

**Vysoká škola logistiky o.p.s.**

**Řízení materiálového toku ve výrobním  
podniku**

(Diplomová práce)

Přerov 2020

Bc. Filip Müller, DiS.



**Vysoká škola  
logistiky**  
o.p.s.

# Zadání diplomové práce

student	<b>Bc. Filip Müller, DiS.</b>
studijní program	Logistika
obor	Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Řízení materiálového toku ve výrobním podniku**

Cíl práce:

Zpracovat analýzu u materiálového toku v daném výrobním podniku a na jejím základě materiálový tok optimalizovat.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Teoretické poznatky související s tématem diplomové práce
2. Zpracování analýzy materiálového toku s využitím metody VSM
3. Zpracování návrhu na optimalizaci materiálového toku a zvýšení efektivity výrobního procesu
4. Ekonomické zhodnocení zpracovaného návrhu

Závěr

Rozsah práce: 55 – 70 normostran textu

Seznam odborné literatury:

ČUJAN, Z. Logistika výrobních technologií. Přerov: Vysoká škola logistiky, 2013. 1. vydání. ISBN 987-80-87179-31-4.

ČUJAN, Z.: Výrobní a obchodní logistika. FLKŘ Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín 2008, ISBN 978-80-7318-730-9.

ČUJAN, Z., KAVKA L. a K. PETEREK. Logistika v praktických úlohách a případových studiích [CD-ROM]. Přerov: VŠLG, 2017. ISBN 978-80-87179-45-1.

GROS, I. a kol.: Velká kniha logistiky. VŠCHT Praha, 2016, 1. vyd., ISBN 978-80-7080-952-5.

KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. Moderní přístupy k řízení výroby. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012, xxi, 153 s. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. Řízení výroby a nákupu. Praha: Grada, 2007, 378 s. Expert. ISBN 978-80-2471479-0. Dostupné také z: [http://toc.nkp.cz/NKC/200705/contents/nkc20051573315\\_1.pdf](http://toc.nkp.cz/NKC/200705/contents/nkc20051573315_1.pdf).

BLECKER, T. a W. KERSTEN. Innovative Methods in Logistics and Supply Chain Management. 1. Edition, 2014 epubli. GmbH, Berlin. ISBN 978-3-7375-0341-9.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Zdeněk Čujan, CSc.

Datum zadání diplomové práce:

31. 10. 2019

Datum odevzdání diplomové práce:

14. 5. 2020

Přerov 31. 10. 2019



doc. Ing. Zdeněk Čujan, CSc.  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivan Hlavoň, CSc.  
rektor

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Vysokou školu logistiky o.p.s.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Tímto prohlášením souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

V Přerově, dne 14. 05. 2020

.....

podpis

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří mi během studia poskytli podporu a veškerou pomoc. Rád bych poděkoval řediteli a zaměstnancům firmy Pedaplast s.r.o., kteří mi ochotně poskytli potřebné informace a pomoc pro zhotovení této práce. Dále bych rád poděkoval mému vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Zdeňkovi Čujanovi, CSc., za pomoc a cenné rady a k vytvoření této práce.

## **Anotace**

Tato diplomová práce se zabývá řízením materiálového toku. V práci je sepsaná teorie zaměřená na materiálový tok, řízení materiálového toku a jeho analýzu. V praktické části jsou zhotoveny analýzy vybraného materiálového toku ve firmě Pedaplast s.r.o.. Podle zhotovených analýz jsou vytvořeny návrhy pro optimalizaci vybraného materiálového toku. V práci jsou i další návrhy na zlepšení výrobního procesu. Na závěr práce je zhotoveno ekonomické zhodnocení všech návrhů.

## **Klíčová slova**

Materiálový tok, řízení materiálového toku, VSM analýza, Shankeyův diagram

## **Annotation**

This master thesis deals with material flow control. There has been a theory described in this thesis being focused on a material flow, its control, and analysis. In the practical part there are elaborated analyses of a selected material flow at the Pedaplast s.r.o. company. According to these elaborated analyses there have been created proposals intended for optimizing the selected material flow. There are also other proposals for the production process improvement. In conclusion, there has been elaborated an economic assessment of all the proposals.

## **Keywords**

Material flow, material flow control, VSM analysis, Sankey diagram

# Obsah

Úvod.....	9
1 Teoretické poznatky související s tématem diplomové práce .....	10
1.1 Řízení materiálového toku .....	12
1.2 Analýza materiálového toku .....	13
1.3 Optimalizace materiálového toku .....	15
1.4 Grafické zobrazení materiálového toku .....	17
1.4.1 Matice mezidíleňských toků materiálů .....	19
1.4.2 Postupový diagram .....	20
1.4.3 Oběhový diagram.....	21
1.4.4 Šachovnicová tabulka .....	22
1.4.5 Sankeyův diagram.....	23
1.4.6 Metoda VSM.....	25
1.4.7 Další metody grafického zobrazení materiálového toku .....	30
2 Zpracování analýzy materiálového toku s využitím metody VSM .....	31
2.1 Představení firmy .....	31
2.2 Struktura výrobního podniku .....	32
2.3 Struktura informačního a materiálového toku.....	34
2.4 Základní těleso .....	36
2.5 Sankeyův diagram.....	37
2.6 VSM metoda .....	41
2.6.1 Základní data zákazníka.....	41
2.6.2 Potřebné množství materiálu .....	42
2.6.3 Lisování .....	43
2.6.4 Kontrola kvality .....	46
2.6.5 Balení .....	48
2.6.6 Časové hodnoty držení zásob před jednotlivými operacemi .....	49

2.6.7	Mapa hodnotového toku pro základní těleso .....	50
2.6.8	Výsledky VSM metody .....	52
3	Zpracování návrhu na optimalizaci materiálového toku a zvýšení efektivity výrobního procesu .....	53
3.1	Návrh na zlepšení podle VSM metody .....	53
3.1.1	Úprava procesu lisování.....	53
3.1.2	Úprava procesu kontroly kvality.....	54
3.1.3	Úprava procesu balení .....	58
3.1.4	Snížení časových hodnot držení zásob před jednotlivými operacemi .....	60
3.1.5	Porovnání hodnot.....	62
3.1.6	Mapa hodnotového toku pro základní těleso po úpravě .....	64
3.2	Sankeyuv diagram.....	67
3.3	Další možnosti zlepšení.....	70
3.3.1	Snížení doby přípravy pro zahájení výroby .....	71
3.3.2	Zlepšení úzkého místa .....	71
3.3.3	Oddělení distribučního skladu .....	72
3.3.4	Další možnosti .....	73
4	Ekonomické zhodnocení zpracovaného návrhu .....	74
4.1	Náklady a úspory návrhů podle VSM metody .....	74
4.1.1	Náklady pro zvětšení VA indexu.....	74
4.1.2	Úspory návrhů.....	76
4.2	Náklady a úspory návrhu podle Shenkyova diagramu.....	77
4.3	Finanční zhodnocení návrhů .....	79
4.4	Náklady a úspory pro další návrhy.....	80
	Závěr .....	82
	Seznam zdrojů.....	84
	Seznam grafických objektů.....	86
	Seznam zkratk .....	88



# Úvod

Cílem každého výrobním i nevýrobním podniku v dnešní době na trhu je snižování výrobních nákladů, snižování časů výrobních operací a celkové zefektivnění výrobních procesů. Firmy tyto optimalizace musí zavádět, aby se udržely na vhodné pozici trhu. Firmy, které se na optimalizaci nezaměřují, často přicházejí o zákazníky a v některých případech to vede ke zkrachování společnosti.

Aby firmy přežily, musí efektivně řídit materiálové toky v podnicích tak, aby co nejlépe odpovídaly dnešním požadavkům trhu. K tomu je potřeba detailně zanalyzovat veškeré materiálové toky a vyhledat zdroje plýtvání. Pro vhodné vyhledávání nedostatků se musí použít vhodná analytická metoda zaměřená na ty nejdůležitější toky v podnicích. K eliminaci zdrojů plýtvání je potřeba navrhnout optimální řešení, které je reálně a cenově dostupné.

Podniky, které mají snahu vylepšovat své výrobní i nevýrobní procesy, vycházejí z filosofie, že v každém podniku je místo, které se dá zlepšit.

Cílem diplomové práce bylo zhotovit analýzu u vybraného materiálového toku v reálném výrobním podniku a podle zadané analýzy vypracovat návrh optimalizace.

Diplomová práce je rozdělena na dvě části. V první části této práce jsem se zaměřil na teoretické poznatky k danému tématu. V práci jsem popsal materiálový tok, jeho rozdělení i strukturu a faktory, které ho ovlivňují. Dále jsem sepsal poznatky ohledně řízení, analýzy a optimalizace. V poslední části jsem podrobněji rozebral metody analýzy materiálového toku.

Praktická část je orientovaná na zanalyzování vybraného materiálového toku ve výrobním podniku. Firma, kterou jsem vybral, je společnost Pedaplast s.r.o., zaměřená na plastikářskou výrobu. Materiálový tok, který jsem vybral, je výroba základního tělesa. Tento tok jsem analyzoval VSM metodou a Sankeyovým diagramem. Z obou analýz jsem navrhl metody na optimalizaci výrobního procesu. Dále jsem navrhl další způsoby, jak zlepšit výrobní proces. Na závěr praktické části jsem vytvořil ekonomické vyjádření všech návrhů a vypočítal návratnost vloženého kapitálu.

# 1 Teoretické poznatky související s tématem diplomové práce

Materiálový tok (*Schéma. 1.1*) je fyzická stránka logistického řetězce, která je srdcem výrobního podniku. Spolu s materiálovým tokem je v logistickém řetězci i informační a finanční tok.

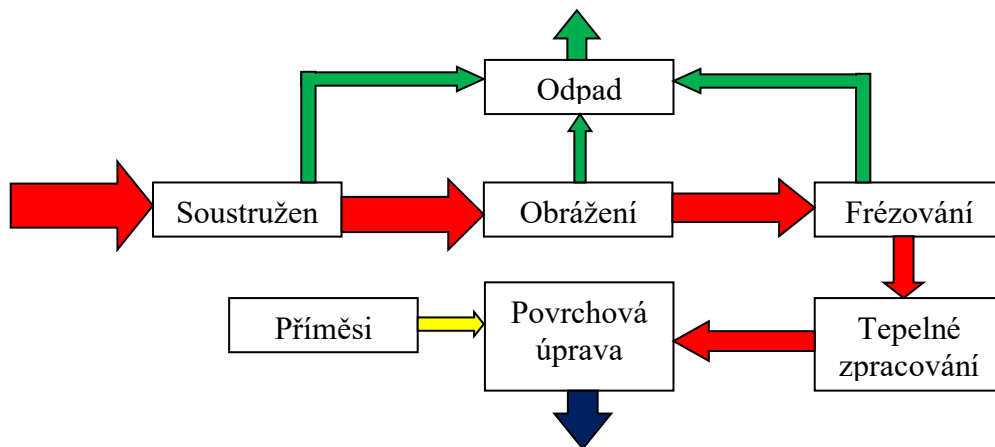


Schéma 1.1 Materiálový tok

Zdroj: Vlastní zpracování

Jedná se o organizované proudění surovin, výrobního materiálu, polotovarů, výrobních skupin, finálních výrobků, obalů, odpadů, osob a nosičů informací. [1]

Materiálový tok ve výrobním procesu může být:

- meziobjektový
- objektový: - mezioperační,  
- operační.

Struktury materiálového toku ve výrobě:

- struktura typu A (z většího počtu prvních montážních dílů vzniknou komponenty pro další stupeň výroby [2]),
- struktura typu V (z výrobní suroviny jsou postupně vyráběny další produkty [2]),
- struktura typu T (lineární charakter materiálového toku, kde na konci výrobního procesu vznikne větší počet finálních výrobků [2]),

- struktura typu I (je přímá a nijak se nevětví ani neslučuje [2]).

Materiálový tok ve výrobních procesech je velmi složitý. Jeho složitost je zvlášť u velmi složitých produktů a u většího množství vyráběných produktů. [3]

Faktory ovlivňující materiálový tok:

- druh použitého materiálu,
- cesta materiálu ve výrobním procesu,
- čas přepravy,
- použité manipulační prostředky,
- použité manipulační jednotky,
- počet jednotek ve výrobním procesu,
- přepravované množství ve výrobním procesu,
- parametry materiálového toku mezi objekty,
- počet manipulačních operací,
- pracovní prostředí,
- manipulační plocha (tvar a velikost),
- kvalita povrchu manipulační plochy,
- lidský faktor (kvalita operátorů a managementu),
- finanční kapitál přepravovaného zboží,
- výškové převýšení. [4]

Materiálový tok ovlivňuje následující faktory v procesu:

- způsob manipulace s materiálem,
- požadavky na manipulaci,
- dopravu,
- skladování,
- balení. [5]

Součástí materiálového toku může být i zpětný tok. Zpětný tok zahrnuje pohyb produktů od zákazníka zpět k místu jeho zpracování. Vracet se může použité i nepoužité zboží, obaly nebo odpady. [6]

## 1.1 Řízení materiálového toku

Řízení materiálového toku má na starost logistické řízení, které má za úkol zajistit přemístění hmotného materiálu (suroviny, materiál, polotovar, finální výrobek) z místa odběru do místa spotřeby. [5]

Materiálový tok je součástí logistického řízení. Řízení materiálového toku zahrnuje přehled o surovinách, výrobního materiálu i polotovarů, vyrobených produktů, obalů, odpadů a stavu zásob ve výrobním procesu. [5]

Pro efektivní řízení materiálových toků se používají vhodné SW (např. SAP), ve kterých je možno účinně navrhovat a řídit veškeré aktivity, co jsou spojené s materiálovým tokem. [2]

Řízení toku materiálu je pro logistický proces klíčový. Správné řízení je ovlivněno:

- úrovní poskytovaných služeb zákazníkům,
- konkurenceschopností,
- stabilitou a velikostí trhu,
- dodávkou výrobních materiálů,
- objemem prodaných produktů,
- počtem dodavatelů,
- ziskem.

Pokud je řízení materiálového toku nedostatečně naplánované, je poté neefektivní a neúčinné. Toto způsobuje výrobu produktů za vyšší cenu, než je požadovaná. Tato cena se odrazí ve finální ceně produktu, která ovlivňuje rozhodování zákazníků při volbě daných produktů. Zákazníci poté mohou přejít ke konkurenci, která má optimální řízení materiálového toku.

Správné zajištění materiálových potřeb významně sníží náklady ve výrobě. Dodávky materiálu by měly být ve správném množství, kvalitě a přepravené na správné místo ve správný čas. [7]

Řízení toku materiálu spadá do operativní úrovně podniku. Řízení toku ovlivňuje celou strategickou úroveň podniku, převážně následky a efektivitu úrovně, která dále ovlivňuje další faktory. [5]

Řízení materiálového toku ovlivňuje:

- velikost pojistných zásob v procesu,
- obrátkovost zásob v procesu,
- dosažený zisk společností,
- dodací termíny zákazníkům,
- spokojenost zákazníků z produktů či služeb,
- konkurenceschopnost podniků. [5]

V řízení materiálového toku pomůže klasifikace zásob ve výrobním procesu. Podle funkce zásoby v procesu jsou běžné (obrátkové), pojistné, technologické, sezonní a havarijní zásoby. [7]

Společnosti se rozhodují o způsobu krytí potřeb. Rozhodují se, zda budou své potřeby kryt vlastní nebo cizí výrobou. Firmy se musí rozhodnout, jestli je nákup výhodnější než vlastní výroba. [7]

Řízení materiálového toku ovlivňuje i bod rozpojení. Bod rozpojení ovlivňuje, do jaké hloubky materiálového toku pronikne objednávka zákazníků. V bodě rozpojení dochází k transformaci poptávky z nezávislé na závislou. [7]

Nezávislá poptávka – je poptávka, kterou podává zákazník. Tato poptávka je zcela náhodná. Firma její velikost a načasování nemůže přímo ovlivnit. [7]

Závislá poptávka – je poptávka, která je stanovena zájmem o finální produkt na trhu. Závislou poptávku lze odvodit podle množství objednávek. [7]

Použitý druh výroby ovlivňuje místo bodu rozpojení. [7]

## **1.2 Analýza materiálového toku**

Analýza materiálového toku je klíčová pro manipulaci materiálu v logistickém procesu. Analýza se provádí z hlediska vazeb mezi procesy, jejich času, kapacity prostoru a činností informačního toku. [8]

Analýza materiálového toku se orientuje na:

- objem zboží v logistickém procesu,
- dráhu a čas,
- rychlost pohybu materiálu v procesu.
- cestovní rychlost i zrychlení,

- velikost proudu produktů,
- intenzitu proudu produktů,
- frekvenci nakládání produktů,
- změnu intenzity proudu produktů,
- manipulaci s materiálem,
- dopravu v celém procesu,
- složitost sítě procesu,
- počet přerušení procesu,
- počet reverzních (zpětných) toků,
- počet změn v procesu. [5]

Cílem analýzy materiálového toku je zjistit a stanovit takové spojení, koordinaci a řešení materiálového toku, aby bylo optimálně zajištěno krytí potřeb při optimálních (nejlépe co nejmenších) nákladech na pohyb materiálového a informačního toku. [5]

Důležitým znakem toku materiálu je „intenzita materiálového toku“. Jedná se o množství hmotných položek, které se pohybují v procesu kolem stanoveného bodu ve stanovené časové jednotce. Intenzita materiálového toku je, jak velké množství zboží je potřeba přemístit mezi danými body v procesu (ve výrobě) za stanovený čas. [5]

Intenzitu materiálového toku obsahuje matice intenzity. Matice intenzity má tvar

$$M_G = (m_{ij}), \text{ kde } i, j = 1, 2, \dots, m \quad (1.1)$$

kde:  $m_{ij}$  ... prvky vyjadřující množstevní propojení mezi místy  $i$  a  $j$

Intenzita se stanovuje pro jeden určitý výrobní postup a výrobní úroveň. Měří se počet vyprodukovaných výrobků ve stanoveném časovém intervalu. Dojde-li ke změně v postupu či úrovni, je potřeba změnit i logistické požadavky v celém procesu. [5]

Dále je sledována skladová intenzita. Skladová intenzita je nezbytná v meziskladech pro jednotlivé stupně i rozsahy výroby. Ve výrobních procesech mezisklady mají plnit důležitou úlohu. Mezisklady mají mnohé technické a hospodářské výhody. Výhodou je snížení rizika přerušení materiálového toku v daném místě výroby. Další důvod je odlišné průtokové kapacity produktů mezi procesy, které jsou seřazeny za sebou. Nebo tvoření vyššího množství produktů (polotovarů) kvůli velikým výkyvům ve výrobních nákladech. [5]

Dále se vyhodnocuje kvalita materiálového toku. Kvalitní stánky materiálového toku jsou způsoby manipulace s materiálem, jeho přístupnost pro manipulanty a následné uložení do skladu či meziskladu. [5]

Kvalita materiálového toku je v době, kdy se procesy automatizují a lépe propojují velmi významná. Týká se to především o rozhodování o řídicím programu, výrobních procesů a rozmístění pracovních zařízení a strojů v prostoru. [5]

Jednotlivé prvky toku statků musí být optimálně rozmístěny a spojeny pro správný průtok materiálového toku. Prvky toku statků jsou zařízení, stroje a objekty (výrobní haly nebo sklady). [5]

Měření požadovaného výkonu materiálového toku je podle vztahu:

$$P = \frac{Q \cdot D}{t} [W; kW] \quad (1.2)$$

kde: Q – jednotky množství

D – jednotky vzdálenosti

t – čas

Náklady na přepravu se stanovují nezávisle na vzdálenosti nebo úměrně stanovené s rostoucí vzdáleností. Minimální náklady jsou stanoveny za optimální náklady v procesu. [5]

### 1.3 Optimalizace materiálového toku

Pro optimální materiálový tok je potřeba se držet následujících zásad:

- optimální dopravní cesty, které by měly být přímé, co nejkratší, bez křížení (pokud to není nutné) a pohybů proti směru materiálového toku,
- eliminace nadbytečných manipulací s materiálem, polotovary nebo výrobky,
- plynulost a nepřetržitost materiálového toku,
- vyšší stupeň mechanizace pro zvýšení výkonnosti práce a eliminovat nebezpečné a namáhavé práce,
- vytvořit optimální pracovní podmínky pro pracovníky. [3]

Optimalizace závisí na vzdálenosti, která je používána v dílenské výrobě. Charakteristika dílenské výroby je použité zařízení. Použité výrobní zařízení je totožné

nebo stejný druh. Prostorové uspořádání v dílenské výrobě ovlivňuje intenzitu materiálového toku a skladování. [5]

Vnitropodniková doprava mezi jednotlivými odděleními nemá jednoznačně stanovenou cestu surovin, materiálů, polotovarů a produktů. Je to především pro výrobní skupiny, které mají stejnou funkci a jsou mezi sebou zaměnitelné. Přeprava je zde určena, a to druhově, objemově a směrově. Proto lze pro jednotlivá výrobní místa stanovit oblasti, které významně snižují náklady na přepravu. [5]

Vnitropodniková přeprava výrobního procesu je realizována dynamickými prostředky. Mezi tyto prostředky patří zdvihací zařízení (vysokozdvížené vozíky, jeřáby nebo výtahy). Tyto zařízení mají stanovenou oblast (výrobní úseky, zóny, nebo volný pohyb na vymezené ploše), kde realizují přepravu. Pohyb zařízení je realizován podle stanoveného plánu či potřeby. [5]

Řízení dynamických zařízení je centralizované či decentralizované. Toto řízení je pomocí systému Hol nebo Bring. [5]

V případě, kdy výroba není přesně stanovená podle plánu (kusová výroba), vznikne vyšší flexibilita na změnu výrobních procesů v oblasti výrobních kapacit či požadavků zákazníka. Tato flexibilita ovlivní celý proces a má nízkou efektivitu. [5]

Optimalizace, která je funkční má volné propojování jednotlivých podsystémů do jednoho systému. Dochází k tvorbě zásob pro pokrývání nečekaných výkyvů. Tyto zásoby vyžadují, aby bylo efektivně využíváno skladovací zařízení a vybavení. Dále je potřeba zajistit optimální řízení a napojení na časové výkyvy ve výrobě. [5]

Výrobní proces při použití pásových dopravníků je odlišný od předchozího případu. Použitý pás v procesu stanovuje oběhový cyklus produktu a technické požadavky, které jsou potřeba pro prostorové rozmístění v pracovním prostředí. Jednotlivé výrobní stupně a operace jsou vzájemně propojeny. Propojení je zajištěno přímými a pevně umístěnými (nepohyblivými) prostředky. Prostředky díky svým technickým vlastnostem (stacionárnost a specializovanost) snižují provozní náklady (investiční jsou vyšší), lepší dobu produkce (kratší a spolehlivější) a menší skladované zásoby. [5]

Výrobní proces obsahuje logistický systém, který se zpracuje po stanovení výrobního systému. [5]

Logistický systém je propojení dílčích subsystémů. Jsou to:



- přepravní subsystém,
- skladovací subsystém,
- subsystém výměny obrobků (polotovarů),
- subsystém pro manipulaci s výrobními nástroji. [5]

Pro určení subsystému je potřeba získat data, které jsou podklady pro vhodný výběr subsystémů. Struktura přepravního a skladovacího subsystému se obvykle sestavuje ve virtuálním prostředí, ve kterém se používá spousta simulačních programů (např. Simul8). Strukturu subsystémů vybírají odborníci, kteří rozhodují o dalším postupu. [5]

Důležitým znakem je optimální rozmístění výrobních strojů a zařízení ve výrobním systému. Toto rozmístění umožňuje porovnávat výrobní úkony či pohyby pro stanovený produkt. Stroje, které vyrábějí dané výrobky, mají omezené technologické a výrobní možnosti. [5]

Nejdůležitější výrobní veličiny konkrétního uspořádání jsou:

- intenzita materiálového toku neboli průtok ( $Q$ ),
- manipulační výkon ( $P$ ). [5]

Manipulační prostředky, které se používají ve výrobním procesu, manipulují s každou výrobní skupinou v procesu. V každé výrobní skupině je výrobní materiál manipulován stejným manipulačním prostředkem. Výsledek klasifikace manipulace je třídění a sestavení produktů, se kterými se manipuluje totožným způsobem. [5]

## 1.4 Grafické zobrazení materiálového toku

Materiálový tok se dá graficky zobrazit:

- schématickými diagramy, ve kterých je pouze zobrazen materiálový tok,
- schéma do dispozičního řešení (např. Sankeyův diagram), zobrazuje systém vnitroobjektové manipulace s materiálem,
- matematické diagramy,
- grafy-diagram intenzita-vzdálenost,
- 3D animace
- videozáznam.






Matematické diagramy a grafy-diagram se využívají např. pro zjištění, zda bylo vhodné navrženo rozmístění výrobních strojů a zařízení, dále zda je vhodný výběr použitých

prostředků (dopravních, manipulačních) ve výrobním procesu, nebo zda je vhodné použít typ materiálového toku.

Jednou z možností grafického znázornění je použití jednoduchého schématu (*Schéma 1.1*) sestavený z bloků, které po sobě tvoří sled operací ve výrobním procesu. Bloky jsou propojeny šipkami, které zobrazují jejich intenzitu. Lze ji barevně odlišit, kde je možno sledovat změny vlastností produktu anebo varianty použitého sortimentu během výroby. [9]

Materiálový tok, lze graficky znázornit pomocí ověřených grafických symbolů (*Tab. 1.1* a *Tab. 1.2*).

Tab. 1.1 Základní značky postupového diagramu

Operace	Značka
Technologická operace	
Kontrolní operace	
Doprava	
Uložení	
Čekání	

Zdroj: Úprava podle zdroje [1]

**Technologické operace** jsou transformační změny (fyzické či chemické) produktu. Bílá značka je příprava a ukončení operace. Černá značka je průběh operace. [1]





**Kontrolní operace** jsou operace pro porovnávání výrobků či polotovarů podle stanovených plánů či norem. Kontrolní činnosti se zaměřují na kvalitativní a kvantitativní stránku. [1]

**Doprava** je každý pohyb v procesu mezi pracovišti, sklady a mezisklady. [1]

**Uložení** jsou operace, kde dochází k uložení či zastavení produktu v procesu. Především to platí pro ruční manipulace (bez manipulačních prostředků), které jsou pomalejší než při použití manipulačních prostředků. [1]

**Čekání** (nečinnost, prostoj) je to okamžik, kdy materiál je v nečinnosti, při kterém nedochází k uskladnění či kontrole. [1]

Tab. 1.2 Doplnkové značky postupového diagramu

Operace	Značka
Technologické nebo operační manipulace	
Ložné operace	
Vážení	
Balení	

Zdroj: Úprava podle zdroje [1]

Materiálový a informační tok se v jednoduchém schématu znázorňují pomocí šipek. Nepřerušované (materiálový tok) a přerušované (informační tok).

#### 1.4.1 Matice mezidílných toků materiálů

Pro stanovení intenzity materiálového toku mezi jednotlivými výrobními stanovišti (střediska či pracoviště) se využívá matice mezidílných toků materiálů (Tab. 1.3). Matice je uspořádána do tabulky ve tvaru vstup – výstup. [5]

Tab. 1.3 Matice mezidílných operací

Výstup	Sklad surovin	Výrobní proces	Montáž	Sklad hotových výrobků	Odpad	Prodej	Šrot	Součet
Vstup								
<b>Příjem</b>	100							100
<b>Sklad surovin</b>		72	20	10				102
<b>Výroba</b>			52	46	8			76
<b>Montáž</b>				65	3			68
<b>Sklad hotových výrobků</b>						91		91
<b>Odpad</b>	2						9	11
<b>Součet</b>	102	72	72	91	11	91	9	448

Zdroj: [5]

Matice obsahuje hlavní body (počátek a konec) mezioperačních přepravních procesů. Body těchto přesunů jsou v tabulce znázorněny jednotlivými výrobními operacemi či stupni. Součástí matice jsou přímé a reverzní materiálové toky. [5]

V matici je zaneseno množství materiálu, který je přepravován mezi jednotlivými výrobními úseky. Přepravovaný materiál je zvolen ve vhodných jednotkách. [5]

Matice se používá v praxi pro grafické zobrazení výrobního procesu, ve kterém je znázorněn tok materiálu a používá se pro jeho následnou analýzu. [5]

### 1.4.2 Postupový diagram

Postupový diagram (Tab. 1.4) je jeden z nástrojů, pomocí kterého se dá popsat a analyzovat struktura materiálového toku. Slouží pro rychlý přehled o produkci konkrétního výrobku od vstupu výrobního materiálu do výrobního procesu po konečnou činnost, která vytváří finální produkt. [5]

Tab. 1.4 Postupový diagram

Činnost	Operace	Doprava	Kontrola	Uskladnění	Vzdálenost	Čas
1 - Vizuální kontrola			□			30
2 - Přeprava ke stroji		→			8	10
3 - Čištění	○					35
4 - Montáž 1	○					15
5 - Povrchová úprava	○					45
6 - Montáž 2	○					30
7 - Přeprava na kontrolu		→			5	10
8 - Kontrola 1			□			15
9 - Kontrola 2			□			15
10 - Přeprava do skladu		→			15	15
11 - Uložení výrobku				▽		5
Suma					25	235

Zdroj: Upravený podle zdroje [1]

Zachycuje jednotlivé operace (manipulační, technologické a kontrolní) v podniku a zachycuje jejich časové, prostorové a nákladové hodnoty. Jednotlivé operace

v diagramu jsou stanoveny pro materiálový tok konkrétního produktu (případně dávce). [1]

Součástí diagramu jsou časové hodnoty výrobních operací a vzdálenosti mezi operacemi. Dále se uvádí způsob přepravy materiálu mezi operacemi. [1]

Pomocí tohoto diagramu se vyhledávají možnosti zefektivnění celého procesu (např. zkrácení času nebo zvýšení produkce). Vyhodnocují se jednotlivé operace a hledají se nevhodná místa či činnosti, které snižují danou efektivitu.

Diagram je sestaven ze základních a doplňkových značek, které jsou uvedené v tabulkách (*Tab. 1.1* a *Tab. 1.2*).

Postupový diagram se sestavuje pro jeden konkrétní či více druhů výrobků, pro nabízené služby nebo použité operace (výrobní a nevýrobní) ve výrobním procesu. Především zmapování materiálového toku. [1]

Během sestavování je potřeba stanovit jeho účel. [1]

Postupový diagram se doplňuje s půdorysem pracoviště či objektu, ve kterém se zakresluje materiálový tok. Spolu s plánem vznikne pomůcka pro snadnější stanovení přepravních cest a jejich vzdáleností. [1]

### 1.4.3 Oběhový diagram

Oběhový diagram (*Schéma 1.2*) je pomůcka pro ověřování rozmístění jednotlivých pracovních úseků v prostoru podniku. Efektivní rozmístění výrobních zařízení a stojů významně ovlivňuje efektivitu materiálového toku. [1]

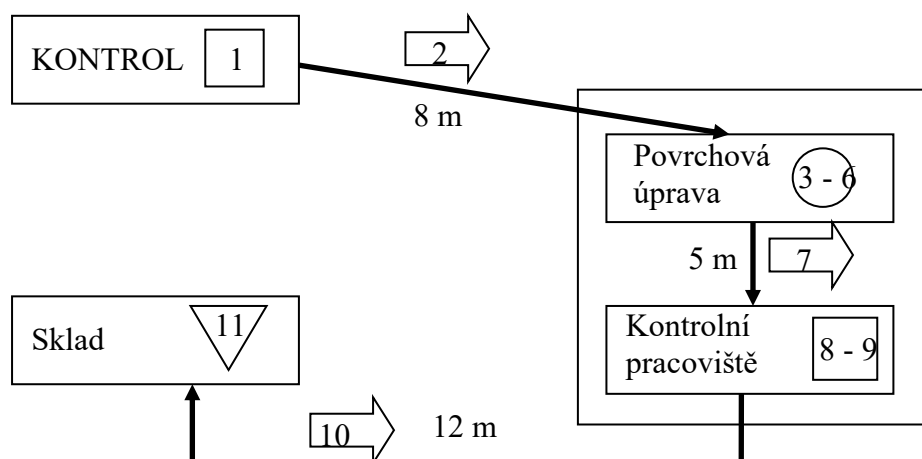


Schéma 1.2 Oběhový diagram

Zdroj: Úprava podle zdroje [1]

Cílem oběhového diagramu je optimalizovat materiálový tok a vhodné umístění zařízení v prostoru. Optimalizaci lze dosáhnout např. zkrácením dráhy přepravovaného materiálu mezi pracovišti nebo odstraněním zbytečných pohybů v procesu (zpětná doprava). [1]

Oběhový diagram se spojuje s postupovým diagramem a jsou v něm použity totožné značky (*Tab. 1.2* a *Tab. 1.3*). [1]

V diagramu jsou zapsané totožné činnosti v postupovém diagramu, viz *Tab. 1.1*.

Oba diagramy (oběhový a postupový) jsou pomůckou pro management, aby pomohly dát odpověď na základní otázky výroby (6W). [1]

Zaměřují se na zhodnocení pracovní efektivity pracovních činností jednotlivce nebo skupiny. [10]

#### **1.4.4 Šachovnicová tabulka**

Šachovnicová tabulka (*Tab. 1.5*) se používá pro analýzu materiálového toku nebo pro návrh rozmístění strojů a zařízení ve výrobní hale. Při návrhu rozmístění strojů se vychází tak, aby pracovní úseky, které jsou nejvíce využívány (největší počet kontaktů či objemu produktů), byly umístěny u sebe pro snadnější manipulaci. [5]

Šachovnicová tabulka je detailnější zpracování matice mezidílných toků.

Ze šachovnicové tabulky lze vyčíst:

- pohyb materiálu mezi pracovišti,
- dopravní vazby mezi pracovišti,
- velikost množství materiálu (celkového, přijatého a odeslaného) ve výrobním procesu,
- druh použitého materiálu,
- počet palet na pracovišti za směnu,
- dopravní vzdálenost mezi procesy,
- hlavičku se základními údaji o výrobě (počet směn, pracovních dnů, atd.).

Tab. 1.5 Šachovnicová tabulka

Druh materiálu		Na pracoviště										Pohyb materiálu											
A	B	C	D	Rampa	Sklad materiálu	Výroba 1	Výroba 2	Výroba 3	Kompletace 1	Kompletace 2	Sklad hot. výroby	Odpady	Expedice	Odeslané množství	Pohyb materiálu								
<i>Směnnost: 2 Počet pracovních dnů/rok: 240 Počet směn za rok: 480</i> <i>Průměrná hmotnost palety: q = 400 kg - koeficient: 0,4; 0,4 · 480 = 192 (průměrná hmotnost x počet směn)</i>																							
<b>Z pracoviště</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				3, 4, 5								
1	Rampa	50 A	96 30												9600								
2	Skład mat			37 A	71 12	10 A	19 7	3 A	5 6						9600	9600							
3	Výroba 1								36 B	69 25		1 1,9			6912								
4	Výroba 2							5 B	9 15	5 B	9 30		1 0,9		1920								
5	Výroba 3									4 B	7 20		1 0,9		768								
6	Komplet 1											40 C	76 50		7680								
7	Komplet 2											8 C	15 45		1536								
8	Skład HV													48 C	91 ?	9216							
9	Odpady																						
10	Expedice																						
Přijaté množství celkem (tun)			9600	7104	1920	576	6912	960	7680	384	9216				9600								
Údaje uvedené v políčku značí: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td colspan="2">Počet palet za směnu</td> <td>4</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Druh dopravovaného materiálu</td> <td>2</td> <td>24</td> </tr> </table> Dopřítované množství v t. 10 <sup>3</sup> /rok Dopravní vzdálenost v m																Počet palet za směnu		4	80	Druh dopravovaného materiálu		2	24
Počet palet za směnu		4	80																				
Druh dopravovaného materiálu		2	24																				

Zdroj: [5]

### 1.4.5 Sankeyův diagram

Sankeyův diagram (*Schéma. 1.3*) graficky zobrazuje pohyb materiálu v konkrétním objektu mezi jednotlivými pracovišti (stroji), které jsou v daném objektu prováděny. Nebo může zobrazovat pohyb materiálu mezi objekty.

Na základě plánu (Layout) a šachovnicové tabulky vhodně zobrazuje materiálový tok v objektu mezi výrobními stanovišti (pracoviště nebo objekty). [5]

Sankeyův diagram se používá pro orientaci a přehled materiálového toku v procesu. Otázku správného rozvržení výrobních strojů a zařízení neřeší. [5]

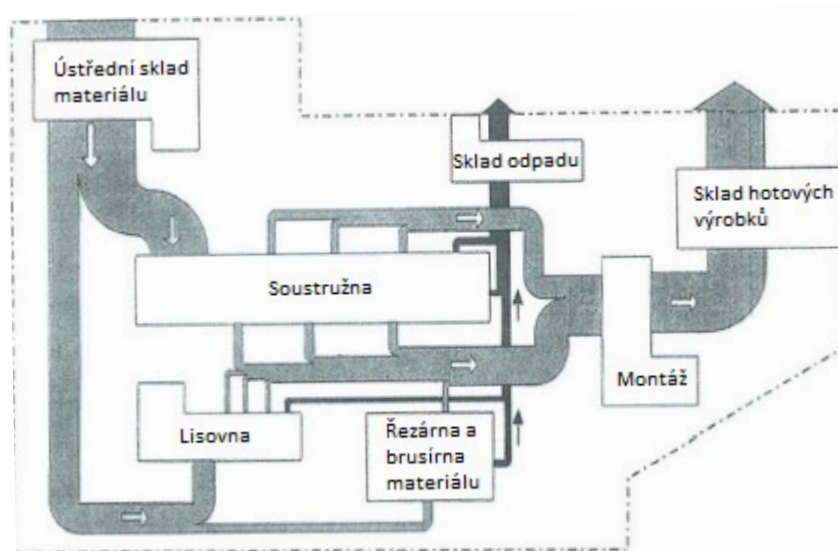


Schéma 1.3 Sankeyův diagram

Zdroj: [1]

V této analýze je vhodné použít matici mezidíleňských toků materiálu (maticová tabulka vstup – výstup), ve které jsou zobrazeny jednotlivé procesy s množstvím materiálu. [5]

Množství přepravovaného materiálu je graficky znázorněno v diagramu šířkou nepřerušovaných šipek. Šipky znázorňují směr materiálového toku mezi úseky. [5]

Dále zobrazuje i vzdálenosti mezi pracovišti, které jsou dány vzdáleností zakreslených šipek v diagramu. [1]

Pro Sankeyův diagram platí zachování hmoty (materiál, který vstupuje do procesu se musí rovnat výstupu materiálu procesu, který zahrnuje finální výrobky, nedokonalé výrobky a odpad).

V diagramu jsou zobrazena místa, kde se kříží toky materiálů. V těchto místech může nastat problém (např. prostoje). [1]

Materiálové toky mohou být odlišně barevné. Barvy jsou použity pro snadnější orientaci v diagramu.

Sankeyův diagram lze zjednodušit použitím jednoduchých tvarů, obdélníky (procesy) a šipek (tok materiálu) (Schéma. 1.4). V diagramu jsou zaneseny množství materiálů (čísla u šipek). Do diagramu se může zanést i množství protékaného zboží, viz schéma (Schéma 1.4).



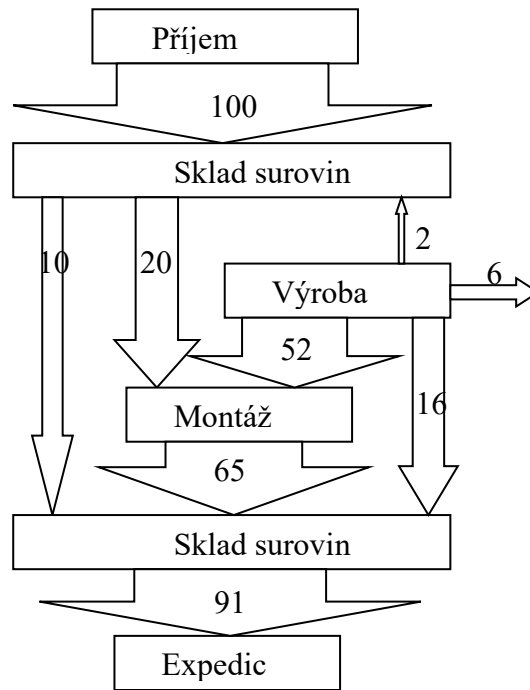


Schéma 1.4 Zjednodušený Sankeyův diagram

Zdroj: [11]

#### 1.4.6 Metoda VSM

Metoda VSM je zkratka z anglických slov „Value Stream Mapping“. V překladu to znamená mapování toku hodnot.

VSM metoda se používá pro analýzu změny organizace pracovních činností a technologie výroby. Dále je vhodná pro simulaci a optimalizaci materiálového toku v celém procesu. Další využití je pro snižování množství zásob ve skladech a rozpracované produkce. [5]

Využívá se pro mapování materiálového toku v podniku nebo mezi podniky.

Metoda se zaměřuje na popis použitých procesů, které jsou použity v systému. Je zaměřena na procesy, které přidávají a nepřidávají hodnotu finálního produktu. [5]

Grafický výsledek metody VSM je mapa toku hodnot viz. schéma (Schéma 1.5). Mapa slouží pro přehled aktuálního stavu logistického procesu společnosti. Udává informace o produkci výrobku či služby. [5]

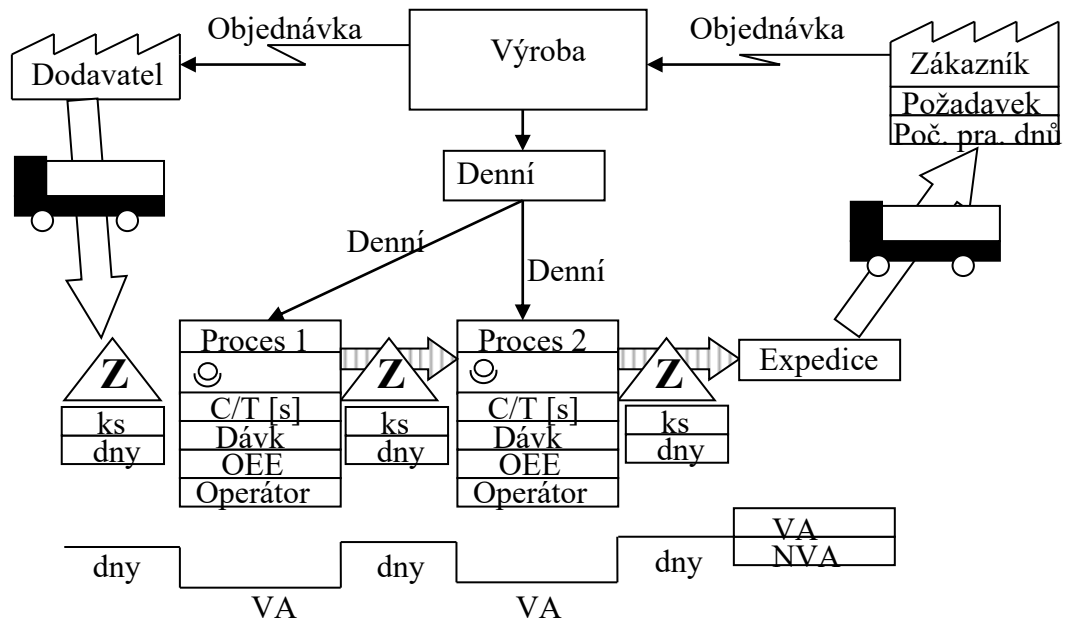


Schéma 1.5 Mapa VSM

Zdroj: Vlastní zpracování

V mapě je zanesený materiálový i informační tok, kde se dá zjistit, zda nedochází ke zbytečným aktivitám či plýtvání výrobních zdrojů, které je potřeba po zjištění eliminovat či redukovat v celém logistickém procesu. [5]

Hlavním zájmem je sledování směrů informačního a materiálového toku. [5]

Materiálový tok je v mapě tvořen všemi aktivitami (aktivity přidávající a nepřidávající hodnotu produktu) podílející na výrobním procesu. [5]

Cílem metody je eliminace:

- prostojů (např. čekání na materiál, nebo čekání na opravu),
- zbytečných manipulací,
- opravy (přepracování produktů),
- složité pracovní postupy,
- velké množství zásob,
- nadvýroba,
- omezené používání znalostí. [12]

Mapa toku hodnot obsahuje:

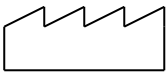
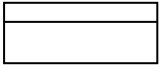
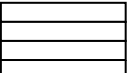

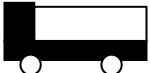
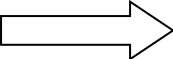



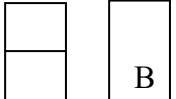
- průběh materiálového a informačního toku,
- VA - linku

Průběh materiálového a informačního toku je graficky znázorněn ikonami, které se rozdělují do tří základních kategorií:

- pro materiálový tok,
- pro informační tok
- obecné ikony. [12]

Ikony, které se používají v metodě VSM pro materiálový tok jsou uvedeny v tabulce (Tab.1.6). V tabulce (Tab. 1.7) jsou zobrazeny ikony informačního toku a v tabulce (Tab. 1.8) obecné ikony.


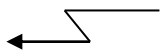
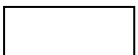
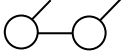
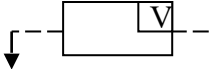
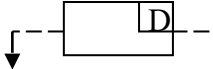
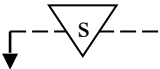


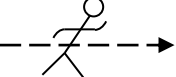


Tab. 1.6 Ikony materiálového toku pro mapování toku ve firmě

Externí zdroje 	Proces 	Data o procesu 	Zásoby 	Transport 
Tok hotových výrobků 	Pohyb tlakem 	Pohyb tahem 	Super market 	Zásoby 

Zdroj: Vlastní zpracování


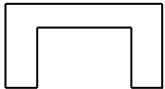



Ikony pro zásoby jsou odlišeny písmeny V (vyrovnávací) a B (bezpečnostní).

Tab. 1.7 Ikony informačního toku pro mapování toku ve firmě

Manuální informace 	Elektronická informace 	Typ informace 	Inventurní plánování 
Výrobní kanban 	Dopravní kanban 	Signální kanban 	Kanbanová schránka 
Heijunka 	Heijunka správce 	FIFO 	Výrobní mix 

Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 1.8 Obecné ikony pro mapování toku ve firmě

Operátor 	Výrobní buňka 	PC podpora 	Příležitost ke zlepšení 	VA - linka 
-----------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------

Zdroj: Vlastní zpracování

Mapa toku hodnot se sestavuje podle následujících kroků.

V prvním kroku se vybere reprezentující tok materiálu. Může to být výrobek, který má největší produkci ve výrobě, často se opakuje nebo výrobek, u kterého se zvažují změny v technologickém procesu či produkt, co se bude teprve zavádět do procesu. Výběr toku může být i prostřednictvím ABC analýzy.

Další krok je přípravný. V přípravě se může použít jiná metoda pro zobrazení materiálového toku (např. postupový diagram nebo sankeyův diagram). Dále se můžou připravit potřebné tabulky či formuláře pro zaznamenávání naměřených časových hodnot během analýzy.

V následujícím kroku je pro analýzu nezbytné získat nebo vypočítat základní údaje o zákazníkovi. Jsou to:

- měsíční požadavek [ks],
- počet pracovních dní v daném měsíci,
- denní požadavek, podle vztahu:

$$N = \frac{\text{měsíční požadavek}}{\text{počet pracovních dnů}} \quad (1.3)$$

- počet směn,
- takt zákazníka nebo montáže [min],
- disponibilita [min],
- atd.

Po získání údajů o zákazníkovi je potřeba zjistit, naměřit a vypočítat data z výrobního procesu. Tato data jsou:

- čas cyklu procesu CT [s],
- přípravný čas pro zahájení procesu [s],
- pracovní čas stroje [s],
- celková efektivita výroby OEE [%],

- počet pracovníků v konkrétním procesu,
- výrobní dávka stroje [ks],
- počet směn, kdy je zařízení v provozu,
- čas pro seřízení stroje potřebný pro zahájení výroby [min; h],
- atd.

Dále se provádí zmapování rozpracované výroby a stav zásob ve skladu materiálu. Zásoby na skladu se přepočítají podle denních požadavků zákazníka pro sklad materiálu a mezisklady. [12]

Po získání všech potřebných údajů následuje grafické sestavování mapy pomocí předepsaných ikon hodnotového toku. Podle zdroje [10] se doporučuje prvně nakreslit ikonu zákazníka a zanesou se zjištěná data. Dále se zakresluje ikona dodavatele. Následně se graficky zobrazuje výrobní proces zleva doprava pomocí ikony procesu a tabulky dat o procesu, do kterých se zapíše získaná data. Zakreslí se materiálové toky podle druhu systému (tah, tlak) a ikony skladů a meziskladů, ke kterým se dopíše vypočítané údaje. Dokreslení externích přeprav materiálů a výrobků. Poslední grafickou částí je grafické zobrazení VA-linky, na kterou se vynáší čas přidané hodnoty (VA) a čas nepřidané hodnoty (NVA).

Poslední krok v sestavování mapy toku hodnot je vyčíst a vypočítat potřebné informace pro následnou optimalizaci.

Z mapy toků hodnot lze vyčíst následující informace.

**Průběžnou dobu výroby (LT)** – jedná se o časovou hodnotu, při které produkt postupně vzniká až do finální podoby. Při optimalizaci je cílem tuto časovou hodnotu snížit na minimum. [13]

**Přidanou hodnotu (VA)** – je to časová hodnota, která produktu přidává svoji hodnotu. Za tuto hodnotu je zákazník ochoten zaplatit. [13]

**Nepřidanou hodnotu (NVA)** – časová hodnota, která finálnímu produktu nepřidává hodnotu. Zákazník za tuto hodnotu není ochoten zaplatit. Do těchto činností patří např. manipulace s materiálem nebo prostoje. [13]

**Rozpracovatelnost** – jedná se o informace o množství a stavu rozpracovaných produktů. [13]

**Mezisklady** – počet meziskladů ve výrobním řetězci a lze zjistit jejich stavy. [13]

**VA-index** – je to ukazatel efektivnosti materiálového toku. Je to procentuální časová hodnota, ve které je přidávaná hodnota vůči celkové době výrobního procesu. [13]

Va-index se vyjadřuje podle vztahu:

$$VA - index = \frac{\text{součet přidávání hodnoty v operacích}}{\text{celkový počet operací} \times \text{čas taktu}} \quad (1.4)$$

$$VA - index = \frac{\text{součet přidávání hodnoty v operacích}}{\text{celková průběžná doba}} \quad (1.5)$$

#### **1.4.7 Další metody grafického zobrazení materiálového toku**

V následující podkapitole jsou vypsány další způsoby zobrazování materiálového toku. Mezi tyto metody patří:

- schéma dopravních cest a pohybu materiálu,
- schéma postupnosti přesunu materiálu,
- rovinná nebo prostorová schéma postupnosti pohybu materiálu. [9]

##### **a) Schéma dopravních cest a pohybu materiálu**

Schéma se používá pro zmapování toku materiálu mezi objekty a pracovišti výrobního podniku. Lze z něj vyčíst množství přepravovaného materiálu a délky cest. [9]

Součin drah a množství vyjadřuje přepravní výkon, který se používá pro optimalizaci přepravy a manipulace mezi objekty. [9]

##### **b) Schéma postupnosti přesunu materiálu**

Schéma zobrazuje posloupnost pohybu toku materiálu mezi jednotlivými operacemi. Tok se zobrazuje pomocí šipek, které jsou způsobem nebo barvou odlišeny. Odlišné šipky jsou podle druhu materiálu použité v toku. [9]

Schéma se používá pro znázornění toku pro návrh pracoviště. Schéma nezobrazuje intenzitu materiálového toku, pouze směr. [9]

##### **c) Rovinná nebo prostorová schémata postupnosti pohybu materiálu**

Tato schémata se používají pro mapování toku materiálu u složitějších procesů a jsou zobrazovány do větších detailů. [9]

Schémata jsou vyhotovena v 2D (rovinné schéma) nebo v 3D (prostorové schéma). [9]

## **2 Zpracování analýzy materiálového toku s využitím metody VSM**

Cílem praktické práce je zhotovit analýzu materiálového toku ve výrobním podniku. Podnik, který jsem vybral, je firma pro výrobu plastových výrobků Pedaplast s.r.o.

Pro analýzu materiálového toku byla použita metoda VSM a doplněna Sankeyovým diagramem.

### **2.1 Představení firmy**

Firma Pedaplast s.r.o. má sídlo v Řečanech nad Labem v Pardubickém kraji.

Hlavní produkty výroby jsou jednotlivé součástky pro bazénové čističe, které se v daném podniku i montují. Mimo čističů jsou vyráběny i jejich náhradní díly a příslušenství. Bazénové čističe jsou distribuovány do celého světa.

Druhý hlavní produkt je střed mycích kartáčů do restaurací pro mytí skla. Jednotlivé součásti nejsou jen vyráběny, ale i smontovány do jednoho celku. Středů mycích kartáčů jsou prodávány na území České republiky.

Firma i vyrábí plastové produkty pro různé průmysly (elektrotechnický, automobilový nebo potravinářský).

Dále se společnost zaměřuje na výrobu kuchyňských, rekreačních a zábavných produktů.

Výrobky jsou vyráběny především sériově, týká se to hlavně čističů a středů mycích kartáčů.

Ve firmě je také možnost malosériové výroby do 500 kusů. Výroba je hlavně určena pro zahraniční trh podle speciálních požadavků zákazníka.

Materiál, který se zpracovává, je PE, PP, PS, PA a další.

## 2.2 Struktura výrobního podniku

Hlavní části výrobního podniku:

- sklad pro příjem materiálu,
- sklad barviva,
- lisovna plastů,
- sklad forem,
- montážní hala,
- sklad hotových výrobků,
- sklad plastového odpadu,
- distribuční sklad,
- zámečnická dílna,
- administrativní část.

Grafické zobrazení uspořádání jednotlivých částí výrobního podniku je zobrazeno na schématu (*Schéma 2.1*).

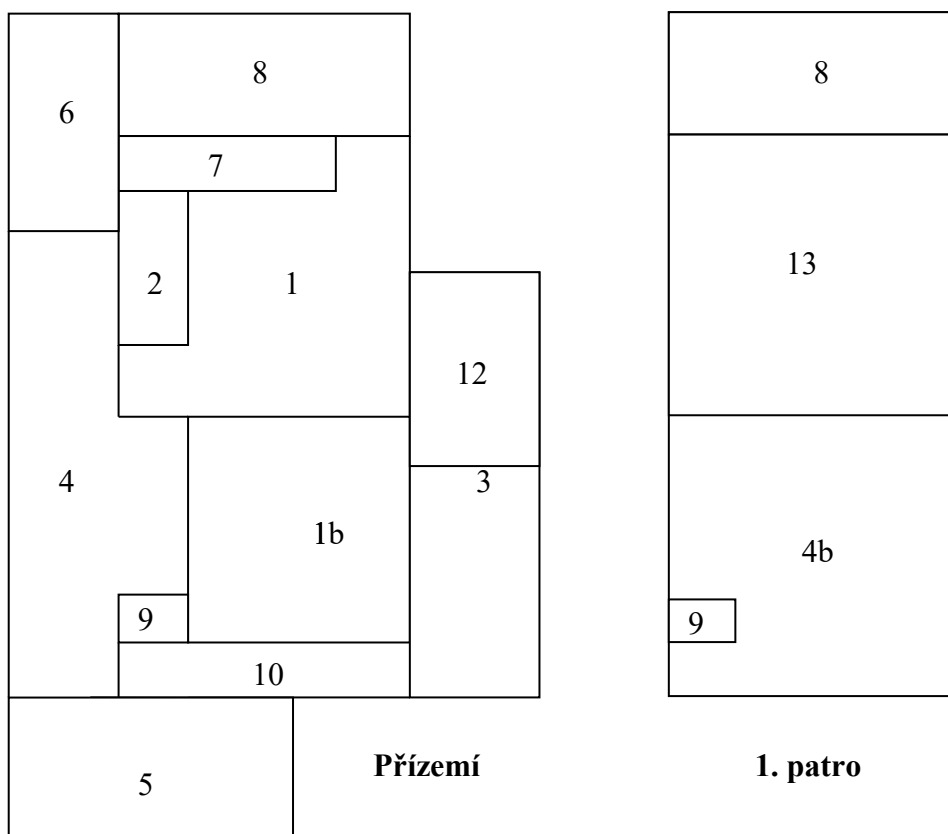


Schéma 2.1 Struktura výrobního podniku

Zdroj: Vlastní zpracování



Lisovna plastů (1) je tvořena ze dvou místností, ve kterých jsou umístěné plastikářské lisy. Výrobní stroje, které jsou umístěny v lisovně zapsány v tabulce (Tab. 2.1.). Číslo v tabulce odkazuje na pozdější analýzu.

Tab. 2.1 Plastikářské zařízení

Stroj	Číslo	Stroj	Číslo
Engel Victory 500/120 spex	1	Demag Ergotech 800-310	6
Engel Victory 1350/300 tech	2	Engel Victory 1050/220 tech	7
Engel ES 80/25 HL-V	3	Demag 800/420-310	8
Demag 800/420-310	4	Engel ES 650/125 HLST	9
Engel ES 650/125 HLST	5	Engel victory 750/160 spex	10

Zdroj: Vlastní zpracování

Druhá hala lisovny (1b) slouží také jako skladiště obalů (krabic), do kterých jsou výrobky baleny.

Ve skladu barev (2) jsou ukládány barvy. Tyto barvy se ukládají v pytlích do označených boxů. Ve skladu je celkem 20 boxů o kapacitě 50kg.

Ve skladu materiálu (3) je uložený výrobní granulát, granulát je uložen v žocích. Kapacita skladu je určena pro 30 žoků.

Hotové výrobky z lisování se ukládají do skladu hotových výrobků (4). Výrobky jsou ukládány na paletách. Sklady hotových výrobků jsou dva. V přízemí (4a) se ukládají výrobky pro konečného zákazníka a v prvním patře (4b) jsou uloženy polotovary pro následnou montáž.

Sklad plastového odpadu (5) je u skladu hotových výrobků. Ve skladu je uložen mlýn pro rozemletí neshodných výrobků podle normy. Zpracovaný odpad se ukládá do žoků na palety.

Distribuční sklad (6) je spojen se skladem hotových výrobků. V distribučním skladu se umísťují palety s výrobky, které mají být ten den odvezeny.

Zámečnická dílna (7) je v podniku pro upravování speciálních zakázek na míru. V dílně je sloupová vrtačka, frézka a soustruh.

V administrativní části podniku (8) jsou umístěny kanceláře vedení, odpočinková místnost s kuchyňkou, zasedací místnost a místnost s vystavenými produkty výroby.

Výtahem (9) se přepravují polotovary do prvního patra pro uložení do meziskladu.

Vstupní hala (10) propojuje lisovnu, sklad hotových výrobků, sklad plastového odpadu a vstup do prvního patra (výtah).

Ve skladu forem (12) je uloženo 420 forem různých tvarů a velikostí. Ve skladu je také umístěn elektrický paletový vozík.

V montážní hale (13) se provádí montáž polotovarů podle přání zákazníka.

### 2.3 Struktura informačního a materiálového toku

V následující kapitole je popsán proces informačního a materiálového toku (Schéma 2.2).

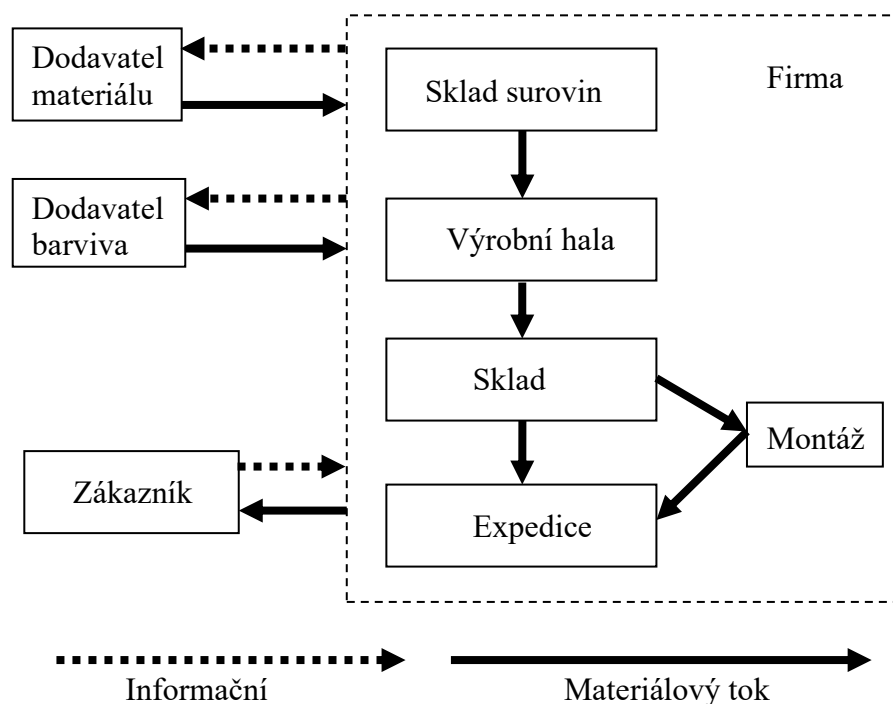


Schéma 2.2 Materiálový a informační tok firmy

Zdroj: Vlastní zpracování

Zákazník prostřednictvím telefonu nebo emailu provede objednávku na požadovaný výrobek. Objednávku vyřizuje sám ředitel firmy.

Materiál a barvivo se objednávají u prověřených dodavatelů pomocí telefonu nebo emailu. Dodavatelé objednaný materiál přepraví po domluvě do firmy. Firma při menších objednávkách si sama zajistí přepravu výrobních surovin. Pro výrobní suroviny pověřená osoba dojede do velkoskladu v Praze.

Výrobní suroviny po přepravě do podniku se uloží do patřičných skladů. Pytle s barvou přenesou manipulant do skladu barev a granulát vyloží manipulant z vozidla pomocí vysokozdvížného vozíku.

Ze skladů surovin jsou suroviny přepravovány do výrobní haly. Granulát manipulant přepravuje ručním paletovým vozíkem a granulát přenesou ke konkrétním strojům.

V dalším kroku probíhá samotné lisování výlisků. Výrobní proces provádí operátor u přiděleného stroje. Operátor každou směnu pracuje na jiném zařízení. V lisovně se pracuje na tři směny.

Výrobní proces je složen ze tří hlavních operací:

- lisování,
- kontrola kvality,
- balení.

V procesu **lisování** dochází k transformaci granulátu do konkrétního plastového výlisku. Součástí této operace je vyndání a uchopení výlisku po vylisování, rychlá kontrola tvaru (propady nebo prohnutí) a uložení do krabice umístěné na pracovním stole vedle lisu. Pokud by tvar neodpovídal podle normy, operátor ho odloží do krabice zmetků, která je umístěna na paletě vedle stroje.

V procesu **kontroly kvality** operátor detailněji prohlédne výlisek a odstraní nedostatky. Kontrolují se nedostřiky, přetoky, poškozený povrch (praskliny, škrábance, spálená místa). Při lisování na výlisku jsou vtoky, které manipulant musí odlomit a nožem začistit. Výrobky, které odpovídají normě operátor ukládá do připravené krabice, která je určena k zabalení produktů. Odlomené a odříznuté přebytky jsou odhozené do krabice, která je umístěna pod stolem. Pokud má výlisek větší poškození, je odložen do krabice zmetků.

Po kontrole nastává proces **balení**. Balení provádí operátor nebo manipulant (pokud operátor nestíhá a manipulant má čas). Pracovník rychle přepočítá požadované množství v krabici, které se liší podle použité krabice. Pokud výrobky směřují přímo k zákazníkovi, tak pracovník lepicí páskou zabalí krabici a nalepí potřebné štítky. Pokud jsou výrobky určené pro montáž, tak se lepení nepoužije. Krabici potom pracovník přenesou na paletu vedle stroje.

Poté, co jsou krabice narovnané na paletě, manipulát paletu přepraví ručním paletovým vozíkem do skladu hotových výrobků.

Připravené výrobky na paletách v denním předstihu manipulát přepraví do expedičního skladu, ze kterého je v den přepravy nakládá do 20 stopého nebo 40 stopého kontejneru.

Kontejner objednaný řidič přepraví na místo určení, od kterého je kontejner přepraven dále.

Pokud je potřeba provést montáž, tak výlisky z lisovny manipulát přepraví do skladu hotových výrobků v prvním patře před montážní halou.

Manipulát ze skladu přepravuje palety na určené pozice u stěny, ze kterých si operátoři berou krabice s výlisky. Krabice si pokládají na pracovní stůl a provádějí postupnou montáž finálního výrobku. Montáž probíhá pouze v ranní směně.

Primární výrobní činností v podniku je lisování, montáž je pouze sekundární činnost.

Vyrobené výrobky operátoři zabalí podle požadavků zákazníka a umístí na paletu.

Paleta je poté převezena do skladu hotových výrobků v přízemí.

Mimo tok výrobků je v podniku ještě zpětný tok zmetků. Zmetky po naplnění určené krabice manipulát odveze do skladu odpadu. Ve skladu odpadu manipulát nechá paletu u mlýna, ve kterém zmetky rozemele. Rozemletí zmetků provádí jeden z manipulátů, pokud není potřeba přepravovat palety.

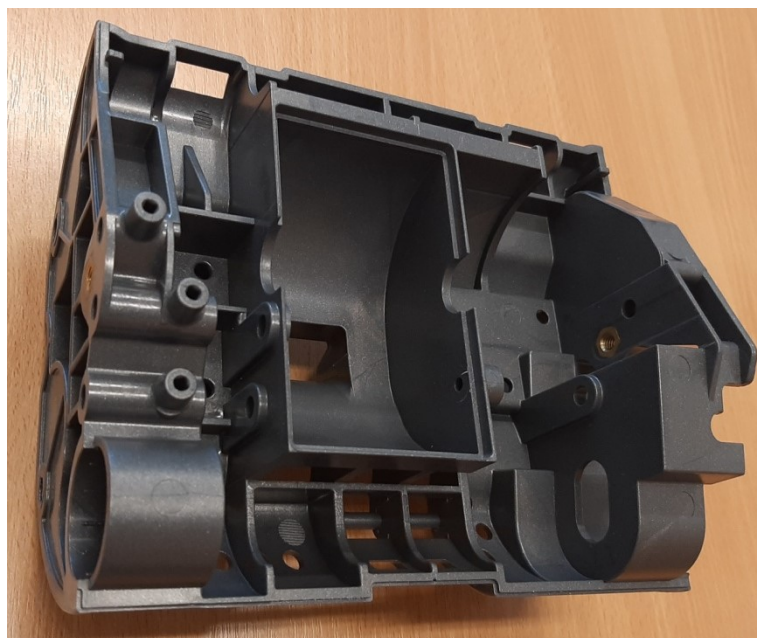
Rozemletý odpad manipulát uloží na palety a přemístí na označené místo ve skladu. Tento materiál je běžně barven hlavně na černo a použit pro výrobu středů mycích kartáčů.

## **2.4 Základní těleso**

Vybraná položka pro následné analýzy je základní těleso (*Obr. 2.1*), které se ve firmě vyrábí každý den.

Základní těleso je hlavní díl bazénových čističek.

Toto základní těleso se vyrábí z materiálu ABS STAREX 0660 s příměsí barviva MAXITHEN S87CA0527.



Obr. 2.1 Základní těleso

Zdroj: Vlastní zpracování

## 2.5 Sankeyův diagram

Pro snadnější představu o materiálovém toku ve firmě jsem vytvořil Sankeyovy diagramy (*Obr 2.2* a *Obr 2.3*).

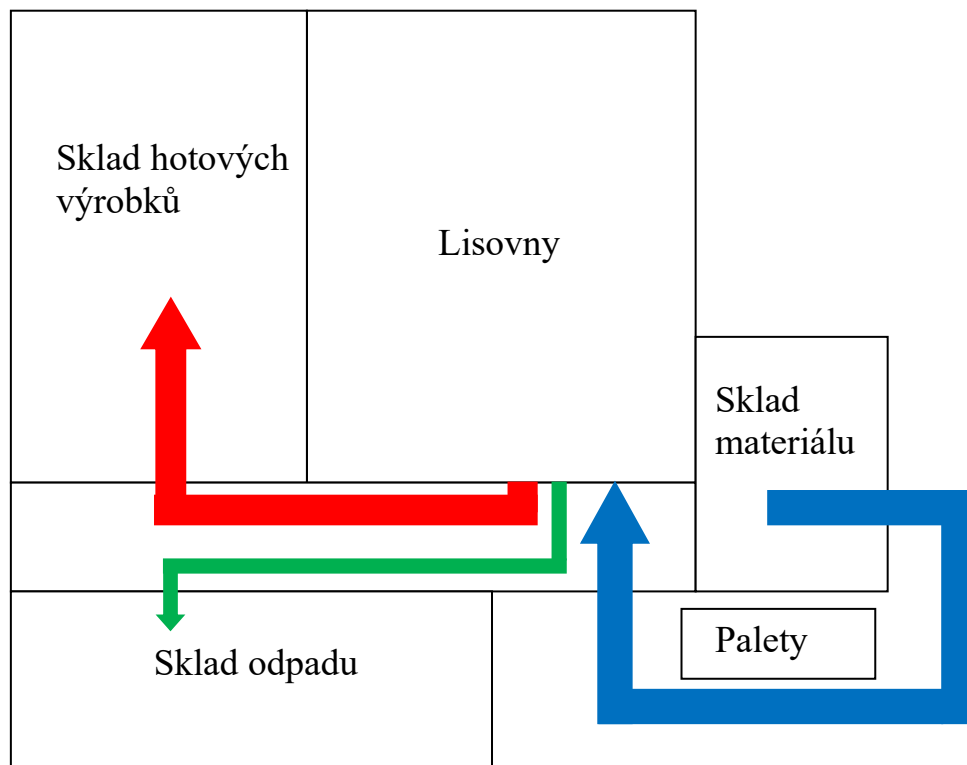
Diagram (*Obr. 2.2*) je zobrazení toku materiálu pro mezidíleenské operace.

Diagram (*Obr. 2.3*) zobrazuje toky k jednotlivým strojům v lisovně.

V první fázi je vstupní surovina (granulát) přepravován ze skladu materiálu. Sklad materiálu se nachází ve venkovních prostorách firmy. Granulát je do výroby přepravován v žocích nebo je přesypán do barelů, které jsou poté přepraveny k jednotlivým strojům a jsou jako dávkovače výrobních surovin.

Žoky (barely) jsou přepravovány vysokozdvížným vozíkem ke vstupním vratům, kde jsou uloženy na manipulační prostředek (paleta). Palety jsou umístěny v blízkosti vrat pro snadnější manipulaci. Vzdálenost od skladu materiálu k vstupním vratům je 40m. Časová manipulace je 10 minut. V diagramu je tento pohyb vyznačen modrou barvou (*Obr 2.2*).

S naloženou paletou se manipuluje ručním paletovým vozíkem, který projíždí vstupní halou, která spojuje sklad materiálu a výrobní halu. Hala má délku mezi vraty 5m.

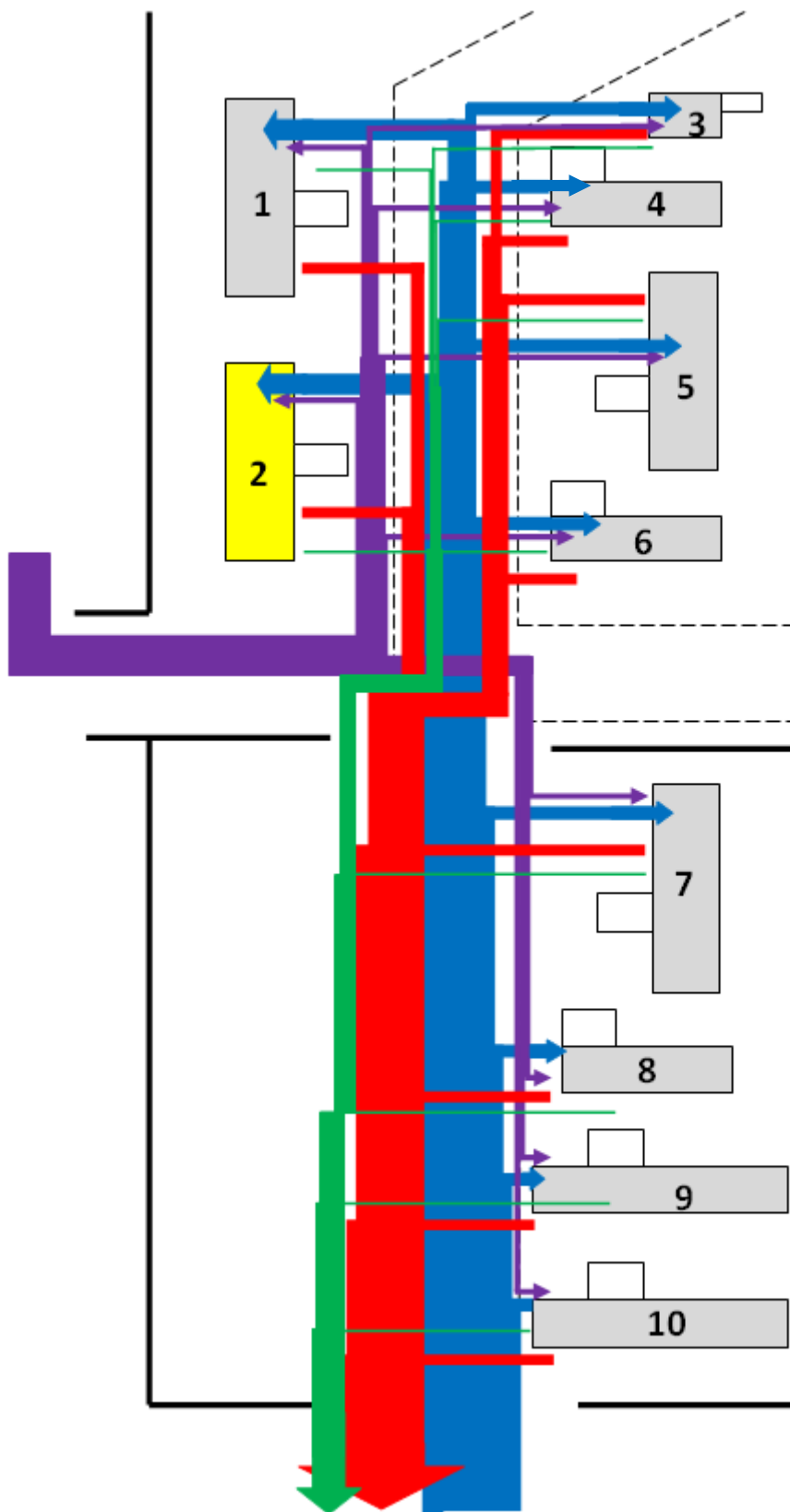


Obr. 2.2 Sankeyův diagram mezidíleňského toku

Zdroj: Vlastní zpracování

Granulát na manipulačním prostředku se přepraví ke konkrétním strojům. Vzdálenosti strojů od vstupních vrat jsou zapsány v tabulce (Tab. 2.2). V diagramu je tato manipulace znázorněna modrou barvou (Obr. 2.3).

V diagramu (Obr. 2.3) stroj žlutou barvou je ten, na kterém je vyráběno základní těleso.



Obr. 2.3 Sankeyův diagram toků v lisovně

Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 2.2 Rozmístění strojů od vstupních vrat

Stroj	Vzdálenost [m]
1	47,5
2	35,5
3	53,9
4	49,5
5	42
6	34,5
7	20,5
8	12
9	8
10	5

Zdroj: Vlastní zpracování

Ke strojům se ještě přepravuje barvivo, které je uloženo ve skladu barviva. Jednotlivé vzdálenosti od skladu barviva ke strojům jsou zapsány v tabulce (Tab. 2.3). Barva toku barviva je vyznačena fialově (*Obr. 2.3*).

Tab. 2.3 Rozmístění strojů od skladu barev

Stroj	Vzdálenost [m]
1	24,5
2	12,5
3	30,5
4	26,5
5	19
6	11,5
7	16,5
8	25
9	29
10	32

Zdroj: Vlastní zpracování

Vstupní suroviny se transformují na finální výrobek či polotovár v konkrétních strojích. Výrobky se umísťují do krabic, které se umísťí na paletu.

Druhotný produkt je odpad a nesouhlasné finální výrobky (zmetky).

Odpad vypadává ze zadní části stroje do mlýna, který odpad rozemele a je znovu použit s granulátem. Mlýn je 0,3m od stroje.

Zmetky jsou umísťovány do krabice, která je uložena na paletě.



Finální výrobky se přepravují do skladu hotových produktů. Sklad je umístěn u vstupu do výrobní haly. Vzdálenost, kterou musí manipulant s paletovým vozíkem urazit, je nejprve totožná podle tabulky ke vstupní hale, kde se vydá do skladu hotových produktů. Vzdálenost od vstupní haly do skladu materiálu je 35m. V diagramu je tato trasa zvýrazněna červeně (*Obr. 2.2*).

Expediční sklad je spojen se skladem finálních výrobků o délce 20m.

Zmetky jsou odváženy do skladu použitých materiálů. Sklad použitých materiálů se nachází vedle skladu hotových výrobků. Manipulant se zmetky urazí stejnou vzdálenost, jako když odváží hotové výrobky na sklad. Sklad použitých materiálů je 40m vzdálený od vstupní haly. V diagramu zelená barva (*Obr. 2.2*).

Probíhá-li montáž, jsou ze skladu hotových výrobků polotovary přepraveny k výtahu, který je vedle vstupní haly a manipulant urazí vzdálenost 10m. S paletou vyjede výtahem do prvního patra a uloží paletu do meziskladu vzdáleného 50m, kde si operátoři montáže berou potřebné polotovary. Mezisklad od pracovní pozice je podle druhu polotovaru.

Finální výrobky jsou po smontování ukládány zpět na paletu a poté odvezeny na sklad hotových výrobků.

Z diagramu lze vyčíst, že s granulátem a hotovými výrobky musí manipulant urazit velké vzdálenosti, především z první výrobní haly, která je vzdálenější od vstupní haly.

## **2.6 VSM metoda**

VSM metodu jsem sestrojil pro základní těleso a postupoval jsem podle následujících bodů.

### **2.6.1 Základní data zákazníka**

Podle získaných údajů zákazníkova měsíční objednávka činní 14 520 kusů základního tělesa.

**Přepočít kusů na směnu:**

Počet dnů v měsíci: 30 dní

Počet pracovních dnů: 22 dní

**Počet kusů za den:**

$$Q_d = \frac{\text{měsíční objednávka}}{\text{počet pracovních dnů}} = \frac{14\,520}{22} = 660 \text{ kusů}$$

**Počet kusů za směnu:**

$$Q_s = \frac{\text{denní objednávka}}{\text{počet směn}} = \frac{660}{3} = 220 \text{ kusů}$$

Pro splnění měsíční objednávky je potřeba vyrobit v třisměnném provozu 660 kusů za den a 220 kusů za směnu.

### **2.6.2 Potřebné množství materiálu**

V této podkapitole jsem určil, kolik je potřeba použít granulátu a barviva pro požadovaný počet kusů podle objednávky.

Pro jeden výlisek je potřeba 4g granulátu.

Granulát je uložen v žoku, který má hmotnost 800kg. Z jednoho žoku je možno vyrobit 200 000 kusů základního tělesa.

Pro měsíční objednávku je potřeba použít **58 080g granulátu**.

Jeden žok stačí pro splnění měsíční objednávky zákazníka. Ve skladu materiálu je uloženo 6 žoků konkrétního granulátu, který vystačí pro 1 200 000 kusů základního tělesa.

Pro jeden výlisek se přidává 2% barvy k hmotnosti použitého granulátu. Pro jedno základní těleso je potřeba použít 0,08g barviva.

Barvivo je uloženo v pytli, který má hmotnost 25kg. Z jednoho pytle se dá vyrobit 312 500 kusů základního tělesa.

Pro splnění měsíční objednávky je potřeba **1 1161,6g barviva**.

Jeden pytel barviva stačí pro splnění měsíční objednávky. Ve skladu barviva jsou pytle uložené ve skladovacích boxech, jeden box má kapacitu pro 2 pytle (50kg barviva). Barvivo by vystačilo pro 625 000 kusů základního tělesa.

Pokud by potřebné vstupní prvky nebyly skladem, tak stačí vystavit objednávku na jeden žok granulátu a jeden pytel barviva.

### 2.6.3 Lisování

Lisování základního tělesa probíhá na lisu Engel Victory 1350/300 tech. Pro proces lisování jsem určil následující body:

- počet směn,
- počet operátorů na operaci,
- časový cyklus CT,
- celkovou efektivitu stroje OEE,
- čas přípravy CO.

Stoj pracuje ve třisměnném provozu, který je obsluhován jedním operátorem.

**Časový cyklus** lisování je zapsán v tabulce (Tab. 2.4). Čas byl naměřen stopkami.

Tab. 2.4 Naměřené časové hodnoty lisování

Měření	Čas od:	Čas do:
1	00:00:00:00	00:01:08:01
2	00:00:00:00	00:01:08:00
3	00:00:00:00	00:01:08:00
4	00:00:00:00	00:01:08:01
5	00:00:00:00	00:01:08:00

Zdroj: Vlastní zpracování

**Průměrná časová hodnota:**

$$t = \frac{68,1 + 68 + 68 + 68,1 + 68}{5} = 68,04s \quad (2.3)$$

Čas lisování podle tabulky je **68s** (1,13 minut). Tento čas odpovídá i technologickému a výrobnímu postupu, ve kterém je stanoven.

Pro tuto operaci je ještě připočítáván čas přendání vylisku do krabice. Časové hodnoty jsou zapsány v tabulce (Tab. 2.5).

Tab. 2.5 Naměřené časové hodnoty přendávání výlisků

Měření	Čas od:	Čas do:
1	00:00:00:00	00:0:03:22
2	00:00:00:00	00:00:03:07
3	00:00:00:00	00:00:03:66
4	00:00:00:00	00:00:03:11
5	00:00:00:00	00:00:02:91

Zdroj: Vlastní zpracování

**Průměrná časová hodnota:**

$$t = \frac{3,22 + 3,07 + 3,66 + 3,11 + 3,91}{5} = 3,19s$$

Průměrný čas přendání výlisku do krabice je 3,19s.

$$CT = 68 + 3,19 = 71,19s$$

Celkový časový cyklus lisování **CT je 71,19s.**

**Celková efektivita stroje** ukazuje, jaká je efektivita tohoto zařízení. Jedná se o důležitý ukazatel pro optimalizaci procesu. Čím má vyšší hodnotu, tím je efektivita lepší.

Vypočítá se z těchto tří základních hodnot:

- výkonnost,
- kvalita
- dostupnost.

**Výkonnost** určuje výrobní ztráty, které vznikly během operace. Pro zjištění výkonnosti jsem zjistil skutečné množství vyrobených výrobků za směnu. Hodnoty byly stanoveny pro 15 směn, které jsou zapsány v tabulce (Tab. 2.6).

Tab. 2.6 Počet vyrobených kusů za směnu

Směna	Ks	Směna	Ks	Směna	Ks	Směna	Ks	Směna	Ks
1	229	4	223	7	224	10	223	13	223
2	225	5	223	8	223	11	223	14	224
3	221	6	225	9	228	12	229	15	224

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka zahrnuje součet výrobků podle normy, a i ty co nesouhlasí s normou.

**Průměrný počet vyrobených výrobků za směnu:**

$$Q = \frac{\sum \text{kusů}}{\text{počet směn}} = \frac{3\,367}{15} = 224,5 = 225$$

Průměrné vyrobené množství za směnu je **225ks**.

Výkonnost pro operaci lisování se vypočítá se podle vztahu:

$$\text{Výkonnost} = \frac{\text{Skutečné vyrobené množství}}{\text{Teoretické vyrobené normované množství}} \quad (2.1)$$

$$\text{Výkonnost} = \frac{225}{220} = 1,02$$

**Kvalita** stanovuje ztráty z nevhodných výrobků. Pro zjištění kvality jsem zjistil skutečné množství vyrobených výrobků za směnu, které jsou shodné a neshodné podle normy. Hodnoty byly stanoveny pro 15 směn, které jsou zapsány v tabulce (Tab. 2.7).

Tab. 2.7 Počet vyrobených kusů za směnu

Směna	OK výrobky	Zmetky	Směna	OK výrobky	Zmetky
1	225	4	9	225	3
2	220	5	10	220	3
3	220	1	11	220	3
4	220	3	12	225	4
5	220	3	13	220	3
6	220	5	14	220	4
7	220	4	15	220	4
8	220	3			

Zdroj: Vlastní zpracování

Průměrné vyrobené množství výrobků za směnu je **225ks**.

**Průměrný počet vyrobených OK výrobků za směnu:**

$$Q = \frac{\sum \text{OK kusů}}{\text{počet směn}} = \frac{3\,310}{15} = 220,7 = 221$$

Kvalita pro operaci se vypočítá podle vztahu:

$$\text{Kvalita} = \frac{\text{Celkové množství OK výrobků}}{\text{Celkové množství výrobků}} \quad (2.2)$$

$$\text{Kvalita} = \frac{221}{225} = 0,98$$

**Dostupnost** určuje výrobní ztráty, které mohou vzniknout prostoji. Časové hodnoty jsem vypočítal pro jednu směnu.

Doba lisování jednoho kusu základního tělesa je 70,12s za směnu je vyrobeno průměrně 225ks všech výrobků. Celková doba, kdy stroj vyrábí výrobky je 4,38h.

Dostupnost pro operaci lisování se vypočítá se podle vztahu:

$$Dostupnost = \frac{Skutečný\ čas}{Plánovaný\ čas} = \frac{4,38}{7,5} = 0,58$$

Celková efektivita stroje se stanoví podle vztahu:

$$OEE = Dostupnost \times Výkon \times Kvalita \quad (2.3)$$

$$OEE = 0,58 \cdot 1,02 \cdot 0,98 = 0,58 = 58\%$$

Celková efektivita procesu lisování je **58%**.

**Čas přípravy** pro lisování je 0s. Na začátku směny čas přípravy je delší. To je způsobeno čekáním na seřizovače, než nastaví potřebné parametry. Na provoz je dostupný jeden seřizovač, který postupně seřídí všechny stroje. Tím vznikají prostoje operátorů. Pro konkrétní stroj je to 5 minut.

Delší příprava by byla při změně vyráběného výrobku. Zde by bylo nutné provést výměnu formy a nahrání potřebného programu. Zde by prostoje byly přibližně až 3 hodiny, to záleží na použité formě.

#### 2.6.4 Kontrola kvality

Kontrola kvality základního tělesa probíhá u pracovního stolu. Pro proces kontroly kvality jsem určil následující body:

- počet směn,
- počet operátorů na operaci,
- časový cyklus CT,
- čas přípravy CO.

Jako u procesu lisování práci vykonává jeden operátor ve třisměnném provozu.

Časové hodnoty **časového cyklu CT**, které jsem naměřil u procesu kontroly kvality, jsou zapsány v tabulce (Tab. 2.8). Jedná se o časové hodnoty od vyndání výrobku z krabice přes kontrolu, úpravy povrchu a uložení do krabice.

Tab. 2.8 Naměřené časové hodnoty pro kontrolu kvality

Měření	Čas od:	Čas do:
1	00:00:00:00	00:00:7:21
2	00:00:00:00	00:00:7:12
3	00:00:00:00	00:00:07:14
4	00:00:00:00	00:00:07:19
5	00:00:00:00	00:00:07:22

Zdroj: Vlastní zpracování

**Průměrná časová hodnota:**

$$t = \frac{7,21 + 7,12 + 7,14 + 7,19 + 7,22}{5} = 7,18s$$

Doba pracovního cyklu kontroly kvality je **CT = 7,18s**.

Výrobky se mohou ukládat do dvou rozměrově rozdílných krabic. Jsou to A12 nebo A9.

Do A12 se ukládá 15 kusů základního tělesa, 10 nastojato a 5 naležato.

Do A9 se ukládá pouze 11 kusů nastojato.

**Doba přípravy (CO)** pro tento proces je čas, než operátor vytáhne z kapsy nůž pro začištění výtoků. Naměřené časy jsou zapsány v tabulce (Tab. 2.9).

Tab. 2.9 Naměřené časové hodnoty vytažení nože

Měření	Čas od:	Čas do:
1	00:00:00:00	00:00:1:71
2	00:00:00:00	00:00:1:83
3	00:00:00:00	00:00:02:21
4	00:00:00:00	00:00:01:89
5	00:00:00:00	00:00:01:74

Zdroj: Vlastní zpracování

**Průměrná časová hodnota:**

$$t = \frac{1,71 + 1,83 + 2,21 + 1,89 + 1,74}{5} = 1,88s$$

Operátorova doba přípravy je **1,88s**. Zde při měření byly i naměřené vyšší časové hodnoty kvůli hledání nože, který si operátor vložil do jiné kapsy.

### 2.6.5 Balení

Balení základního tělesa probíhá u pracovního stolu. Pro proces balení jsem určil následující body:

- počet směn,
- počet operátorů na operaci,
- časový cyklus CT,
- čas přípravy CO.

Jako u předešlých operací práci vykonává jeden operátor, popřípadě manipulát ve třísměnném provozu.

Časové hodnoty **časového cyklu CT**, které jsem naměřil u procesu balení, jsou zapsány v tabulce (Tab. 2.10). Jedná se o časové hodnoty od přepočtu výrobku v krabici přes balení lepicí páskou, nalepení štítku a uložení krabice na paletu.

Tab. 2.10 Naměřené časové hodnoty

Měření	Čas od:	Čas do:
1	00:00:00:00	00:00:26:05
2	00:00:00:00	00:00:26:12
3	00:00:00:00	00:00:26:08
4	00:00:00:00	00:00:26:10
5	00:00:00:00	00:00:26:15

Zdroj: Vlastní zpracování

**Průměrná časová hodnota:**

$$t = \frac{26,05 + 26,12 + 26,08 + 26,10 + 26,15}{5} = 26,1s$$

Doba pracovního cyklu balení je **CT = 26,1s**.

**Doba přípravy (CO)** u tohoto procesu je doba, než operátor vezme lepicí pásku a štítek z krabice, která je umístěná pod stolem. Naměřené časy jsou zapsány v tabulce (Tab. 2.11).



Tab. 2.11 Naměřené časové hodnoty vytažení nože

Měření	Čas od:	Čas do:
1	00:00:00:00	00:00:2:01
2	00:00:00:00	00:00:2:12
3	00:00:00:00	00:00:3:00
4	00:00:00:00	00:00:2:19
5	00:00:00:00	00:00:2:04

Zdroj: Vlastní zpracování

**Průměrná časová hodnota:**

$$t = \frac{2,01 + 2,12 + 3 + 2,19 + 2,04}{5} = 2,34s$$

Operátorova průměrná doba přípravy je **2,34s**.

### 2.6.6 Časové hodnoty držení zásob před jednotlivými operacemi

V této podkapitole jsem vypočítal kapacitní zásoby před jednotlivými operacemi.

Výpočet vychází z úložné kapacity a denní normy. Výpočet je podle vztahu:

$$t_z = \frac{\text{celkové množství před procesem}}{\text{požadované denní množství}} \quad (2.4)$$

#### a) Kapacita před lisováním

Denní norma je 660 kusů základního tělesa.

Množství zásob pro 200 000 kusů základního tělesa.

**Čas držení zásob:**

$$t_z = \frac{200\,000}{660} = 303,03dnů$$

Kvůli velikosti žoku je čas držení zásob před lisováním **303,03 dnů**.

#### b) Kapacita před kontrolou kvality

Denní norma je 660 kusů základního tělesa.

Množství zásob pro kontrolu je 1 kus základního tělesa.

**Čas držení zásob:**

$$t_z = \frac{1}{660} = 0,0015 \text{ dne}$$

Čas držení zásob před kontrolou kvality je **0,0015 dne**.

**c) Kapacita před balením**

Denní norma je 660 kusů základního tělesa.

Množství zásob pro balení je 15 kusů základního tělesa.

**Čas držení zásob:**

$$t_z = \frac{15}{660} = 0,023 \text{ dne}$$

Čas držení zásob před balením je **0,023 dne**.

**d) Kapacita palety**

Denní norma je 660 kusů základního tělesa.

Množství zásob pro paletu je 375 kusů základního tělesa.

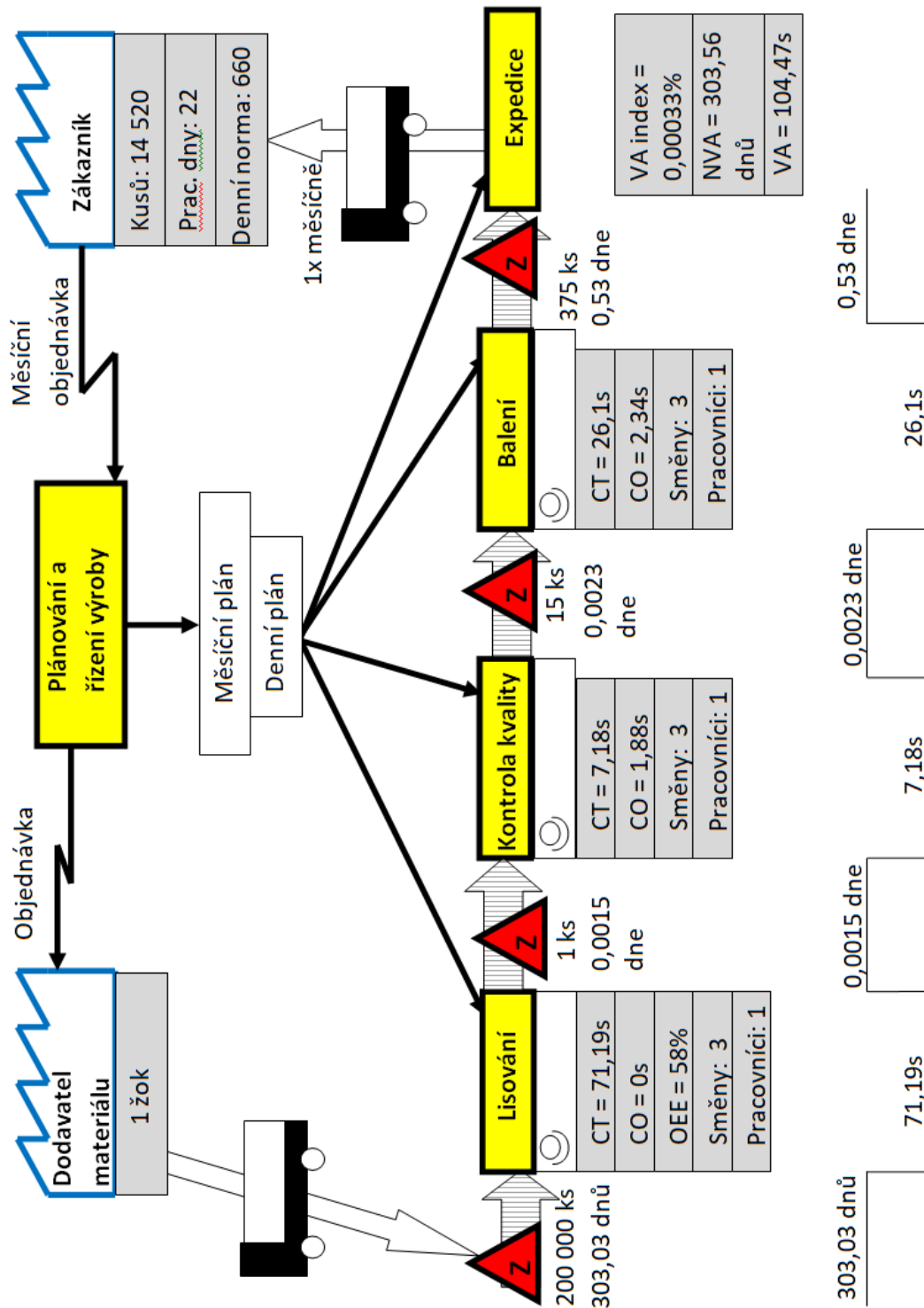
**Čas držení zásob:**

$$t_z = \frac{375}{660} = 0,57 \text{ dnů}$$

Čas držení zásob před expedicí je **0,57 dnů**.

### **2.6.7 Mapa hodnotového toku pro základní těleso**

Podle všech zjištěných, naměřených a vypočítaných hodnot jsem sestrojil mapu hodnotového toku pro základní těleso (*Obr. 2.4*).



Obr. 2.4 VSM mapa základního tělesa

Zdroj: Vlastní zpracování

### 2.6.8 Výsledky VSM metody

Z mapy jsem odečetl veškeré údaje a vypočítal:

- celkový čas přidané hodnoty,
- celkový čas nepřidané hodnoty,
- VA index.

#### a) Celkový čas přidané hodnoty:

$$VA = 71,19 + 7,18 + 26,1 = 104,47s = 0,001dne$$

Celkový čas přidané hodnoty základního tělesa ve výrobě je **0,001 dne**.

#### b) Celkový čas nepřidané hodnoty:

$$NVA = 303,03 + 0,0015 + 0,0023 + 0,53 = 303,56 \text{ dnů}$$

Celkový čas, který nepřidává hodnotu výrobku ve výrobě, je **303,56 dnů**.

#### c) VA index:

$$VA \text{ index} = \frac{0,001}{303,56} \cdot 100 = 0,00033\%$$

VA index pro vybraný materiálový tok je **0,00033%**.

#### d) Další informace

Z mapy lze také vyčíst, že konkrétní materiálový tok probíhá ve třech směnách. Na výrobku pracuje jeden pracovník (popřípadě manipulát v pomáhá s balením).

Aby byl splněn měsíční požadavek 14 520 kusů, tak denně je potřeba vyrobit 660 kusů základního tělesa, které odpovídají normě.

Při návrhu na zlepšení je možno zaměřit se na snižování času výrobního cyklu a přípravy, kde jsem zjistil podle měření a pozorování některé nedostatky, které lze nahradit či vyloučit.

Lze se také zaměřit na snížení zásob ve skladovacích prostorech, především před vylisováním základního tělesa a před kontrolou kvality.

VSM mapy jsou si pro všechny stroje podobné. Liší se pouze v množství balených kusů, množství vstupního granulátu a času lisování stroje.

### **3 Zpracování návrhu na optimalizaci materiálového toku a zvýšení efektivity výrobního procesu**

Podle předchozích dvou analýz jsem v této kapitole navrhl možná zlepšení pro optimalizaci materiálového toku a zlepšení výrobního procesu.

Podle VSM metody jsem vytvořil možné návrhy pro zvětšení VA indexu, zmenšení jednotlivých časů pracovních cyklů, snížení časů přípravy a časů, které nepřidávají hodnotu.

Ze Sankyova diagramu jsem navrhl možné zlepšení na zmenšení přepravních vzdáleností od vstupní haly k jednotlivým strojům.

V závěru kapitoly jsou sepsány i další možné návrhy na zlepšení výrobního procesu.

#### **3.1 Návrh na zlepšení podle VSM metody**

Z jednotlivých časových měření a pozorování pracovních činností jsem zjistil, že v těchto operacích jsou činnosti, které prodlužují pracovní cykly. Tyto konečné hodnoty jsem pro přehlednost zapsal do tabulek (*Tab. 3.3* a *Tab. 3.4*) pro porovnání časové úspory.

Dále jsem se zaměřil na snížení časové hodnoty držení zásob před jednotlivými operacemi, protože tato hodnota nepřidává hodnotu finálnímu výrobku, proto je vhodné je snížit. Výsledné hodnoty jsem zapsal do tabulky (*Tab. 3.5*) pro porovnání.

Zaměřil jsem se hlavně na návrhy, které je možno aplikovat rychle a nejsou nijak finančně náročné.

##### **3.1.1 Úprava procesu lisování**

V této podkapitole jsou navržena možná zlepšení pro samostatný proces lisování, kde jsem se zaměřil na snížení doby pracovního cyklu.

Doba přípravy je zde nulová, protože operátor stojí před strojem a je připraven vyndat výlisek. Proto snížení této doby není možné.

Nezaměřil jsem se na vylepšení celkové efektivity zařízení, protože jediná možnost, jak tuto efektivitu zvýšit, je zvednout normu kusů za směnu. Toto zvýšení by nebylo vhodné vůči pracovníkům.

### **Snížení časového cyklu lisování**

Podle předchozí kapitoly je tato operace složena z lisování, vyndání výlisku ze stroje, rychlé kontroly a uložení do krabice. Celkový časový cyklus lisování **CT je 71,19s**.

Samotné lisování nelze nějak upravit. Tato časová hodnota (68s) je určena strojem. Jediná možnost je investovat do modernějších strojů. Tato možnost je velice nákladná.

V této operaci lze vypustit rychlou kontrolu, která v cyklu průměrně zabírá 1,5 sekundy. Tento čas je také ovlivněn operátorem, protože noví pracovníci kontrolu dělají detailněji a může zabrat i 3 sekundy. Rychlou kontrolu bych vypustil, protože detailnější kontrola je prováděná v následující operaci. Proto v procesu lisování není nutná.

Další zbytečná časová prodleva je umístování do připravené krabice, ze které si operátor výlisk za 1,88s znovu výrobek vezme. Tato činnost by ušetřila 1s z celého procesu. Tato manipulace je zcela zbytečná, proto by bylo vhodné ji zcela vyloučit. Po vyndání ze stroje by si operátor mohl ponechat tento výlisk v ruce a přejít k procesu kontroly.

Podle naměřených hodnot manipulace v procesu lisování trvá průměrně 3,19s. V této operaci by zůstala pouze manipulace vyndání výlisku ze stroje.

Pro ověření jsem si naměřil samotný čas vyndání výlisku ze stroje a průměrná hodnota je 1,5 sekundy.

Konečná doba pracovního cyklu po úpravě by byla **CT = 69,5s**.

Pro lepší porovnání jsem vytvořil tabulku (*Tab. 3.3*), kde jsem porovnal časové hodnoty před návrhem a po návrhu.

### **3.1.2 Úprava procesu kontroly kvality**

V této podkapitole jsou navrhnutá možná zlepšení pro samostatný proces kontroly kvality, kde jsem se zaměřil na snížení doby přípravy a doby pracovního cyklu operace. Pro úpravu časového cyklu jsem zahrnul dva způsoby, které by se daly použít.

### a) Snížení doby přípravy kontroly kvality

Aby bylo možné zlepšit časové hodnoty pro přípravu procesu kontroly kvality a balení, je potřeba poupravit pracoviště (pracovní stůl), kde tyto pracovní operace probíhají.

Rozměry pracovního stolu, které se na pracovištích používají, jsou 535 x 400 mm. Tyto rozměry jsou malé a operátor využívá pro odkládání pracovních pomůcek i podlahu.

Pracovní stoly jsou určeny převážně pro balení výlisků do krabic. Na schématu (*Schéma 3.1*) je schematicky znázorněn půdorys pracovního stolu.

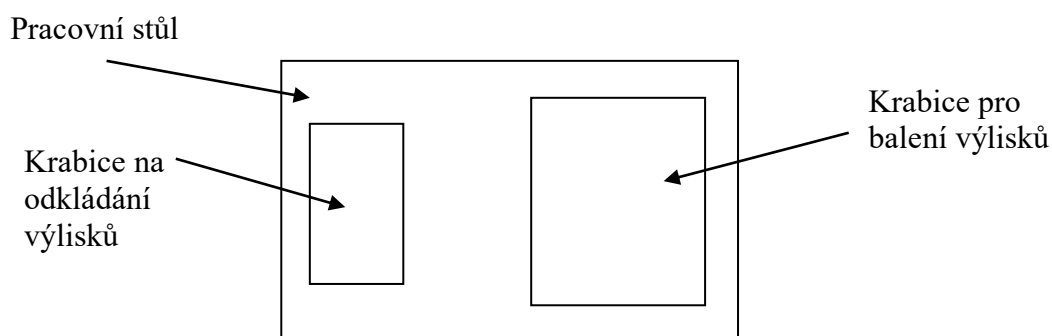


Schéma 3.1 Aktuální rozvržení stolu

Zdroj: Vlastní zpracování

Stoly bych nahradil kvůli zlepšení doby přípravy. Týká se to především pro zlepšení přehlednosti pracovních pomůcek, jejich následné použití a snížení fyzického namáhání během přípravy.

Na používaném stole je prostor pouze pro dvě krabice. První pro odložení výlisku a druhá na zabalení výlisků.

Vhodný by byl stůl nebo deska s rozměry 1000 x 500 mm (případně 1000 x 600 mm). Na tento stůl by se vešly veškeré pracovní pomůcky (nůž, propiska, blok / papír, lepicí páska, lepicí štítky, krabice na odpad a krabice na balení.

Dostupné rozměry pro stůl od stroje k vodícím čarám jsou 1200 mm. Proto jsem zvolil délku stolu 1000 mm.

Podle různých webových stránek jsem vybral stoly, které by se mohly použít. Vybral jsem jeden stůl, který by se dal vhodně použít (*Obr. 3.1*).



Obr. 3.1 Skládací dílenský stůl

Zdroj: [14]

Stůl, který jsem vybral je skládací dílenský stůl o hmotnosti 2kg. Tloušťka pracovní desky je 32mm a nosnost desky je 200g. Tento stůl se dá vhodně složit a přemísťovat či uložit podle potřeby díky své hmotnosti.

Na stůl by se daly vhodně rozmístit pracovní pomůcky tak, aby je operátor nemusel hledat nebo se pro ně ohýbat.

Stůl má dostatečnou velikost, aby si na něj mohl operátor odkládat nápoje v letním období pro dodržování pitného režimu.

Umístění lepicí pásky a štítků bych zvolil do uličky, aby si je v případě výpomoci mohl vzít manipulát a nemusel během procesu nějak překážet operátorovi.

Zbytek pracovních pomůcek by si mohl operátor rozvrhnout na stole podle sebe tak, aby to vyhovovalo operátorovi, protože může být levák nebo pravák.

Tímto návrhem se sníží doba přípravy v procesu kontroly kvality z důvodu hledání nože. Výsledná doba přípravy by potom byla **CO = 1,34s**. Čas se vztahuje pouze na uchopení nože, který by byl na stole.

Pro přehlednost jsem tuto hodnotu zapsal do tabulky (Tab. 3.4) pro porovnání časové úspory.

#### **b) Snížení časového cyklu kontroly kvality**

Kontrola kvality zahrnuje vyndání výlisku z krabice, jeho kontrolu, oříznutí vtoků a uložení do krabice, která je určena k balení. Celkový časový cyklus kontroly kvality **CT je 7,18s**.



Při kontrole kvality vznikala na začátku procesu zbytečná manipulace. A to vyndání výlisku z krabice. Pro ověření jsem si naměřil samotný čas vyndání výlisku z krabice a průměrná hodnota je 1,5 sekundy.

Ostatní činnosti v této operaci nelze nijak vypustit, protože jsou nezbytné a čas nelze nijak vylepšit.

Tuto operaci šlo vylepšit dvěma způsoby.

**První způsob** – operátor by pokládal jednotlivé výlisky na pracovní stůl. Jakmile by byl požadovaný počet kusů na stole (11 nebo 15), potom by je operátor v operaci balení uložil do krabice. Tím by poté odpadlo přepočítávání výlisků v operaci balení.

Pokud by se tento způsob vybral, tak celkový časový cyklus kontroly kvality by byl **CT = 5,68s**.

Pro tento způsob a následné operace by bylo potřeba vyměnit pracovní stůl za jiný, nebo k tomuto stolu přimontovat větší pracovní desku (viz. výše v úpravě doby přípravy kontroly kvality).

**Druhý způsob** – operátor by po položení výlisku do krabice si udělal čárku na papír či do bloku. Tím by poté odpadlo přepočítávání výlisků v operaci balení.

Pro tento způsob jsem si naměřil, jaká by byla doba udělení čárky na papír. Naměřené údaje jsem zapsal do tabulky (Tab. 3.1).

Tab. 3.1 Naměřené časové hodnoty zápisu

Měření	Čas od:	Čas do:
1	00:00:00:00	00:00:1:57
2	00:00:00:00	00:00:2:03
3	00:00:00:00	00:00:01:83
4	00:00:00:00	00:00:01:89
5	00:00:00:00	00:00:02:03

Zdroj: Vlastní zpracování

Průměrná časová hodnota:

$$t = \frac{1,57 + 2,03 + 1,83 + 1,89 + 2,03}{5} = 1,88s$$

Operátorova doba zápisu je **1,88s**.

Pokud by se tento způsob vybral, tak celkový časový cyklus kontroly kvality by byl  $CT = 7,56s$ .

V tomto způsobu doba pracovního cyklu sice o 0,38s se zvýší, ale v další operaci výrazně sníží dobu pracovního cyklu balení.

Výsledné hodnoty obou způsobů jsem zapsal pro porovnání do tabulky (*Tab. 3.3*).

### **3.1.3 Úprava procesu balení**

V této podkapitole jsou navrhnutá zlepšení pro proces balení, kde jsem se zaměřil na snížení doby přípravy a doby pracovního cyklu operace.

#### **a) Snížení doby přípravy balení**

Snížení času přípravy vychází z předchozího návrhu doby přípravy kontroly kvality (výměna pracovního stolu).

Na aktuálním pracovišti se pracovník musel ohnout pod stůl a vytáhnout lepicí pásku a informační štítek.

Konečná doba přípravy v aktuálním procesu má hodnotu  $CO = 2,34s$ .

V návrhu jsou veškeré pracovní pomůcky na stole. Tím se sníží čas přípravy a ohýbání zad.

Konečná doba přípravy po úpravě by měla hodnotu  $CO = 0s$ . Protože umístění pomůcek pro balení by bylo na kraji stolu, jak bylo zmíněno výše. Pracovník (operátor či manipulant) si zde pomůcky připravovat již nemusí a pouze v průběhu operace si tyto pomůcky vezme.

Výslednou hodnotu jsem zapsal do tabulky (*Tab. 3.4*)

#### **b) Snížení časového cyklu balení**

Tato operace zahrnuje rychlé přepočítávání výlisků, balení, nalepení informačního štítku a uložení na paletu.

Celková doba pracovního cyklu balení **CT je 26,1s**.

Po úpravě předchozí operace zde vypadne rychlé přepočítávání výlisků, které v cyklu zabíralo 3,33 sekund. Tento čas byl odvozený z měření pro přepočítávání 11 kusů. 11 kusů se balí častěji než 15 kusů.

Podle způsobu zavedené metody z předchozí operace se metoda liší dvěma způsoby.

**První způsob** – operátor (případně manipulant) musí připravené výlisky ze stolu uložit do krabice. Naměřené časové hodnoty přendávání výlisků do krabice jsou zapsány v tabulce (Tab. 3.2).

Tab. 3.2 Naměřené časové hodnoty přendání výlisků

Měření	Čas od:	Čas do:
1	00:00:00:00	00:00:05:83
2	00:00:00:00	00:00:07:56
3	00:00:00:00	00:00:05:66
4	00:00:00:00	00:00:06:01
5	00:00:00:00	00:00:06:30

Zdroj: Vlastní zpracování

Průměrná časová hodnota:

$$t = \frac{5,83 + 7,56 + 5,66 + 6,01 + 6,30}{5} = 6,27$$

Operátorova doba přendání výlisků je **6,27s**. Tato hodnota se při dalších pokusech snižovala, protože pracovník si našel optimální způsob přendávání výlisků do krabice.

Konečná doba cyklu balení po návrhu CT je **29,04s**.

Tato hodnota se o 2,94s zvýšila kvůli přendávání výlisků. Je to způsobené předchozí operací, kde operátor neukládal výlisky do krabice, ale na pracovní stůl.

Výsledná hodnota po zpracování se bude snižovat. Tuto hodnotu jsem ponechal, s ohledem na nové pracovníky, které do podniku přijdou a budou pomalejší oproti stálým kolegům.

**Druhý způsob** – veškeré výlisky by byly už uloženy a zkontrolovány v předchozí operaci kontroly kvality. Operátor zde pouze provede balení, nalepení informačního štítku a uložení připravené krabice na paletu.

Konečná doba cyklu balení po úpravě by byla **TC = 22,77s**.

Výsledky jsem zapsal pro oba návrhy do tabulky (Tab. 3.3).

### 3.1.4 Snížení časových hodnot držení zásob před jednotlivými operacemi

V této podkapitole jsem se zaměřil na snížení časových hodnot držení zásob před jednotlivými operacemi.

Hlavní dvě místa, kde se dá tato hodnota snížit je před procesem lisování a kontrolou kvality.

U zbylých operací tuto hodnotu nelze nějak snížit, protože kapacita je dána použitými krabicemi a paletou.

#### a) Snížení kapacity před lisováním

Největším zdrojem, kde vzniká nepřidaná hodnota výrobku, je na začátku procesu. Granulát zůstává v žoku a je přepraven přímo ke stroji.

V žoku je 800kg granulátu, který stačí pro výrobu 200 000 kusů základního tělesa. Podle předchozích výpočtů (potřebné množství materiálu) by stačilo pro splnění měsíční dávky 58,08 kg granulátu.

Po zahrnutí i počtu kusů (5 kusů na směnu), které neodpovídají normě, by bylo potřeba 59,4 kg granulátu. Toto množství je pro 14 850 kusů základního tělesa.

Pro snížení časové hodnoty držení zásob by stačilo použít barely. Z různých webových stránek jsem vybral lepenkový barel, který je oproti kovovým a plastovým barelům levnější. Lepenkové sudy jsou především určené pro přepravu sypkých látek v různých průmyslech (potravinářský, farmaceutický nebo chemický). Granulát je zdravotně nezávadný, proto není potřeba použít speciální sudy.

Lepenkový sud (*Obr. 3.2*), který jsem vybral, má objem 90 litrů. Sudy se vyrábějí i 60 litrově. 60 litrů je hodnota, která by byla potřeba. Ale při spouštění výroby, kde dojde výměna formy je zmetkovitost vyšší a 60 litrů by nemuselo stačit. Proto jsem vybral sud s objemem 90 litrů.

Objem tohoto sudu vystačí pro výrobu 22 500 kusů základního tělesa.

Použitím sudu se i usnadní manipulace při výměně granulátu za jiný, pokud bude potřeba změnit materiál granulátu.



Obr. 3.2 Lepenkový sud

Zdroj:[15]

Použitím barelu se původní hodnota 200 000 kusů změní na hodnotu **22 500 kusů**. Rozdíl je snížení hodnoty o 177 500 kusů základního tělesa.

**Výpočet:**

Denní norma je stále 660 kusů základního tělesa.

Množství zásob bude po změně 22 500 kusů základního tělesa.

Čas držení zásob:

$$t_z = \frac{22\,500}{660} = 37,5 \text{ dnů}$$

Čas držení zásob po změně před lisováním by byl **37,5 dnů**. Rozdíl použití sudu oproti žoku je 265,53 dní.

**b) Snížení kapacity před kontrolou kvality**

Další snížení nastává v ukládání výlisku po operaci lisování, protože operátorovi zůstane výlisek v ruce a okamžitě přejde k další operaci (kontrola kvality) toto uložení zcela zmizí.

Podle VSM mapy je tato hodnota 1 kus, tímto návrhem tato hodnota se změní na 0 kusů.

**Výpočet:**

Denní norma je i po změně stále 660 kusů základního tělesa.

Množství zásob bude po změně 0 kusů základního tělesa.

Čas držení zásob:

$$t_z = \frac{0}{660} = 0 \text{ dnů}$$

Čas držení zásob po změně před lisováním by byl **0 dnů**.

Výsledné hodnoty jsem zapsal pro porovnání do tabulky (Tab. 3.5).

### 3.1.5 Porovnání hodnot

V této kapitole jsem vytvořil tabulky, kde je lepší přehlednost zavedených změn.

#### a) Porovnání procesních cyklů

V tabulce (Tab. 3.3) jsou zapsané celkové časové hodnoty cyklů jednotlivých procesů z předchozích podkapitol. Tabulky jsem vytvořil pro rychlejší sestavení upravené VSM mapy.

Tab. 3.3 Tabulka po rovnání doby cyklů před a po úpravě

Operace	TC před úpravou	TC po úpravě
<b>První způsob</b>		
Lisování	71,19	69,5
Kontrola kvality	7,18	5,68
Balení	26,1	29,04
<b>Druhý způsob</b>		
Lisování	71,19	69,5
Kontrola kvality	7,18	7,56
Balení	26,1	22,77

Zdroj: Vlastní zpracování

Z nových hodnot jsem vypočítal dvě finální hodnoty celkových časů přidané hodnoty pro dva druhy návrhu.

#### Celkový čas přidané hodnoty pro první způsob:

$$VA = 69,5 + 5,68 + 29,04 = 104,22s = 0,001dne$$

Celkový čas přidané hodnoty základního tělesa ve výrobě po úpravě je **0,001 dne**. Časová úspora po zavedení opatření je 0,25s.

#### Celkový čas přidané hodnoty pro druhý způsob:

$$VA = 69,5 + 7,56 + 22,77 = 99,83 = 0,001dne$$

Celkový čas přidané hodnoty základního tělesa ve výrobě po úpravě je **0,001 dne**.  
Časová úspora po zavedení opatření je 4,64s.

Nejlepší časovou úsporou má druhý návrh, který oproti stávajícímu pracovišti má časovou úsporou 4,64s. V přepočtu na dny rozdíl není.

### b) Porovnání časů přípravy

V tabulce (Tab. 3.4) jsou zapsány časové hodnoty po zavedení návrhu pro přehlednost.

Tab. 3.4 Tabulka porovnání doby přípravy před a po úpravě

Operace	CO před úpravou	CO po úpravě
Lisování	0	0
Kontrola kvality	1,88	1,34
Balení	2,34	0

Zdroj: Vlastní zpracování

Z tabulky vyplývá, že časová úspora v procesu kontroly kvality je 0,54s.

Časová úspora v procesu balení je 2,34s a snížilo se i fyzické namáhání (ohýbání) pracovníků.

### c) Porovnání časových hodnot držení zásob před jednotlivými operacemi

V tabulce (Tab. 3.5) jsou zapsány pro přehlednost kapacity a vypočítané časové hodnoty držení zásob před jednotlivými operacemi.

Tab. 3.5 Tabulka porovnání kapacit a časových hodnot držení

Místo	Před úpravou	Po úpravě
<b>Kapacity [ks]</b>		
Před lisováním	200 000	22 500
Před kontrolou kvality	1	0
Před balením	15	15
Paleta	375	375
<b>Časové hodnoty držení zásob [s]</b>		
Před lisováním	303,03	37,5
Před kontrolou kvality	0,0015	0
Před balením	0,0023	0,0023
Paleta	0,53	0,53

Zdroj: Vlastní zpracování

Z tabulky zásadní změna je v místě před lisováním, kde rozdíl kapacity je 177 500 kusů základního tělesa a čas držení zásob o 265,53 dní.

Druhá změna je před kontrolou kvality, kde veškeré hodnoty jsou 0.

Z nových hodnot jsem vypočítal celkovou hodnotu času nepřidané hodnoty.

**Celkový čas nepřidané hodnoty:**

$$NVA = 37,5 + 0 + 0,0023 + 0,53 = 38,03 \text{ dnů}$$

Celkový čas nepřidané hodnoty základního tělesa ve výrobě po úpravě je **38,03 dnů**.

Časová úspora po zavedení opatření je 265,26 dnů.

#### **d) Porovnání VA indexu**

V této části jsem vypočítal a porovnal dva VA index pro návrhy s původním návrhem. Vypočítal jsem pouze jeden, protože oba způsoby při přepočtu na dny mají totožné výsledky.

**VA index:**

$$VA \text{ index} = \frac{0,001}{38,03} \cdot 100 = 0,0026\%$$

Výsledná hodnota VA indexu pro vybraný materiálový tok po zavedení úprav je **0,0026%**. Po návrhu se VA index zvětšil o 0,00227%.

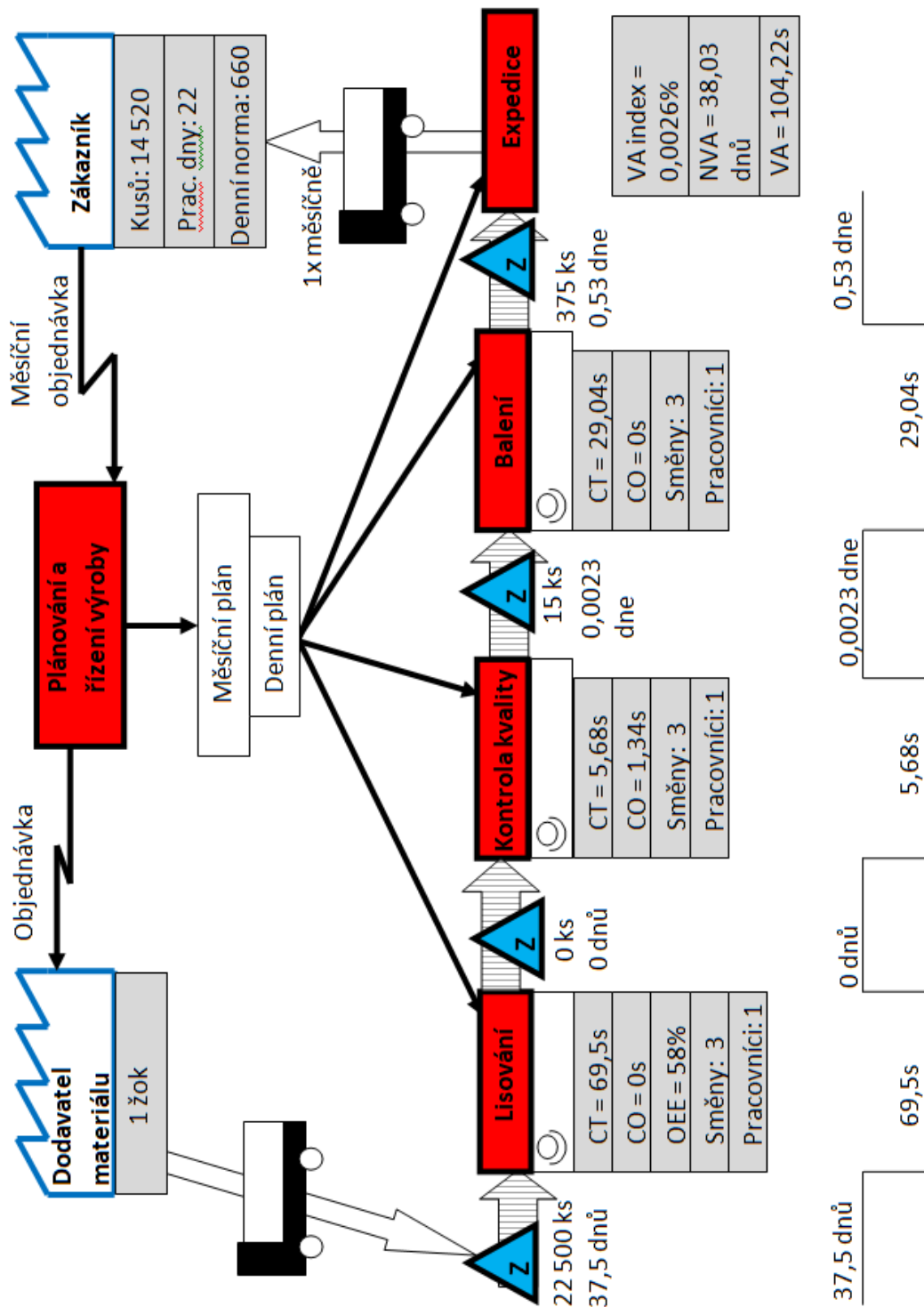
#### **3.1.6 Mapa hodnotového toku pro základní těleso po úpravě**

Z nových hodnot jsem vytvořil nové VSM mapy (*Obr. 3.3* a *Obr. 3.4*) a barevně je rozlišil pro snadnější orientaci.

Červený procesy (*Obr. 3.3*) pro první návrh a zelené procesy (*Obr. 3.4*) pro druhý návrh.

V obrázcích jsem změnil i barvy pro mezisklady (světle modrou), protože došlo při návrhu ke změně jejich kapacit.



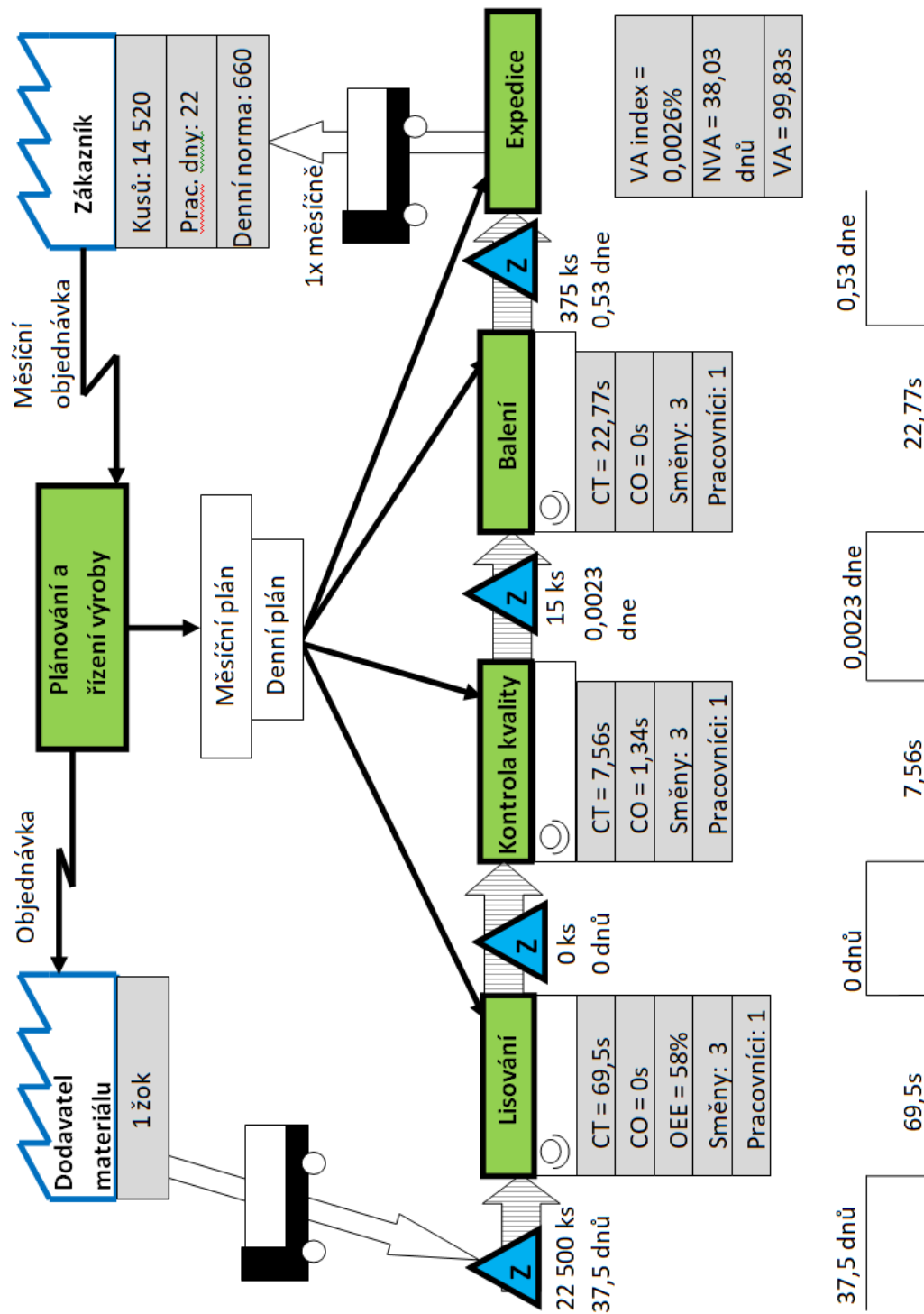


Obr. 3.3 VSM mapa pro první návrh

Zdroj: Vlastní zpracování

Výhodou prvního návrhu je snížení času cyklu kontroly kvality, který je **CT = 5,68s**.

Nevýhodou prvního návrhu je zvýšení času u balení, který je **CT = 29,04s**.



Obr. 3.4 VSM mapa pro první návrh

Zdroj: Vlastní zpracování

Výhodou u tohoto návrhu je snížení času balení. Časová hodnota CT je **22,77s**. Nevýhodou je zvýšení časové hodnoty u procesu kontroly kvality, kde finální hodnota CT je **7,56s**.

Vytvořil jsem tyto dva návrhy, aby si ředitel firmy mohl vybrat, který způsob by byl lepší pro praktické využití. Záleží i na názoru operátora, který způsob by preferoval a co by bylo pro něj v práci lepší.

Oba návrhy mají nižší celkový čas přidané hodnoty. Druhý návrh má tuto hodnotu nižší než první návrh.

VA index pro oba návrhy má stejnou hodnotu.

### **3.2 Sankeyuv diagram**

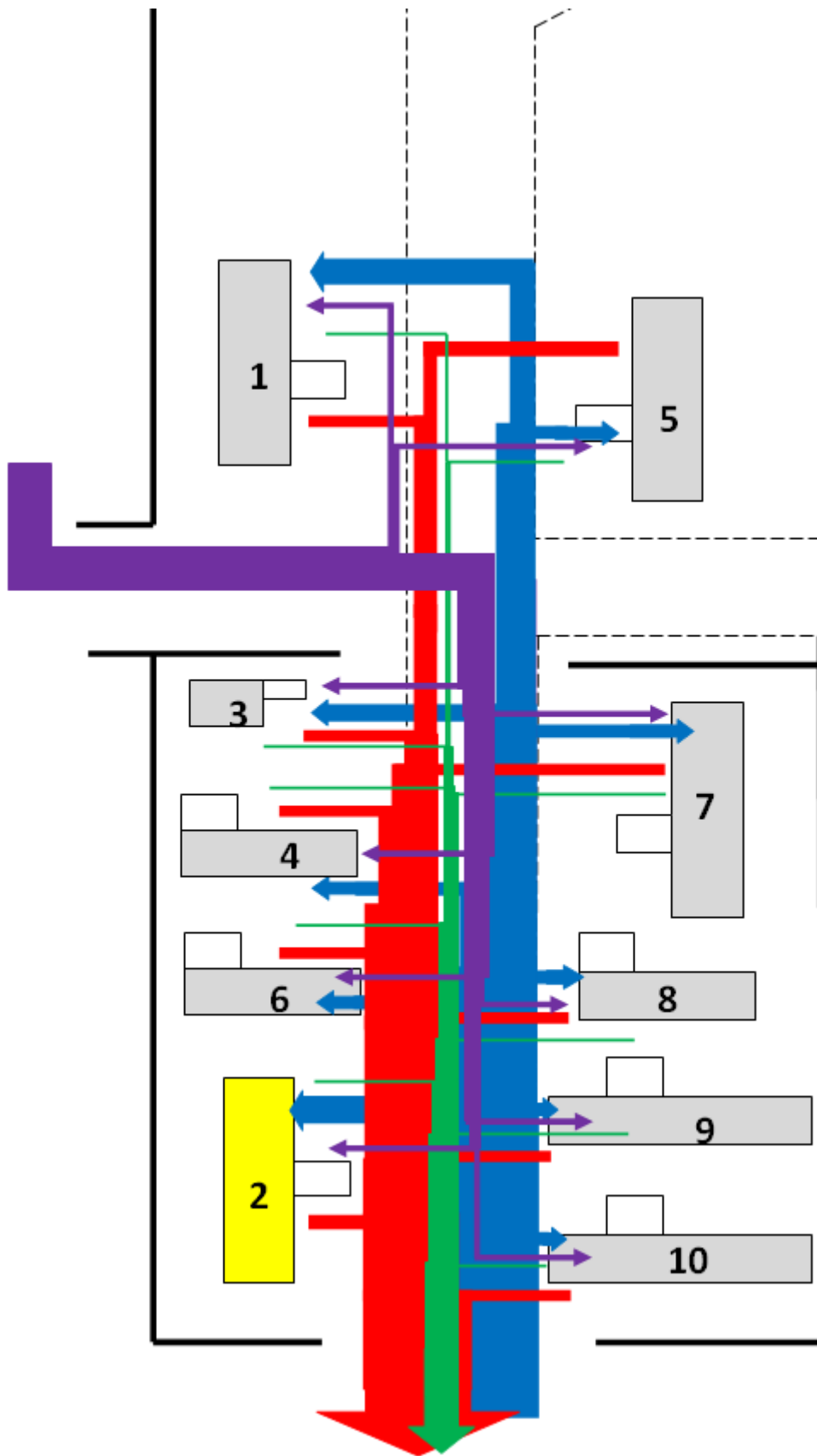
Podle Sankeyova diagramu lze poznat, že stroje v první hale jsou vzdálené od vstupní haly. Toto rozložení je podle stavby, kde druhá hala byla postavena později. Majitel toto uspořádání nechal a nijak neměnil.

V této podkapitole jsem navrhl nové rozmístění strojů tak, jak jsou stroje nejvíce využívány.

Návrh jsem zakreslil do nového Sankeyova diagramu (*Obr. 3.5*). Barevné označení toků jsem ponechal podle původního diagramu.

#### **Barvy:**

- Modrá = manipulace s granulátem
- Červená = manipulace s výlisky
- Zelená = manipulace s výlisky, které neodpovídají normě (zmetky)
- Fialová = manipulace s barvivem



Obr. 3.5 Upravený Sankeyův diagram

Zdroj: Vlastní zpracování

Nové rozmístění jsem navrhl tak, jak se stroje nejčastěji používají.

V každodenním provozu jsou stroje 2, 9 a 10. Proto jsou nejbližší k vstupní hale.

Stroje 3, 4, 6, 7 a 8 jsou v provozu na střídačku podle různých směn.

Stroj 1 a 5 se skoro vůbec nepoužívají, proto jsem je umístil do druhé haly. Tyto stroje jsou používané pro nečekané zakázky, které jsou potřeba rychle vyřídit a výlisky vyrobit. Toto umístění je vhodné, protože je v blízkosti skladu forem.

Do zadní části, kde vznikl prostor, bych přesunul palety s rozloženými lepenkovými krabicemi, které byly umístěny v místě, kde jsou po návrhu umístěny stroje 2, 6, 4 a 3.

Podle nového návrhu jsem přepočítal nové vzdálenosti a zapsal do tabulek (*Tab. 3.6* a *Tab. 3.7*).

V tabulce (*Tab. 3.6*) jsou zapsány aktuální a nové vzdálenosti od vstupních vrat pro porovnání.

Tab. 3.6 Nové rozmístění strojů od vstupních vrat

Stroj	Aktuální vzdálenost [m]	Nová vzdálenost [m]
1	47,5	35,5
2	35,5	5,5
3	53,9	23,5
4	49,5	17,5
5	42	34,5
6	34,5	13,5
7	20,5	20,5
8	12	12
9	8	8
10	5	5

Zdroj: Vlastní zpracování

Podle nových vzdáleností došlo k jejich zmenšení. Manipulant nemusí odvážet naplněné palety s výlisky a zmetky delší vzdálenosti, než tomu bylo doposud.

Materiálový tok pro základní těleso se podle nových vzdáleností zkrátil o 30m (Stroj 2).

Pro stroj 1 se vzdálenost zkrátila o 12m. Pro stroj 3 o 30,4m. Pro stroj 4 o 32m. Pro stroj 5 o 7,5m. Pro stroj 6 o 21m.

Úprava vzdálenosti od vstupní haly zkrátí vzdálenost, kterou musel manipulant absolvovat při přepravě naplněné palety do skladu hotových výrobků.

Pro stroje 7, 8, 9 a 10 zůstala vzdálenost stejná.

V tabulce (Tab. 3.7) jsem porovnal aktuální a nové vzdálenosti pro přepravu barviva.

Tab. 3.7 Rozmístění strojů od skladu barev

Stroj	Aktuální vzdálenost [m]	Nová vzdálenost [m]
1	24,5	12,5
2	12,5	31,5
3	30,5	13,5
4	26,5	19,5
5	19	11,5
6	11,5	23,5
7	16,5	16,5
8	25	25
9	29	29
10	32	32

Zdroj: Vlastní zpracování

Podle nového rozmístění se vzdálenost pro nějaké stroje zvětšila a pro jiné zase zmenšila.

Vzdálenost pro materiálový tok základního tělesa se tato vzdálenost zvětšila o 19m. Tuto vzdálenost manipulant ujde pouze jednou a to při přidávání barvy k nové dávce granulátu. Proto tato vzdálenost je méně důležitá než vzdálenost pro přepravu výlisků.

Pro stroj 6 se vzdálenost zvětšila o 12m.

Vzdálenost se zkrátila pro stroje 1, 3, 4 a 5. Pro stroj 1 o 12m. Pro stroj 3 o 17m. Pro stroj 4 o 7m. Pro stroj 5 o 7,5m.

Vzdálenosti pro stroje 7, 8, 9 a 10 zůstaly beze změny.

### 3.3 Další možnosti zlepšení

V této části jsem se zaměřil na další možnosti, jak výrobní proces zlepšit. Zaměřil jsem se na snížení doby přípravy před zahájením výroby, na zlepšení úzkého místa a oddělení distribučního skladu od skladu hotových výrobků.

### 3.3.1 Snížení doby přípravy pro zahájení výroby

Prostoje vznikají na začátku směny, než seřizovač obejde všechny stroje, které mají být spuštěny a než je seřídí. Toto seřízení trvá v průměru 30 minut. Seřizovač zastává i práci manipulanta.

V tomto případě by pomohlo zacvičit druhého manipulanta, který by mohl provádět také seřizování strojů. Tím by se zkrátila celková doba přípravy na seřízení o polovinu (15min).

### 3.3.2 Zlepšení úzkého místa

Zabalené výrobky se ukládají v krabici na paletu. Paleta je umístěna vedle stroje (vpravo), kde vzniká úzké místo provozu (*Schéma 3.2*). Paleta je vedle palety se zmetky.

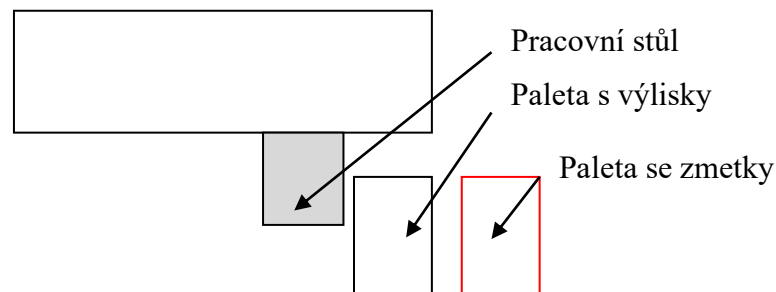


Schéma 3.2 Aktuální rozmístění

Zdroj: Vlastní zpracování

Pokud je paleta naplněna, musí operátor čekat, než manipulant odveze paletu. Do té doby operátor krabice ukládá vedle pracovního stolu, kde se postupně hromadí.

Pro konkrétní stroj navrhuji přesunout paletu na druhou stranu stroje (vlevo), kde je místo pro 2 palety (*Schéma 3.3*).

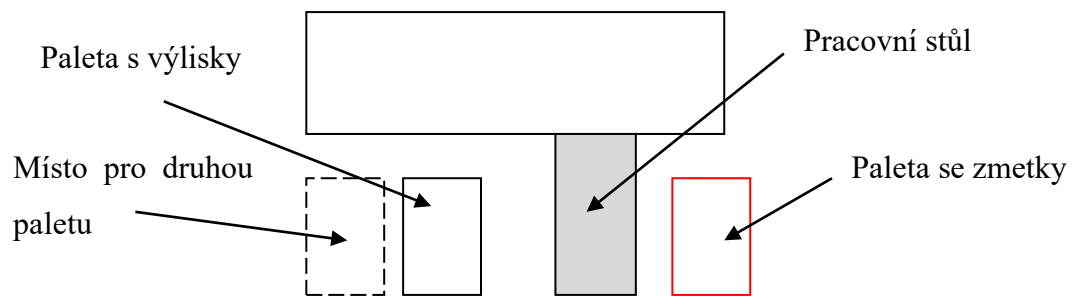


Schéma 3.3 Nové rozmístění

Zdroj: Vlastní zpracování

V případě nahromadění krabic vznikne další místo pro ukládání krabic, do té doby než manipulát odveze připravenou paletu do skladu hotových výrobků.

### 3.3.3 Oddělení distribučního skladu

Distribuční sklad a sklad hotových výrobků jsou hned vedle sebe a nemají mezi sebou nějaké oddělení. Což způsobuje, že manipulát musí provádět detailní kontrolu štítků, aby se do přepravy nedostaly palety, které nejsou určeny k přepravě.

Pro oddělení skladu by bylo možné dát do regálů plechy nebo pletivo, které by oddělovalo prostor mezi sklady (*Schéma 3.4*).

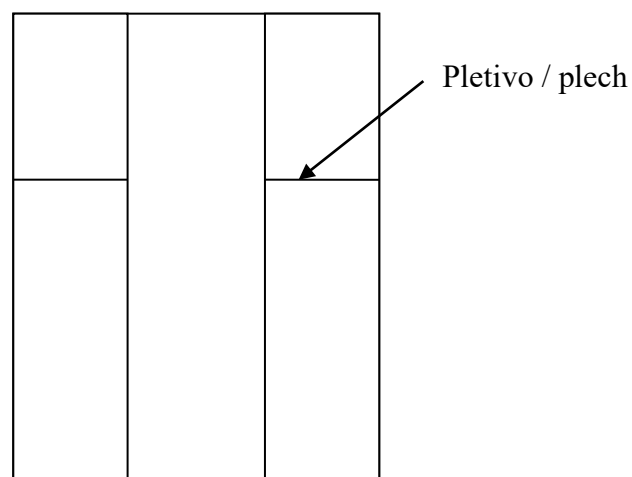


Schéma 3.4 Oddělení skladů

Zdroj: Vlastní zpracování



Toto řešení by ulehčilo práci manipulantům a nakládka by probíhala bez přerušení. Pro návrh není potřeba žádný drahý materiál. Oddělení by stačilo 2m vysoké.

Potřebná délka oddělující stěny by byla potřebná 1,5m.

Nejvýhodnější je použít pletivo, které je nejlevnější. Nevýhodou je použití konstrukce pro její uchycení.

Další možnost je použití desky z plastu nebo plastového plechu.

#### **3.3.4 Další možnosti**

Výrobu lze i zefektivnit použitím nových lisovacích strojů. Nové stroje už používají automatické výměny forem a jsou energeticky úspornější. Toto zlepšení je nejvíce finančně náročné.

Alternativou je koupě použitých strojů, jejich hodnota je nižší, ale majitel by si je musel osobně s technikem prohlédnout.

Lze ve výrobě použít i stacionární stoly. Tyto stoly se používají pro urychlení výměny forem.

## **4 Ekonomické zhodnocení zpracovaného návrhu**

Aby bylo možné optimalizovat vybraný materiálový tok podle návrhů na zlepšení, které byly v předešlé kapitole navrženy, je potřeba vynaložit určité finance pro realizaci obou návrhů. V této kapitole je sepsáno finanční zhodnocení těchto návrhů a vypočítané úspory pro materiálový tok základního tělesa.

Dále jsem vyjádřil úspory, které vznikly z přemístění pracovních strojů podle nového Shenkyova diagramu. Hlavně jsem se zaměřil na vybraný materiálový tok.

Pro přehlednost jsem všechny náklady a úspory sepsal do tabulek (*Tab. 4.1* a *Tab. 4.2*) a vyhodnotil.

Na závěr jsem vyhodnotil i ostatní návrhy pro zlepšení výroby z kapitoly 3.3.

### **4.1 Náklady a úspory návrhů podle VSM metody**

V této podkapitole jsem sepsal potřebné vynaložené náklady na zvětšení hodnoty VA indexu. Patří sem náklady na úpravu časových hodnot (přípravy cyklu a procesu) a náklady na snížení času držení zásob před jednotlivými operacemi.

Pro oba návrhy jsem vypočítal úspory a návratnost nákladů.

#### **4.1.1 Náklady pro zvětšení VA indexu**

Pro zvětšení VA indexu jsem navrhl dva způsoby, které tento index zvětší. Oba návrhy spočívají v úpravě pracoviště za použití skládacího dílenského stolu a lepenkového sudu pro výrobní materiál.

Druhý návrh od prvního má vyšší náklady, protože na pracovišti bude potřeba propiska a blok (papír).

Na internetových stránkách jsem potřebné pomůcky vyhledával podle ceny a spokojenosti zákazníků.

Veškeré náklady jsem sepsal do tabulek (*Tab. 4.1* a *Tab. 4.2*).

### **a) Pracovní stůl**

Na internetových stránkách jsem vybral skládací dílenský stůl za cenu, kde bylo největší kladné hodnocení od spokojených zákazníků. Cena tohoto stolu je 2 226,-Kč.

Pro snížení doby přípravy procesů (kontrola kvality a balení) je potřeba vynaložit **2 226,-Kč** pro jedno pracoviště (stroj).

Těchto skládacích stolů bych doporučil koupit pro více pracovišť. Hlavně ke strojům, které jsou v provozu každou směnu (stroj 2, 9 a 10) a ke strojům, co jsou v provozu podle směn (4, 6, 7 a 8). Ke strojům 1 a 5 by se mohly přenést od jiného stroje. Pro všechna pracoviště (7 pracovišť) je potřeba vynaložit 15 582,-Kč.

### **b) Lepenkový sud**

V návrhu snížení času držení zásob před jednotlivými operacemi jsem navrhnul použití lepenkového sudu.

Podle internetových stránek jsem vybral lepenkový sud, který má potřebný objem (90 l). Tento sud je pouze na zakázku a není běžně dostupný. Podle společnosti, která tyto sudy vyrábí, by cena jednoho sudu vyšla na **542,50,-Kč** za kus.

Vedení by mohlo koupit těchto sudů 80, protože to je minimální množství, které se dá vyrobit, jinak by muselo čekat, až je budou mít na skladě. Sudy by se daly použít nejen na zbylá pracoviště, ale i do skladu odpadu, kde by se odpad do nich uložil. Cena 80 lepenkových sudů by byla 43 400,-Kč.

### **c) Kuličkové pero**

V druhém návrhu je potřeba na pracoviště přidat propisku pro zapisování množství vyrobených výlisků.

Na internetových stránkách jsem vyhledával, kde je cena propisek nejnižší. Vybral jsem kuličkové pero za cenu **3,-Kč** za kus.

Pro měsíc je to odhadem 15 propisek. Jedna propiska na týden (4) plus jedna rezervní. Celková cena je to 45,-Kč. Roční náklady na propisky pro jedno pracoviště budou **540,-Kč**.

Pro 7 pracovišť, kde by se používal skládací dílenský stůl, by roční náklady na propisky byly 3 780,-Kč.

#### d) Papírový blok

pro koupi bloků jsem vybral firmu, která vyrábí bloky na zakázku. Blok, který jsem vybral má 50 listů papírů pro 50 směn. Na jeden rok je potřeba 16 bloků pro jedno pracoviště. Minimální objednávka je 100 bloků. Roční náklady na bloky (100ks) budou **2 686,-Kč**.

Bloky by měly vystačit na rok pro všechna pracoviště. 3 jsou neustále v provozu. Je potřeba 48 bloků a ostatní bloky by byly na pracoviště dávány podle zakázek.

#### 4.1.2 Úspory návrhů

Pro výpočet a porovnání časových úspor výroby základního tělesa jsem vycházel z hodinové mzdy operátora, která je 250,-Kč.

Vypočítané úspory jsem sepsal do přehledných tabulek (*Tab. 4.1 a Tab. 4.2*).

Pracovník za směnu vyrobí 225 kusů základního tělesa. Čas pro výrobu a zabalení všech 220 kusů a výrobu 5 zmetků za směnu je 18 579,75s (5,16h). Do časové hodnoty je i započítaný čas přípravy. Za den (3 směny) to je 55 739,25s (15,48h). Za měsíc 1 226 264s (340,63h). A za rok 14 715 162s (4 087,54h).

Náklady na výrobu základního tělesa pro celý rok:

$$N = 4\,087,54 \cdot 250 = 1\,021\,885, -Kč$$

Náklady podle hodinové sazby na celý rok jsou **1 021 885,-Kč**.

#### a) Úspory pro první způsob

Podle návrhu je čas na všechny operace 17 762,7s (4,93h) za směnu. Za den 53 288,1s (14,8h). Za měsíc 1 172 338s (325,65h). Za rok 14 068 058s (3 907,79h).

**Náklady na celý rok:**

$$N_1 = 3\,907,79 \cdot 250 = 976\,647,5, -Kč$$

Náklady podle hodinové sazby pro první způsob na celý rok jsou **976 647,5,-Kč**.

**Úspory pro první návrh:**

$$N_{\text{ú1}} = N - N_1 = 1\,021\,885 - 976\,647,5 = 45\,237,5, -Kč$$

Celkové ušetřené náklady na výrobu pro první návrh jsou **45 237,5,-Kč** za rok.

## b) Úspory pro druhý způsob

Celkový čas na všechny operace podle návrhu je 18 050,9s (5,01h) za směnu. Za den 54 152,7s (15,04h). Za měsíc 1 912 359s (531,21h). Za rok 14 296 313s (3 971,2h).

**Náklady na celý rok:**

$$N_2 = 3\,971,2 \cdot 250 = 992\,800, -Kč$$

Náklady podle hodinové sazby pro druhý způsob na celý rok jsou **992 800,-Kč**.

**Úspory pro druhý návrh:**

$$N_{\dot{U}2} = N - N_2 = 1\,021\,885 - 992\,800 = 29\,085, -Kč$$

Celkové ušetřené náklady na výrobu pro druhý návrh jsou **29 085,-Kč** za rok.

## 4.2 Náklady a úspory návrhu podle Shenkyova diagramu

Podle nového Shenkyova diagramu jsem rozmístil pracoviště tak, aby vzdálenost u nejpoužívanějších strojů byla co nejmenší ke skladu hotových výrobků.

Náklady a vypočítané úspory jsem sepsal do přehledné tabulky (*Tab. 4.1*).

Náklady na přemístění stroje pro výrobu základního tělesa jsou podle odhadu ředitele firmy **31 000,-Kč**.

Pro zjištění úspor jsem vycházel z hodinové sazby pracovníka, vzdálenosti, kterou pracovník musí ujít za rok a průměrné rychlosti manipulanta.

Úspory jsem vypočítal pouze pro základní těleso z upravených vzdáleností v lisovně, protože návrh ovlivňuje výrobní halu.

Hodinová sazba pracovníka je 250,-Kč a průměrná rychlost chůze manipulanta s paletou je přibližně 4km/h.

Za rok je vyrobeno celkem 178 200 kusů základního tělesa a zmetky.

Manipulant pro výrobu základních těles jednou za rok přepraví granulát a barvivo. Vzdálenost, kterou dohromady při přepravě urazí na lisovně je 48m (0,048km) za rok.

Naplněné palety do skladu hotových výrobků přepraví v roce 476krát a vzdálenost, kterou při tom urazí je 16 898m (16,898km).

**Celková vzdálenost v roce:**

$$L = 0,048 + 16,898 = 16,946km$$

Celkovou vzdálenost, kterou manipulant v přepravě základního tělesa a granulátu urazí je **16,946km**.

**Odpracovaných hodin při přepravě:**

$$t_o = \frac{L}{v} = \frac{16,946}{4} = 4,24h$$

Přepřevou výrobního materiálu a základního tělesa manipulant odpracuje za rok 4,24h.

**Náklady na manipulaci za rok:**

$$N = 4,24 \cdot 250 = 1\,060, -Kč$$

Náklady podle hodinové sazby na celý rok pro přepravu jsou **1 060,-Kč**.

V novém návrhu rozmístění se změnila vzdálenosti pro přepravu materiálu a barviva. Podle VSM metody se změnila i výrobní dávka.

Manipulant pro výrobu základního tělesa 8krát za rok přepraví granulát a barvivo. Vzdálenost, kterou dohromady urazí na lisovně je 296m (0,296km) za rok.

Naplňené palety do skladu hotových výrobků přepraví v roce 476krát a vzdálenost, kterou při tom urazí je 2 618m (2,618km).

**Celková vzdálenost po přemístění v roce:**

$$L_p = 0,48 + 2,618 = 3,098km$$

Celkovou vzdálenost, kterou manipulant v přepravě základního tělesa a granulátu urazí je **3,098km**.

**Odpracovaných hodin při přepravě po přemístění:**

$$t_{op} = \frac{L_p}{v} = \frac{3,098}{4} = 0,77h$$

Přepřevou výrobního materiálu a základního tělesa manipulant odpracuje za rok **0,77h**.

**Náklady na manipulaci za rok:**

$$N_p = 0,77 \cdot 250 = 192,5, -Kč$$

Náklady podle hodinové sazby na celý rok pro přepravu materiálu a základního tělesa v lisovně po přemístění stroje jsou **192,5,-Kč**.

**Úspory po přemístění stroje:**

$$N_{\dot{U}} = N - N_p = 1\,060 - 192,5 = 867,5, -Kč$$

Celkové ušetřené náklady na výrobu pro druhý návrh jsou **867,5,-Kč** za rok.

### 4.3 Finanční zhodnocení návrhů

V této podkapitole jsem pro přehlednost zhotovil tabulky (Tab. 4.1 a Tab. 4.2), kde jsou pro porovnání sepsány veškeré náklady a úspory pro optimalizovaný materiálový tok základního tělesa, které vznikly po návrhu.

První návrh je zapsán v tabulce (Tab. 4.1) a druhý návrh v následující tabulce (Tab. 4.2)

Tab. 4.1 Náklady a úspory pro první návrh

Náklady	Cena [Kč]
Skládací dílenský stůl	2 226
Lepenkový sud	542,50
Přemístění stroje	31 000
<b>Suma</b>	<b>33 768,50</b>
Úspory	Cena [Kč]
Úspory pro návrh podle VSM metody	45 237,5
Úspory pro návrh podle Sankeyova diagramu	867,5
<b>Suma</b>	<b>46 105</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Celkové náklady, které musí společnost vložit do zavedení prvního způsobu a přemístění stroje jsou **33 768,50,-Kč**. Celkové úspory, které ušetří, jsou **46 105,-Kč**.

Z těchto hodnot jsem vypočítal návratnost podle vztahu:

$$t_{n1} = \frac{N}{N_{\dot{U}}} = \frac{33\,768,50}{46\,105} = 0,73 \text{ let}$$

Pro první návrh je doba návratu investic za **0,73let**. Po převedení **8,76 měsíců** nebo **266,633 dní**.

Tab. 4.2 Náklady a úspory pro druhý návrh

Náklady	Cena [Kč]
Skládací dílenský stůl	2 226
Lepenkový sud	542,50
Propiska	540
Papírový blok	2 686
Přemístění stroje	31 000
<b>Suma</b>	<b>36 994,50</b>
Úspory	Cena [Kč]
Úspory pro návrh podle VSM metody	29 085
Úspory pro návrh podle Sankeyova diagramu	867,5
<b>Suma</b>	<b>29 952,50</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Celkové náklady, které musí společnost vynaložit na zavedení druhého způsobu a přemístění stroje jsou **36 994,50,-Kč**. Celkové úspory, které ušetří, jsou **29 952,50,-Kč**.

Z těchto hodnot jsem vypočítal návratnost pro druhý návrh podle vztahu:

$$t_{n2} = \frac{N}{N_{\dot{U}}} = \frac{36\,994,50}{29\,952,5} = 1,24 \text{ let}$$

Pro druhý návrh je doba návratu investic za **1,24 let**. Po převedení **14,88 měsíců** nebo **452,91 dní**.

Pro první návrh jdou úspory větší oproti druhému o **16 152,50,-Kč**. První způsob má i kratší dobu návratu investic o **0,51 let**. Po přepočtu o **6,12 měsíců** nebo **186,28 dní**.

#### 4.4 Náklady a úspory pro další návrhy

V této podkapitole jsou vypsány náklady a vypočítané úspory v tabulce (Tab. 4.3), pro další návrhy na zlepšení výrobního procesu.

Náklady, které jsem zapsal do tabulky, jsou pro návrh na zaškolení manipulanta na seřizovače a ohraničení pro distribuční sklad.

Náklady na zaškolení jsem zjistil od ředitele firmy. Při zjišťování nákladů pro ohraničení jsem postupoval stejným způsobem z předchozích podkapitol (vyhledání nejnižší ceny a nejvyšší spokojenost zákazníků). Vybral jsem 2 desky z PVC.



Pro vypočítání úspor jsem vycházel také z hodinové mzdy a času práce.

Celková doba seřizování za rok je 396h. Po zaškolení manipulanta to je 198 h. Ušetřené náklady za rok jsou 49 500,-Kč.

Celkovou dobu nakládky jsem počítal pouze pro základní těleso, které se odváží jednou za měsíc ve dvou 40 stopých kontejnerech. Nakládka jednoho kontejneru trvá 35min. Celková doba nakládky za rok je 14h. Po úpravě, kde se ušetří čas 1 minuta. Výsledný čas manipulace za rok bude 13,6h. Ušetřené náklady jsou 100,-Kč.

Tab. 4.3 Náklady a úspory pro další návrhy

Náklady	Cena [Kč]
Zaškolení	23 600
Plastová deska	197
Plastová deska	197
<b>Suma</b>	<b>23 994</b>
Úspory	Cena [Kč]
Úspory ze zaškolení manipulanta	49 500
Úspory z ohraničení	100
<b>Suma</b>	<b>49 600</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Celkové náklady, které společnost může vynaložit na zavedení dalších návrhů, jsou **23 994,-Kč**. Celkové úspory, které ušetří, jsou **49 600,-Kč**.

Z těchto hodnot jsem vypočítal návratnost pro návrhy podle vztahu:

$$t_n = \frac{N}{N_{\dot{U}}} = \frac{23\,994}{49\,600} = 0,48 \text{ let}$$

Pro další návrhy je doba návratu investic za **0,48 let**. Po převedení **5,76 měsíců** nebo **175,32 dní**.

## Závěr

V teoretické části jsem se zabýval vysvětlením, co je materiálový tok, jaké jsou jeho druhy a co vše ho ovlivňuje. Dále jsem sepsal teoretické poznatky ohledně řízení, analýzy a optimalizace materiálových toků. Na závěr teoretické části jsem sepsal, jaké analytické metody se používají pro hodnocení a zobrazení materiálových toků. Podrobně jsem sepsal matici mezidíleňských operací, postupový a oběhový diagram, šachovnicovou tabulku, Sankeyův diagram, metodu VSM.

Cílem praktické části bylo zhodnocení vybraného materiálového toku ve výrobním podniku. Analyzoval jsem materiálový tok v plastikářské firmě Pedaplast s.r.o..

V praktické části jsem krátce popsal firmu. Popsal jsem strukturu výrobního podniku. Dále jsem popsal jednotlivé kroky v informačním a materiálovém toku.

Pro analýzu jsem vybral základní těleso, které se vyrábí v podniku každý den ve třisměnném provozu. Zhotovil jsem pro materiálový tok Sankeyův diagram, podle kterého jsem zjistil, že manipulát musí v lisovně při přepravě urazit vzdálenost 35,5m od vstupní haly.

Dále jsem pro tento materiálový tok zanalyzoval VSM metodu, pro kterou jsem naměřil časy přípravy a cyklů jednotlivých výrobních procesů. Dále jsem vypočítal časové držení zásob před jednotlivými operacemi. Z těchto hodnot jsem vytvořil VSM mapu a vypočítal VA index, který má hodnotu 0,00033%. Podle VSM mapy jsem zjistil, že se dají zlepšit samotné procesy a upravit výrobní dávku.

VA index jsem zvětšil dvěma návrhy. Oba návrhy zkracují časy přípravy a čas přidávající hodnotu. První návrh zkracuje čas cyklu kontroly kvality, ale prodlužuje proces balení. Výsledný čas přidávající hodnotu pro první návrh je 104,22s. Druhý návrh zkracuje čas cyklu balení, ale prodlužuje proces kontroly kvality. Výsledný čas přidávající hodnotu pro druhý návrh je 99,83s. Druhý návrh má oproti prvnímu návrhu tuto hodnotu výrazně nižší.

Pro snížení času, který nepřidává hodnotu, jsem upravil způsob přepravy granulátu, který by se přepravoval v lepenkovém sudu místo žoku. Dále jsem odstranil ukládání výlisku hned za procesem lisování. Tím se původní hodnota snížila na hodnotu 38,03 dnů.

VA index po přepočítání je pro oba návrhy stejný. Jeho finální hodnota je 0,0026%.

Dále jsem provedl změnu v umístění stroje. Nová poloha stroje 5,5m od vstupní haly. Délka přepravy barviva se tím zvětšila. Tato vzdálenost je méně důležitá než vzdálenost pro přepravu výrobků či granulátu.

Dále jsem zhotovil další návrhy, které mohou zlepšit výrobní proces. Navrhl jsem změnu pro snížení doby přípravy pro zahájení výroby, zlepšení úzkého místa a oddělení distribučního skladu.

Na závěr práce jsem určil, jaké náklady je potřeba vynaložit na realizaci návrhů a vypočítal jsem úspory i návratnost vstupního kapitálu pro realizaci. Pro první návrh je potřeba vynaložit 33 768,52,-Kč. Prvním návrhem by se ušetřilo 46 105,-Kč za rok. K návratu nákladů na realizaci by došlo za 266,633 dní. Do druhého návrhu je potřeba vložit 36 994,50,-Kč. Druhým návrhem by se ušetřilo 29 952,50,-Kč za rok. Návratnost nákladů je za 452,91 dní. První návrh je dle financí výhodnější. Má nižší náklady, větší úsporu a nižší dobu návratnosti kapitálu.

Na závěr jsem ekonomicky zhodnotil zbylé návrhy. Další náklady, které je potřeba vynaložit pro návrhy jsou 23 994,-Kč. Těmito návrhy bude finanční úspora 49 600,-Kč za rok. Návrat nákladů je za 175,32 dní.

Oba návrhy ředitele firmy zaujaly a uvažuje o jejich zavedení. Firma plánuje výstavbu nových dvou hal a možná jeden z těchto návrhů použije nebo upraví.

## Seznam zdrojů

- [1] MACUROVÁ, Pavla, Naděžda KLABUSAYOVÁ a Leo TVRDOŇ. *Logistika*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2014. ISBN 978-80-248-3791-8.
- [2] GROS, Ivan. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN isbn978-80-7080-952-5.
- [3] ZELENKA, Antonín a Mirko KRÁL. *Projektování výrobních systémů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. ISBN isbn80-01-01302-2.
- [4] ČUJAN, Zdeněk, Libor KAVKA a Kamil PETEREK. *Logistika v praktických úlohách a případových studiích* [CD-ROM]. Přerov: VŠLG, 2017. ISBN 978-80-87179-45-1.
- [5] ČUJAN, Zdeněk. *Logistika výrobních technologií*. Přerov: Vysoká škola logistiky, 2013. 1. vydání. ISBN 987-80-87179-31-4.
- [6] ČUJAN, Zdeněk. *Zpětná logistika*. Přerov: Vysoká škola logistiky, 2015. ISBN isbn978-80-87179-34-5.
- [7] KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [8] ŠTŮSEK, Jaromír. *Řízení provozu v logistických řetězcích*. V Praze: C.H. Beck, 2007. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-534-6.
- [9] BIGOŠ, Peter, Imrich KISS a Juraj RITÓK, 2008. *Materiálové toky a logistika*. 2. vyd. Košice: Technická univerzita, Strojnícka fakulta. Edícia vedeckej a odbornej literatúry. ISBN 978-80-553-0129-7.
- [10] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Řízení výroby a nákupu*. Praha: Grada, 2007. Expert. ISBN 978-80-2471479-0.
- [11] ČUJAN, Zdeněk a Zdeněk MÁLEK. *Výrobní a obchodní logistika*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008. ISBN isbn978-80-7318-730-9.
- [12] MAŠÍN, Ivan. *Mapování hodnotového toku ve výrobních procesech*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2003. ISBN 80-902235-9-1.

- [13] Academy of Productivity and Inovations. *Zmapujte hodnotový tok pomocí metody VSM*. [online]. 2017 [cit. 27. 2. 2020]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25849n-zmapujte-hodnotovy-tok-pomoci-metody-vsm>
- [14] Nábytek pro firmy. *Skládací dilenský stůl, 1000 x 500 x 845 mm*. [online]. 2020 [cit. 14. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.nabytek-pro-firmy.cz/obchod/dilensky-nabytek/dilenske-pracovni-stoly/skladaci-dilenske-stoly/473101>
- [15] Obal centrum. *Lepenkové sudy*. [online]. 2020 [cit. 15. 4. 2020]. <https://www.obalcentrum.cz/lepenkove-sudy>
- [16] Em shop. *Kuličkové pero Classic - klikací, 0.7 mm černé*. [online]. 2020 [cit. 25. 4. 2020]. Dostupné z: [https://www.em-shop.cz/p-22839/rs-MzU1NTk/?gclid=EAIaIQobChMI44jI8sqB6QIVSkTTCh3ONw5PEAYYASABEGKMhPD\\_BwE](https://www.em-shop.cz/p-22839/rs-MzU1NTk/?gclid=EAIaIQobChMI44jI8sqB6QIVSkTTCh3ONw5PEAYYASABEGKMhPD_BwE)
- [17] Výhodný tisk. *Bloky DL (do 10 dní)*. [online]. 2020 [cit. 25. 4. 2020]. Dostupné z: [https://www.vyhodnytisk.cz/bloky-dl.html#/papir-80g\\_ofset/pocet\\_listu-50/zaobleni\\_rohu-ne/mnozstvi-200](https://www.vyhodnytisk.cz/bloky-dl.html#/papir-80g_ofset/pocet_listu-50/zaobleni_rohu-ne/mnozstvi-200)
- [18] E-shop multiplast. *Lehčené (pěnění) PVC desky*. [online]. 2020 [cit. 25. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.multiplast.cz/eshop/desky-pro-reklamu-25/lehcene-pvc-desky-90?colorId=65&dimId=189&dim2Id=6648>

## Seznam grafických objektů

Schéma 1.1 Materiálový tok .....	10
Schéma 1.2 Oběhový diagram .....	21
Schéma 1.3 Sankeyův diagram .....	24
Schéma 1.4 Zjednodušený Sankeyův diagram .....	25
Schéma 1.5 Mapa VSM .....	26
Schéma 2.1 Struktura výrobního podniku .....	32
Schéma 2.2 Materiálový a informační tok firmy .....	34
Schéma 3.1 Aktuální rozvržení stolu .....	55
Schéma 3.2 Aktuální rozmístění .....	71
Schéma 3.3 Nové rozmístění .....	72
Schéma 3.4 Oddělení skladů .....	72
Obr. 2.1 Základní těleso .....	37
Obr. 2.2 Sankeyův diagram mezidíleňského toku .....	38
Obr. 2.3 Sankeyův diagram toků v lisovně .....	39
Obr. 2.4 VSM mapa základního tělesa .....	51
Obr. 3.1 Skládací díleňský stůl .....	56
Obr. 3.2 Lepenkový sud .....	61
Obr. 3.3 VSM mapa pro první návrh .....	65
Obr. 3.4 VSM mapa pro první návrh .....	66
Obr. 3.5 Upravený Sankeyův diagram .....	68
Tab. 1.1 Základní značky postupového diagramu .....	18
Tab. 1.2 Doplňkové značky postupového diagramu .....	19
Tab. 1.3 Matice mezidíleňských operací .....	19
Tab. 1.4 Postupový diagram .....	20
Tab. 1.5 Šachovnicová tabulka .....	23
Tab. 1.6 Ikony materiálového toku pro mapování toku ve firmě .....	27
Tab. 1.7 Ikony informačního toku pro mapování toku ve firmě .....	27
Tab. 1.8 Obecné ikony pro mapování toku ve firmě .....	28
Tab. 2.1 Plastikářské zařízení .....	33

Tab. 2.2 Rozmístění strojů od vstupních vrat .....	40
Tab. 2.3 Rozmístění strojů od skladu barev.....	40
Tab. 2.4 Naměřené časové hodnoty lisování .....	43
Tab. 2.5 Naměřené časové hodnoty přendávání výlisků .....	44
Tab. 2.6 Počet vyrobených kusů za směnu .....	44
Tab. 2.7 Počet vyrobených kusů za směnu .....	45
Tab. 2.8 Naměřené časové hodnoty pro kontrolu kvality .....	47
Tab. 2.9 Naměřené časové hodnoty vytažení nože.....	47
Tab. 2.10 Naměřené časové hodnoty.....	48
Tab. 2.11 Naměřené časové hodnoty vytažení nože.....	49
Tab. 3.1 Naměřené časové hodnoty zápisu.....	57
Tab. 3.2 Naměřené časové hodnoty přendání výlisků .....	59
Tab. 3.3 Tabulka po rovnání doby cyklů před a po úpravě .....	62
Tab. 3.4 Tabulka porovnání doby přípravy před a po úpravě.....	63
Tab. 3.5 Tabulka porovnání kapacit a časových hodnot držení.....	63
Tab. 3.6 Nové rozmístění strojů od vstupních vrat.....	69
Tab. 3.7 Rozmístění strojů od skladu barev.....	70
Tab. 4.1 Náklady a úspory pro první návrh .....	79
Tab. 4.2 Náklady a úspory pro druhý návrh .....	80
Tab. 4.3 Náklady a úspory pro další návrhy .....	81

## Seznam zkratek

2D	Dvourozměrný
3D	Třírozměrný
6W	Základní otázky výroby
atd	A tak dále
CO	Čas přípravy
CT	Čas cyklu procesu
D	Vzdálenost
FIFO	První dovnitř, první ven
g	Gram
h	Hodina
Kč	Koruna česká
kg	Kilogram
km	Kilometr
ks	kusy
l	Litr
L	Vzdálenost ke stroji
$L_p$	Vzdálenost ke stroji po přemístění stroje
LT	Průběžná doba výroby
m	Metr
$M_G$	Matice intenzity
$m_{ij}$	Prvky vyjadřující množstevní propojení mezi místy i a j
min	Minuta
mm	Milimetr
N	Náklady



$N_p$	Manipulační náklady
$N_ú$	Úspory
NVA	Nepřidaná hodnota
OEE	Celková efektivita výroby
OK	Souhlas
P	Výkon materiálového toku
PA	Polyamid
PC	Počítač
PE	Polyetylén
PP	Polypropylén
PS	Polystyrén
PVC	Polyvinylchlorid
Q	Množství vyrobených výrobků
$Q_d$	Množství vyrobených výrobků za den
$Q_s$	Množství vyrobených výrobků za směnu
s	Sekunda
s.r.o.	Společnost s ručením omezeným
t	Čas
$t_n$	Doba návratu investic
$t_o$	Odpracované hodiny
$t_{op}$	Odpracované hodiny po přemístění stroje
$t_z$	Čas držení zásob
v	Rychlost pohybu manipulanta
VA	Přidaná hodnota
VSM	Mapování toku hodnot

<b>Autor</b>	Bc. Filip Müller, DiS.
<b>Název DP</b>	Řízení materiálového toku ve výrobním podniku
<b>Studijní obor</b>	LOG
<b>Rok obhajoby DP</b>	2020
<b>Počet stran</b>	74
<b>Počet příloh</b>	0
<b>Vedoucí DP</b>	doc. Ing. Zdeněk Čujan, CSc.
<b>Anotace</b>	<p>Tato diplomová práce se zabývá řízením materiálového toku. V práci je sepsaná teorie zaměřená na materiálový tok, řízení materiálového toku a jeho analýzu. V praktické části jsou zhotoveny analýzy vybraného materiálového toku ve firmě Pedaplast s.r.o.. Podle zhotovených analýz jsou vytvořeny návrhy pro optimalizaci vybraného materiálového toku. V práci jsou i další návrhy na zlepšení výrobního procesu. Na závěr práce je zhotoveno ekonomické zhodnocení všech návrhů.</p>
<b>Klíčová slova</b>	Materiálový tok, řízení materiálového toku, VSM analýza, Shankeyův diagram
<b>Místo uložení</b>	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
<b>Signatura</b>	