

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

**Zemědělská fakulta**

---

Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Provozně podnikatelský obor

Katedra: Řízení

## **Diplomová práce**

**Optimalizace výroby pro nezávislé vícehlavé vyšívací automaty**

Vedoucí diplomové práce

Prof. Ing. Drahoš Vaněček, CSc.

Autor

Lukáš Borek

2013

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUĎEJOVICÍCH  
Zemědělská fakulta  
Akademický rok: 2006/2007

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš BOREK**  
Osobní číslo: **Z04473**  
Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**  
Studijní obor: **Provozně podnikatelský obor**  
Název tématu: **Optimalizace výroby pro nezávislé vícehlavé vyšívací automaty**  
Zadávající katedra: **Katedra řízení**

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

**Cíl práce:**

Sestavení modelu pro optimalizaci řízení výroby.

**Metodika práce:**

Charakteristika výrobního procesu, analýza jednotlivých operací, sestavení modelu, optimalizace dle parametrů.

**Rámcová osnova:**

1. Úvod: Význam vybrané technologie pro textilní průmysl. 2. Přehled literatury: a) Zhodnocení stavu textilního průmyslu v ČR, b) rozmístění strojů a lidí na pracovišti, c) operativní řízení, d) kvalita práce a výstupní kontrola. 3. Cíl a metodika práce: doložení efektivity nových technologií na příkladu vybraného textilního podniku. 4. Vlastní práce: a) charakteristika podniku, b) výrobní proces, c) analýza organizace práce, d) sestavení modelu, e) optimalizace f) zobecnění a uplatnění výsledků. 5. Závěr. 6. Literární přehled. 7. Přílohy (v případě potřeby)

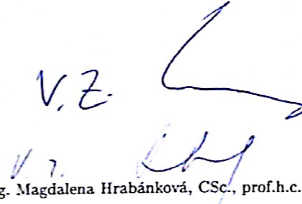
Rozsah grafických prací: dle potřeby, doporučuje se využití fotografie  
Rozsah pracovní zprávy: 50 - 70 stran  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná


Seznam odborné literatury:

- PERNICA P.: *Logistický management - teorie a podniková praxe*. Praha, Radix, 1998  
LAMBERT D.M., STOCK J.R., ELLRAM L.M.: *Logistika*. Computer Press, Praha 2000  
GROS I.: *Logistika*. VŠCHT Praha, 1996  
KAVAN M.: *Výrobní a provozní management*. Grada Publishing 2002  
VANĚČEK D.: *Logistika*. Skripta ZF JU Č.Budějovice, 2003 (I. díl), 2004 (2. díl).  
PERNICA P. a kol.: *Doprava a zasilatelství*. ASPI Publishing, 2001  
GROS, I.: *Kvantitativní metody v manažerském podnikání*. Grada Publishing, Praha, 2003  
*Normy kvality ISO*  
*LOGISTIKA: měsíčník pro dopravu, skladování, balení a distribuci*

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Drahoš Vaněček, CSc.  
Katedra řízení

Datum zadání diplomové práce: 20. března 2007  
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2009

  
prof. Ing. Magdalena Hrabánková, CSc., prof.h.c. děkanka  
Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
Zemědělská fakulta  
studijní oddělení  
Studeňská 13 ①  
370 05 České Budějovice

  
doc. Ing. Ladislav Rolínek, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 20. března 2007

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Optimalizace výroby pro nezávislé vícehlavé vyšívací automaty“ vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a materiálů, které uvádím v seznamu literatury.

V Českých Budějovicích, 20. dubna 2013

.....  
Lukáš Borek



## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu diplomové práce panu Prof. Ing. Drahošovi Vaněčkovi, CSc. za jeho odbornou pomoc a cenné připomínky při zpracování této diplomové práce.

Zároveň bych rád poděkoval vedení společnosti JD Promo s.r.o. za umožnění sběru dat z reálného provozu a ověření výsledků na výrobních zakázkách společnosti. Zvláště bych rád poděkoval pí Ničové a panu Lochovi za poskytnutí zajímavých informací, týkajících se výrobního úseku, a za umožnění realizace cílů této diplomové práce.

# Obsah

<b>1. Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2. Literární přehled</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Podstata výrobního procesu</b>	<b>2</b>
<b>2.2 Druhy a typy výrob</b>	<b>2</b>
<b>2.3 Možnosti výrobních postupů při zpracování zakázek</b>	<b>4</b>
<b>2.4 Produktivita a intenzita práce</b>	<b>5</b>
<b>2.5 Pracovní linky</b>	<b>8</b>
<b>2.5.1 Vymezení pojmu pracovní linka</b>	<b>8</b>
<b>2.5.2 Časové uspořádání pracovních linek</b>	<b>9</b>
<b>2.5.3 Struktura pracovních linek</b>	<b>10</b>
<b>2.6 Výrobní kapacita a její využití</b>	<b>11</b>
<b>2.7 Časové hledisko ve výrobních procesech</b>	<b>13</b>
<b>3. Zemědělská a průmyslová výroba</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Specifické vlastnosti zemědělské výroby</b>	<b>14</b>
<b>3.2 Srovnání zemědělské a průmyslové výroby</b>	<b>16</b>
<b>4. Technologie vyšívání</b>	<b>20</b>
<b>4.1 Přehled vývoje vyšívání</b>	<b>20</b>
<b>4.2 Charakteristika výrobního procesu průmyslového vyšívání</b>	<b>22</b>
<b>4.3 Klasické vícehlavé vyšívací automaty</b>	<b>27</b>
<b>4.4 Moderní modulární systém vyšívacích automatů</b>	<b>29</b>
<b>4.5 Srovnání moderního modulárního systému s klasickou koncepcí</b>	<b>31</b>
<b>5. Cíl práce a zvolená metodika</b>	<b>36</b>
<b>5.1 Cíl práce</b>	<b>36</b>
<b>5.2 Metodika práce</b>	<b>36</b>
<b>6. Analýza podniku</b>	<b>38</b>
<b>6.1 Popis společnosti</b>	<b>38</b>
<b>6.2 Struktura společnosti</b>	<b>39</b>
<b>6.3 Strojové vybavení podniku před plánovanou výměnou</b>	<b>41</b>
<b>6.4 Strojové vybavení podniku po plánované výměně</b>	<b>42</b>
<b>6.5 Prostorová konfigurace podniku</b>	<b>44</b>

<b>6.6 Organizace pracoviště</b>	<b>45</b>
<b>7. Optimalizace</b>	<b>46</b>
<b>7.1 Možnosti optimalizace výrobního procesu</b>	<b>46</b>
<b>7.2 Druhy optimalizace</b>	<b>47</b>
<b>7.3 Sestavení modelu</b>	<b>47</b>
<b>7.3.1 Parametry definice zakázky</b>	<b>47</b>
<b>7.3.2 Časová struktura výrobního procesu</b>	<b>48</b>
<b>7.3.3 Optimální nasazení strojové kapacity k pracovní síle</b>	<b>49</b>
<b>7.3.4 Čas potřebný pro zpracování zakázky</b>	<b>52</b>
<b>7.3.5 Optimální počet hlav a operátorů k zakázce</b>	<b>62</b>
<b>7.3.6 Optimalizace realizace více zakázek</b>	<b>64</b>
<b>7.4 Algorytmizace pro optimalizaci v reálném čase</b>	<b>65</b>
<b>8. Závěr</b>	<b>65</b>
<b>Seznam použité literatury</b>	<b>67</b>

# 1. Úvod

Správná volba strojového vybavení, pracovní podmínky, vhodné uspořádání pracoviště a v neposlední řadě kvalifikace a dispozice pracovníků mají zásadní vliv na celkový výsledek výroby. Projeví se nejen na kvalitě výrobků, ale samozřejmě i na výsledném výkonu. Právě výkon, produktivita a optimální nasazení výrobních prostředků tak hraje klíčovou roli, která předurčuje celkovou ekonomičnost výroby. Mnoho firem těmto faktům nepřikládá patřičnou důležitost a dostávají se tak často do situací poklesu zisků, kdy tuší, že rentabilita výroby není zcela v pořádku, ale řešení situace hledají v segmentu obchodu, nikoliv ve zvýšení efektivnosti výroby. Mnohdy však stačí málo, aby změny na poli organizace práce přinesly rychlý a okamžitý výsledek. Tato práce je zaměřena na proces výroby ve strojovém vyšívání a vznikala na základě spoluúčasti na transformaci výroby jedné takové firmy, která přistoupila k postupné kompletní změně strojového vybavení a s využitím výsledků optimalizačního modelu pro nové implementované stroje tak radikálně zefektivnila celkový výrobní proces.

## 2. Literární přehled

### 2.1 Podstata výrobního procesu

Výrobní proces je v každém podniku souhrnem činností vedoucích k výslednému produktu výroby, který je buď finálním výrobkem nebo polotovarem pro další zpracování. V obecnějším pojetí, jak uvádí HALAXA ve své publikaci „Ekonomika a řízení strojírenské výroby“, je možno výrobní proces chápat jako souhrn procesů pracovních, technologických a přírodních, jejichž výsledkem je zhotovení výrobku [1].

Z výše uvedeného lze rozpoznat tři důležité složky výrobního procesu: pracovní proces, technologický proces a přírodní proces. Samotný pracovní proces, kde hlavní úlohu hraje přímo člověk, lze chápat podle VRBY jako souhrn uspořádaných dějů, v nichž lidé svou prací, obvykle pomocí pracovních prostředků, přetvářejí pracovní předměty na výsledné výrobky. Pracovní proces se opět skládá z mnoha částí, a je účelné ho pro detailní popis dále členit. Hierarchicky je možné pracovní proces rozdělit na jednotlivé operace, které se skládají z úkonů a ty pak lze rozdělit do jednotlivých pohybů [8].

Takové dělení je vhodné pro pochopení celé skladby dějů a lze ho využít v řadě konkrétních aplikací pro sestavování optimalizačních modelů výrobních procesů.

### 2.2 Druhy a typy výrob

Každou výrobu nebo výrobní proces můžeme dělit podle mnoha hledisek. Často se vyskytuje dělení podle druhu výroby, kde je možné jako jednotlivé druhy uvést výrobu průmyslovou, těžební, zemědělskou, stavební a podobně. Z povahy věci má

každá výroba svá specifika, různé využití a různě silnou závislost na jednotlivých složkách výrobního procesu.

Typy výrob lze rozdělit podle jejich opakovatelnosti, případně objemu produkce. Výroby mohou probíhat podle dlouhodobých plánů nebo naopak zakázkově na základě přesně specifikovaných individuálních požadavků koncového odběratele.

HALAXA uvádí jako základní kritérium pro vymezení podstaty typů výroby její míru opakovatelnosti, popř. stupeň stálosti na jednotlivých organizačních jednotkách během určitého období (zpravidla jeden rok) a rozděluje výrobu do tří typů: **hromadná, sériová a kusová.**

### **Hromadný typ výroby**

Nejvyšší stupeň opakovatelnosti a stálosti výroby. Základním znakem a současně předpokladem je úzká specializace pracovišť a jednotek. Jde o takovou specializaci, při níž se provádějí rytmicky opakované operace. Úzká specializace může nastat pouze tehdy, umožňuje-li rozsah výroby plné, nepřetržité zaměstnání jednotlivých pracovišť. Předpokladem je tedy přidělení takového rozsahu produkce stejného druhu jednotlivým pracovištím, který na delší období (zpravidla jeden rok ) umožňuje zabezpečit stálé opakování stejných pracovních činností.

### **Sériový typ výroby**

Zpravidla nejběžnější typ výroby ve strojírenství. Při sériové výrobě je pracnost celkového objemu určité produkce ve stanoveném období menší než efektivní časový fond strojů, na nichž se provádějí v tomto období jednotlivé operace. Pro využití časového fondu je tedy nezbytné na každém pracovišti provádět několik operací. Na každém pracovišti je třeba zabezpečit takový počet operací, aby byla dosažena rovnost:

$$\sum t_i = F,$$

kde  $\sum t_i$  je celkový čas potřebný k provedení všech operací

F časový fond pracoviště nebo stroje

Poměr  $\sum t_i$  a F určuje stupeň sériovosti výroby. Dále je možné sériovou výrobu dělit na velkosériovou, středně sériovou a malosériovou.

### **Kusový typ výroby**

Kusovou výrobu charakterizuje neopakovatelnost jednotlivých druhů výrobků a operací, popř. opakovatelnost v delším časovém intervalu. Podle toho rozeznáváme kusovou opakovanou nebo kusovou neopakovanou výrobu. [1]

Samozřejmě každý typ výroby vyžaduje pro svá specifika odlišný přístup. Typ výroby působí a ovlivňuje především volbu technologie, strojového zařízení, stupeň využití automatizace a určuje formy organizace a řízení celého výrobního procesu.

Ve své publikaci VANĚČEK používá detailnější členění typů výrob a rozšiřuje je o výrobu **projektovou a kontinuální**

**Kontinuální výroba** – uváděna jako zvláštní forma hromadné výroby. Její průběh nelze přerušit po ukončení směny z důvodů vysokých ekonomických ztrát. Vyrábí se 24 hodin denně po dlouhou dobu.

**Projektová výroba** – vysoce flexibilní a nízko-objemová. Většina projektů je dlouhodobého charakteru a má zpravidla přiděleny pracovníky na celou dobu trvání projektu. Jedná se o kombinaci existujících typů, spojení hromadné a individuální kusové výroby, kdy se pro každého zákazníka vyrábí přesně takový výrobek, jaký si přeje, a to v ceně srovnatelné se standardním produktem. [9]

## 2.3 Možnosti výrobních postupů při zpracování zakázek

Každá zakázková výroba musí ve svém řídicím článku řešit otázku nasazování konkrétních zakázek do výroby. Existuje více přístupů, jak takovou situaci řešit. VANĚČEK uvádí pět základních postupů:

**FCFS** ( First Come, First Served ). První vstoupí, první je obsloužen. Zakázky jsou vyřizovány v pořadí, v jakém jsou přijaty.

**SPT** ( Shortest Processing Time ). Nejkratší výrobní čas. Nejprve zpracují zakázky, které mají nejkratší výrobní čas.

**EDD** ( Earliest Due Date ). První požadované datum. Do výroby vstupují jako první zakázky, které mají být hotovy v nejbližším časovém termínu.

**STR** ( Slack Time remaining ). Zbývající volný čas. Tento čas je kalkulován jako rozdíl mezi požadovaným datem ukončení a časem potřebným pro výrobu. Nejprve se zpracovávají objednávky s nejkratším STR.

**LCFS** ( Last Come, First Served ). Poslední nejdříve. Pro zákazníka nejméně vhodný. [9]

Metoda LCFS je spíše teoretická, pro zákazníka a tudíž i pro dodavatele nepřijatelná. V extrémním případě by totiž při naplnění výroby mohla vzniknout situace, kdy pro prvního přichozícího zákazníka by objednávka nebyla vyřízena nikdy a dostalo by se jen na poslední objednávky. Naopak metoda STR se jeví jako spolehlivé řešení pro plnění dohodnutých termínů, pokud to výrobní kapacita umožní. Pochopitelně je možné metody mezi sebou v určitém časovém horizontu kombinovat.

## 2.4 Produktivita a intenzita práce

Produktivita hraje významnou roli ve fungování každého podniku. Jde obecně o vyjádření výkonnosti nebo efektivnosti v různých pohledech. Na produktivitu je možné se dívat čistě z ekonomického hlediska porovnáváním finančních ukazatelů nebo z hlediska výkonu práce, pracovního vytížení strojů, pracovní síly.

Definice obecné produktivity jako relativní veličiny se uvádí v různých variantách a někdy je účelně dělena podle různých hledisek. Například VANĚČEK ji ve své publikaci dělí na tři možné varianty:



- **částečná**
- **multifaktorová**
- **celková**

**Částečná** – uvádí poměr mezi výstupem a nějakým dílčím vstupem ( práce, energie, materiál )

**Multifaktorová** – je dána poměrem mezi výstupem a součtem vybraných kombinací více vstupů

**Celková** – je dána poměrem mezi výstupem a celkovým vstupem

**Produktivitu práce** pak uvádí jako účinnost práce

$$PP = Q / T,$$

kde Q je množství výstupu (výrobků) a T je čas. [9]

Na takto definovanou veličinu lze také pohlížet jako na definici výkonu práce a rozšířit na produktivitu práce až po přepočtu na stejné jednotky ( peněžní vyjádření ). Rozdíl spočívá v komplikovanějším vyjádření intenzity práce a pro univerzální zjednodušení autoři často považují čas jako vhodnou míru pro vyjádření práce obecně.

HALAXA například uvádí, že produktivitou práce se rozumí v nejobecnějším smyslu míra užitečného efektu účinnosti produktivní práce, jejímž bezprostředním výsledkem je vytváření materiální užitné hodnoty. Jejím nejobecnějším vyjádřením je poměr velikosti vynaložené práce k množství materiálních užitných hodnot, které touto prací vznikly. [1]

Metody sledování produktivity práce je možné rozdělit do tří základních skupin:

### **Metoda naturálních ukazatelů**

Podstata této metody je popsána již v předešlé definici produktivity práce jako vztah množství vyrobených produktů k vynaloženému množství práce, tj. k odpracovanému času. Ukazatel produktivity práce je v podstatě nejjednodušší a zároveň nejexaktnější. Metodu naturálních ukazatelů nelze použít, jsou-li výrobky rozdílné, a tedy nesouměřitelné

### **Metoda hodnotových ukazatelů**

Podstatou metody je převedení objemu výroby v naturálních jednotkách na vyjádření v jednotkách peněžních. Tento převod se uskutečňuje pomocí jednotkové ceny. Aby nedocházelo k fiktivním změnám vlivem změn ceny, používá se cena stálá.

Základní hodnotový ukazatel tedy je:

$$V_i = Q * C_j / T,$$

kde Q je výroba v naturálních jednotkách

C<sub>j</sub> je jednotková cena výrobku,

T je celková vynaložená práce vyjádřená v jednotkách času.

Jde o ukazatel vysoké agregace

### **Metoda pracovních ukazatelů**

Tato metoda je založena na vyjádření objemu výroby pomocí stálých norem pracnosti

$$V_i = Q * t_n / T,$$

kde t<sub>n</sub> je stálá norma pracnosti.

Přesnost tohoto ukazatele závisí na teoretické propracovanosti a tedy i objektivitě normy pracnosti. Uvedený ukazatel je tedy poměrem normovaného času k času skutečně spotřebovanému a vypovídá o plnění norem pracnosti. [1]

Je nutné uvést, že tyto metody lze použít u výrobní práce, která je takto jednoduše kvantifikovatelná. Jak poukazuje VAŇEČEK, při měření produktivity lidské práce je třeba uvažovat nejenom vynakládanou práci přímou, která se týká výrobních dělníků v dílně, přicházejících do bezprostředního styku s výrobou, ale současně i práci nepřímou, která je vynakládána dělníky ve skladech, údržbě, ale i ve vývoji a přípravě výroby, jakož i práci techniků, administrativních pracovníků a manažerů. [9]

## 2.5 Pracovní linky

### 2.5.1 Vymezení pojmu pracovní linka

Z ekonomického hlediska je výhodné výrobu uspořádat do nějaké logické soustavy, která má svou věcnou podstatu. Výrobní proces je tvořen posloupností operací, které často vyžadují odbornost a specifická zařízení pro jejich realizaci. Nabízí se tedy možnost uspořádat pracoviště tak, že jednotlivá pracoviště a stroje na sebe navazují v posloupnosti pracovních úkonů na zpracovávaném předmětu.

VRBA definuje pracovní linku jako účelné rozmístění strojů, strojních zařízení a pracovních sil v prostoru za účelem plynulého zpracování pracovního předmětu v konkrétní, technologicky vymezené části výrobního procesu. [8]

V pracovních linkách nejde jen o účelné rozmístění strojů, ale důležitá je vzájemná vazba mezi jednotlivými pracovišti, stroji a obsluhou.

VAŇEČEK uvádí ve své definici dvě velice důležité podmínky pro pracovní linky.

**Pracovní linka** je soustava několika článků (tj. strojů, zařízení, výjimečně manuálních pracovníků), které spolu souvisejí funkčně, kapacitně a časově, a které zpracovávají nebo dopravují stejný pracovní předmět.

Ještě přidává rozšiřující pojem **strojn** linky, jako linky, kde lidská práce slouží jen k obsluze a řízení linky.

Důležitá je zde právě funkční a časová závislost.

**Funkční závislost** znamená, že jednotlivé články navazují na předepsaný technologický postup a nemohou být za sebou řazeny libovolně.

**Časová závislost** vystihuje nutnost časové návaznosti operací. Lze rozlišovat časovou vazbu strojů v lince na **tuhou, volnou, nebo práci samostatných souprav**.

**Pevná, tuhá vazba:** jeden článek linky nemůže pracovat bez druhého. Při poruše jednoho článku linky se linka okamžitě zastaví.

**Volná vazba:** jednotlivé články mohou pracovat s odstupem několika hodin, maximálně 24 hodin, aby se jednalo ještě o linku. Při poruše jednoho článku linky se celá linka nezastaví, práce mohou po určitou dobu u ostatních článků pokračovat. [9]

## 2.5.2 Časové uspořádání pracovních linek

Celá pracovní linka se skládá z jednotlivých článků. VRBA uvádí, že každá dílčí specifická činnost pracovního úkolu linky uskutečňována na pracovišti, či pracovním místě, se nazývá článek. Mezi články vznikají za chodu časové vazby. Je tedy logická snaha o dosažení co možná největší synchronizace chodu všech článků pracovní linky. Zavádí se termín takt – časový interval mezi odváděním dvou po sobě následujících kusů nebo dávek. Používá se **takt linky** a **takt článku**.

**Takt linky (  $T_1$  )** – vyjadřuje časový interval mezi odváděním 1ks , či 1 dávky v pracovní lince jako celku.

**Takt článku (  $T_{\text{čl}}$  )** – vyjadřuje časový interval mezi odváděním 1ks , či 1 dávky v příslušném článku.

K úplné synchronizaci dochází za předpokladu, že takt všech článků se rovná taktu linky:

$$T_{\text{čl}} = T_l$$

Pro většinu linek platí, že :  $T_{\text{čl}} \leq T_l$

a zavádí se koeficient:  $K_{\text{sy}} = T_{\text{čl}} / T_l$ ,

který vyjadřuje míru synchronizace pracovní linky. [8]

### 2.5.3 Struktura pracovních linek

Každá pracovní linka se skládá z několika segmentů – článků (minimálně 2-3 ), které jsou složeny z jednoho nebo několika prvků. Prvek linky je spojení energetického zdroje s pracovním strojem.

V každé lince se vyskytují dva typické články: **hlavní ( klíčový ) článek** a **kritický článek**.

**Hlavní ( klíčový ) článek linky** – zpravidla ten, který je investičně nejnáročnější, a který by měl být maximálně využit, měl by pracovat bez prostojů. Tomuto požadavku by se měly přizpůsobovat ostatní články linky.

**Kritický ( nejslabší ) článek linky** – výkonostně nejslabší článek linky, který limituje celkovou výkonost linky.

Možné uspořádání prvků v lince se dělí na:

- a) **sériové**: každý článek má jen jeden prvek

- b) **paralelní**: některé články nebo článek mají více prvků, předmět může procházet několika větvemi linky. Při poruše v takovém paralelně uspořádaném článku má linka menší výkonnost, ale nemusí se zcela zastavit.

Pro zajištění 100 % vytíženosti hlavního článku lze právě často použít paralelní uspořádání prvků, které tak zvýší výkon předcházejícího článku. V neposlední řadě se při paralelním uspořádání sníží pravděpodobnost zastavení celé linky.

Podobně VANĚČEK uvádí i funkci **meziskladu** v pracovní lince. Poukazuje na mezisklad jako na možnost měnit tuhou vazbu v lince na volnou. Výhoda je obousměrná, při poruše první části linky před meziskladem může druhá část za meziskladem pracovat dál a čerpat materiál z meziskladu po určitou dobu a naopak.

Jako důležitou poznámku však uvádí, že aby mezisklad skutečně zlepšil průběh pracovního procesu, musí se z něj dostávat materiál do dalšího článku **mechanizovaně**, ne ručně. [9]

## 2.6 Výrobní kapacita a její využití

Výrobní kapacita je zásadním limitujícím faktorem každé výroby. Vychází z podstaty omezenosti zdrojů výrobních prostředků. Má na ni také vliv pracovní síla, která má úzkou vazbu na výrobní zařízení. Její kvalifikace a schopnosti výrazně ovlivňují její celkovou výši. HALAXA uvádí, že výrobní kapacitou rozumíme realizovatelnou maximální možnost výroby požadovaného sortimentu a jakosti na daném výrobním zařízení za určité období při uplatnění progresivní technologie, výrobních zkušeností a organizace výrobního procesu. [1]

Je tedy i z této definice jasné, že nejde jen o technickou a strojovou vybavenost, ale že i technologické zkušenosti a organizace práce hrají významnou roli. Ve většině případů se jedná o teoretickou možnost výroby a reálný stav se k ní snaží přiblížit.

Pochopitelně z investičního hlediska je důležité při plánování pořizovat výrobní kapacitu tak, aby zásadně nepřevyšovala plánované nároky výroby a zbytečně se tak neplýtvalo.

Výrobní kapacita závisí na časovém fondu zařízení a na pracnosti výrobku:

$$K = F / t,$$

kde K je kapacita v ks výrobků

F je časový fond zařízení v jednotkách času

t je norma pracnosti výrobku v časových jednotkách [1]

Takto je kapacita vyjádřena v naturálních jednotkách, je samozřejmě možno ji vyjádřit v hodnotových, dokonce i peněžních jednotkách. Je třeba mít na paměti, že časový fond zařízení není vlastností zařízení samotného, ale závisí na organizaci práce ve výrobě. Uvádí se tedy efektivní časový fond, který zohledňuje pracovní dobu, která je k dispozici na daném zařízení. Záleží tedy na počtu pracovních dnů, délce pracovní doby, směnnosti provozu.

Důležitým měřítkem efektivnosti organizace práce je využití výrobní kapacity. Jak bylo uvedeno v předešlém, každý výrobní prostředek s sebou nese fixní investiční náklady, které se promítají do celkových nákladů výroby. Je tedy účelné z investic vytěžit maximum.

Měřitelným kritériem pro využití výrobní kapacity je koeficient výrobní kapacity, který poměruje skutečně dosaženou produkci za určité období k maximální možné produkci za stejné období:

$$K_v = Q / K,$$

kde  $K_v$  je koeficient využití výrobní kapacity

Q je skutečná realizovaná produkce

K je výrobní kapacita ( maximální možná produkce ) [1]

Pochopitelně snahou je neustálé zvyšování koeficientu kapacity, co nejblíže k ideální hodnotě  $K_v = 1$ . Tím je zajištěna maximalizace využití prostředků do výrobního zařízení. Pochopitelně koeficient výrobní kapacity závisí i na typu výroby, a proto je srovnání mezi jednotlivými typy výrob zavádějící.

## 2.7 Časové hledisko ve výrobních procesech

Čas je klíčovým parametrem každého procesu nevyjímaje výrobní proces. Je měřítkem náročnosti úkonů a činností. První vědecký přístup ke vztahu času a práce započal F.W.Taylor. V současnosti se běžně kvantifikuje pracovní činnost v normování práce, posuzování intenzity práce, produktivity práce a čas je důležitým parametrem pro projektování výrobních kapacit. Na členění času lze pohlížet z více hledisek:

**Členění času z hlediska pracovního prostředku** je možné rozčlenit do tří základních úrovní:

**Čas chodu** je doba činnosti určitého pracovního prostředku nebo určitého mechanizačního zařízení, která je nutná pro splnění požadovaného cíle. Tento čas chodu je možné ještě rozdělit na:

**Čas hlavního chodu** – čas, kdy stroj vykonává hlavní úkon, tedy přetváří pracovní předmět.

**Čas pomocného chodu** – čas, kdy stroj vykonává pomocné úkony nezbytné pro zajištění hlavního chodu.

**Čas klidu** je doba, po kterou pracovník vykonává činnost nezbytnou k obsluze strojů a zařízení za jejich klidu. Sem patří i doba přestávek pracovníka.



**Čas interference** je doba nečinnosti určitého zařízení, které patří do souboru obsluhovaného jedním pracovníkem. Doba nečinnosti vzniká tím, že část zařízení čeká na obsluhu, protože pracovník je zaměstnán obsluhou jiné části zařízení nebo stroje patřícího do souboru.

Důležitým nástrojem pro zjišťování spotřeby času vynaloženého na pracovní činnost uskutečňovanou člověkem nebo spotřebu času pracovních prostředků a pracovních předmětů je **časová studie**. Umožňuje podrobnou analýzu dějů, na jejímž základě lze stanovit potřeby nutného a normativního času k účelům projektování nebo optimalizací pracovních dějů.

Při časových studiích se používá k záznamům pracovních dějů a měření času metoda **časových snímků**. Podle účelu je možné pořizovat časové snímky jednotlivých operací, pracovního dne nebo okamžikových snímků. Tím je možné získat soubor dat, které je vhodné zpracovat statistickými metodami. [8]

## **3. Zemědělská a průmyslová výroba**

### **3.1 Specifické vlastnosti zemědělské výroby**

**Biologický charakter** odlišuje výrobní procesy v zemědělství od ostatních zásadním způsobem. Pěstované plodiny, chovaná zvířata a půda mají své specifické biologické požadavky, které je nutné plně respektovat. Nejedná se o vlastnosti naplánované člověkem, ale jsou dány dlouhým vývojem a úzce spjatý s podstatou života na naší planetě. Člověk se je po léta pouze snaží poznat, pochopit, vědecky poznat a využít daná fakta pro svoji potřebu. Pochopitelně společně s rozvojem vědy je v posledních desetiletích schopen jistých zásahů a úprav, ale základní principy jsou dány.

**Silná závislost na přírodních podmínkách** je dalším výrazným specifikem zemědělské výroby. Klimatické, povětrnostní podmínky, nadmořská výška, srážkové podmínky určují možnosti pěstování různých druhů plodin. Tato závislost je primárně markantnější u pěstování rostlin, tedy v rostlinné výrobě, kde je nezbytná podmínka existence rozsáhlých půdních ploch. Zde se podstatněji hůře dokážeme vyrovnávat s nepřízní počasí, příliš velká sucha, nebo naopak podmáčená půda, málo slunečního svitu, mohou vážně ohrozit výsledek dlouhodobé práce. Těžko se v rostlinné výrobě můžeme těmto faktorům bránit.

V živočišné výrobě, díky možnosti ustájení a uzavřených nebo chráněných chovů se tyto klimatické vlivy projevují až sekundárně a je možné je ve větší míře omezovat. Pochopitelně, že neúroda má vliv na výkrm zvířat, jejich produkční užitkovost, ale máme k dispozici prostředky jak tyto negativa nahradit. Navíc je zde časové zpoždění projevu negativních vlivů oproti rostlinné výrobě a tak vzniká opět větší prostor pro eliminaci negativních projevů.

**Nesoulad pracovní doby s dobou výroby** je důsledek biologického charakteru výroby. Nejvíce se projevuje v rostlinné výrobě, méně pak v živočišné. Ovšem je důležité si uvědomit, že průběžná doba výroby je v obou případech nepřetržitá. Biologické procesy probíhají v obou druzích výroby neustále a je jen otázkou možnosti organizace, v které fázi nebo fázích je nutná účast lidské pracovní síly. V rostlinné výrobě je pracovní doba přerušovaná a to dokonce v nepravidelných cyklech. V živočišné výrobě je částečně možné díky pravidelným biorytmům chovaných zvířat zavést jistý řád. Je tedy možné, ale také zároveň nutné, upravovat pracovní dobu podle těchto nároků.

**Množnost výroby** je opět častým znakem v zemědělské výrobě. Při jediném výrobním procesu vzniká více konečných produktů najednou. Při sklizni obilovin, které jsou pěstovány pro zrna, vzniká zároveň sláma, sloužící jako podestýlka hospodářských zvířat a naopak při chovu dojníc a telat vzniká hnůj, který slouží ke zlepšení úrodnosti půdy.

**Závislost na ročních obdobích** se projevuje periodickým střídáním přírodních podmínek. Každá klimatická oblast má různé projevy při střídání ročních podmínek. To samozřejmě souvisí opět s biologickou povahou zemědělské výroby, kdy se tyto cykly odrážejí v živočišné i rostlinné výrobě. Ve stejném geografickém prostoru lze realizovat určité procesy pouze v určitých časových termínech. Toto střídání se opět markantněji projevuje v rostlinné výrobě.

**Plošný charakter výroby** se objevuje jak v živočišné, tak rostlinné výrobě. V rostlinné výrobě má mnohem větší projev z důvodu potřeby velkého množství půdy a nemožnosti koncentrace do malého území. Navíc je nutné se vyrovnávat i s povahou terénu. V konečném důsledku se tak zvyšují nároky na dopravu a to jak z hlediska přímých nákladů v peněžních jednotkách, tak i časových nákladů, které se nakonec také promítnou do peněžní bilance.

### 3.2 Srovnání zemědělské a průmyslové výroby

Zemědělská a průmyslová výroba mají společné i rozdílné znaky. Zásadním rozdílem, jak bylo uvedeno předchozí kapitole, je **biologická podstata** zemědělské výroby na rozdíl od **fyzikální podstaty** v průmyslové výrobě. Z historického hlediska došlo v rámci společenské dělby práce k oddělení zemědělství a řemesel před více jak tisíci lety. V tomto období ale nemá smysl hovořit ani v jednom případě o výrobě jako takové. Termín výroba nebo lépe průmyslová výroba nabývá významu až v 18.-19. Století, v období průmyslové revoluce. Zde se začaly významně projevovat rozdíly mezi zemědělstvím a průmyslovou výrobou. Zatímco v průmyslové výrobě byl rychlý nástup strojového vybavení, v zemědělství přetrvávala až do poloviny 20. století převážně manuální práce. Nástup strojové výroby v zemědělství nastává až s příchodem vyšší mobility pracovních zařízení a s příchodem sofistikovanějších energetických zdrojů.

## Dělba práce a specializace

**Průmyslová výroba** - soustavně probíhá čím dál vyšší dělba práce a užší specializace. Specializace není jen v různých průmyslových odvětvích, ale dostává se až na úroveň jednotlivých operací.

**Zemědělská výroba** – úplná specializace není možná vzhledem k častému střídání prací. Jednotlivé profese se naopak sdružují, příkladem může být operátor zemědělské techniky – obsluhující několik strojů. V živočišné výrobě je možná vyšší míra specializace díky větší míře pravidelně se opakujících procesů.

## Plánování

**Průmyslová výroba** až na specifické případy může využívat plánování v řádu měsíců, týdnů, dokonce i dnů. Většina výrob je nastavena tak, že na základě aktuální poptávky se dají výrobní programy upravovat jak co do sortimentu, tak do jeho množství. Výkyvy jsou způsobeny různou poptávkou na trhu. **Zemědělská výroba** vyžaduje plánování na delší období. Osevní postupy se sestavují na několik let, plánování produkce je nutné spíše na období roku. Tato nutnost vychází právě z biologické podstaty zemědělské výroby a její nepřetržitosti. Není možné výrobu přerušit nebo snížit, jedině za cenu vysokých ztrát.

## Sezónnost

**Průmyslová výroba** je z hlediska podmínek pro výrobu nezávislá na sezónnosti. Její sezónnost je řízena pouze poptávkou trhu, který se v každém období liší, a trhu. **Zemědělská výroba** je z hlediska podmínek pro výrobu naopak na sezónnosti silně závislá. Některé procesy nelze mimo specifické období realizovat vůbec, jiné jedině za cenu vysokých nákladů.

## Charakter pracovní doby

**Průmyslová výroba** není tak náročná na flexibilitu pracovní doby. Podle potřeb výroby lze vcelku pevně dopředu stanovit její délku a frekvenci periodicity.

V průmyslových výroбах je obvykle dáno, zda jde o jedno nebo více směnný provoz a v jaké délce jednotlivé směny probíhají.

**Zemědělská výroba** je náročná na flexibilitu pracovní. Zvláště rostlinná výroba díky vysoké závislosti na klimatických podmínkách a sezónnosti vyžaduje operativní přizpůsobení pracovní doby těmto podmínkám. V živočišné výrobě, díky pravidelně se opakujícím biorytmům lze pracovní dobu stanovit podobně jako v průmyslové výrobě.

## Výrobní doba

**Průmyslová výroba** má obvykle kratší průběžnou dobu výroby. Výroba probíhá v řádu minut, hodin, dnů. Pochopitelně existují výjimky, kdy z technologického hlediska nebo i z hlediska náročnosti je doba delší. Je zde možnost rozšířením výrobního zařízení např. do paralelního uspořádání podstatně zkrátit průběžnou dobu výroby.

**Zemědělská výroba** je z hlediska časového dlouhodobá. Probíhá v řádu měsíců, spíše v řádu let. Je zde nutné dlouhé přípravné období – příprava půdy, odchov základního stáda. Některé procesy lze cíleně urychlit, ale protože podstata procesů je biologická, není možné zkrátit průběžnou dobu výroby například rozšířením strojového vybavení, případně pracovní síly tak snadno, jako je tomu u výroby průmyslové.

## Rozmístění pracovišť

V **průmyslové výrobě** je obvykle rozmístění pracovišť možné libovolně konfigurovat podle konkrétních potřeb výroby. Je zde možná vysoká plošná koncentrace, optimalizované toky materiálu. Většinou je výroba umístěna do výrobních hal.

**Zemědělská výroba** má s rozmístěním pracovišť situaci komplikovanější. V živočišné výrobě je možná koncentrace pracovišť a lze volit podobná uspořádání jako v průmyslové výrobě, kdy jednotlivá pracoviště na sebe prostorově navazují, např. ustájení, chovy drůbeže, atd. V živočišné výrobě jsou pracoviště díky náročnosti na plochu rozmístěna s nízkou koncentrací, je zde podstatně vyšší

náročnost na přepravu materiálů. Na rozdíl od průmyslové výroby není možné si pracoviště zcela vytvářet podle vlastních plánů, ale je nutné se daným podmínkám přizpůsobit, případně je vhodně upravit.

### Měření produktivity práce

V **průmyslové výrobě** je podle jejího charakteru možno měřit produktivitu práce různými způsoby. Vzhledem k vysokému stupni specializace nebývá problém měřit konkrétní výstupy každého pracovníka a vztahovat tak produktivitu práce na čas, za který je určitá dávka výrobků nebo polotovarů vyrobena.

**Zemědělská výroba** nemá situaci tak jednoduchou. Podstata je ve vysoké míře nesouladu pracovní doby s dobou výroby. Tedy vztažení produkce na jednotku času by bylo značně zavádějící. Navíc při častém střídání charakteru pracovníků i těžko prakticky měřitelné. Produktivita se proto často uvádí jako množství vyprodukovaných výrobků na pracovníka.

### Způsob kontroly

V **průmyslové výrobě** je běžné kontrolu provádět během celého procesu výroby. Je možné v každém článku výroby zjistit případný problém a buď polotovar vyřadit neb opravit. Předejde se tím ztrátám, které by vznikly pokračováním výroby na defektním kusu a projevíly se až při závěrečné kontrole.

V **zemědělské výrobě** je kontrola často možná až na konci celého výrobního procesu. V průběhu výroby je snaha kontrolovat dílčí ukazatele kvality, ale většinou lze plně posoudit kvalitu výrobku až na konci výrobního procesu.

### Peněžní toky

V **průmyslové výrobě** vzhledem k době výroby je obrátkovost provozního kapitálu podstatně vyšší než v zemědělské výrobě. Až na výjimky navíc výroby běží s nějakou mírou kontinuálnosti, tedy získané finanční prostředky z hotové výroby se opět používají na vstupy nové výroby.

**Zemědělská výroba** je náročná na provozní kapitál, který má dlouhou dobu návratnosti. Platí to v živočišné, ale hlavně v rostlinné výrobě. Příprava půdy, hnojení, nákup osiva, ošetřování plodin klade vysoké nároky na finanční prostředky, které se vrací až na konci celé etapy pracovního procesu.

## 4. Technologie vyšívání

### 4.1 Přehled vývoje vyšívání

Vyšívání je textilní technika, pomocí které se zdobí nebo označuje podkladový materiál (plošná textilie, kůže, papír) pomocí protahování nebo našíváním nití. Zdobení oděvů technikou vyšívání je velice stará technologie, známá v Číně již od pravěku, další nálezy jsou z Indie a Egypta z období 3600 let před naším letopočtem. Do Evropy se tato technika zdobení dostala pravděpodobně začátkem našeho letopočtu, nejstarší dochovaná památka je z 11. Století a je jí nástěnný koberec ve francouzském Bayeux.

Počátky technologie strojního vyšívání se datují do 19. století, kdy došlo úpravou mechanického šicího stroje k vytvoření stroje, jehož cílem na rozdíl od šicího stroje určeného ke scelování materiálů bylo tvoření stehu pro dekorační účely. Snaha byla vedena potřebou zvýšit produkční výkon při procesu vyšívání. První takovýto vyšívací stroj byl vynalezen v roce 1829 ve Francii. Jednalo se o jedno-jehlový stroj, který se nijak zvláště nelišil od běžného šicího stroje. Stále šlo o manuální činnost pracovníka, který ovšem obsluhoval stroj s mechanickým provazováním stehu na rozdíl od ručního vyšívání. Proces však byl stále zcela závislý na konkrétní obsluze stroje a výsledek práce tím byl plně ovlivněn.

První automatické vyšívací stroje vznikají v 70. letech 20. století. Jednalo se o mechanické programování pomocí děrných štítků, kde byl zaznamenán pracovní program stroje. Šlo o velké strojní instalace do průmyslových výrob. Opravdový rozmach začíná s příchodem a dostupností osobních počítačů v 80. letech 20. století.

Zde začíná první automatické řízení strojů, kde bylo možné zpracovat konkrétní design v reálném čase a pomocí počítače vytvořit program pro řízení stroje. V této době také dochází k vývoji samostatné větve tzv. multihead (vícehlavých) vyšívacích strojů. Nejsou tak náročné na prostor, jejich koncepce je určena pro tvorbu výšivek na hotové výrobky nikoliv metrážní textil a dávají tak nový prostor pro uplatnění i v příbuzných oborech.

V ČR, tehdejším Československu, se první multihead vyšívací automaty objevují po roce 1990. Nejprve tato technologie byla doménou textilních firem, které tím navazovaly na předchozí technologie poloautomatických strojů na bázi klasických šicích strojů. První stroje se tak objevily ve velkých závodech jako byly JITEX s.p., OP PROSTĚJOV s.p., VAMBERECKÁ KRAJKA s.p. a dalších. Se změnou struktury vlastnických vztahů a s masivním rozpadem velkých textilních podniků vznikají nové firmy, většinou z řad bývalých zaměstnanců textilních továren, specializované na strojové vyšívání. Tyto firmy se tak stávají průkopníky nového oboru – multihead vyšívání v ČR. Protože se nejednalo o jednoduchou ani lacinou technologii, navíc specificky orientovanou k textilní výrobě, počet firem nebyl závratný a na dobu 10 let se tak ustálil. Po roce 2000 se tato technologie začala pomalu rozšiřovat i do jiných oborů než je textilní výroba. Chopil se jí reklamní průmysl, který do té doby výrobu tohoto charakteru přenechával textilním firmám a využíval je jako subdodavatele. Začala druhá vlna boomu multihead vyšívacích strojů.

Vývojem se vyšívací průmysl postupně rozdělil do dvou základních kategorií.

### **1) Schiffli vyšívací stroje**

Vyšívací stroje pro metrážní textil. Jejich nasazení je v průmyslové textilní velkovýrobě. Technický princip je podobný tkalcovským stavům s člunkovým mechanismem. Velká vyšívací plocha dosahující šíře až 40 yardů, je předurčuje ke zdobení základních textilních materiálů – látek.

### **2) Vícehlavé vyšívací stroje**

Koncepce těchto strojů vychází z původního šicího stroje s rotačním chapačem, tak je znám široké veřejnosti. Původně z jedno-jehlových strojů dnes vývojem vznikly



více-jehlové 9ti, 12ti až 16ti jehlové stoje. Funkce vyšívacích strojů se během posledních 20 let implementují i do běžných domácích jedno-jehlových strojů, které jsou běžně používány k hobby účelů v domácnostech. Průmyslové více-jehlové vyšívací stroje jsou automatické stroje, které díky předem vytvořenému programu dokáží automaticky vytvořit požadovaný design. Díky jejich rozměrům a účelu použití se postupně z výhradně textilního průmyslu přesunuly do oblasti textilní malovýroby, výroby reklamy a služeb. Dalším zdokonalováním se podstatně rozšířila oblast jejich použití na hotové výrobky textilní i výrobky příbuzných oborů. Není tedy dnes výjimkou, že tyto stroje dokáží díky širokému příslušenství značit a zdobit nejen jednoduché výrobky jako jsou trika, mikiny, ale i tvarované čepice, sportovní vaky a tašky, dokonce i hotovou obuv. Vývoj těchto strojů zásadním způsobem ovlivnil v 80. letech 20. století nástup osobních počítačů, kdy bylo možné podstatně jednodušším způsobem připravovat data potřebná pro automatickou tvorbu výšivky – tzv. tvorba programů pro vyšívací stroje. Tím se samozřejmě významně podpořil vývoj automatických vyšívacích strojů, které jsou ve své modifikované podobě používány v současnosti.

## 4.2 Charakteristika výrobního procesu průmyslového vyšívání

Charakter výrobního procesu průmyslového vyšívání je ovlivněn počtem a frekvencí různých sérií vyšívání. Lze ho v zásadě rozdělit do dvou základních skupin:

### 1) Omezený počet stálých sérií

Jedná se ve většině případů o zdobení nebo značení textilu při výrobě textilních výrobků a vyšívání je jen dílčí součástí výrobního procesu. Jde o značení textilu výrobní značkou nebo případně designem, který je charakteristický pro daný typ výrobku. Takto nastavený výrobní proces je typický pro textilní výrobu oděvů, výrobu průmyslových textilií, v kožedělném průmyslu a jiné průmyslové výrobě, kde je na určité období stanoven jasný výrobní program.

## 2) Tvorba stále nových sérií

Jedná se o zakázkovou výrobu na základě požadavků zákazníka. Vysoká frekvence a rozmanitost sérií klade podstatně vyšší nároky na každý z kroků výrobního procesu. Řízení výroby probíhá operativně v reálném čase a je tak podstatně komplikovanější, nelze se držet předem propracovaného plánu, plán se neustále modifikuje. Tento typ výroby klade vyšší nároky na pracovníky a v praxi nutí redukovat čas potřebný k ideálnímu nastavení výroby série.

Výrobní proces průmyslového vyšívání je možné rozdělit do několika po sobě jdoucích dílčích procesů:

- **posouzení vhodnosti designu a materiálu**
- **kalkulace zakázky**
- **naprogramování designu – tvorba dat pro vyšívací automat**
- **vzorování – korekce a úpravy**
- **spuštění vlastní výroby**
- **finální úprava, kontrola a expedice**

Pro každý výrobek (výšivku) je možné určit základní parametry:

**a) Počet stehů** – výsledek práce programátora, který je zakódován v elektronické podobě daného formátu jako popis činnosti pro vyšívací stroj. Počet stehů je spolu s možnostmi stroje určujícím faktorem času, po který je výrobek zpracováván ve stroji. Počet stehů je dán velikostí požadovaného vzoru a jeho designovým zpracováním.

**b) Vyšívání materiál** – jedná se o textílii nebo jiný materiál, který je předmětem zpracování. Tento parametr hraje opět roli v časové náročnosti zpracování.

**c) Počet identických kusů** – definuje velikost série, která se má zpracovat a určuje množství výrobní kapacity, která je v daném čase potřebná pro její zpracování.

S takto popsány parametry vstupuje připravená zakázka do výrobní fronty, kde čeká podle své priority termínu dokončení a náročnosti na výrobní kapacitu na zařazení přímo do výrobní linky. Další fáze výroby je plně v kompetenci vedoucího výroby, případně vedoucího směny, kdy a jak zařadí zakázku do výrobní linky.

Vlastní výrobní proces je možné rozdělit do několika po sobě navazujících kroků, jak je zobrazeno ve schématu č. 3.

### **1) Výběr zakázky z výrobní fronty a alokace výrobní kapacity**

Výběr zakázky podle priority, časové náročnosti a dispozice výrobní kapacity je plně v kompetenci vedoucího směny, který je zodpovědný za její realizaci. V této fázi dochází k zásadnímu rozhodovacímu procesu operativního řízení výroby, kde se uplatňuje optimalizační proces pro alokaci zdrojů pro realizaci zakázky. Konkrétně je třeba stanovit počet hlav, které budou nasazeny na vyšití dané zakázky a je také třeba zvolit vhodný počet operátorů obsluhujících zvolené hlavy.

### **2) Příprava stroje pro spuštění série**

Po zařazení zakázky do výrobní linky dochází k nastavení a přípravě vyšívacích automatů pro spuštění dané série. Tato fáze je časově úzce spjata s vlastním spuštěním série, protože již spotřebovává potenciální produkční čas strojů. Je nutné stanovit počet hlav a počet pracovníků pro vytvoření dané série. Počet zvolených hlav a pracovníků ovlivňuje čas potřebný k zhotovení celé série. Doba potřebná k přípravě a nastavení strojů není nijak zanedbatelná. Zvláště v situacích naplnění kapacity výroby je nepříjemným ztrátovým časem. Nelze ani opomenout náklady na spotřební materiál pro aktivaci další výrobní jednotky stroje. Tento fakt má i vazbu na skladové zásoby, jejich

řízení a náklady s tím spojené. Optimální volba nasazeného strojového výkonu na danou sérii pak zase šetří energii a zpomaluje amortizaci stroje.

### 3) Příprava textilu

Tato fáze výrobního procesu je někdy začleněna přímo do výrobního cyklu, záleží na konkrétních podmínkách. Jde většinou o rozbalení textilu a jeho vhodné umístění do prostoru výrobní linky. Textil nebo materiál, na který je vyšíváno, je uskladněn v prostoru příjmu zakázek, kde je již rozdělen podle jednotlivých zakázek.

### 4) Cyklus série

Práce na průmyslových vyšívacích strojích se neobejde bez manuální obsluhy stroje. Materiál určený k vyšití se musí nejprve fixovat do rámu, se kterým je upevňován k pohyblivému pantografu stroje. Po správné fixaci a umístění do stroje obsluha spouští výrobní cyklus stroje. Cyklus je již automatický na základě připravených programových dat pro stroj. Během činnosti stroje ovšem dochází k provozním defektům (přetrh vláknů nitě), které musí obsluha řešit. Četnost těchto defektů je závislá na řadě parametrů, od správného seřízení, nastavení stroje, vhodným souborem dat definujícím práci stroje, správně zvoleným pracovním postupem až po správnou fixaci materiálu do rámu. Po dokončení cyklu je nutné opět manuální vyjmutí rámu ze stroje a uvolnění fixovaného materiálu. Zde je možné využít prvního stupně kontroly kvality, je zde stále relativně snadná možnost opravy defektů zopakováním celého nebo části cyklu. Jednotlivé kroky operací cyklu jsou znázorněny ve schématu č. 2.

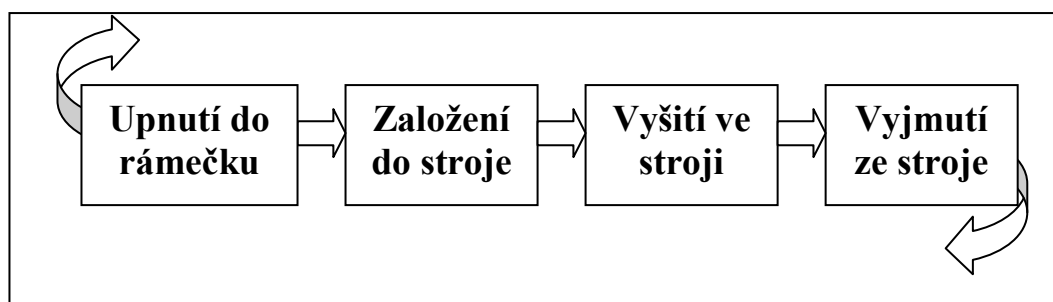


Schéma č. 2 – jeden cyklus série práce na stroji

## 5) Dokončení a kontrola

Dokončení a kontrola je nezbytnou součástí celého procesu. Kvalitní kontrola přímo operátorem strojů a včasná oprava, případné vyřazení výrobku, značně ulehčuje celému systému kontroly jakosti.

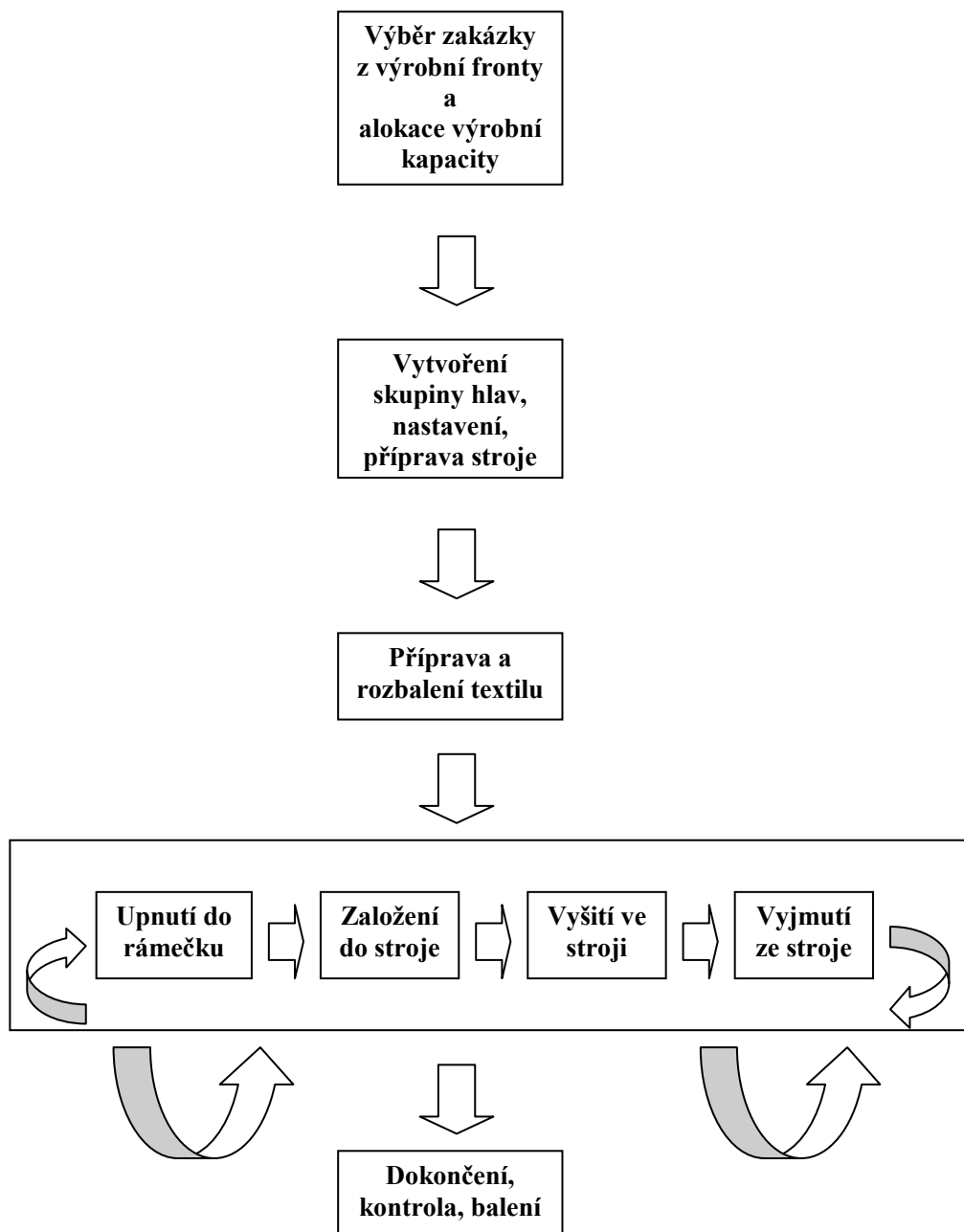


Schéma č. 3 – kompletní proces vlastní výroby

### 4.3 Klasické vícehlavé vyšívací automaty

Klasické vícehlavé vyšívací automaty, které se začaly vyrábět v 80. letech 20. století a vyrábějí se dodnes, pracují v synchronním módu – hlavy pracují společně. Materiál je vložen do všech hlav a následně je stroj spuštěn. Po ukončení strojové operace je materiál vyjmut ze stroje a celý cyklus se opakuje. Při rozboru časových snímků můžeme zjistit, že dochází k velkým prodlevám času, kdy stroj čeká na dokončení prací operátora. Tento fakt ještě umocňují nahodilé defekty při běhu stroje (přetrh nitě, výměna nitě), kdy kvůli problémům na jedné hlavě je nutné zastavit celý stroj. Ostatní hlavy stroje tak čekají „zbytečně“ na opravu defektu dotčené hlavy. Roste tak ztráta produktivity úměrně s počtem hlav, tj. výkon na jednu hlavu klesá s přibývajícím počtem hlav.



Obrázek č. 1 – klasický čtyřhlavý vyšívací stroj

Posloupnost jednotlivých operací lze nejlépe objasnit na schématu č. 4 časových posloupností, kde je znázorněn průběh jednotlivých operací u klasického 6-ti hlavého stroje. Mohou nastat dva případy:

**horní** – doba vyšití jedné série je větší než doba přípravy upnutí do rámečků

**dolní** – doba vyšití jedné série je menší než doba přípravy upnutí do rámečků

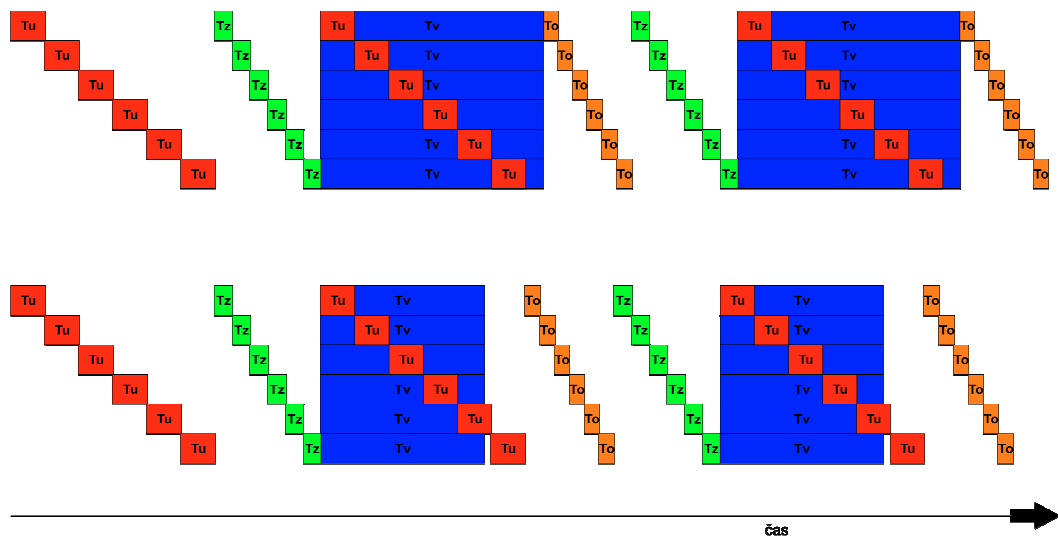


Schéma č. 4 - časové posloupnosti operací na klasickém 6-ti hlavém stroji

Tu – je interval upnutí materiálu do rámečku

Tz – interval založení materiálu do stroje

Tv – interval vyšití jednoho cyklu

To – interval odebrání materiálu ze stroje

V obou případech je ze schématu č. 4 patrné, jaké množství času ( veškerá plocha, která není modrá ) stroj pasivně čeká. Situaci lze pomoci nasazením více operátorů ke stroji, a to až na počet odpovídající počtu hlav stroje. Sníží se tím sice prostojový čas stroje, ale zvýší naopak celkový prostojový čas operátorů během běhu stroje. Tento fakt má většinou velice negativní dopad na celkovou ekonomičnost výroby.

#### 4.4 Moderní modulární systém vyšívacích automatů

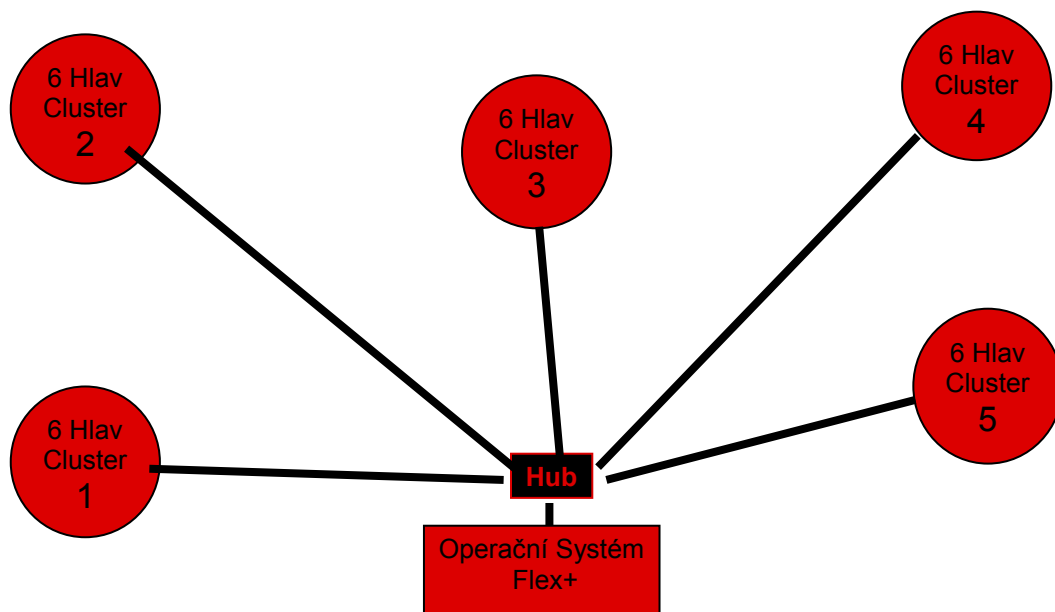
Společnost MELCO, která stála společně s japonskými firmami u zrodu vícehlavých vyšívacích strojů, přišla s modulární koncepcí vícehlavých strojů. Koncept nazvaný AMAYA (As Many As You Add – tak mnoho, kolik přidáš) se od klasické koncepce vícehlavého vyšívacího automatu liší v modulárním uspořádání (možnosti libovolného postupného přidávání hlav) a možnostmi běhu v tzv. flex módu, kdy jednotlivé hlavy **pracují nezávisle na sobě** pod jedním řídicím systémem. Zastavení, tedy přerušení chodu, se týká pouze té hlavy stroje, která má důvod. Nedochází tedy ke „zbytečným - trátovým“ zastavením všech hlav stroje, jak je tomu vždy u klasického vícehlavého automatu. Ostatní hlavy AMAYA tedy pokračují v produkci dále. Spolu s vyšší průměrnou rychlostí (max. 1500st/min oproti klasickým strojům max. 1000st/min) je tak dosaženo vyššího výkonu na každou hlavu. Základní modul tvoří hlava stroje, která je připojená do řídicího systému, který je schopen ovládat od 1 až do 30 hlav.



Obrázek č. 2 – základní modul systému AMAYA



Koncept pracuje s uspořádáním strojů do clusterů, tedy skupin strojů, které lze kdykoliv softwarově měnit a přeskupovat. Každý cluster je určen pro danou sérii výšivek, případně pro jiného operátora.



**Hodnota systému roste s každou přidanou hlavou !!**

Schéma č. 5 – systém rozdělení stroje do 5-ti clusterů každý po 6-ti hlavách

Výhody koncepce modulárního flexibilního systému strojů nejlépe objasní časová posloupnost jednotlivých operací ve schématu č. 6.

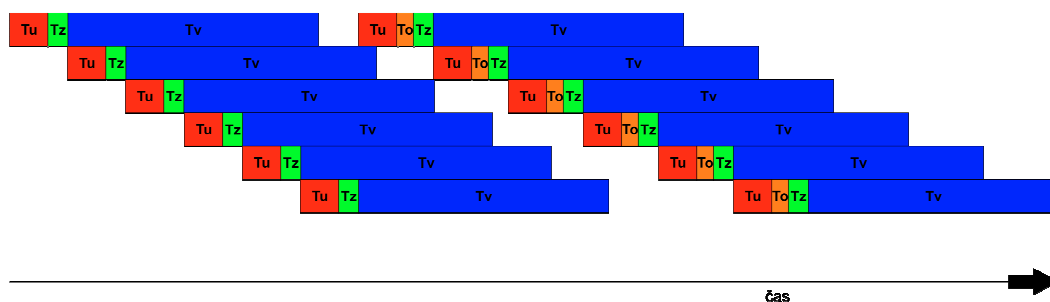


Schéma č.6 – časová posloupnost operací na modulárním systému strojů AMAYA

Tu, Tz, Tv, To viz. schéma č. 4

Z uvedeného schématu č. 6 vyplývá, jaký podíl z celkového času jsou jednotlivé hlavy v chodu ( modrá plocha). Způsob práce na těchto strojích je takový, že operátor postupně spouští stroje po sobě, tak jak do nich vkládá materiál. Stroje tak běží ve vzájemném skluzu mezi sebou, který je dán schopností operátora zajišťovat potřebné operace pro spuštění a běh stroje. Je tím dosaženo vyššího využití strojového času na jednoho operátora. Navíc modulárním uspořádáním je možné jednoduše operativně přizpůsobit počet hlav na danou zakázku pro operátora – sestavit ideální kombinaci počtu hlav k dané zakázce pro každého operátora. Modulární systém přináší ale i řadu dalších výhod, nejen při samotné výrobní činnosti, ale i v oblasti servisu a údržby. Z hlediska výkonu a plánování výroby lze výhody shrnout do následujících bodů:

- Vyšší produktivita na počet hlav díky lepšímu využití strojového času
- Operativní plánování nasazení počtu hlav k dané sérii výroby
- Minimalizace rizika výpadku výrobní kapacity při servisu a údržbě
- Snadná diverzifikace výroby

#### 4.5 Srovnání moderního modulárního systému s klasickou koncepcí

Srovnání v oblasti produkčních možností vyplývá z výše uvedených vlastností obou systémů. Pro lze uvést schéma posloupnosti operací obou systémů v čase. Pro podtrhnutí výhody nezávislosti hlav v modulárním systému je možné uvažovat, že čas potřebný pro vyšití jednoho kusu je u obou strojů stejný, ačkoliv v praxi stroje klasické koncepce nedosahují takových vyšších rychlostí a čas potřebný na realizaci stejné výšivky je delší.

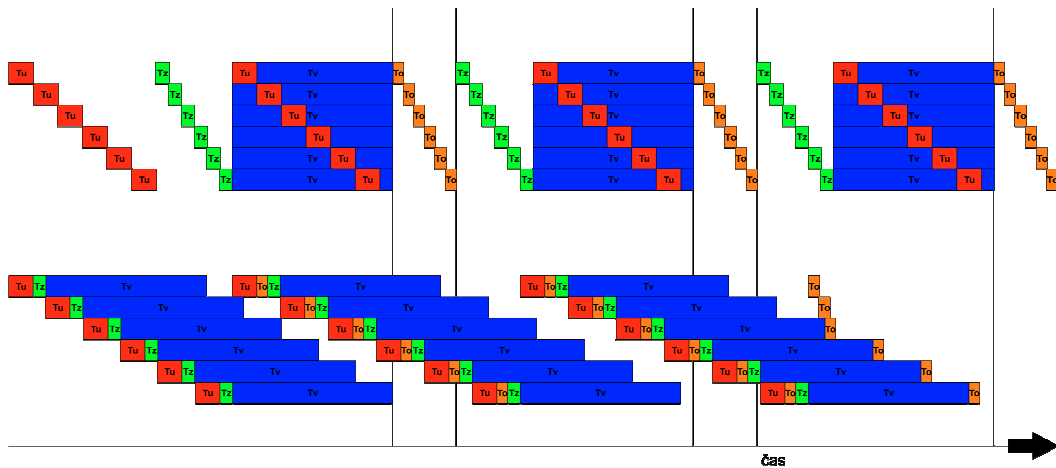
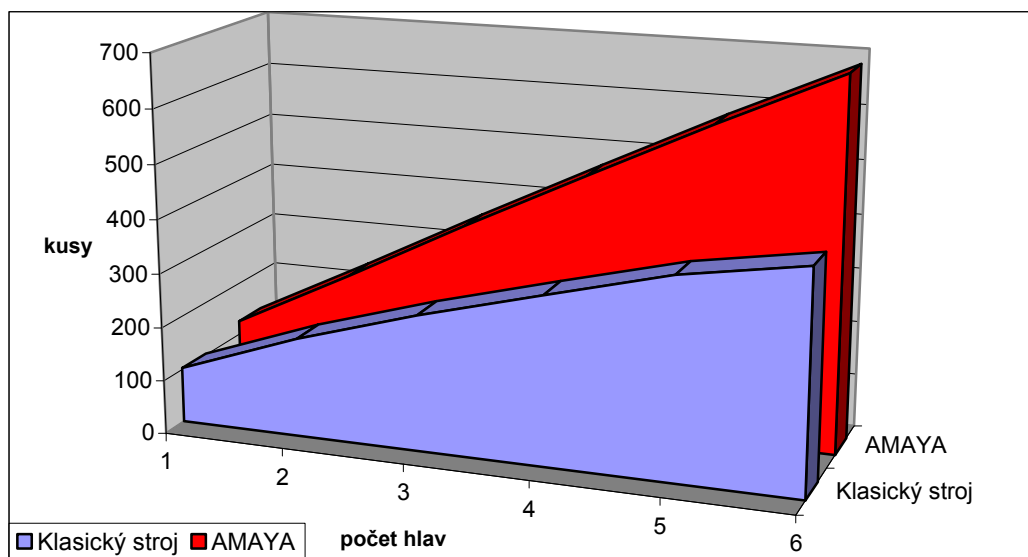


Schéma č. 7 - vzájemné srovnání posloupností operací modulárního a klasického systému, Tu, Tz, Tv, To viz. schéma č. 4

Ze schématu č. 7 je ihned patrné, že modulární systém díky postupnému spouštění hlav v každém cyklu „předhání“ systém klasický. V uvedeném příkladu je již při druhém cyklu daný počet zhotovených kusů u modulárního systému realizován v kratším čase než u klasického systému. Časový interval mezi dvěma spuštěními každé hlavy je u modulárního systému kratší než interval mezi dvěma spuštěními u klasické koncepce.

Porovnáním celkové produkce kusů obou systémů lze zjistit, že u modulárního systému je nárůst produkce lineární s nárůstem počtu hlav. U klasického systému naopak pomyslným přidáním další hlavy se sice celkový produkční výkon zvýší, ale naopak se snižuje výkon na jednotku hlavy, tedy nárůst výkonu má klesající charakter. Právě tento fakt hraje ve prospěch modulárního systému, protože přidáním každé hlavy se dosahuje stejného přírůstku výkonu.



Graf č. 1 – porovnání produkce v ks výrobků klasické a modulární technologie vzhledem k počtu hlav

Pro porovnání výkonu vícehlavého modulárního vyšívacího systému s klasickým systémem vícehlavého vyšívacího automatu je možné uvést modelové příklady. Pro porovnání byl zvolen modulární systém AMAYA s počtem 8 hlav a klasický 12-hlavý průmyslový vyšívací automat a použity průměrné hodnoty (rychlost vyšívání, počty přetrhů, atd.) tak, jak jsou ověřeny z výrobní praxe pro jednotlivé stroje. Příklady se liší počtem stehů výšivky a vyšívací dobou.

**Modelový příklad 1:**

	AMAYA	konvenční automat
měřená doba vyšívání {min}	60	60
počet stehů vzoru	2800	2800
počet hlav	8	12
průměrná rychlost stehů/min	1100	700
počet stehů na jeden přetrh hor. nitě /hlavu	30000	30000
doba pauzy při přetrhu {s}	45	45
doba výměny vyšívacího rámu {s}	5	60

počet stehů na výměnu spodní nitě	25000	25000
doba výměny spodní nitě {s}	30	30
<b>celkem počet vyprodukovaných kusů</b>	<b>179</b>	<b>130</b>

Tabulka č. 1 – srovnání produkce kusů pro klasický a modulární systém

**Modelový příklad 2:**

	<b>AMAYA</b>	<b>konvenční automat</b>
měřená doba vyšívání {min}	120	120
počet stehů vzoru	7000	7000
počet hlav	8	12
průměrná rychlost stehů/min	1100	700
počet stehů na jeden přetrh hor. nitě /hlavu	30000	30000
doba pauzy při přetrhu {s}	45	45
doba výměny vyšívacího rámu {s}	5	60
počet stehů na výměnu spodní nitě	25000	25000
doba výměny spodní nitě {s}	30	30
<b>celkem počet vyprodukovaných kusů</b>	<b>143</b>	<b>104</b>

Tabulka č. 2 – srovnání produkce kusů pro klasický a modulární systém

### Modelový příklad 3:

	<b>AMAYA</b>	<b>konvenční automat</b>
měřená doba vyšívání {min}	180	180
počet stehů vzoru	45000	45000
počet hlav	8	12
průměrná rychlost stehů/min	1100	700
počet stehů na jeden přetrh hor. nitě /hlavu	30000	30000
doba pauzy při přetrhu {s}	45	45
doba výměny vyšívacího rámu {s}	5	60
počet stehů na výměnu spodní nitě	25000	25000
doba výměny spodní nitě {s}	30	30
<b>celkem počet vyprodukovaných kusů</b>	<b>33</b>	<b>24</b>

Tabulka č. 3 – srovnání produkce kusů pro klasický a modulární systém

Z uvedených příkladů viz tabulka č. 1 – 3 vyplývá, že 8 hlav modulárního systému AMAYA dává porovnatelně vyšší produkci oproti klasickému 12-hlavému vyšívacímu automatu.

## 5. Cíl práce a zvolená metodika

### 5.1 Cíl práce

Cílem této práce je analýza výrobního procesu pro nezávislé vícehlavé vyšívací automaty, návrh jeho efektivní optimalizace a ověření výsledků optimalizace v praxi na vybraném podniku. Celkový výrobní proces se skládá z několika po sobě jdoucích kroků, které ačkoliv mají vzájemnou vazbu, je možné na ně pohlížet samostatně a lze je stručně shrnout do následujícího seznamu:

- přijetí zakázky
- zpracování řídicího programu pro stroj
- zajištění potřebných polotovarů a materiálů pro zakázku
- samotný proces realizace
- expedice

V každém z těchto kroků lze uplatnit nějakou optimalizaci vedoucí ke zvýšení efektivity. Zvláště v oblasti zajištění potřebných polotovarů a materiálů je možné uplatnit známé metody zásobování např. „JUST IN TIME“.

V dalším bude pozornost věnována na samotný proces realizace, který je vzhledem k jeho povaze nejzásadnější. Jak bylo výše popsáno, jedná se o cyklicky se opakující sekvenci operací v kombinaci stroj – člověk, kde vhodná optimalizace může přinést značné zefektivnění výroby.

### 5.2 Metodika práce

Práce vznikala v období obměny strojového vybavení společnosti JD promo s.r.o.. Vedení společnosti se rozhodlo k postupné výměně klasických vícehlavých automatů za moderní modulární systém strojů AMAYA americké společnosti MELCO. Na počátku rozhodnutí byla naplánována výměna celkem 5 strojů o celkové kapacitě 40 produkčních hlav za modulární systém 24 hlav pracujících ve flexibilním módu. Na

základě zjištění produkčního výkonu a budoucích odhadovaných potřeb společnosti byla stanovena konfigurace 24 hlav jako řešení v řadě parametrů převyšující tehdejší výrobní kapacitu s dalšími rozšiřujícími možnostmi. Koncepce nového systému dávala podstatně širší kombinační možnosti v plánování výroby a vznikl tak prostor a současně potřeba optimálního využití nabízených možností.

Základem pro zpracování optimalizace bylo rozdělení výrobního postupu do jednotlivých pracovních kroků a sestavení cyklů, které tvoří celý proces. Byla provedena podrobná analýza na základě pozorování výrobního procesu. S využitím metody časových snímků jednotlivých operací byla pořízená důležitá data kvantitativně popisující celý proces. Zkoumáním vzájemných vazeb jednotlivých operací a porovnáním různých variant vyplývajících z nasbíraných hodnot časových snímků byl vytvořen matematický model popisující celkový cyklus operací. Zmapováním běžně se vyskytujících potřeb při realizaci zakázek byla stanovena následující hlediska pro která je účelné provést optimalizaci:

1) Optimalizace využití strojů

Často je na výrobu kladen jako prioritní požadavek uspokojit zakázky v co nejkratším termínu bez ohledu na efektivnost výroby jako celku. V takovém případě je nutné maximální využití strojové výrobní kapacity a přizpůsobení všech ostatních faktorů.

2) Optimalizace využití pracovních sil

Nejčastějším limitujícím faktorem je faktor pracovních sil. Při řízení výroby je tedy nutné optimalizovat na základě dostupnosti tohoto faktoru a maximálně využít v závislosti na prioritách výroby



### 3) Optimalizace nákladů

Tato optimalizace je samozřejmě vrcholem z hlediska efektivity výroby. Vyrábět v takovém režimu, kdy výrobní výkon mohou upravovat s minimalizací nákladové funkce je však velice složité, protože ve většině případů dochází ke změně dalších prioritních faktorů.

Výsledkem optimalizace jsou ideální kombinace klíčových parametrů výroby:

- počtu hlav k zakázce na jednoho pracovníka
- času potřebného pro realizaci zakázky
- počtu nasazených hlav pro realizaci zakázky

K optimalizaci byli použity poznatky z teorie hledání extrémů funkcí a jednokriteriálních a vícekritériálních metod rozhodování. Vzhledem k nutným numerickým výpočtům byl využit tabulkový procesor, který umožnil rychlé výpočty na základě zadaných parametrů a připravil tak vhodná data pro výběrová kritéria nebo finální výsledky. Tento „kalkulátor“ byl použit pro verifikaci výsledků optimalizace v reálném provozu a stal se vítaným výstupem pro společnost JD promo s.r.o., která jej úspěšně používá v každodenním provozu.

## 6. Analýza podniku

### 6.1 Popis společnosti

Společnost JD promo s.r.o. se specializuje na zakázkovou výrobu výšivek pro různé subjekty od koncových zákazníků až po subdodávky dalším výrobním podnikům nebo reklamním agenturám. Tímto výrobním programem se zabývá již 15 let. Podnik je zařazen svým počtem zaměstnanců mezi malé organizace do 25 zaměstnanců. Její

výrobní zaměření je tak vhodnou platformou pro uplatnění výsledků optimalizace pro dynamické řízení výrobního procesu a jeho ověření v praxi. Je zde řešena kombinace opakujících se zakázek společně s jednorázovými zakázkami dle požadavků jejich klientů. Podnik lze zařadit svoji výrobní kapacitou k předním podnikům v oboru strojního vyšívání. Výrobní kapacita podniku se pohybuje mezi 1000 až 2000 kusů výrobků za běžnou pracovní směnu. V současných podmínkách se jedná o kapacitu běžně převyšující současné požadavky.

## 6.2 Struktura společnosti

### **Vedení společnosti**

Společnost je vlastněna jedním vlastníkem, který je zároveň jejím jednatelem a ředitelem. Ředitel společnosti přímo řídí i obchodní oddělení, které je tvořeno dvěma obchodníky.

Přímo řediteli je k dispozici asistentka, která zároveň poskytuje podporu pro obchodní tým.

### **Obchodní oddělení**

Obchodník1

Obchodník2

Obchodníci podléhají přímo jednateli a řediteli společnosti.

### **Výrobní úsek**

Vedoucí výroby

Vedoucí směny1

Vedoucí směny 2

Programátor designér

5x operátor strojů (stálí zaměstnanci)

8x operátor strojů (brigádníci)

Vedoucí výroby zastává zároveň funkci vedoucího směny a podléhá přímo řediteli společnosti

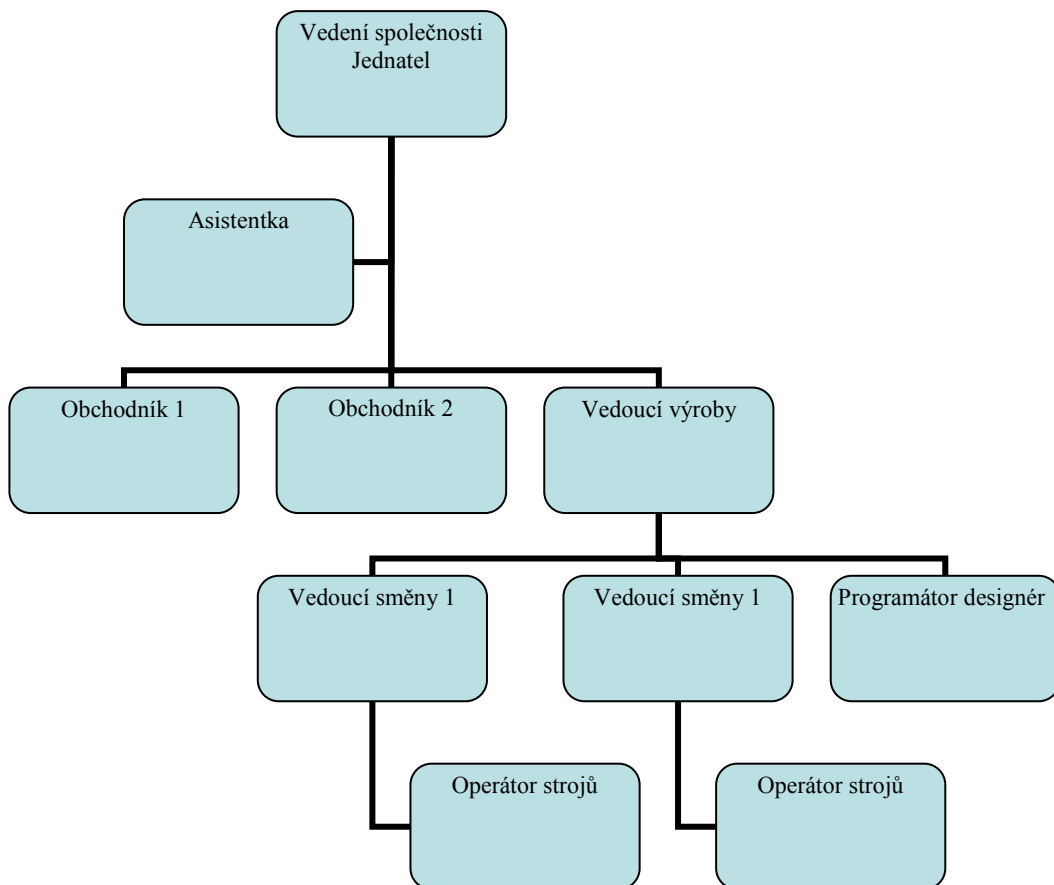


Schéma č. 8 – struktura společnosti zkoumaného podniku

Firma zaměstnává 5 stálých operátorů strojů a má k dispozici dalších 8 pracovníků v režimu dohody o provedení práce, kterých dynamicky využívá pro optimální plnění výrobních požadavků. Operátoři strojů přímo podléhají vedoucím směn. Programátor designér je podřízen výrobnímu řediteli a úzce spolupracuje s vedoucím směny. Je zodpovědný za zpracování programu pro stroje, jejich designové i provozní zpracování. Výrazně ovlivňuje výsledky celé výroby nejen po stránce kvality, ale i optimalizace výkonu. Výrobní ředitel rozděluje podle požadavků obchodního oddělení práci na jednotlivé směny a stanovuje výrobní program na jednotlivých směnách. Vedoucí směny pak operativně přiděluje práci jednotlivým operátorům strojů, určuje pořadí procesů, průběžně provádí kontrolu kvality výroby a provádí kontrolu splněných úkolů. Výstupy optimalizačního procesu jsou určeny právě pro vedoucí směn, kteří potřebují nástroj pro operativní řízení výroby.

### 6.3 Strojové vybavení podniku před plánovanou výměnou

Strojové vybavení společnosti JD promo s.r.o. před výměnou za moderní koncepci vyšívacích strojů zahrnovalo v roce 2008:

- 12 - hlavý klasický vyšívací stroj ( stáří 13 let )
- 8 - hlavý klasický vyšívací stroj ( stáří 10 let )
- 8 - hlavý klasický vyšívací stroj ( stáří 6 let )
- 6 - hlavý klasický vyšívací stroj ( stáří 10 let )
- 6 - hlavý klasický vyšívací stroj ( stáří 6 let )

Celkový počet hlav tak dosahoval 40 na 5-ti vícehlavých vyšívacích strojích.

Všechny stroje byly německé výroby od firmy ZSK. Ačkoliv modely strojů byly od jednoho výrobce, nebyla zde vzájemná kompatibilita příslušenství. Jak bývá zvykem u těchto typů strojů, vyšívací plocha se zmenšuje s rostoucím počtem hlav stroje. Z tohoto důvodu není možná kompatibilita upínacích rámců. Vzhledem ke stáří strojů byla vyšší četnost závad. V reálném provozu nebyla využitelnost všech hlav možná, běžně bylo v průměru 2-5 hlav z celkového počtu neschopno práce. 12- hlavý stroj byl vzhledem ke značnému opotřebení nasazován na technicky méně náročné zakázky. Obvyklé přiřazení pracovníků směny k jednotlivým strojům odpovídalo uvedenému seznamu:

- 12 - hlavý klasický vyšívací stroj ( 2 operátoři )
- 8 - hlavý klasický vyšívací stroj ( 1 - 2 operátoři )
- 8 - hlavý klasický vyšívací stroj ( 1 - 2 operátoři )
- 6 - hlavý klasický vyšívací stroj ( 1 operátor )
- 6 - hlavý klasický vyšívací stroj ( 1 operátor )



Obrázek č. 3 - klasický 8-hlavý vyšívací automat

#### 6.4 Strojové vybavení podniku po plánované výměně

Podnik provedl výměnu svého původního strojového vybavení ve 3 etapách, kdy postupně pořídil:

1. etapě 6 hlav modulárního systému AMAYA XT
2. etapě 6 hlav modulárního systému AMAYA XT
3. etapě 12 hlav modulárního systému AMAYA XT



Obrázek č. 4 - modulární 8-hlavý vyšívací automat MELCO AMAYA XT

a současně postupně odprodal zastaralou technologii. Tato postupná obměna proběhla během 16 měsíců. Tím získal z původních pěti klasických průmyslových vyšívacích strojů o celkovém počtu 40 hlav jeden modulární stroj o celkovém počtu 24 hlav moderní modulární technologie. Pracovníci po více jak dvouleté zkušenosti potvrzují, že výrobní kapacita podniku s novým systémem je mírně vyšší než původní se 40 hlavami klasických vyšívacích strojů. Tento v podstatě 50% nárůst produkčního výkonu na počet instalovaných hlav je způsoben nejen samotným principem modulární technologie, ale pochopitelně i vlivem eliminace častějších poruch závad starší technologie, které logicky snižovaly celkovou reálnou produkční kapacitu. Nejdůležitějším aspektem je finanční úspora při pořízení takovéto technologie, která činí cca 25% oproti stejné výrobní kapacitě pořízené v klasické vícehlavé technologii. Vedle tohoto atributu, významného zvláště pro finanční řízení společnosti, hraje velice důležitou roli i prostorová úspora a snadná mobilita a konfigurovatelnost strojů. Manipulace modulárního systému, jak je patrné z obrázku, je díky mobilním podstavcům a hmotnosti jednotlivých modulů (hlav) snadná, a je možná i za běžného provozu. Pořízením této technologie se však nezvýšila jen efektivita výkonu, ale došlo k podstatnému rozšíření možností výroby. Zvláště v oblasti vyšívání čepic, kde tyto stroje dosahují špičkových možností, firma posílila svoji konkurenceschopnost. Rozšířením o simulaci chenille výšivky nabízí netradiční aplikační možnosti designového pojetí a nabízí tak zajímavý obchodní artikl.

Stranou nemůže zůstat důležitý fakt servisu. Modulární systém nabízí při jakémkoliv defektu vyřazení pouze dotčené hlavy a nedochází tím k znatelnému výpadku produkční kapacity jako u klasických vícehlavých automatů. Navíc, a to je podstatné, při servisním zásahu nedojde k produkční odstávce celého stroje, ale servis probíhá odděleně na poškozené hlavě a neblokuje tak stroj jako celek.

## 6.5 Prostorová konfigurace podniku

Administrativní část společnosti přímo navazuje na výrobní prostory, má samostatný vchod a je vyhrazena pouze pro účely obchodních jednání, prezentací a administrativní činnosti. Pro účely práce jsou podstatné právě provozní prostory. Výrobní prostory jsou umístěny v jedné výrobní hale na ploše 460m<sup>2</sup>. Jsou rozděleny na tři základní sekce.

- Vlastní pracoviště
- Skladové prostory pro materiál a příslušenství
- Skladové prostory pro vstupní polotovary a hotové zakázky

Skladové prostory pro materiál a příslušenství jsou umístěny přímo vedle vlastních pracovišť, jsou uzamykatelné s právem přístupu pro vedoucí směny. Stejně odděleny jsou zvlášť skladové prostory pro vstupní polotovary a hotové zakázky, které jsou umístěny hned u vstupu do výrobních prostor s nákladovou rampou.

Vlastní pracoviště je soustředěno do jednoho sektoru v zadní části výrobní haly. Důvodem je pohyb polotovarů a hotových výrobků. Po přijetí polotovarů do skladu čekají na nasazení do výroby a následně po zpracování jsou hotové výrobky opět umístěny do skladu polotovarů a výrobků, kde jsou po nezbytné administraci připraveny k expedici. Celkové uspořádání pracoviště nejlépe zachycuje schéma č. 9.

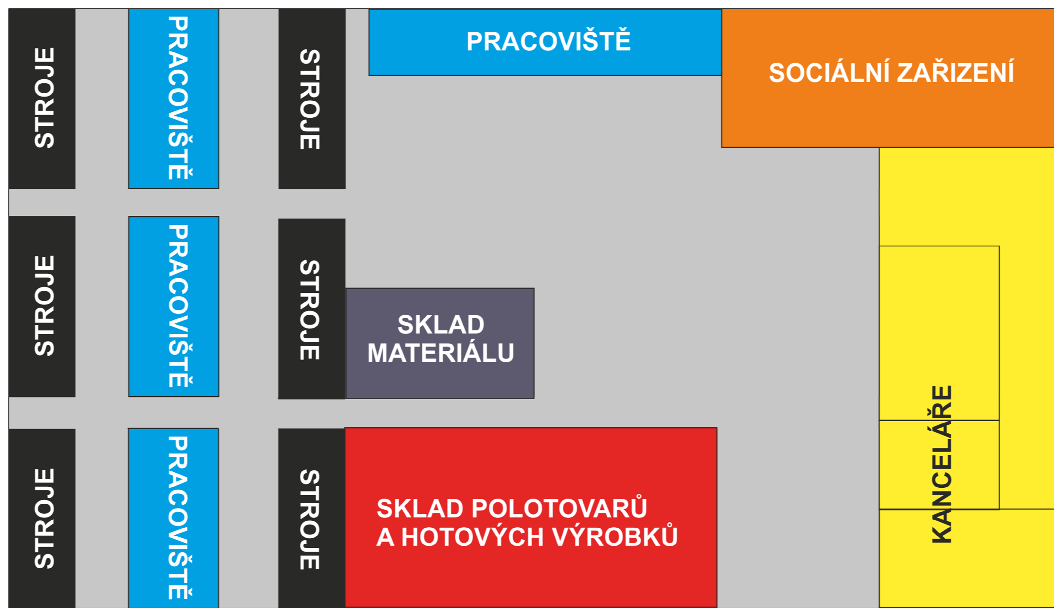


Schéma č. 9 – plán pracoviště s rozmístěním strojů

## 6.6 Organizace pracoviště

Pracoviště se skládá z manipulačního prostoru, umístění strojů a přípravných pultů. Stroje mají pevnou pozici a během jednotlivých úkonů probíhá práce na přípravném pultu, dále dochází k pohybu pracovníka mezi přípravným pultem a strojem a probíhá vlastní obsluha stroje. Jedná se o typ procesního rozmístění pracoviště, kde se transformované zdroje pohybují po pracovišti. Instalovaný stroj o celkovém počtu 24 hlav je rozdělen na 6 segmentů po 4 hlavách. Každý segment tvoří pracovní místo pro jednoho pracovníka. Díky rozmístění segmentů do dvou řad proti sobě po třech segmentech se společným pracovním pultem pro protilehlé řady lze v případě potřeby spojit pracovní místa a vytvořit tak třeba segment od 1-12 hlav pro jednoho pracovníka. Takovéto rozmístění bylo navrženo dodavatelskou firmou a nabízí tak vysokou míru variability alokace hlav pro jednoho pracovníka podle potřeby konkrétní zakázky.

Při započítání výroby zakázky jsou postupně polotovary dopravovány do oblasti pracovního pultu, kde dochází k jejich zpracování na stroji. Okamžitě po zpracování je výrobek přechodně uložen v oblasti pracovního pultu a po dokončení série je



přemístěn do skladu polotovarů a výrobků. Na pracoviště je opětovně dodáno další množství polotovaru. Tento cyklus se opakuje až do celkového zhotovení zakázky.

## **7. Optimalizace**

### **7.1 Možnosti optimalizace výrobního procesu**

Optimalizace výrobního procesu je široký pojem a lze na ni nahlížet z mnoha hledisek. Je možné řešit optimální dodávku materiálů, řízení zásob, pohyb materiálu po pracovišti, organizaci přípravy výroby návaznost jednotlivých činností, vlastní výrobu. Všechny tyto činnosti ovlivňují celkový výsledek efektivnosti výroby a tím se zásadně podílejí na celkovém výkonu výrobního podniku. V dalším bude předmětem zájmu výlučně vlastní proces výroby – práce na strojích. Důvodem je, že v průmyslovém vyšívání vlastní proces práce na strojích tvoří nejvýznamnější podíl ze všech ostatních činností mající vliv na produktivitu. Samozřejmě dodávka materiálu je prvotní podmínkou práce, ale vzhledem k tomu, že vlastní materiálová základna není tak široká a systém dodávek spotřebního materiálu pro vyšívání je obecně vcelku dobře vyřešen a není tak problém obdržet požadované množství druhý den po objednávce, proces optimálního řízení materiálu není složitý a je pouze otázkou pečlivého vedení skladového hospodářství.

## 7.2 Druhy optimalizace

V praxi je možné se během výrobního procesu zajímat více druhů optimalizací:

- **Optimální nasazení strojové kapacity k pracovní síle**
- **Maximální využití strojové výrobní kapacity**
- **Maximální využití dostupných pracovních sil**
- **Minimalizace času pro výrobu zakázky**
- **Minimalizace celkových výrobních nákladů**

Podle aktuálních potřeb je dána preference některé z nich, případně se hledají ideální společné průniky mezi nimi navzájem. Na první pohled by se mohlo zdát, že jedinou a nejdůležitější je minimalizace výrobních nákladů. Nelze ale zapomenout, že pro podnik jako celek může být z obchodního hlediska daleko důležitější minimalizace času pro určitou zakázku, ačkoliv to nebude zcela ideální řešení z hlediska nákladů výroby. Proto lze jednotlivým optimalizacím přiřadit i pro každou zakázku různé priority.

## 7.3 Sestavení modelu

### 7.3.1 Parametry definice zakázky

Jak již bylo řečeno v předešlé kapitole, každá zakázka je jednoznačně definována 3 základními parametry: **počtem stehů**, **materiálem** určeným k vyšití a **počtem identických kusů** zakázky. Tyto základní parametry je potřeba transformovat do proměnných pro popis modelu. Počet stehů je účelné pro konkrétní typ stroje (hlavy) nahradit dobou, po kterou je design vyšíván. Zde je navíc možné průměrnou hodnotou zohlednit i běžné provozní defekty během vyšívání a zahrnout tak pro jednoduchost detailní jednotlivosti do jedné proměnné. Vyšívání materiál se

promítne v době potřebné pro upnutí do rámečku a době potřebné pro založení rámečku do stroje. Je zřejmé, že časová náročnost pro upnutí nástřihu látky je menší než upnutí hotového výrobku např. zimní bundy nebo golfového bagu, a stejně je tomu tak při umísťování do stroje. Není možné opomenout i čas potřebný k vyjmutí (odebrání) ze stroje. Počet kusů pak jen určuje počet opakujících se úkonů.

Pro definici každé zakázky se zavedou následující proměnné:

**T<sub>v</sub>** – průměrný čas potřebný k vyšití jednoho kusu na jedné hlavě

**T<sub>u</sub>** – průměrný čas potřebný k upnutí vyšívaného materiálu do rámečku

**T<sub>z</sub>** – průměrný čas potřebný k založení vyšívaného materiálu v rámečku do jedné hlavy

**T<sub>o</sub>** – průměrný čas potřebný k odebrání vyšívaného materiálu v rámečku z jedné hlavy

**K** – počet identických kusů zakázky

Všechny tyto parametry lze přiřadit ke každé zakázce. Časy T<sub>v</sub>, T<sub>u</sub>, T<sub>z</sub>, T<sub>o</sub> jsou získané při vzorování série, která předchází vlastní výrobě. V případě potřeby lze i stanovit kvalifikovaný odhad těchto parametrů na základě počtu stehů a typu vyšívaného materiálu.

### 7.3.2 Časová struktura výrobního procesu

Celý vyšivací proces se rozdělí do jednotlivých úkonů. Pro tento účel je vhodné zavést proměnnou pro počet hlav alokovaných pro realizaci zakázky:

**N** – počet hlav zapojených do výroby dané zakázky

S využitím výše popsaných parametrů zakázky se sestaví modelové schéma zpracování jednoho cyklu viz schéma č. 10.

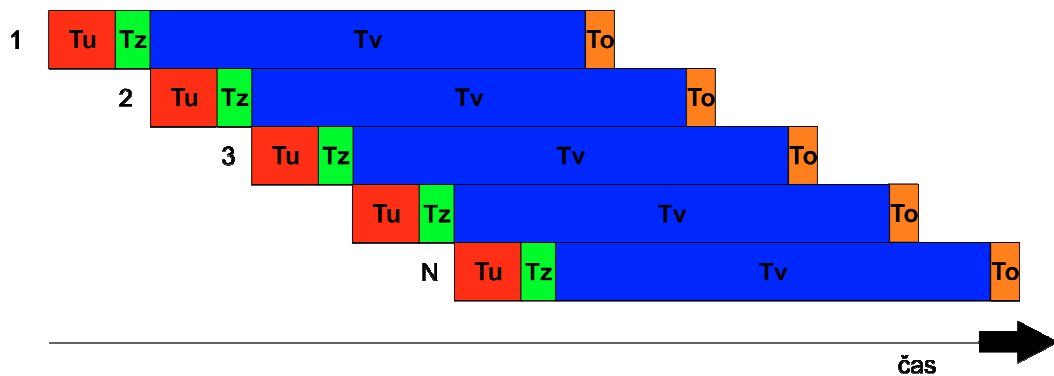


Schéma č. 10 - časová struktura výrobního procesu

Tu, Tz, Tv, To viz. schéma č. 4

Schéma ukazuje postupné zapojování jednotlivých hlav od 1. až do N-té hlavy vynesené na časovou osu. Tento postup se opakuje až do zpracování všech K kusů dané zakázky.

### 7.3.3 Optimální nasazení strojové kapacity k pracovní síle

Základním odrazovým můstkem pro optimalizaci každé zakázky je stanovení maximálního počtu hlav pro jednoho pracovníka tak, aby byla maximálně využita doba jeho pracovního času – tedy minimalizace časového prostojení během cyklu výroby zakázky a současně nedocházelo ke zbytečnému zapojování nadbytečných hlav na jednoho pracovníka, které by nebyly plně využity při realizaci dané zakázky. Pro každou zakázku se tedy stanoví hodnota počtu hlav  $N$ , kdy nedochází k zbytečnému ztrátovému času obsluhy a zároveň pro každé  $N' > N$  je naopak nevyužita kapacita strojů zapojených do výroby zakázky. Pro sestavení modelu se použije metoda časových snímků postupu pracovníka v průběhu vyšívacího cyklu. Základní podmínkou je, aby čas potřebný k vyšití jednoho kusu nebyl menší než součet časů potřebných k přípravě a založení pro zbylé hlavy. Vzhledem k tomu, že posloupnost časových snímků je odlišná v prvním cyklu od cyklů již běžící série, je nutné uvažovat cyklus v již běžící sérii, jinak bychom se dopustili krácení některých úseků procesu. Jde o jednu operaci upnutí pro další cyklus v časové délce  $T_u$ . Názorně celou situaci vystihuje schéma č. 11.

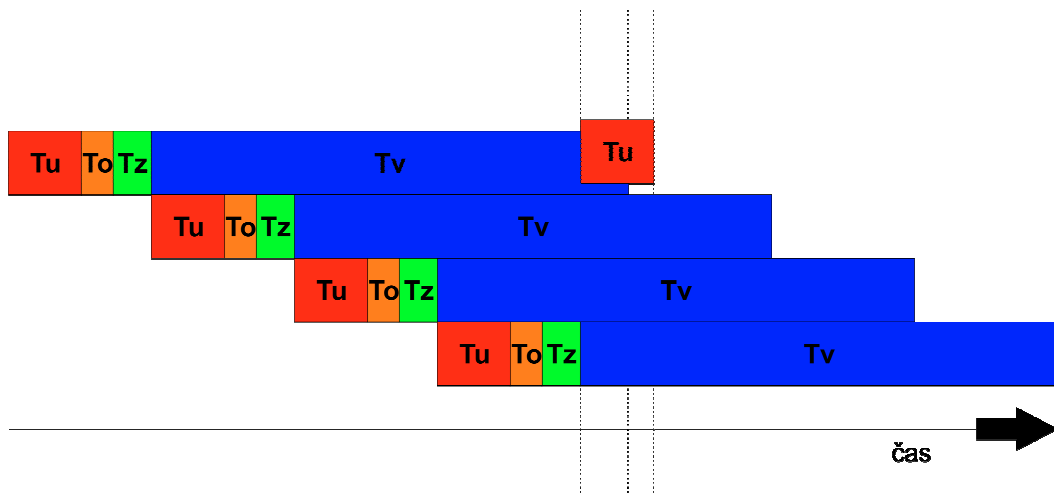


Schéma č. 11 - časová posloupnost operací pro optimální počet hlav na pracovníka,  $T_u$ ,  $T_z$ ,  $T_v$ ,  $T_o$  viz. schéma č. 4

Jestliže jsou k zakázce stanoveny následující veličiny:

$T_v$  – průměrný čas potřebný k vyšití jednoho kusu na jedné hlavě

$T_u$  – průměrný čas potřebný k upnutí vyšivaného materiálu do rámečku

$T_z$  – průměrný čas potřebný k založení vyšivaného materiálu v rámečku do jedné hlavy

$T_o$  – průměrný čas potřebný k odebrání vyšivaného materiálu v rámečku z jedné hlavy

pak pro zajištění minimálního prostojového času jednoho pracovníka je nutné najít takové maximální možné celé číslo  $N_{opt}$ , pro které je stále splněna podmínka:

$$T_v \geq N_{opt} * T_u + (N - 1) * (T_o + T_z)$$

úpravami se dostane:

$$T_v \geq N_{opt} * T_u + N * T_o + N * T_z - T_o - T_z$$

$$T_v + T_o + T_z \geq N_{opt} * (T_u + T_o + T_z)$$

$$N_{opt} \leq (T_v + T_o + T_z) / (T_u + T_o + T_z)$$

Hledané **Nopt** je tedy:

$$\mathbf{Nopt} = ( \mathbf{Tv} + \mathbf{To} + \mathbf{Tz} ) / ( \mathbf{Tu} + \mathbf{To} + \mathbf{Tz} )$$

Protože počet hlav musí být celé číslo, je nutné výsledek zaokrouhlit. Rozhodnutí, zda zaokrouhlit směrem dolů nebo nahoru záleží i na faktu, zda v daném čase je dostatek hlav pro zpracování aktuálních zakázek. Z hlediska maximálního využití času operátora je lepší počet hlav zaokrouhlit nahoru, i když tím dojde k jistým ztrátám využití strojového času. Pokud dojde k zaokrouhlení dolů, je nutné mít na paměti určitý prostoj operátora.

$$\mathbf{Nopt} = \mathbf{ZAOKROUHLIT} ( ( \mathbf{Tv} + \mathbf{To} + \mathbf{Tz} ) / ( \mathbf{Tu} + \mathbf{To} + \mathbf{Tz} ) )$$

Pochopitelně vše limitováno maximálním počtem hlav ve výrobě, které jsou k dispozici.

**Nmax** – maximální počet použitelných hlav ve výrobě

Pokud by  $N > N_{max}$  je třeba zajistit definitoricky  $Nopt = N_{max}$ .

Tímto vztahem je možné ke každé zakázce přiřadit optimální počet hlav na jednoho pracovníka tak, aby byla maximálně využita jeho pracovní síla při realizaci výrobního cyklu zakázky. Pokud by počet hlav byl nižší než vypočtené optimální  $Nopt$ , vznikl by při výrobním cyklu prostojový čas pracovníka čekáním na dokončení cyklu stroje. Pokud by počet hlav byl vyšší, byl by sice pracovníkův čas plně využit, ovšem naopak by vznikl prostojový čas strojů, které by čekali na obsluhu pracovníka a docházelo by tak k plýtvání strojového času hlav, které by mohly být případně paralelně obsluhovány jiným pracovníkem. Rozhodnutí je vhodné učinit na základě porovnání celkových nákladů na obsluhu a stroj.

### 7.3.4 Čas potřebný pro zpracování zakázky

Čas bývá společně s cenou nejběžnějším limitujícím faktorem všech zakázek. Celkový čas potřebný pro zpracování zakázky se bude odvíjet od samotné náročnosti, složitosti a rozsahu zakázky. Bude také záležet na počtu pracovníků a počtu zapojených hlav do realizace zakázky. Právě závislost na počtu hlav bude předmětem zkoumání.

Pro definici každé zakázky tedy se zavedou následující proměnné:

**T<sub>v</sub>** – průměrný čas potřebný k vyšití jednoho kusu na jedné hlavě

**T<sub>u</sub>** – průměrný čas potřebný k upnutí vyšívání materiálu do rámečku

**T<sub>z</sub>** – průměrný čas potřebný k založení vyšívání materiálu v rámečku do jedné hlavy

**T<sub>o</sub>** – průměrný čas potřebný k odebrání vyšívání materiálu v rámečku z jedné hlavy

**K** – počet identických kusů zakázky

Dále se zavedou proměnné, týkající se hlav k dané zakázce:

**N** – počet hlav zapojených do výroby dané zakázky

**T<sub>ph</sub>** – doba potřebná k nastavení a seřízení jedné hlavy stroje

**T(N)** – celkový čas vyšití zakázky pro N hlav

Pro stanovení celkového času vyšití zakázky se uvažuje, že pracovní síla je neomezená a bude tedy dostatečný počet pracovníků vzhledem k použitým hlavám stroje. Časy vystupující jako parametry (**T<sub>u</sub>**, **T<sub>v</sub>**, **T<sub>z</sub>**, **T<sub>o</sub>**, **T<sub>ph</sub>**) jsou normovány na jednoho pracovníka.

Prvním příspěvkem k celkovému času bude čas nutný k přípravě stroje. Příprava stroje o N hlavách je dána vztahem:

$$T^0 = N * T_{ph}$$

V dalším se jednotlivé části vyšivacích cyklů nejprve rozdělí do třech fází:

1. první počáteční cyklus
2. střední opakující se cyklus
3. poslední cyklus

Konec příspěvku k celkovému času každé fáze je uvažován v čase, kdy je možné započít další cyklus stejné nebo následující fáze.

ad1) První počáteční cyklus je odlišný od ostatních v tom, že všech N hlav stroje určených pro danou zakázku je připraveno ke spuštění pro každý kus a není nutné čekat na dokončení předchozího kusu a uvažovat čas potřebný pro vyjmutí materiálu ze stroje.

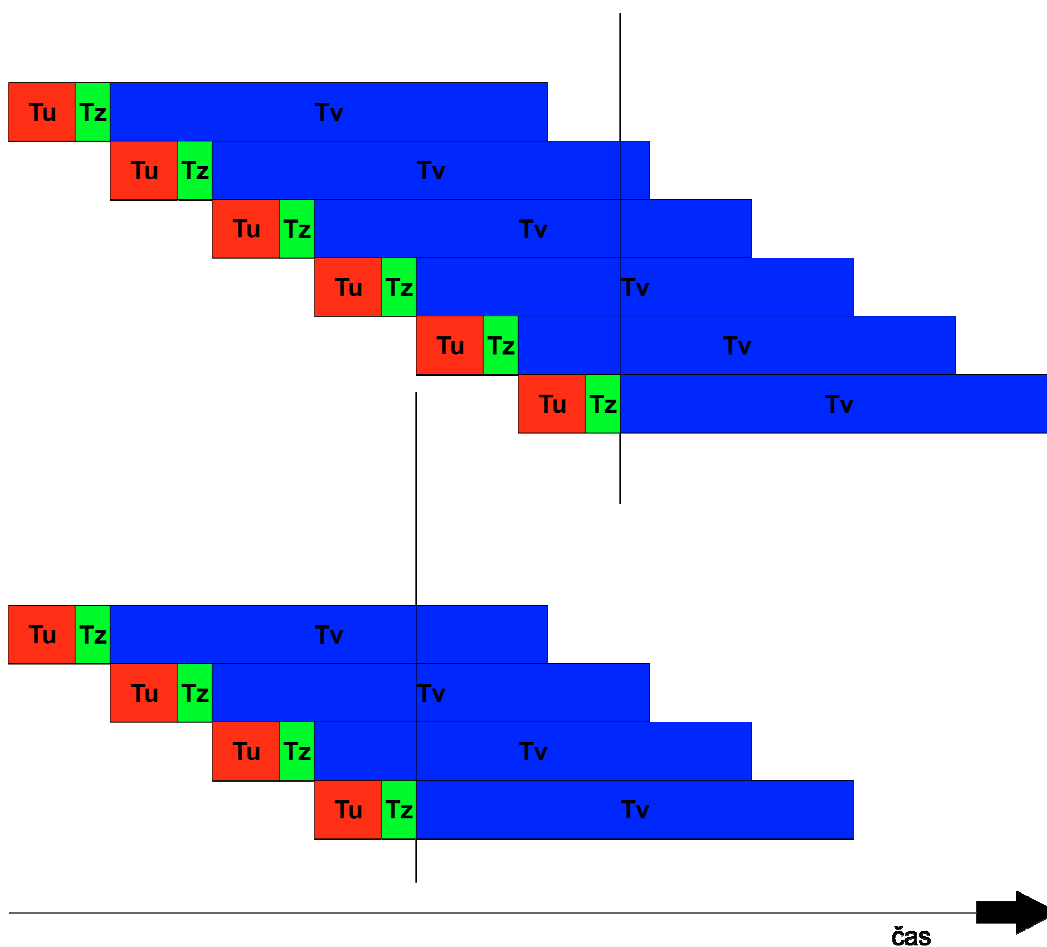


Schéma č. 12 - časová posloupnost operací pro první cyklus

Tu, Tz, Tv viz. schéma č. 4



Z uvedeného schématu č. 12 vyplývá, že nastávají dva případy, které je třeba rozlišit:

$$(N-1) * (Tu + Tz) \geq Tv$$

$$(N-1) * (Tu + Tz) < Tv$$

V případě  $(N-1) * (Tu + Tz) \geq Tv$  je příspěvek z prvního cyklu pro celkový čas dán:

$$T^1 = N * (Tu + Tz)$$

V případě  $(N-1) * (Tu + Tz) < Tv$  je příspěvek z prvního cyklu pro celkový čas dán:

$$T^1 = Tu + Tz + Tv$$

ad2) Střední opakující se cyklus již vyžaduje započítávat čas  $T_0$  potřebný k odebrání materiálu ze stroje z předešlého cyklu.

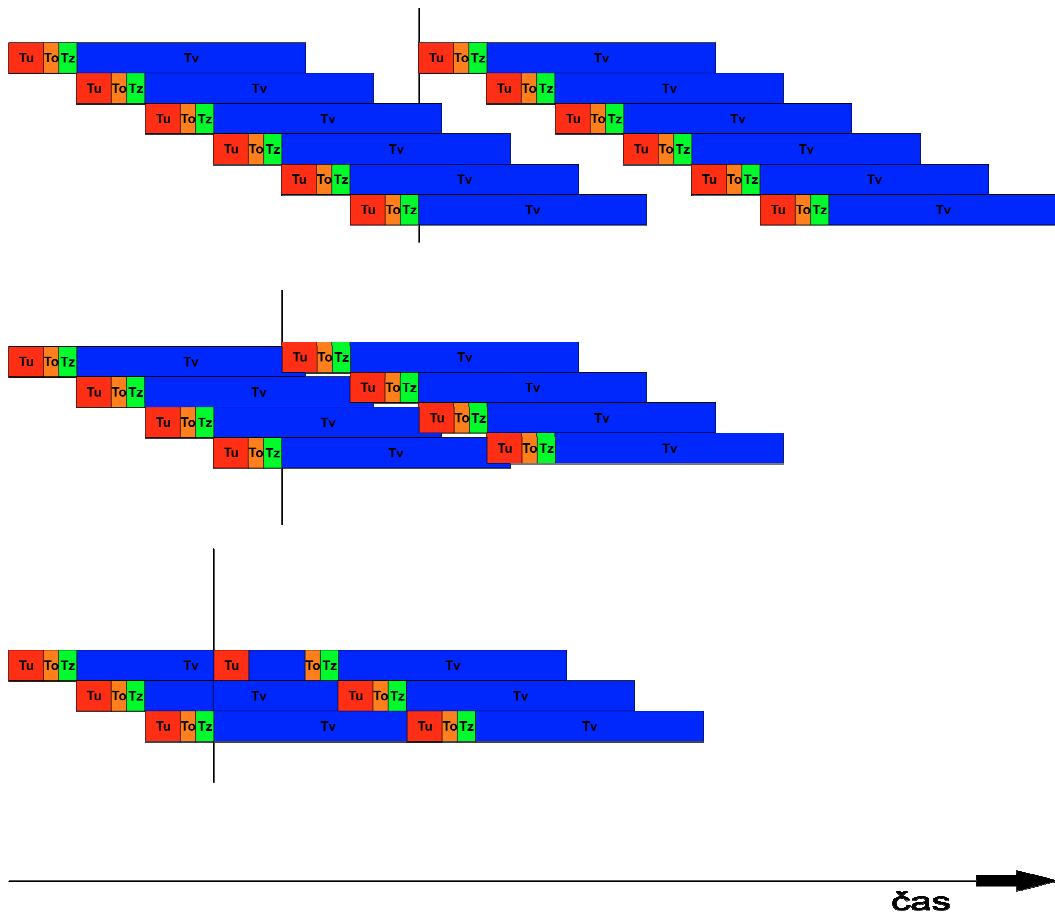


Schéma č. 13 - časová posloupnost operací pro střední cyklus  
 Tu, Tz, Tv, To viz. schéma č. 4

Rozborem schématu č. 13 vyplývá, že nastávají tři různé případy:

$$(N-1) * (Tu + To + Tz) \geq Tv$$

$$((N-1) * (Tu + To + Tz) < Tv) \text{ AND } ((N-1) * (Tu + To + Tz) + Tu \geq Tv)$$

$$(N-1) * (Tu + To + Tz) + Tu < Tv$$

Odlišit stačí pro účely výpočtu příspěvku k celkovému času podle našeho modelu pouze dva, protože podmínka  $(N-1) * (Tu + To + Tz) \geq Tv$  je silnější než podmínka

$(N-1) * (T_u + T_o + T_z) + T_u \geq T_v$  pro  $T_u \geq 0$  a tedy stačí uvažovat pouze podmínku

$$(N-1) * (T_u + T_o + T_z) + T_u \geq T_v.$$

V případě  $(N-1) * (T_u + T_o + T_z) + T_u \geq T_v$  je příspěvek ze středního cyklu pro celkový čas dán:

$$T^2 = N * (T_u + T_o + T_z) * \text{INT} (K/N - 1)$$

V případě  $(N-1) * (T_u + T_o + T_z) + T_u < T_v$  je příspěvek ze středního cyklu pro celkový čas dán:

$$T^2 = T_u + (T_o + T_z + T_v) * \text{INT} (K/N - 1),$$

kde  $\text{INT} (x)$  je celá část čísla  $x$ .

ad3) Poslední část cyklu je specifická tím, že nemusí dojít k využití všech  $N$  hlav. Záleží, zda poměr  $K/N$  je celé číslo.

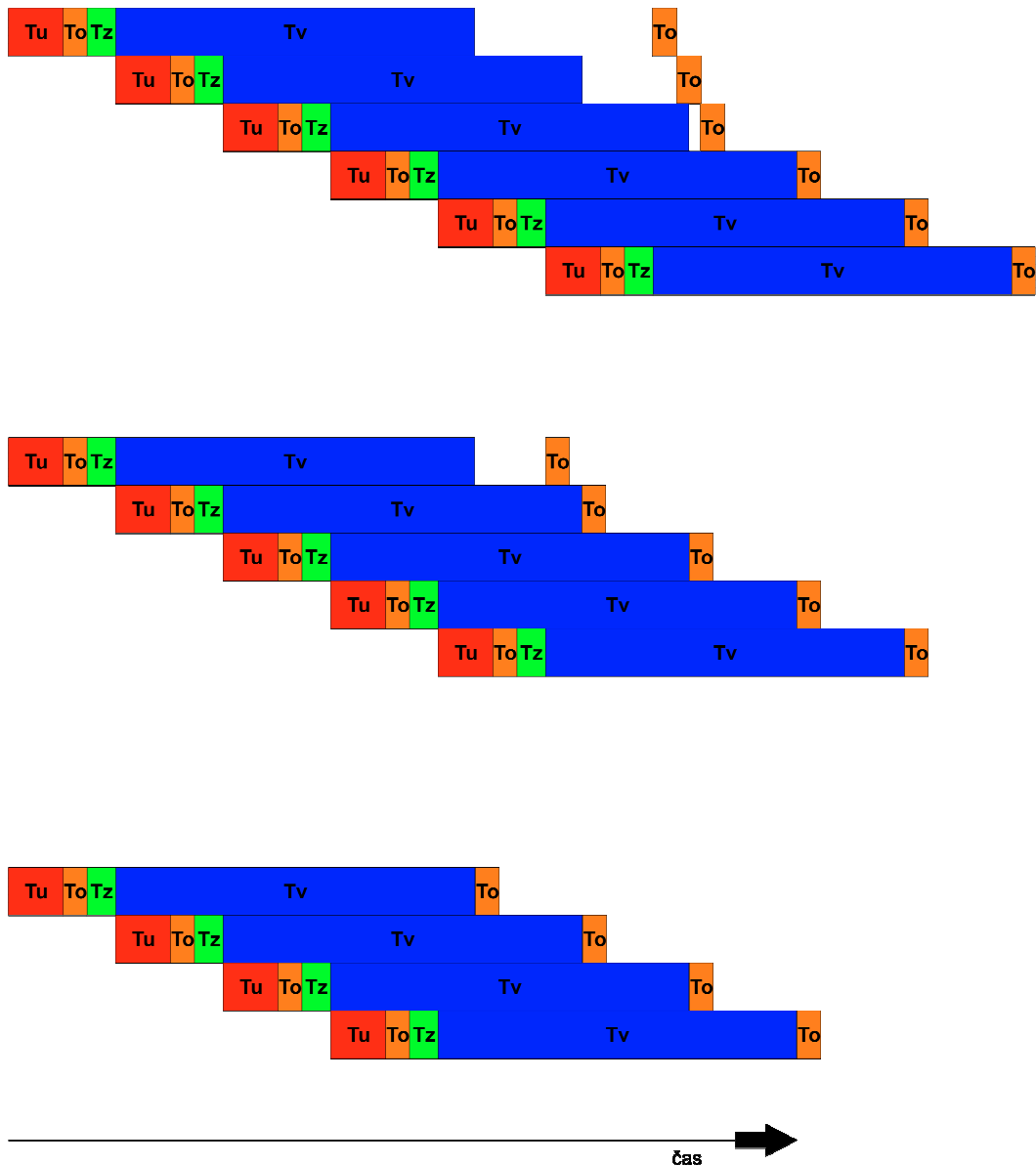


Schéma č. 14 - časová posloupnost operací pro poslední cyklus pro  $K/N$  celé

Tu, Tz, Tv, To viz. schéma č. 4

Pokud  $K/N$  je celé číslo, je situace znázorněná na schématu č. 14 jednoduchá. Prostřední cyklus se při svém posledním opakování stává posledním cyklem, a protože jeho příspěvek k celkovému času končí ve chvíli založení posledního kusu materiálu, stačí pouze přičíst dobu vyšití a odebrání posledního kusu.

$$T^3 = T_v + T_o$$

Pokud  $K/N$  je není celé číslo, musíme rozlišit dva případy.

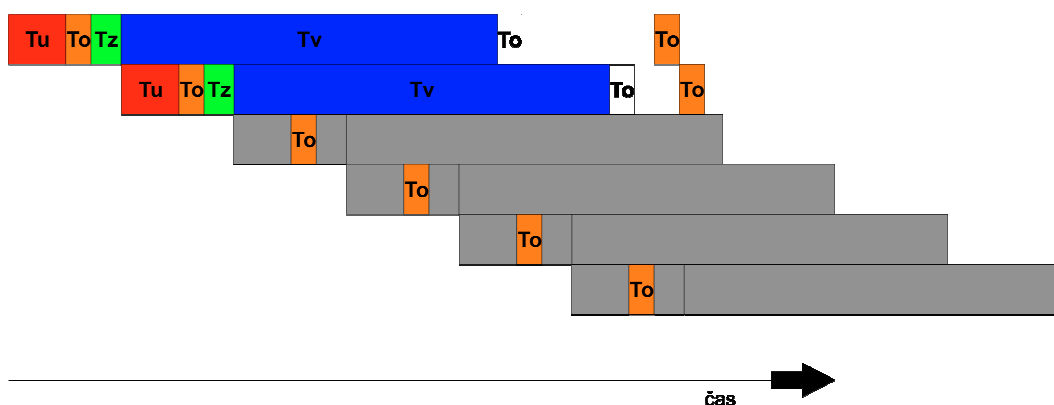


Schéma č. 15 - časová posloupnost operací pro poslední cyklus pro  $K/N$  není celé  $T_u$ ,  $T_z$ ,  $T_v$ ,  $T_o$  viz. schéma č. 4

Ze schématu č. 15 vyplývá podmínka, podle které se budou příspěvky k celkovému času vyšití lišit:

V případě  $(N-1) * (T_u + T_o + T_z) < T_v$  je příspěvek z posledního cyklu pro celkový čas dán:

$$T^3 = \text{MOD} (K/N) * (T_u + T_o + T_z) + T_v + T_o$$

V případě  $(N-1) * (T_u + T_o + T_z) \geq T_v$  je příspěvek z posledního cyklu pro celkový čas dán:

$$T^3 = N * (T_u + T_o + T_z) - T_z + \text{MOD} (K/N) * T_o,$$

kde  $\text{MOD} (x)$  je zbytek po celočíselném dělení  $x$ .

Nyní je možné všechny příspěvky časů posčítat a dostaneme celkový potřebný čas pro realizaci zakázky v závislosti na počtu hlav.

$$T' = NT_{ph} + T^1 + T^2 + T^3$$

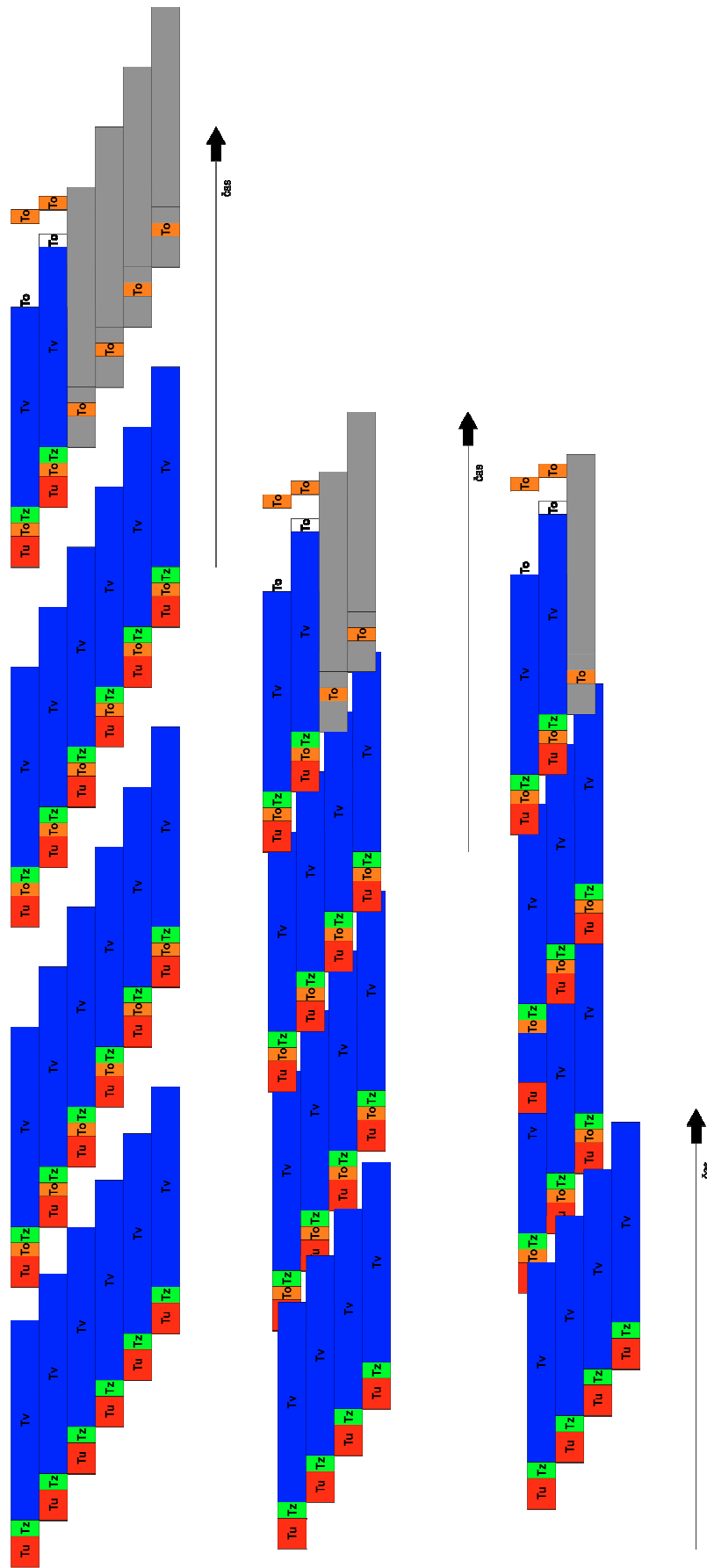


Schéma č. 16 – kompozice tří fází příspěvků, Tu, Tz, Tv, To viz. schéma č. 4

Vzájemnou kombinací podmínek vzniknou tři možnosti kombinací výše popsaných příspěvků časů k celkovému času. Ze schématu č. 16 vyplývá, že při přechodu z fáze 1 do fáze dvě musíme ještě ověřit, zda:

$$(N-1) * (Tu + Tz) + Tu < Tv$$

Pokud platí tato podmínka, je třeba provést korekci **-Tu**

Jestliže ještě navíc platí:

$$((N-1) * (Tu + To + Tz) + Tu < Tv) \text{ AND } (K/N \text{ není celé číslo})$$

je třeba další korekce **-Tu**. V obou případech se jedná se o odečet času upnutí materiálu, který se „schová“ do doby, kdy stroj z předchozího cyklu ještě vyšívá.

**Nyní je tedy vypočítána doba vyšití zakázky v závislosti na počtu hlav N.**

Pro názornost je možné uvést příklady zakázek. V tabulkách jsou uvedeny hodnoty definující danou zakázku, a je zde i stanovena hodnota ideálního počtu hlav pro minimalizaci času realizace zakázky. V příložených grafech je možné vidět průběh funkce času potřebného k vyšití celé zakázky v závislosti na počtu zapojených hlav do procesu.

<b>Zakázka 1</b>	
počet kusů	20
čas vyšití 1 ks [min]	6
čas upnutí do rámečku [s]	40
čas založení a pozice rámečku [s]	25
čas odebrání ze stroje [s]	5
čas přípravy hlavy stroje [min]	7
<b>ideální počet hlav pro minimalizaci času</b>	<b>4</b>

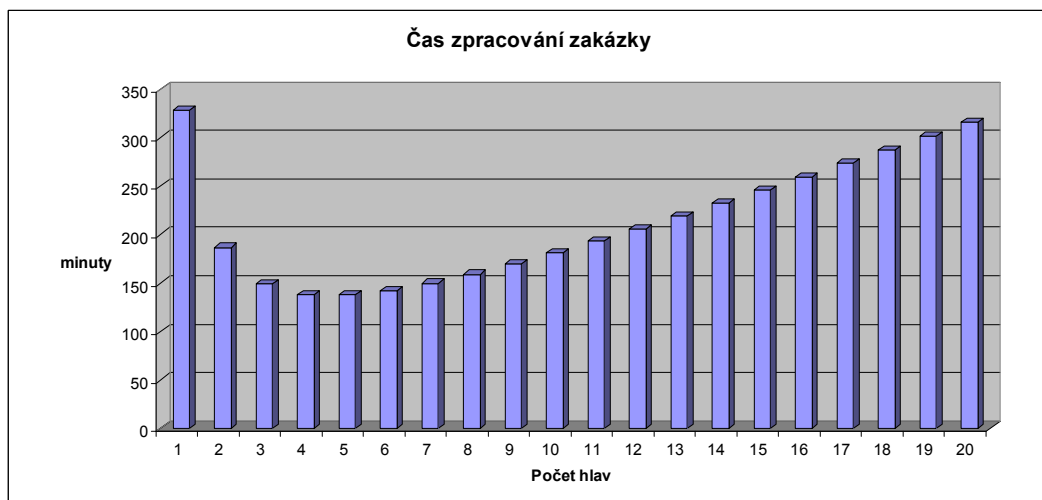
Tabulka č. 4 – ideální hodnota počtu hlav pro minimalizaci času realizace dané zakázky



Graf č. 2 – závislost času realizace dané zakázky na počtu hlav

<b>Zakázka 2</b>	
počet kusů	80
čas vyšití 1 ks [min]	3
čas upnutí do rámečku [s]	25
čas založení a pozice rámečku [s]	50
čas odebrání ze stroje [s]	5
čas přípravy hlavy stroje [min]	15
<b>ideální počet hlav pro minimalizaci času</b>	<b>5</b>

Tabulka č. 5 – ideální hodnota počtu hlav pro minimalizaci času realizace dané zakázky



Graf č. 3 – závislost času realizace dané zakázky na počtu hlav



<b>Zakázka 3</b>	
počet kusů	350
čas vyšití 1 ks [min]	9
čas upnutí do rámečku [s]	40
čas založení a pozice rámečku [s]	15
čas odebrání ze stroje [s]	7
čas přípravy hlavy stroje [min]	12
<b>ideální počet hlav pro minimalizaci času</b>	<b>17</b>

Tabulka č. 6 – ideální hodnota počtu hlav pro minimalizaci času realizace dané zakázky



Graf č. 4 – závislost času realizace dané zakázky na počtu hlav

### 7.3.5 Optimální počet hlav a operátorů k zakázce

Nyní je možné přistoupit ke konstrukci celkové optimalizace volby počtu hlav k dané zakázce.

Hlavní roli zde hrají variabilní náklady na výrobu. Při realizaci zakázky je ideálním řešením její splnění při minimálních nákladech za dodržení daných podmínek. Danými podmínkami jsou omezené zdroje výroby (pracovní síla a strojová kapacita). Každá zakázka tak má i stanoven čas realizace  $T_r$ , který je dán nějakým pevným termínem. Tento se určí jako doba od možnosti spuštění realizace do data a doby, kdy musí být zakázka odevzdána. Zde je nutná ještě případná korekce, protože je

třeba počítat pouze s pracovní dobou, tedy počtem možných pracovních hodin. Z praktického hlediska je výhodné  $T_r$  počítat v minutách. Potom jeden den jednosměnného provozu s 10 hodinovou pracovní dobou má 600 min.  $T_r$  tedy není jen vlastností zakázky (termínu odevzdání), ale závisí i na době, kdy zjišťuji optimální řešení.

Každá zakázka  $Z$  má mimo svého zadání parametrů  $T_u$ ,  $T_v$ ,  $T_z$ ,  $T_o$ ,  $K$  také již určeny hodnoty  $N_{opt}$ ,  $T(N)$ ,  $T_r$ , vše vztaženo na jednoho operátora. Pro každou zakázku se sestaví tabulka č. 6 s časy vyšití k danému počtu zapojených hlav na jednoho operátora.

			<b>N<sub>min</sub></b>		<b>N<sub>opt</sub></b>					<b>N<sub>max</sub></b>
<b>N</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Zakázka</b>	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
			<b>T<sub>min</sub></b>							

Tabulka č. 6 – sestavení tabulky časů realizace zakázky pro různý počet hlav s vyznačením hodnot  $N_{min}$ ,  $T_{min}$ ,  $N_{opt}$ , kde T1, T2 .. jsou časy vyšití dané zakázky pro N zapojených hlav

Ve většině případů z praxe je počet hlav, kdy nastává  $T_{min}$ , tj. minimální čas pro realizaci dané zakázky roven  $N_{opt}$ . Může však nastat případ, jak je uvedeno v tabulce, kdy  $T_{min}$  nastává pro menší počet hlav, než je  $N_{opt}$ . Tato situace nastává, když je  $T_{ph}$  neúměrně vysoké oproti  $T_v$ . Z modelu uvedeného v kapitole 5.3.3 vyplývá, že časy pro  $N > N_{opt}$  jsou větší než čas pro  $N_{opt}$ , protože operátor již nezvládá využít kapacity přidělených hlav. Nyní je třeba stanovit poměr:

$$i = \text{ZAOKROUHLITNAHORU} ( T_{min} / T_r )$$

Optimálním řešením pro realizace zakázky je zapojení  $N = i * N_{min}$  hlav s nasazením  $P = i$  operátorů strojů k dané zakázce. Tím je stanoven optimální počet hlav a operátorů pro realizaci zakázky v daném termínu  $T_r$ . Je však nutné splnění podmínky  $N \leq N_{max}$  a  $P \leq P_{max}$ . Pokud není splněna podmínka  $N \leq N_{max}$

nelze s danou strojovou kapacitou zakázku v termínu splnit. Pokud není splněna podmínka  $P \leq P_{max}$  nelze s daným počtem pracovníků splnit zakázku v termínu.

### 7.3.6 Optimalizace realizace více zakázek

Při výrobním procesu je třeba zpracování více zakázek najednou v reálném čase. Je tedy k dispozici  $M$  zakázek připravených k nasazení do výroby:  $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_M$ . Zakázky se seřadí podle priority od nejvyšší do nejnižší. Jako zobrazení priority lze použít seřazení zakázek podle času  $Tr$  od nejmenšího po největší. Zakázka  $Z_1$  bude tedy zakázka, která má být hotova nejdříve a zakázka  $Z_M$  bude ta, která má nejdelší termín realizace. V prvním kroku se stanoví  $N_{max}$  maximální počet hlav možných pro zapojení do zakázky  $Z_1$  a  $P_{max}$  maximální možný počet dostupných operátorů pro realizaci zakázky  $Z_1$ . Provede se nyní stanovení optimálního počtu  $N$  hlav a  $P$  operátorů pro realizaci zakázky  $Z_1$  v termínu  $Tr$  dle kroků předchozí kapitoly.

Nyní se definitivně nastaví nové hodnoty pro:

$$N_{max} := N_{max} - N$$

$$P_{max} := P_{max} - P$$

a pokud jsou  $N_{max}$  a  $P_{max}$  nenulové, je možné pokračovat stanovením optimálního počtu  $N$  hlav a  $P$  operátorů pro realizaci další zakázky v pořadí zakázek podle priority.

Tento proces se cyklicky opakuje v reálném čase při každé změně podmínek, tedy při dokončení nějaké zakázky nebo její části, případně při zařazení nové zakázky do seznamu zakázek podle priorit.

## 7.4 Algoritmizace pro optimalizaci v reálném čase

Popsané postupy pro různé optimalizace jsou shrnuty do uživatelsky jednoduché aplikace v tabulkovém procesoru. Ke každé zakázce během jejího vzorování se stanoví hodnoty parametrů  $T_u$ ,  $T_v$ ,  $T_z$ ,  $T_o$ ,  $T_{ph}$ ,  $K$ . Hodnoty jsou zapsány do tabulky jako vstupní data společně s termínem realizace. Zakázky, které jsou připraveny k nasazení do výroby, jsou seřazeny podle priority tedy dle termínu realizace.

	<b>Tr</b>	<b>Tu</b>	<b>Tz</b>	<b>Tv</b>	<b>To</b>	<b>Tph</b>	<b>K</b>
<b>Z1</b>	960	40	25	6	5	7	20
<b>Z2</b>	1580	25	50	3	5	15	80
<b>Z3</b>	3700	40	15	9	7	12	350

Tabulka č. 7 – vstupní data pro algoritmizaci

Při aktivaci výpočtu se zadá maximální počet volných hlav pro nasazení do výroby **N<sub>max</sub>** a maximální počet dostupných operátorů strojů **P<sub>max</sub>**. Zde se liší tyto hodnoty pro jaké účely se stanovuje optimalizace. Pokud se jedná o plánování výroby na další dny, zadávají se hodnoty maximální dostupné kapacity, pokud podnik využívá brigádní formy zaměstnávání lze tím do značné míry i účelně řídit počet operátorů na směně a plánovat tak podle potřeby jejich směny. Pokud se řeší operativně běh výroby během běžného provozu, zadávají se hodnoty aktuálních stavů volných kapacit.

## 8. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo popsání postupu práce při procesu průmyslového vyšívání, jeho detailní analýza a navržení optimalizace výroby pro modulární systém průmyslových vyšívacích strojů. Práce měla poukázat na široké možnosti moderního konceptu vyšívacích strojů a navrhnout pracovní postupy k dosažení maximální efektivity využití výrobních kapacit.

Pomocí navržené optimalizačních postupů pro maximální využití dostupných výrobních kapacit a díky obměně původního strojové vybavení společnosti JD Promo s.r.o. o celkové kapacitě 40 výrobních hlav za nový modulární systém, postavený na 24 hlavách spojených pod jeden řídicí systém, které je možné operativně rozdělovat do různých kombinací skupin s různým počtem hlav pro každou skupinu, bylo možné v praxi ověřit a potvrdit výhody moderní modulární koncepce strojů.

Během směny tak lze i několikrát po sobě na základě aktualizovaných výpočtů rychle měnit konfiguraci strojů a reagovat na aktuální potřeby zakázkové výroby. Je možné operativně přizpůsobit nasazení strojů přesně odpovídající potřebě zakázek a také stanovit ideální počet hlav na jednoho operátora, aby nedocházelo k časovým prostojům. Přínos se promítnul i do oblasti běžné údržby a servisu. Při defektu stroje dochází pouze k výpadku poškozené hlavy. Navíc nutný servis, případně provozní údržba, ubírá minimální čas z celkového provozního času hlav.

Porovnáním záznamů o produkci na staré a nové technologii se potvrdil předpoklad navýšení výkonu na jednotku hlavy. Vysoká pracovní rychlost, nezávislost hlav, minimalizace výpadků provozní kapacity a optimalizace dávají v celkovém součtu v reálném provozu **vyšší celkový produkční výkon o více než 37 %**. Vedení společnosti potvrdilo, že objem realizovaných zakázek za vybrané pololetí s instalovanou novou technologií s využitím optimalizačních postupů byl stejný, jako za stejné období provozu staré technologie. **Celkově tedy bylo původních 40 hlav nahrazeno 24 hlavami nové modulární technologie**. Ve finančním porovnání modulární technologie flexibilních vyšívacích automatů oproti klasické koncepci vícehlavých vyšívacích automatů přinesla **úsporu v pořizovacích nákladech ve výši cca 19%** při zachování stejného produkčního výkonu.

Celý algoritmizovaný proces plánování výrobních kapacit se stal běžnou součástí plánování výroby ve společnosti JD promo s.r.o. a je využíván vedoucími směň k plánování práce a přidělování strojové kapacity a operátorů jednotlivým zakázkám.

## Seznam použité literatury:

- [1] HALAXA V. a kol. Ekonomika a řízení strojírenské výroby.  
1. vydání SNTL, Praha, 1985. L31-C3-IV-31/38372
  
- [2] VANĚČEK D., BEDNÁŘOVÁ D., ŠTÍPEK V. Organizace výroby a práce.  
1. vydání JČU v Českých Budějovicích, 2001. ISBN 80-7040-480-9
  
- [3] TOMEK G., VÁVROVÁ V. Řízení výroby a nákupu  
3. vydání GRADA Publishing, a.s., Praha, 2007 ISBN: 978-80-247-1479-0
  
- [4] SVOBODOVÁ, H., VEBER, J. Produktový a provozní management  
2. vydání Vysoká škola ekonomická v Praze, 2006. ISBN 80-245-1083-9
  
- [5] BARTSCH H-J., Matematické vzorce  
2. vydání SNTL, Praha, 1987. L11-E1-II-84/12 017
  
- [6] Eurostitch Magazine, B&H Stumer, special effect with special devices  
Vol 17 – Number 1, 2009
  
- [7] Eurostitch Magazine, B&H Stumer, Where should I buy an embroidery  
machine?  
Vol 16 – Number 93, SEPTEMBER 2008
  
- [8] VRBA V. a kol., Organizace pracovních procesů I  
1. vydání Vysoká škola zemědělská v Praze, 1982.
  
- [9] VANĚČEK D., FRIEBEL L., ŠTÍPEK V., Operační management  
1. vydání, JČU v Českých Budějovicích, 2010. ISBN 978-80-7394-196-3