorba mapy budoucího stavu

Formálním nástrojem pro zaznamenání potenciálních zlepšení je mapa budoucího stavu. Při její tvorbě se postupuje tímto způsobem [11]:

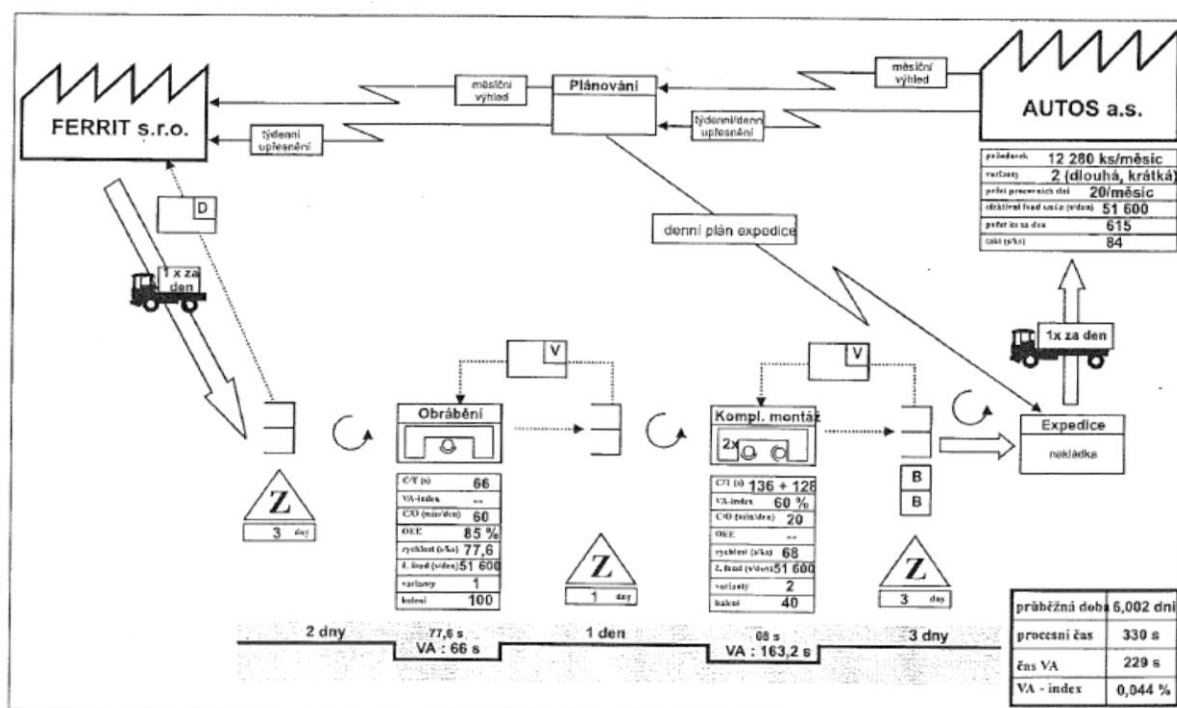
- 1) provedeme revizi mapy současného stavu,
- 2) nakreslí se ikony pro příležitosti ke zlepšení do mapy současného stavu,
- 3) navrhujeme možná zlepšení v oblasti operací, materiálových a informačních toků,
- 4) do pravého rohu mapy budoucího stavu nakreslíme ikonu pro externího zákazníka a do tabulky zaznamenáme potřebné údaje,
- 5) zakreslíme ikonu dodavatele,
- 6) pomocí ikon pro výrobní proces a tabulek dat popíšeme zleva doprava nový sled procesních kroků v podniku včetně dodavatele a uvedeme potřebné (navrhované) údaje,
- 7) dokreslíme materiálové toky a ikony skladů s údajem o plánované velikosti zásob ve dnech,
- 8) dokreslíme navrhovanou formu externího transportu,
- 9) dokreslíme systém a nové formy plánování (informačních toků od zákazníka, přes podnik až k externímu dodavateli),
- 10) do spodní části mapy nakreslíme VA – linku,
- 11) vypočteme základní údaje charakterizující nový návrh toků:
  - celkovou průběžnou dobu ve dnech,
  - celkový procesní čas,
  - čas přidávání hodnoty,
  - VA-index,

12) provedeme porovnání současného a budoucího stavu pomocí uvedených parametrů i jiných údajů (velikost zásob, obrátka zásob, rozpracovanost výroby, apod.),

13) provedeme revizi mapy a sestavíme akční plán,

14) obě mapy vystavíme na vhodném a přístupném místě.

Mapa budoucího stavu, vycházející z mapy současného stavu, vypadá následovně:



Obrázek 10 Mapa budoucího stavu [11]

#### 1.2.4.4 Harmonogram změn a jejich realizace

Mapa budoucího stavu ukazuje, kam se chceme dostat. Nyní potřebujeme ještě vytvořit akční plán - cestu, jak se tam dostat.

Tento plán by měl obsahovat:

- přesný seznam úkolů, co chceme udělat – krok po kroku,
- měřitelné cíle,
- kontrolní dny, lhůtu, řešiteli a kontrolory dodržování plnění úkolů.

Při definování jednotlivých úkolů a jejich termínů plnění je třeba brát v úvahu [1]:

- procesy, které jsou dobře zvládnuté lidmi,
- kde je nevyšší pravděpodobnost úspěchu,
- kde předpokládáme nejvyšší přínos peněz.

Na začátek se doporučuje začít se samotnou realizací úloh na procesu udávající krok výroby. Pokud uděláme materiálový tok na tomto procesu (nejblíže k zákazníkovi) štíhlým, odhalíme tím oblasti pro zlepšení na všech předchozích procesech (pokud se vyžaduje začít proces zlepšování současně ve více smyčkách, není to problém). [1]

### **1.3 Shrnutí teoretické části**

Teoretická část této práce tvoří výchozí znalostní základnu pro porozumění významu jednoho ze základních analytických nástrojů štlé výroby – managementu toku hodnot. Metoda je rozebrána a popsána dle svých jednotlivých částí. Ačkoli je metoda VSM při analýzách hojně využívána, příliš podrobných a praktických informací o ní v českém jazyce nenajdeme. Osobně mi byla jako nováčkovi největší oporou kniha Mika Rothera: Learning to see. [2]

## 2 Praktická část

Praktická část této diplomové práce se zabývá aplikací metody štíhlé výroby Value stream mapping na vybraný produkt firmy Integrated Micro-Electronics Czech Republic s.r.o.. Jelikož se zde VSM používala poprvé bez předchozích zkušeností, musela si projít zdlouhavou cestou analýzy prostředí, návrhu použití metody v konkrétních podmínkách výroby, jejím pilotním ověřením, úpravou a až teprve poté následným „ostrým“ nasazením.

Osobně jsem též z důvodu absence praktických zkušeností s přímým nasazením metody, při které se mi bohužel i přes teoretickou přípravu a studium dostupné literatury nedostávalo konkrétních odpovědí, soukromě absolvovala jednodenní odborný seminář Akademie produktivity a inovací s.r.o. s názvem „VSM – tvorba současné a návrh budoucí mapy toku hodnoty“.

Veškeré poznatky jak teoretické tak praktické byly nakonec implementovány a výsledkem je realizace VSM v prostředí společnosti, analýza stávajícího stavu hodnotového toku včetně identifikace problémů a návrhů na zlepšení.

## 2.1 Představení společnosti

Firma **Integrated Micro-Electronics Czech Republic s.r.o.** (dále IMI CZ) je součástí nadnárodní společnosti **Integrated Micro-Electronics, Inc.** (dále jen IMI) sídlící na Filipínách. IMI se zabývá inovativní výrobou elektroniky, kompletací a testováním pro odvětví automobilového průmyslu, zdravotnictví, solární energetiky, telekomunikace a spotřební elektroniky.

Závody IMI, jak ukazuje *Obrázek 12*, se nacházejí na třech kontinentech, konkrétně na Filipínách, v Číně, Singapuru, USA, Mexiku, Bulharsku a České republice.



*Obrázek 11 Závod Integrated Micro-Electronics Czech Republic s.r.o ve Třemošné u Plzně, zdroj: [www.maps.google.com](http://www.maps.google.com)*



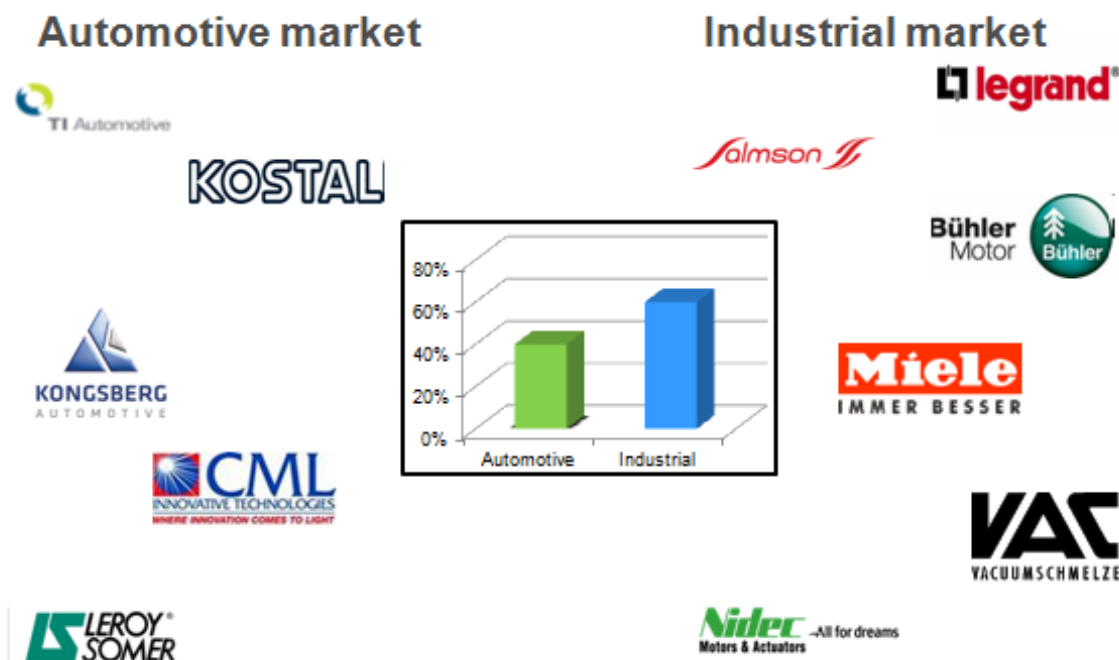
*Obrázek 12 Globální zastoupení Integrated Micro-Electronics Inc.[18]*

Závod v České Republice byl založen v roce 1991 společností EKER, spol. s r.o., v roce 2004 jej odkoupila belgická EPIQ NV, jako EPIQ CZ s.r.o. . V červenci roku 2011 IMI převzala akvizicí dceřiné závody EPIQ NV v Bulharsku, České Republice a Mexiku a zapojila je do svých globálních aktivit pod hlavičkou Coöperatief IMI Europe U.A.. IMI CZ je zejména regionálním outsourcingovým dodavatelem pro automotive, elektrotechnický a elektronický průmysl. Nabízí výrobu a montáže plošných spojů, osazování desek a montáže elektronických sestav s použitím součástek SMD (surface mounted device) a THT (thru hole technology).

IMI CZ zaměstnává 185 pracovníků, z nichž převážná část jsou výrobní dělníci, vlastní certifikáty jakosti ISO/ TS 16949; ISO 9001; ISO 14001 a výrobní areál o velikosti 7740 m<sup>2</sup>.



Mezi zákazníky IMI CZ patří řada významných dodavatelů pro oblast automotive a výrobní průmysl viz **Obrázek 13**.



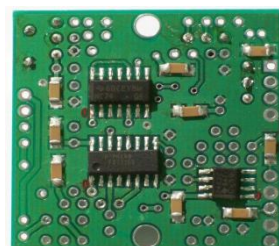
Obrázek 13 Zákazníci IMI CZ dle segmentu [18]

### 2.1.1 Strojní vybavení a výroba

IMI CZ se zaměřuje na elektrovýrobu. Hlavním předmětem činnosti je výroba, montáž a testování desek plošných spojů. Pro tyto činnosti vlastní společnost speciální automatizované linky, stroje a testovací zařízení. V této kapitole uvedu základní technologie používané při výrobě.

#### 2.1.1.1 SMT linka

Prvním technologickým procesem ve výrobním programu je osazování desek plošných spojů (PCB – Printed Circuit Board). Desky plošných spojů se osazují součástkami SMD (Surface Mount Device) pomocí technologie automatizované povrchové montáže - SMT (Surface-Mount Technology) na plně automatizovaných osazovacích linkách. Linka se skládá z dalších strojů jako je automatický zakladač PCB, automatický sítotisk, inspekční dopravník, osazovací automat, reflow pece, automatický vykladač apod. Obsluha linky nastavuje parametry pro příslušné PCB, spustí produkci, zakládá PCB desky, kontroluje a nakonec osazené PCB z linky odebírá a ukládá do přepravní jednotky.



Obrázek 14 Deska plošných spojů osazená miniaturními SMD součástkami zdroj: [15]

### 2.1.1.2 Automatická optická inspekce offline (AOI offline)

Stolní automatická optická inspekce je určena ke kontrole osazených součástek. Offline je označení pro stroj mimo linku. AOI offline vyhledává otočené součástky, chybějící součástky, zaměněné součástky, zkratky apod.. Zařízení pracuje na principu porovnávání fotografií součástek s databází. Před započítím nové výroby je potřeba vytvořit program. Pro SMD součástky operátor program vytvoří pomocí dat z osazovacího automatu.

### 2.1.1.3 Pájecí vlny

Pájecí vlny slouží k pájení osazených PCB, které se umísťují do speciální pájecí masky. Operátor vkládá masku na dopravník a celý proces je již řízen programem. Deska se přehřívá na zadanou teplotu k aktivaci tavidla a poté projede samotnou vlnou/pájkou, kde se SMD a další součásti zapájí. Obsluha zapájené PCB vyjme a zkontroluje.

### 2.1.1.4 Selektivní lakovací automat

Lakovací automat slouží k selektivnímu nanášení ochranné vrstvy (laku) na PCB. Celý proces je řízen programem.. PCB se ukládá do lakovací masky a po usazení a spuštění automat pomocí lakovací hlavy provede nalakování. Poté se provádí kontrola pod UV lampou a PCB se umísťuje do sušičky, kde se lak suší min. 4hod.

Po lakování se PCB obvykle přemisťují do testovací zóny. Testování se provádí měřením součástek (IC test) nebo funkčním testem (FC test), dle požadavku zákazníka a technologie výroby. Funkční testery jsou samostatná zařízení vyráběná na míru konkrétním produktům neboť elektrické a elektronické výrobky musí být na závěr výrobního procesu otestovány a musí být zkontrolovány všechny výstupní hodnoty a parametry. To ověřuje software, ke kterému je testovací zařízení připojeno, který simuluje chování výrobku v provozu. Naproti tomu IC test měří pouze hodnoty součástek a nedokáže ověřit skutečnou funkčnost.

Dalšími pracovišti ve výrobě jsou montáže, vizuální kontroly, dělení PCB a další.

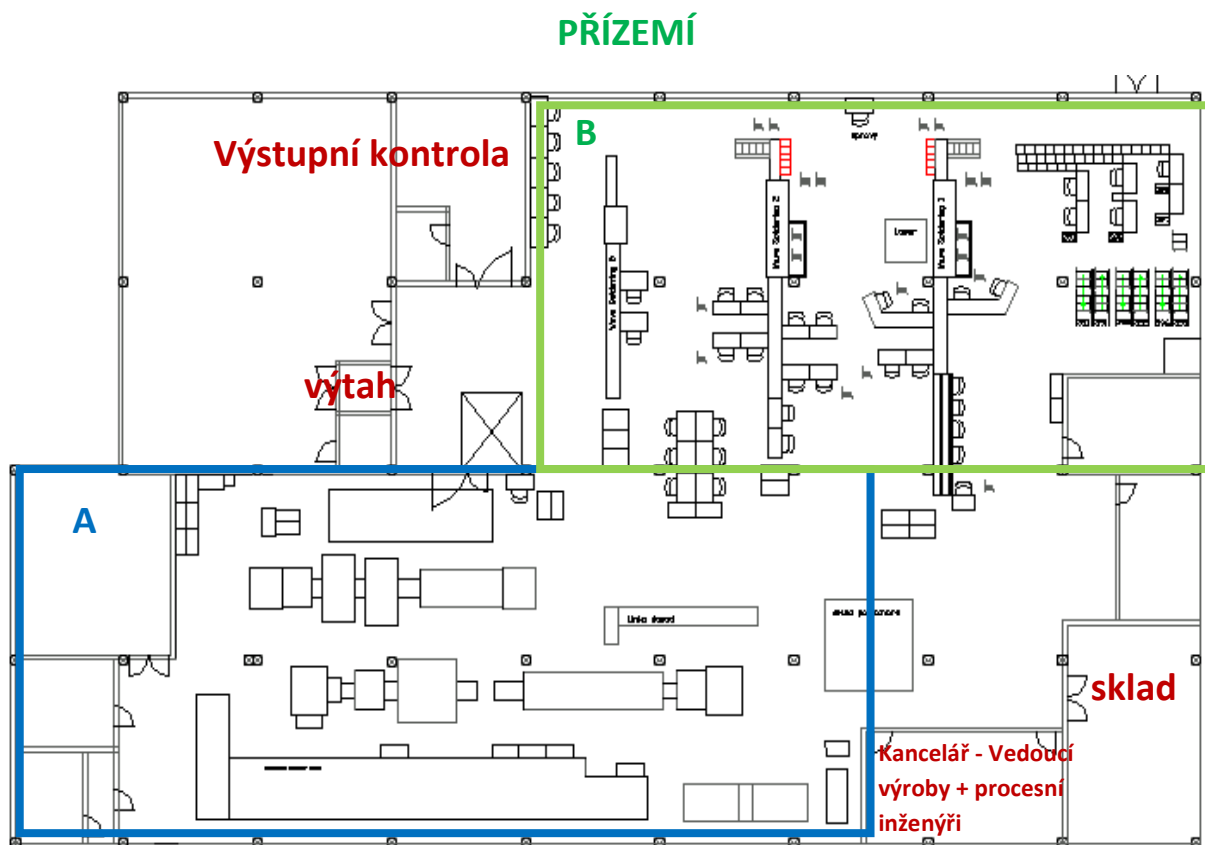
Jak lze z uvedených popisů usoudit, velká část výroby je vysoce automatizovaná, což je pro elektrovýrobu typické. Ve výrobních prostorách se dbá na údržbu čistého prostředí, pracovníci mají předepsanou pracovní uniformu a obuv a na středisku SMT se nosí síťka na vlasy.



Obrázek 15 Výrobní hala IMI CZ [18]

Výroba v IMI CZ je sériová s cca 130 typy výrobků, z nichž cca 25 je sěžejních. Uspořádání pracovišť je technologické. Výrobní prostory jsou rozmístěny ve dvoupodlažní hale, přičemž materiál a polotovary jsou mezi jednotlivými patry transportovány výtahem na vozících.

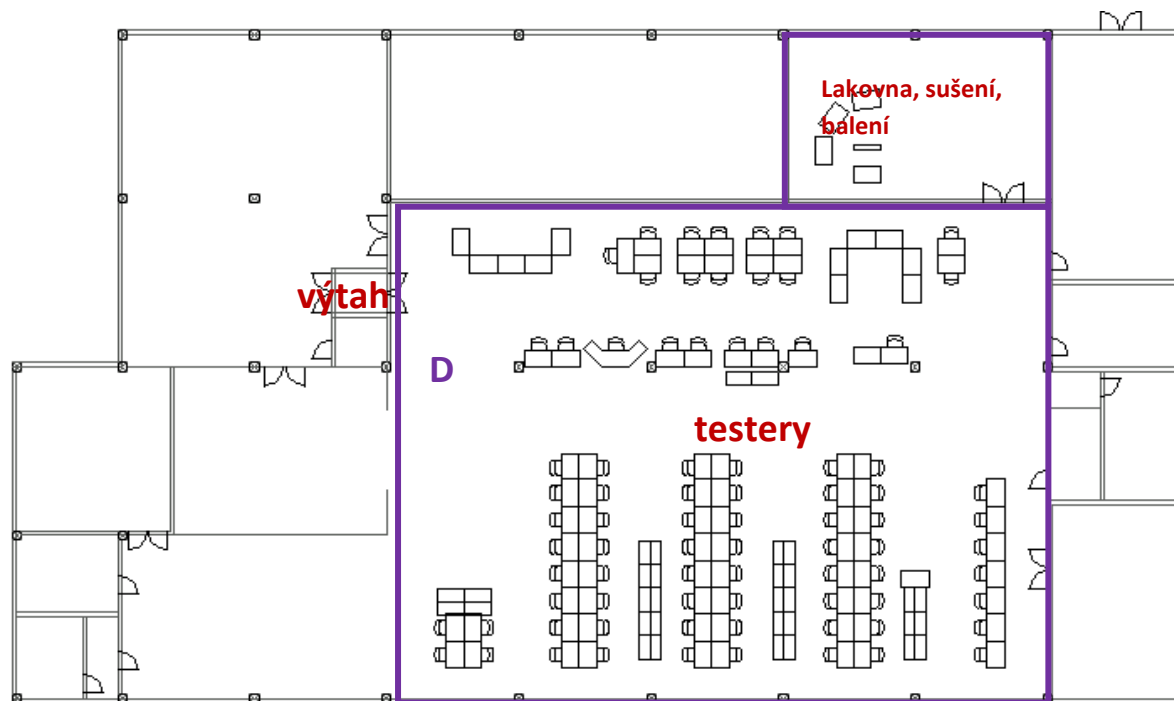
Samotná výroba je členěna do tří hlavních středisek. První středisko „A“ obsahuje automatické osazovací linky s technologií SMT a zařízení pro AOI kontrolu apod., druhé středisko „B“ neboli „assembly“ obsahuje převážně montážní pracoviště, pájecí linky a pracoviště vizuální kontroly, viz **Obrázek 16**.



Obrázek 16 Layout přízemí [18]

Třetí středisko „D“, jak zobrazuje **Obrázek 17**, je umístěné v 1. poschodí haly, ve kterém se nachází jednotlivé automatické testery a zařízení na selektivní lakování a sušení.

## 1. POSCHODÍ



Obrázek 17 První poschodí [18]

### 2.1.2 Informační systém

Pro podporu řízení výroby slouží v IMI CZ informační systém Baan. Baan je firemní databáze, která obsahuje veškeré informace o výrobě jako jsou vstupní materiály, výrobní postupy zakázek, plánování, objednávky, informace z nákupu, obchodu, skladu apod.. V tomto systému má každý výrobek svůj unikátní kód, pomocí něž je provázán s celým výrobním procesem od objednávky až po expedici, tudíž se dá vysledovat veliké množství různých informací.

Celý informační systém je z důvodu mezinárodního působení firmy v anglickém jazyce, což někdy může být spolu s rozsáhlostí systému nevýhodou. Systém sám o sobě skladuje obrovské množství dat, které mohou být užitečná na různém stupni řízení, avšak aby tyto data poskytovaly informace a znalosti, musí pracovník se systémem umět zacházet.

V našem případě budeme z informačního systému potřebovat informace o jednotlivých výrobcích, jako je technologický postup výroby, stávající normy, kapacity pracovišť, objednané množství atd.

### **2.1.3 Štíhlá výroba v Integrated Micro-Electronics Czech Republic s.r.o.**

Metody lean manufacturing se v IMI CZ začaly implementovat po jejím převzetí EPIQ na přelomu 2011/2012, kdy byla zřízena přímo pozice „lean manufacturing engineer“. Jedním ze současných strategických cílů společnosti je zavedení metody 5S do konce roku 2013. V souvislosti s plánováním uplatnění dalších metod štíhlé výroby vyvstal i požadavek na zpracování analýzy materiálového a informačního toku na vybrané výrobky.

## 2.2 Analýza výrobního procesu vybraného výrobku

Tato kapitola se zabývá představením výrobku, který je předmětem mapování. V této části uvedu jeho kompletní výrobní proces, řízení produkce a materiálový tok layoutem. Tento produkt byl vybrán na základě jeho velikosti podílu na celkovém objemu výroby.

### 2.2.1 Představení produktu, výrobní proces

Produkt Buehler Direct Start je komponenta pro připojení stejnosměrného elektromotoru. Je to součástka malých rozměrů, která se vyrábí v objemu cca 650 000 ks/rok. Skládá se ze dvou vodičů, konektoru a desky plošných spojů osazené SMD součástkami.



Obrázek 18 Produkt mapování [vlastní]

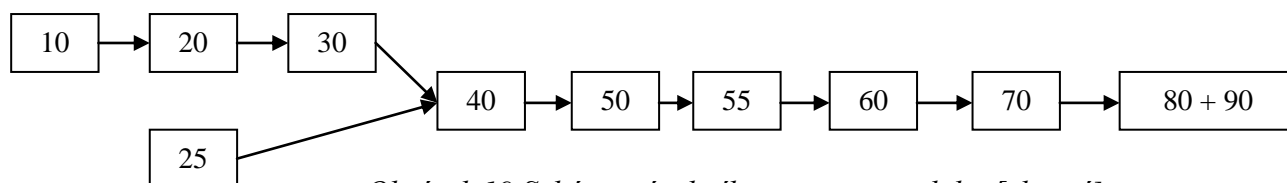
#### 2.2.1.1 Řízení výroby

Výroba produktu je řízena přes informační systém Baan viz 2.1.2. Každý zákazník má svého manažera programu, což je osoba z obchodního úseku spadající do zákaznického servisu v logistice. Zákazník posílá výhledový forecast svému přidělenému manažeru programu 6 měsíců předem FAXEM, ten je zaznamenává do informačního systému, odkud jej přebírá plánovač výroby. 14 dní dopředu je požadované množství upřesněno na konečný počet kusů výrobků, které mají být vyrobeny. Potvrzení je realizováno emailem a většinou probíhají už jen odvolávky počtu kusů. Operativní změny během posledních 14 dní před výrobou jsou pak řešeny telefonicky přímo s manažerem programu, který změny hlásí přímo plánovači. Konečné objednávky se upraví v informačním systému a plánovač naplňuje aktuální zařazení do výroby s ohledem na datum dodání zákazníkovi. Dle slov plánovačky je snahou vytvořit pojistnou zásobu 10 000 ks, kterou se však dlouhodobě nedaří realizovat.

Plánovačka plánuje výrobu pro jednotlivá výrobní střediska. Každé výrobní středisko má svého mistra a je řízeno výrobními objednávkami z informačního systému, které mistři dostávají od plánovačky. S týdenním předstihem dostávají mistři plán výroby, který zadává plánovačka v požadované výrobní dávce s ohledem na objednávku popř. stav na skladě a určí očekávané datum výroby. Mistři si ze systému tisknou žádanky materiálu do skladu a poté naplňují výrobu na konkrétní dny, směny a pracovníky.

### 2.2.1.2 Výrobní proces

Výrobek postupně prochází deseti pracovišti a třemi výrobními středisky: SMT – středisko A, montáž – středisko B a lakování a test – středisko D. (Více o jednotlivých technologiích v kapitole 2.1.1. )



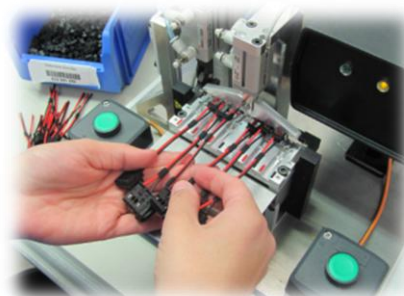
Obrázek 19 Schéma výrobního procesu produktu[vlastní]

První operací „10“ je automatické osazování PCB na SMT lince, kdy se na předpřipravené PCB lepí SMD součástky. Linka SMT je velice výkonná a umožňuje osadit velké objemy PCB v krátkém čase. Obsluhuje ji jeden pracovník, který do linky zakládá PCB desky a opět je osazené vyndává do přepravních beden.

Osazené PCB v přepravních bednách přecházejí na pracoviště Automatické optické kontroly „20“, kde stroj kontroluje správnost osazení SMD součástek na deskách. Tento stroj je též velice výkonný a je obsluhován jedním operátorem.

Po kontrole se PCB desky na pracovišti dělení „30“ rozdělí na menší desky po 6ks do takzvaných multipanelů a opouští středisko „A“ jako polotovary, který jde buď rovnou do výroby, nebo se uloží v supermarketu (ten spadá pod středisko B). Pracoviště dělení nemá přiděleno stálého pracovníka, a tak se zde střídají nevytížení operátoři z jiných pracovišť. Při pilotním mapování toto pracoviště spadalo pod středisko montáže, tedy „B“, při druhém mapování bylo však převedeno pod středisko „A“.

Dále se výroba přesouvá na středisko „B“ neboli assembly (montáž). Čtvrtou operací je Montáž A, což je předmontáž neboli předosazování „25“, kdy se kompletuje druhý polotovar s vodiči, které se ohýbají na přípravku po 6ks. Tato montážní operace je již řádově pomalejší než operace na předchozím výrobním středisku. Na tomto pracovišti provádí montáž jeden operátor.



Obrázek 20 Montáž A [vlastní]

Pátá operace Ruční osazování „40“ je operací montážní, kdy se spojují oba polotovary (PCB a vodiče) a vkládají se do masky po 4ks multipanelů a 24 ks vodičů, určené do pájecí linky. Po ručním osazení se maska vloží na dopravníkový pás, který ji dopraví až do pájecí linky.



Obrázek 21 Ruční osazování [vlastní]

Šestou operací je samotné pájení vlnou „50“ v pájecí lince, kdy se zapájí vodiče spojující oba polotovary a součástky SMD. Tento proces probíhá automaticky, operátor pouze vyzvedne masku z pásu, vyndá z ní výrobky, zevrubně zkontroluje zapájené desky, předá je do přepravních beden a masku odkládá na vozík, který se pak vrací k operátorovi na ruční osazování. Linku obsluhuje jeden pracovník, který zároveň obsluhuje více strojů. Na lince se současně můžou pájet i jiné výrobky, které pak vyjíždějí po dopravním pásu za sebou v maskách.



Obrázek 22 Pájecí linka [vlastní]

Sedmou operací „55“ je Vizuální kontrola, kde se výrobky kontrolují po osazení a pájení a zbavují se přečnívajících zapájených vývodů vodičů v PCB. Kontrolu provádí jeden operátor. Zkontrolované výrobky se odkládají do bedny a na vozík, který manipulátorky odvázejí výtahem do 1. patra na středisko „D“.



Obrázek 23 Vizuální kontrola [vlastní]

Osmá operace „60“ je kompletní testování funkčnosti. Výrobek je po 6ks vložen do testeru, který je připojen k počítači. Software počítače je naprogramován tak, aby simuloval chování výrobku při reálné funkčnosti s motorem u odběratele. Tedy funkčnost všech obvodů. Kontrolu provádí jeden operátor.



Obrázek 24 Kompletní test funkčnosti [vlastní]

Devátou operací „70“ je Selektivní lakování na lakovacím automatu. Lakovací automat slouží k selektivnímu nanášení ochranné vrstvy (laku) na PCB. Multipanely vloží operátor do přípravku, zapne se lakování a poté se panely pod UV lampou zkontrolují. Následně jsou uskladněny v sušicím boxu, kde musí zůstat min. 4 hod. Na pracovišti pracuje jedna operátorka.



Obrázek 25 Selektivní lakování [vlastní]



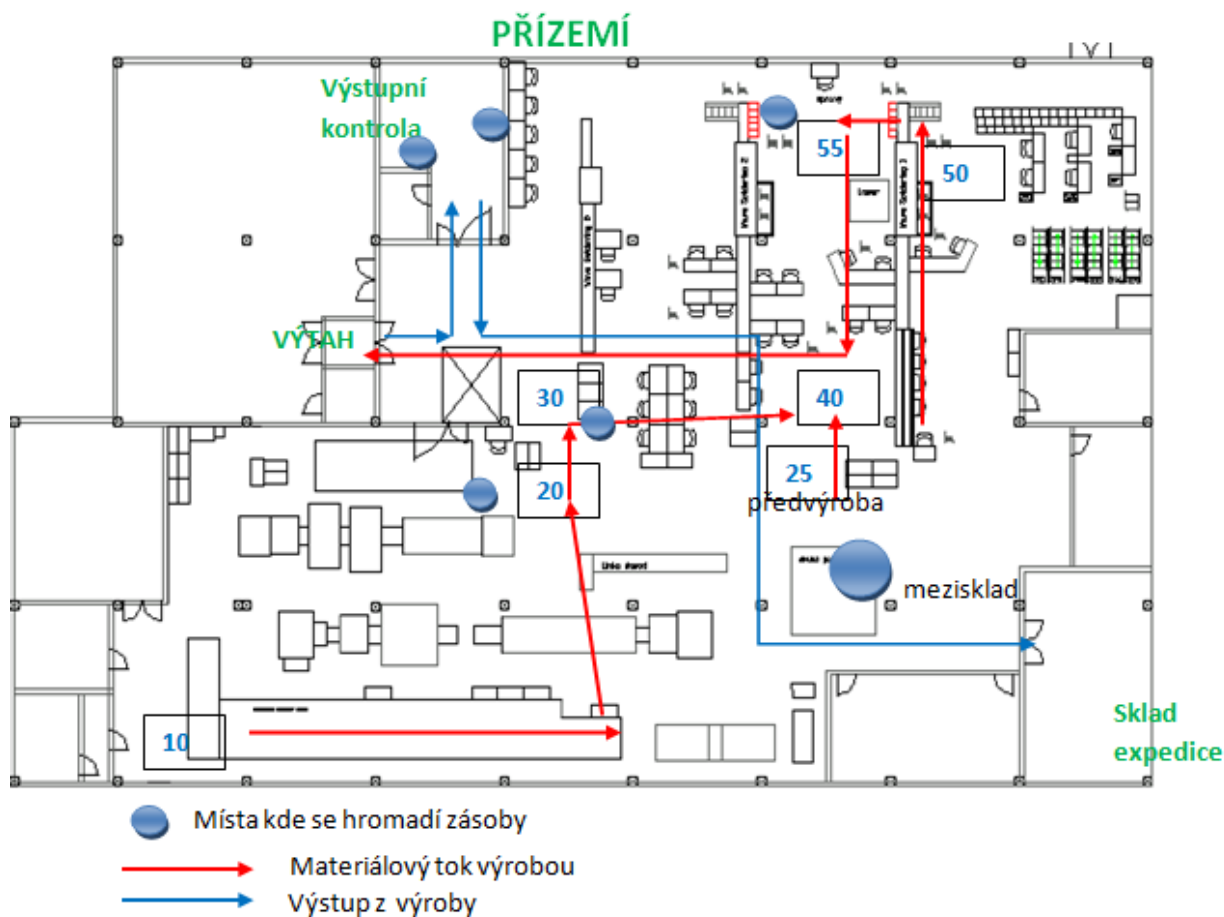
Poslední desátou operací „80+90“ je Dělení, vizuální kontrola a balení. Multipanely se rozdělí na jednotlivé PCB výrobky a ty se balí do expedičních krabic, které jsou transportovány na vozíku výtahem zpět do přízemí do oddělení výstupní kontroly, které je poté uvolňuje k expedici



Obrázek 26 Expediční balení  
[vlastní]

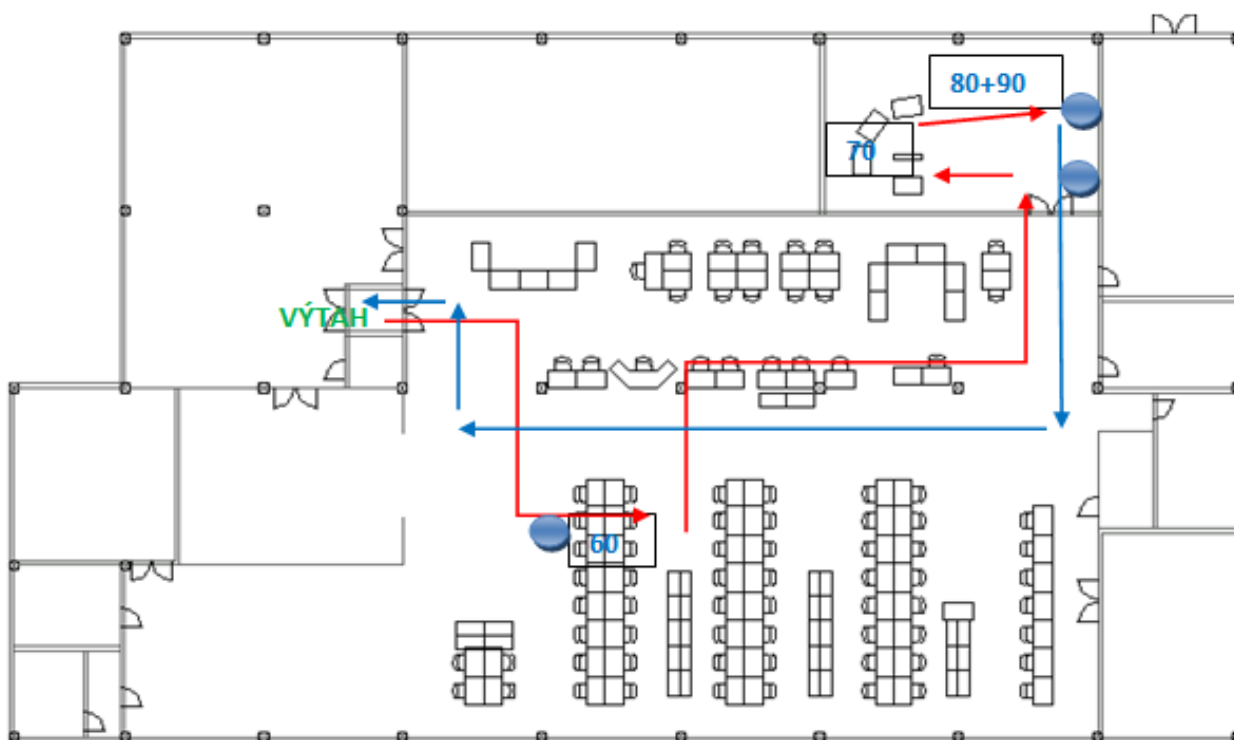
### 2.2.1.3 Průběh výroby layoutem

Na **Obrázek 27** a **Obrázek 28** je vidět průběh výroby layoutem. Červená šipka ukazuje materiálový tok výrobku výrobou, modrá šipka materiálový tok po poslední dokončené operaci až k expedici. Modré kruhy znázorňují místa, kde se v průběhu výroby hromadí rozpracované výrobky.



Obrázek 27 Průběh výroby layoutem přízemí [vlastní]

## 1. POSCHODÍ



Obrázek 28 Průběh výroby layoutem 1. poschodí [vlastní]

### 2.3 Změna v realizaci mapování s ohledem na analýzu procesu výroby

Na základě analýzy výrobního procesu produktu a seznámení se s metodikou VSM se ukázalo jako nevyhnutelné realizovat změnu ve zpracování metody.

Metoda VSM dle teorie je neúčinnější při aplikaci na výrobní linky s velkosériovou a hromadnou kontinuální výrobou. V takovém případě je postup samotného mapování takový, že pracovník, který materiálový tok mapuje, jde přímo na linku, zaznamenává zásoby mezi operacemi, měří výrobní časy a zjišťuje všechny potřebné údaje pro analýzu zcela sám. Poté je schopen nakreslit mapu současného stavu například i v rámci jedné směny a identifikovat tak úzká místa procesu téměř okamžitě. To, že zjišťuje informace osobně, napomáhá v objektivnosti celého procesu, jelikož vše měří v reálném čase tak, jak skutečně výroba probíhá i se všemi jejími možnými odlišnostmi od technologického postupu.


V našem případě IMI CZ jsem však narazila na několik odlišností. Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.1.1, uspořádání pracovišť ve výrobě je technologické. Dle technologie výroby prochází velké množství výrobků stejnými speciálními technologickými automatizovanými pracovišti. Desky se osazují na SMT linkách, procházejí optickou kontrolou, ručními montážemi, pájecí linkou, lakováním, dělením atd.. Jediné, co mají některé výrobky jedinečné, je zařízení pro kompletní testování funkčnosti. Výroba tedy probíhá takovým způsobem, že objednávka obsahuje velké množství kusů, které se postupně přesouvají po jednotlivých pracovištích v dávkách. Jedná se tedy o dávkovou výrobu. Středisko „A“ obsahuje SMT linky, které dokážou zpracovat celou objednávku velice rychle, řádově v desetinách sekundy na kus. Dávka se tedy zpracuje najednou a kompletní putuje na další pracoviště až nakonec opouští výrobní středisko a putuje do středisek „montáže“ a „testu“, kde už je však výrobní dávka zpracovávána průběžně dle kapacit jednotlivých pracovišť a také podstatně pomaleji. Technologicky úzkým místem v tomto následném procesu výroby je ještě lakování, neboť „sušení po laku“ trvá 4 hodiny. Neduhem tohoto dávkového způsobu výroby je hromadění zásob mezi jednotlivými operacemi, tedy plýtvání, neboť je častým jevem, že k předávání dávky nedochází ihned, operace na sebe nenavazují a prodlužuje se tak celkový výrobní čas.

Kdybych mapování prováděla v prostředí IMI CZ tak, jak nám velí VSM teorie, pak bych jeden den zjistila, že jedno pracoviště např. linka SMT zpracovává objednávku, vedle ní se hromadí zásoby a zbytek pracovišť z výrobního procesu stojí ( samozřejmě tato pracoviště pracují, ale pracují na jiných zakázkách, ne na té, kterou mapujeme, tudíž v naší mapě se jeví jako „nečinná“ ). Další den by se situace opakovala, jen by se přesunula na jiné pracoviště. Vzhledem k této skutečnosti je nutné výrobní tok zmapovat jiným způsobem - dotazníkovou metodou.

#### Metoda dotazníků v mapování hodnotového toku

Dotazníkové šetření využívá výrobních průvodků. Průvodka je dokument, jež je výsledkem plánování výroby. Průvodky určují jednotlivé činnosti a výrobní vstupy do výroby podle jednotlivých středisek dle definovaného technologického postupu v závislosti na množství vyráběného produktu.

V našem případě každé středisko dostává vlastní průvodky, které obsahují tyto údaje: název a číslo objednávky, název výrobku, čárový kód, datum ukončení výroby, druh operace a její kód, výrobní čas, počet vyrobených a vyřazených kusů, číslo operátora a prostor pro poznámky. Jak vypadá průvodka lze vidět na **Obrázek 29**.

Průvodka							
<b>IMI CZ</b>		Production order	713188	16000 ks			
		Product	B16502	Výrobek 1			
		Delivery date	31-01-2013	Doc. PR-2001/001 Rev 3 1.10.08			
<b>Comment:</b>							
Datum	Operace		Cas	Dobře	Vyrazeno	Operator	Poznámky
30.1.	10	2036	Operace 1	s	1200		1859
30.1.	20	2070	Operace 2	s	1200	✓	2070
31.1.	30	1120	Operace 3	s	9200		2010

Obrázek 29 Výrobní průvodka [vlastní]

Výrobní dávka vstupuje do výroby pod názvem výrobní objednávka (v průvodce označena jako production order), jedná se o celkové množství kusů k výrobě. Pro manipulaci ve výrobě je určena též přepravní dávka, což je počet výrobků v jedné přepravní jednotce (např. 240 ks v bedně), ve které putuje výrobou mezi jednotlivými pracovišti. Každá průvodka pak identifikuje jednu přepravní bednu.

Jednotliví operátoři na pracovištích průvodky ručně vyplňují, vypisují své identifikační číslo, datum, kdy na bedně pracovali, kolik vyrobili kusů, případně kolik bylo zmetků. Právě těchto průvodek jsme využili pro naše mapovací potřeby. Úkolem je zjistit časy, kdy se na výrobní zakázce nepracuje. Tudíž to samé, co bychom v ideálním případě kontinuální výroby mohli zjišťovat sami ze stavu mezioperačních zásob.

Každý operátor v případě dotazníkového šetření dostane za úkol do poznámky v průvodce zapisovat čas, kdy zakázku přebral ke zpracování a kdy ji dokončil a uvolnil ji tak pro zpracování dalším pracovištěm, což jsou naše výchozí údaje.

Vzhledem k tomu, že výrobek prochází postupně třemi středisky (SMT, assembly, test), existují tak ke každé bedně 3 průvodky, které teprve budeme muset zpracovat po jejich vypsání a sesbírání po ukončené výrobě na jednotlivých střediscích. Tedy k první průvodce se dostaneme po výrobě na SMT, druhou průvodku sbírají mistři na oddělení testu a třetí průvodku schraňují na výstupní kontrole, kde je uložena v šanonech, které se po určitou dobu archivují a po uplynutí stanovené doby se průvodky skartují.

Abychom z vypsání průvodek dostali informace, které potřebujeme, je nejprve nutné získané údaje zpracovat. Jednotlivé časy z průvodek zaneseme do MS Excel, vypočítáme dobu, kdy se na zakázkách nepracovalo a z těchto hodnot vypočteme průměrné hodnoty, které teprve uvedeme do mapy současného stavu. Poslední informaci, kterou potřebujeme zjistit, a která není uvedena na průvodkách, je datum expedice výrobní zakázky. Datum expedice jednotlivých zakázek zjistíme v obchodním oddělení, které vystavuje fakturu, na které je uvedeno, z jakých výrobních zakázek se expedovaná dodávka skládá.

Tímto způsobem zjistíme průběžný čas výroby, a také dobu, po kterou se na výrobcích nepracuje, kdy se hromadí mezi operacemi jako zásoby, čekají a jsou zdrojem plýtvání. Z těchto údajů budeme moci při analýze identifikovat úzká místa procesu.

Upravená metoda mapování pro dávkovou výrobu s využitím dotazníkového šetření, kterou musíme použít, je tedy nakonec časově velmi zdlouhavá, neboť mapu současného stavu lze vytvářet až po vyrobení celé dávky, tudíž trvá minimálně tak dlouho, jaká je hodnota současné průběžné doby výroby (v našem případě i přes 20 dní). Dalším nedostatkem upravené metody je její vypovídací hodnota, která je přímo závislá na přesnosti vyplňování

průvodek operátory. Určitou roli ve výsledku také můžou hrát zprůměrované hodnoty, které vypočítáváme z průběžných časů výroby jednotlivých beden.

Zbytek informací, které se zanáší do mapy, jsme však již schopni zjistit sami, buď přímým měřením ve výrobě anebo pomocí informačního systému, a to již ve shodě s originálem metody.

Abychom mohli prověřit úskalí aplikace takto upravené metody ve výrobě, rozhodli jsme se provést nejprve pilotní ověření.

## 2.4 Pilotní mapování a validace metody VSM

V této kapitole je uvedeno jak se tvořila pilotní VSM mapa s využitím metody dotazníkového šetření. Analýze byla poté podrobena nejen samotná mapa, ale i proces metody.

### 2.4.1 Mapování informačního a materiálového toku

Informace o zákazníkovi a řízení výroby pro mapování informačního toku se zjišťovaly víceméně bez problémů. Většinu informací poskytla plánovačka či je bylo možné zjistit z informačního systému. Proces řízení byl popsán v kapitole 2.2.1.1. a poté byl zakreslen do mapy pomocí ikon a symbolů popsaných v kapitole 1.2.3.

K vytvoření mapy materiálového toku mně posloužily informace o výrobním procesu uvedené v kapitole 2.2.1.2. získané z informačního systému. Ke každému pracovišti byly dále zjišťovány následující informace:

- Cyklový čas (C/T),
- počet pracovníků na pracovišti,
- počet směn,
- transportní jednotka,
- disponibilní čas,
- celková efektivita procesu (OEE).

V mapě jsou jednotlivé operace odděleny barevně tak, aby bylo rozlišeno, pod jaké výrobní středisko spadají. Modrá barva symbolizuje středisko SMT, zelená středisko montáže a žlutá středisko testů.

Cyklové časy jednotlivých operací se zjišťovaly přímým měřením na pracovištích pomocí stopek, z 10ti měření se vypočítal průměr, připočetla se přírážka a tyto časy se porovnalý se stávající platnou normou. Do mapy se uváděly zjištěné hodnoty.

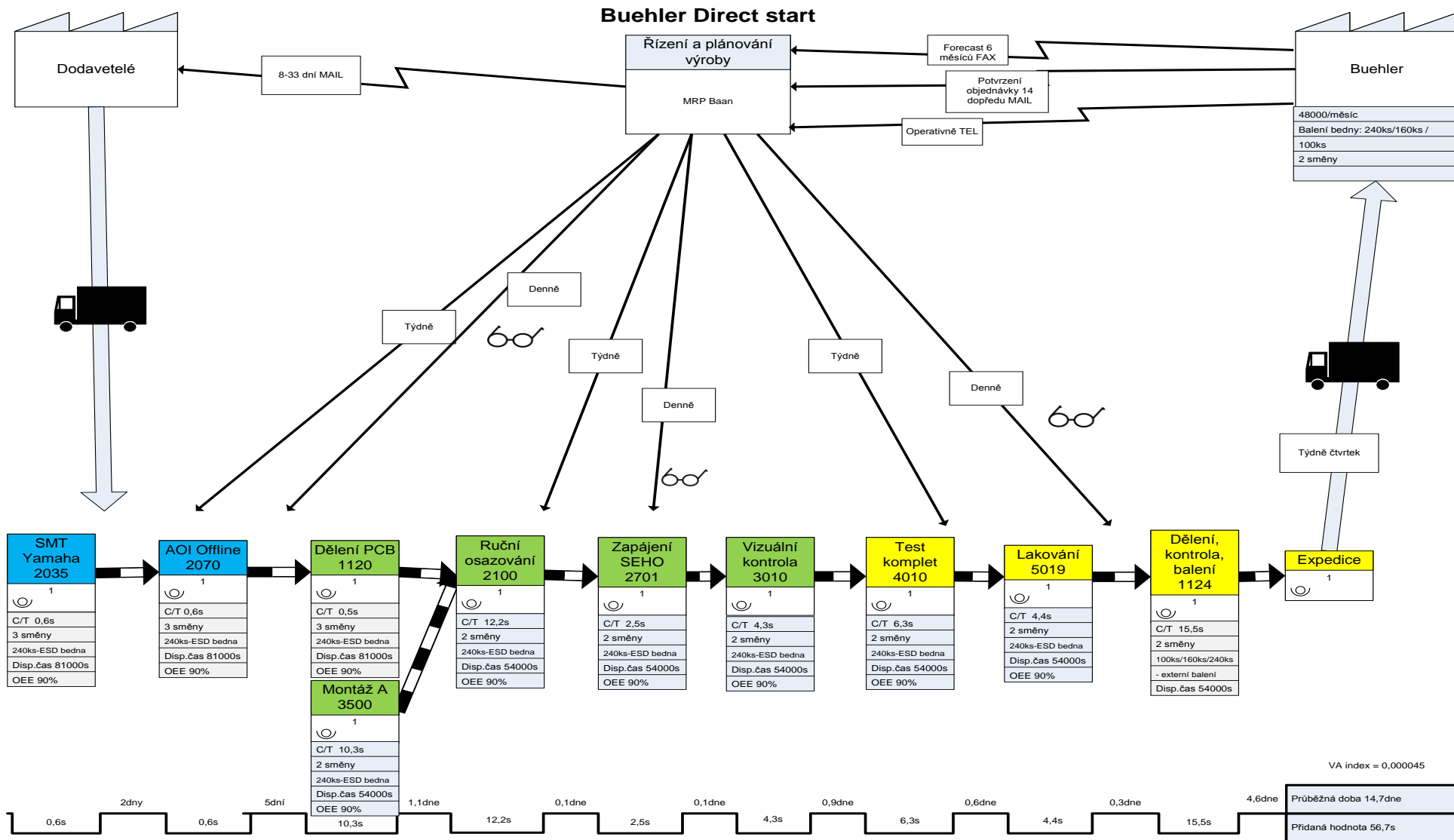
Většina VSM map zobrazuje jako první proces materiálového toku čas skladování materiálů a polotovarů ve skladu před samotnou výrobou. Pro naše potřeby jsme tento proces vynechali a materiálový tok tak začíná přímo první výrobní operací. Tato změna se odvíjí z typu výroby. Elektrosoučástky, které jsou součástí finálního produktu, jsou velmi malé, levné a nakupují se ve velkých množstvích právě z důvodu ceny. Ve skladu mají tyto součástky svoji hladinu zásob a průběžně se doplňují. Rozhodli jsme se skladovací dobu těchto součástek do VSM mapy neuvádět, abychom tak neprodlužovali průběžnou dobu výroby. Zkracovat tento skladovací čas či zmenšovat objem nakupovaného množství nemá vzhledem k ceně smysl.

Pro zjištění údajů do VA - linky (zjištění časů čekání mezi jednotlivými operacemi) jsem použila dotazníkové šetření popsané v kapitole 0. Při pilotním projektu byli mistři jednotlivých středisek seznámeni s metodou VSM a požádáni a instruováni, aby informovali operátory o jejich úkolu zapisovat do průvodek potřebné časy. Ukázka vyplněných průvodek je uvedena v příloze 1.

Časy získané z průvodek jsem zpracovala do tabulky v MS Excel, kde jsem pak za pomocí vzorečků dopočítala časy čekání beden mezi operacemi, z nich se zjistil průměr a ten se nakonec přepočtl na ekvivalentní hodnotu ve dnech a zaznamenal do VA – linky.

Ukázka zpracování těchto hodnot je k vidění na **Obrázek 30**.





Obrázek 31 Pilotní VSM mapa [vlastní]



## 2.4.2 Analýza pilotní mapy

Provedení pilotního mapování mělo dva hlavní cíle. Vzhledem k tomu, že jsme kvůli typu výroby použili metodu dotazníkového šetření závislou na operátorech, bylo naším prvním cílem ověřit, jak jsou pracovníci schopni kooperovat a zapisovat potřebné údaje pro potřeby mapování a zda zjištěné informace budou dostatečné. Druhým cílem bylo sestavit vzorovou mapu, která bude sloužit k porovnání s dalším mapováním toho samého procesu.

### 2.4.2.1 Analýza dotazníkového šetření

Proces vyplňování průvodek trval 18 dní. Slabá místa se ukázala okamžitě. Z celkem 40-ti průvodek bylo z důvodu neúplnosti pro časovou analýzu použitelných pouze 15 a i tyto byly místy nevyplněné. Středisko „A“ dokonce nezapisovalo požadované časy vůbec. Naštěstí se daly informace o výrobě na SMT středisku dohledat v informačním systému, a tak jsem s pomocí plánovačky výroby alespoň doplnila datumy, kdy se na lince vyráběla sledovaná objednávka.

Druhým problémem zpracování se ukázala absence FIFO v rámci objednávky. Vzhledem ke skutečnosti, že v procesu výroby existuje pro každé středisko zvláštní průvodka, která není nijak evidenčně vázaná na průvodku další či předchozí, nelze vysledovat přesnou časovou návaznost výrobních operací konkrétního výrobku mezi středisky a tudíž údaje jsou zkreslené. Po konzultaci s vedením výroby bylo přistoupeno k následujícím krokům:

- Před dalším mapováním bude provedeno školení operátorů jednotlivých středisek.
- FIFO v rámci jedné objednávky nadále nebudeme sledovat neboť má význam pouze pro přesnost analýzy, nikoliv pro výrobu v dávce. Se zkreslením budeme počítat.

### 2.4.2.2 Analýza hodnotového toku

Analýzou samotné VSM mapy, jsme zjistili následující skutečnosti:

- U zakázky nebyl splněn týdenní výrobní plán – místo 16000ks se vyrobilo pouze 9600 ks

Důvod: chyběl materiál (zdroj: IS Baan)

- Výroba zakázky probíhala na SMT nesouvisle ve třech termínech v rozmezí 14 dní.

Zdroj: IS Baan

Důvod: nedostatek materiálu na výrobní objednávku

- Výroba na pracovišti předmontáže začala až po vyrobení výrobní objednávky na středisku SMT -> zbytečný prostoj

Zdroj: Průvodky, IS Baan

Důvod: Plánování

- Různé expediční balení – balení interní a externí dodavatelské bedny na – 100ks, 160ks a 240 ks

Zdroj: pozorování

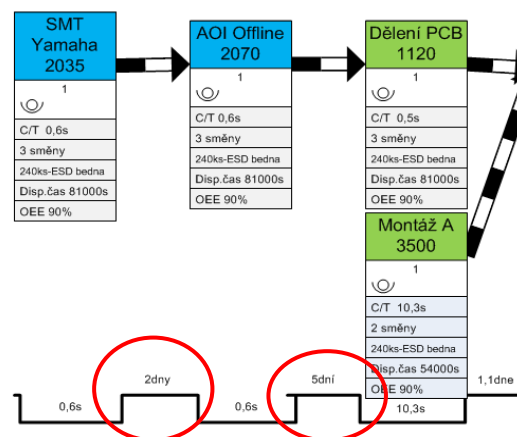
Důvod: Jedná se o přepravní obaly zákazníka

- Vysoké hodnoty rozpracovanosti výroby mezi středisky A a B

Důvod: Dávková výroba, přechod mezi středisky, plánování

- Velká hodnota času čekání před expedicí
  - čekání hotových výrobků na expedici v rozmezí 1-6 dní.

Důvod: Dávková výroba, přechod mezi středisky, plánování



Obrázek 32 Hromadění rozpracované výroby [vlastní]

Tato základní analýza pilotní mapy ukázala na určité problémy ve výrobním procesu. Jelikož se jedná o dávkovou výrobu, je vhodné tyto zjištěné údaje ověřit v další VSM mapě a zjistit, zda se uvedené skutečnosti v procesu opakují nebo zda se jednalo o výjimečný stav.

Nakonec základní analýzy jsem ještě z VA-linky vypočítala údaje o sledované výrobní objednávce:

- Celková průběžná doba výroby ve dnech = 14,7 dne
- Celkový procesní čas = 1 270 080 s
- Čas přidávání hodnoty = 56,7 s
- VA – index = čas přidávání hodnoty/celkový průběžný čas

$$= 56,7/1270080 = 0,000045$$

**Přidaná hodnota tvoří 0,0045% z celkové průběžné doby výroby.**

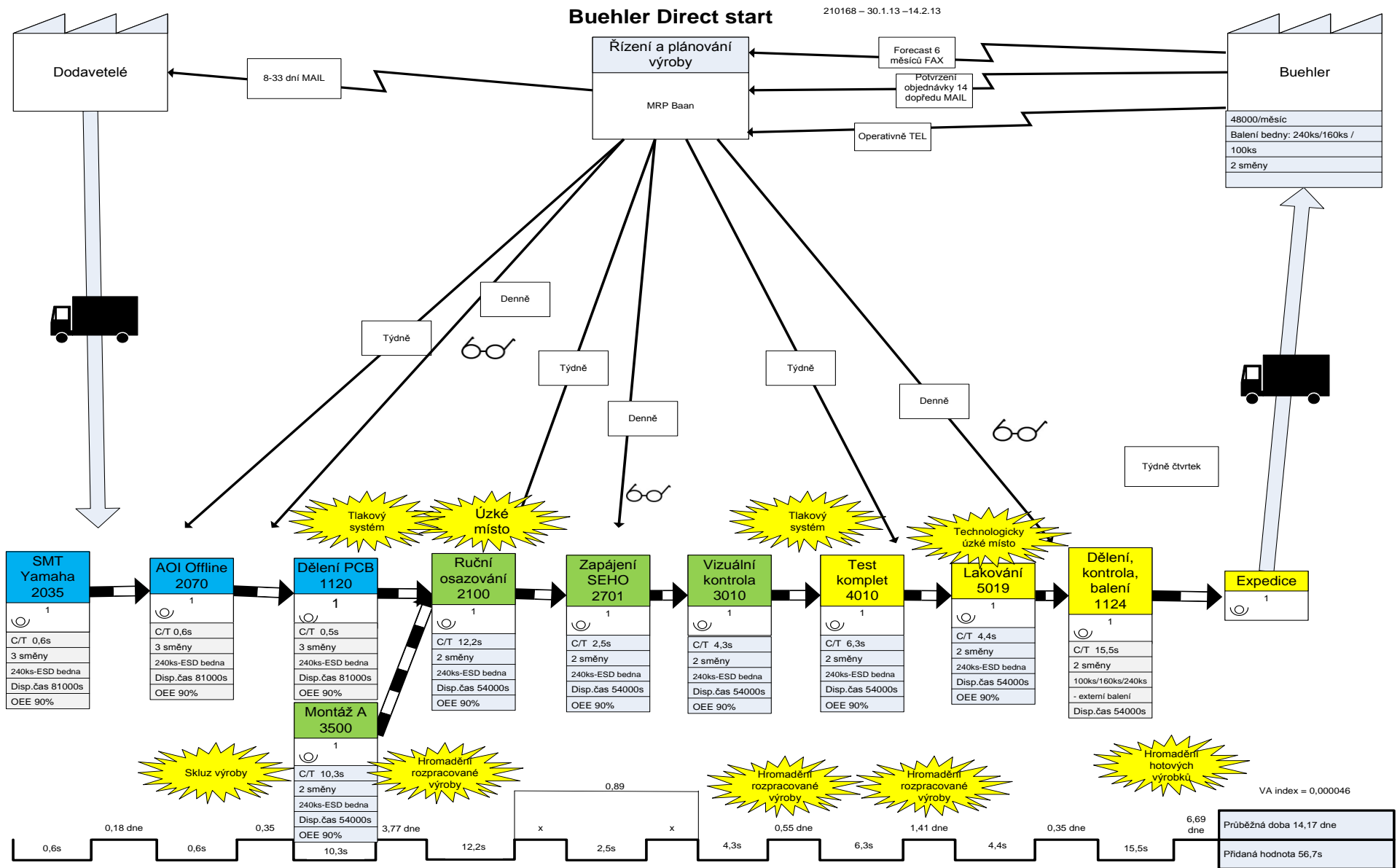
Pozn.: Přidaná hodnota nemá žádné ideální rozmezí, ve kterém by se měla pohybovat. Toto vypočtené číslo symbolizuje současný stav procesu. Je to výchozí hodnota, se kterou lze porovnávat stav materiálového toku po jeho změně či zlepšení. Hodnota VA-indexu se při zlepšení toku materiálu zvětšuje.

## 2.5 Tvorba mapy současného stavu II.

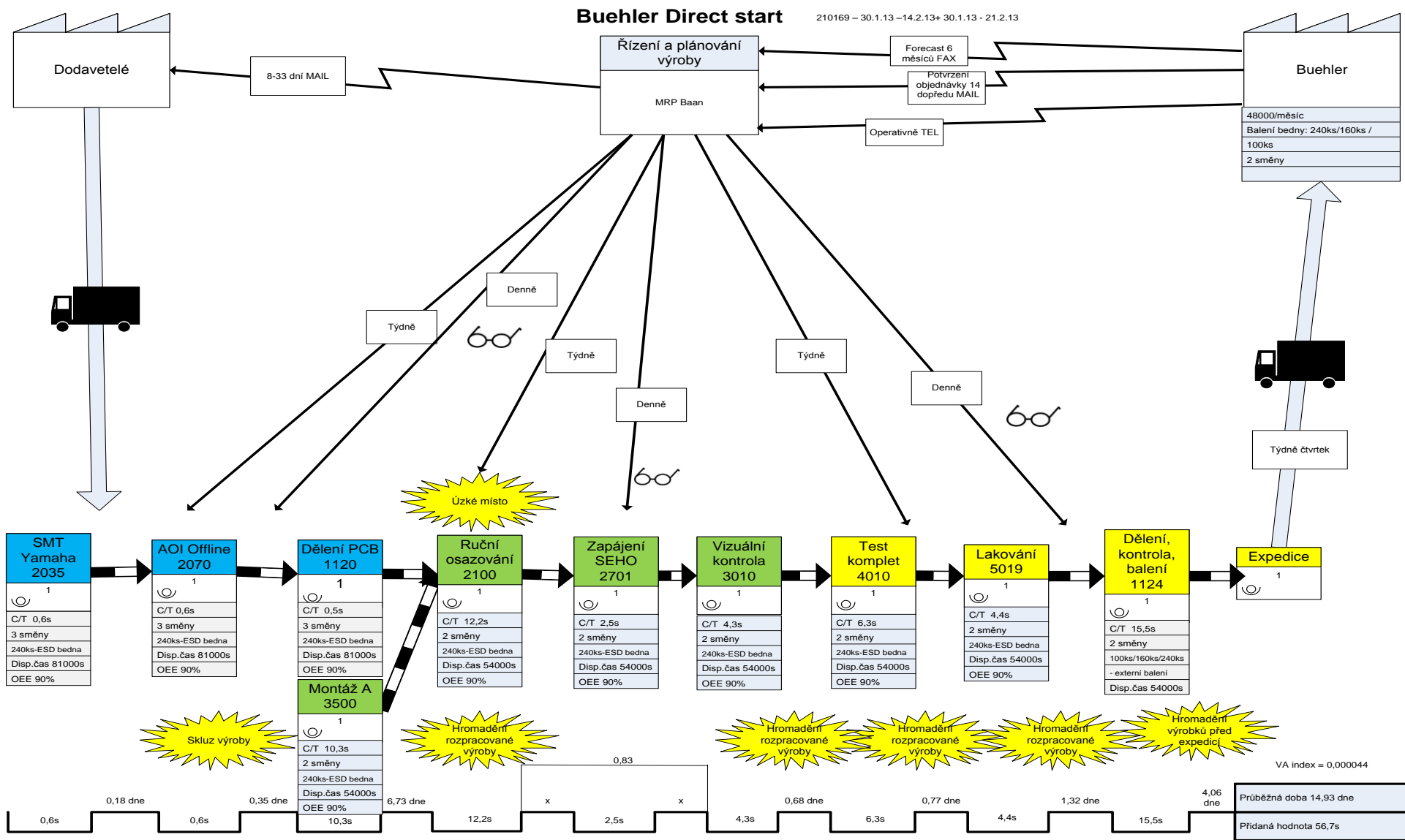
Cílem druhého mapování hodnotového toku bylo ověření informací, které jsem získala z pilotního projektu. Díky předchozím výsledkům z analýzy metody jsem přistoupila po dohodě s vedením výroby k aktivnímu zaškolení operátorů s důrazem na středisko SMT.

V procesu výroby jsem také oproti předchozímu stavu zaznamenala následující změny – došlo k formálnímu přesunu pracoviště dělení pod středisko A, druhá změna se týkala zvýšení velikosti výrobní dávky. Výrobní dávka z prvního mapování (9600 ks) byla nyní dvojnásobná (19200 ks) a tedy taková, jaká měla skutečně být i při prvním mapování, kdyby nechyběl potřebný materiál. Tato dávka byla kompletně zpracována na středisku A a následně byla pro střediska B a D rozdělena do dvou dávek po 9600 ks, které šly do výroby za sebou. Do procesu zpracování se tak místo 3 průvodek dostalo průvodek 5, z čehož byla jedna průvodka společná pouze na středisku A. Mapovací proces tak trval 16 dní pro první část a 22 dní pro část druhou.

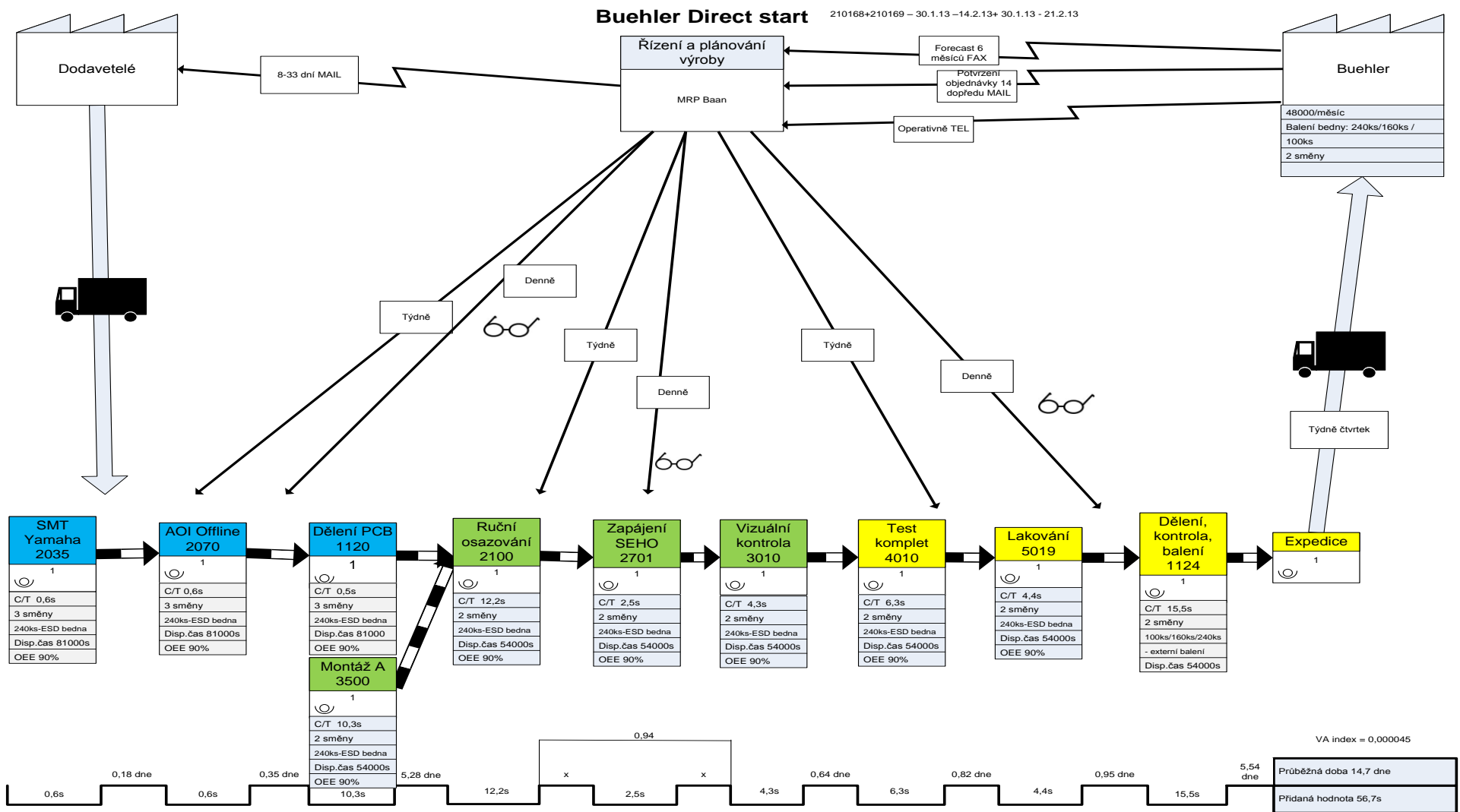
Údaje z průvodek se opět přenesly do tabulek MS Excel, přičemž pro střediska B a C jsme měli údaje dvakrát. Vznikly tedy dvě VSM mapy, pro které jsem z dat v excelu vypočítala údaje do VA – linek a vytvořila přehledné VSM mapy viz. **Obrázek 33** a **Obrázek 34**. Nakonec jsem pro porovnání vytvořila ještě VSM mapu třetí, celkovou, protože do výroby šla objednávka celá na všech 19200 ks, přestože byla nakonec ve středisku B rozdělena na dvě. Celková VSM mapa je zde uvedena pro srovnání na **Obrázek 35**, ukazuje průměrné hodnoty celého procesu.



Obrázek 33 VSM mapa 1 [vlastní]



Obrázek 34 VSM mapa 2 [vlastní]



Obrázek 35 VSM celková mapa [vlastní]

### 2.5.1 Analýza VSM mapy a identifikace problémů

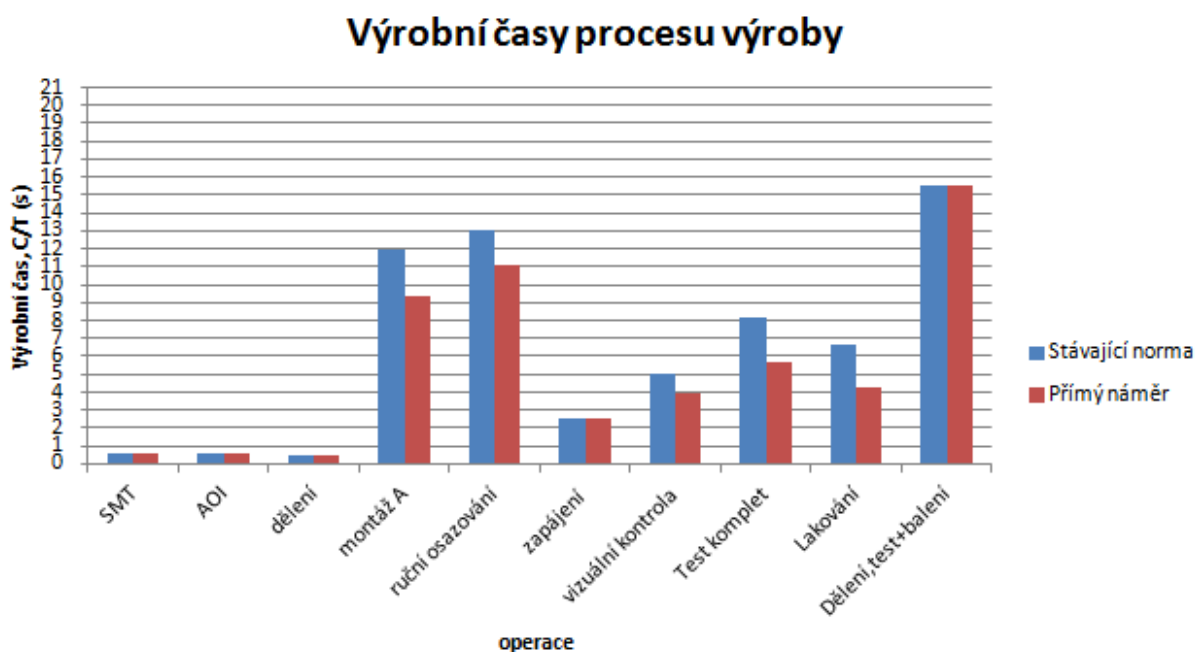
Při druhém mapování se díky školení operátorů podařilo získat úplné údaje i ze SMT střediska. Pracoviště, na kterém se tentokrát nepodařilo získat vyplněné údaje v průvodkách je Zapájení SEHO. Na tomto pracovišti i přes provedené školení operátorka nezapisovala požadované údaje. Nemáme tak podklady k vypočítání hodnot časů nepřidané hodnoty mezi pracovišti Ruční osazování – Zapájení SEHO a Zapájení SEHO – Vizuální kontrola. Z průvodek proto byla odečtena pouze průměrná hodnota mezi sousedícími pracovišti a uvedena do VA-linky VSM mapy. Chybějící hodnoty jsou označeny křížkem jako „x“.

Dále jsem provedla analýzu procesu a ověřila také zjištěné údaje z pilotního projektu, které jsem chtěla porovnat.

Na základě analýzy hodnotového toku jsem identifikovala tyto problémy v procesu výroby:

#### 1. Nevybalancovanost pracovišť v rámci výrobního procesu a layout

Zásadní vliv na průběžnou dobu výroby zkoumaného výrobku má nevybalancovaná linka, která nezabezpečuje plynulý výrobní tok. Jednotlivé výrobní časy operací můžeme vidět v grafu na **Obrázek 36**.



Obrázek 36 Graf výrobních časů jednotlivých operací [vlastní]

Čas taktu, tedy tempo, kterým zákazník odebírá výrobek, je pro týdenní odebírané množství 16000ks 20s, tedy každých 20s by měl být vyroben jeden výrobek. Cílem štíhlé výroby je, aby se čas taktu rovnal času cyklu, tedy času opakování skupiny operací. V našem případě si můžeme všimnout, že i nejdelší operace Dělení, kontrola, balení probíhá rychleji.

Největší časový skok je mezi výrobními operacemi Dělení, Montáž A a Ruční Osazování a posléze mezi Lakováním a Dělením, kontrolou a balením. Tyto hodnoty je vhodné zkonfrontovat s výsledky z VA-linky VSM mapy, abychom viděli vliv tohoto faktu na průběžnou dobu výroby. Tak zjistíme, že největší vliv nevybalancovanosti výroby zůstává na přechodu střediska A na B. Bohužel s tímto faktem nelze procesně nic dělat neboť postup výroby je dán technologickým a výrobním postupem, ve kterém se objevuje automatizovaná

výroba, která přechází na ruční montáže a nelze tak zaměřovat operace ani přemisťovat část výrobních operací na jiná pracoviště, aby se vybalancovaly výrobní časy a byla zajištěna rovnoměrná průběžná výroba.

Sled jednotlivých úkonů je dán charakterem produktu a technickými možnostmi každého zařízení. O snížení rozdílu v balancování toku se můžeme snažit pouze efektivnějším využitím pracovišť, popřípadě navýšením jejich výrobní kapacity a odstraněním plýtvání.

Layout výroby jsem představila v kapitole 2.2.1.3 spolu se zakresleným průběhem materiálového toku. Opět můžeme prohlásit, že vzhledem k technologickému postupu, technologickému umístění pracovišť a dávkové výrobě má rozmístění pracovišť a vzdálenost mezi nimi pouze malý vliv na délku průběžné doby výroby.

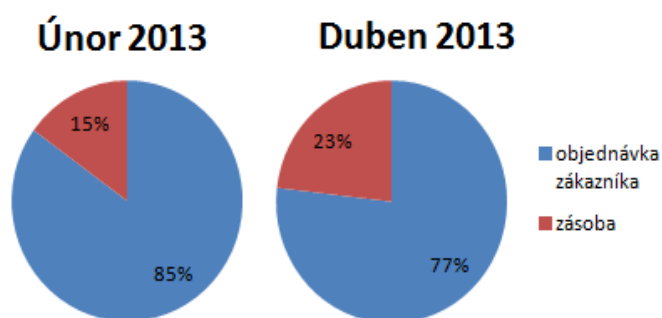
## 2. Uplatňování tlakového systému v řízení výroby, systém předávání informací o dokončené výrobě.

V současné době je výroba řízena plánovačkou na jednotlivých střediscích pomocí MRP systému Baan a to systémem tlaku. Plánovačka nastaví výrobu ve středisku s dobou dodání, ale jsou to teprve mistři, kteří rozhodují o konkrétním datu výroby. Kdy je na určitém středisku skutečně vyrobeno se plánovačka dozví až poté, co jej mistři zadají do systému jako vyrobený. Po této informaci nastavuje plánovačka výrobu na dalším středisku a celá dávka je „protlačována“ na další operace. Proces výroby díky rozdělení na samostatně řízená střediska není kontinuální a vznikají v něm časové prostoje neboť každé středisko si plní své úkoly a nenahlíží na výrobní tok jako na celek. Z tohoto důvodu například při pilotním mapování mohlo dojít k výrobě na SMT středisku v několika výrobních „vlnách“, došlo k porušení FIFO mezi objednávkami mezi střediskem B a D apod.

## 3. Velikost výrobní dávky vyšší než zákazníkem požadované množství.

Při pilotním projektu byla výrobní dávka 9600 ks, tedy poloviční, což bylo způsobeno nedostatkem materiálu. V druhém mapování byla výrobní dávka již standardní 19 200 ks. Zákazník kupuje 16 000 ks týdně, zmetkovitost se obvykle pohybuje kolem 2%, což při 16 000 ks dělá 320 ks. Při těchto údajích je nadvýroba 2880 ks, tj. 15 %.

V dubnu 2013, jelikož se zvýšil plán na rok 2013 na 651 000 ks/rok, byla týdenní výrobní dávka navýšena na 24 000 ks. (54 250 ks/měsíc -> 18084 ks týdně + rezerva zmetkovitosti 2% -> 18 446 ks/týden). Nadvýroba v tomto případě činí 5554 ks navíc, což je 23% výrobní dávky. Došlo tedy k nárůstu nadvýroby o dalších 8%.



Obrázek 37 Graf nadvýroby [vlastní]



#### 4. Hromadění mezioperačních zásob a hotových výrobků

Z VSM mapy, konkrétně z VA-linky, můžeme jednoduše odečíst problematická místa hodnotového toku, ve kterých se hromadí mezioperační zásoby před jednotlivými pracovišti. Tato místa jsem uvedla seřazena dle velikosti podílu na nepřidávající hodnotě celkové průběžné doby výroby:

##### a) Před expedicí

Problematickým místem je hromadění hotových výrobků mezi poslední operací výrobního procesu a expedicí k zákazníkovi. Tento čas je určen délkou zpracování výrobní dávky, kdy již hotové výrobky čekají na expediční množství a pak se prodávají. Při prvním mapování výrobky ve skladu čekaly na expedici v rozmezí 3-7 dní (průměr 6,69 dne), při druhém pak 1-9 dní (průměr 4,07 dne). Celkový průměr je 5,54 dne. Již v pilotní mapě byla tato hodnota 4,6 dne a výrobky čekaly na expedici v rozmezí 1-6 dní.

Tuto hodnotu lze redukovat pouze tím způsobem, že se plánování bude snažit zadávat výrobu tak, aby čekací doba hotových výrobků na expedici byla co nejmenší, tedy ideálně plánovat dokončení výroby co nejbližší expedičnímu datu, které je každý týden ve čtvrtek.

##### b) Mezi středisky A a B

V pilotní mapě bylo toto místo s velkou dobou rozpracovanosti mezi středisky A-B, konkrétně mezi operacemi AOI-offline a Dělení s hodnotou 5 dní. Po formálním přesunu operace Dělení pod řízení střediskem A se toto úzké místo přesunulo o jednu pozici dále a to mezi operace Dělení a Ruční osazování. Zde je vidět přímý vliv řízení výroby na proces a materiálový tok.

Při prvním mapování výrobky v tomto místě čekaly v rozmezí 3-7 dní (průměr 3,77 dne), při druhém pak 1-9 dní (průměr 6,73 dne). Celkový průměr je 5,28 dne.

Důvodem velké hodnoty rozpracovanosti výroby v tomto místě je výrazné zpomalení výroby vzhledem k nevybalancovanosti výrobního toku jak již bylo uvedeno v bodě 1 této analýzy.

Zrychlit tok jde pouze zvýšením kapacity pracoviště Ruční osazování a synchronizací předvýroby Montáž A s potřebami tohoto pracoviště (viz bod 5). Další vliv na prodloužení doby výroby měl začátek výroby na pracovišti Ruční osazování, které začalo se zpožděním 1 dne od konce výroby ve středisku SMT.

Toto místo je identifikováno jako úzké místo s potenciálem pro optimalizaci. Rozebereme jej v kapitole 2.5.1.1 Analýza pracoviště Ruční osazování.

##### c) Před lakováním

Pracoviště lakování je technologicky úzkým místem výroby. Proces sušení po selektivním lakování totiž trvá min. 4 hod, výrobky tak čekají na uvolnění boxu na sušení. S technologicky úzkým místem se nedá dělat nic jiného, než s ním počítat. Změna je možná pouze při investici do zařízení, které má lepší parametry

##### d) Před testem

Hromadění rozpracované výroby mezi operacemi Vizuelní kontrola a Test komplet patří do kategorie přechodu mezi dvěma středisky. Za operací Vizuelní kontrola je vytvořen mezisklad, ve kterém se ukládají zpracované výrobky, které čekají na manipulátora, jež je převezve výtahem do 1. patra k pracovišti Test komplet. U tohoto pracoviště pak čekají až bude k dispozici dostatečné množství výrobků, které lze zpracovat operátorem ve směně.

Manipulátor má určeny intervaly, ve kterých zaváží výrobky z meziskladu do 1. patra k dalším pracovištím.

### 5. Předvýroba na montáži A začíná vyrábět až po skončení výroby na SMT.

Stejně jako při pilotním mapování, i zde se prokázalo, že výroba na pracovišti Montáž A začíná až po vyrobení polotovarů na středisku SMT, přitom do následující operace Ruční osazování vstupují polotovary jak ze střediska SMT tak i z Montáže A. Pro zrychlení toku by bylo tedy žádoucí, aby předmontáž začínala o potřebnou dobu dříve a tedy ještě před ukončením výroby na středisku SMT. Kromě jiného výroba na pracovišti Montáž A začala až o den déle než byla ukončena výroba na SMT a navíc až v průběhu směny v 11 hod. Takto se průběžná doba výroby navýšila o více než celý jeden den.

### 6. Nedodržení FIFO mezi objednávkami.

Při tomto mapování se v průběhu zpracování vinou operátora na pracovišti Test komplet zaměnily dvě výrobní objednávky. Konkrétně pracovník začal zpracovávat novou výrobní objednávku a nevyšiml si zbývajících 2 beden z předchozí objednávky. Přestože nesledujeme FIFO v rámci jedné výrobní objednávky, mezi dvěma výrobními objednávkami nás již FIFO zajímá. Pokud se jedná o stejné výrobky, pak se při záměně pouze prodlouží doba výroby určitých kusů. Horší případ by nastal, pokud by výrobní objednávky měly například na přání zákazníka jiné komponenty v polotovarech, poté by došlo ke smíchání dvou různých šarží výrobků ve výrobní objednávce a zákazník by dostal v rámci dodávky dva různé výrobky, které nechtěl a které by nebyly rozlišeny. Z jaké výrobní objednávky polotovary pochází pozná pracovník z průvodky, na které je uvedeno číslo objednávky, která je u každé bedny. Kromě toho číslo objednávky zapisuje také do knihy „Statistika denní produktivity“ testovacího zařízení, která je na tomto pracovišti (vyobrazena na Obrázek 38) a ze které se dá porušení FIFO též vysledovat.

EPIQ CZ spol. s. r. o.			SPC - STATISTIKA DENÍ PRO		
Název výrobku:			Č. operace: 4010		
			Specifikace výrobku: DIREC		
Datum	Směna	Ověření testeru	Č. výrobní objednávky	Množství objednaných kusů	Celkem dobrých kusů
5.2.	0	9	210168	9600	5293
5.2.	2	1954	210168	9600	1453
5.2.	2	1954	210169	9600	2064
5.2.	0	9	210169	9600	468
5.2.	2	2068	210169	9600	2596
5.2.	0	9	210169	9600	3512
5.2.	2	1954	210169	9600	1096
5.2.	2	1954	210169	9600	646

Obrázek 38 Nedodržení FIFO mezi dvěma výrobními objednávkami [vlastní]

### 2.5.1.1 Analýza pracoviště Ruční osazování

Po vyrobení celé výrobní dávky na středisku A jsou polotovary uskladněny v meziskladu před pracovištěm Ruční osazování. Toto pracoviště svou kapacitou ovlivňuje dobu zpracování celé vyrobené dávky na středisku B, neboť určuje její takt, a proto je vhodné toto pracoviště podrobit analýze a zjistit, zda se dá najít potenciál ke zvýšení produktivity.

#### a) Charakteristika pracoviště

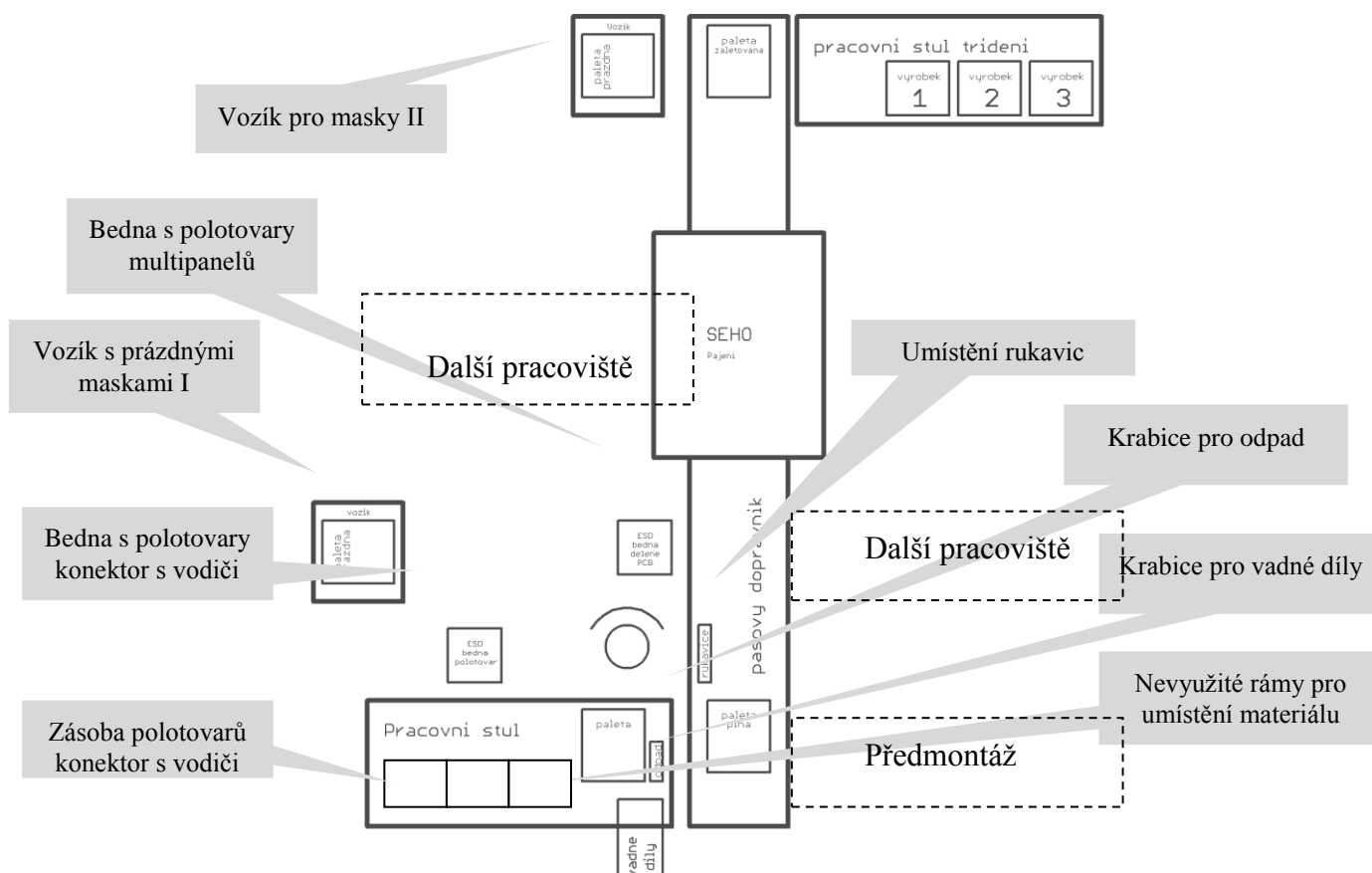
Pracoviště je vyobrazeno na **Obrázek 40** a **Obrázek 39**. Na tomto pracovišti se osazují pájecí masky dvěma typy polotovarů. Pracuje se ve 2 směněch, práci provádí jeden operátor viz VSM mapa. Layout pracoviště je schematicky znázorněn na **Obrázek 41**.



Obrázek 40 Pracoviště Ruční Osazování [vlastní]



Obrázek 39 Pracoviště Ruční osazování [vlastní]



Obrázek 41 Schéma pracoviště Ruční osazování [vlastní]

**b) Miniaudit pořádku a čistoty na pracovišti a vizualizace na pracovišti**

Stav čistoty, údržby a vizualizace jsem shrnula v následujících miniauditech, které jsem zpracovala během prováděné analýzy. Oba miniaudity se pohybují v horních hodnotách a ukazují, že pracoviště již prošly určitým stupněm úprav a standardizace.

<b>Miniaudit pořádku a čistoty na pracovišti</b>	
Pracoviště čisté, přehledné a uspořádané.	ano
Na pracovišti se nevyskytují žádné nepotřebné věci.	ano
Logistické cesty jsou prázdné a volné.	částečně
Je dodržován postup dle plánu úklidu.	ano
Jsou zavedeny standardy 5S.	částečně
<b>počet bodů</b>	<b>8</b>
<b>dosáhnutá výše</b>	<b>80%</b>

*Tabulka 1 Miniaudit pořádku a čistoty na pracovišti [vlastní]*

<b>Miniaudit vizualizace na pracovišti</b>	
Všechna nekvalita je vytříděna a označena.	ano
Pomůcky a nástroje jsou označeny.	ne
Je snadné nalézt součást nebo díl pro výrobní činnosti.	ano
Na pracovišti je zavedena vizualizace v podobě tabule s ukazateli výkonu a produktivity práce.	ne
Věci jsou uloženy na definovaných místech.	ano
Je jasně a přehledně dán plán výroby a pracovní postup.	ano
<b>počet bodů</b>	<b>8</b>
<b>dosáhnutá výše</b>	<b>66%</b>

*Tabulka 2 Miniaudit vizualizace na pracovišti [vlastní]*

### c) Silné a slabé stránky pracoviště

Mezi silné stránky tohoto pracoviště patří jeho čistota a pořádek a určitý již zavedený standard, což dokazují hodnoty miniauditů provedené v předchozím bodě.

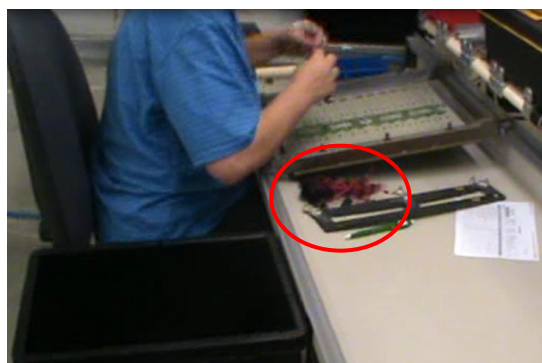
Přesto však při pozorování pracoviště a práce operátora byly odhaleny slabé stránky, které snižují produktivitu pracovníka.

- **Nevhodné umístění polotovarů pro výrobu**

Do pájecí masky patří 4ks multipanelu a 24 ks konektorů s vodiči. Multipanely má operátor umístěné v ESD bedně za zády a konektory v bedně po pravé ruce. Pro manipulaci s multipanely musí používat rukavice neboť se nesmí dotýkat jedné strany PCB s osazenými součástkami. Rukavice má operátor umístěné po levé straně u dopravníkového pásu, rukavice nasadí, a poté se na židli otočí a ohýbá k zemi pro 4ks multipanelů do ESD bedny. Toto umístění polotovarů je více než nešťastné a vyvolává vysoce neergonomický pohyb pro operátora při manipulaci viz **Obrázek 42**. Po sundání rukavic a vrácení se do pracovní pozice nastávají další pohyby navíc jako usazení na židli, zasunutí ke stolu, popotažení a úprava trika. Umístění konektorů s vodiči je v ESD bedně po pravé ruce operátora. Při každé nové masce si operátor vyndá z bedny určité množství polotovarů a umístí je na stůl, odkud potom jednotlivé díly odebírá. Vytváří si tak mezisklad.



Obrázek 43 Umístění multipanelu [vlastní]



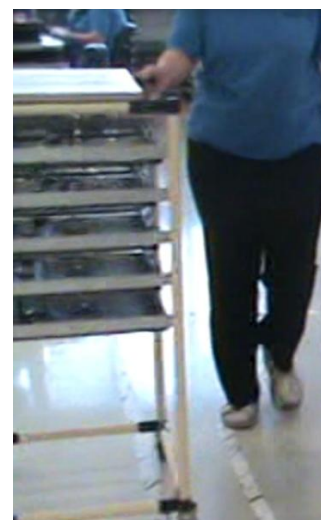
Obrázek 42 Umístění konektorů s vodiči

- **Nevhodně umístěné vozíku s pájecími maskami**

Pájecí masky slouží jako šablona pro zkompletování výrobku z jednotlivých polotovarů. Masky drží komponenty na svém místě tak, aby se mohly v pájecí lince automaticky zaletovat. Prázdné masky jsou mezi pracovištěm Ruční osazování a Zapájení přepravovány na dvou vozících. Na každém vozíku je 5ks pájecích masek umístěných nad sebou. Tento vozík se nachází v prostoru pracoviště za zády operátora. Po každé naplněné masce se operátor musí zvednout, masku z vozíku vyndat a usadit ji na pracovní stůl.

- **Manipulace s vozíkem**

Po každých 5ti ks osazených masek se vozík vyprázdňuje. Operátor vezme prázdný vozík, odveze ho na pracoviště Zapájení, vezme si vozík naplněný maskami a přiveze ho do prostoru svého pracoviště. Takto operátor ztrácí čas manipulací, jež by měl zabezpečovat zásobovač, obzvláště tam, kde je úzké místo.



Obrázek 44 Vozík s maskami [vlastní]

**d) Analýza cyklových časů**

Při analýze pracoviště nás také zajímá plnění platných norem. K tomuto účelu využijeme data, která jsme získali při přímém měření snímků operací při sestavování VSM mapy. Celkově jsme provedli 10 náměrů délky operace, vypočítali průměrnou hodnotu, připočetli přírážku 10% a porovnali ji s platnou normou. Takto jsme zjistili, že naměřený čas se od skutečné normy liší o 6,6 %, což dělá 136 ks výrobu. Rozdíl v plnění norem je uveden v **Tabulka 3**.

Plnění norem					
Datum	Směna	Stroj	Operace	Výrobek	Číslo
5.9.2012	6:00-14:00	0	2100	Buhler direct start	502

	ks/hod	s/ks	Výkon za směnu (ks)
Firma - norma času	277	13	2077
Vlastní - norma času	295	12,2	2213
<b>Rozdíl (%)</b>			<b>6,6%</b>

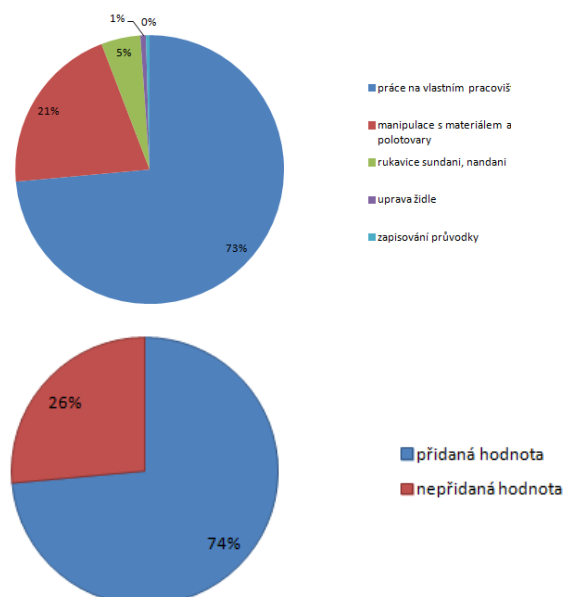
Délka směny	27 000 s (450min)
-------------	-------------------

Tabulka 3 Ověření plnění norem [vlastní]

**e) Analýza činnosti pracovníka**

Výčet slabých stránek pracoviště poukázal především na nevhodné rozmístění polotovarů a pracovních prostředků, které vedou k nárůstu manipulace, jež musí operátor vykonávat. Protože nás zajímal podíl těchto časů nepřidávajících hodnotu na celkovém výrobním čase, provedli jsme časovou studii – snímek pracovního dne. Analýzou jsme zjistili, že podíl nepřidané hodnoty na výrobním čase je 26%, z čehož 22% tvoří manipulace s materiálem, polotovary a vozíky s maskami. Těchto 22% je 5940s, 99 minut, tedy 1 hod a 39 min směny. Za tuto dobu bychom mohli vyrobít o 486 ks výrobu více.

Cílem optimalizace tohoto pracoviště by tedy měla být minimalizace manipulace, čímž by se zvýšila produktivita pracoviště. Ideální hodnota počtu vyrobených kusů za směnu, byli-li bychom schopni odstranit veškerou manipulaci se pohybuje kolem 2699ks, což je o 622ks více než je nynější norma.



Obrázek 45 Graf činnosti pracovníka [vlastní]

### 2.5.1.2 Shrnutí analýzy

Shrneme-li identifikované problémy z analýzy, pak se jedná zejména o nevybalancovaný výrobní tok, oblast plánování mezi středisky, kde je uplatňován tlakový systém výroby, hromadění rozpracované výroby mezi operacemi a nadvýrobu.

Z VSM mapy jsme také určili úzké místo výrobního toku, pro něž jsme provedli analýzu a odhalili tak jeho potenciál pro zvýšení produktivity.

Kombinace všech výše uvedených faktorů vede k prodloužení průběžné doby výroby produktu, což se odráží ve vázanosti kapitálu v rozpracované výrobě. Rozpracovaná výroba také klade nároky na prostor pro uskladnění.

Cílem racionalizace je navrhnout zlepšení uvedených problémů výrobního toku.

## 2.6 Návrh optimalizace

V této kapitole jsou uvedeny návrhy optimalizace ve výrobním procesu, které vychází ze závěrů předchozí analýzy.

- **Redukce nadvýroby – snížení velikosti výrobní dávky**

Jak bylo uvedeno v kapitole 2.5.1, v bodu 5 analýzy, je současná hodnota nadvýroby 23% i se započítanou průměrnou hodnotou zmetkovitosti. Každý týden se tak vyrobí o 5554 ks více než zákazník odebírá. S ohledem na odběr zákazníka, započítanou zmetkovitost, zaokrouhlením pro přepravní balení a technologický postup, je vhodné snížit současnou výrobní dávku 24000ks o 5520ks, tedy nová výrobní dávka by byla 18480 ks.

- **Dřívější začátek výroby polotovarů na pracovišti Montáž A**

Pracoviště Montáž A musí začít vyrábět v předstihu, aby zabezpečilo dodání polotovarů pro výrobu na pracoviště Ruční osazování v době, kdy končí poslední operace na středisku SMT. Minimální doba začátku předvýroby oproti operaci Ruční osazování je 1 hodina (pokrytí přepravní dávky 240ks). Vhodné by bylo však začít výrobu na Montáži A o den dříve, než je plánované ukončení operace na pracovišti Dělení. Toto opatření by mělo realizovat řízení výroby a plánování.

- **Návaznost začátku výroby pracoviště Ruční osazování na konec operace Dělení**

Pracoviště Ruční osazování je úzké místo procesu, které určuje takt výroby a ovlivňuje celkovou dobu výroby. Při plánování výroby bychom se měli snažit, aby výroba časově co nejvíce navazovala na konec operace Dělení ve výrobním středisku A. Popřípadě na pracovišti Dělení nečekat, až se vyrobí celá výrobní dávka, ale průběžně odvádět hotové polotovary do supermarketu střediska B. Stejně jako předchozí bod musí toto opatření vzít v úvahu řízení výroby a plánování., obecně by se plánování mělo snažit o snížení prodlev výroby mezi středisky. Tento stav je také možno řešit změnou systému řízení výroby, který je popsán v dalším bodě.

- **Zavedení výrobního kanbanu v rámci celého procesu**

Analýza procesu ukázala, že každé výrobní středisko je řízeno nezávisle dle plánování MRP systému. Stává se tak, že mezi jednotlivými středisky dochází k časové prodlevě mezi zpracováním a před jednotlivými pracovišti se tak hromadí rozpracovaná výroba. Takto by se také vyřešily problémy s nadvýrobou a dodržováním FIFO mezi výrobními objednávkami.

Celý informační tok kanbanu spočívá v předání informace o požadované výrobní zakázce na expedici. Předání informace by zajišťovala výrobní kanbanová karta. Expedice si vyžádá hotové výrobky na středisku D, aby mohlo středisko D zahájit práci musí si objednat zapájené výrobky z montáže ze střediska B, aby mohlo středisko B zahájit práci, potřebuje objednat osazené multipanely ze střediska A, aby středisko A mohlo zahájit práci potřebuje materiál ze skladu. Takto by byl výrobní proces samořiditelný, kdy každé středisko by bylo zároveň zákazníkem i dodavatelem. Součástí toku by také byly definované supermarkety mezi jednotlivými středisky, zakreslené ve VSM mapě. Náklady na zřízení supermarketů by nebyly, jelikož jsou k dispozici ve skladu, neboť byly využívány dříve u jiného produktu, jež se už nevyrábí. Kanban mění systém tlaku materiálového toku výroby na systém tahu. Znárodnění popsaného toku je uvedeno v mapě budoucího stavu na **Obrázek 47**.



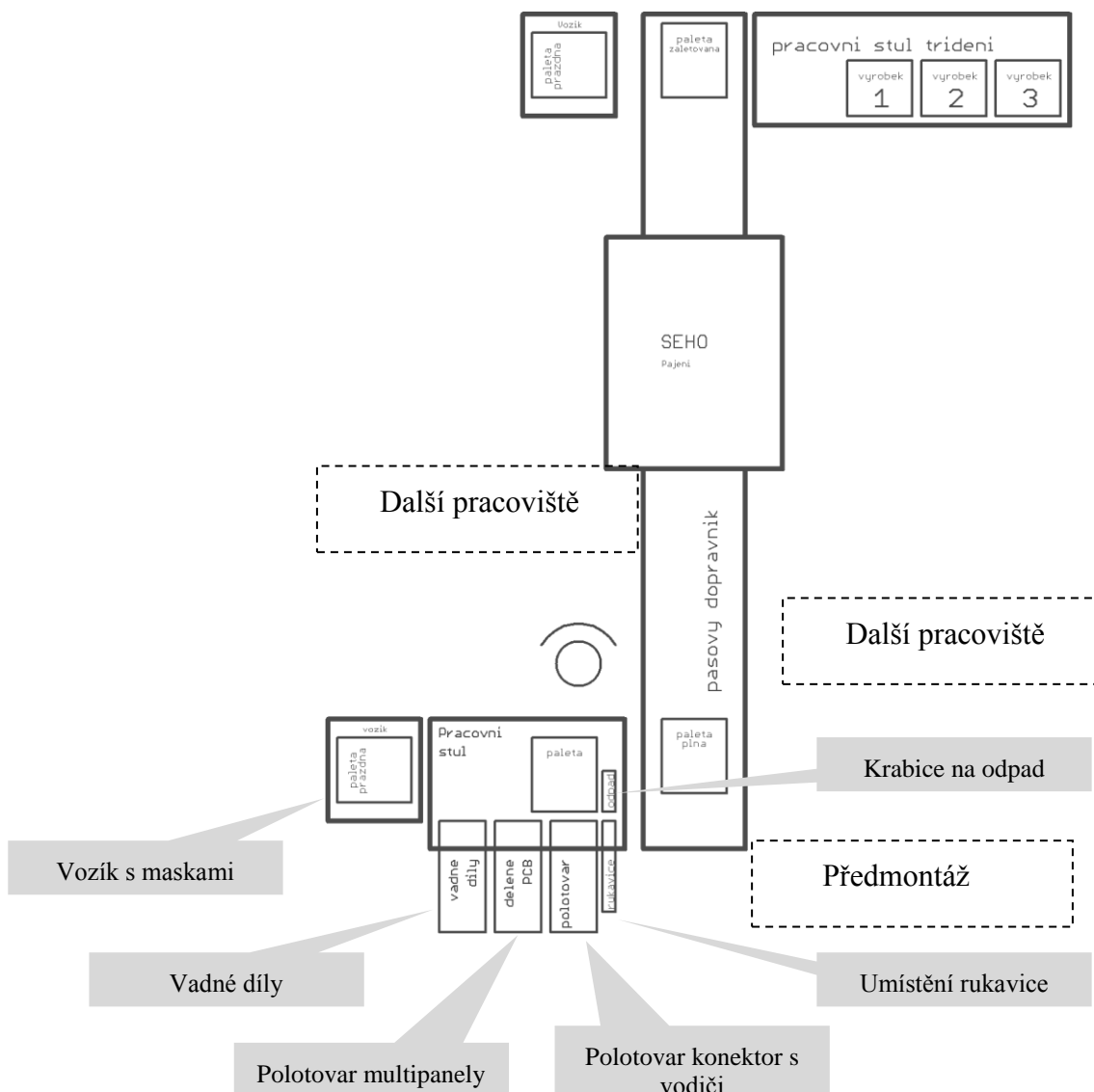
### • **Optimalizace úzkého místa - pracoviště Ruční osazování**

V kapitole 2.5.1.1 byla provedena analýza pracoviště. Z této analýzy vyplynulo, že 22% pracovního času tvoří manipulace ať už je to manipulace s materiálem nebo pracovními pomůckami. Jeden z výrobních polotovarů je nevhodně umístěn v prostoru za pracovníkem, který tak musí kvůli každé masce vykonat vysoce neergonomický pohyb a to více než 80 krát denně. Pracovní materiál by bylo vhodné přemístit do blízkosti pracovníka na dosah. Samotný stůl je vybaven stavitelnými rámy pro držení krabic s materiálem, které jsou ovšem zcela nevyužity. Operátor také vykonává manipulaci, jako je doplňování materiálu a výměna potřebných pracovních pomůcek. Tyto činnosti by však vůbec na pracovišti, které je úzkým místem neměl vykonávat a měly by být zabezpečeny manipulátem. Další činností, která tvořila 5% nepřidané hodnoty je nasazování a sundávání rukavic při každé manipulaci s polotovarem multipanel. Osazených součástek se pracovník nesmí dotýkat rukou jen z jedné strany. Pokud by multipanely byly umístěny v blízkosti pracovníka na dosah, bylo by možné místo dvou rukavic použít jen jednu. Druhou rukou si může pracovník destičku přidržovat ze strany, která je neosazena SMD součástkami a také může lépe s rukavicí manipulovat. Vozík s maskami je v současné době umístěn za zády operátora, který se vždy musí zvednout a masku přenést na pracovní stůl. Vozík je tedy lepší dát do větší blízkosti pracovníka blíže ke stolu. Protože masky nejsou zrovna lehké je jedna z možností upravit vozík tak, aby mohla být maska odebírána ze stejné výšky, popř. z vozíku rovnou posunována po pracovním stole. To by znamenalo vozík upravit tak, aby byl vybaven deskou s pružinami, které by po odebrání jedné masky posunuly masku pod ní na její místo. Tato úprava by vyžadovala investici cca 3000Kč/vozík s tím, že by ulehčila namáhání operátorky a manipulaci s maskou.

Můj návrh je tedy:

- Umístit polotovary multipanel do krabice na rám před pracovníka na dosah
- Umístit polotovary konektor do krabice na rám před pracovníka na dosah
- Místo dvou rukavic používat jen jednu
- Přemístit rukavici do krabice na rám před pracovníka na dosah
- Zajistit doplňování materiálu polotovarů do krabic se zadním plněním manipulátem
- Zajistit výměnu vozíků s prázdnými maskami manipulátem
- Umístit vozík blíže pracovišti
- Eventuální úprava vozíků o pružinovou desku

Samotný layout pracoviště s úpravami je zobrazen na **Obrázek 46**.



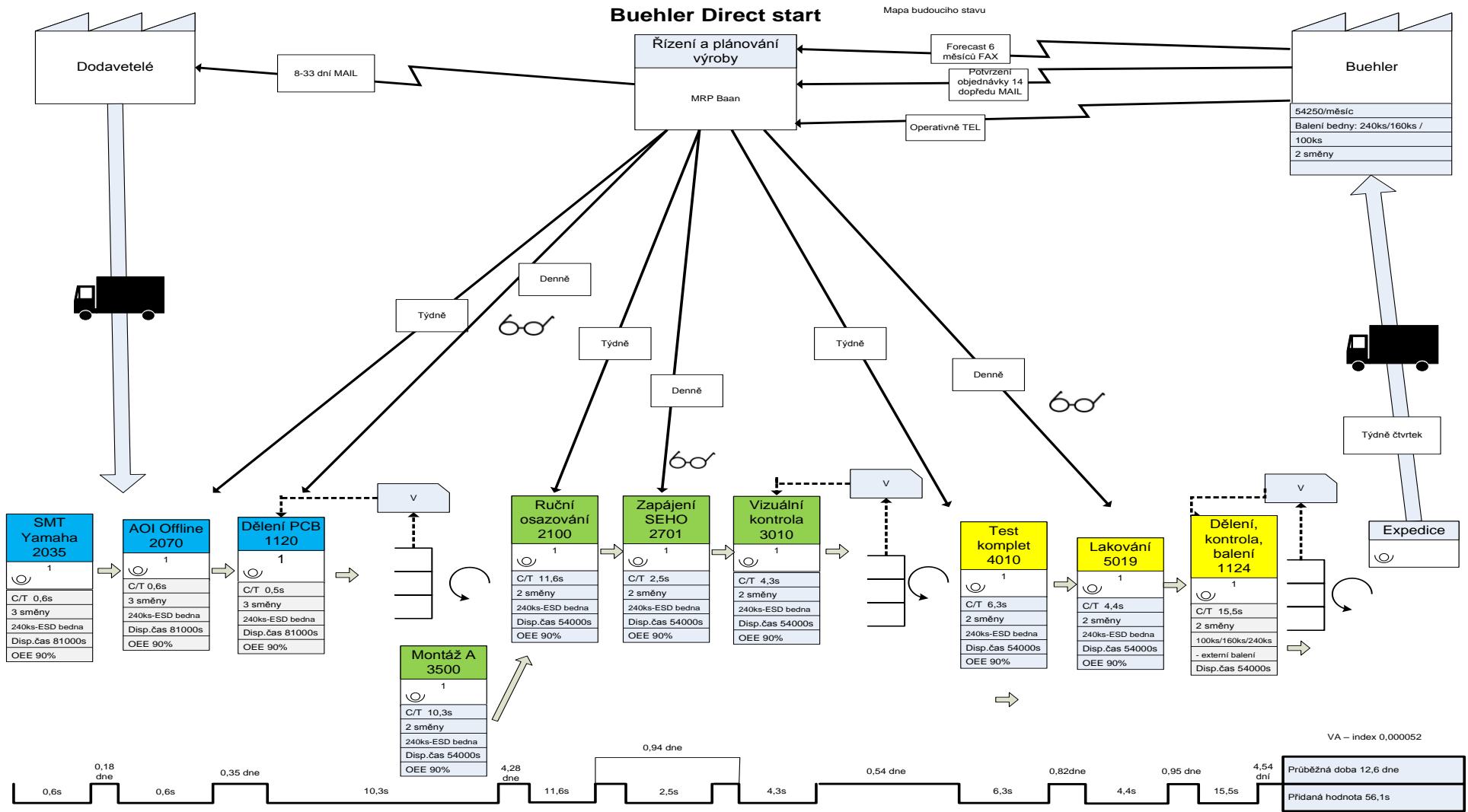
Obrázek 46 Úprava pracoviště Ruční osazování [vlastní]

Navržené úpravy organizace pracoviště umožňují využít jak rámy na pracovním stole, které jsou již připraveny, ale nevyužívány, tak krabice na materiál, které jsou ve skladu z dřívějších pracovišť. Jediným nákladem by tak byla eventuální úprava vozíku.

Změnou organizace pracoviště je možné počítat s navýšením produktivity. Už jen odstranění manipulace s vozíky (80krát/směna) znamená ušetřit  $0,33s \times 80 = 26,4$  min/směna, což je 1584ks, tedy 130 ks za směnu navíc. Další časovou úsporou lze najít v časech, které ušetří manipulace s polotovary, které jsou v novém návrhu umístěny pro pracovníka „na dosah“. Spolu s revidovanou normou operace, jež má rezervu 6,6% se jistě může jednat o nezanedbatelnou hodnotu. Reálné hodnoty úspory času pro vyčíslení je však nejprve třeba ověřit náměrem po změně organizace pracoviště.

## 2.7 Mapa budoucího stavu

Na základě sestavené mapy současného stavu, analýzy a identifikace problémů a návrhů optimalizace byla sestavena mapa budoucího stavu, která zahrnuje veškeré návrhy změn v toku výroby. Výhodou nově navrženého stavu je větší plynulost výroby, redukce rozpracované výroby, zvýšení produktivity úzkého místa a zkrácení průběžné doby výroby. Úspora v průběžné době výroby zahrnuje hlavně zkrácení čekání výrobků mezi střediskem A-B a před expedicí, jež byly v analýze odhaleny jako rezervy v podobě 2 dnů. (Pozdní začátek výroby o 1 den na středisku A a ukončení výroby dříve než je expediční datum). Další očekávané úspory průběžné doby výroby by bylo možné hledat ve snížené výrobní dávce neboť navržená výrobní dávka (18480ks) je ještě menší než mapované množství v mapě současného stavu (19200ks) a také optimalizované pracoviště nabízí možnost zvýšení produktivity, tedy lze říci, že výrobní dávka je schopna „projít“ výrobou rychleji než tomu bylo doposud. Pro mapu budoucího stavu uvažují upravenou normu na pracovišti Ruční osazování o 0,6s/ks (12,2s->11,6s - úspora z manipulace vozíkem).



Obrázek 47 Mapa budoucího stavu [vlastní]

## 2.8 Zhodnocení navržených změn

Tato kapitola je zaměřena na shrnutí přínosů optimalizací v procesu, které byly navrženy na základě použití metody Value stream mapping a analýzy hodnotového toku. Jedná se jak o ekonomické přínosy, tak o přínosy, které nelze kvantifikovat, avšak mají jednoznačný pozitivní vliv.

- **Vytvoření standardu pro aplikaci metody VSM v tomto podniku.**
  - Na základě úpravy metody a jejího ověření v procesu je možné VSM aplikovat i na další produkty ve výrobě.
- **Snížení výrobní dávky.**
  - Byla navržena snížená výrobní dávka o 23%, při ceně nákladů na jeden kus 15 Kč se jedná o měsíční úsporu nákladů vázaných ve výrobě (4x5520ksx15Kč) 331200 Kč  
Pozn: Hodnota jednotkových nákladů byla pozměněna z důvodu zachování obchodního tajemství společnosti.
- **Zkrácení průběžné doby výroby o 2 dny.**
  - Realizací navržených opatření došlo ke zkrácení časů čekání rozpracované výroby  
Na snížení průběžné doby výroby má dále vliv snížená výrobní dávka, zkrácení prostojů ve výrobě mezi středisky, zkrácení doby čekání na skladě před expedicí, zrušení části manipulace, změna organizace pracoviště a tím zvýšená produktivita úzkého místa.
- **Snížení rozpracované výroby mezi pracovišti**
  - V souvislosti s výše uvedeným bodem došlo ke snížení velikosti rozpracované výroby mezi pracovišti. Stav lze ověřit další VSM mapou nebo simulací v některém simulačním software.
- **Optimalizace pracoviště Ruční osazování.**
  - Na základě analýzy pracoviště byla pozměněna jeho organizace, zrušením manipulace s vozíky operátorem došlo k úspoře 26,4 min/směnu, tedy k možnosti výroby o 160ks/směnu více. Další redukce výrobních časů lze očekávat z lepší změny organizace práce, které lze ověřit po změně pracoviště.
  - Navržené změny v organizaci materiálu zredukují neergonomické pohyby operátora na pracovišti.
- **Zlepšení systému řízení výroby – kanban**
  - Návrh zavedení systému řízení kanbanem zlepšuje jednoduchou komunikaci mezi středisky a zavádí řízení výroby mezi středisky tahem pomocí interního kanbanu

## **Závěr**

Cílem této diplomové práce byla aplikace metody Value stream mapping na vybraný produkt společnosti Integrated Micro-Electronic Czech Republic s.r.o., analýza výrobního procesu, identifikace problémů a návrh optimalizačních opatření vedoucích k racionalizaci výroby.

Práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. Teoretická část je věnována problematice štíhlé výroby a jejím základním metodám. Podrobně je zde popsána metoda mapování hodnotových toků - Value stream mapping.

Praktická část diplomové práce se zabývá vlastní aplikací metody VSM v podniku na vybraný výrobek, která byla provedena dvakrát, jednou pro validaci v rámci úpravy metody pomocí dotazníkového šetření, podruhé již jako vlastní analýza. Sestavením mapy současného stavu a proběhlé analýzy byla identifikována problémová místa hodnotového toku a navržena opatření, jejichž realizací lze zvýšit efektivnost sledovaného hodnotového toku. Základní návrhy se týkají snížení velikosti výrobní dávky, optimalizací pracoviště úzkého místa a návrhů pro systém řízení výroby. Tato opatření byla implementována do návrhu mapy budoucího stavu. V závěru práce bylo provedeno zhodnocení navržených změn.

Cíle práce tak jak byly definovány na začátku projektu byly naplněny.

*V této diplomové práci byly použity výsledky z projektu OP VK č.CZ.1.07/2.3.00/09.0163*

## Použitá literatura

[1] Košturiak, Ján a kol. Štíhlý a inovativní podnik. Praha: Alfa Publishing, 2006. 237 s. Management studium. ISBN 80-86851-38-9.

[2] Rother, Mike a Shook, John. Learning to see: value-stream mapping to create value and eliminate muda. Cambridge: Lean Enterprise Institute, 2003. 102 s. ISBN 0-9667843-0-8.

[5] NEUBERTOVÁ, Michaela. *Projekt optimalizace zásobování výrobních linek při výrobě součástí palivových*. Zlín, 2011. Dostupné z: [www.dspace.k.utb.cz/handle/10563/15316](http://www.dspace.k.utb.cz/handle/10563/15316). Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Jaromír Černý, PhD.

[11] MAŠÍN, Ivan. *Mapování hodnotového toku ve výrobních procesech*. 1. vyd. Liberec : Institut průmyslového inženýrství, 2003. 80 s. ISBN 80-902235-9-1

[12] ZLOCHOVÁ, Martina. API-AKADEMIE PRODUKTIVITY A INOVACÍ, s.r.o. *Management toku hodnot - Metoda VSM: Seminář*. 9.října 2012. Brno, 2012.

Internetové zdroje:

[3] DNA - Toyota Production system. In: *E-api.cz* [online]. [cit. 2012-11-24]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68662.dna-8211-toyota-production-system/>

[4] *Toyota je opět světovou jedničkou v produkci aut* [online]. Praha: Ringier Axel Springer CZ a.s. [cit. 2012-11-24]. ISSN ISSN 1213-8991. Dostupné z: <http://www.auto.cz/toyota-je-opet-svetovou-jednickou-v-produkci-aut-68588>

[6] Toyota Production System. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-11-24]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Toyota\\_Production\\_System](http://cs.wikipedia.org/wiki/Toyota_Production_System)

[7] Plýtvání (muda). In: <https://managementmania.com> [online]. [cit. 2012-11-24]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/plytvani>

[8] GREGOROVIČOVÁ, Lucie. Plýtvání v administrativě. In: *E-api.cz* [online]. 25.02.2009. [cit. 2012-11-24]. Dostupné z: <http://e-api.cz/article/68952.plytvani-v-administrative/>

[9] CHROMJAKOVÁ, Felicita. Hodnota: Štíhle myslenie, kľúč k štíhlej výrobe. In: <http://www.ipaservis.sk> [online]. Fraunhofer IPA Slovakia [cit. 2012-11-24]. Dostupné z: [http://www.ipaservis.sk/slovník\\_view.aspx?id\\_s=154](http://www.ipaservis.sk/slovník_view.aspx?id_s=154)

[10] HŘEBÍČEK, Vladimír. Lean management ve výrobě. In: [www.businessinfo.cz](http://www.businessinfo.cz) [online]. 7.4.2009. [cit. 2012-11-24]. Dostupné z: <http://www.businessinfo.cz/cs/clanky/lean-management-ve-vyrobe-2824.html>

[11] Co je to Lean?. In: [online]. [cit. 2012-11-24]. Dostupné z: <http://www.leanexperts.cz/lean-sluzby/stihla-vyroba/>

[13] GREGOROVIČOVÁ, Lucie. Nástroj pro identifikaci plýtvání: Mapování toku hodnot (Value Stream Mapping) - 1. část. In: [online]. [cit. 2012-12-11]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/69576.nastroj-pro-identifikaci-plytvani-mapovani-toku-hodnot-value-stream-mapping-1-cast>

[14] CHROMJAKOVÁ, Felicita. VSM: MATERIÁLOVÝ VERZUS INFORMAČNÝ TOK. In: [online]. [cit. 2012-12-11]. Dostupné z: [http://www.ipaservis.sk/slovník\\_view.aspx?id\\_s=107](http://www.ipaservis.sk/slovník_view.aspx?id_s=107)

[15] SMD - povrchní úvahy nad povrchovou montáží. In: [online]. [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://petr-kubac.blog.cz/1205/smd-povrchni-uvahy-nad-povrchovou-montazi>

[16] M. Šimon, A. Miller, L. Čechová, Z. Černý : Logistika a DP [CD-ROM]. [Plzeň]: SmartMotion, 2012. ISBN 978-80-87539-13-2

[17] P. Kopeček, M. Malaga : Plánování a řízení výroby a DP [CD-ROM]. [Plzeň]: SmartMotion, 2012. ISBN 978-80-87539-14-9

[18] Interní materiály firmy Integrated Micro-Electronics Czech Republic s.r.o.



## PŘÍLOHA 1: VYPLNĚNÉ PRŮVODKY

Ukázka vyplněných průvodek operátory z druhého kola dotazníkového šetření.


**DO PRŮVODKY PŘIPIŠ KE SVÉ OPERACI ČAS A DATUM, KDY JSI ZAČAL BEDNU/ELKO A ČAS A DATUM, KDY JSI BEDNU/ELKO DOKONČIL**

30.1.	10	2036	Strojní osazování SMD Yamaha	1 s	1200		1259	16 <sup>00</sup> -17 <sup>00</sup>
31.1.13	20	2070	AOI offline	0.6 s	1.200	-	1289	11 <sup>00</sup> -11 <sup>40</sup>
31.1.	30	1120	Dělení PCB	0.5 s	1.200		2070	8 <sup>15</sup> -8 <sup>03</sup>

Vyplněná průvodka středisko A [vlastní]

20<sup>00</sup> - 21<sup>30</sup> HOD.  
20<sup>00</sup> - 20<sup>00</sup>      38/40


**Průvodka**

<b>IMI CZ</b>		Production order	721363	9600 ks
		Product	C16502	BUEHLER DIRECT START
		Delivery date	08-02-2013	Doc. PR-2001/001 Rev 3 1.10.08
Comment:				

Datum		Operace	Čas	Dobře	Vyrazeno	Operator	Pc
4.2.13	10	3500	Montáž A	12 s	240	1961	
5.2.13	20	2100	Osazování ruční	13 s	240	1961	
5.2.	30	2701	Zapájení součástek SEHO A	2.5 s	240	204	
	40	3010	Vizuální kontrola	5 s	102	2033	12 <sup>00</sup> -12 <sup>00</sup>

Vyplněná průvodka středisko B [vlastní]

**Průvodka**

<b>IMI CZ</b>		Production order	210169	9600 ks
		Product	Z1621502	BUEHLER DIRECT START
		Delivery date	11-02-2013	Doc. PR-2001/001 Rev 3 1.10.08
Comment:				

Datum		Operace	Čas	Dobře	Vyrazeno	Operator	Pc
8.2.	10	4010	Test-komplet	8.2 s	240	2068	9 <sup>00</sup> -9 <sup>00</sup>
8.2.	20	5019	Lakování	6.7 s	240	1954	9 <sup>45</sup> -9 <sup>35</sup>
11.2.	30	1121	Dělení+test+balení	15.5 s	160	2071	10 <sup>35</sup> -10 <sup>30</sup>

Vyplněná průvodka středisko D [vlastní]

## PŘÍLOHA 2: ZPRACOVÁNÍ VSM MAPY V MS VISIO

Ukázka vypracování map v programu MS Visio

