

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra systémového inženýrství**



**Diplomová práce**

**Rozvrhování zakázek v polygrafickém průmyslu**

**Bc. Jakub Švejda**

© 2020 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jakub Švejda

Kvantitativní metody v ekonomice  
Systémové inženýrství

Název práce

**Rozvrhování zakázek v polygrafickém průmyslu**

Název anglicky

**Task scheduling in the printing industry**

---

### Cíle práce

Hlavním cílem práce je navrhnout způsob rozvrhování zakázek pro výrobu v polygrafickém průmyslu, který bude možno implementovat v informačním systému.

Tento cíl se rozpadá na dva dílčí cíle:

1. Popis systému a návrh vhodných modelových přístupů
2. Návrh implementace v IS

### Metodika

V literárním přehledu budou na základě studia odborné literatury představeny systémové vědy, metodologie a modelování, a vhodné skupiny modelových přístupů pro řešení problému. Dále bude popsána současná situace plánování výroby ve vybraném podniku a obor polygrafie ve vztahu k plánování výroby. Získané poznatky budou uplatněny v praktické části, kde bude popsán systém, navrženy vhodné modely a způsoby jejich řešení, které budou následně odzkoušeny na reálných datech vybraného podniku. Na základě výsledků se vybere model a algoritmus nebo skupina modelů a algoritmů vhodná k implementaci. Vybrané modely a algoritmy budou připraveny do formy vhodné k programovému zpracování do informačního systému.

**Doporučený rozsah práce**

70

**Klíčová slova**

rozhovávání, tiskové úlohy, řídicí systém, informační systém

**Doporučené zdroje informací**

- COFFMAN, E. G. a BRUNO, J. L.. Computer and job-shop scheduling theory. New York: Wiley, 1976. ISBN 0-471-16319-8
- CONWAY, R. W., MAXWELL W. L. a MILLER L. W.. Theory of scheduling. Mineola, N.Y.: Dover, 2003. ISBN 0486428176
- FIALA, P.. Modelování a analýza produkčních systémů. Praha: Professional Publishing, 2002. ISBN 80-86419-19-3.
- FRENCH, S.. Sequencing and scheduling: an introduction to the mathematics of the job-shop. New York: Wiley, 1982. ISBN 978-0853122999
- GIANNI, D., D'AMBROGIO, A. a TOLK, T. Modeling and simulation-based systems engineering handbook. Boca Raton: Taylor & Francis, 2015. ISBN 9781466571457
- GIGCH, J. P.. System design modeling and metamodeling. New York: Springer, 1991. ISBN 978-1-4899-0678-6
- OLIVER, D. W., KELLIHER, T. P. a KEEGAN, J. G.. Engineering complex systems with models and objects. New York: McGraw-Hill, 1997. ISBN 9780070481886
- ŠUBRT, T.. Ekonomicko-matematické metody. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2015. ISBN 978-80-7380-563-0.
- WASSON, Ch. S.. System analysis, design, and development: concepts, principles, and practices. Hoboken, N.J.: Wiley-Interscience, 2005. ISBN 9780471393337

**Předběžný termín obhajoby**

2019/20 LS – PEF

**Vedoucí práce**

prof. RNDr. Helena Brožová, CSc.

**Garantující pracoviště**

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2020

**doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2020

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 01. 04. 2020

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Rozvrhování zakázek v polygrafickém průmyslu" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 6.4.2020

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu diplomové práce prof. RNDr. Heleně Brožové, CSc. za přínosné rady a nezbytné připomínky, a hlavně vřelý přístup během zpracování této práce. Dále bych rád poděkoval panu Pavlu Dojáčkovi a Josefu Rodovi ze společnosti Tiskap s.r.o. za poskytnutí dat pro zpracování této práce a za podporu v získávání informací z prostředí polygrafické firmy.

# Rozvrhování zakázek v polygrafickém průmyslu

## Abstrakt

Rozvrhování v polygrafii je poměrně složitý proces, který zahrnuje nespočet parametrů a faktorů, a softwarová řešení v praxi chybí. V práci jsou nejdříve popsány nejdůležitější charakteristiky polygrafie v kontextu výroby s využitím expertních názorů a znalostí pracovníků z oboru, a vlastního pozorování. Na to navazuje popis systému rozvrhování zakázek a blokové diagramy. Následně jsou navrženy možné přístupy a je vybrán nejvhodnější pro danou situaci. V tomto případě se jedná o řešení pomocí asymetrické úlohy obchodního cestujícího, konkrétně modifikovaný algoritmus nejbližšího souseda. Algoritmus je implementován v jazyce Visual Basic for Application v programu Microsoft Excel a otestován na náhodných a skutečných datech poskytnutých polygrafickou firmou Tiskap s.r.o. ve dvou PC konfiguracích. Způsob řešení byl vyhodnocen jako velmi slibný z důvodu snadné implementace, kvalitních výsledků a krátkých výpočetních časů pro standardní úlohy. I přes to jsou navrženy možnosti potenciálního vylepšení, konkrétně dynamická úprava limitu délky zpracování a rozšíření algoritmu o prioritizaci a omezení datem požadovaného dokončení. Pro implementaci do informačního systému je navržena struktura dat relační databáze a upřesněny požadavky pro doplňující řešení.

**Klíčová slova:** rozvrhování, zakázky, polygrafie, asymetrická, úloha obchodního cestujícího, TSP, heuristika, aproximace, metoda nejbližšího souseda, implementace, informační systém

# Task scheduling in the printing industry

## Abstract

Task scheduling in the printing industry is a difficult process, which includes countless parameters and factors, and software solutions are missing. The thesis first describes the most important characteristics of the printing industry in the context of production using expert opinions and knowledge of staff in the field, expanded by the author's own observations. This is followed by a description of the task scheduling system and block definition diagrams. Subsequently, possible approaches are proposed and the most appropriate for the given situation is selected. In this case, a solution by asymmetric traveling salesman problem is chosen, specifically a modified nearest neighbor algorithm. The algorithm is implemented with Visual Basic for Applications in Microsoft Excel and tested on random and real data provided by a print shop, Tiskap s.r.o., using two PC configurations. Opting for this solution and its outcome was evaluated as very promising because of its easy implementation, good-quality results, and short computing times for standard sets of tasks. Nevertheless, potential improvements are suggested, namely a dynamic adjustment of the processing time limit and the extension of the algorithm to include task priorities and deadlines. For the implementation into an information system, the database data structure is designed and the requirements for additional solutions are specified.

**Keywords:** task, scheduling, printing industry, asymmetric, traveling salesman problem, TSP, heuristic, approximation, nearest neighbour algorithm, implementation, information system

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce a metodika.....</b>	<b>2</b>
2.1	Cíl práce .....	2
2.2	Metodika .....	2
<b>3</b>	<b>Teoretická východiska .....</b>	<b>4</b>
3.1	Systémy .....	4
3.1.1	Struktura a chování systému .....	7
3.2	Modelování .....	8
3.2.1	Modelování struktury systému.....	12
3.2.2	Modelování chování systému .....	13
3.3	Produkční systémy .....	15
3.3.1	Rozvrhování produkce .....	19
3.3.2	Charakteristiky dávky .....	20
3.3.3	Charakteristiky procesorů .....	21
3.3.4	Kritéria optimality.....	21
3.3.5	Vícekritériální problémy a agregace.....	22
3.4	Traveling salesman problem .....	22
3.4.1	Christofides' algorithm (Christofides 1976).....	25
3.4.2	Contract-or-Patch heuristic (Glover et al. 1999) .....	25
3.4.3	Nearest (closest) neighbor algoritmus .....	26
<b>4</b>	<b>Vlastní práce.....</b>	<b>27</b>
4.1	Charakteristika společnosti .....	27
4.2	Vymezení řešeného problému.....	28
4.2.1	Příprava ofsetového tiskového stroje – změna zakázky .....	35
4.3	Identifikace systému.....	40
4.3.1	Obecná struktura firmy v polygrafii .....	41
4.3.2	Obecná struktura výroby.....	42
4.4	Systémový model a kvantifikace .....	43
4.4.1	RNN algoritmus .....	47
4.5	Výpočty a experimenty .....	48
4.6	Návrh implementace .....	58
<b>5</b>	<b>Výsledky a diskuse.....</b>	<b>59</b>
5.1	Výsledky .....	59
5.2	Diskuse.....	60



<b>6</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>62</b>
<b>8</b>	<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>64</b>
<b>9</b>	<b>Přílohy.....</b>	<b>67</b>
	9.1 Příloha č. 1: .....	67
	9.2 Příloha č. 2: .....	69

## **Seznam obrázků**

Obrázek 1 – Logické a fyzické vztahy (Wasson 2005).....	8
Obrázek 2 – rozdíl mezi skutečností a modelem (Gigch 2014).....	10
Obrázek 3 – Struktura SysML (Friedenthal et al. 2009).....	12
Obrázek 4 – Ukázka BDD (Friedenthal et al. 2009).....	13
Obrázek 5 – Ukázka diagramu aktivit (Friedenthal et al. 2009).....	14
Obrázek 6 – Schéma produkčního systému (Anil Kumar a Suresch 2008).....	15
Obrázek 7 – Klasifikace produkčních systémů (Anil Kumar a Suresh 2008) .....	16
Obrázek 8 – Formáty ISO B ( <a href="http://printingcompanychennai.wordpress.com/2015/07/17/b-series-paper-sizes-dimensions/">printingcompanychennai.wordpress.com/2015/07/17/b-series-paper-sizes-dimensions/</a> ) .....	32
Obrázek 9 – SM 102-2 ( <a href="http://www.heidelberg.com/global/en/products/">www.heidelberg.com/global/en/products/</a> ).....	34
Obrázek 10 – SM 102-4 ( <a href="http://www.heidelberg.com/global/en/products/">www.heidelberg.com/global/en/products/</a> ).....	34
Obrázek 11 – SM 102-8-P ( <a href="http://www.heidelberg.com/global/en/products/">www.heidelberg.com/global/en/products/</a> ) .....	34
Obrázek 12 – SM 102-6+L ( <a href="http://www.heidelberg.com/global/en/products/">www.heidelberg.com/global/en/products/</a> ) .....	35
Obrázek 13 – Průběh zakázky ( <a href="http://www.heidelberg.com">www.heidelberg.com</a> ).....	37
Obrázek 14 – BDD firma (vlastní zpracování) .....	41
Obrázek 15 – BDD výroba (vlastní zpracování).....	42
Obrázek 16 – RNN diagram (vlastní zpracování).....	49
Obrázek 17 – Diagram maticového algoritmu (vlastní zpracování) .....	51

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 – Strojový park Tiskap s.r.o. ( <a href="http://tiskap.cz">tiskap.cz</a> ) .....	27
Tabulka 2 – Digitál vs ofset (vlastní zpracování) .....	30
Tabulka 3 – Velikosti ofsetových strojů ( <a href="http://heidelberg.com">heidelberg.com</a> ; <a href="http://koenig-bauer.com">koenig-bauer.com</a> ).....	31
Tabulka 4 – Formáty ISO B ( <a href="http://www.printernational.org/iso-paper-sizes.php">www.printernational.org/iso-paper-sizes.php</a> ).....	31
Tabulka 5 – Úkony tiskaře (vlastní zpracování) .....	36
Tabulka 6 – Ukázka parametrů v praxi (vlastní zpracování) .....	36

Tabulka 7 – Porovnání algoritmů (vlastní zpracování).....	46
Tabulka 8 – DB pro data (vlastní zpracování) .....	47
Tabulka 9 – Příklad DB pro parametry (vlastní zpracování) .....	47
Tabulka 10 – Příklad DB pro bivalentní parametr (vlastní zpracování) .....	48
Tabulka 11 – Testovací matice (vlastní zpracování).....	48
Tabulka 12 – Výsledek testu implementace (vlastní zpracování).....	50
Tabulka 13 – Struktura dat (vlastní zpracování) .....	57
Tabulka 14 – Výsledky testu 1 (vlastní zpracování).....	57
Tabulka 15 – Výsledek 1, test 2, konfigurace 1 (vlastní zpracování) .....	57
Tabulka 16 – Výsledek 2, test 2, konfigurace 1 (vlastní zpracování) .....	57
Tabulka 17 – Výsledek 3, test 2, konfigurace 1 (vlastní zpracování) .....	57
Tabulka 18 – Výsledek 1, test 2, konfigurace 2 (vlastní zpracování) .....	58
Tabulka 19 – Výsledek 2, test 2, konfigurace 2 (vlastní zpracování) .....	58

# 1 Úvod

Rozvrhování zakázek v polygrafické výrobě je velmi složitý proces a nikomu na světě se doposud nepodařilo jej zvládnout v celé jeho šíři. Existují rozvrhovací programy, které úspěšně řeší některé části polygrafické výroby, ale vzhledem k tomu, že neexistují dva stejné polygrafické závody, je obtížnost úkolu značně vysoká. Stáří strojů na trhu se pohybuje mezi 5–30 lety, a tak jsou ve výrobních stroje nejen různé konstrukce, ale i stroje s velmi odlišnými výkony a s vysokým rozdílem v automatizaci. Výkon ale není dán pouze jejich konstrukcí a rychlostí, ale mnoha dalšími faktory.

Mezi stěžejní faktory patří například správný výběr spotřebních materiálů, technický stav konkrétního stroje, jeho nastavení, schopnosti operátora, typ potiskovaného či zpracovávaného substrátu. Každý faktor tohoto výčtu může mít vliv na rychlost a kvalitu výroby.

Znamená to, že software musí mít velmi mnoho parametrů a musí počítat s nejrůznějšími variantami ve výbavě a možnostech jednotlivých strojů i pracovišť.

Jak již bylo zmíněno, jen málo programů umí řešit tuto problematiku důsledně, a tak v praxi dochází k průměrování a tím výraznému zkrácení výkonů. Optimalizace výroby tak obsahuje trhliny v podobě nadhodnocení jednotlivých parametrů (tvorba rezerv).

Dalším faktorem, který vstupuje do hry, je obrovská variabilita výrobků, které současný standardní podnik dodává svým zákazníkům. Firmy nabízí na trhu stále větší možnosti v technologii zpracování a povrchové úpravě výrobků, a tak dochází k proměnlivé době výroby. Důsledkem je, že i dva zdánlivě stejné výrobky jsou vyráběny různými technologickými postupy a s velmi odlišnými výrobními časy. Výkonnost tiskárny je tedy do určité míry dána také jejich zákazníky a typy zakázek, které jsou pro ně vyráběny.

V minulosti existovaly na trhu úzce specializované výroby (jeden produkt nebo úzká specializace), ale vzhledem ke zkracujícím se zakázkám a nízké přidané hodnotě byly výhody těchto provozů převáženy vysokými náklady na administraci zakázek, jejich balení a přepravu.

Většina tiskáren se tedy snaží mít v portfoliu co největší počet strojů tak, aby byla schopna uspokojit co nejširší spektrum požadavků jejich zákazníků. Strojní park je pak směsí velmi různorodých strojů jak z hlediska technologií, tak z hlediska stáří a již zmíněné míry výbavy a automatizace strojů.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Hlavním cílem této práce je navrhnout softwarové řešení rozvrhování zakázek pro jednotlivé tiskové stroje ve výrobním procesu polygrafického průmyslu. Rozvrhování v polygrafii je velice složitý proces, který zahrnuje nespočet parametrů a faktorů. V podnicích proto často chybí softwarová řešení, pomocí kterých by byla tato problematika efektivně řešena. Správné rozvržení zakázek vede k účinnějšímu využití strojů, čímž je dosaženo vyšší výrobní kapacity a lepší amortizace. Automatizace daného procesu vede nejen k ušetření času zaměstnanců a současněmu zefektivnění jejich pracovní doby, ale zároveň jsou sníženy mimo jiné i jednotkové mzdové náklady. K dosažení hlavního cíle této práce bude využito následujícího dílčích cílů:

Prvním dílčím cílem je popsat procesy a charakteristiky výroby současně s aktuálním způsobem rozvrhování zakázek, doplněné o veškeré další faktory ovlivňující tuto problematiku. Následujícím dílčím cílem je popis systému a kontextu systému, zároveň s návrhem možných řešení problému, včetně jejich charakteristik a aplikací. Dalším dílčím cílem je výběr vhodného řešení z uvedených možností a zdůvodnění volby, následně ověření algoritmu na náhodných i skutečných datech, která budou poskytnuta reálnou společností, jejíž hlavním zaměřením je právě polygrafie. Čtvrtým dílčím cílem je interpretace výsledků tohoto testování, současně se zhodnocením řešení a porovnání s původním, hlavně z hlediska použitelnosti a zlepšení procesu. Finálním dílčím cílem je nastínění návrhu implementace do informačního systému.

### **2.2 Metodika**

Pro splnění daných cílů bude v literárním přehledu na základě studia odborné literatury představen systém a charakteristiky systému, a dále modelování společně s druhy modelů. Na to naváže stručné představení System modeling language, blokových diagramů a diagramů aktivit. Dále bude popsána problematika produkčních systémů. Konkrétně dělení a řízení produkčních systémů a rozvrhování výroby, doplněná o klasifikaci rozvrhovacích úloh. K řešení problematiky bude popsána úloha obchodního cestujícího současně s druhy úloh a množstvím možných řešení. Dopodrobna budou poté vysvětleny tři algoritmy a to: Chrostofides' algorithm, Contract-or-Patch a metoda nejbližšího souseda.

Získané poznatky budou uplatněny v praktické části práce, kde bude nejprve popsána problematika rozvrhování zakázek v polygrafii se všemi relevantními charakteristikami a faktory při využití expertních názorů a znalostí pracovníků z oboru, doplněna o vlastní pozorování. Na to naváže popis a definice systému včetně kontextu a zobrazení pomocí SysML blokových diagramů. Bude následovat návrh řešení problému pomocí algoritmů pro asymetrické úlohy obchodního cestujícího, porovnání jejich charakteristik a aplikací, a výběr jednoho pro testování a implementaci. Návrh algoritmu řešení proběhne pomocí vývojových diagramů. Pro účely testování funkčnosti a charakteristik algoritmu bude vybrané řešení implementováno jako makro v programu Microsoft Excel v jazyce Visual Basic for Applications. K testování budou zprvu využita náhodná data generována speciálním makrem, poté upravená skutečná data o zakázkách poskytnutá polygrafickou firmou Tiskap s.r.o. Na skutečných datech proběhne testování na stabilitu algoritmu následované testem časové náročnosti řešení. Chování algoritmu a kvalita řešení bude poté zhodnocena na základě stanovených podmínek na náročnost implementace, dobu trvání výpočtu a kvalitu výsledku. Pro implementaci do informačního systému budou upřesněny požadavky na strukturu, grafické rozhraní a doplňující funkce, a navržena struktura dat relační databáze.

## 3 Teoretická východiska

### 3.1 Systémy

Při analýze, navrhování a vývoji systémů, produktů nebo služeb jsou vyžadovány odpovědi na základní otázky:

1. Co je systém?
2. Co je součástí systému?
3. Jakou roli má systém v organizaci uživatele?
4. Jaký je vstup a výstup systému?

(Wasson 2005, s. 17; Gigch 2014, s. 228)

Definice systému je řada (viz. Skyttner 2005). Definice dle Wasson 2005:

*„Systém je množina kompatibilních prvků, každý s explicitně stanovenými možnostmi, které spolupracují za účelem uspokojení potřeb uživatele v daném prostředí s daným výstupem a pravděpodobností úspěchu.“*

*Explicitně stanovenými možnostmi* jsou zde myšleny operativní a funkcionální možnosti identifikované pro každý prvek systému s úrovní specificity která umožňuje, aby byl prvek analyzován, navrhován, vyvíjen, testován a ověřován – buď samostatně nebo jako část integrovaného systému (Wasson 2005).

*Účelem uspokojení potřeb uživatele* je myšleno, že každý systém musí mít účel (tj. důvod existence) a musí být užitečný pro uživatele. Užitečností může být například návratnost investic (ROI) ve vztahu k operačním potřebám, nebo jak dobře plní účel. Většina lidmi vytvořených systémů je vytvořena, aby se podílela na cílech vlastníka/tvůrce. Důvod existence systému je také relativní k ostatním systémům (Wasson 2005, s. 39; Kossiakoff 2011, s. 140–141; Bajaj a Wrycza 2009, s. 97).

Každý systém musí mít *dáno prostředí* ve kterém operuje (Kossiakoff 2011, s. 51; Gharajedaghi 2011, s. 161). Prostředím jsou myšleny veškeré prvky mimo pozorovaný systém, které ale mají vliv nebo jsou ovlivňovány prvky pozorovaného systému. Ke kompletní specifikaci prostřední systému je potřeba znát veškeré faktory (Hall 1962, s. 61).

Zúčastněné strany (stakeholders – uživatelé, vlastníci...) očekávají *daný výstup* systému. Pozorované chování, produkty, vedlejší produkty nebo služby musí být orientovány na výstup, měřitelné a ověřitelné (Wasson 2005, s. 18–19).

Splnění daného výstupu vždy zahrnuje stupeň nejistoty nebo rizika. Proto je *pravděpodobnost úspěchu* stanovena výkonnostními faktory jako například spolehlivost, dostupnost nebo udržitelnost. Úspěch lidmi vytvořených systémů záleží na tom, jak dobře jsou specifikovány, navrženy, vytvořeny, integrovány, ověřeny, provozovány a podporovány (Wasson 2005, s. 18–39). Systémy se vyskytují v řadě forem a liší se ve složení, hierarchické struktuře a chování (Wasson 2005, s. 20).

Obecně, vstupy (podněty, signály) jsou vkládány do systému, který je zpracuje a vyprodukuje výstup. Toto je obecně přijatelné, ale musí být explicitně řečeno co systém dělá – musí přidávat hodnotu ke vstupu. Tomuto se říká *schopnost* systému, což zahrnuje funkčnost (co systém vykonává) a výkonnost (jak dobře to vykonává) (Wasson 2005, s. 22; Kossiakoff 2011, s. 56; Bajaj a Wrycza 2009, s. 97).

Systém může mít jak fyzickou, tak abstraktní formu (Skyttner 2005, s. 62; Gigch 2014, s. 30). Každý systém může být rozdělen do subsystémů. Prvky patřící jednomu systému se mohou považovat za součást okolí nebo jiného systému. Problematické může být, že chování subsystému nemusí být nutně analogické s nadřazeným systémem. Prvky systému můžeme také považovat za systémy samy o sobě, pouze nižšího řádu (Hall 1962, s. 61–64).

Výkonnost systému se obecně považuje za hlavní faktor určující úspěch systému. Funkčnost systému je většinou považována za „kvalifikační kritérium“ pro výkonnost systému. Pro určení, zda systém správně vykonává svojí funkci, je potřeba si definovat „výkonnost“.

### **Kategorie výkonnosti**

- Objektivní výkonnost – výkonnost která produkuje měřitelné fyzické důkazy o systémové efektivitě založené na předdefinovaných kritériích (např. zisk, teplota, rozměry...)
- Subjektivní výkonnost – výkonnost založená na subjektivních kvalitách které se liší podle individuálních smyslových hodnot, interpretací nebo perspektivy (např. dost/málo, studené/teplé...)

(Wasson 2005, s. 29)

Z pohledu systémové inženýrství, zvláště při zápisu specifikací, musí být schopnosti systému a očekávané úrovně výkonnosti specifikovány jasně, jednoznačně, kvantifikovatelně, měřitelně, a ověřitelně bez ovlivnění subjektivními interpretacemi (Wasson 2005, s. 29–34; Kossiakoff 2011).

*Subjektivní výkonnost* je obtížnější charakterizovat a kvantifikovat. Můžeme ohodnotit parametry subjektivního výkonu tak aby byly měřitelné, testovatelné a ověřitelné skrz průzkumy, rozhovory a testy – nicméně vždy budou vyžadovat interpretaci (Wasson 2005, s. 39).

Míry účinnosti jsou nejdůležitější částí požadavků na systém. Pokud nejsou splněny, systém selže. Všechny zúčastněné strany (stakeholders) se na nich musí shodovat, jinak dojde k problémům. Míry účinnosti poskytují metriky pro posouzení alternativních řešení (Oliver et al. 1997, s. 117).

Obecný postup tvorby systému dle Skyttner 2005; Bajaj a Wrycza 2009:

### 1. Systémová analýza

Kde prvním krokem je formulace problému. V tomto kroku je důležité získat odpovědi na následující otázky: Jak problém vznikl? Kdo jsou ti, co si myslí že jde o problém? Kdo rozhoduje? Řeší se správný problém? Ušetří to peníze? Není lepší je využít jinde?

Následuje organizace projektu, kde je nutné mít k dispozici tým tvořen: vůdcem týmu, uživateli, návrháři, programátory, matematiky, ekonomy, účetními.

Dalším krokem je samotná definice systému. Systém se rozloží na subsystémy a identifikují se interakce pomocí tokových diagramů, konkrétně je potřeba zobrazit: finanční toky, energie, materiály, informace a řídicí toky. Čtvrtým krokem je definice „širšího systému“ neboli okolí – jakou roli má námi definovaný systém v širším pojetí. Následuje definování cílů nadřazeného a zkoumaného systému pomocí blokových diagramů. Konfliktní cíle by měli být zaznamenány. Následuje definice obecných ekonomických kritérií. Finálním krokem je sběr dat pro modelování a předpovědi.

### 2. Systémový design

Design systému je rozdělen do čtyř částí. Prvním je předpověď (forecasting), kde by se měly vytvořit předpovědi potenciálních poptávek, aktivit a chování prostředí pro krátké, střední a dlouhé období. Následuje tvorba modelu a simulace, s pomocí kterých se stanoví předpokládaný výkon ve skutečném prostředí. Další částí je optimalizace, kde se vybere model, který nejlépe splňuje požadavky. Posledním krokem je kontrola celého řešení.

### 3. Implementace

Implementace řešení systému vyžaduje dokumentaci a odsouhlasení všemi, kterých se změna týká. Následuje tvorba podpůrného software a hardware a samotného systému.



#### 4. Řízení

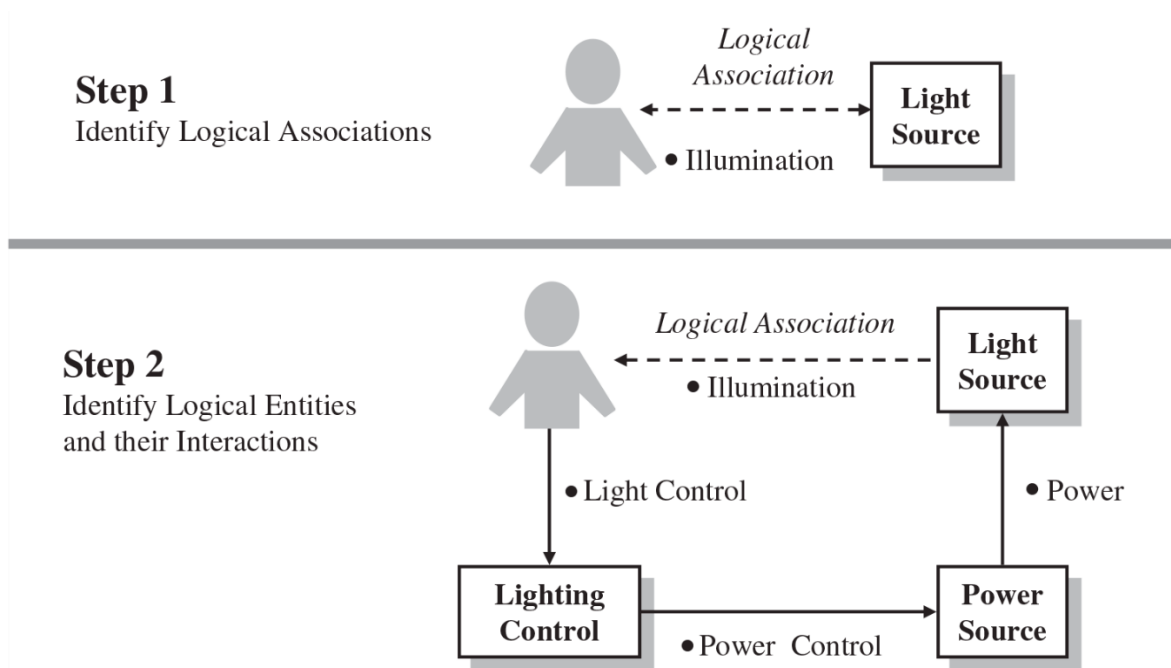
Zde jde hlavně o motivaci uživatelů k použití nového systému, včetně zaučování a poskytnutí dokumentace. Součástí je také zhodnocení celého projektu.

Postup analýzy systému dle Oliver et al. 1997: Prvním krokem je posouzení dostupných informací. Na to navazuje analýza chování, struktury a míry účinnosti (effectiveness measures). Pořadí závisí na dostupných informacích a úplnosti analýz. Míry účinnosti jsou sada pravidel pro fungování systému. Posledním krokem je vytvoření sktruktury kontextu.

##### 3.1.1 Struktura a chování systému

Struktura a chování jsou základními pohledy, jak popsat systém. Chování popisuje, co systém dělá, zatímco struktura popisuje, jak je systém postaven. Při spojení těchto dvou pohledů vzniká popis systému. Pokud je požadované chování definováno odděleně od struktury, potom mohou být vytvořeny alternativní struktury tak aby podporovaly požadované chování (Oliver et al. 1997, s. 21; Bajaj a Wrycza 2009, s. 98). Základní části struktury (a strukturálních modelů) jsou prvky, jejich vlastnosti a vztahy mezi nimi (Bajaj a Wrycza 2009, s. 98).

Prvky mohou mít podobu fyzickou nebo abstraktní (Oliver et al. 1997, s. 27; Hall 1962). Interakce prvků systému se dají charakterizovat dvěma typy vztahů (relací): logické a fyzické (Wasson 2005, s. 71; Gianni et al. 2015, s. 20). Logický vztah představuje jakékoliv spojení mezi dvěma prvky i bez znalosti, jak přesně jsou prvky propojeny. Nutnou podmínkou existence logického vztahu je nalezení/určení funkce – jaká interakce probíhá mezi prvky. Grafická reprezentace těchto vztahů se nazývá logická architektura (Wasson 2005, s. 71). Fyzický vztah systémových prvků vyžaduje hloubkovou analýzu a rozhodování, protože je nutné respektovat podmínky vyplívající z fyzické stránky věci. Grafické zobrazení fyzické implementace se nazývá fyzická reprezentace. Přechod mezi logickými a fyzickými vztahy nám dovoluje postupně rozkládat složitost. Grafické nástroje nám dovolují postoupit z uznání existence vztahu na detailní rozhodnutí, jak logické vztahy fyzicky implementovat (Wasson 2005, s. 73).



Obrázek 1 – Logické a fyzické vztahy (Wasson 2005)

Použitím objektových modelů lze formálně vyjádřit strukturu třídy objektů a vztahy mezi dalšími objekty v systému. Tento model představuje specifikaci a požadavky pro strukturu systému (Oliver et al. 1997, s. 29; Whitten a Bentley 2007, s. 161).

### 3.2 Modelování

Model je abstraktní nebo fyzická reprezentace entity pro účely představení, studování a analyzování jejích charakteristik jako třeba vzhled, chování a výkon pro předem dané podmínky a scénáře (Wasson 2005, s. 653; Buede 2009, s. 75). Modely jsou kritické pro práci se systémy a začínají jako vysoce abstraktní reprezentace toho co a jak má systém dělat (Peterson 1981, s. 1). Proces modelování se obvykle provádí v iteracích (Stermán 2000, s. 87).

Cíle modelování dle Gigch 2014:

- Simplifikace/zjednodušení

Prvním cílem modelování je zjednodušení reality pomocí abstrakce. Abstrakce zahrnuje výběr klíčových vlastností, pomocí kterých může být skutečný systém smysluplně reprezentován. Tím, že je model zjednodušený, je možné jej snadněji pozorovat a ovládat.

- Formalizace

Formalizace je obvykle matematická, statistická nebo axiomatická. Ne všechny modely musejí být formalizované, ale použití formálních modelů zvyšujeme pravděpodobnost nalezení řešení. V tomto případě je formalizace typem standardizace, která vyjadřuje typ problému nebo modelu. Formalizace vyžaduje rozklad reálného problému na základní charakteristické rysy a přizpůsobení modelu tím že:

a) jsou přijaty předpoklady, na kterých je model postaven

b) jsou stanoveny hraniční podmínky pro odůvodnění použití modelu v konkrétní aplikaci

c) jsou přesně definovány možnosti použití modelu na této úrovni simplifikace (Použití modelu mimo tyto hranice zneplatňuje řešení)

- Optimalizace

Formalizace, která zahrnuje také stanovení předpokladů a hraničních podmínek dovoluje optimalizaci řešení (tj. nalezení nejlepšího možného). Optimality lze dosáhnout pouze ve formálním modelu.

- Řešitelnost

Je pravidlem, že čím více se abstrahuje (tj. zjednodušuje) tím snadněji řešitelný model je získán, ovšem za cenu kvality a širě použitelnosti výsledku.

- Obecnost a specifická

Specifické modely (nízká obecnost) vykazují vyšší pravděpodobnost získání řešení než modely s nízkou specificitou (vyšší obecnost). Specifičtější modely tedy mají větší „sílu“.

Real World Of Problems	World of Models
Realism	Lack of Realism
Complexity	Idealism
Insolvability	Simplicity
	Solvability

Obrázek 2 – rozdíl mezi skutečností a modelem (Gigch 2014)

Typy modelů podle Buede 2009:

- Deskriptivní  
Deskriptivní modely se snaží předvídat chování.
- Normativní  
Normativní modely řeší jak by jednotlivci nebo organizační jednotky měly přemýšlet nad problémem a podporovat rozhodování.
- Definiční  
Definiční modely se zabývají tím, jak by měla být entita definována. Zaměřují se na vytvoření definice návrhu systému, z hlediska vstupů, výstupů, funkcí a zdrojů.

Jiné dělení modelů může být:

- Fyzické  
Zobrazují entitu v trojrozměrném prostoru (Buede 2009, s. 76–77).
- Kvantitativní  
Poskytují číselná data. Mohou být analytické, simulační, hodnotící. Každý z těchto typů může být deterministický nebo stochastický, a také statický nebo dynamický. Analytický model je založen na sadě rovnic, které poskytují řešení. Simulační modely jsou používány v případech, kdy analytické modely neposkytují reálná řešení (Buede 2009, s. 76–77; Ljung 1999, s. 3–6).

Deterministické modely mají známou strukturu a chování které vytváří předvídatelné a opakovatelné výsledky. Stochastické modely jsou postavené na

pravděpodobnosti, a jsou obecně sestrojeny ze statistických vzorků dat, která dovolují odhadnout nebo odvodit výsledky celku (Wasson 2005, s. 654).

- Kvalitativní

Kvalitativní modely poskytují symbolická, textová nebo grafická data. Symbolické modely jsou založeny na logice nebo pevné teorii. Textové modely jsou založeny na slovních popisech. Grafické modely využívají buď prvky matematické teorie grafů nebo jednoduše grafiku k zobrazení struktury, toku dat/informací nebo interakce součástí (view graph engineering) (Buede 2009, s. 76–77).

- Myšlenkové modely (Buede 2009, s. 76–77)

Jeden z možných přístupů k modelování je jazyk System Modeling Language (SysML) odvozený z Unified modeling language (UML) využívaný v Systémovém inženýrství (Buede 2009, s. 73–74; Gianni et al. 2015, s. 26).

SysML je obecně použitelný grafický nástroj podporující analýzu, specifikaci, design a ověřování komplexních systémů. Tento nástroj umí zobrazit:

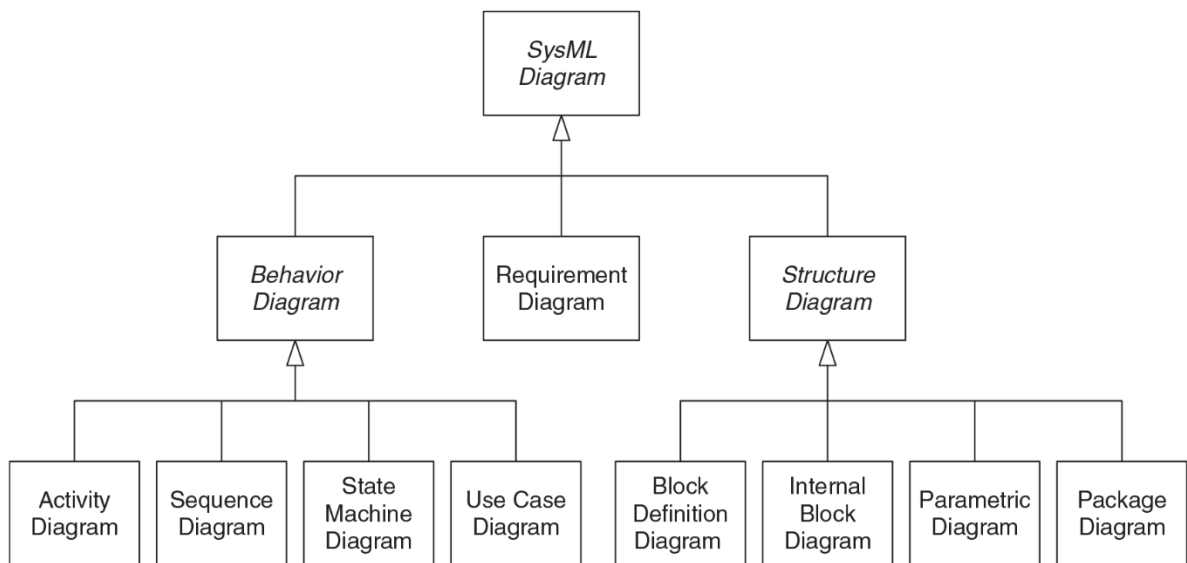
- Strukturu systému, propojení a třídění
- Funkcionální, zprávové (message-based) a stavové chování
- Podmínky na fyzikální a výkonnostní charakteristiky
- Příděly (allocations) mezi chováním, strukturou a podmínkami
- Vztah požadavků, prvků designu a testovacích scénářů

(Friedenthal et al. 2009, s. 29)

Dle specifikací Object Management Group, Inc. je modelování rozděleno do čtyř sekcí: struktura, chování, interakce a požadavky (Buede 2009, s. 80; Friedenthal et al. 2009).

Postup SysML modelování podle Buede 2009:

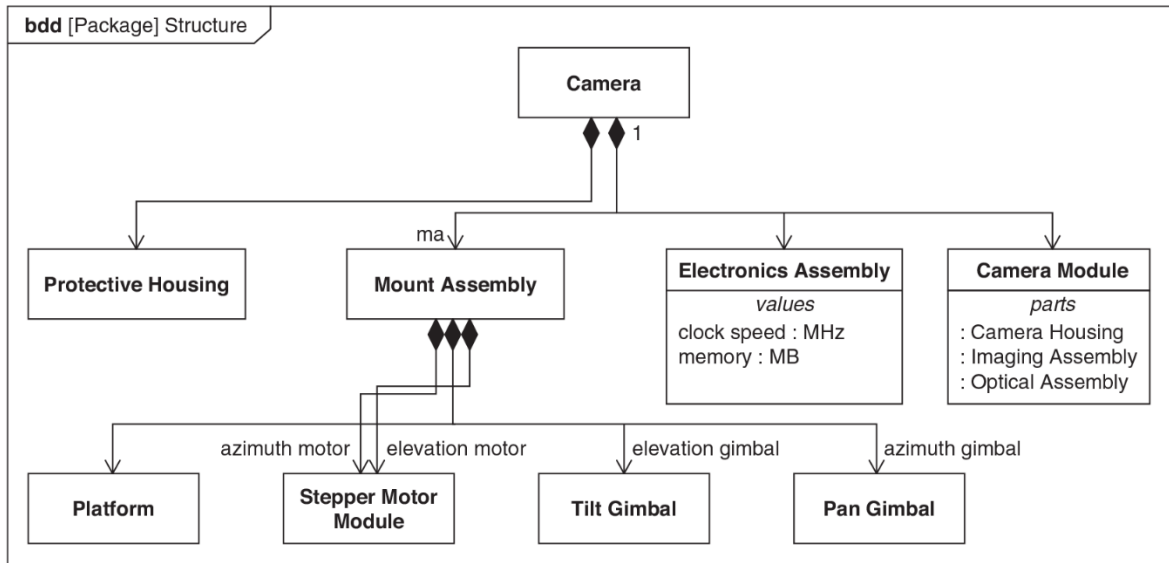
1. Meta-systémové modelování s použitím Use Case diagramů, korespondujících sekvenčních diagramů a diagramů požadavků
2. Modelování chování systémových procesů (staticky i dynamicky) s použitím diagramů aktivit a stavových diagramů
3. Modelování struktury systému s pomocí blokových diagramů (Block definition diagram) a vnitřních blokových diagramů
4. Parametrické modelování výkonnostních charakteristik systému
5. Zaznamenání procesu a struktury SI skupiny pomocí package diagramů



Obrázek 3 – Struktura SysML (Friedenthal et al. 2009)

### 3.2.1 Modelování struktury systému

Modelování struktury v SysML se provádí pomocí Block Definition diagramů (zkr. BDD). Základním prvkem tohoto diagramu je blok (block), který může popisovat typ systému, systémovou komponentu, položku procházející systémem, nebo konceptuální entity a lokální abstrakce. Blok popisuje sadu unikátně identifikovatelných instancí, které sdílí charakteristiky (= třída objektů). Blokovaný diagram se používá k definici vlastností bloků ve smyslu jejich struktury, chování a vztahů. Symbolem pro blok je obdélník rozdělený do několika sekcí (Friedenthal et al. 2009, s. 97–98). Vnitřní blokovaný diagram zobrazuje vnitřní strukturu bloku. Vlastnosti jsou hlavním strukturálním prvkem bloku, dělí se na „part“, „value“ a „reference“ vlastnosti. *Part* popisují hierarchii bloku. *Value* popisují kvantifikovatelné charakteristiky, a mají datové typy včetně jednotek. *Reference* popisují slabší vztahy než *Part*. K propojení součástí bloku a zobrazení vstupních bodů se využívají porty (ports). Procesní prvky bloku jsou operace a receptory. Bloky lze třídit a strukturovat podle podobnosti (Friedenthal et al. 2009, s. 95–96).



Obrázek 4 – Ukázka BDD (Friedenthal et al. 2009)

Základní (asociační) vazby se značí prostou čarou mezi bloky a signalizují existenci vztahu mezi bloky. Kompoziční vazby vyjadřují složení bloku z částí a značí se černým diamantem na konci. Každý z konců vazby může mít název „role“ pro upřesnění. V případě, že není specifikována kardinalita, platí 0..1 pro část celku a 1 pro část součástky. Referenční vazby se využívají k zachycení vztahů mezi bloky, kde je jeden z bloků odkazován blokem druhým. Značí se čarou s otevřenou šipkou na konci (v případě obousměrného vztahu se šipka vynechává). Přidáním prázdného diamantu na jeden z konců vazby značíme přiřazení stereotypu. Pro vazby mohou existovat též vazební bloky, které rozšiřují možnosti vazby o přidání vlastností a operací (Friedenthal et al. 2009, s. 100–112).

Vazba generalizace se využívá v případech, kdy je potřeba rozlišovat mezi nadtřídou a podtřídou. Značí se čarou s prázdnou trojúhelníkovou šipkou na konci. Dědění je vlastností generalizace, kdy podtřída přebírá vlastností a operace nadtřídy. U podtříd je možné „přepsat“ děděnou operaci/vlastnost (Friedenthal et al. 2009, s. 135–136).

### 3.2.2 Modelování chování systému

Otázky, které je třeba si položit (Oliver et al. 1997):

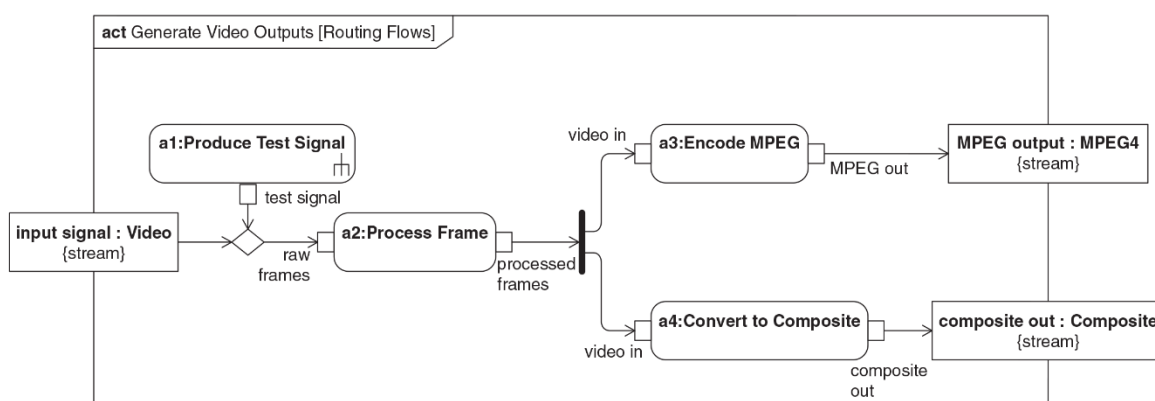
- Co se děje?
- V jakém pořadí?
- Jaké vstupy a výstupy jsou zahrnuty?

V SysML se pro modelování chování využívají tři přístupy:

- Diagramy aktivit pro „flow-based“ chování
- Sekvenční diagramy pro „message-based“ chování
- Stavové diagramy pro „event-based“ chování

Diagram aktivit zobrazuje vnitřní průběh určité aktivity, a to konkrétně jednotlivé činnosti, vstupy/výstupy a řídicí toky. Činnosti popisují, jakým způsobem aktivita transformuje vstupy na výstupy. Pro zobrazení činnosti se využívají různé symboly v závislosti na typu činnosti, ale obvykle jde obdélník s oblými rohy.

Jednotlivé činnosti mají vstupní a výstupní piny (pins) které přijímají „tokeny“ (informace). Piny mohou mít specifické vlastnosti (min/max počet tokenů apod.). Symbolem pro pin je malý čtverec na okrajích činností s šipkou určující, zda jsou vstupní nebo výstupní (Friedenthal et al. 2009, s. 171–175).



Obrázek 5 – Ukázka diagramu aktivit (Friedenthal et al. 2009)



### 3.3 Produkční systémy

Cílem podniku je poskytovat produkty/služby při minimálních nákladech a tím maximalizovat zisk, uspokojovat zákazníky, nebo jiné cíle. K tomu je potřeba optimálně využít omezeně dostupných zdrojů, tj. práce, technologie, kapitálu, energie, materiálu a informací. Na podnik lze nahlížet jako na otevřený systém, který zpracovává vstupy na výstupy v rámci svého okolí (Lopez a Roubellat 2008, s. 1; Fiala 2002, s. 97).

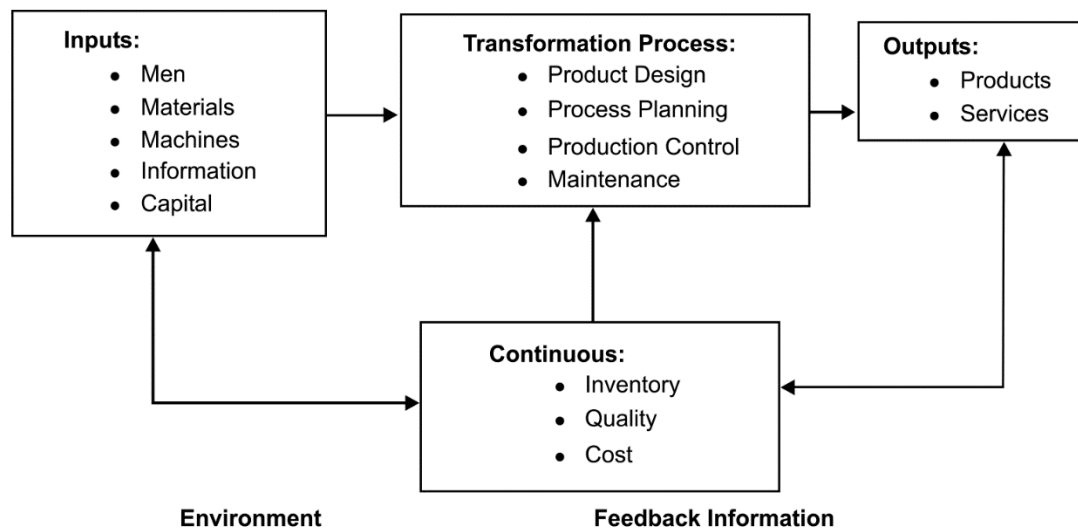
Definice produkce dle Anil Kumar a Suresh 2008:

*„Postupná přeměna jedné formy materiálu na jinou využitím chemického nebo mechanického postupu za účelem vytvoření nebo vylepšení produktu pro uživatele.“*

Produkce je tedy proces přidávání hodnoty. Produkční systém je část organizace, která vytváří produkty tím, že spojuje a transformuje vstupy (Anil Kumar a Suresh 2008, s. 3).

Produkční systém má následující charakteristiky (Anil Kumar a Suresh 2008, s. 4):

- Je to řízená aktivita tak, že každý produkční systém má cíl
- Transformuje různé vstupy na užiteční výstupy
- Nefunguje izolovaně od dalších částí systému
- Existuje forma zpětné vazby která je klíčová k řízení a zlepšování výkonnosti systému

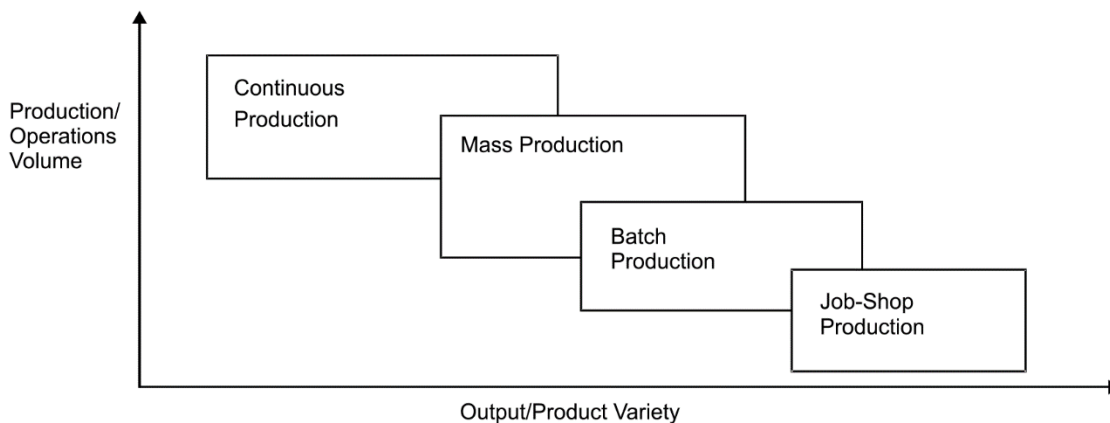


Obrázek 6 – Schéma produkčního systému (Anil Kumar a Suresch 2008)

## Klasifikace produkčních systémů

Produkční systémy se dají rozdělit podle Anil Kumar a Suresh 2008 na:

- Jednorázová (job shop) produkce
- Zakázková (batch) produkce
- Hromadná (mass) produkce
- Nepřetržitá (continuous) produkce



Obrázek 7 – Klasifikace produkčních systémů (Anil Kumar a Suresh 2008)

\*osy – objem produkce (y) a varieta produkce (x)

Jednorázová produkce je charakterizována výrobou mála produktů navržených a vyrobených podle specifikací zákazníka. Klíčová je vysoká varieta a nízké množství. Takovýto výrobní systém využívá multifunkční stroje a velkou zásobu různých materiálů a nástrojů. Zakázková produkce je charakterizována výrobou omezeného množství produktů vyprodukovaných v pravidelných intervalech a následně uskladněných pro budoucí prodej. Hromadná produkce využívá standardizovaných produktů a procesů ve velkých množstvích. Stroje jsou uspořádány do linek. Při nepřetržité produkci jsou zařízení uspořádána podle pořadí výrobních operací. Charakteristické jsou produkční linky s nulovou flexibilitou, automatizované a pevně dané procesy a vysoké objemy produkce (Anil Kumar a Suresh 2008, s. 4–7).

Produkční management je proces plánování, organizování, řízení a kontroly produkce. (Anil Kumar a Suresh 2008, s. 7)

Cíle produkčního managementu dle Anil Kumar a Suresh 2008:

- Správná kvalita, tj. kvalita požadovaná zákazníkem, nemusí vždy znamenat nejvyšší kvalitu
- Správné množství – znamená přesně potřebné množství, ani méně, ani víc
- Správný čas – načasování dodání je jeden z hlavních parametrů posuzování efektivity výroby
- Správné výrobní náklady – měla by být snaha o dodržení předem stanovených nákladů

Pro produkční/operační management se nabízí dva přístupy Gupta a Starr 2014:

- Funkcionální přístup
- Systémový přístup

V dnešním komplexním a dynamickém prostředí je důležité využívat systémový přístup. Hlavním rozdílem je to, že systémový přístup vytváří lepší řešení, tím že podporuje lepší rozhodnutí a zvládá komplexní situace (Gupta a Starr 2014, s. 4–8).

Výrobní (služební) operace transformují materiály do požadovaných produktů (služeb). Operací je myšlena účelná aktivita/úkon metodicky prováděná jako součást pracovního plánu procesem, který je navržen k dosažení konkrétních cílů (Gupta a Starr 2014, s. 13–14; Gavett 1968).

Náklady jsou klíčovou součástí produkce. Podstatná část nákladů vzniká operacemi. Obecně se náklady dělí na fixní a variabilní, a jsou považovány za snadno měřitelné. Další klíčovou součástí je kvalita, která různými způsoby ovlivňuje náklady, stejně jako produktivita, včasnost dodávky a charakteristiky výrobku/služby. Produktivita je kritickým faktorem úspěchu podniku a je definována jako poměr vstupů a výstupů (Gupta a Starr 2014, s. 22–26).

## **Produkční kapacita**

Kempf et al. 2011 rozlišuje druhy produkční kapacity:

- Nominální (teoretická, maximální) kapacita je produkční schopnost za předpokladu nepřetržité dostupnosti procesu nebo stroje a všech jeho podpůrných zařízení (údržba, personál, materiál...)
- Operační kapacita je produkční schopnost po odečtení očekávaných a nevyhnutelných ztrát od nominální kapacity, například z důvodu stáří, udržení standardů kvality apod.
- Nevyužitá kapacita je rozdílem nominální a operační kapacity
- Plánovaná kapacita, tj. část operační kapacity, jejíž využití je naplánováno za určité období
- Skutečná (využitá) kapacita je naměřená skutečná produkce za dané plánovací období

Jednotky měření kapacity závisí na povaze produktu (např. tuny/rok, km...). V případě, že je produkt jednotný může být výhodné ho měřit ve vyprodukovaných jednotkách za rok (Kempf et al. 2011, s. 133).

Postup návrhu produkčního systému dle Stevenson 1996:

1. Návrh produktu/služby
2. Výběr procesu a plánování kapacity
3. Rozvržení zařízení
4. Návrh pracovních systémů
5. Plánování lokace

## **Řízení produkčních systémů**

Tři základní úrovně řízení produkčních systémů dle Fiala 2002:

1. Plánování produkce – nezahrnuje podrobnosti, delší časový horizont, stanovení produkční kapacity, skupiny produktů namísto konkrétních (strategická úroveň dle Argoneto 2008)
2. Rozvrhování produkce – kratší časový horizont, kde a kdy se bude realizovat. Rozvrhování může mít zásadní vliv na produktivitu (Righi 2012). (Taktická úroveň dle Argoneto 2008)
3. Řízení produkce – reálný čas, správná implementace plánů a rozvrhů, možnost zpětné vazby (Taktická úroveň dle Argoneto 2008)

### 3.3.1 Rozvrhování produkce

Teorie rozvrhování řeší rozmíst'ování dávek (jobs) na procesory (machines). Dávka je činnost, kterou je potřeba vykonat. Může se skládat z několika operací, které realizuje více procesorů (Fiala 2002, s. 111; Brucker 2007, s. 2; Lopez a Roubellat 2008, s. 6). Procesor je zařízení, které dávky zpracovává. Dávka může mít následující parametry:

- Doba zpracování  $j$ -té dávky na  $i$ -tém procesoru. (zn.  $t_{ij}$ ) Pokud čas nezávisí na procesoru (nebo je procesor jen jeden) index  $i$  není potřeba uvádět. (Pinedo 2008, s. 14) U dávky složené z více operací se uvádějí časy pro jednotlivé operace.
- Nejdříve možný termín zahájení  $j$ -té dávky (zn.  $r_j$ ) (release date)
- Požadovaný termín dokončení  $j$ -té dávky (zn.  $d_j$ )
- Skutečný termín dokončení  $j$ -té dávky (zn.  $c_j$ )
- Váha  $j$ -té dávky (zn.  $w_j$ ), vyjadřující důležitost. Může zahrnovat jednotkové náklady, či penále.
- Sada použitelných procesorů (Set of machines) (zn.  $\mu_{ij}$ )

(Fiala 2002, s. 111; Brucker 2007, s. 2–7)

*„Rozvrh je soubor časových údajů, které vyjadřují časové intervaly realizace jednotlivých dávek na jednotlivých procesorech“* – Fiala 2002, s. 112

Jednou z podmínek rozvrhu je přípustnost, kdy žádný procesor nemůže zpracovávat více dávek najednou, a žádná dávka nemůže být realizována na více procesorech zároveň. Navíc realizace daných dávek nemůže začít před nejdříve možnými termíny zahájení, a musí vyhovovat precedenční relaci a dalším podmínkám dané úlohy (Brucker 2007, s. 3; Fiala 2002; Lopez a Roubellat 2008). Rozvrh je optimální, pokud minimalizuje dané minimalizační kritérium (Brucker 2007, s. 3).

Údaje o dávce pro konkrétní rozvrh:

- Čas dokončení (zn.  $C_j$ )
- Doba pobytu v systému  $F_j = C_j - r_j$
- Rozdíl mezi skutečným a požadovaným termínem dokončení  $L_j = C_j - d_j$ 
  - o Pro  $L_j < 0$  dochází k předstihu
  - o Pro  $L_j > 0$  dohází ke zpoždění
- Zpoždění  $T_j = \max(0; L_j)$

(Fiala 2002, s. 113–114)

Třídy rozvrhovacích problémů se specifikují pomocí třístupňové klasifikace  $\alpha|\beta|\gamma$  kde:

- $\alpha$  – charakteristiky procesorů
- $\beta$  – charakteristiky dávky
- $\gamma$  – kritéria optimality

(Brucker 2007, s. 3)

### 3.3.2 Charakteristiky dávky

Charakteristiky dávky obsahují šest prvků (Brucker 2007, s. 3–5):

- Označení  $\beta_1 = pmnt$  znamená, že přerušování dávek (preemption) je povoleno. Přerušováním dávek se myslí, že zpracování dávky může být zastaveno a dokončeno později, případně přesunuto na jiný procesor.
- $\beta_2$  popisuje precedenční vztahy mezi dávkami. Precedence znamená, že dávka  $J_i$  musí být dokončena před dávkou  $J_k$  (značíme  $J_i \rightarrow J_k$ ). Parametr může nabývat hodnot:
  - prec (v případě acyklického orientovaného grafu), chains (řetězy), intree, outtree, tree (strom), sp-graph (sériově paralelní orientovaný graf)
- V případě, že dávka vyžaduje parametr „nejdříve možný termín zahájení“, nastavujeme  $\beta_3 = r_i$
- Vyplněním hodnoty prvku  $\beta_4$  nastavujeme dávkám požadavek na dobu zpracování
- Vyplněním hodnoty prvku  $\beta_5$  nastavujeme dávkám požadované datum dokončení
- Prvek  $\beta_6$  označuje existenci dávkování (batching), kde může nabývat těchto hodnot:
  - P-batching
  - S-batching

### 3.3.3 Charakteristiky procesorů

Charakteristiky procesorů obsahují řetězec skládající se ze dvou parametrů  $\alpha_1$  a  $\alpha_2$ .

$\alpha_1$  může nabývat hodnot:

- # v případě že se dávka musí zpracovat na konkrétním procesoru
- P – identické paralelní procesory
- Q – konstantní (uniform) paralelní procesory (rychlost procesoru je stejná pro všechny dávky)
- R – nesouvisející paralelní procesory (rychlost závisí na kombinaci dávky a procesoru)
- PMPM – multifunkční procesory s identickými rychlostmi
- QMPM – multifunkční procesory s konstantními rychlostmi
- G – general shop problem (obecný problém)
- X – mixed shop problem (smíšený)
- O – open shop problem (otevřený)
- J – job shop problem (jednorázový)
- F – flow shop problem (proudový)

Hodnota v  $\alpha_2$  označuje počet procesorů. Nastavením  $\alpha_2 = k$  udáváme, že počet strojů je libovolný, ale konstantní. Vynecháním  $\alpha_2$  udáváme, že počet strojů je libovolný. (Brucker 2007, s. 5–6).

### 3.3.4 Kritéria optimality

Existují dva typy kritérií pro řešení rozvrhovacího problému:

- Bottleneck (úzké místo)  $f_{max}(C) := \max \{f_i(C_i) | i = 1, \dots, n\}$
- Sum  $\sum f_i(C) := \sum_{i=1}^n f_i(C_i)$

Nejběžnějším kritériem je celková délka rozvrhu (makespan) ( $\gamma = C_{max}$ ). Příklady dalších kritérií:

Rozdíl termínů dokončení	$L_i := C_i - d_i$
Předstih	$E_i := \max \{0; d_i - C_i\}$
Zpoždění	$T_i := \max \{0; C_i - d_i\}$
Absolutní odchylka	$D_i :=  C_i - d_i $
Jednotková penalizace	$U_i := \begin{cases} 0 & \text{pro } C_i \leq d_i \\ 1 & \text{pro } C_i \geq d_i \end{cases}$

Kritéria lze kombinovat (Brucker 2007, s. 6–7).

Jiný způsob klasifikace nabízí French 1982. Využívá notace  $n|m|A|B$  kde:

- $n$  je počet dávek
- $m$  je počet procesorů
- $A$  popisuje tokový vzor nebo specializaci výroby, kdy  $A$  může nabývat hodnot
  - F pro flow shop (proudový)
  - P pro permutační flow shop
  - G pro general shop (obecný)
- $B$  popisuje kritéria optimality

### 3.3.5 Vícekriteriální problémy a agregace

Vícekriteriální přístup využívá několika kritérií k hodnocení rozvrhů. Jde o snahu přiblížit tvorbu rozvrhů reálným problémům. Obecným přístupem k řešení vícekriteriálních úloh jsou: agregace kritériálních funkcí, iterativní metoda nalezení kompromisního řešení nebo nalezení množiny nedominovaných řešení.

Konstrukce funkce užitku je jednou z možností agregace kritérií. Použitím implicitně enumeračního postupu lze nalézt rozvrh který maximalizuje funkci užitku. Tento algoritmus si zakládá na obecné metodě Branch and Bound. Principem je prohledávání  $n$ -úrovňového stromu ( $n = \text{počet dávek}$ ) (Fiala 2002, s. 139).

## 3.4 Traveling salesman problem

Traveling Salesman problem (česky „úloha obchodního cestujícího“, zkr. TSP) je problematika nalezení nejlepší trasy v množině měst. Tato trasa musí obsahovat všechna města právě jednou a končit ve výchozím (Applegate 2006, s. 1; Kumar a Li 1996, s. 1). Trasy mezi městy jsou ohodnoceny (např. délkou, náklady) (Davendra 2010, s. 1). Jde o jeden z nejintenzivněji zkoumaných problémů v aplikované matematice (Applegate 2006, s. 1).



Definice dle Gutin a Punnen 2002, s. 3–4:

„Nechť  $G = (V, E)$  je graf (orientovaný nebo neorientovaný) a nechť obsahuje všechny Hamiltonovské kružnice (trasy), kde pro každou hranu existuje cena (váha). Poté problém obchodního cestujícího (TSP) je najít trasu (Hamiltonovskou kružnici) v  $G$ , jejíž součet cen hran je minimální.“

Matice cen hran se nazývá cenová (příp. vzdálenostní, váhová), kde každá hodnota vyjadřuje cenu spojení dvojice uzlů v  $G$  (Gutin a Punnen 2002, s. 3–4). Cena z vrcholu  $i$  do  $j$  se zapisuje jako  $c(i; j)$ . Tyto ceny se nazývají symetrické pokud  $c(i; j) = c(j; i)$  pro každou dvojici vrcholů  $i$  a  $j$ , v opačném případě jde o asymetrické ohodnocení (Goldengorin a Jäger 2005, s. 1).

Při  $n$  počtu měst, celkový počet možných tras pokrývajících všechna města je roven  $\frac{(n-1)!}{2}$  (Davendra 2010, s. 2). TSP je obecně považován za NP-obtížný kombinatorický problém (Gutin a Punnen 2002, s. 1), kdy čas nutný na zpracování se zdá exponenciálně růst s počtem vstupů (Goldengorin a Jäger 2005, s. 2). Na TSP lze také pohlížet jako na permutační problém (Gutin a Punnen 2002, s. 3–4; Cirasella et al. 2001).

Aplikace TSP je možná i na jinou problematiku než jen průchod měst, příkladem jsou genetika, rozvrhování výroby, telekomunikace, tištěné spoje, neurověda (Applegate 2006, s. 1; Davendra 2010, s. 3; Gutin a Punnen 2002, s. 9).

Obecně se dá TSP klasifikovat jako symetrický (zkr. sTSP), asymetrický (zkr. aTSP) a několikanásobný (zkr. mTSP) (Davendra 2010, s. 1–2). Pro sTSP je cenová matice symetrická  $c_{ij} = c_{ji}$  nebo také  $C = C^T$ . V případě aTSP je cenová matice asymetrická  $c_{ij} \neq c_{ji}$  alespoň pro jednu dvojici vrcholů. mTSP využívá  $m$  počtu „obchodních cestujících“ a centrálního uzlu (Davendra 2010, s. 1–2).

V případě že v cenové matici platí trojúhelníková nerovnost se TSP nazývá Euklidovským:

$$c_{ij} \leq c_{ik} + c_{jk}; \forall i \neq j \neq k.$$

(Kumar a Li 1996, s. 1)

sTSP se dá považovat za speciální případ aTSP při nahrazení každé hrany dvojicí orientovaných hran. aTSP je možné převést na sTSP zdvojnásobením počtu vrcholů (Gutin a Punnen 2002, s. 3–4).

Hlavní přístupy k řešení aTSP jsou optimalizační algoritmy, jako například Branch-and-bound, a aproximační algoritmy. Vyřešení už jen středně velkého aTSP vyžaduje obrovské

množství času, proto se často využívají aproximační algoritmy nebo heuristiky. Aproximační přístupy nezaručují nalezení optimálního řešení, ale poskytují skoro-optimální řešení v rozumném výpočetním čase. K hodnocení výkonnosti aproximačních algoritmů se využívá Held-Karpova dolní mez (Held-Karp lower bound) (Davendra 2010, s. 13–15; Ho a Ji 2007).

Aproximační přístupy se dělí na do několika skupin:

- tour construction (vytvoření trasy)
- tour improvement (vylepšení trasy)
- tour partitioning (dělení trasy)
- tour decomposition (dekompozice trasy)
- specializované heuristiky

(Davendra 2010, s. 13–15; Goldengorin a Jäger 2005, s. 2)

Tour construction algoritmy mají za cíl nalezení řešení bez jakéhokoliv zlepšení daného řešení. Většina těchto algoritmů je rychlá a dají se využívat v případech kdy je nedostatečný čas, jako výchozí řešení pro tour improvement nebo pro výpočet horní hranice pro optimalizační algoritmy (Glover et al. 1999, s. 1). Má se za to, že se tyto algoritmy pohybují 10–15 % od optimálního řešení (Davendra 2010, s. 13; Glover et al. 1999, s. 1).

Příklady aproximačních algoritmů mohou být:

- Closest/nearest neighbor heuristic (nejbližší soused)
- Greedy heuristic (hladové, chamtivé heuristiky)
- Insertion heuristic (vkládací heuristiky)
- Christofides' heuristic
- Cycle Cover Heuristics
  - o Cycle Patching (Oprava cyklu)
  - o Repeated Assignment (Opakované přiřazování)
  - o Contract or Patch
  - o Zhangova heuristika

(Davendra 2010, s. 13–15; Gutin a Punnen 2002, s. 457–459)

Některé heuristiky se dají využít opakovaně k vylepšení prvotního řešení (Gutin a Punnen 2002, s. 461).

Tour improvement heuristiky slouží k vylepšení vytvořené trasy. Nejpoužívanější jsou tzv. 2-opt a 3-opt heuristiky. Výkonnost těchto heuristik přímo závisí na kvalitě trasy

vygenerované pomocí tour construction heuristiky. 2-opt heuristika náhodně odebere dva vrcholy z vytvořené trasy a spojí nově vytvořené trasy. Ke spojení může dojít pouze za podmínky, že výsledná trasa bude platná a kratší než předchozí. Toto se opakuje, dokud je možné provést zlepšení. V případě 3-opt heuristiky se rozpojují tři vrcholy namísto dvou. Výsledná trasa 2-opt heuristiky je obvykle maximálně 5 % nad Held-Karpovou dolní mezí, 3 % v případě 3-opt (Davendra 2010, s. 13–15).

V některých případech je nutné transformovat úlohu na sTSP. Kumar a Li, 1996 navrhli vylepšení stávajícího způsobu který namísto ztrojnásobení úlohy ji pouze zdvojnásobuje.

### 3.4.1 Christofides' algorithm (Christofides 1976)

Heuristický algoritmus s  $O(n^3)$  pro řešení  $n$ -početného TSP s trojúhelníkovou nerovností. Hledá nejkratší kostru grafu  $z G$ , poté minimální perfektní párování v indukovaném podgrafu. V nejhorším případě je poměr výsledků k optimu vždy méně než  $3/2$ . Postup je následující:

Nechť  $G = (X, A)$  je úplný graf, kde  $X$  je množina vrcholů a  $A$  množina hran. Nechť cenová matice splňuje trojúhelníková nerovnost. Vytvoření nejkratší kostry grafu  $T^*$  z  $G$ . Nechť  $X^o$  je množina vrcholů s lichým stupněm v  $T^*$ . Vytvoření podgrafu  $\langle X^o(T^*) \rangle$  indukovaného množinou  $X^o(T^*)$  vrcholů. Nechť  $M_o^* = (X^o(T^*), A_{M_o^*})$  je minimální perfektní párování a  $C(M_o^*)$  jeho ohodnocení. Hamiltonovský okruh může být nalezen kombinací  $M$  a  $T^*$  a vynecháváním opakujících se vrcholů (Christofides 1976).

### 3.4.2 Contract-or-Patch heuristic (Glover et al. 1999)

Kombinace “Modified Karp-Steele Patching” heuristiky a “Recursive patch contraction” algoritmu. Postup je následující:

- Stanovení prahu  $t$
- Nalezení faktoru minimálního váženého cyklu  $F$
- Pokud existuje cyklus v  $F$  délky (= počtu vrcholů) menší než  $t$ , odstranění nejdelší (s největší vahou) hrany v každém krátkém cyklu ( $< t$ ) a sloučení získané trasy (pro vrcholy dlouhých cyklů se slučování neprovádí)
- Opakování, dokud platí podmínka předchozího kroku
- Spojení všech cyklů s použitím GKS

Glover et al. 1999 doporučují  $t = 5$  jako velice robustní práh.

### 3.4.3 Nearest (closest) neighbor algoritmus

Nejjednodušší a rychlá TSP heuristika. Základem přístupu je vždy navštívit nejbližší město (vrchol). Polynomiální složitost této heuristiky je  $O(n^2)$  (Davendra 2010, s. 13; Hurkens a Woeginger 2004).

Postup je následující:

- Výběr náhodného města
- Přejít do nejbližšího nenavštíveného města
- Opakování, dokud existují nenavštívená města
- Návrat se do prvního města

(Davendra 2010, s. 13; Cirasella et al. 2001)

Dle Johnson a McGeoch 1997 tato heuristika obvykle dosahuje tras do 25 % Held-Karpovi dolní meze.

Výsledky lze zlepšit opakováním algoritmu s postupnou volbou každého vrcholu jako výchozího místa. Vybírá se nejlepší trasa. Takto upravenému algoritmu se nazývá repeated (opakující se) nearest neighbor (RNN) (Gutin et al. 2002, s. 82). Pro NN a greedy heuristiky existují případy, kdy algoritmy poskytují právě nejhorší řešení. V případě RNN s použitím na aTSP, algoritmus vždy poskytne řešení které není horší než  $\frac{n}{2} - 1$  tras (Gutin et al. 2002, s. 82).

## 4 Vlastní práce

### 4.1 Charakteristika společnosti

Firma Tiskap vznikla v září roku 1990. V roce 2004 se transformovala na společnost s ručením omezeným. Nyní sídlí na Praze 10. Počet zaměstnanců se pohybuje okolo 56. Roční obrat se pochybuje okolo 80 milionů Kč.

Tiskap se zabývá kompletní polygrafickou výrobou od grafického návrhu až po finální zpracování včetně dopravy. Zpracovává všechny typy tiskovin včetně nestandardních zakázek – provádí ražbu, výseky i knihařské zpracování. Firma disponuje následujícím vybavením:

<b>Tiskové stroje</b>	Heidelberg CX 102	<b>Výsekové stroje</b>	Heidelberg Bobst Novacut 106 E
	Polar 115		Konica Minolta C 6085
<b>Řezačky papíru</b>	Polar 92 Polar RA4 (střásačka) Busch SE 125 (obracení)	<b>Digitální tisk</b>	AccurioPress Duplo DC 646PRO (řezačka)
<b>Laminovací stroje</b>	Komfi Sagitta 76 Foliant Taurus 530 SF	<b>Lepička</b>	Kama Profold 74
<b>Kalendářová vazba</b>	Renz Mobi 500 Punch 500	<b>Osvit desek</b>	Heidelberg Suprasetter S105
<b>Vazba V1, snášečka</b>	Theisen Bonitz 304 Sprint	<b>Skládací stroje</b>	Stahl Ti36 Heidelberg Stahlfolder KH 78

Tabulka 1 – Strojový park Tiskap s.r.o. (tiskap.cz)

## 4.2 Vymezení řešeného problému

Při rozvrhování na hlavních tiskových strojích jsou důležité přípravné a tiskové časy. Každý stroj má svoji teoretickou tiskovou rychlost a určité vybavení, reálná tisková rychlost závisí ovšem i na parametrech zakázky a stavu prostředí.

Mechanická rychlost (tedy teoreticky dosažitelná rychlost) ofsetových tiskových strojů se pohybuje mezi 10 000 – 20 000 archů za hodinu. Na skutečnou rychlost tisku má ale vliv několik parametrů:

- Technický stav a seřízení stroje
  - o Snižuje rychlost až o 35 % a zadává se jako parametr konkrétního stroje
- Tloušťka potiskovaného materiálu
  - o U gramáže do 70 gsm (gram per square meter;  $\text{g/m}^2$ ) je teoretická rychlost snížena o 40 %
  - o Pro gramáže 80–250 gsm je možné uvažovat o využití maximální rychlosti
  - o Pro gramáže 250–350 gsm je rychlost snížena o 10 %
  - o Pro gramáže nad 400 gsm je rychlost snížena o 20 %
- Typ potiskovaného materiálu (papír, plast, metalický papír atd.)
  - o Pro běžné papíry je uvažováno využití maximální rychlosti
  - o Pro ostatní materiály je rychlost snížena o 20 %
- Vlastnosti spotřebních materiálů
  - o Spotřební materiály mají různé vlastnosti a protože se tiskárny snaží ušetřit, nakupují levné materiály, které nedovolují tisknout plnou rychlostí
  - o Průměrná hodnota snížení je na úrovni 25 %, tedy 75 % mechanické rychlosti tiskového stroje
- Klimatické podmínky v tiskovém sále
  - o Doporučená relativní vlhkost vzduchu je 50–55 %
  - o Doporučená teplota je 25–30°C
  - o Zvýšení či snížení těchto parametrů způsobují redukci tiskové rychlosti, jejich změna nahoru či dolů v % přibližně odpovídá snížení rychlosti v %

- Barevnost, například
  - 1/1 – výrobek potištěn rub/líc jednou barvou, obvykle černou (K)
  - 4/0 – výrobek potištěn na jedné straně čtyřmi barvami, obvykle CMYK
  - 4/4 – výrobek potištěn na obou stranách čtyřmi barvami, obvykle CMYK
  - 5/5 P382C – výrobek potištěn na obou stranách CMYK + pátou barvou, například Pantone 382C atd.
  - Počet barev, které jsou použity, má vliv nejen na rychlost tisku, ale zejména na rychlost přípravy zakázky. Výměna barvy v tiskové věži je jedním z časově nejdelších úkonů v přípravě stroje.
- Pokrytí barvami
  - Jednotlivé výrobky se mohou lišit pokrytím plochy substrátu barvou
  - Text knihy má pokrytí cca 10 %, obvykle černou barvou (K). Pro tento produkt je možné využít maximální technické rychlosti stroje.
  - Plnobarevná publikace má pokrytí obvykle 100 % (CMYK). Pro tento typ produktu je nutné snížit maximální technickou rychlost stroje o 15–20 %.
- Povrchová úprava
  - 4/0 + L – výrobek potištěn na jedné straně čtyřmi barvami, obvykle CMYK a zalakován matným nebo lesklým lakem
  - Výrobek může být také lakován parciálně, tedy pouze část tiskového archu je pokryta lakem
  - Výměna laku či použití lakovací formy patří k časově náročným úkonům při přípravě ofsetového tiskového stroje

Uvedená % snížení se nesčítají, ale bere se to, které má největší vliv na snížení rychlosti. Plánování kapacity strojů musí být tedy schopné pojmout velmi detailní parametry zakázky a prostřední, a počítat s nimi ve svém výpočtu.

Plánování celé zakázky pak závisí nejen na kapacitách, technické výbavě a průchodnosti jednotlivých strojů, ale také na počtu technologických kroků, které zakázka vyžaduje ke své výrobě.

Pro představu různých možností procesu lze použít velmi zjednodušený příklad pro výrobu letáku: jde o leták o výsledném formátu A4, potištěný oboustranně čtyřmi barvami CMYK přeložený na polovinu. Základním výrobkem je tedy leták A3, který je po vytištění oříznut na čistý formát a složen na polovinu. Pro příklad se předpokládá, že ve vybavení

tiskárny existuje digitální tiskový stroj formátu SRA3 a ofsetový tiskový stroj formátu B2, osmibarevný s obracením.

Technologické postupy se pak výrazně liší a pro oba stroje a vypadají následovně:

<b>Digitální tisk</b>	<b>Ofsetový tisk</b>
1. Zpracování a vyřazení dodaných dat na formát A3	1. Zpracování a vyřazení dodaných dat na formát B2, tiskneme 2 užítky na jeden průchod
2. Poslání dat do stroje	2. Poslání dat do CtP
3. Příprava stroje	3. Výroba tiskových desek
4. Kontrola výtisku, korekce	4. Transport desek k tiskovému stroji
5. Tisk požadovaného nákladu, strana A	5. Příprava stroje
6. Příprava stroje, pasování, barevnost	6. Navezení a vyvezení palet papíru
7. Kontrola výtisku, korekce	7. Umytí barevníku a tiskového potahu
8. Tisk požadovaného nákladu, strana B	8. Založení tiskových desek
9. Záznam do výrobního příkazu	9. Rozjezd stroje
10. Doprava tiskoviny na další pracoviště	10. Kontrola výtisku
11. Nastavení řezacího stroje	11. Korekce barevnosti, soutisk
12. Ořez na čistý formát	12. Tisk požadovaného nákladu, strana A + B
13. Záznam do výrobního příkazu	13. Záznam do výrobního příkazu
14. Doprava tiskoviny na další pracoviště	14. Doprava tiskoviny na další pracoviště
15. Příprava a nastavení skládacího stroje	15. Nastavení řezacího stroje
16. Skládání na požadovaný formát	16. Rozřezání na 2 užítky a ořez na čistý formát
17. Záznam do výrobního příkazu	17. Záznam do výrobního příkazu
18. Doprava tiskoviny na další pracoviště	18. Doprava tiskoviny na další pracoviště
19. Balení dle požadavku zákazníka	19. Příprava a nastavení skládacího stroje
20. Záznam do výrobního příkazu	20. Skládání na požadovaný formát
21. Tisk průvodních dokumentů	21. Záznam do výrobního příkazu
22. Přeprava k zákazníkovi	22. Doprava tiskoviny na další pracoviště
	23. Balení dle požadavku zákazníka
	24. Záznam do výrobního příkazu
	25. Tisk průvodních dokumentů
	26. Přeprava k zákazníkovi

Tabulka 2 – Digitál vs ofset (vlastní zpracování)

Z uvedeného postupu je patrné, že pro plánování celé výroby i pro takto jednoduchý výrobek, je potřeba znát detailně nejen chování daného pracoviště z hlediska jeho teoretické výrobní kapacity, ale i časů přípravy zakázky a rychlosti výroby.



## Velikosti ofsetových tiskových strojů

Ofsetové tiskové stroje se vyrábí v následující řadě formátů:

Název	max. formát papíru
B3	370 mm x 520 mm, 0.03 mm – 0.40 mm
A2	480 mm x 660 mm, 0,04 mm – 0,3 mm
B2	530 mm x 750 mm, 0.03 mm – 0.80 mm
A1	650 mm x 940 mm, 0.03 mm – 0.6 mm
B1	750 x 1.060 mm, 0.03 mm – 1 mm
B0 145	1060 x 1450 mm, 0,06 mm – 1,6 mm
B0 164	1205 x 1640 mm, 0,06 mm – 1,6 mm

Tabulka 3 – Velikosti ofsetových strojů ([heidelberg.com](http://heidelberg.com); [koenig-bauer.com](http://koenig-bauer.com))

Nesouvisí s formátem papíru dle ISO. Stroje formátu „A“ jsou vyráběny v Asii a Japonsku, v Evropě převládají stroje formátu „B“.

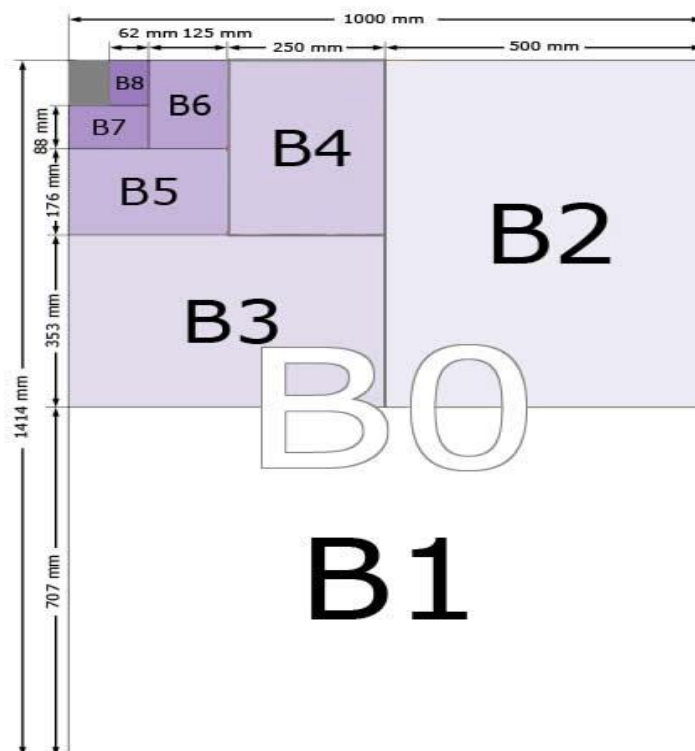
Rozměry papíru, které tiskový stroj dokáže potisknout, jsou větší než formáty papírů dle ISO, protože je třeba počítat s technologickými okraji pro držení a vedení archu.

Kritériem pro výběr formátu je velikost produktu, který je potřeba vytisknout (tzv. užitek) a ekonomika výroby. Ofsetové tiskové stroje se vyznačují vyššími fixními náklady, které se pak s velikostí tiskového nákladu rozpouští. Čím více archů se tiskne, tím nižší jednotková cena. Digitální tiskové stroje mají nižší fixní náklady, ale vyšší provozní. Jsou tedy vhodné na malé série tisku.

## Formáty papíru B dle ISO 216

Velikost	Šířka x Výška (mm)
<b>B0</b>	1000 x 1414 mm
<b>B1</b>	707 x 1000 mm
<b>B2</b>	500 x 707 mm
<b>B3</b>	353 x 500 mm
<b>B4</b>	250 x 353 mm
<b>B5</b>	176 x 250 mm
<b>B6</b>	125 x 176 mm
<b>B7</b>	88 x 125 mm
<b>B8</b>	62 x 88 mm
<b>B9</b>	44 x 62 mm
<b>B10</b>	31 x 44 mm

Tabulka 4 – Formáty ISO B ([www.printernational.org/iso-paper-sizes.php](http://www.printernational.org/iso-paper-sizes.php))



Obrázek 8 – Formáty ISO B ([printingcompanychennai.wordpress.com/2015/07/17/b-series-paper-sizes-dimensions/](http://printingcompanychennai.wordpress.com/2015/07/17/b-series-paper-sizes-dimensions/))

Z uvedeného schématu lze odvodit například to, že stroj formátu B1 vytiskne na jeden arch 2 užitky B2 nebo 4 užitky, které by vytiskl na jeden arch stroj formátu B3.

Převážná většina tiskovin se tiskne soutiskem čtyř základních barev, označovaných zkratkou CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, black). Pokud by se přes sebe přetiskly pouze CMY, mělo by se teoreticky dosáhnout černé barvy, ale ve skutečnosti vznikne tmavě hnědá barva, někdy do šeda. Černá barva tedy slouží jako barva k prokreslení obrázků, tedy kontrastní barva. Druhou výhodou je také úspora barev a finančních nákladů – místo tří vrstev na sebe stačí tisknout jednou barvou. CMYK tak používá většina současných technologií, tzn. digitální tisk, hlubotisk, flexo i ofsetový tisk.

Kvůli tomu, že se zde využívá překrývání jednotlivých barev ve vrstvách na sebe, dochází také k jednomu nežádoucímu efektu, který by se dal nazvat jako „nevýraznost barev“.

Pokud by se porovnálo například to, jak jsou zobrazena data pro tiskovinu na obrazovce monitoru a pak vytištěna na ofsetovém tiskovém stroji, může se výsledný vzhled výrazně lišit – tiskovina bude méně výrazná.

Proto se pro některé tiskoviny používají tzv. přímé / procesní barvy, asi nejnámější je škála PANTONE – Pantone Matching System (PMS). Tyto barvy se používají v tisku od začátku 70. let a staly se světově uznávaným standardem a jsou velmi rozšířené a používané

jak zadavateli, tak zpracovateli tiskovin. Každá jednotlivá barva má přesně definovanou recepturu a tak může být dosaženo stejného výsledku kdekoliv na světě a teoreticky v jakémkoliv zařízení. Jde tedy o tisk takových barevných odstínů, které se nedají vytisknout standardním soubiskem barev CMYK. Patří sem například výrazné barvy žluté, zelené, fialové, hnědé, ale také barvy neonové, metalické, barvy pro tisk na látky atd.

Přímé barvy jsou velmi často využívány v propagačních a marketingových materiálech firem pro logotypy, brožury, ale i vizitky a další tiskoviny.

Existují základní vzorníky pro:

- natírané, křídové papíry, značené Coated – C například Pantone 127 C
- nenatírané, ofsetové papíry, značené Uncoated – U, Pantone 195 U
- matné, ofsetové papíry, značíme Matt – M, např. Pantone 175 M

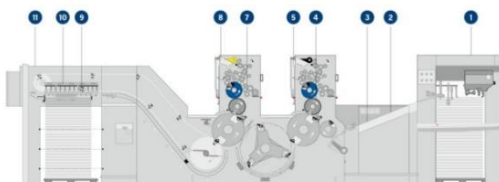
V současné době existuje 1775 Pantone barev, které jsou namíchány ze 14 základních barev:

- |              |                 |
|--------------|-----------------|
| - Yellow     | - Violet        |
| - 012 yellow | - 072 blue      |
| - 021 orange | - Reflex blue   |
| - Warm red   | - Process blue  |
| - 032 red    | - Green         |
| - Rubine red | - Black         |
| - Purple     | - Rhodamine red |

Počet barev roste každým rokem. Barvy byly doposud interpretovány na vzornících, tzv. Formula Guide, které byly tištěny pouze v certifikovaných tiskárnách. Nevýhodou je vysoká cena vzorníku a nutnost častého doplňování. V současné době již existuje jejich elektronická verze receptur, která je na cloudech od různých firem, například dodávajících spektrální měřicí přístroje pro polygrafický průmysl.

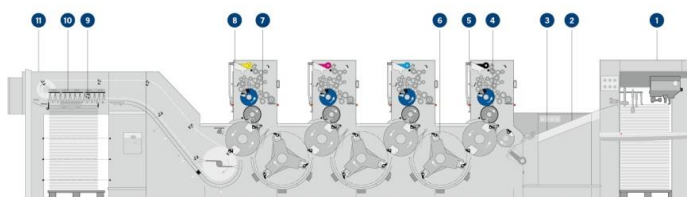
Zde jsou pro vysvětlení některé příklady konfigurací strojů:

- Dvoubarevný tiskový ofsetový stroj B1 – vytiskne na jeden průjezd arch potištěný z jedné strany dvěma barvami. Potištěný arch se tak musí vyložit na paletu, nechat zaschnout, potisknout dalšími dvěma barvami, paletu obrátit, zavézt do nakladače stroje a pak potisknout z druhé strany opět dvěma průjezdy (pro zakázku s barevností 4/4).



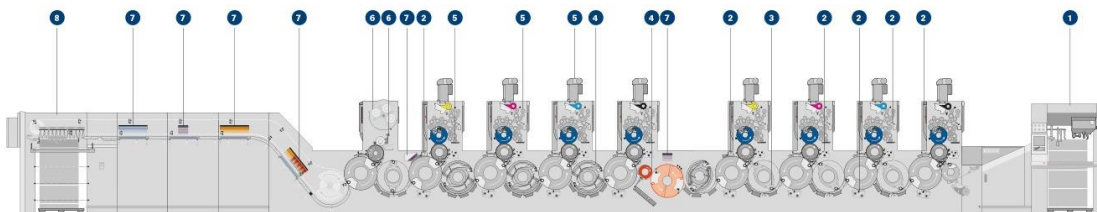
Obrázek 9 – SM 102-2 ([www.heidelberg.com/global/en/products/](http://www.heidelberg.com/global/en/products/))

- Čtyřbarevný tiskový ofsetový stroj B1 – vytiskne na jeden průjezd arch potištěný z jedné strany barvami CMYK. Potištěný arch se tak musí vyložit na paletu, nechat zaschnout, paletu obrátit, zavézt do nakladače stroje a pak potisknout z druhé strany CMYK (pro zakázku s barevností 4/4).



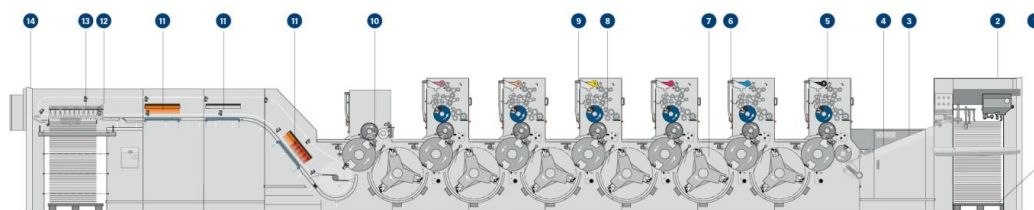
Obrázek 10 – SM 102-4 ([www.heidelberg.com/global/en/products/](http://www.heidelberg.com/global/en/products/))

- Osmibarevný tiskový ofsetový stroj B1 s obracením – vytiskne na jeden průjezd arch potištěný CMYK po obou stranách (pro zakázku s barevností 4/4).



Obrázek 11 – SM 102-8-P ([www.heidelberg.com/global/en/products/](http://www.heidelberg.com/global/en/products/))

- Šestibarevný tiskový ofsetový stroj B1 s lakovací jednotkou – vytiskne na jeden průjezd arch potištěný z jedné strany CMYK + dvěma přímými barvami a disperzním lakem kvůli ochraně při následné manipulaci. Jednostranně potištěný arch se tak musí vyložit na paletu, nechat zaschnout, paletu obrátit buď po částech ručně nebo speciálním zařízením celou, zavézt do nakladače stroje a pak potisknout z druhé strany (pro zakázku s barevností 6/6 s lakem).



Obrázek 12 – SM 102-6+L ([www.heidelberg.com/global/en/products/](http://www.heidelberg.com/global/en/products/))

#### 4.2.1 Příprava ofsetového tiskového stroje – změna zakázky

Protože výbava ofsetových tiskových strojů a jejich automatizace se velmi liší, je třeba pro každý typ stroje nastavit speciální parametry.

Na rychlost přípravy zakázky mají vliv následující okolnosti:

- Znalosti a zkušenosti operátora (tento parametr se pro úsek plánování nejprve měří a následně průměruje)
- SW výbava stroje (parametry se zadávají ručně nebo dodávají do stroje elektronicky)
- Automatické / manuální mytí barevníku
- Automatické / manuální mytí gumových potahů
- Automatické / manuální mytí protitlaků
- Automatické / manuální zakládání tiskových desek
- Typ lakovací jednotky a její automatizace
- Počet lakovacích okruhů
- Typ lakování – plošné / parciální
- Výměna lakovacího válce automatická / manuální
- Automatické / manuální měření barevnosti na stroji
- Automatické / manuální pasování (nastavení soutisku) na stroji
- Počet barev
- Počet speciálních barev a jejich typ

Tyto okolnosti ovlivňují práci tiskaře při přípravě. Úkony, které tiskař provádí se dají sepsat takto:

Činnost	Odhad trvání [min]	Automatizovatelné	Paralelně
Náhled	0		
Přepis hodnot ze sáčku do stroje	3	Ano	Ano
Mytí gumy	3	Ano	Ano
Vývoz palety z vykladače	3	Ano	Ano
Návoz prázdné do vykladače	2		
výměna desek	5	Ano	Ano
Návoz palety do nakladače (plné)	3		
Neřízení nakladače	2		
Doplnění barvy, kontrola	1	Ano	Ano
Výměna mycího modulu	1,5		
Výměna mycí role	8		
Výměna přímé barvy	8		
Mytí protitlaků	3	Ano	Ano
Výměna laku v lakovací jednotce i s mytím	10		
Výměna laku v lakovací jednotce	5		
nová guma /deska na lakovací jednotce	5		
Výměna gumy	10		
mytí barevníku válců	5	Ano	Ano

Tabulka 5 – Úkony tiskaře (vlastní zpracování)

V tabulce jsou uvedeny všechny úkony, které musí tiskař vykonávat při výrobě zakázek. Některé úkony se díky automatizaci dějí paralelně, a některé zautomatizovat nelze a jsou pak delegovány na pomocného pracovníka, aby bylo dosaženo kratších časů přípravy nebo odstranění tzv. neproduktivních časů.

Pro zjednodušení se v praxi používají následující parametry, které jsou zadány ke konkrétnímu tiskovému stroji, například:

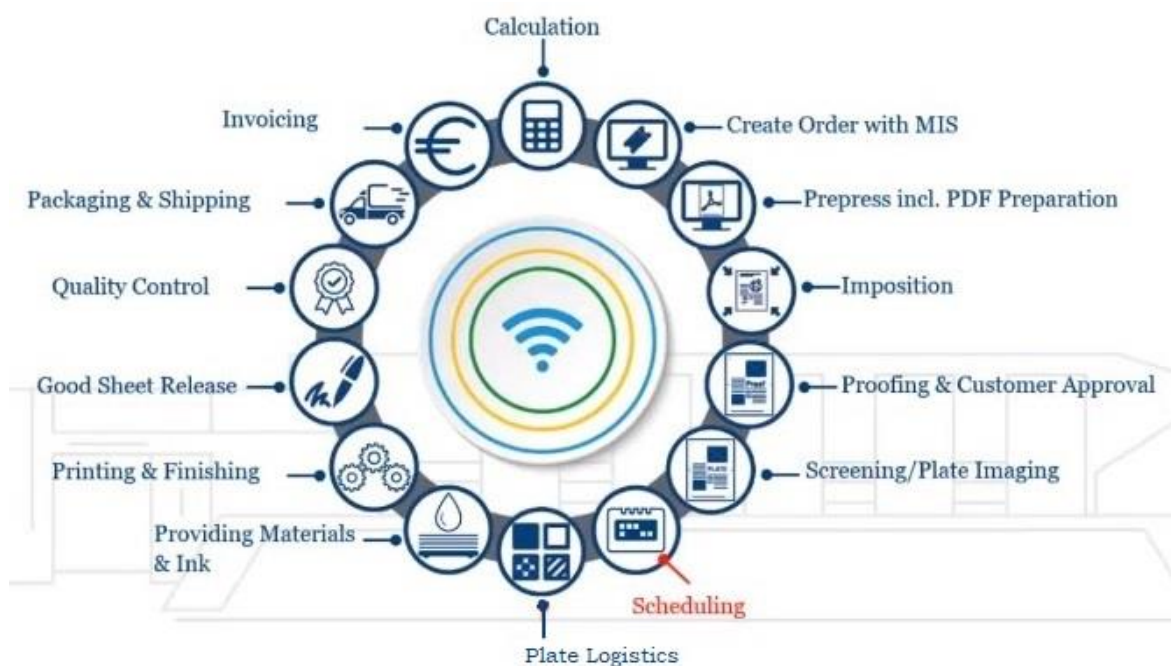
Obecný čas na přípravu stroje	10 min
Čas na přípravu jedné tiskové věže CMYK	4 min
Čas na přípravu jedné tiskové věže process ink	8 min
Čas na přípravu lakovací věže	5 min
Čas na výměnu lakovacího válce či parciální formy	10 min

Tabulka 6 – Ukázka parametrů v praxi (vlastní zpracování)

Pro plánování celkového provozu tiskového stroje je třeba uvažovat ještě:

- Ukončení provozu tiskového stroje na konci pracovní směny nebo série pracovních směn, obvykle 60 min
- Zahájení provozu tiskového stroje na začátku pracovní směny nebo série pracovních směn, obvykle 60 min
- Běžné údržby stroje
  - o Denní, cca 30 min
  - o Týdenní, cca 120 min
  - o Měsíční, cca 480 min (nahrazuje jednu týdenní)
  - o Roční, cca 1920 min (možné rozdělit po blocích 480 min)

### Průběh zakázky



Obrázek 13 – Průběh zakázky ([www.heidelberg.com](http://www.heidelberg.com))

#### 1) Kalkulace

Po poptávce ze strany zákazníka připravuje obchodní oddělení firmy tzv. kalkulaci, tedy rozpočet zakázky na základě informací dodaných zákazníkem. Moderní firmy používají pro standardní zakázky tzv. web-to-print, kde objednatel zadává na portálu tiskárny přímo parametry zakázky a může přidat i data, která se pak automaticky zkontrolují a vyřadí. Ukázka kalkulace v příloze č. 1.

- 2) Vytvoření zakázky v MIS (Management Information System)

Po uzavření dohody se zákazníkem se na základě objednávky převede kalkulace do zakázky a pak dochází k jejímu zpracování.
- 3) Kontrola a příprava zakázky včetně přípravy PDF

Podklady (data) dodané zákazníkem se zkontrolují a po jejich schválení dochází k vytvoření layoutu.
- 4) Vytvoření layoutu – tzv. vyřazení

Dle typu výrobku DTP studio nebo automatizovaný proces vytváří podklady pro tisk a zpracování zakázky.
- 5) Nátisk nebo schválení zákazníkem

Před zahájením výroby může být zakázka schvalována jak z hlediska její barevnosti, tak z hlediska jejího vzhledu ověřena na nátisku, nebo osobně zákazníkem na základě makety výrobku.
- 6) Vytvoření tiskových forem

Po schválení jsou data poslána na CtP (Computer to Plate), na tomto zařízení jsou vysvíceny tiskové formy.
- 7) Plánování výroby zakázky

Nyní může být zakázka zaplánována do výroby, v tomto okamžiku je vše připraveno a je možné plánovat.
- 8) Doprava a manipulace s tiskovými formami

Tiskové formy jsou dopraveny k tiskovému stroji a pak založeny do tiskových věží. Proces je většinou manuální, objevují se první plně automatizované systémy.
- 9) Příprava materiálu a barev

Na základě plánu je objednan, vyskladněn a dopraven příslušný substrát k tiskovému stroji.
- 10) Tisk a dokončovací práce na tiskovině

Zakázka je vytištěna a pak prochází dalším zpracováním dle jejího typu. Jde například o řezání, laminaci, dodatečné speciální lakování, aplikaci metalických fólií, vysekávání, šití, lepení.



#### 11) Kontrola a oddělení dobré a špatné produkce

Pro každý technologický úkon se počítá se spotřebou meziproduktu pro nastavení příslušného stroje, tato produkce musí být následně oddělena před dalším krokem.

#### 12) Balení a doprava

Výsledné produkty jsou zabaleny dle požadavku zákazníka, je k nim vytvořena příslušná dokumentace (například balicí, přepravní a dodací list) a je expedována na místo určení.

#### 13) Vyúčtování zakázky

Zakázka je vyúčtována dle objednávky či dohodnutých vícenákladů, faktura je dodána k objednateli a později kontrolována její úhrada.

#### 14) Kontrola kalkulace

Posledním krokem je kontrola původního rozpočtu k zakázce (kalkulace) se skutečnými výrobními náklady. Zde záleží na správnosti předpokladu a skutečnosti.

### **Aktuální stav rozvrhování zakázek v polygrafii**

Většina tiskáren v České republice má nějaký druh MIS (Management Information System), ve kterém eviduje své zákazníky a zakázky. Většina z nich obsahuje také kalkulační modul, ve kterém vznikají kalkulace (předběžné rozpočty) zakázek a evidují se fakturace a platby.

V těchto systémech však nejsou obsaženy technologické informace o zakázce, na základě kterých by mohlo dojít ke skutečnému plánování zakázek. Zakázky jsou tak rozvrhovány podle předběžného rozpočtu, většinou ručně a pouze na základě zkušeností příslušného pracovníka, kterým je technolog, mistr výroby, vedoucí výroby.

Rozvrhování zakázek je tak mnohdy zbytečně věnována kapacita těch nejzkušenějších lidí ve firmě, kteří by se jinak mohli věnovat skutečnému řízení firmy a ne řízení zakázek.

Rozvrh pak vzniká v podstatě dvěma způsoby:

- Papírovými seznamy zakázek, které jsou před každou směnou doručeny na příslušné pracoviště
- Elektronickým seznamem, jehož obsah je doručován na terminály u strojů.

Nevýhodou tohoto způsobu je jeho obrovská pracnost a také to, že v případě změny je nutné seznamy přepracovat a znovu doručit. Další nevýhodou je to, že tyto plány jsou

vytvářeny na základě předběžných rozpočtů a nereflektují plně všechny vlivy na realizaci zakázky. Zakázky v Tiskap s.r.o. jsou kalkulovány v MIS CICERO, který je podle informací z tiskárny prakticky nejrozšířenějším systémem v České republice.

Po schválení připravených dat zákazníkem jsou vytvořeny ručně seznamy zakázek a distribuovány na jednotlivá pracoviště.

Prioritou pro sestavování rozvrhu je:

- dodržení termínů, tj. zakázky musí být dokončeny před stanoveným datem dokončení (konkrétně minimalizace počtu zpožděných zakázek – jde o běžný způsob hodnocení pracovníků)
- minimalizace nákladů, tj. zakázky musí být provedeny za nejmenší možné náklady při dodržení první podmínky (konkrétně celkové náklady)

Vedlejší kritéria jsou:

- doba trvání zakázky, tj. zakázka musí být dokončena co nejrychleji při dodržení hlavních kritérií
- prostoje mezi zakázkami, tj. zakázka musí být dokončena bez zbytečných prostojů (vždy bude existovat prostoj z technologických a logistických důvodů, zde se jedná o minimalizaci nadbytečných prostojů)

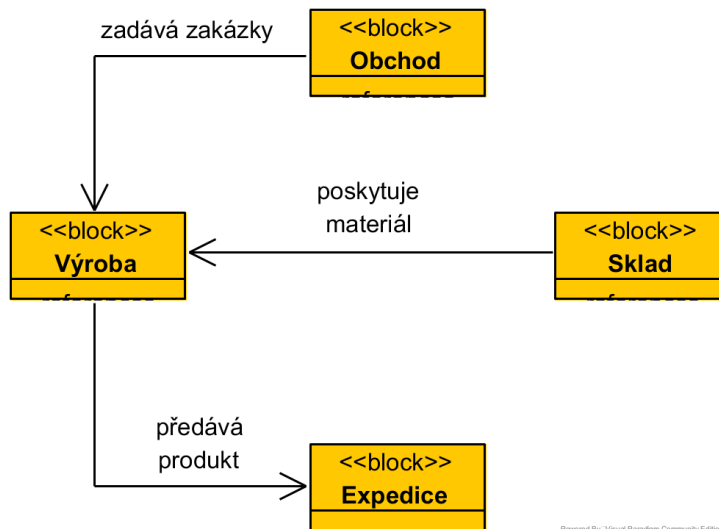
### **4.3 Identifikace systému**

Pro přidání kontextu k problematice jsou zde pomocí blokových diagramů zobrazeny:

- Obecná struktura firmy v polygrafii
- Obecná struktura výroby

### 4.3.1 Obecná struktura firmy v polygrafii

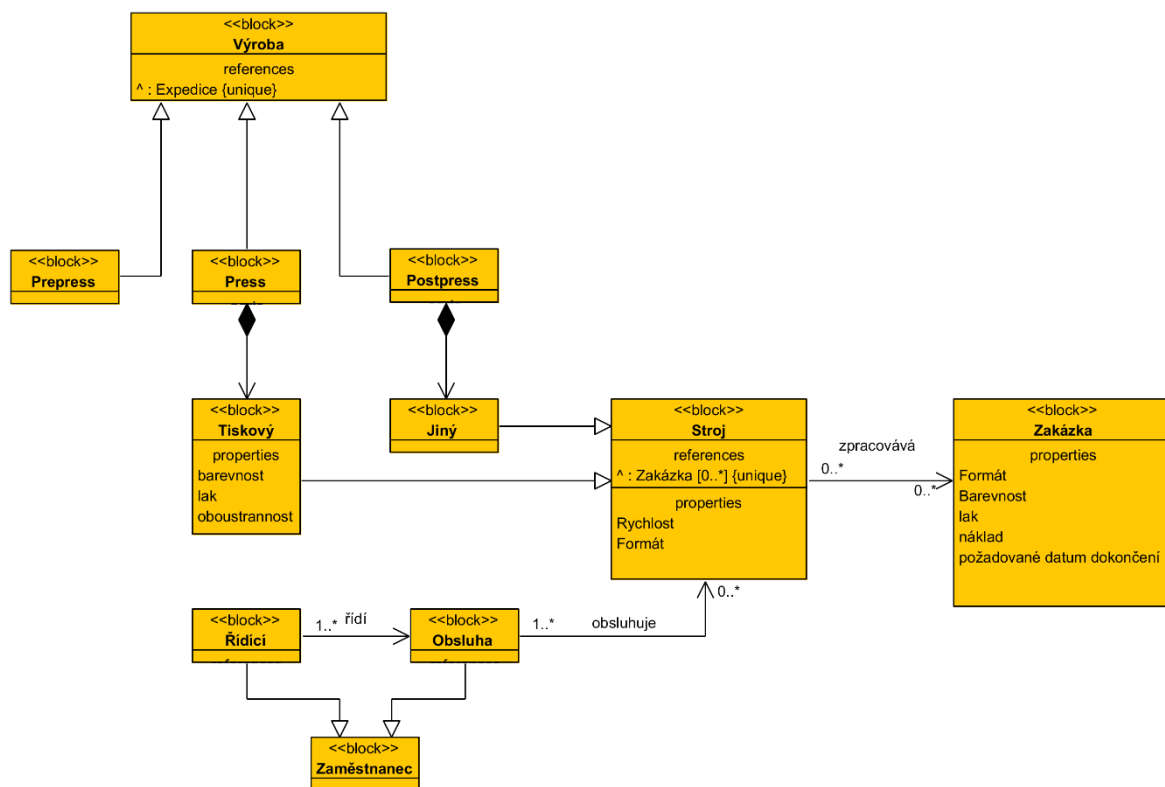
Nejširší pohled na podnik jako takový - 4 funkcionální oblasti. Diagramy jsou vytvořeny pomocí nástroje Visual Paradigm.



Obrázek 14 – BDD firma (vlastní zpracování)

Obchod připravuje zakázky pro výrobu a obstarává komunikaci se zákazníky, kampaně, strategie apod. Oblast výroba plní hlavní funkci organizace, tj. zpracování zakázek. Sklad má funkci podpůrnou – poskytuje materiál a v některých případech i uskladňuje hotové zakázky před expedicí. Expedice zajišťuje distribuci hotových zakázek k zákazníkům. Vlastnosti a operace jednotlivých bloků jsou pro tyto účely irelevantní.

### 4.3.2 Obecná struktura výroby



Obrázek 15 – BDD výroba (vlastní zpracování)

Oddělení výroby by se dalo zjednodušeně rozdělit na tři části:

- Pre-press, tedy předtisková příprava. V této části se jedná o kontrolu a zpracování přijatých dat, jejich vyřazení, tedy tvorba layoutů pro jednotlivé tiskové archy a nakonec expoziční tiskových desek (tiskových forem)
- Press, tedy oddělení tisku je část výroby, kde dochází k potištění daného substrátu, ať už na ofsetových tiskových strojích, nebo digitální technologií. Dnes jsou v digitální technologii používány tzv. práškové stroje, nebo stroje ink-jet (inkoustové).
- Post-press, někdy nazývaný dokončovací výroba je část, ve které je tiskovina dále zušlechťována a dostává konečnou podobu. K zušlechťování může patřit laminování, speciální laky, aplikace metalické fólie atd. V oddělení post-press jsou typickými představiteli strojů stroje pro šití, lepení a knižní vazbu, stroje pro výsek a skládání.

V každém z těchto oddělení jsou zaměstnanci několika skupin, opět zjednodušeně vedoucí oddělení, směnoví mistři, operátoři strojů a pomocný personál, který odpovídá za manipulaci s produkty, zásobování materiálem či asistenci operátorům.

Operátor tiskového stroje (tiskař) provádí již zmíněné úkony z tabulky 6 a to sám, nebo s pomocníkem.

#### 4.4 Systémový model a kvantifikace

Problém rozvrhování tisku v polygrafii tedy obecně je:

- dynamický
- s paralelními stroji
- s rychlostí, náklady, přípravnými časy závislými na stroji a dávce
- s přerušováním dávek
- s precedencemi
- řídicí se unit penalty a celkovou dobou zpracování rozvrhu a případně nákladovou funkcí

V případě, že chceme zahrnout i pre-press a post-pressové úpravy na dalších strojích, budou tyto parametry platit také, ale některé stroje budou v sérii místo paralelně.

Klasifikace obecného problému podle Brucker, 2007:

$$R | pmnt; prec; d_i; s(p) - batch | U_{max}; C_{max}$$

Vzhledem k ohromné komplexnosti obecného problému byl vybrán přístup minimalizace přípravných časů zakázek na konkrétním stroji. Tento přístup zjednodušuje problematiku, včetně testování a implementace, přičemž poskytuje užitečné výsledky. Nevýhodou je ovšem nutnost zásahů člověka do procesu rozvrhování – do určité míry vyžaduje expertní názor, a nutnost opakování výpočtu pro každý stroj.

Pro tuto práci byla jako vzorek vybrána firma se strojním vybavením, které ke typické pro polygrafickou výrobu v ČR a zákazníky s různými požadavky a zakázkami s velkou škálou produktů. Výroba je tedy velmi pestrá a je zde velká možnost ji pomocí vhodných nástrojů zlepšit.

V tiskárně je od loňského roku nově instalován tiskový stroj s označením Heidelberg Speedmaster CX 102-5+L. Jde o stroj formátu B1 s pěti tiskovými věžemi a lakovací jednotkou, s automatickým spektrálním měřením ve stroji a automatickým zakládáním

tiskových desek. Stroj je připojen na předtiskovou přípravu a dokáže načíst jak seznam zakázek, tak profil barevnosti a další data o zakázce. Detailní popis stroje je v příloze č. 2.

Tento typ stroje je velmi rozšířen na trhu, jeho konfigurace je považována za univerzální tiskový stroj, pokrývající velkou škálu možností tisku.

Lze na něm tisknout nejen tiskoviny s barevností CMYK, ale i tiskoviny s požadavkem na procesní barvu a také tiskoviny lakované, ať už celoplošným, nebo parciálním lakem.

Dobrá výbava stroje teoreticky umožňuje rychlé zpracování zakázek, ale v praxi tomu tak není. Stroj v posledních 12 měsících vytiskl 7,725 milionu archů, přitom jeho skutečná schopnost je potisknout za jeden kalendářní rok kolem 30 milionů archů.

Jsou zde značné rezervy v organizaci práce a zejména v rozvrhování zakázek.

Proměnné parametry udávající přípravné časy jsou:

- Typ papíru – kombinace materiálu, formátu a gramáže, tzn. zda typ papíru zůstává stejný či ne
- Lakování – jaký typ laku je použit
- Přímá barva – zda se přímá barva mění či ne

U parametrů typ papíru a přímá barva není důležitý výchozí a cílový stav parametru, úkon bude trvat vždy stejnou dobu – z tohoto pohledu jde o bivalentní parametr (změna/beze změny). V některých provozech mohou hrát roli i jiné parametry, nebo stávající parametry budou komplexnější, nebivalentní.

Parametrů samozřejmě existuje celá řada, některé jsou ale konstantní (tj. stejné pro jakoukoliv zakázku), tudíž nás z pohledu minimalizace příprav nezajímají. Stejně platí pro další přípravné úkony – budou se provádět při každé změně zakázky.

Klasifikace zjednodušeného problému podle (Brucker 2007):

$$1|d_i|C_{max}$$

- s proměnlivými přípravnými časy.

Tento problém lze řešit dvěma způsoby:

- Hrubou silou, tzn. vytvořením veškerých permutací a nalezení minima
- Využitím algoritmů pro úlohu obchodního cestujícího (TSP) s úpravou

Přístup hrubé síly je velice výpočetně náročný (počet zakázek se pohybuje obvykle v desítkách na den, a pro  $n = 50$  se počet permutací rovná  $3 * 10^{64}$ ) a vzhledem k existenci algoritmů pro TSP se zdá být zbytečný.

V případě algoritmů TSP jsou dostupné dva přístupy:

- Optimalizační metody (např. branch and bound/cut, metoda sečných nadrovin)
- Aproximační metody (heuristiky) (např. nejbližší soused, greedy heuristiky, insertion heuristiky, Christofides' alg.)

Vzhledem k charakteristikám výrobního procesu v polygrafii se optimalizační přístupy zdají být zbytečné – optimum není potřeba. Do procesu na každém stupni zasahuje člověk (může se například zdržet, udělat chybu nebo změnit názor) a navíc bez přesného měření a parametrizace strojů nemá smysl mít přesné výsledky. Optimalizační metody jsou zároveň náročnější na výpočet.

V tomto případě byly zvoleny aproximační algoritmy pro asymetrický TSP. Asymetrické z toho důvodu, že změna zakázek nemusí nutně být symetrická, tj. trvat stejnou dobu ze zakázky A na B, tak z B na A. Příkladem může být použití laku na zakázce, v případě že přecházíme ze zakázky s lakem na zakázku bez laku, musíme lakovací jednotku umýt, kdežto když přecházíme ze zakázky bez laku na zakázku s lakem, musíme lak pouze doplnit.

Představa rozvrhování s použitím algoritmu:

1. příjem zakázky (kalkulace)
  - a. zjistí se parametry zakázky od zadavatele
  - b. stanoví se technologie a tím i skupina strojů na kterých je možno zakázku vyrobit
  - c. vypočtou se parametry pro jednotlivé stroje
  - d. zakázka se přijme/nepřijme
2. zavedení zakázky do rozvrhu
  - a. odpovědný pracovník přiřadí zakázku na nejvhodnější stroj
  - b. výpočet matice „vzdáleností“
  - c. výpočet/přepočtení rozvrhu
3. přepočtení rozvrhu
  - a. při dalším plánování
  - b. při zařazení nové zakázky

Předpokládá se, že k přiřazení na stroj nedojde, pokud by zakázka přesahovala požadované datum dokončení (například plánování na jednu směnu s tím, že je jedno

v jakém pořadí se zakázky vytisknou, protože k dokončení dojde ve stejný den a není tím porušen deadline).

Potřebné informace (pro konkrétní stroje):

- Doba trvání tisku (potřeba pouze k zobrazení rozvrhu, na výpočet nemá vliv)
- Doba trvání příprav z jedné specifikace na druhou
- Seznam zakázek k rozvržení

Pro potřeby této práce jsou stanoveny následující požadavky na algoritmus:

- relativně jednoduchá implementace, z důvodu potřeby testování algoritmu
- relativně přesné výsledky (10–20 % od optima) (viz. optimum vs aproximace)
- rychlý výpočet (~15 vteřin), pouze orientační hodnota, jde čistě o uživatelskou přívětivost a použitelnost – není možné, aby řídicí pracovník čekal na výsledky několik minut
- zvládnutí různých typů úloh (robustnost)

S těmito požadavky byly vybrány tři možné algoritmy:

- Christofides algoritmus
- Contract-or-Patch algoritmus
- Nejbližší soused (NN/RNN)

	<b>Christofides'</b>	<b>C-O-P</b>	<b>NN/RNN</b>
<b>Implementace</b>	Obtížná	Obtížná	Snadná
<b>Výsledky (zdroj: Davendra 2010)</b>	~10 %	Neznámé	~25 % (pro NN)
<b>Trojúhelníková nerovnost</b>	Vyžaduje	Vyžaduje	Nevyžaduje
<b>Transformace</b>	Vyžaduje	Neznámé	Nevyžaduje
<b>Robustnost</b>	Neznámé	Robustní	Neznámé
<b>Rychlost</b>	Neznámé	Neznámé	Neznámé

Tabulka 7 – Porovnání algoritmů (vlastní zpracování)

Zvolen NN/RNN kvůli jednoduchosti – potřeba testovat výkonnost/chování algoritmu a ostatní algoritmy jsou příliš náročné na programování a ruční průchod je přinejmenším zdoluhavý. Dalším důvodem je neznámost platnosti trojúhelníkové nerovnosti v problematice.

Vzhledem k výpočetním rychlostem NN byl algoritmus upraven na RNN, který bude podávat mnohem přesnější výsledky. K-opt opět složité na implementaci.



#### 4.4.1 RNN algoritmus

V tomto případě algoritmus předpokládá rovnost zakázek, tj. žádná nepotřebuje být vytištěna dřív než ostatní (priorita, deadline). Rozvrhování probíhá na každém stroji samostatně. Zde se uvažuje pouze jeden konkrétní stroj (Heidelberg Speedmaster CX 102-5+L) – parametry jsou individuální.

Pro fungování algoritmu musí existovat matice hodnot („vzdáleností“). Tato matice musí mít rozměry  $n \times n$ . Nejsnazším řešením je vytvoření dvourozměrného pole v paměti algoritmu o velikosti  $n \times n$ . Tento přístup může být v případě vysokého počtu zakázek příliš paměťově náročný. Další možností by mohlo být vytvoření dočasné tabulky o třech sloupcích, kde by každá hodnota matice byla zavedena jako řádek. Tento přístup by vyžadoval úpravu algoritmu a vytváření dočasných tabulek při každém spuštění algoritmu.

Příklad dočasné tabulky:

Index i	Index j	Hodnota
1	1	5
1	2	4

Tabulka 8 – DB pro data (vlastní zpracování)

Matice se v tomto případě musí vytvořit z dostupných parametrů na základě zvolených zakázek k řešení algoritmem.

Pro ukládání parametrů musí existovat databáze, kde pro každý parametr ovlivňující čas přípravy a pro každý stroj budou uloženy časy změny z hodnoty A na B. Tyto časy musí vyplnit pracovník na základě měření nebo vlastního odhadu. V případě pokročilé automatizace a integrace systémů by tyto parametry mohl vyplňovat přímo systém na základě měření strojů.

Návrh tabulky databáze pro ukládání parametrů:

Parametr původní	Parametr cílový	Hodnota (čas)
B1	B2	5

Tabulka 9 – Příklad DB pro parametry (vlastní zpracování)

Tabulka musí obsahovat i záznamy pro A-A. Jakýkoliv nenalezený záznam bude považován za neexistující vazbu a algoritmus s tím tak bude počítat. V případě že je typ parametru bivalentní, postačuje pouze následující tabulka:

Stav	Hodnota (čas)
Změna	5
Beze změny	0

Tabulka 10 – Příklad DB pro bivalentní parametr (vlastní zpracování)

## 4.5 Výpočty a experimenty

V prvním kroku vývoje byl navržen vývojový diagram pro NN algoritmus, s jedním průchodem a počátkem [1;1]. Podle diagramu byl algoritmus implementován a odzkoušen na matici 3x3. Tato matice se poté používala k prvotnímu otestování každé úpravy algoritmu.

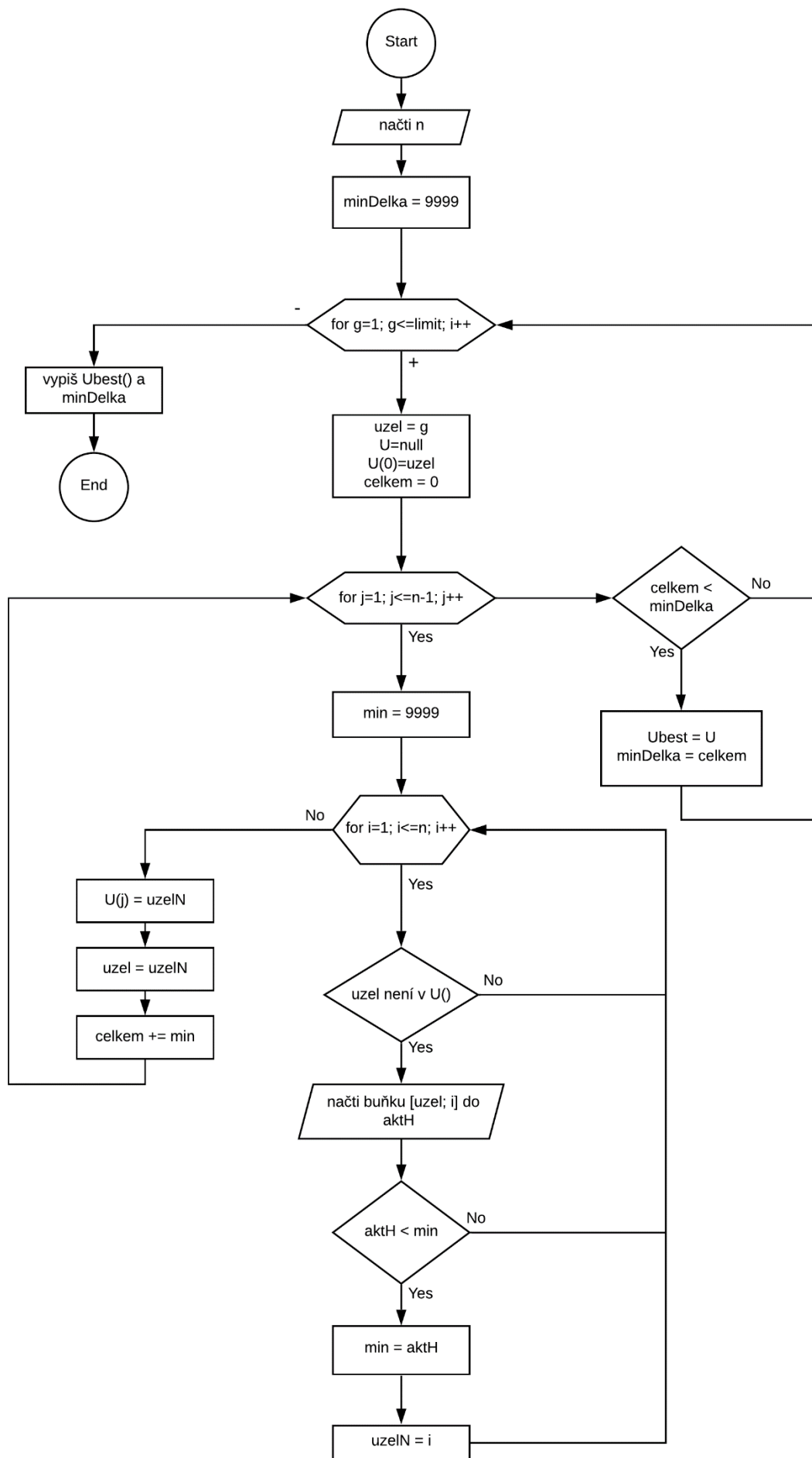
Ukázka matice:

	A	B	C
A	x	1	2
B	6	x	3
C	5	4	x

Tabulka 11 – Testovací matice (vlastní zpracování)

Smyslem matice je vyzkoušet průběh algoritmu na triviálním zadání, u kterého se dají snadno odhalit chyby. Matice je tedy 3x3, úplná a s asymetrickými hodnotami. Algoritmus by měl vytvořit trasu „A-B-C: 4“, což také nastalo.

Následovalo navržení vývojového diagramu pro opakování výpočtu se změnou výchozího bodu (RNN):



Obrázek 16 – RNN diagram (vlastní zpracování)

Algoritmus se skládá ze tří hlavních cyklů, kde vrchní (g) zajišťuje opakování výpočtu (tzn. RNN). Druhý cyklus (j) provádí pohyb v řádcích matice a poslední cyklus (i) prochází řádek. Uvnitř vnitřního cyklu (i) se provádí porovnávání hodnot s minimem a kontrola proti předčasnému uzavření okruhu. Po dokončení vnitřního (i) dojde k přechodu na nejbližší uzel a navýšení celkové délky trasy. U cyklu (j) je nutno poznamenat, že končí v  $n - 1$ , protože neuzavíráme okruh, tj. nevracíme se do původního uzlu. Hodnoty pro *minDelka* a *min* se musí nastavit dostatečně vysoko aby podmínka „*aktH < min*“ fungovala.

Další na řadě je implementace ve VBA a testování na jednoduché matici (tabulka 12). Algoritmus označuje uzly číselnou hodnotou jejich pořadí v řádku.

Výsledek algoritmu:

Pořadí (cesta)			Délka
1 (A)	2 (B)	3 (C)	4

Tabulka 12 – Výsledek testu implementace (vlastní zpracování)

Následně jsou otestovány varianty matice s různými úpravami:

- Záporné hodnoty
- Nespojitosť
- Nečíselné hodnoty
- Chybějící hodnoty
- Neexistující hrany
- Stejně hodnoty

Výsledné charakteristiky algoritmu:

Zvládá pracovat se zápornými i chybějícími hodnotami. V případě, že hodnota chybí v prvním řádku, dojde k přerušení výpočtu  $n$  a omezí se tím řešení. Pokud hodnota chybí kdekoli jinde je považována za 0. Neexistující hrana se musí označit nečíselnou hodnotou, nejlépe písmenem „x“. V případě nesouvislosti (grafu) se algoritmus zacyklí v posledním uzlu do kterého došel. Pokud jsou hodnoty v řádku identické, zvolí se první možná (hodnota nebude menší než *min*) a v případě, že jsou veškeré hodnoty v řádku vyšší jak původní hodnota *min* algoritmus spadne (nepravděpodobné). Při použití limitace RNN a neúplného grafu nemusí najít cestu, pokud se nachází za limitem.

Následuje testování na náhodných datech pro zjištění výkonnosti a stability algoritmu při velkých  $n$ . Pro tvorbu náhodných dat je vytvořeno jednoduché makro naplňující list Excelu náhodnými hodnotami v intervalu  $< 1; 999 >$  v matici o velikosti  $n \times n$  ( $n$  se načte z první buňky listu – není potřeba měnit kód pro změnu velikosti matice). Data jsou generována nově před každým pokusem.

---

Dim i, n, j, upperbound, lowerbound

upperbound = 999

lowerbound = 1

n = Cells(1, 1)

For j = 1 To n

For i = 1 To n

Cells(j, i) = Int((upperbound - lowerbound + 1) \* Rnd + lowerbound)

Next i

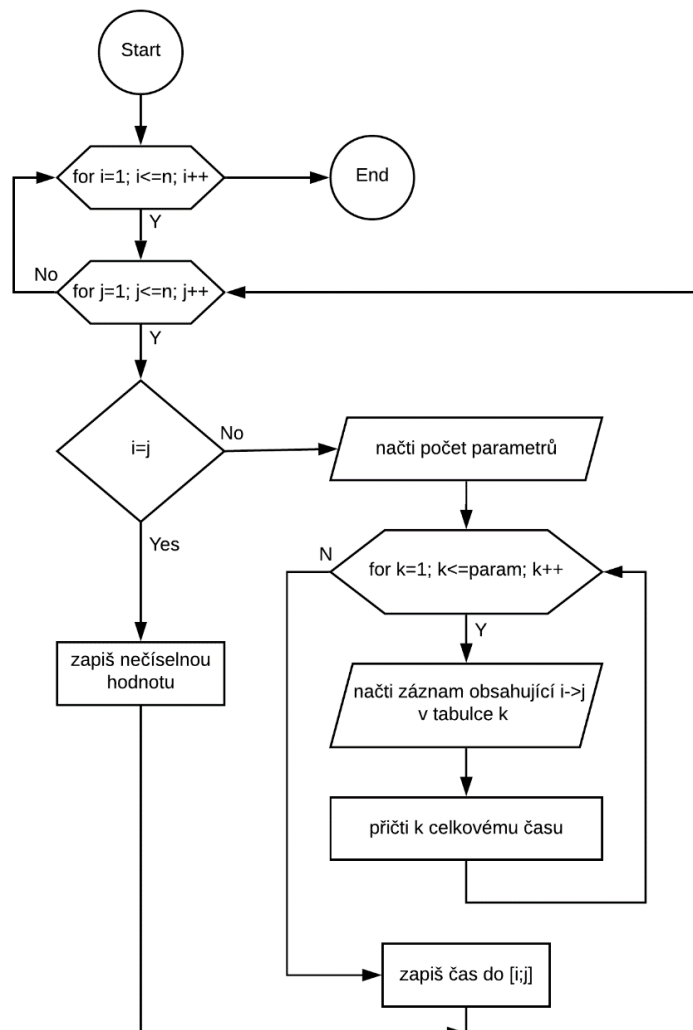
Next j

---

Zdrojový kód 1 – Testovací data

Na základě návrhů matice hodnot a databáze parametrů je vytvořen algoritmus, který vytvoří pole v paměti programu a postupně vypočte hodnoty.

Diagram algoritmu:



Obrázek 17 – Diagram maticového algoritmu (vlastní zpracování)

Diagram využívá celkem tři cykly. Vnitřní cyklus (k) zajišťuje načítání hodnot jednotlivých parametrů pro  $i \rightarrow j$  a následný součet a zápis. Nadřazený cyklus (j) zajišťuje průchod řádkem a cyklus (i) posun na další řádek. Podmínka  $i = j$  vyplňuje nečíselnou hodnotu a šetří výpočet v případě identického uzlu (diagonála).

Výsledný kód RNN s maticí:

---

```

Dim j, k, i, m, min, n, g, h, param, minDelka, uzel, uzelN, aktH, limit As Integer
Dim found, flag As Boolean
Dim celkem As Integer
Dim zakCelk()
Dim U(), Ubest(), mX(), params(), zakazky(), params_info()
Dim StartTime As Double 'měření času
Dim SecondsElapsed As Double 'měření času
Dim test
'-----
'měření času
StartTime = Timer

n = 1
Do While Not Worksheets("Zakázky").Cells(n, 1) = "" 'načtení n
    n = n + 1
Loop
n = n - 2 'první řádek má nadpisy, indexování od 1

If n > 150 Then 'omezení na NN
    limit = 1
Else: limit = n
End If

```

---

*Zdrojový kód 2 – Finální kód (1/4)*

V první části algoritmu jsou vidět deklarace potřebných proměnných a načtení  $n$ . Proměnné *StartTime* a *SedondsElapsed* jsou čistě pro měření doby trvání algoritmu a ve výsledné implementaci by nebyly. Načtení  $n$  zajišťuje *Do While* cyklus s podmínkou existence hodnoty v buňce. Podmínka  $n > 150$  omezuje opakování RNN na 1 v případě vysokého počtu  $n$  – omezení doby trvání.

---

```
'načtení zakázek  
param = 3  
ReDim zakazky(n, param - 1) 'indexace od 0  
For g = 1 To n 'načtení parametrů zakázek  
    For h = 1 To param  
        zakazky(g - 1, h - 1) = Worksheets("Zakázky").Cells(g + 1, h + 2)  
    Next h  
Next g
```

```
params = Array("Typ_papíru", "Přímá", "Lak")  
params_info = Array(1, 1, 0)
```

---

*Zdrojový kód 3 – Finální kód (2/4)*

Druhá část kódu zajišťuje načtení jednotlivých zakázek do pole. Proměnná *param* určuje počet parametrů. Pole *params* obsahuje názvy listů Excelu s uvažovanými parametry. V tomto případě jsou parametry vypsány ručně, v případě implementace do informačního systému by šlo o tabulku se záznamy o požadovaných parametrech. Stejně platí i pro pole *params\_info*, která určuje, zda je parametr bivalentní, tedy pouze změna-beze změny, nebo obsahuje kombinace hodnot parametrů.

V třetí části kódu se vytváří samotná cenová matice. Příkazem *ReDim* se vytváří dynamicky alokované pole. *Do While* cyklus zajišťuje hledání parametru splňující  $i \rightarrow j$ . Při implementaci v relační databázi bude nahrazeno SQL dotazem. Proměnná *flag* zajišťuje ukončení cyklu v případě nalezení parametru. Pokud není záznam nalezen, je daná pozice v poli označena nečíslnou hodnotou, zde konkrétně „x“.

---

```
'vytvoření matice
ReDim mX(n - 1, n - 1)
ReDim zakCelk(param - 1)
For i = 1 To n
  For j = 1 To n
    ReDim zakCelk(param)
    If Not i = j Then
      For k = 1 To param
        m = 1
        flag = True
        If params_info(k - 1) = 0 Then
          Do While Not Worksheets(params(k - 1)).Cells(m, 1) = "" And flag
            If Worksheets(params(k - 1)).Cells(m, 1) = zakazky(i - 1, k - 1) And
Worksheets(params(k - 1)).Cells(m, 2) = zakazky(j - 1, k - 1) Then
              zakCelk(k - 1) = 0
              zakCelk(k - 1) = zakCelk(k - 1) + Worksheets(params(k - 1)).Cells(m, 3)
              flag = False
            Else: zakCelk(k - 1) = "x"
            End If
            m = m + 1
          Loop
          Else:
            If zakazky(i - 1, k - 1) = zakazky(j - 1, k - 1) Then
              zakCelk(k - 1) = zakCelk(k - 1) + Worksheets(params(k - 1)).Cells(3, 2)
            Else: zakCelk(k - 1) = zakCelk(k - 1) + Worksheets(params(k - 1)).Cells(2, 2)
            End If
          End If
        Next k
      For g = 0 To param
        If zakCelk(g) = "x" Then
          mX(i - 1, j - 1) = "x"
          Exit For
        Else:
          mX(i - 1, j - 1) = mX(i - 1, j - 1) + zakCelk(g)
        End If
      Next g
    Else: mX(i - 1, j - 1) = "x"
    End If
  Next j
Next i
```

---

*Zdrojový kód 4 – Finální kód (3/4)*



Poslední část kódu vytváří samotnou trasu.

---

```
ReDim U(n)
ReDim Ubest(n)
minDelka = 9999

For g = 1 To limit 'opakování výpočtu cesty
    uzel = g
    ReDim U(n)
    U(0) = uzel
    celkem = 0

    For j = 1 To n - 1 'výpočet cesty
        min = 9999
        For i = 1 To n 'prohledávání řádku
            found = False
            For m = 0 To j 'procházení navštívených uzlů
                If U(m) = i Then
                    found = True
                End If
            Next m 'konec procházení navštívených uzlů
            If found = False Then 'pokud je aktuální uzel mezi navštívenými
                aktH = mX(uzel - 1, i - 1)
                If aktH < min Then 'pokud je aktuální spoj menší než minimum
                    min = aktH
                    uzelN = i
                End If
            End If
            U(j) = uzelN
            uzel = uzelN
            celkem = celkem + min
        Next j 'konec výpočtu cesty
        If celkem < minDelka Then
            Ubest = U
            minDelka = celkem
        End If
    Next g 'konec opakování výpočtu cesty

    For k = 1 To n 'výpis uzlů
        Worksheets("Výsledek").Cells(2, k) = Ubest(k - 1)
    Next k
    Worksheets("Výsledek").Cells(4, 1) = minDelka

    'měření času
    SecondsElapsed = Round(Timer - StartTime, 2)
    MsgBox "Doba trvání: " & SecondsElapsed & " sekund", vbInformation
```

---

Zdrojový kód 5 – Finální kód (4/4)

Poslední cyklus zajišťuje výpis řešení do listu Excelu. Sekce měření času vytvoří dialogové okno s délkou trvání výpočtu (jen pro účely testování).

Následuje tvorba makra pro tvorbu náhodných zakázek a testování rozšířeného RNN na náhodných datech ( $n > 300$ ).

---

```
Dim i, n, j, upperbound, lowerbound As Integer
Dim papíry, laky, přímá
'-----
upperbound = 999
lowerbound = 1
n = Cells(1, 1)

papíry = Array("A", "B", "C", "D", "E")
přímá = Array("1", "2", "3", "4", "5")
laky = Array("Lesklý", "Matný", "Žádný")

For j = 1 To n
    Worksheets("Zakázky").Cells(j + 1, 1) = j
    Worksheets("Zakázky").Cells(j + 1, 2) = "Test" & j
    lowerbound = 0
    upperbound = 4
    Worksheets("Zakázky").Cells(j + 1, 3) = papíry(Int((upperbound - lowerbound + 1) * Rnd + lowerbound))
    Worksheets("Zakázky").Cells(j + 1, 4) = přímá(Int((upperbound - lowerbound + 1) * Rnd + lowerbound))
    upperbound = 2
    Worksheets("Zakázky").Cells(j + 1, 5) = laky(Int((upperbound - lowerbound + 1) * Rnd + lowerbound))
Next j
```

---

*Zdrojový kód 6 – Rozšířená testovací data*

Makro využívá stejný princip jako původní makro na tvorbu náhodných dat, pouze jsou dodefinovány pole *papíry*, *přímá* (barva) a *laky*, kde jsou ručně zapsány možné hodnoty k testování. Pro každý parametr je vždy vytvořena náhodná hodnota, která slouží jako index pro pole.

Finálním krokem je testování stability a časů na reálných datech. K testování byly využity dvě konfigurace počítače a to:

- Intel i5-8250U (4 core, 1,6 GHz), 8 GB RAM, Win10 Pro 64bit, Office 365 – předpokládaná konfigurace PCs u nově vybavených firem
- Intel i5-8250U – (1 core, 1,6 GHz), 2 GB RAM, Win7 Home 32bit, Office 2007 (Virtuál) – nejhorší předpokládaná konfigurace PCs

Pro použití dat z praxe je nutné je upravit do potřebné formy, konkrétně rozdělit potřebné parametry do sloupců odpovídajících algoritmu.

<b>Původní data</b>	Typ papíru	Gramáž	Formát	Barevná úprava (počet barev líc / rub, přímá barva, lak)	
<b>Příklad</b>	Křída lesklá	200,00	700x1000	1/0 pan386/0	
<b>Potřebná data</b>	Typ papíru gramáž formát			Přímá barva	lak
<b>Příklad</b>	Křída lesklá 200 700x1000			386	Bez

Tabulka 13 – Struktura dat (vlastní zpracování)

Pro potřeby prvního testu jsou odstraněny duplicitní zakázky – jde o test stability, tudíž není potřeba velké množství, ale různorodost parametrů.

Výsledky testu stability:

<b>Konfigurace</b>	#1
<b>Počet zakázek</b>	278
<b>Doba trvání výpočtu</b>	128,29
<b>Počet zakázek ve výsledku</b>	278

Tabulka 14 – Výsledky testu 1 (vlastní zpracování)

Pro potřebu druhého testu se vybírá blok zakázek ze sady dat prvního testu – snaha o simulaci skutečného rozvrhování. Smyslem je nalezení „bodu zlomu“ kdy algoritmus překročí stanovenou podmínku 15 vteřin trvání výpočtu. U žádného z testů není použito omezení  $n$ .

Výsledky druhého testu pro první konfiguraci:

<b>Test n=50</b>	<b>Čas [sec]</b>
#1	1,37

Tabulka 15 – Výsledek 1, test 2, konfigurace 1 (vlastní zpracování)

<b>Test n=100</b>	<b>Čas [sec]</b>
#1	6,04

Tabulka 16 – Výsledek 2, test 2, konfigurace 1 (vlastní zpracování)

<b>Test n=135</b>	<b>Čas [sec]</b>
#1	13,84
#2	13,08
#3	13,12
#4	13,05

Tabulka 17 – Výsledek 3, test 2, konfigurace 1 (vlastní zpracování)

Výsledky druhého testu pro druhou konfiguraci:

Test n=135	Čas [sec]
#1	53,53

Tabulka 18 – Výsledek 1, test 2, konfigurace 2 (vlastní zpracování)

Test n=100	Čas [sec]
#1	19,14
#2	18,95
#3	18,95
#4	19

Tabulka 19 – Výsledek 2, test 2, konfigurace 2 (vlastní zpracování)

## 4.6 Návrh implementace

Použití algoritmu se předpokládá v informačním systému s relační databází.

Implementace do IS vyžaduje:

- Návrh backendu – relační databáze
  - o Vytvoření tabulek podle návrhu (tabulky 10 a 11), pro každý parametr a stroj, který firma plánuje využívat pro rozvrhování
- Grafické zobrazení zakázek k výběru do rozvrhu
- Grafické zobrazení výsledku
  - o Posloupnost zakázek, celkové časy apod.
- Rozhraní pro parametrizaci
- Převedení VBA kódu do jazyka informačního systému
- Úprava kódu na relační databázi
  - o Funkce *Cells* apod.

## 5 Výsledky a diskuse

### 5.1 Výsledky

Výsledky prvního testu (tabulka 15) ukazují, že algoritmus zvládá výpočet na skutečných datech – algoritmus výpočet dokončil a počet vstupních zakázek se rovnal počtu výstupních zakázek. Čas u tohoto testu není příliš podstatný, nicméně je vidět, že i při z pohledu praxe absurdním počtu zakázek je výsledku dosaženo relativně rychle (128 vteřin).

Druhý test (tabulky 16–20) poskytuje údaje o „bodu zlomu“ délky trvání. V případě první konfigurace je vidět, že pro  $n < 135$  je výpočetní rychlost pod podmínkou 15 vteřin. U druhé konfigurace jde o  $n < 100$ . Tudíž k limitaci výpočtu by mělo docházet okolo této hodnoty, aby byla zajištěna co největší použitelnost. Ve skutečném provozu se ovšem počet zakázek bude pohybovat spíše okolo 50 a limitace nebude v absolutní většině potřeba, a algoritmus bude poskytovat rychlé a kvalitní výsledky.

Repeated nearest neighbor algoritmus je tedy vhodné řešení, ať už jako úplné nebo výchozí/low-budget.

Při porovnání navrhovaného způsobu rozvrhování se stávajícím je zřejmé, že navrhovaný způsob nepokrývá veškerou funkcionalitu (tj. omezení požadovaným datem dokončení nebo prioritizace) a je podle toho nutné upravit proces rozvrhování – například rozvrhovat pouze na jednu směnu, nebo pouze zakázky u kterých není pořadí podstatné. Na druhou stranu navrhované řešení ušetří čas a energii při rozhodování daného pracovníka a podá kvalitnější výsledky (v případě vysokého množství zakázek bude rozdíl podstatný). Další, nepřímou, výhodou navrhovaného řešení je nutnost parametrizace výrobního procesu, což už samo o sobě zlepší rozvrhování, protože pracovníci budou mít k dispozici kvalitnější údaje. Implementace do informačního systému také zajistí sdílení rozvrhu bez nutnosti tisku papírových seznamů.

## 5.2 Diskuse

Řešení tímto způsobem má nedostatky hlavně v nemožnosti zahnutí priorit nebo požadovaných dat dokončení zakázek – řešení je omezeno pouze na krátkodobé použití (např. jednu směnu), nebo na specifické případy. Rozšířením algoritmu o tyto funkce by se podstatně zvýšila použitelnost. Zároveň je potřeba zlepšit limitaci řešení při velkých počtech zakázek. Nabízí se několik řešení:

- Pevný limit (aktuálně)
- Pevný limit s náhodným procházením
- Funkce
- Změna limitu v závislosti na čase

Pevný limit má nevýhodu v tom, že nezohledňuje výkon stroje a nijak nestupňuje limitaci, a navíc po překročení limitu dojde k absolutnímu zhoršení řešení. Toto by se dalo mírně vylepšit náhodným procházením  $n$  řádků matice po překročení limitu (např. po překročení limitu projít 50 náhodných řádků). Lepším řešením by byla funkce, která by se zvyšujícím se  $n$  mnohonásobně snižovala limit. Ideálním řešením v tomto případě se zdá být limitace pomocí času, kdy by algoritmus zaznamenával výkonost při různých  $n$  a limit průběžně měnil, aby nedocházelo k překračování podmínky 15 vteřin. U tohoto způsobu by bylo možné dát i uživateli na výběr, zda chce rychlé nebo úplné řešení, například pomocí posuvníku před spuštěním algoritmu.

Testování probíhalo při ideálních podmínkách a pro zjištění skutečné výkonnosti by byla potřeba implementace na konkrétním vybavení společnosti. Skutečné časy se budou pravděpodobně lišit, protože samotný výpočet v informačním systému bude rychlejší, ale data budou nejspíš získávána přes síť z databázového serveru, což vše zpomalí.

Optimálním řešením by byl v každém případě algoritmus, který zvládá zpracovat obecný problém, nebo při možnostech implementace profesionální společností v oblasti vývoje software zbylé dvě heuristiky – Christofides‘ a Contract-or-Patch. U těchto algoritmů by bylo nutné nejdříve ověřit obecnou platnost trojúhelníkové nerovnosti. Zároveň může být problém s již zmíněnou prioritizací nebo požadavky na datum dokončení zakázek. Další možností jsou tour improvement algoritmy (k-opt), které by mohly navazovat na řešení vytvoření například pomocí NN/RNN, kde poskytovaná řešení jsou pod 5 % Held-Karpovi dolní meze (zde byly vynechány opět z důvodu náročné implementace, vyžadují tvorbu dvou algoritmů).

Nespornou výhodou aktuálního řešení je, že je použitelné kýmkoliv v aktuální podobě – jsou vyžadovány pouze drobné úpravy na „uživatelském rozhraní“ a samozřejmě parametrizace uživatelem pro vlastní stroje/zakázky. Jedinou podmínkou je mít jakoukoliv z verzí Microsoft Excel. Zároveň je kód z většiny kompatibilní s VBA v MS Access, kde by bylo velice snadné vytvořit relační databázi a algoritmus zprovoznit.

## 6 Závěr

Práce se zabývala návrhem softwarového řešení rozvrhování zakázek pro jednotlivé tiskové stroje ve výrobním procesu polygrafického průmyslu.

V práci byla popsána problematika rozvrhování zakázek v polygrafii, včetně všech potřebných charakteristik a relevantních faktorů. Následoval popis systému a jeho zobrazení pomocí SysML blokových diagramů. Bylo navrženo řešení problému pomocí asymetrické úlohy obchodního cestujícího (aTSP). Dále byly stanoveny podmínky pro výběr algoritmu, konkrétně požadavek na implementační náročnost, dobu trvání výpočtu ( $< 15$  vteřin), kvalitu výsledků (10–20 % od optima) a robustnost. Na základě těchto podmínek byla vybrána metoda nejbližšího souseda (RNN) – Christofides‘, C-O-P a k-opt algoritmy byly zavrženy hlavně kvůli implementační náročnosti a neznámosti trojúhelníkové nerovnosti. Následně byly navrženy tabulky pro parametrizaci. Algoritmus byl nejprve navržen pomocí vývojového diagramu. Následovala implementace v aplikaci Microsoft Excel v jazyce Visual Basic for Application ve formě makra. Algoritmus byl v této podobě testován na triviální matici (tabulka 12) k vyzkoušení základní funkčnosti. Pro další testování bylo navrženo speciální makro na tvorbu náhodných dat. Dále byl vytvořen algoritmus pro tvorbu cenové matice z parametrů zakázek, který byl následně vyzkoušen a přidán k RNN algoritmu. Následovaly dva testy, a to test stability a doby trvání výpočtu, oba na reálných datech poskytnutých polygrafickou firmou Tiskap s.r.o. Účelem testu stability bylo zjištění funkčnosti algoritmu na skutečných datech. Výsledky tohoto testu byly slibné (tabulka 15), kdy bylo pomocí algoritmu docíleno vytvoření kompletní „trasy“ z poskytnutých zakázek. Druhý test byl proveden na dvou počítačových konfiguracích – realistické a nejhorší předpokládané. Smyslem testu bylo zjistit časovou náročnost výpočtu při různých počtech zakázek a „bod zlomu“, tedy při kolika zakázkách dojde k porušení časové podmínky. Tabulky 16–20 obsahují výsledky tohoto testu, kde na první konfiguraci došlo k porušení podmínky pro  $n > 135$  a s využitím druhé konfigurace pro  $n > 100$ . Vzhledem k tomu, že se hodnoty  $n$  budou v praxi pohybovat okolo 50, k porušení podmínky prakticky nedojde. Pro implementaci do informačního systému byly sepsány požadavky, konkrétně na grafická rozhraní, relační tabulky a úpravy kódu.

V diskusi byly rozvedeny potenciální vylepšení algoritmu. Prvním navrhovaným vylepšením je možnost stanovení priorit nebo data požadovaného dokončení. Dalším zlepšením by byla dynamická změna omezení výpočetního času, kdy by algoritmus vždy



splňoval podmínku na dobu trvání výpočtu. Diskutovány byly také možnosti změny algoritmu na Christofides' nebo Contract-or-Patch.

Navrhovaný způsob rozvrhování má oproti původnímu nevýhodu v omezené aplikaci, konkrétně zde chybí možnost nastavení priority nebo požadovaného data dokončení zakázky, což vyžaduje úpravu procesu rozvrhování. Výhodou je naopak automatizace procesu, konsekventně zefektivnění pracovní doby zaměstnance a kvalitnější výsledky.

## 8 Seznam použitých zdrojů

ANIL KUMAR, S. a N. SURESH, 2008. *Production and operations management (with skill development, caselets and cases)*. 2. vyd. New Delhi: New Age International (P) Ltd., Publishers. ISBN 978-81-224-2425-6.

APPLEGATE, David L., ed., 2006. *The traveling salesman problem: a computational study*. Princeton: Princeton University Press. Princeton series in applied mathematics. ISBN 978-0-691-12993-8.

ARGONETO, Pierluigi, ed., 2008. *Production planning in production networks: models for medium and short-term planning*. London: Springer. ISBN 978-1-84800-057-5.

BAJAJ, Akhilesh a Stanisław WRYCZA, ed., 2009. *Systems analysis and design for advanced modeling methods: best practices*. Hershey, PA: Information Science Reference. ISBN 978-1-60566-344-9.

BRUCKER, Peter, 2007. *Scheduling algorithms*. 5th ed. Berlin ; New York: Springer. ISBN 978-3-540-69515-8.

BUEDE, Dennis M., 2009. *The engineering design of systems: models and methods*. 2nd ed. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons. Wiley series in systems engineering and management. ISBN 978-0-470-16402-0.

CIRASELLA, Jill, David S. JOHNSON, Lyle A. MCGEOCH a Weixiong ZHANG, 2001. The Asymmetric Traveling Salesman Problem: Algorithms, Instance Generators, and Tests. In: Adam L. BUCHSBAUM a Jack SNOEYINK, ed. *Algorithm Engineering and Experimentation* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, Lecture Notes in Computer Science, s. 32–59 [vid. 2020-03-25]. ISBN 978-3-540-42560-1. Dostupné z: doi:10.1007/3-540-44808-X\_3

DAVENDRA, Donals, ed., 2010. *Some Special Traveling Salesman Problems with Applications in Health Economics*. [online]. B.m.: INTECH Open Access Publisher [vid. 2020-03-05]. ISBN 978-953-307-426-9. Dostupné z: <http://www.intechopen.com/articles/show/title/some-special-traveling-salesman-problems-with-applications-in-health-economics>

FIALA, Petr, 2002. *Modelování a analýza produkčních systémů*. Praha: Professional Publishing. ISBN 978-80-86419-19-0.

FRENCH, Simon, 1982. *Sequencing and scheduling: an introduction to the mathematics of the job-shop*. Chichester, West Sussex ; New York: E. Horwood ; Wiley. Ellis Horwood series in mathematics and its applications. ISBN 978-0-85312-299-9.

FRIEDENTHAL, Sanford, Alan MOORE a Rick STEINER, 2009. *A practical guide to SysML: the Systems Modeling Language*. Amsterdam ; Boston: Morgan Kaufmann Object Management Group/Elsevier. ISBN 978-0-12-378607-4.

GAVETT, William, 1968. *Production and Operations Management*. B.m.: Harcourt, Brace & World, Inc.

GHARAJEDAGHI, Jamshid, 2011. *Systems thinking: managing chaos and complexity: a platform for designing business architecture*. 3rd ed. Burlington, MA: Morgan Kaufmann. ISBN 978-0-12-385915-0.

GIANNI, Daniele, Andrea D'AMBROGIO a Andreas TOLK, ed., 2015. *Modeling and simulation-based systems engineering handbook*. Boca Raton: Taylor & Francis. ISBN 978-1-4665-7145-7.

GIGCH, John P. Van, 2014. *System design modeling and metamodeling*. Place of publication not identified: Springer. ISBN 978-1-4899-0676-2.

GLOVER, Fred, Gregory GUTIN, Anders YEO a Alexey ZVEROVICH, 1999. Construction Heuristics and Domination Analysis for the Asymmetric TSP. In: Jeffrey S. VITTER a Christos D. ZAROLIAGIS, ed. *Algorithm Engineering* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, Lecture Notes in Computer Science, s. 85–94 [vid. 2020-03-25]. ISBN 978-3-540-66427-7. Dostupné z: doi:10.1007/3-540-48318-7\_9

GOLDENGORIN, Boris a Gerold JÄGER, 2005. How to make a greedy heuristic for the asymmetric traveling salesman problem competitive. *SOM (Systems, Organisations and Management) Research Report 05A11, University Groningen, The Netherlands* [online]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/4768411>

GUPTA, Sushil a Martin K. STARR, 2014. *Production and operations management systems*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4665-0733-3.

GUTIN, Gregory a Abraham P. PUNNEN, ed., 2002. *The traveling salesman problem and its variations*. Dordrecht; Boston: Kluwer Academic Publishers. Combinatorial optimization, v. 12. ISBN 978-1-4020-0664-7.

GUTIN, Gregory, Anders YEO a Alexey ZVEROVICH, 2002. Traveling salesman should not be greedy: domination analysis of greedy-type heuristics for the TSP. *Discrete Applied Mathematics* [online]. **117**(1), 81–86. ISSN 0166-218X. Dostupné z: doi:10.1016/S0166-218X(01)00195-0

HALL, Arthur David, 1962. *A methodology for systems engineering*. B.m.: van Nostrand.

HO, William a Ping JI, 2007. *Optimal production planning for PCB assembly*. London: Springer. Springer series in advanced manufacturing. ISBN 978-1-84628-499-1.

HURKENS, Cor A. J. a Gerhard J. WOEGINGER, 2004. On the nearest neighbor rule for the traveling salesman problem. *Operations Research Letters* [online]. **32**(1), 1–4. ISSN 0167-6377. Dostupné z: doi:10.1016/S0167-6377(03)00093-2

CHRISTOFIDES, Nicos, 1976. *Worst-case analysis of a new heuristic for the travelling salesman problem*. B.m.: Carnegie-Mellon Univ Pittsburgh Pa Management Sciences Research Group.

JOHNSON, David S a Lyle A MCGEOCH, 1997. The traveling salesman problem: A case study in local optimization. *Local search in combinatorial optimization*. B.m.: Chichester, UK, **1**(1), 215–310.

- KEMPF, Karl G., Pinar KESKINOCAK a Reha UZSOY, ed., 2011. *Planning production and inventories in the extended enterprise: a state of the art handbook. Volume 1*. New York: Springer. International series in operations research & management science, v. 151. ISBN 978-1-4419-6484-7.
- KOSSIAKOFF, Alexander, ed., 2011. *Systems engineering: principles and practice*. 2nd ed. Hoboken, N.J: Wiley-Interscience. Wiley series in systems engineering and management, 67. ISBN 978-0-470-40548-2.
- KUMAR, Ratnesh a Haomin LI, 1996. On Asymmetric TSP: Transformation to symmetric TSP and Performance Bound. *Journal of Operations Research* [online]. 6. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/2613243>
- LJUNG, Lennart, 1999. *System identification: theory for the user*. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR. Prentice Hall information and system sciences series. ISBN 978-0-13-656695-3.
- LOPEZ, Pierre a François ROUBELLAT, ed., 2008. *Production scheduling*. London: ISTE [u.a.]. Control systems, robotics and manufacturing series. ISBN 978-1-84821-017-2.
- OLIVER, David W., Timothy P. KELLIHER a James G. KEEGAN, 1997. *Engineering complex systems with models and objects*. New York: McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-048188-6.
- PETERSON, James Lyle, 1981. *Petri net theory and the modeling of systems*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall. ISBN 978-0-13-661983-3.
- PINEDO, Michael, 2008. *Scheduling: theory, algorithms, and systems*. 3rd ed. New York ; London: Springer. ISBN 978-0-387-78934-7.
- RIGHI, Rodrigo, ed., 2012. *Production Scheduling*. B.m.: BoD–Books on Demand. ISBN 953-307-935-5.
- SKYTTNER, Lars, 2005. *General systems theory: problems, perspectives, practice*. 2nd ed. Hackensack, NJ: World Scientific. ISBN 978-981-256-467-2.
- STERMAN, John, 2000. *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*. Boston: Irwin/McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-231135-8.
- STEVENSON, William J., 1996. *Production/operations management*. 5. ed. Chicago: Irwin. The Irwin series in production operations management. ISBN 978-0-256-19723-5.
- WASSON, Charles S., 2005. *System analysis, design, and development: concepts, principles, and practices*. Hoboken, N.J: Wiley-Interscience. ISBN 978-0-471-39333-7.
- WHITTEN, Jeffrey L. a Lonnie D. BENTLEY, 2007. *Systems analysis and design methods*. 7th ed. Boston: McGraw-Hill/Irwin. ISBN 978-0-07-305233-5.

## 9 Přílohy

### 9.1 Příloha č. 1:

Ukázka kalkulace.

Zdroj: Tiskap s.r.o.

```
----- kalkulacní list ze dne: 01.04.2020, 15:49 -----
obchodní nabídka: N20-06731 / Krabičky Novosil 50ml CZ + Novosil 50ml HU (verze 0)
zákazník: ██████████
obchodník: ██████████
založil: ██████████
kalkulant: ██████████
kalkulováno v: IS CICERO 9.0.209
pozn. kalkulace:
pozn. k výpočtu:
-----
Přehled vstupních parametrů výrobku
náklad = 36.000
rozměry výrobku = 200 x 220 mm
vazba = Tiskoviny s výsekem
--- Krabička Novosil 50ml CZ - -----
náklad = 29.000
papír = ROXCEL board GC1 300g
barevnost = 3/0 P 312+P 1805C+P
Metallic 8402C/0
povrch. úprava = lamino: 1/0 Lesklé
formát = 200 x 220 mm
produkci = 12
--- Krabička Novosil 50ml HU - -----
náklad = 7.000
papír = ROXCEL board GC1 300g
barevnost = 3/0 P 312+P 1805C+P
Metallic 8402C/0
povrch. úprava = lamino: 1/0 Lesklé
formát = 200 x 220 mm
produkci = 12
\Balení - - - - -
balit do folie = -----
balit do krabice = -----
krabice - balicí materiál = Krabice 430x305x215 A3
balení do krabice = 1000 ks v balíku (26,4kg)
\Doprava - - - - -
cena dopravy = 0
\Knihařské operace\Výsekový stroj - - - - -
+strojní výlup = ne
materiál s mikrovlnou = ne
+ruční výlup = ano
počet produkci na VA = 6
typ výsekové formy = náročnost 2
fixní cena formy = 0
cenu výsekové formy = započítat jednorázově
nepoužívat = ne
nepoužívat = ne
\Krabička Novosil 50ml CZ + Krabička Novosil 50ml HU\Lepička II (Krabička Novosil 50ml CZ + Krabička N
ovosil 50ml HU)
délka lepení [mm] = 150
náročnost = náročnost 2 (10 - 30 cm)
----- kalkulacní list -----
\složený díl\ofset. montáž (složený díl) ..... 479,33 Kč
čas montáže Montáž CTP ( 1.438,000) 0,333 Nhod 1 479,33 Kč F
\složený díl\tiskové desky (složený díl) ..... 1.848,10 Kč
čas práce [Nhod] 211 CTP ( 1.480,170) 0,600 Nhod 1 888,10 Kč F
chemie chemie na tiskov ( 5,000) 6,000 ks 1 30,00 Kč F
chemie - deska chemie na tiskov ( 5,000) 6,000 ks 1 30,00 Kč F
tiskové desky [ks]:
Tisková deska CX ( 150,000) 6,000 Ks 1 900,00 Kč F
\složený díl\tisk plochý (složený díl) ..... 3.070,12 Kč
první příprava 301 Heidelberg ( 2.544,160) 0,133 Nhod 1 339,22 Kč F
příprava 301 Heidelberg ( 2.544,160) 0,500 Nhod 1 1.272,08 Kč F
tisk 301 Heidelberg ( 2.544,160) 0,573 Nhod 1 1.458,82 Kč V
```

\složený díl\laminování (složený díl) .....						9.874,65 Kč
laminování	401 Laminace	(	1.558,810)	3,441 Nhod	1	5.364,04 Kč V
příprava	401 Laminace	(	1.558,810)	0,083 Nhod	1	129,90 Kč F
folie 690 mm	lamino lesklé	(	2,050)	2.136,930 m2	1	4.380,71 Kč V
\složený díl\řezání po tisku (složený díl) .....						1.398,29 Kč
čas nakládání	431 Řezačka	(	1.006,230)	0,458 Nhod	1	461,19 Kč V
čas přípravy	431 Řezačka	(	1.006,230)	0,025 Nhod	1	25,58 Kč F
čas řezání	431 Řezačka	(	1.006,230)	0,906 Nhod	1	911,53 Kč V
\Krabíčka Novosil 50ml CZ + Krabíčka Novosil 50ml HU\Lepička II (Krabíčka No						7.561,86 Kč
lepení	Lepička krabiček	(	871,070)	8,098 Nhod	1	7.053,73 Kč V
příprava	Lepička krabiček	(	871,070)	0,583 Nhod	1	508,12 Kč F
\Knihářské operace\Výsekový stroj .....						6.549,59 Kč
příprava	411 Bobst	(	3.606,890)	0,300 Nhod	1	1.082,07 Kč F
výsek	411 Bobst	(	3.606,890)	1,516 Nhod	1	5.467,52 Kč V
\Balení .....						952,92 Kč
balení do krabic	Balení o krabic	(	400,000)	1,224 Nhod	1	489,59 Kč V
krabice (36ks)	Marže (ostatní)	(	12,500)	36,000 ks	1	450,00 Kč V
přípr. balení krabic:						
	Balení o krabic	(	400,000)	0,033 Nhod	1	13,33 Kč F
\Doprava .....						0,00 Kč
.....						19.809,34 Kč
papír:složený díl/700 x 1000, 3.001 archů (základ):						
	ROXCEL board GC1	(	26,780)	630,210 kg	1	16.877,02 Kč V
papír:složený díl/700 x 1000, 260 archů př. tisk.:						
	ROXCEL board GC1	(	26,780)	54,600 kg	1	1.462,19 Kč F
papír:složený díl/700 x 1000, 39 archů př. tisk.:						
	ROXCEL board GC1	(	26,780)	8,190 kg	1	219,33 Kč V
papír:složený díl/700 x 1000, 119 archů př. knih.:						
	ROXCEL board GC1	(	26,780)	24,990 kg	1	669,23 Kč V
barva:P 312	Barva BLACK	(	150,000)	1,292 kg	1	193,86 Kč V
barva:P 1805C	BarvaCMYK	(	150,000)	1,292 kg	1	193,86 Kč V
barva:P Metallic 8402C:						
	BarvaCMYK	(	150,000)	1,292 kg	1	193,86 Kč V

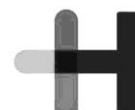
kalkulované reálné náklady na výrobek	CELKEM:	51.544,21 Kč
	za ks:	1,43 Kč
navrhovaná tržní cena na výrobek	CELKEM:	55.692,24 Kč
	za ks:	1,55 Kč
	korekce ceny:	0,19 %
konečná cena na výrobek	CELKEM:	55.800,00 Kč
	za ks:	1,55 Kč
	rozpis ceny:	

## 9.2 Příloha č. 2:

Technický popis stroje Speedmaster CX 102-5+L.

**Zdroj:** Heidelberg Praha, spol. s r.o.

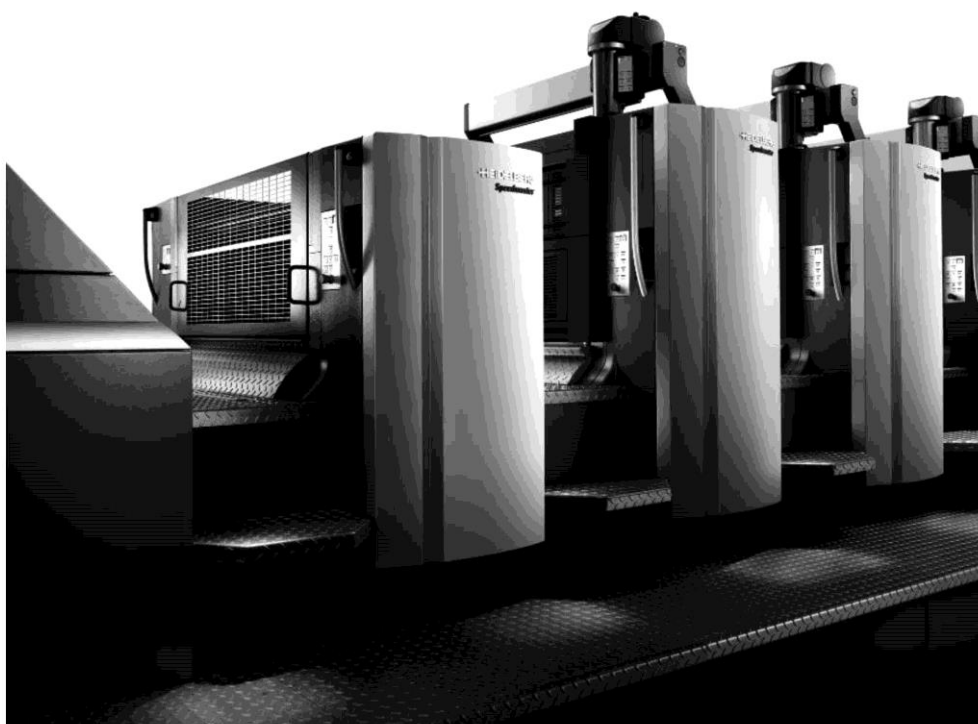
Stroje & zařízení



# Speedmaster CX 102-5+L

## Technický popis stroje

---



---

**HEIDELBERG**

# Heidelberg Speedmaster 5-farbový ofsetový tlačový stroj s lakovacím systémom model CX 102-5+L

## 1. CX 102-5+L

Počet	Model/Příslušenství
1	CX 102-5+L
1	Balenie - na palete

### 1.1 Specifikace

Počet	Model/Příslušenství
1	S Maximálna rýchlosť tlače 16.500 hárkov/hod.
5	S Maximálny formát hárku 720 x 1.020 mm
1	Push to Stop balík (autonómna tlač), balík pre autonómnú tlač za atraktívnych podmienok; balík obsahuje: <ul style="list-style-type: none"><li>• Wallscreen XL Hardware</li><li>• Intelliline</li><li>• Intellistart 3 Performance Package</li><li>• automatické umývacie zariadenie ofsetových gúm</li><li>• automatické umývacie zariadenie protitlakových valcov</li><li>• AutoPlate Pro</li><li>• Prinect Inpress Control (1 meracia tyč)</li></ul>
1	Vodou chladené periférne zariadenia
1	S Výbava stroja pre konvenčné farby a laky
1	S Výbava na sieťovú frekvenciu 50 Hz
1	S Výbava stroja pre sieť s neutrálnym zemením/neutral grounding (autotransformátor)
1	S Bezpečnostné označenie (GS a CE)

bezpečnostné zariadenia v súlade s bezpečnostnými normami profesijného združenia (pečať GS) a Európskej normy (označenie CE)



1	S	Testovaná kvalita	každý stroj je pred dodávkou v závode postavený a otestovaný. Až po úspešne zvládnutom a zdokumentovanom teste kvality je stroj expedovaný. Tým je značne skrátený čas inštalácie a uvedenia stroja do prevádzky u zákazníka.
1	S	Akceptácia stroja (u zákazníka)	testovanie stroja po inštalácii sa vykoná podľa smerníc bvdm/FOGRA a v prípade potreby sa uskutoční test s formou Heidelberg Print Quality Certification Form (PQC) so štandardnými spotrebnými materiálmi Saphira.
1	S	Školenie základných funkcií stroja	zahŕňa: <ul style="list-style-type: none"> <li>• uvedenie stroja do prevádzky kvalifikovaným Heidelberg inštruktorom,</li> <li>• školenie bezpečnosti,</li> <li>• školenie o údržbe stroja a školenie obsluhy tlačového stroja.</li> </ul> Ďalšie školenia je možné doobjednať podľa potreby.

## 1.2 HEI ECO

Počet	Model/Príslušenství		
1	S	Ekologická a energeticky úsporná technológia, na požiadanie aj ako CO2-neutral <ul style="list-style-type: none"> <li>• získajte nových zákazníkov udržateľnou výrobou a znížte súčasne Vaše náklady na energiu</li> <li>• prípadná možnosť využitia regionálnych programov financovania ekologických riešení</li> </ul> Udržateľnosť ako filozofia: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heidelberg Druckmaschinen AG je certifikovaná podľa normy riadenia kvality ISO 9001 a normy environmentálneho manažmentu ISO 14001 a je priekopníkom v oblasti udržateľnej výroby a vývoja produktov</li> <li>• nové a efektívne technológie vedú k výrazným zvýšeniam produktivity a výrazným zníženiam emisií CO2 na hárok. Ciele Kjótskeho protokolu sú splnené a dokonca prekonané.</li> </ul>	
1		AirStar Pro (vodou chladený)	skriňa vzduchotechniky s turboradiálnymi dýchadlami šetriacimi energiu a priestor, s dvojnásobnou účinnosťou a nízkymi nárokmi na údržbu
1	S	ScrollStar	energeticky úsporný pneumatiký kompresor a bez oleja a kondenzátu, vrátane vysušovania
6		Odhlučnenie / Acoustics package	dodatočné tlmenie hluku, na zníženie emisií hluku na úroveň 82 - 83 dB (A)
1	S	Elektronicky riadený synchronný pohon, bezúdržbový, energeticky úsporný hlavný pohon s výnimočnou účinnosťou až do 95 %	
1	S	Standby function / pohotovostný režim	pri prerušení produkcie sa na stlačenie tlačidla prepne celý stroj do úsporného režimu, spotreba el. energie je tak minimalizovaná na minimum

## 1.3 Řízení

Počet	Model/Príslušenství		
1	S	Riadenie Sheetfed Control	moderné patentované riadenie stroja s decentralizovaným riadením náhonu a súčasným vykonávaním procesov

---

Použitie spoľahlivé elektronické komponenty na zabezpečenie spoľahlivej a bezpečnej produkcie (dimenzovanú na teploty okolia do 40 °C), ako aj dlhodobu zabezpečenú dodávku náhradných dielov.

Interface umožňuje pripojenie externých zariadení,

---

1 S Prinect Press Center XL 3

ergonomicky navrhnutý centrálny ovládací pult podľa najnovších technologických a ergonomických štandardov, pozostávajúci z:

- výkonný riadiaci pult s veľkým stolom pre náhľad hárkov a so 4 zásuvkami
  - integrované štandardné denné náhľadové LED osvetlenie na optimálne osvetlenie (zodpovedajúce norme ISO 3664), s priamym prepínaním medzi D50 a D65 (obe s aj bez UV zložky), na meranie hárkov podľa predchádzajúcej aj novej normy, vrát. softvérovo podporovanej kontroly počtu prevádzkových hodín (info. kedy má byť LED lampa kalibrovaná)
  - veľká 24-palcová dotyková obrazovka, na ramene s funkciou naklonenia a otáčania, na priamu a intuitívnu obsluhu stroja prostredníctvom Speedmaster Operating System, vrátane Intellistart
  - diaľkové riadenie farby s možnosťou nastavenia jednotlivých zón a okamžité hrubé a jemné zobrazenie profilu farby diódami
  - elektronické prvky účinne chránené pred prachom a vodou (ochrana IP54)
  - magnetický box na uloženie náradia voľné umiestnenie na pulte tlačového stroja predchádzajúcej aj novej normy, vrátane softvérovo podporovanou kontrolou
- 

1 Wallscreen XL

veľkoformátová obrazovka na ovládacom pulte tlačového stroja. Štruktúrované menu - členenie zobrazenia informácií do štyroch hlavných submenu a lišta s obľúbenými funkciami. Ovládanie cez integrovaný touch pad (ovládanie gestami). Klávesnica na obrazovke, popisky a kontextová online nápoveda poskytujú obsluhu dodatočnú podporu.

Nasledujúce funkcie sa nachádzajú v 4 hlavných submenu: Zákazka, Produkcia, Stroj a myWallscreen:

- rozšírený management zákaziek v zmysle filozofie „Push to Stop“ s balíkom Intellistart Performance package
  - unikátny asistent výroby - Intellirun na efektívne spracovanie zákaziek bez prestojov vo výrobe; asistent poskytuje situačné výzvy, ktoré napovedajú obsluhu čo a kedy sa má upraviť, aby výroba prebiehala hladko
  - zobrazenie tlačového motívu a možnosť zobrazenia jednotlivých farebných výťažkov, funkcia proofsheets, zobrazenie výsledkov merania kvality farby pripojeného meracieho zariadenia Prinect
  - dynamická vizualizácia vykonávaných procesov a stavu stroja na rýchle zobrazenie aktuálneho stavu procesu
  - v submenu myWallscreen môže obsluha zvoliť 4 polia na komplexné monitorovanie procesov
  - možná obsluha Prinect aplikácií a externých aplikácií aj cez vzdialené pripojenie - integrácia do Workflow. (predpoklad: Prinect Production Manager a vhodná IT infraštruktúra)
- 

6 Intelliline - LED podpora navigácie na tlačovom stroji

je logické rozšírenie náhľadu procesov Intelliguide a Intellirun. Stav procesu je zobrazený farebnými LED prvkami na náhonovej a obslužnej strane každej tlačovej veže, lakovacej veže a sušiackej veže. To umožňuje obsluhu tlačového stroja získať

---

---

rýchly prehľad a zistiť kde je potrebné zasiahnuť, aby sa zabránilo zbytočným prestojom vo výrobe.

---

1 S Speedmaster Operating System

Inteligentný unikátny riadiaci systém s moderným konceptom obsluhy pre všetky modely tlačových strojov a obsahy balík integrovaných softvérových funkcií ako:

- diaľkové riadenie obvodovej, stranovej a diagonálnej sútláče ako aj farebníkových zón a tiež rýchlosti duktora farebnice a pomocného valca vlhčiaceho systému
  - možnosť uloženia všetkých relevantných údajov o zákazke spolu so zákaz.
  - systémom podporovaná údržba (vrátane uchovávaní údajov o údržbe)
  - nové používateľské rozhranie s popiskami a krátkymi vysvetlivkami každej funkcie v 27 jazykoch
  - unikátna kontextová online pomoc a online návody na obsluhu v 7 jazykoch
  - prispôsobiteľné užívateľské rozhranie umožňuje obsluhu nastaviť množstvo dostupných funkcií
  - rozhranie s Heidelberg Cloud ponúka rýchlu a efektívnu podporu prostredníctvom Remote Service a Predictive Monitoring. Okrem toho je základom jedinečných analytických opcií ako Performannce Sevice v rozhraní Heidelberg Assistant a základom budúcich softvérových aplikácií na cloude
  - zladené softvérové opcie umožňujú modulárne rozšírenie riadiacich softvérových funkcií a priamu integráciu do Prinect production workflow
  - digitálny katalóg náhradných dielov (Machine Component Scout)
- 

1 S Intellistart 3 - integrovaná softvérová aplikácia

jedinečný, procesne orientovaný asistenčný systém na efektívnu prípravu zákazky a automatické generovanie časovo optimalizovaných programov na výmenu zákazky. Transparentný systém s rýchlym prehľadom parametrov zákazky na umožnenie tlače podľa konceptu „Push to stop“. Zásah obsluhy do procesu je dokonalo načasovaný. Vďaka Intellistart 3 je počet úkonov pri výmene zákazky redukovaný až o 70 %, šetrí čas presunu obsluhy medzi pultom tlačového stroja a strojom samotným. Definované procesy (bez nutnosti zásahu obsluhy) zjednodušujú plánovanie výroby.

Prehľad funkcií:

- „JobQueue“ umožňuje predbežné uvoľnenie až 10 zákaziek do tlače, aby sa zabránilo prestojom pri zmene zákazky. Uvoľnené zákazky sú zobrazené v zozname spolu s požadovanými krokmi pri výmene zákazky.
  - „Process View“ automaticky navrhuje kroky potrebné na výmenu zákazky bez manuálneho zásahu obsluhy, zobrazuje tlačové jednotky a k nim prislúchajúce procesy pri zmene zákazky.
  - „Intelliguide“ ponúka prehľadné znázornenie stavu výmeny zákazky s grafickou vizualizáciou stavu jednotlivých procesov, časovú optimalizáciu, transparentnosť pri výmene zákazky a znázornenie úloh operátora
  - „change list“ - prehľadne vizualizuje všetky požadované zmeny a zásahy s ohľadom na predchádzajúcu zákazku a ukazuje obsluhu aká akcia sa má vykonať
- 

1 Intellistart 3 Performance package s Wallscreen XL

rozširuje Intellistart 3 o nasledovné funkcie:

- predpríprava až 50 zákaziek do poradia v Job Queue, na systematické eliminovanie prestojov počas výmeny zákazky
  - v spojení s Prinect Inpress Control umožňuje integrovaná funkcia Quality Assist autonómnou tlače v zmysle filozofie „Push to Stop“ Keď sú splnené
-

---

preddefinované parametre, tak táto funkcia automaticky prepne stroj z prípravy zákazky do produkčnej tlače.

- v spojení s Prinect Inspection Control môže byť táto funkcia integrovaná do Intellistart 3 - príprava zákazky a do Quality Assist na plnoautomatické prednastavenie Prinect Inspection Control na základe preddefinovaných parametrov
- Intellistart 3 umožňuje zobrazenie údajov o 3 nasledujúcich zákazkách vo fronte Job Queue na monitore nakladača
- zobrazenie Intellirun poskytuje jedinečnú podporu operátora počas výroby, pred a po zmene zákazky a pri príprave tlače. Obsluha dostáva správne informácie v správnom čase na základe stavu stroja a časový prehľad výroby. Intellirun ponúka tipy na ešte efektívnejšie spracovanie zákazky a umožňuje plne automatizované procesy

Tieto doplnky neustále šetria čas a zvyšujú efektívnosť systematickým eliminovaním prestojov pri každej zmene zákazky

---

- 1 S Color Fast Solution - integrovaná softvérová aplikácia
- rôzne softvérové aplikácie bežiace na pozadí zabezpečujú plnoautomatické a rýchle vyfarbenie s malým množstvom makulatúry ako aj stabilnú rovnováhu farby a vody. To vykonávajú okrem iného nasledovné funkcie:
- automatické vypnutie lízača na konci zákazky
  - Smart Restart - minimalizácia makulatúry vďaka inteligentnému spravovaniu fareb. profilov po zastavení stroja
  - smart program pre nábeh farby na základe momentálneho stavu stroja
  - zrýchlená reakcia farebníka s „Color Booster
  - dynamické riadenie farby značne znižuje potrebné intervaly merania farby v spojení s Prinect meracím kvality farby
  - rýchlostne kompenzovaný predvlhčiaci program na redukciu makulatúry
  - zelený signál oznámi operátorovi, keď boli korekcie farby alebo korekcie súťažne vykonané, alebo kedy môže byť odobratý kontrolný hárok
- 

- 1 S Air Assistant - integrovaná softvérová aplikácia
- datábáza preddefinovaných hodnôt nastavenia vzduchov v nakladači a vykladači. K definovaným krivkám je možné uložiť aj individuálne nastavenia. Týmto sa dá výrazne znížiť doba prípravy novej alebo opakujúcej sa zákazky, hlavne pri citlivých materiáloch.
- 

- 1 S Wash Assitant - integrovaná softvérová aplikácia
- umožňuje automatický výber vhodného umývacieho programu (krátky, štandardný, intenzívny) - pre ofsetovú gumu, protitlakový valec a farebníkové valce na základe aktuál. stavu stroja. Stupeň zašpinenia je stále odvodený od tlačových podmienok. Existujú programy pre každý stupeň znečistenia a riadiaci systém vždy navrhne najvhodnejší. Umývacie programy upravené obsluhou môžu byť tiež klasifikované na základe stupňa znečistenia. Ak je dostupná funkcia „Deep cleaning“, tak program automaticky zohľadní použitie intenzívneho umývacieho prostriedku vo farebníku, ktorý je požívaný pri výmene farebne veľmi rozdielnych tlačových farieb.
- 

- 1 S Device Assistant - integrovaná softvérová aplikácia
- umožňuje rýchle a efektívne prepojenie medzi signálmi z tlač. stroja alebo inline meracích systémov a výstupných zariadení. Nastavenie Device Assistant je možné urobiť v Intellistart prostredníctvom až 10 preddefinovaných profilov a zabezpečiť tak efektívny management odpadu s definovaným množstvom dobrých hárkov.
-

## 1.4 Nakladač

Počet	Model/Príslušenství
1 S	<p>Nakladač Preset Plus</p> <p>vysoko automatizovaný výkonný nakladač s vynikajúcou spoľahlivosťou chodu pozostávajúci z:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• automatické vychyľovanie stohu, pre optimálnu polohu stohu voči ťažnej náložke</li><li>• vysoko výkonná sacia nakladacia hlava na spoľahlivé oddeľovanie hárkov pri najvyšších rýchlostiach</li><li>• nakladací stôl s jedným sacím pásom v strede s tromi individuálne nastaviteľnými podtlakovými komorami</li><li>• plnoautomatické prednastavenie všetkých relevantných hodnôt formátov a vzduchu na základe prenosových kriviek pre rôzne typy materiálov potláčaného materiálu. Jedinečný komfort obsluhy výrazne prispieva k minimalizácii časov prípravy a vysokej produkčnej rýchlosti.</li><li>• rýchlostne kompenzované nastavenia tlakového a podtlakového vzduchu na základe prenosových kriviek pre rôzne typy materiálov</li></ul>
1 S	<p>Automatické jemné prizdvihovanie stohu na základe sledovania prednej a zadnej hrany stohu - na zabezpečenie optimálnej pozície stohu pri problematických stohoch</p>
1 S	<p>Dotykový displej nakladača</p> <p>centrálne, intuitívna obsluha všetkých relevantných funkcií nakladača a stroja cez 10,4-palcovú dotykovú obrazovku:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• zobrazenie pomocou farebných grafov a symbolov ako aj ľahko zrozumiteľných pomocných funkcií</li></ul>
1 S	<p>XL systém vyrovnávania hárkov</p> <p>na registrovo presné nakladanie hárkov vďaka koordinovaným komponentom nakladača:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• spomalenie hárku na predných náložkách o 65 %, Venturiho trysky a posúvacie kolieska na jemné a presné vyrovanie hárku na predn. náložkách</li><li>• automatická regulácia okamžiku naloženia hárku, so senzorom príchodu hárku na predné náložky a automatická korekcia času príchodu hárkov na predné náložky na zabránenie vzniku makulatúry zapríčinennej skorým, neskorým alebo nesprávnym naložením hárku.</li><li>• pneumatická ťažná náložka, bezúdržbová, automaticky nastavovaná na formát cez funkciu Preset</li><li>• prehnutie tyče predných chytačov zlepšuje nakladanie hárkov s konvexným/konkávnym okrajom</li><li>• diaľkové prestavenie predných náložiek o +/- 1,0 mm od pultu tlačového stroja</li></ul>
1 S	<p>Kontrola dvojitého hárku</p> <p>kontrola dvojitého hárku integrovaná do taktovacieho kolieska (tzv. kontrola paketov), automatické nastavenie v závislosti od hrúbky materiálu, na zabránenie naloženie viacerých hárkov naraz</p>
1 S	<p>Ultrazvuková kontrola dvojitého hárku</p> <p>s automatickým nastavením v závislosti od hrúbky materiálu, 3 možné úrovne nastavenia citlivosti</p>
1 S	<p>Kontrola dvojitého hárku integrovaná do ťažnej náložky</p>

		dodatočná kontrola dvojíťých hářkov ako doplnok k ultrazvukovej kontrole dvojíťých hářkov, s funkciou samokalibrácie, aktivovanou od pultu tlačového stroja
1	S	Elektromechanická kontrola šupiny dodatočná kontrola dvojíťých hářkov na identifikáciu zmien hrúbky šupiny naprieč celej šírky hářku, napr. identifikácia zbytkov papiera, ohnutých rohov... Nastaviteľná od pultu tlačového stroja
4		Dodatočný element kontroly šupiny (pre stream control)
1	S	Komunikačné zariadenie na komunikáciu medzi nakladačom a vykladačom
1	S	Doska v nakladači s rampou

## 1.5 Tisková jednotka

Počet	Model/Přislušenství	
1	S	Tlačové jednotky Speedmaster s párovo vyhotovenými bočnicami: <ul style="list-style-type: none"> <li>robustná konštrukcia bočnic, s kompaktnými ložiskami pre uloženie formových, protitlakových cylindrov a transferových bubnov</li> <li>cylindre s vysoko kvalitným zušľachteným povrchom odolným voči opotrebeniu a korózii</li> <li>diaľkové riadenie obvodovej a stranovej súťlače</li> <li>diaľkové riadenie diagonálnej súťlače s automatickou kompenzáciou obvodovej súťlače</li> <li>motorické nastavovanie tlakov (funkcia Preset)</li> <li>ofsetový valec vhodný na upnutie ofsetových gúm s upínacími lištami, alebo olištovaných ofsetových gúm (upínacie lišty je možné doobjednať)</li> <li>upínacia lišta pre kalibrovanú podložku</li> </ul>
1	S	Air Transfer System patentovaný bezkontaktný systém vedenia hářku po vzduchovom vankúši medzi tlač. agregátmi, rýchlostne kompenz. systém s Venturiho tryskami pre rôzne materiály: <ul style="list-style-type: none"> <li>dvojnásobný protitlakový valec a trojnásobný transferový bubon na šetrný transport hářkov (aj pre hrubé materiály)</li> <li>dráha vedenia hářkov s Venturiho tryskami na stabilizáciu hářkov pozdĺž celého transferu strojom. Automatická aktivácia pre materiály pod 0,3 mm hrúbky.</li> <li>výkonné ofukovacie zariadenie pri vstupe hářku medzi ofsetový a protitlakový valec s kalibrovaným manometrom, na presné a reprodukovateľné nastavenie fúkania a účinné riadenie vedenia hářku zvlášť pri tenkých materiáloch</li> </ul>
1	S	Univerzálny systém chytačov - nenáročný na údržbu umožňuje spracovanie papiera a kartónu bez prestavenia výšky chytačov transferových systémov <ul style="list-style-type: none"> <li>zosilnený chytačový systém nenáročný na údržbu</li> </ul>
1	S	Prechodové senzory hářkov vo všetkých jednotkách Senzory chodu hářkov medzi všetkými jednotkami na monitorovanie chodu hářkov a okamžitým prerušením tlače pri chýbajúcich hářkoch
5		AutoPlate Pro <ul style="list-style-type: none"> <li>plnoautomatická sekvenčná výmena tlač. platní na všetkých tlač. jedn.</li> <li>rýchla výmena platní prostredníctvom prekrývajúcich sa krokov v tlačových jednotkách pri vysúvaní a upínaní platní, senzorov</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>vysoká presnosť upnutia platne, vďaka presnej detekcii pozície platne priamo na registračných kolíkoch upínacej lišty</li> <li>úplná integrácia procesu výmeny platne do Intellistart pri automatickom procese výmeny zákazky</li> </ul>
5	<p>Automatické umývacie zariadenie ofsetovej gummy (systém s tkaninou)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>plnoautomatické, senzormi monitorované umývacie zariadenie ofsetovej gummy, s krátkymi časmi umývania</li> <li>odľahčená konštrukcia umývacieho modulu, ergonomické nasadzovanie a automatické spojenie, pre jednoduchú manipuláciu jednou osobou, výmena tkaniny bez náradia</li> <li>moduly sa dajú voľne zamieňať medzi tlač. vežami</li> <li>3 preddefinované štandardné umývacie programy (krátky/štd./intenzívny) pre rôzne stupne znečistenia - ľahko prispôsobiteľné na individuálne požiadavky na základe potlačaného mat., farieb a umýv. prostriedkov</li> <li> dodatočný program na odstránenie prášku a púdru z povrchu potl. mat.</li> <li>umiestnenie na strane nakladača, pre jednoduchý prístup k ofsetovému valcu a protitlakovému valcu</li> </ul>
1	<p>Dodatočný modul umývacieho zariadenia ofsetovej gummy (konv. farby)</p> <p>moduly sú vzájomne zameniteľné, dodatočným modulom sa dá prestoj pri výmene umývacej tkaniny skrátiť až o 80%</p>
5	<p>Automatické umývacie zariadenie protitlakového valca (systém s tkaninou)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>plnoautomatické, senzormi monitorované umývacie zariadenie protitlakového valca, s krátkymi časmi umývania</li> <li>3 preddefinované štandardné umývacie programy (krátky/štd./intenzívny) pre rôzne stupne znečistenia - ľahko prispôsobiteľné na individuálne požiadavky na základe potlačaného mat., farieb a umýv. prostriedkov</li> <li>umývací program sa vykonáva súbežne s umývaním ofsetovej gummy, na skrátenie času prípravy zákazky</li> <li>moduly s tkaninou sa dajú vyberať bez náradia a voľne zamieňať od jednotky k jednotke</li> <li>umiestnenie pod protitlakovým valcom, jednoduchý prístup k ofsetovému valcu a protitlakovému valcu</li> </ul>
1	<p>Dodatočný modul umývacieho zariadenia protitlakového valca (konvenčné farby)</p> <p>moduly sú vzájomne zameniteľné, dodatočným modulom sa dá prestoj pri výmene umývacej tkaniny skrátiť až o 80%</p>
1	<p>Sací kefový valec v 1. tlačovej veži</p> <p>znížená frekvencia umývania pri materiáloch so zvýšenou prášivosťou, systém odprášenia hárkov v prvej tlačovej jednotke</p>
5	<p>Saphira Blanket Pro 200</p> <p>armovaná ofsetová guma na rýchlu výmenu (pre konvenčné farby)</p>
5	<p>Mechanické zariadenie na stieranie nečistôt z tlačovej platne so stupnicou na tlač. jednotke</p>

## 1.6 Vlhčící zařízení

Počet	Model/Příslušenství
1 S	Heidelberg vysoko výkonný farebník s ochrannou fóliou vo farebníku a systém vlhčenia Alcolor na zaistenie stability tlače, vysokého kontrastu a homogénnych plných plôch:

---

- unikátna farebnica s fóliou na presné dávkovanie farby až v 500 krokoch. Rýchla výmena farby vďaka vymeniteľnej farebnicovej fólii. Bezúdržbové zóny farebnice.
- riadenie všetkých farebníkových zón vo všetkých tlačových vežiach naraz, pre rýchly nábeh farebného profilu, resp. rýchle zmeny v profile
- odolný duktore farebnice s ľahkým čistením
- plnoautomatická, prenosovými krivkami riadená kompenzácia rýchlosti
- 4 fázovo posunuté roztieracie valce zaručujú vynikajúce rozotrenie filmu farby
- 4 naváľovacie valce s rôznymi priermi na homogénne vyfarbenie. Bočný rozter naváľovacích valcov diaľkovo nastaviteľný od pultu, potlačenie efektov šablónovania pri najnáročnejších tlačových zákazkách

---

5 Bočný rozter nanášacích valcov diaľkovo nastaviteľný od pultu  
optimalizácia vyfarbenia diaľkovo nastaviteľným bodom roztierania

---

1 S Heidelberg Alcolor - programovo riadené vlhčiace zariadenie vodným filmom Alcolor, rýchlostne kompenzovaný 5-valcový systém, so spoľahlivou a robustnou konštrukciou:

- široký rozsah tolerancií pre stabilnú rovnováhu farba/voda
- matne chrómovaný roztierací valec a dodatočný rozter prostredníctvom medzivalca na minimalizáciu pamäťových efektov a na zabezpečenie rovnomerého filmu vlhčiaceho roztoku
- zlepšené predvlhčenie s nižším počtom makulatúry po zastavení stroja po zastavení stroja
- umývanie vlhčiaceho systému cez umývanie farebníkových valcov; funkcia zap./vyp. medzivalca od pultu tlačového stroja

---

5 S Alcolor Vario  
rozdielna obvodová rýchlosť naváľovacieho valca vlhčenia a tlačovej platne; na odstránenie nečistôt z platne; zapínanie a vypnutie riadené diaľkovo od pultu tlačového stroja

---

5 Pochrómované dávkovacie valce s predĺženou životnosťou  
pochrómované dávk. valce vlhč. roztoku, odporúčané pri častom použití abrazívnych farieb ako krycej bielej, metalických farieb alebo UV farieb

---

5 S Automatické zariadenie na umývanie farebníkových valcov  
Programovo riadené s centrálnym prívodom umývacieho prostriedku a vody:

- pohodlná obsluha od pultu tlačového stroja
- 12 umývacích programov vrátane
- 3 preddefinované štandardné umývacie programy (krátky/štd./intenzívny)
- 9 programov individuálne programovateľných zákazníkom
- senzorom na kontrolu prítomnosti stierky na zabránenie spustenia umývania farebníka bez nasadenej vane s ralkou

---

1 S Štartovacia sada Saphira Wash-up & Go, na  
rýchle čistenie vane rakle, pozostávajúce z:

- 1 držiak
- 2 vložky do vane rakle /tlač. jednotka

---

1 S Funkcia Roller-Check-Assistant  
program na rýchlu kontrolu nastavenia farebníkových valcov prostredn. stykových prúžkov. Automaticky generovaný referenčný hárok styk. prúžkov pre jednotlivé separácie. Tieto sa rýchlo a pohodlne skontrolujú pomocou šablóny. Tento spôsob

---



---

kontroly nastavenie farebníkových valcov výrazne skracuje proces kontroly na niekoľko málo minút.

---

## 1.7 HydroCombi

Počet	Model/Príslušenství
1	<p>CombiStar CAN (vodou chladený)</p> <p>kombinovaný agregát centrálnej dodávky vlhčiaceho roztoku a temperovania farebníkov na zabezpečenie stabilných tlačových podmienok:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• energeticky úsporná kombinácia dávkovania prísad do vlhčiaceho roztoku a temperovania farebníka</li><li>• presné dávkovanie alkoholu s AlcoSmart</li><li>• dávkovanie prísad do vlhčiaceho roztoku s Fluidos</li><li>• prípojka na rozvod vody</li><li>• filter na hrubú filtráciu vlhčiaceho roztoku</li><li>• meranie vodivosti vo vlhčiacom roztoku</li><li>• hadice s rotačnými prípojkami</li><li>• integrácia do pultu tlačového stroja a Remote service cez pripojenie CAN</li></ul>
1	<p>FilterStar Compact</p> <p>jemná filtrácia vlhčiaceho roztoku. Samostojace zariadenie s filtráciou cez granulát. Predlžuje intervaly na výmenu vlhč. roztoku 3- až 6-násobne (odporúča sa na bezalkoholovú tlač)</p>

## 1.8 Vykladač

Počet	Model/Príslušenství
1 S	<p>Vykladač Preset Plus</p> <p>vysokovýkonný vykladač s rozsiahlymi prednastavením v závislosti na potláčanom materiále, funkcia Preset, intuitívna obsluha, vynikajúca kvalita stohu aj pri najvyšších rýchlostiach:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 10,4-palcová dotyková obrazovka s dodatočným jog wheel ovládačom na rýchlu a presnú obsluhu vykladača</li><li>• automatické prednastavenie vzduchov a formátu na základe prenosových kriviek v závislosti od druhu potláčaného materiálu - funkcia Preset. Tento jedinečný komfort obsluhy výrazne prispieva k minimalizácii časov prípravy a umožní vysoké produkčné rýchlosti</li><li>• automatické nastavovanie polohy bočných dorazov, zadného dorazu a polohy vodiacej fólie (bridge)</li><li>• automatická kompenzácia rýchlosti otvárania chytačov</li><li>• patentované, vyfukovaným vzduchom podporované vodiace plechy hárkov, bez obtahovania, s Venturiho dýzami v kombinácii s aerodynamicky meracieho zariadenia Prinect</li><li>• vyrovnávač zvlhčených hárkov integrovaný do dráhy vedenia hárkov</li><li>• kontrolované vykladanie hárkov do stohu, tvorba stohov s rovným okrajom na bezproblémové ďalšie spracovanie</li><li>• automatické prednastavenie vzduchov na základe charakteristických kriviek a v závislosti od druhu potlač. materiálu - funkcia Preset, rýchlostne kompenzované nastavenie, ventilátory nad stohom s mriežkou v tvare včelích plástov na lepšiu tvorbu stohu vo vykladači, 3 ofukovacie tyče a 5 rád ventilátorov (6 ventilátorov v každom rade)</li></ul>

1	Predĺženie vykladača X2 predĺženie sušiackej sekcie vykladača vrátane bezkontaktného vedenia hárkov, pre vyššie hodnoty lesku aj pri najvyšších rýchlostiach tlače, optimalizovaný pre sušiče Heidelberg DryStar
1 S	Brzda hárkov s motorickým nastavovaním na formát, diaľkovo riadené od pultu, účinné, rovnomerné spomalenie hárku na presnú tvorbu stohu vo vykladači aj pri najvyšších rýchlostiach: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ľahko vymeniteľné pásy bŕzd a brzdové moduly s pohonom trecieho kolesa (friction wheel) s nízkym opotrebením</li> <li>• automatické prednastavenie na formát, diaľkovo riadené brzdiace moduly</li> <li>• uhol sklonu brzdových modulov nastaviteľný na papier a kartón</li> <li>• hárok je napínaný naklonenými modulmi, naklonenie o 2 stupne</li> </ul>
1 S	doska vo vykladači s rampou
1	PowderStar AP 500 CAN výkonné poprašovacie zariadenie, na rovnomerný jemný nános prášku. Spoľahlivá produkcia pri najvyšších rýchlostiach s minimálnou spotrebou prášku, vďaka špeciálne navrhnutým tryskám. Automatické prispôsobenie formátu a kompenzácia rýchlostí. Plná integrácia do pultu tlačového stroja prostredníctvom CAN.
1	Odsávanie púdra z vykladača CleanStar výrazne znižuje znečistenie prachom a zápach z procesného vzduchu v oblasti vykladača. Systém pozostáva z niekoľko na seba nadväzujúcich odsávacích kanálov, kefy na automatické čistenie tyčí chytačov ako aj skrine na čistenie procesného vzduchu s jemným filtračným systémom

## 1.9 Sušák

Počet	Model/Příslušenství
1	DryStar Combination CAN s 2 modulmi (vodou chladený) výkonný sušiaci systém pre konvenčné farby a disperzné laky: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 modul IR/HA</li> <li>• 1 modul so vzduchom z okolia</li> <li>• chladený vodiaci plech hárkov</li> <li>• odsávanie vzduchu z vykladača</li> <li>• snímač teploty stohu</li> <li>• plná integrácia do pultu tlačového stroja prostredníctvom CAN</li> </ul> Sušiace moduly optimálne integrované do dráhy vedenia hárkov a zabezpečujú vynikajúci výkon sušenia aj pri najvyšších rýchlostiach

## 1.10 Kontrolní technika

Počet	Model/Příslušenství
1	Prinect Inpress Control 3 (1 meracia tyč) inline meranie kvality farby priamo v tlačovom stroji, so spätnou väzbou s nasledujúcimi funkciami: <ul style="list-style-type: none"> <li>• spektrofotometrické meranie procesných a špeciálnych farieb na kontrolnej škále, na bezpečnú a overenú kvalitu tlače</li> <li>• plnoautomatická regulácia farieb na báze spektrálnych meraní na zabezpečenie optimálnej vizuálnej zhody medzi predlohou a tlačou</li> <li>• prehľadné zobrazenie hodnôt delta E, denzity, šmyku a dublovania, nárast tónovej hodnoty, odchýlka vo vyfarbení delta F.</li> </ul>

- integrácia merania do systémov Intellistart a Color Assistant Pro pre skrátenie časov príprav zákazky
- centrálna databáza farieb na uloženie špeciálnych farieb, funkcia importovania CxF súborov. Vrátno HKS a Pantone farebníkov ako aj preddefinované hodnoty na tlač podľa FOGRA51-52 a ISO/PSO. Nutná výbava: Instant Gate, Prinect Production Manager
- inline meranie a regulácia vyfarbenia a súťače
- vrátane externého ručného spektrofotometra, ktorý sa môže používať aj na aplikácie mimo tlačového stroja
- automatické zaznamenávanie merania kvality vyfarbenia v celom náklade, protokolovanie kvality (nutná dodatočná opcia Instant Gate a Prinect Production Manager s Analyze Point)

## 1.11 Lakovací systém

### Počet Model/Příslušenství

- | Počet | Model/Příslušenství   |
|-------|---|
| 1     | <p>S Lakovacia jednotka s komorovou rakkou, na reprodukovateľné lakovanie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• diaľkovo riadené nastavovanie obvodovej, stranovej a diagonálnej súťače obvodova súťaž +/- 2 mm, stranová súťaž +/- 2 mm a diagonálna súťaž +/- 1 mm</li> <li>• motorické nastavenie prítlaku formového valca voči protitlakovému valcu</li> <li>• jemné nastavenie prítlaku keramického rastrového valca voči formovému valcu priamo na lakovacej veži</li> <li>• dodatočné možnosti ručného nastavenia súťače cez upínaciu lištu alebo korekciu zadnej hrany</li> <li>• zdvíhacie zariadenie anilox. valca</li> <li>• 2-stupňové spínanie tlaku na optimalizovaný štart a chod</li> <li>• ofukovacie zariadenie pri vstupe hárku medzi lakovací a protitlakový valec, možnosť prednastavenia - funkcia Preset</li> </ul> |
| 1     | <p>S Systém komorovej rakle (koncová lak. jednotka) pozostávajúci z komorovej rakle, aniloxového valca, vane na odkvapkávanie/zachytávanie laku a systému rýchlej výmeny rakle.</p>   |
| 1     | <p>S formový valec s kombinovaným rýchloupínacím systémom s registračnými kolíkmi: na upnutie lakovacích foriem (reliéfnych foriem) alebo lakovacích gúm</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• výborný prístup zo strany vykladača na rýchlu a presnú výmenu lakovacej formy iba jednou osobou</li> <li>• pneumatický prítlačný valec na pomoc pri výmene lakovacieho pot'ahu alebo lakovacej platne</li> <li>• upínacia lišta pre kalibrovanú podložku - rýchla a jednoduchá výmena jednou osobou</li> </ul>  |
| 1     | <p>CoatingStar CAN (koncová lak. jednotka) vysokovýkonné obehové čerpadlo laku vhodné na rozličné typy lakov vrátane disperzných a UV lakov:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• piestové čerpadlo, 1000 l/h</li> <li>• doprava laku bez pulzácie, najmä vhodná na prevádzku v pretlakovej komorovej rakle</li> <li>• temperovanie laku a vody</li> <li>• automatické umývacie programy</li> <li>• prípojka na rozvod vody</li> </ul>  |

- kontrola hladiny laku a umývacieho prostriedku
- diaľkové riadenie
- integrácia do pultu tlačového stroja prostredníctvom CAN

- 1 S Aniloxový lakovací valec 120 l/cm (posledná lak. jednotka)  
odľahčený valec potiahnutý keramikou vrstvou s bunkovou štruktúrou. 10 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

## 1.12 Příkladná zařízení

Počet	Model/Příslušenství
1	Ručná dierovačka tlačových platní (AutoPlate)
1	Ohýbačka tlačových platní

## 1.13 Různé

Počet	Model/Příslušenství
1 S	Automatické centrálné mazanie na strane náhonu a na strane obsluhy, ako aj pre komponenty nakladača a vykladača. Tým sa dá zabezpečiť nepretržitú a bezchybnú mazanie dôležitých prvkov stroja
1	Výbava na tlač tenkých materiálov balík výbavy na spracovanie tenkých papierov/fólií. Pozostáva z rôznych úprav na nakladači/vykladači a vedenia hárkov v tlač. jednotkách, vrátane dynamickej brzdy hárkov.
1 S	StaticStar Compact odelektrizovanie (napájač, 1 odelektrizovacia tyč v nakladači, 2 odelektriz. tyče vo vykladači, 2 fúkače ioniz. vzduchu v nakladači)
1 S	Výbava stroja obsiahnutá vo vykladači: <ul style="list-style-type: none"> <li>• štartovacia sada na uvedenie stroja do prevádzky</li> <li>• sada náradia</li> <li>• jeden stohovací vozík/stôl nakladača a vykladača</li> <li>• sada plechov pod tlačový stroj</li> </ul>

## 1.14 Other products and benefits

Počet	Model/Příslušenství
1	<b>SystemService 24+full</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>SW Licencia Prinect PressCenter 3/XL 3 Instant Gate</b>, umožnenie on-line prenosu CIP4 dát</li> <li>– <b>SW Licencia Prinect Press Center 3/XL 3 Color Assistant Pro</b>, optimalizácia prednastavených hodnôt farebnosti, vrátane lic. InkFoil Assistant, meranie opotrebenia farebnicovej fólie</li> <li>– <b>SW Licencia Prinect PressCenter XL 3 Wallscreen Application</b></li> <li>– <b>SW Licencia Prinect Press Center 3/XL 3 DryStar Advanced</b>, ovládanie sušenia stroja od pultu, s možnosťou uloženia nastavenia spolu so zákazkou</li> <li>– <b>SW Licencia Prinect Press Center XL 3 Netprofiler</b>, software licencia na kontrolu a kalibráciu spektrofotometrických zariadení tlač. stroja</li> <li>– <b>kalibračná karta</b></li> </ul>
1	<b>systém vodného chladenia technotrans</b> (bez rozvodného potrubia a glykolovej náplne, zabezpečí kupujúci), chladiaca kapacita pre 1× tlač. stroj

---

1 **Prinect Production Commercial - základná licencia**

Startovací modul pro provoz Prinect Production commercial

Prinect Production Commercial zahrnuje celé produkční Prinect workflow od předtiskové přípravy, modulů pro digitální a ofsetové tiskové stroje až do dokončujícího zpracování. Použití tohoto programového vybavení je vyhodnoceno a fakturováno na měsíční bázi.

Model variabilního způsobu poskytování licencí zajišťuje firmám možnost využití celého výrobního, automatizačního a racionalizačního potenciálu produktů Prinect.

Přehled funkcí:

- Analýza a editace PDF
- Nástroje pro automatizaci procesů a správu barev
- Portál - funkce webového rozhraní pro on-line komunikaci se zákazníkem
- Příprava PDF dokumentů pro digitální tisk
- Vyřazení zahrnující jazykové mutace a sdružené zakázky
- Systémy rastrování, generování TIFF pro nátisk a osvit na CtP
- Modul pro výstup informací o zakázce pro přednastavení tisku a dokončujícího zpracování
- Dynamická plánovací tabule, modul sběru produkčních dat a nástroje pro jejich analýzu
- Rozhraní pro propojení s MIS a Web-to-Print systémy
- Konfiguraci lze přizpůsobit během doby používání

Měsíční paušální poplatek=základní měsíční poplatek+počet metrů čtverečních osvitových TIFF-B

vyprodukovaných daný měsíc x cena za 1 metr čtvereční TIFF-B

Měsíční poplatek za používání licence zahrnuje automatickou aktualizaci programového vybavení. Systém je průběžně aktualizován na poslední dostupnou verzi tak dlouho jak to dovolí provozní HW infrastruktura. To zajišťuje maximální produkční spolehlivost vzhledem k tomu že systém se vždy nachází ve své poslední podporované verzi

---

**Prinect Production Manager - servisný contract** 60 mesiacov

zahŕňa ProductionManager 75/105, 2 cockpity/AnalyzePoint/Databázu

MS SQL Express Runtime

---

Transport / Nasťahovanie / Inštalácia / Inštrukčiaz

---

S přátelským pozdravem

Heidelberg Praha, spol. s r.o.

## Technické údaje

### CX 102-5+L

Napätie stroja 400 V

Sieťové napätie 230 V

Jazyk štítkov, čeština

Jazyk zákaznickej dokumentácie, čeština

Jazyk montážnej dokumentácie, angličtina

Balenie - na palete

Heidelberg Speedmaster CX 102 - Technické údaje			
<b>Tlačový hárok</b>	Max. formát hárku		720 × 1020 mm
	Min. formát hárku		340 × 480 mm
	Min. formát hárku (s tape inserterom)		380 × 480 mm
	Min. formát hárku (s auto non-stop nakladačom)		480 × 500 mm
	Min. formát hárku (s auto non-stop vykladačom)		440 × 600 mm
	Min. formát hárku (s auto non-stop vykladačom a s tape inserterom)		480 × 600 mm
	Max. formát tlače		710 × 1020 mm
	Max. formát lakovania		710 × 1020 mm
	Šírka okraja pre chytače (*), hrúbka materiálu < 0,8 mm		10...12 mm
	Šírka okraja pre chytače (*), hrúbka materiálu > 0,8 mm		11...12 mm
	Hrúbka (°)		0,03...1,0 mm
	Hrúbka materiálu pri použití vykladača auto-non-stop Universal (°)		0,07...1,0 mm
<b>Výkon</b>	Min.		16.500 hárkov/h (°)
	Min.		3.000 hárkov/h
	Pomalý chod		5 otáčok/min.
<b>Formový valec</b>	Formát tlačovej platne		790 × 1030 mm
	Hrúbka tlačovej platne (AutoPlate)		0,2...0,3 mm
	Hrúbka tlačovej platne (AutoPlate Pro)		0,24...0,3 mm
	Zápich formového valca		0,12 mm
	Vzdialenosť okraja platne od začiatku tlače		43 mm 52 mm
<b>Lakovací valec</b>	Formát	Lakovacia platňa	780 × 1030 mm
		Lakovacia guma - olištovaná	800 × 1048 mm
		Podložka	735 × 1030 mm
	Hrúbka	Lakovacia platňa	podľa typu, najčastejšie 1,14 mm/1,16 mm
		Lakovacia guma	1,95 mm
	Zápich lakovacieho valca		3,2 mm
Vzdialenosť okraja platne od začiatku lakovania		43 mm	
<b>Ofsetový valec</b>	Formát	Ofsetová guma	800 × 1052 mm
		Ofsetová guma - olištovaná	840 × 1052 mm

Heidelberg Speedmaster CX 102 - Technické údaje			
		Podložka	735 × 1030 mm
		Hrúbka	1,95 mm
		Zápich ofsetového valca	2,3 mm
<b>Farebník</b>	Celkový počet valcov		20
	Z toho navařovacích valcov		4
	Priemery navařovacích valcov		60 mm / 72 mm / 66 mm / 80 mm
	Počet zón		32
<b>Vlhčiaci systém</b>	Typ		Alcolor-Vario
	Celkový počet valcov		5
	Z toho navařovacích valcov		1
	Priemer navařovacieho valca		78 mm
<b>Výška stohu, gross</b> (*)	Nakladač Preset Plus		1.320 mm
	Vykladač Preset Plus	Odoberanie spredu	1.295 mm
		Odoberanie z boku	1.275 mm
	Zvýšenie stohu pri zvýšení stroja o:		+ 500 mm
<b>Max. hmotnosti stohu</b>	Max. hmotnosť stohu	Nakladač	2.000 kg
		Vykladač	2.000 kg
	Max. hmotnosť pomocného stohu	Nakladač	750 kg
		Vykladač	300 kg
<b>Emisie hluku</b>	Emisie hluku (podľa EN 13023)		
	Riadiaci panel nakladača		80 dB(A)
	Vykladač		80 dB(A)
	Dodatočné hodnoty		
	Stred nakladača (predná strana)		81 dB(A)
<b>Emisie tepla</b>	Podľa príkonu		

(<sup>1</sup>): v prípade hrúbky potlačovaného materiálu viac ako 0,8 mm je min. šírka okraja pre chytače 11 mm

(<sup>2</sup>): v prípade hrúbky potlačovaného materiálu viac ako 0,8 mm je min alebo 600 g/m<sup>2</sup> (pevnosť v ohybe 300 Nmm), iba v kombinácii s carboard kitom (výbava na tlač kartónov)

(<sup>3</sup>): uvedená maximálna rýchlosť tlače je najvyššia mechanická rýchlosť stroja, ktorej dosiahnutie však závisí od konkrétnych prevádzkových podmienok a od použitých materiálov

(<sup>4</sup>): vrátane dosky stohovača a stohovacieho stola