

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N0715A270012 - Průmyslové inženýrství a management

Studijní specializace: Bez specializace

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Analýza a programová podpora skladování a dělení tyčového materiálu

Autor: Bc. Karolína ORNSTEINOVÁ

Vedoucí práce: doc. Ing. Pavel KOPEČEK, CSc.

Akademický rok 2023/2024

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Karolína ORNSTEINOVÁ**
Osobní číslo: **S22N0031K**
Studijní program: **N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management**
Téma práce: **Analýza a programová podpora skladování a dělení tyčového materiálu**
Zadávající katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Zásady pro vypracování

1. Teorie zásob se zaměřením na tyčový materiál
2. Možnosti optimalizace dělicích plánů
3. Tvorba návodu pro obsluhu dělicího stroje
4. Datový model pro podporu dělení tyčového materiálu
5. Implementace programové podpory

Rozsah diplomové práce: **50 – 70**
Rozsah grafických prací: **-**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. SCHWARZ, M. Stochastic models in inventory theory. Aachen: Shaker Verlag, 2004. Berichte aus der Mathematik. ISBN 3-8322-2876-4.
2. KEŘKOVSKÝ, M., VALSA, O. Moderní přístupy k řízení výroby. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.
3. Preclík Vratislav: Průmyslová logistika, 359 s., ISBN 80-01-03449-6, Nakladatelství ČVUT v Praze, 2006
4. JUROVÁ, Marie a kol. Výrobní a logistické procesy v podnikání. První vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. 254 stran. Expert. ISBN 978-80-247-5717-9.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Pavel Kopeček, CSc.**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Konzultant diplomové práce: **Doc. Ing. Petr Hořejší, Ph.D.**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Datum zadání diplomové práce: **16. října 2023**

Termín odevzdání diplomové práce: **24. května 2024**

L.S.

Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.
děkan

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

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Ornsteinová	Jméno Karolína	
STUDIJNÍ PROGRAM	N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) doc. Ing. Kopeček, CSc.	Jméno Pavel	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Analýza a programová podpora pro skladování a dělení tyčového materiálu		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2024
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	64	TEXTOVÁ ČÁST	61	GRAFICKÁ ČÁST	3
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Diplomová práce se zabývá skladováním a dělením tyčového materiálu, který je klíčovým prvkem efektivního hospodaření se surovinami v průmyslových a výrobních podnicích. Práce analyzuje vliv správného řízení zásob a procesů dělení materiálu, minimalizaci ztrát a optimalizaci využití surovin. Teoretická část je zaměřena na základy výrobních systémů, teorii zásob, skladové hospodářství a zpracování tyčového materiálu. Praktická část obsahuje analýzu a návrh programové podpory pro skladování a dělení tyčového materiálu, včetně tvorby a realizace algoritmu pro optimalizaci dělicích plánů. Cílem práce je vytvoření programové podpory pro studijní a pedagogické účely, která ilustruje důležitost optimalizace těchto procesů v praxi.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	teorie zásob, skladové hospodářství, tyčový materiál, informační systémy, softwarové nástroje, Cutting Stock Problem

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Ornsteinová	Name Karolína		
STUDY PROGRAMME	N0715A270012 Industrial engineering and management			
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) doc. Ing. Kopeček, CSc.	Name Pavel		
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS			
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable	
TITLE OF THE WORK	Analysis and program support of storage and cutting of a rod material			

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Industrial Engineering and Management	SUBMITTED IN	2024
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	64	TEXT PART	61	GRAPHICAL PART	3
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The thesis deals with the storage and cutting of bar material, which is a key element of efficient raw material management in industrial and manufacturing companies. The thesis analyses the impact of proper inventory management and material cutting processes, minimizing losses and optimizing raw material utilization. The theoretical part focuses on the basics of production systems, inventory theory, stock management and bar material processing. The practical part includes the analysis and design of software support for storage and cutting of bar material, including the development and implementation of an algorithm for the optimization of cutting plans. The aim of the work is to create a software support for learning and teaching purposes that illustrates the importance of optimizing these processes in practice.
KEYWORDS	Inventory Theory, Stock Management, Bar Material, Information Systems, Software Tools, Cutting Stock Problem

Obsah

Přehled použitých zkratk	9
Seznam obrázků	10
Seznam tabulek	11
Úvod	12
1 Teoretická část	13
1.1 Výrobní systém a výroba	13
1.2 Teorie zásob	14
1.2.1 Definice zásob	14
1.2.2 Význam a funkce zásob	15
1.2.3 Klasifikace zásob	15
1.3 Skladové hospodářství	15
1.3.1 Funkce skladů	16
1.3.2 Druhy skladů	16
1.4 Tyčový materiál	17
1.4.1 Rozdělení	17
1.4.2 Skladování a manipulace	19
1.4.3 Značení	21
1.4.4 Způsoby dělení materiálu	22
1.5 Návod pro obsluhu dělicího stroje	23
1.6 Návod pro plánovače	25
1.7 Informační systémy	26
1.7.1 Enterprise Resource Planning	26
1.7.2 Funkcionalita ERP systémů	26
1.8 Softwarové systémy a nástroje	27
1.9 Cutting Stock Problem	30
1.10 Optimalizace dělicího plánu	31
1.11 Nástroje a metody u optimalizace dělicího plánu	31
1.12 Algoritmy pro optimalizaci dělicích plánů	32
1.13 Ruční a optimalizované dělení	33
2 Praktická část	35
2.1 Funkční analýza	35
2.1.1 Zadání	35
2.1.2 Návrh vzhledu aplikace	36
2.1.3 Předpoklady a vlastnosti	37

2.1.4	Algoritmus.....	37
2.1.5	Experimentální simulace	38
2.2	Datová analýza	43
2.2.1	První varianta	43
2.2.2	Druhá varianta	45
2.2.3	Ukázka tabulek.....	46
2.2.4	Definice tabulek dle SQL.....	47
2.3	Uživatelský manuál aplikace	47
2.3.1	Modul Sklad	48
2.3.2	Modul Zakázky	50
2.3.3	Modul Výroba	50
2.4	Použitý algoritmus.....	51
2.5	Porovnání.....	53
	Závěr.....	55
	Seznam příloh.....	61

Přehled použitých zkratk

ERP	Enterprise Resource Planning
ERM	Entity Relationship Model
SQL	Structured Query Language
IS	Informační systém
ER	Entitně-relační model
CSP	Cutting Stock Problem

Seznam obrázků

Obrázek 1: Koloběh výrobních faktorů v podniku [7]	13
Obrázek 2: Jekly s čtvercovým průřezem [8]	18
Obrázek 3: U profily [32]	19
Obrázek 4: Konzolový regál [28]	20
Obrázek 5: Automatizovaný skladový systém [18]	21
Obrázek 6: Ukázka informačního a materiálového toku [41]	27
Obrázek 7: Vzhled systému ISu KTKw – řezné plány [41]	28
Obrázek 8: Vzhled systému Dialog 300 Skylla – Pracoviště [38]	29
Obrázek 9: Vzhled systému Dialog 300 Skylla – Zakázky [38]	29
Obrázek 10: Vzhled optiCutter [51]	30
Obrázek 11: První varianta ER diagramu	44
Obrázek 12: Druhá varianta ER diagramu	46
Obrázek 13: Úvodní strana	48
Obrázek 14: Modul Sklad 1	48
Obrázek 15: Modul Sklad 2	49
Obrázek 16: Modul Objednávky	50
Obrázek 17: Modul Výroba	51

Seznam tabulek

Tabulka 1: Sortiment ve společnosti Hutní Materiál Břeclav s.r.o. [47]	19
Tabulka 2: Ukázka tabulek [zdroj: vlastní zpracování]	47

Úvod

Skladování a dělení tyčového materiálu představuje klíčový prvek efektivního hospodaření se surovinami v průmyslových a výrobních podnicích. Správné řízení zásob a procesů dělení materiálu má zásadní vliv na efektivitu výrobních operací, minimalizaci ztrát a optimalizaci využití surovin. Trh oceli a zejména trh s tyčovým materiálem hraje důležitou roli v ekonomice. V podnicích je kladen stále větší důraz na efektivní využívání surovin a hospodaření s energií ve výrobním procesu, a to především ve strojírenském odvětví. To může být ovlivněno velkou spotřebou kovového materiálu, jehož výroba a zpracování může být s ohledem na náklady spotřebovávaných surovin a energií velmi vysoká. Současně je také kvůli vysoké konkurenci důležité vyrábět výrobky co nejlevněji, v krátkém časovém horizontu, ve vysoké kvalitě a s co nejnižším odpadem. Podniky, které se zaměřují na efektivní skladování a dělení tyčového materiálu, mohou získat konkurenční výhodu. Schopnost efektivně spravovat zásoby, minimalizovat ztráty a využívat materiál efektivněji může přispět ke zlepšení konkurenceschopnosti firmy. Snížení odpadu po dělení materiálu přispívá ke snižování negativního dopadu podnikání na životní prostředí. Tím mohou podniky lépe plnit svou roli v oblasti udržitelného rozvoje a ochrany životního prostředí.

Jedním z odvětví, kde se uvedené principy výrazně uplatňují, je zpracování hutního materiálu, konkrétně tyčového materiálu. U tyčového materiálu je klíčové zaměřit se na jeho skladování a dělení, protože jeho nadměrné rozměry a hmotnost mohou představovat výzvu. Efektivní skladování zahrnuje pečlivé plánování uspořádání skladu, aby nedocházelo k překážkám v materiálovém toku a byl zajištěn plynulý a efektivní průběh výrobních procesů.

Stejně tak je důležité optimalizovat proces dělení tyčového materiálu, aby se minimalizovaly zbytky a tím i materiálové ztráty. Dělení je základní technologickou operací při zpracování hutního materiálu a má přímý vliv na efektivitu využití surovin. Podniky by měly klást zvýšený důraz na výběr vhodných dělicích technologií a postupů, které umožní přesné a efektivní dělení materiálu s minimálním odpadem. Tím lze dosáhnout významných úspor a zlepšení celkové efektivity výroby.

Z výše zmíněných důvodů se teoretická část práce zaměřuje na základy v oblasti výrobního systému a výroby. Pozornost je věnována také klasifikaci zásob včetně jejího významu. Charakterizováno je zde skladové hospodářství a klasifikace tyčového materiálu včetně jeho skladování, manipulace a způsoby dělení. Důraz je kladen také na návod pro obsluhu dělicího stroje a návod pro plánovače. Popsány jsou zde dále informační systémy a softwarové nástroje v kontextu optimalizace dělicích plánů. Je zkoumána problematika "Cutting Stock Problem", optimalizace dělicího plánu, nástroje a metody u optimalizace, algoritmy a rozdíly mezi ručním a optimalizovaným dělením. Práce obsahuje popis existujících nástrojů, které optimalizují dělicí plány.

V praktická část obsahuje funkční a datovou analýzu programové podpory. Ve funkční analýze je stanoveno zadání, návrh vzhledu aplikace a specifikace předpokladů a vlastní programové podpory. Je uveden možný postup při zvolení a vývoji algoritmu. Byla vytvořena simulace, která pomohla k lepšímu pochopení daného problému. V konečné fázi se v práci autorka věnuje programové podpoře a její funkcionalitě s implementovaným algoritmem.

Hlavním cílem práce je tvorba a realizace programové podpory zaměřená na skladování a dělení tyčového materiálu pro studijní a pedagogické účely a pochopení důležitosti optimalizace dělicích plánů v podnicích. Dílčím cílem diplomové práce je tvorba a realizace algoritmu ve vytvořené programové podpoře, který by měl zadávat výrobní příkazy, které pokrývají požadavky na jejich realizaci a odepisování nebo přijímání materiálu na sklad.

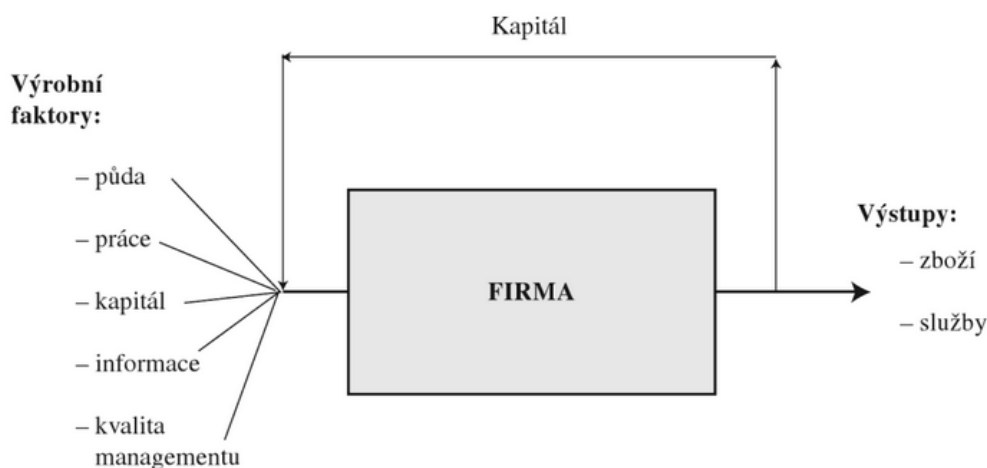
1 Teoretická část

Teoretická část se skládá z analýzy problému a vymezení pojmů. V první části je definovaný výrobní proces a výroba, další částí je popsána teorie zásob, její definice a význam. Třetí část práce obsahuje charakteristiku skladového hospodářství, funkce a druhy skladů. Další kapitola se zaměřuje na tyčový materiál, a to především na rozdělení tyčového materiálu v praxi, skladování tohoto materiálu, značení tyčového materiálu v podnicích a způsoby jeho dělení. Cílem teoretické části práce je porozumění řešeného problému, kterým je návrh programové podpory pro skladování a dělení tyčového materiálu.

1.1 Výrobní systém a výroba

Výrobní systém je složen z podsystémů a jeho klíčovým cílem je výroba. Výroba je ovlivňována řadou různých faktorů např. stupněm automatizace, hierarchickým uspořádáním v podniku, managementem, složitostí a rozsahem výroby a také působícími vnějšími vlivy. [12]

Keřkovský (2012) definuje výrobu jako přeměnu výrobních faktorů (přírodní zdroje, práce, kapitál, informace) na ekonomické statky a služby, které jsou poté spotřebovány.



Obrázek 1: Koloběh výrobních faktorů v podniku [7]

Řízení výroby je primárně zaměřené na dosahování nejlépe fungujících výrobních systémů, a zároveň bere v potaz cíle celého podniku. Přitom výrobní systém zahrnuje veškeré činitele, které se výrobního procesu účastní. Mezi tyto činitele patří suroviny, polotovary, energie, informace, pracovníci, rozpracované a hotové výrobky, odpady, ale také provozní prostory a technická zařízení. [7]

Dále se může výroba dělit dle počtu vyráběných kusů na tři skupiny, a to na výrobu hromadnou, sériovou a kusovou. Hromadná výroba je většinou charakteristická vyráběním velkého množství jednoho nebo několika produktů, přičemž při výrobě není potřeba vysoké kvalifikace pracovníků. Sériová výroba je charakteristická pro výrobu většího množství výrobků stejného druhu, realizuje se ve výrobních sériích neboli dávkách. Kusová výroba je výrobou velkého počtu různých druhů výrobků o jednom nebo několika kusech. V případě kusové výroby musí být pracovníci vysoce kvalifikováni. [12]

1.2 Teorie zásob

Zásoby se tvoří kvůli prostorové a časové disharmonii mezi vytvořením požadavku dané položky a disponibilitou této položky. Jinými slovy, dodavatel není schopen pokrýt objednávku bez časového zpoždění a bez pozdějších nákladů přímo v daném čase, kdy vznikly potřeby daného zboží, materiálu, polotovaru či výrobku. [1]

Teorie zásob se zabývá řízením stavu zásob zboží s cílem efektivně uspokojit poptávku po tomto zboží. Poptávky po zboží jsou iniciovány kupujícími a uspokojují je prodávající bez ohledu na to, zda se jedná o peněžní směnu nebo ne. Zásoby zboží, které jsou fyzicky k dispozici, se nazývají pohotové zásoby. Poptávky po určitém množství zboží se považují za uspokojené, pokud je požadované množství fyzicky převzato kupujícím. Za nedostatky se považují požadavky, které nejsou uspokojeny okamžitě. Nedostatky je možné dále charakterizovat jako zpětné objednávky, pokud jsou kupující ochotni čekat. Zpětné objednávky se nazývají také jako nevyřízená poptávka a nevyřízené objednávky. Manažer se může rozhodnout zadat objednávku pro dodatečné množství, aby doplnil skladové zásoby. Objednávka na toto množství může být zadána externímu dodavateli nebo interně v podniku, přičemž v takovém případě je objednané množství sérií, dávkou nebo šarží výrobku. Doba realizace objednávky je doba, která uplynula od okamžiku zadání objednávky do doby, kdy je objednané množství přijato. Tato definice je neurčitá záměrně, protože je možné, že části objednávky, mohou být dodány v různých časových okamžicích. Množství zboží, které bylo objednáno, ale nebylo přijato, je stále objednávkou. Systém zásob, nazývaný také jako stav zásob, je součtem zásob na skladě a zásob, které jsou objednané. Představuje množství, které je k dispozici pro uspokojení budoucích potřeb bez zadání dalších objednávek. [35]

Z výše uvedeného lze odvodit, že není možné zajistit plynulý chod výroby, provozu či obchodu bez toho, aniž by bylo možné držet určitý objem zásob, který je ovlivněn zejména způsobem, jakým jsou zásoby řízeny, ale i dalšími faktory.

1.2.1 Definice zásob

Mezi zásoby se řadí suroviny, rozpracovaný materiál v různém stupni výroby nebo hotové výrobky, které jsou uloženy na skladě a jsou v podniku využívány k výrobním účelům, ale nebyly dosud předány odběrateli ve své finální podobě. Zásoby se mohou vyskytovat v podobě surovin, materiálu, součástek, polotovarů nebo hotového výrobku a je možné je najít v různém bodě materiálového toku. Nelze sledovat pouze materiál uložený ve skladu, je nutné sledovat i nedokončenou výrobu. [11]

Zásoby jsou důležitou součástí fungování podniku, protože zajišťují stabilitu, mezi výrobou a spotřebou, popřípadě rovnováhu mezi dodávaným materiálem a poptávkou. Vytváření zásob má své výhody, ale nese s sebou také různá rizika a náklady. K tomu, aby podnik řídil a vytvářel své zásoby efektivně, je důležité, aby hleděl na zásoby ze dvou hledisek. Podnik by měl mít dostatečnou velikost zásob k tomu, aby zajistil jeho potřeby, které mohou být plánované a neplánované, ale také by se měl snažit držet a skladovat zásoby v co nejmenším množství, vzhledem k nákladům a možným rizikům z nich plynoucích. [2]

Dle Štohl (2010, str. 21) do zásob lze řadit:

- **Materiál** – předměty potřebné ke zhotovení výrobku.
- **Zboží** – věci movité nakoupené s cílem prodeje.
- **Výrobky** – předměty, které jsou vyrobeny a prodány odběratelům.
- **Nedokončená výroba** – produkty, které z části prošly výrobním procesem, nejsou už nadále materiálem a ani hotovým výrobkem. [3]

1.2.2 Význam a funkce zásob

Dle Plevného a Žižky (2010) jsou základní funkce zásob v podniku následující:

- **Geografická funkce** – zásoby jsou schopny oddělit místo výroby od místa spotřeby a podle potřebných zdrojů mohou rozmístit výrobní kapacity.
- **Vyrovňovací funkce** – zásoby slouží ke snížení nesouladů mezi výrobními úkony a minimalizují určité náklady např. při opožděné dodávce, či dokonce vyloučí nepředvídatelně působící vlivy na potřebu materiálu.
- **Technologická funkce** – zásoby jsou nutnou částí výrobního procesu, při zvyšování kvality nebo nabytí lepších vlastností výrobku.
- **Spekulativní funkce** – v případě nakupování určitého zboží za cenu nižší a pozdějšího prodeje za cenu vyšší nebo při držení zásob před zdražením materiálu nebo naopak jeho zlevnění. [2]

1.2.3 Klasifikace zásob

Zásoby se dle Plevného a Žižky (2010) klasifikují následovně:

- **Běžná (obratová) zásoba** – zásoba, která by měla být schopna pokrýt potřeby podniku mezi dvěma dodávkami. Dle spotřeby stav této zásoby kolísá, proto se počítá s běžnou zásobou, která je průměrná a jejíž hodnota je rovna jedné polovině velikosti dodávky. Množství této zásoby by měl sloužit k pokrytí poptávky v době jistoty.
- **Zásoba pro předzásobení** – cíl této zásoby je bilancovat větší rozdíly na straně vstupu a výstupu v podniku. Může se jednat například o zvýšenou sezónní poptávku po výrobcích jen v určitém období, na kterou by se podnik měl předem připravit, právě pomocí těchto zásob.
- **Pojistná zásoba** – úkolem této zásoby je zmenšovat rozdíly nebo odchylky, co se týče vstupů a výstupů podniku. Rozumí se rozdíly ve velikosti či intervalu spotřeby zásob nebo dodávek.
- **Strategická zásoba** – tato zásoba slouží k zásobení v případě předem nepředvídatelných situací, např. během výpadku energie, politických nebo vojenských konfliktů atd.
- **Spekulativní zásoba** – zásoba, kterou podnik může využít k dosažení vyšších zisků určitým nákupem s cílem jeho pozdějšího prodeje za vyšší cenu. Zásoba se také využívá k předzásobení podniku, pokud podnik předvídá s jistotou snížení nebo zvýšení cen.
- **Technologická zásoba** – zásoba propojená s výrobním procesem a je potřebná k jeho dokončení. [2]

1.3 Skladové hospodářství

Důležitou částí v podnikových činnostech je skladování. Skladové hospodářství je aktivita, při které materiál nebo výrobky nemění své místo v čase a prostoru. [4]

Skladování je úzce spjato s existencí zásob a prostupuje celým podnikem. Podnik uplatňuje skladování pro uskladnění potřebného materiálu při vstupu, dále k uskladnění komponentů, polotovarů, součástek či náhradních dílů ve výrobě až po skladování finálních výrobků před jejich expedicí jednotlivým zákazníkům.

Skladování lze definovat jako součástí podnikového logistického systému, která se stará o uskladnění produktů v místech jejich vzniku a mezi místem vzniku a místem jejich spotřeby, přičemž poskytuje informace o podmínkách, stavu a rozmístění skladovaných produktů. [5]

Z těchto definic je zřejmé, že skladování má za úkol uskladnění produktů s cílem překlenutí rozdílů mezi místem její spotřeby a místem vzniku zásoby a mezi okamžikem dodání a spotřeby. Konkrétní podoba definice skladování záleží na podnicích a jejich potřebách, na výrobě v organizaci, možnostech skladování a také na jejich finanční situaci.

1.3.1 Funkce skladů

Skladem se rozumí objekt, který je součástí logistického řetězce, je to také prostor využívaný pro skladování materiálu a poskytuje informace managementu o rozmístění skladovaných produktů. [11]

Funkce skladů je spjatá s funkcemi, které plní v podniku zásoby. Hádek (2008) rozlišuje následující funkce skladů:

- **Zabezpečovací funkce** – v případě nepředvídatelných a náhodných rizik, které vzniknout v průběhu výrobního procesu, během měnící se spotřeby a poptávky, či během zpoždění dávek.
- **Vyrovňovací funkce** – během odlišnosti materiálového toku a potřebě materiálu z pohledu času a množství.
- **Spekulační funkce** – pojí se s nákupem a skladováním materiálových zásob v případě očekávané zvýšení ceny.
- **Kompletační funkce** – při tvorbě nabízeného sortimentu v podniku z důvodu technicky neadekvátním požadavkům materiálu, který je na trhu k dispozici.
- **Zušlechťovací funkce** – plyne z potřeby jakostních změn či nabytím specifických vlastností sortimentu s pomocí skladování.

1.3.2 Druhy skladů

Sklady lze členit dle hodnototvorného procesu na:

- **Vstupní sklady** – sklad, který udržuje zásoby tvořené vstupním materiálem.
- **Mezisklady** – sklad, který je primárně pro tvorbu zásob u jednotlivých stupňů výrobního procesu.
- **Odbytové sklady** – tyto sklady slouží k překlenutí odchylek mezi různými časy u odbytu a výroby. [6]

Další možnou klasifikací skladů je dle Plevného a Daňka (2005):

- **na základě konstrukce**
 - regálové – zásoby jsou stohovány na sebe v jedné úrovni
 - podlažní – zásoby jsou uloženy do polic (regálů)
- **na základě druhu zboží**
 - pro tekuté materiály – skladování je v cisternách
 - pro sypké materiály – skladování je v zásobnících nebo na podlaží
 - pro kusové materiály – materiály jsou na podlažním či regálovém skladování
- **na základě způsobu skladování**
 - volné – každá jednotlivá skupina materiálu má vyhrazené celé oddělení ve skladu
 - pevné – každý materiál má dané své vlastní místo ve skladu
 - náhodné – materiál je skladován náhodně na volných místech
- **na základě vlastnictví**
 - vlastní – skladovaný materiál a sklad je ve vlastnictví jednoho subjektu
 - cizí – materiál, který je zde skladovaný nevlastní majitel sklad
- **na základě toku materiálu**

- průchozí – vstup materiálu probíhá v jedné části skladu a výstup na druhé
- běžné – vstup i výstup skladu probíhá před jedno místo
- cross-docking – materiál je přímo přesouván z dopravního prostředku do dalšího, aniž by docházelo ke skladování. [4]

1.4 Tyčový materiál

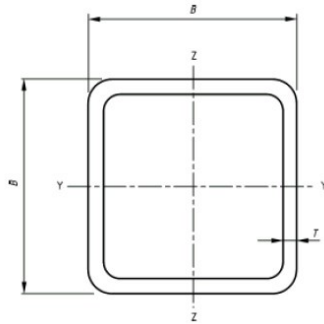
Základním prvkem pro stavebnictví a strojírenství je hutní materiál. Pro stavebnictví je důležitá zejména betonářská ocel pro zpevnování betonu, profilová ocel k montáži nejrůznějších konstrukcí či jako krytina střechy. Ve strojírenství se také vyskytuje hutní materiál v podobě různých trubek, profilů a jekel, z nichž se například mohou vyrábět zábradlí, schodiště nebo ploty. Hutní materiál má ve strojírenství vysoké uplatnění, jak v surovém stavu, tak i potažený ochrannou vrstvou. Tyčový materiál se využívá v průmyslovém odvětví nejen v podobě spojovacího materiálu, ale i jako materiál stahovací a upevňovací. Mezi hutní materiál se ve většině podniků, co se jejich sortimentu týče, řadí plechy, profilové oceli, betonářské oceli, ocelové nosníky, trubky, jekly a plný tyčový materiál. Tato práce se především zaměřuje na tyčový materiál, a proto bude také tato podkapitola cílit právě na něj. [44]

1.4.1 Rozdělení

Pod názvem tyčový materiál je možné nalézt různá rozdělení, které se liší podle sortimentu nabízeným daným podnikem. Jak už bylo řečeno tyčový materiál se řadí mezi materiál hutní. Hutní materiál je možné rozdělit na tyčový materiál, plošný materiál, trubky, betonářské oceli a další. Tyčový materiál se nejčastěji nabízí v délkách po 3, 6 a 12 metrech. Stále je ale nejčastěji nabízena délka tyčového materiálu 6 metrů. To je dáno většinou potřebou materiálu a jeho skladováním, ale i ložnou plochou dopravních prostředků. Dále se může dělit tyčový materiál dle požadavků zákazníka, a to se řeší individuálně dle dané zakázky. V nabídce je možné nejčastěji najít rozdělení dle technologie výroby nebo dle materiálu, ze kterého je tyčový materiál vyroben. Zde jsou ukázky základního rozdělení a nejčastěji vyskytované typy tyčového materiálu v různých podnicích.

Nypro hutní prodej, a.s.

Ve společnosti Nypro hutní prodej, a.s. je tyčový materiál následující. Trubky ocelové konstrukční svařované jsou dále rozděleny dle průměru, tloušťky, hmotnosti (kg/m), jakosti, délky. Délka je uvedena u všech průměrů, tlouštěk, hmotností a jakostí stejná a to 6 metrů. Trubky tlakové pozinkované svařované jsou tak jako trubky ocelové konstrukční rozděleny stejně a jsou také všechny uvedeny jen v jedné délce a to 6 metrů. Trubky ocelové bezešvé hladké jsou rozděleny dle průměru, tloušťky, jakosti a délky, která je 6 metrů. Jekly s čtvercovým průřezem je typ tyčového materiálu s uzavřeným profilem a přehled rozměr a jakosti je stejný jako u předešlých materiálů s rozdílem přehledu délek všech stran vzhledem k čtvercovému tvaru.



Obrázek 2: Jekly s čtvercovým průřezem [8]

Dalšími typy jeklů jsou jekly s obdélníkovým průřezem a ohýbané jeklové profily. Tyčový materiál je dále rozdělen na tyče s průřezem I, IPE, U, UPE, UE, HEA a HEB. Všechny materiály jsou rozděleny na požadované rozměry, které jsou potřebné pro daný materiál. Jsou dány rozměry jako délky všech stran, sklon (%), průřez (mm^2) a jakost. [8]

Většina materiálu je nabízená v délce 6 metrů, popř. v délce 12 metrů. Ostatní rozměry se řeší individuálně dle požadovaných zakázek. [9]

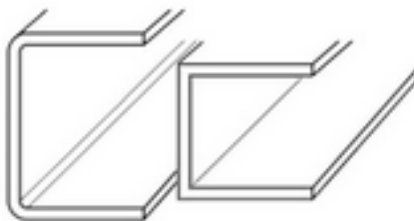
Ferona a.s.

Společnost Ferona a.s. nabízí obdobný, ale širší sortiment tyčového materiálu. Nabízí tyče s průřezem T, L, I, U, IPE, UE, UPE, HEA, HEB, HEM, tyče kruhové, čtvercové, ploché, tažené, kolejnice, trubky a jekly. Dále profilové tyče z barevných kovů v čtvercovém a kruhovém provedení. Délky tyčí se zde pohybují od 6 metrů až do 14 metrů. [9]

Další prodejce tyčového materiálu je společnost BHS CORRUGATED Fertigungs, Montage, Service, s.r.o., která primárně rozlišuje hutní materiál, především tedy tyčový materiál, na dvě skupiny, a to hutní materiál z oceli či železa a hutní materiál z hliníku, zinku a mědi. Tyčový materiál se dále dělí na tyče ve tvaru I, U, T, Y, Z nebo L. Trubky jsou rozděleny na válcované za studena nebo tepla a tažené. Pokud se nejedná o speciální zakázku, kde je třeba řešit atypické rozměry materiálu, jsou standardně k dispozici materiály v délce 3, 6 a 12 metrů. [10]

KÖNIGFRANKSTAHL, s.r.o.

Společnost KÖNIGFRANKSTAHL, s.r.o. rozlišuje svůj sortiment tyčového materiálu dle druhu materiálu a uvádí materiál z ušlechtilé oceli, nerezové, hliníku, mosazi, a mědi. Dále ho dělí na tyčový materiál plný, který je rozlišen na plochý, čtverec, kulatinu, šestihran, osmihran, půlkruhový profil, plochoovál, úhelníky, profily typu T a profily typu Z. Dalším typem jsou jekly a profily, ty jsou dále rozlišeny na profily duté neboli jekly, U profily, trubky, nosníky a atd. [32]



Obrázek 3: U profily [32]

Hutní materiál Břeclav s.r.o.

Ve společnosti Hutní Materiál Břeclav s.r.o. je sortiment nabízeného materiálu následovný:

Tabulka 1: Sortiment ve společnosti Hutní Materiál Břeclav s.r.o. [47]

Sortiment materiálu společnosti Hutní materiál Břeclav s.r.o.	
Dráty	Ocelové Pozinkované
Jekly	Profil uzavřený L Profil uzavřený T Profil uzavřený čtvercový Profil uzavřený obdélníkový
Profily ohýbané	Ohýbaný tvaru C Ohýbaný tvaru L Ohýbaný tvaru L perforovaný Ohýbaný tvaru U
Profily válcované	Válcovaný I Válcovaný T Průřezu I - nerovnoramenné Průřezu I - rovnoramenné
Trubky	Oblouky Ocelové bezešvé Ocelové svařované konstrukční Svařované pozinkované
Tyče	Čtvercové Kruhové Kruhové tažené Ploché Ploché tažené
Výztuž do betonu	Kaři sítě do betonu Betonářská ocel žebírková

1.4.2 Skladování a manipulace

Skladování a manipulace hutního materiálu a konkrétně tyčového materiálu může být problémová pro většinu podniků vzhledem jeho nákladnosti a pracnosti, proto je důležité tomuto procesu věnovat pozornost.

Primární cíl skladů je zásobování materiálem do výroby. Tyčový materiál má různé tvary profilů s různými typy průřezů (čtvercové, obdélníkové, kulaté, trubkové). Dodávaná délka je

obvykle 6 metrů. Kromě ruční manipulace, je možná i manipulace pomocí manipulačních vozíků. [17]

Tyčový materiál je specifický typ sortimentu, se kterým se obtížně manipuluje, a ještě obtížněji se skladuje. Vzhledem k jeho váze a rozměrům se musí k jeho skladování přistupovat jinak, než je tomu se skladováním a manipulací s paletovým materiálem. Odvětví s tyčovým materiálem, a hutním obecně, má širokou škálu sortimentu, a proto je důležité mít materiál systematicky rozdělený. Tyčový materiál je možné skladovat ve venkovních prostorách podniku nebo uvnitř budovy například z důvodu možné korozi materiálu. [13]

Konzolové regály

Jedním z nejčastějších řešení pro skladování tyčového materiálu jsou konzolové regály. Tyto regály jsou přizpůsobené ke skladování těžkého a dlouhého materiálu jako jsou latě a trubky a představují proto řešení pro ukládání tohoto typu materiálu. Konzolové regály slouží k uložení materiálu bez nutnosti použití palety. Jsou rozlišeny dle počtu skladovacích úrovní a nosnosti. Výhodou tohoto typu skladování je, že dokáže pojmout různé délky, rozměry a tvary ukládaného materiálu, další výhodou je přehlednost skladovaného materiálu a bezprostřední přístup k němu. [14]



Obrázek 4: Konzolový regál [28]

Automatizované skladové systémy

Další možností při řešení skladování tyčového materiálu jsou automatizované skladové systémy. Automatizovaný skladovací systém umožňuje optimální využití skladovacích prostorů. V praxi může být toto řešení ideální především pro sklady, ve kterých není dostatečná plocha, ale je možné využít vysoké stropy. Systém se skládá ze čtyř vertikálních výtahových modulů a jedním otvorem do prostoru expedice. Každá část je vybavena systémem, který ukazuje polohu. Dva další moduly slouží k zásobování výroby a propojují ji se skladem. [25]

Tyčový materiál je pomocí automatizovaného úložného skladovacího systému skladován například ve společnosti Baumruk & Baumruk s.r.o. Skladovací systém si pomocí kódu sám uloží tyče do vnitřního systému, který si je dle artiklů materiálu uloží nebo vyskladní. [26]

Dalším příkladem společnosti, která využívá tento automatizovaný sklad je společnost Sturm. Tato společnost vyrábí zařízení pro povrchovou úpravu, stroje pro dopravní, automatizační a čisticí techniku a také zpracovává plechy. Pro zlepšení pracovních procesů a související výroby ve skladu společnost integrovala ve svém sídle plně automatizovaný sklad tyčového materiálu pro objemný hliníkový materiál a ocelové trubky.

Pro usnadnění manipulace s materiálem a úsporu času ve výrobě je skladování a vyskladňování prováděno plně automaticky skladovacími a vyskladňovacími zařízeními mostního skladu. Díky optimální rychlosti pohonu a zdvihu zvládnou skladovací a vyskladňovací stroje kolem 25 složitých operací za hodinu. Díky speciální funkci zvedání mají stanice v sobě integrováno několik zdvihacích nosníků. Automatizované sklady a vylepšená manipulace s materiálem mohou zvýšit produktivitu síťově připojených strojů asi o 80 %. [45]



Obrázek 5: Automatizovaný skladový systém [18]

1.4.3 Značení

Výrobky by měly být vždy přesně identifikovány, a to bez ohledu na skladování a specifičnost skladovaných výrobků. Správná identifikace daného materiálu a jeho značení uvnitř výrobního podniku je základem pro realizaci následných procesů a ovlivňuje optimalizaci nejen celého logistického řetězce, ale také výstupu hotového výrobku z daného podniku. [31]

Vhodné značení materiálu je primární funkcí, která by měla být správně a přehledně prováděna. Každý podnik řeší značení tyčového materiálu způsobem, který vyhovuje nejlépe danému systému. Ve společnosti Baumruk & Baumruk s.r.o. je značení veškerého materiálu na všech skladech řešeno pomocí čárových kódů. Čárové kódy zahrnují nejen přesnou definici artiklu, ve kterém je definice daného materiálu, včetně jeho váhy, typu a druhu, ale také jeho atest. Atest dodává každý výrobce se šarží při závozu. [26]

Ferona a.s. využívá ke značení materiálu štítky, kde je název materiálu, rozměr, jakost a tavba. Při výrobě je také určen atest. [27]

Valenta ZT s.r.o. značí materiál pro snadnější orientaci dle pevnostních tříd s použitím barevného značení. Rozlišuje barevné značení podle pevnosti materiálu, například ocel pevnosti 5.8 značí barvou modrou. [46]

1.4.4 Způsoby dělení materiálu

Dělení materiálu patří mezi první operace v pracovním postupu. Polotovary, který vznikne po dělení je nutností pro další potřebné operace ve výrobě. Důležité údaje, které je potřeba zohlednit při dělení materiálu jsou:

- délka přířezu,
- prořez,
- minimální délka na upnutí,
- a minimální zbytek tyče pro skladovou evidenci.

Ve společnosti Feron a.s. mají řešené zbytky po dělení tak, že mají stanovené minimální délky zbytku po dělení pro každý materiál, př. pro profilovou ocel typu I, IE, U, UE atd. je dán minimální zbytek po dělení 2, 4 nebo 6 metrů. Pokud je materiál rozměrově menší, než je uvedená hodnota minimální zbytku po dělení, je materiál dále považovaný za odpad. [27]

Tyčový materiál je dodáván v normalizovaných rozměrech, které jsou obvykle, jak už bylo řečeno, 3, 6 nebo 12 metrů. Stále se ale nejvíce vyskytuje nejčastěji délka u tyčového materiálu a to je 6 metrů. Dále je možné tyčový materiál dělit dle individuálních zakázek. Existuje několik způsobů, jak lze tyčový materiál dělit. V této práci jsou popsány nejvíce frekventované způsoby dělení. Dělení materiálu řezáním je nejpoužívanější způsob dělení materiálu. Při řezání je materiál ubírán s pomocí břitů nástroje a oddělený materiál odchází z místa řezu ve tvaru třísek. Dělení řezáním může probíhat na kotoučové pile, pile rámové nebo pásové pile. Další možností, jak dělit tyčový materiál je stříháním, což se dělí na stříhání nůžkami či stříhadlem. Dalším a posledním možným způsobem dělení, které je v této práci zmíněno je řezání kyslíko – acetylenovým plamenem. [21]

Kotoučová pila

Kotoučová pila spadá pod dělení řezáním. A je jedním z možných způsobů, s kterým lze provést dělení tyčového materiálu. Kotoučové pily jsou výkonné a umožňují kvalitní řezy. Hlavní rezný pohyb kotoučové pily je rotační. Pila je složena z ozubeného kovového disku a poháněcího mechanismu. Posuv řezu je buď mechanický, nebo častěji hydraulický. Materiál se také spíše upíná hydraulicky. Velikost kotoučových pil je určena dle minimálního a maximálního průměru pilového kotouče, který je určen pro práci na stroji. Kotoučová pila je primárně určena pro jednotlivé dělení trubek, úhlového, plochého a plného materiálu. [21]

Pásová pila

Pásová pila stejně jako kotoučová spadá pod dělení řezáním a využívá se jak u dělení tyčového materiálu menších rozměrů, tak i u materiálů rozměrů větších. Výhodou této technologie je vysoká přesnost při dělení. Technologie dělení materiálu u pásové pily je založena na řezání nekonečným pilovým pásem napnutým mezi hnacím a hnaným kotoučem. V blízkosti řezu je pás veden pomocí kladek. Dle konstrukce rozlišujeme pásové pily svislé, vhodné k vyřezávání plechů a pásové pily vodorovné, které se využívají právě u dělení tyčového materiálu. Tento typ pásové pily má umístěné kotouče za sebou a ty jsou nakloněny k vodorovné rovině. Pás je širší než u svislých pásových pil. [23]

Řezání kyslíko-acetylenovým plamenem

Tato technika je vhodná pro silnější materiály. Podstatou je zahřát kov na spalovací teplotu a spálit jej v proudu kyslíku. Spalování uvolňuje teplo, které předehřívá další místo řezu. K ohřevu kovů se nejčastěji používají kyslíko-acetylenové plameny. Při pohybu hořáku vzhledem k obrobku se vytvoří zářez. Hořák má tři ventily, přičemž dva ovládající přívod acetylenu a kyslíku do plamene ohříváče a třetí ventil ovládající přívod řezacího kyslíku. Pro dosažení rovnoměrného, hladkého a úzkého řezu musí být hořák veden v jednotné a konstantní výšce nad řezaným materiálem. Konstrukční oceli obsahující uhlík v koncentraci asi 0,3 % lze velmi dobře řezat plamenem. [33]

Stříhání

Materiál je dělen pomocí dvou břitů, které na sebe vzájemně působí. U tohoto dělení se používají ruční pákové nůžky nebo lisy. [34] Ruční stříhání kovů se provádí tak, že se vhodně drží rukojeti nůžek, a to co nejdále od otočného čepu nůžek. Při stříhání se nerozevírají čelisti nůžek na maximum a materiál by měl klouzat ke špičce. Nože začínají stříhat jen při určitém úhlu rozevření, přibližně v prostřední třetině čelistí nůžek. Pomocí ručních pákových nůžek je možné stříhat materiál, který má průměr do 12 mm. Horní nůž, který má šikmý břit se pohybuje a dolní nůž je pevný. [40]

1.5 Návod pro obsluhu dělicího stroje

Dělicí stroj pro dělení tyčového materiálu je v mnoha průmyslových odvětvích považován za základní nástroj, od strojírenství přes automobilový průmysl až po stavebnictví. Tyto stroje jsou navrženy tak, aby dělily tyčový materiál na definované délky s vysokou přesností a opakovatelností. Správná obsluha a údržba musí být zajištěna pro efektivní a bezpečný provoz, což minimalizuje plýtvání materiálem a maximalizuje produktivitu. Tento návod poskytuje podrobný postup pro obsluhu a údržbu.

Bezpečnostní pokyny

Při práci s dělicím strojem musí být dodržovány zásady bezpečnosti práce a používány osobní ochranné prostředky (OOP):

- ochranné brýle – ochrana očí před třískami a prachem vznikajícím při řezání materiálu;
- sluchátka – ochrana sluchu před hlučností stroje;
- pracovní rukavice – ochrana rukou před ostrými hranami a teplem;
- ochranný oděv – celková ochrana těla před zraněními.

Kontrola bezpečnostních prvků

Před každým použitím stroje je nutné zajistit, že všechny bezpečnostní prvky, jako jsou ochranné kryty a bezpečnostní zámky, jsou na svém místě a plně funkční:

- ochranné kryty – je potřeba ujistit se, že všechny pohyblivé části stroje jsou zakryty,
- nouzové zastavení – identifikace polohy nouzového zastavení a naučení se ho používat,
- označení rizikových zón – důsledné dodržování označených rizikových zón a varování.

Příprava stroje na provoz

Kontrola stavu stroje pro bezpečný a efektivní provoz je před každým použitím nezbytně nutná a také zabezpečení důkladnou kontrolou mechanického stavu stroje:

- kontrola mechanických částí – ověření, že žádné viditelné známky opotřebení, praskliny nebo poškození mechanických částí nejsou přítomny,
- elektrické připojení – zajištění, že všechna elektrická připojení jsou v pořádku a žádné porušené kabely nebo volné spoje nejsou přítomny.

Důkladná příprava stroje zajistí přesnost a kvalitu řezu:

- kontrola hladiny maziv – ujištění se, že hladiny všech maziv jsou v požadovaných mezích dle pokynů výrobce,
- nastavení parametrů – nastavení příslušných parametrů dle technických specifikací daného materiálu, například průměr tyčového materiálu, tvrdost, délka řezu.

Obsluha dělicího stroje

Přesné upevnění tyčového materiálu je klíčové pro dosažení kvalitních a rovnoměrných řezů:

- umístění materiálu – ujištění, že tyčový materiál je správně upevněn v upínací jednotce,
- kontrola upínací síly – zabezpečení materiálu dostatečnou upínací silou, aby nedošlo k jeho posunutí během řezání.

Pro správné dělení musí být nastaveny správné parametry:

- nastavení délky dělení – nastavení délky materiálu dle požadovaných specifikací,
- nastavení rychlosti řezání – přizpůsobení rychlosti řezání typu a tvrdosti materiálu,
- ověření nastavení: Před spuštěním stroje se ujistit, že všechna nastavení jsou správná.

Provedení řezu a řez se provádí podle následujících kroků:

- spuštění stroje – zapnutí stroje a pomalé spuštění dělicího nástroje na materiál,
- monitorování procesu – během řezání se průběžně monitoruje proces. Dbá se na plynulý chod a okamžitě se zastavuje stroj v případě jakéhokoliv problému, anomálie nebo neobvyklého zvuku,
- dokončení řezu – po dokončení řezání se vypne stroj, uvolní se materiál a zkontroluje se kvalita řezu.

Údržba a kontrola po provozu

Po každé směně nebo ukončení práce je nutné provést tyto kroky:

- čištění stroje – odstranění všech zbytků materiálu a nečistot z pracovních ploch stroje,
- kontrola komponentů – zkontrolování všech mechanických a elektrických částí stroje na opotřebení nebo poškození,
- mazání – podle instrukcí výrobce se obnoví mazání pohyblivých částí stroje.

Kromě denní údržby je nezbytné pravidelně provádět preventivní kontroly a údržbu:

- kontrola všech spojů a upevnění – pravidelně kontrolovat a utahovat všechny spoje a upevnění,
- kalibrace – pravidelně kalibrovat měřicí zařízení a kontrolovat nastavení stroje dle technických specifikací,
- výměna opotřebovaných dílů – včas nahrazovat všechny opotřebované nebo poškozené díly, aby byl zajištěn plynulý a bezpečný provoz stroje.

Dodržováním výše uvedených pokynů by měl být zaručen efektivní, bezpečný a produktivní provoz dělicího stroje pro dělení tyčového materiálu. Pravidelná údržba a kontrola nejen prodlužují životnost stroje, ale také přispívají k bezpečnosti pracovního prostředí a kvalitě výrobků. Rovněž je důležité, aby operátoři byli pravidelně školeni a měli aktuální znalosti o provozu a údržbě stroje, čímž se snižuje riziko nehody a zvyšuje se efektivita práce.

Dále se doporučuje:

- pravidelná školení – organizování pravidelných školení pro operátory, aby byli seznámeni s novými technikami, bezpečnostními předpisy a nejlepšími postupy pro údržbu stroje.
- aktualizace dokumentace – pravidelně aktualizovat dokumentaci a návody k obsluze podle změn a vylepšení stroje nebo bezpečnostních předpisů. [48] [49] [50]

1.6 Návod pro plánovače

Pro plánování dělení s cílem maximalizovat využití materiálu je důležité přistupovat k procesu systematicky a efektivně. Zde je návod, jak postupovat:

- 1) Zaměření na dostupný materiál – nejprve zjistěte, jakým materiálem disponujete, včetně jeho délky, šířky a tloušťky. Důkladné porozumění vstupnímu materiálu je důležité pro další kroky plánování.
- 2) Definování požadavků na dělení – na základě požadovaných délek dílů a zohlednění zbytkových délek je třeba určit optimální délky jednotlivých dílů, které je potřeba získat z tyče.
- 3) Vyhodnocení efektivního dělení – krok, v kterém je důležité se zamyslet jakým způsobem lze materiál nejlépe rozřezat na potřebné délky. Můžou se zkoumat různé kombinace řezů a strategie, které minimalizují odpad nebo využívají zbytky materiálu pro další kusy.
- 4) Výpočet optimálních řezů – s pomocí plánovačů nebo software pro optimalizaci řezání materiálu se mohou zadat délky požadovaných dílů a vstupní délku materiálu. Software poté vypočítá optimální způsob řezání s minimálním odpadem materiálu.
- 5) Výroba – po vytvoření optimálního plánu řezání se postupuje k fázi samotného řezání tyčového materiálu podle plánu. Dbá se na bezpečnostní opatření při manipulaci s řezacím nástrojem.
- 6) Kontrola řezů a odpadu – kontrola provedených řezů a vzniklého odpadu. I malé chyby nebo nedokonalosti při řezání mohou vést k neefektivnímu využití materiálu.
- 7) Optimalizace procesu – analýza výsledků plánování a hledání způsobů, jak zlepšit proces plánování řezání. Možná identifikace opakujících se vzorů nebo nalezení způsobů, jak lépe využít dostupný materiál.
- 8) Sledování výsledků a zpětná vazba – po dokončení je vyhodnocení, jak dobře se podařilo využít materiál.

Plánování dělení tyčového materiálu je klíčové pro optimalizaci výrobního procesu a minimalizaci zbytků. Efektivní plánování zajišťuje, že materiál je využit co nejefektivněji, což vede k úsporám nákladů a snížení odpadu. Tento návod poskytne detailní kroky a strategie, které plánovačům pomohou minimalizovat zbytky při dělení tyčového materiálu.

1.7 Informační systémy

Informační systém je soubor lidí, metod a technických prostředků, zajišťujících sběr, uchování a zpracování dat s účelem prezentace informací pro potřeby uživatelů. Systém je také možné definovat jako množinu vzájemně propojených komponent, které by měly pracovat dohromady pro celý systém tak, aby splnily společný účel. [39]

V této podkapitole jsou popsány příklady již existujících informačních systémů, které se zabývají evidencí hutního materiálu a efektivnějším využíváním zbytků. Zmíněné informace slouží k určité představě o fungování již implementovaných informačních systémů v podnicích. Informační systémy, které se zabývají problematikou skladování, dělení a minimalizací zbytků u tyčového materiálu jsou tzv. ERP informační systémy neboli Enterprise Resource Planning systémy.

1.7.1 Enterprise Resource Planning

Jedná se o celopodnikový informační systém, který je využíván různými odděleními ve firmě a napomáhá efektivně řídit veškeré firemní procesy. Může se například jednat o oblasti plánování výroby, skladové zásoby, nákup, prodej apod. Data jsou vzájemně propojena a navázána napříč firmou a tím je vyloučena duplicita vytvářených operací. [42]

ERP systémy jsou dále označovány jako aplikace, které mají celopodnikový charakter a mají tyto vlastnosti:

- **Funkcionalita** – vymezení rozsahu a úrovně funkcí ERP podle různých oblastí podnikového řízení.
- **Úroveň integrace** – vyjadřuje, jakým způsobem a do jaké míry jsou moduly ERP vzájemně propojeny.
- **Provozní prostředí** – udává, na jakém databázovém a operačním systému může ERP fungovat a jaké jsou technické požadavky na hardware.
- **Úroveň lokalizace** – jedná se o to, pokud je aplikační software zahraničního původu, do jaké míry je schopen se přizpůsobit prostředí v konkrétní zemi.
- **Jazykové prostředí** – vyjadřuje, v jakých jazycích se dá ERP využívat. Toto je velice důležité pro zahraniční společnosti, které podnikají na trhu dané země. [36]

1.7.2 Funkcionalita ERP systémů

Funkcionalitou ERP systémů rozumíme souhrn všech operací s daty, které se provádějí pro řízení podniku. Funkcionalita ERP systémů je široce rozsáhlá. Struktura funkcí se liší podle daného ERP systému a jsou mezi nimi veliké rozdíly. [36]

Dle Gály a spol (2009) ERP systémy zahrnují následující moduly:

- řízení financí,
- prodej,
- nákup,
- sklady,
- lidské zdroje,
- mzdy,

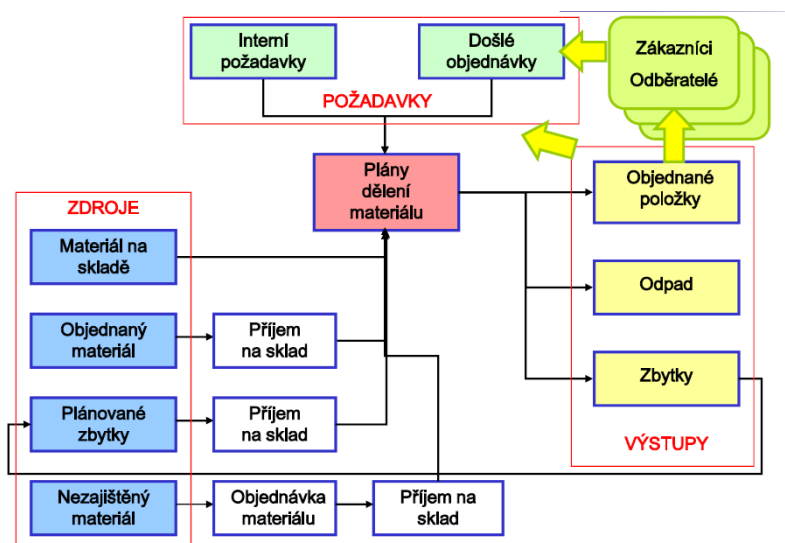
- plánování výroby.

1.8 Softwarové systémy a nástroje

Existuje několik aplikací a softwarových nástrojů, které jsou navrženy speciálně pro dělení tyčového materiálu s cílem minimalizovat zbytky a optimalizací dělicích plánů. Zde je seznam některých používaných systémů a nástrojů, které se zabývají problémem uvedeným v této diplomové práci.

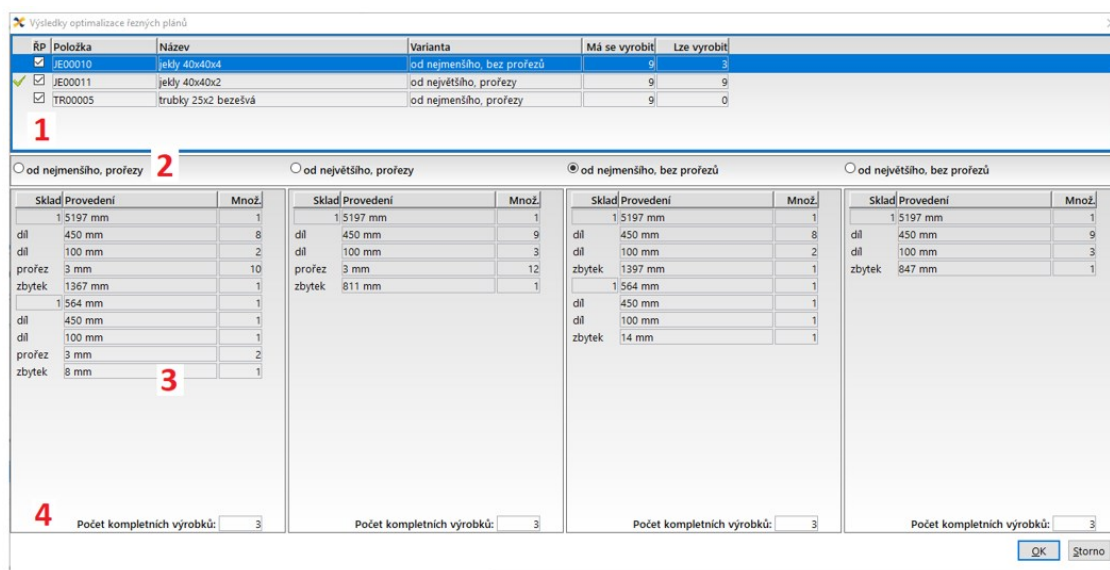
Systém KTKw

Jeden z informačních systémů, který se zabývá optimalizací rezných plánů tyčového materiálu je informační systém KTKw. Jedná se o ERP systém, který má jednotlivé moduly jako obchod, ekonomika a finance, výroba, oborová řešení, výstupy a přehledy, externí aplikace a další moduly jako servis, docházka, expedice atd. Základem pro tento komplexní informační systém je koncepce modulárních systémů. IS KTKw podporuje vyřizování důležitých agend a podnikových procesů. Tento informační systém je určený zejména pro společnosti, které nabízejí hutní materiál a také se jím zabývají. Systém eviduje rozměrný materiál a efektivněji využívá skladové prostory, snaží se lépe využívat zbytky po dělení, čímž zlepšuje ekonomický přínos celé společnosti. Například rozměry položky, které jsou evidovány a vzniknou dělením, nejsou nadále v systému chápány jako nové položky, ale jako položky po dělení. Systém dále nabízí jednoduchou podporu pro dělení materiálu, tvorbu podkladů pro dělicí pracoviště a doplňuje skutečné údaje o dělení. Tím je myšlena evidence s vazbou na šarže, rozměry objednané zákazníkem a vrácené zbytky na sklad po dělení. Po dělení je dále možné jak použití celých profilů, tak i zbytků, ale i dalších položek. Přehledný diagram celého průběhu procesu při dělení materiálu a funkcionality této podpory pro dělení materiálu je znázorněn na obrázku č. 8. Celý plán dělení materiálu je rozdělen do tří sekcí, a to zdroje, požadavky a výstupy. Mezi zdroje při plánu dělení materiálu je zařazen materiál na skladě, objednaný materiál, plánované zbytky po dělení a nezajištěný materiál. Mezi požadavky jsou zařazeny objednávky a interní požadavky a mezi výstupy odpad a zbytky, jsou dále předány, pokud jsou nad minimální rozměr po dělení, zpátky na sklad.



Obrázek 6: Ukázka informačního a materiálového toku [41]

IS se dále zabývá podporou optimalizace řezných plánů tyčového materiálu, která vytváří návrhy na zajištění materiálu ve výrobním příkazu řeznými plány. Řezné plány využívají aktuální volné zásoby tyčí různých délek. Tato funkce se nachází v modulu Výroba a váže se na vstupní materiál na skladě. Optimalizace, která je v systému k dispozici vytváří návrhy na zajištění materiálu ve výrobním příkazu právě řeznými plány na základě aktuálně volného počtu kusů a z konkrétních materiálových potřeb dle zakázek. Jsou zohledněny například nároky jako nezahrnování do plánu prořezy, využívání v řezných plánech výsadně materiál s největšími rozměry a tím minimalizaci počtu manipulací s materiálem nebo naopak využívání v řezném plánu přednostně materiál s nejkratšími délkami. Pro lepší pochopení a představu je zobrazení optimalizace v informačním systému KTKw na obrázku č. 9. Každá jednotlivá část v tomto okně má různý účel. Nad číslem jedna je seznam řezných plánů. U čísla dva je možnost volby varianty optimalizace. Nad číslem tři jsou čtyři varianty a jejich obsahy řezného plánu a u čísla čtyři je počet kompletních výrobků, které lze vyrobit zvolenou variantou.

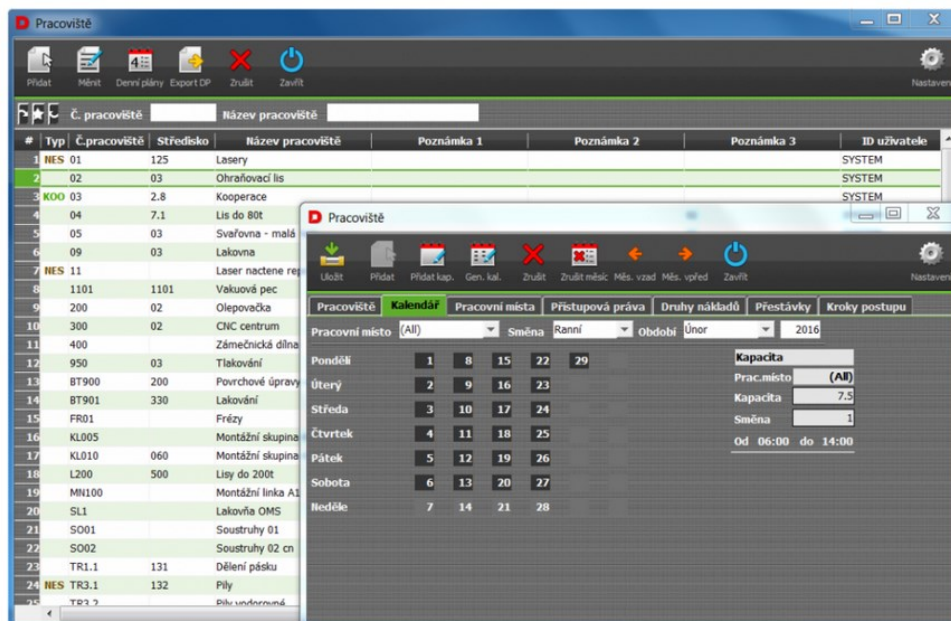


Obrázek 7: Vzhled systému ISu KTKw – řezné plány [41]

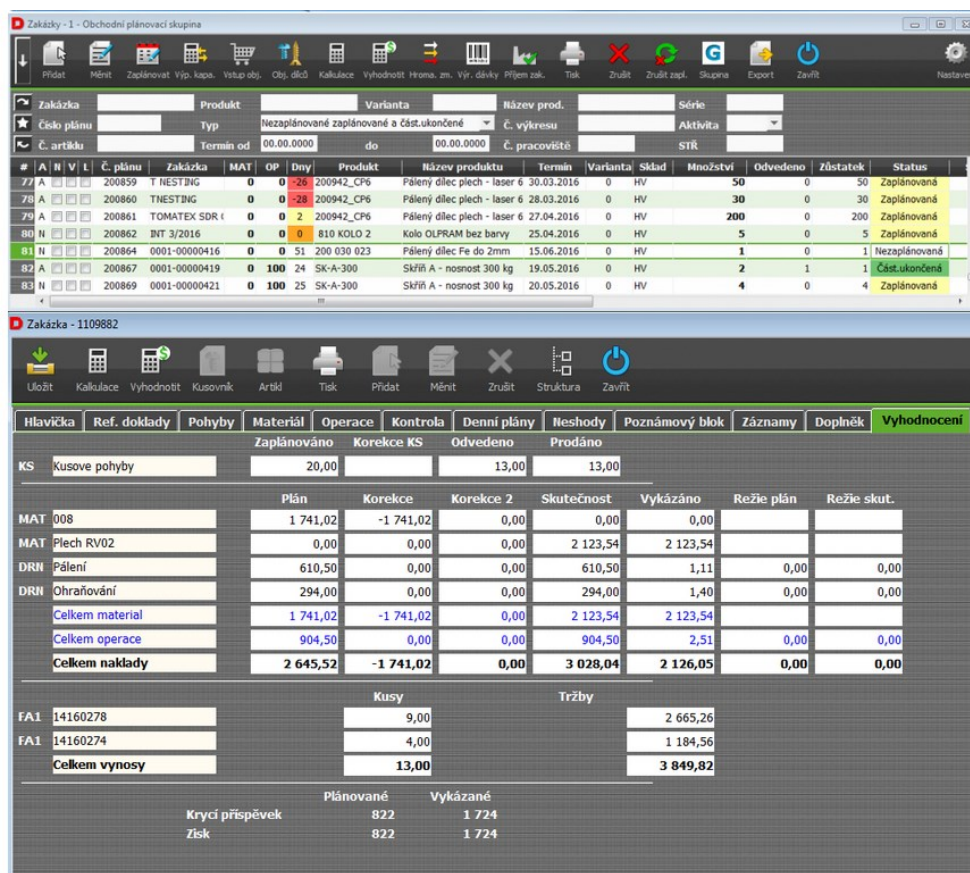
Systém Dialog 300 Skylla

Dialog 3000 Skylla je informační systém vyvinutý firmou Control s.r.o. Jedná se také o ERP systém a jeho implementace se provádí většinou v podnicích, kde probíhá strojírenská výroba. Systém nabízí optimalizaci ve výrobě s kapacitním plánováním, dílenským řízením a sledováním úzkých míst ve výrobním procesu. Moduly v tomto systému jsou Plánování výroby, Sběr dat ze strojů a ve výrobě, Nákup, prodej, Skladové hospodářství a Řízení administrativy. Plánování výroby vytváří hlavní část řízení výroby a je dále rozdělena na materiálové plány, sledování operací a zakázky. Probíhá zde tedy evidence a sledování stavu zakázek, provádění rezervace materiálů pro danou výrobu a definování požadavků k výdeji do výroby a v poslední řadě slouží k načítání vstupů, které se týkají k realizaci jednotlivých operací. Dále firma Control s.r.o. na svých webových stránkách uvádí, že každá výrobní zakázka obsahuje identifikaci výrobku, sklad, odvedené a požadované množství a plánovaný termín. Výhodou tohoto systému je vazba všech modulů vzájemně na sebe. Modul Skladové hospodářství dodává přehled o stavu a historii všech skladových položek materiálu nebo už hotových výrobků a definuje produkty pro snadnější zpracování komplikovaných případů. V tomto modulu jsou také nastavy pro celý systém, jako je například evidence a práce s plošným řezaným materiálem, oprava forem a systém pro sledování a řízení toku. Modul Nákup je navázán na skladové hospodářství a slouží k automatizaci procesů, které probíhají

v oddělení zásobovacím dané firmy. Na obrázku č. 10 a č. 11 je zobrazené uživatelské rozhraní systému Dialog 3000 Skylla.



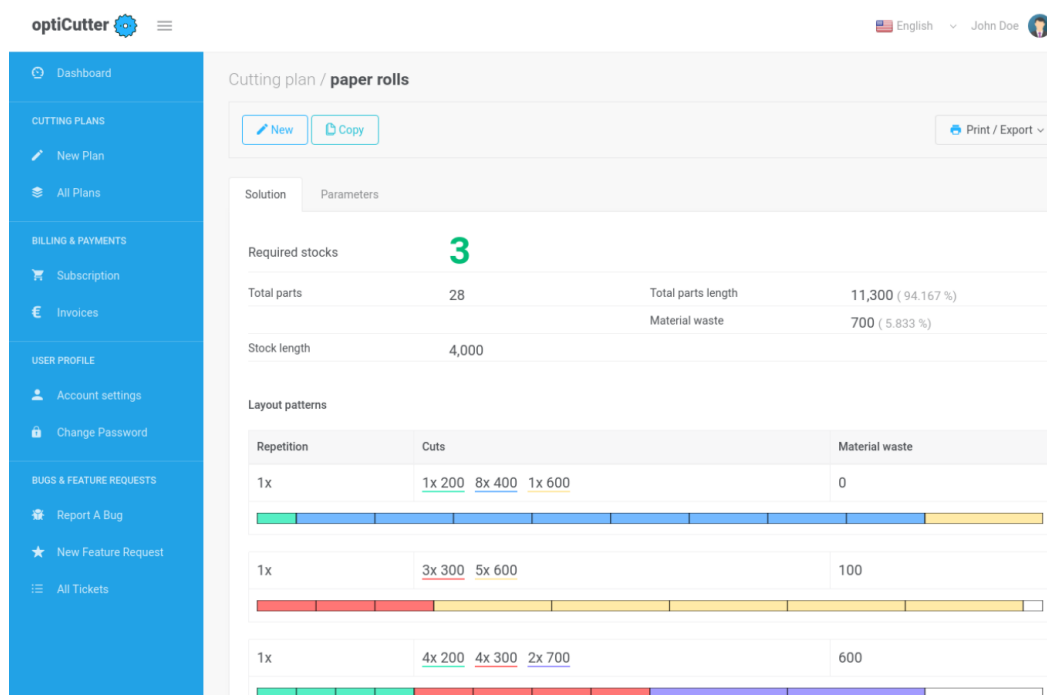
Obrázek 8: Vzhled systému Dialog 300 Skylla – Pracoviště [38]



Obrázek 9: Vzhled systému Dialog 300 Skylla – Zakázky [38]

OptiCutter

Dalším nástrojem, který se snaží najít optimální řešení při dělení materiálu je OptiCutter. OptiCutter je zdarma k používání na internetu, kde je možné si dále zaplatit předplatné, které poté uživatelům nabízí více funkcí. Všechny rezné plány jsou zobrazeny v jedné tabulce a parametry materiálu jsou k dispozici také s informacemi o řešení, jako je počet použitých zásob nebo vzory rozložení a jejich řezů. Řezací plány lze přidávat a mazat. Nástroj umožňuje tvorbu skladu a materiálu v něm, kde je délka materiálu, množství, skladový kód a popis. Dále je zde tvorba nářezového plánu, kde jsou dostupné zásoby, kde může uživatel vytvořit novou skladovou zásobu nebo přidat materiál ze skladu, kde se již skladová zásoba nachází. U skladové zásoby je dále možné vybrat délku a množství. Další je okno požadované díly neboli materiál, který je potřeba dle dané objednávky nařezat. U požadovaných dílů je potřeba zadat délku a množství. Nástroj se po zadání všech parametrů a po výpočtu snaží minimalizovat odpad po dělení.



Obrázek 10: Vzhled optiCutter [51]

1.9 Cutting Stock Problem

Práce se zaměřuje na minimalizaci zbytků po dělení a obecně můžeme dle literatury toto nazvat jako Cutting Stock Problem. CSP je klasickým optimalizačním problémem, který se objevuje ve výrobě a operačním výzkumu. Cílem je přesně rozdělit materiály, jako jsou tyče, plechy nebo dřevo, na malé části specifikovaných velikostí, aby se minimalizoval odpad a splnily se rozměrové požadavky. [52]

Jinak řečeno, na vstupu je k dispozici materiál, který má určitou délku a šířku. Poté jsou dané objednávky s požadovanými délkami a množstvím kusů, který je potřebný ke splnění dané objednávky a je třeba ho dělit z dostupného materiálu na vstupu. Cílem je splnit objednávky z dostupného materiálu tak, aby se minimalizoval odpad. Jsou dány rezné vzory a každý rezný vzor určuje, jaké kusy a v jakém množství se mají dělit. Optimální řešení může být řešeno dle optimalizačních technik a mezi ně patří lineární programování, dynamické programování, generování sloupců anebo heuristické algoritmy. [53]

K řešení CSP se obvykle používá jeden z následujících dvou přístupů nebo jejich kombinace. Přístup lineárního programování a enumerativní přístup. Základní rozdíl mezi oběma přístupy spočívá v tom, že v metodě lineárního programování je kompletní množina nedokonalých řezyňých vzorů postupně upravována, dokud není nalezena dostatečně dobrá množina, zatímco v enumerativním přístupu je množina vzorů postupně doplňována o dobré vzory, dokud není získána úplná množina. [54] [55]

CSP je optimalizačním problémem v široké řadě aplikací v průmyslu. Efektivní řešení mohou poskytnout významné úspory nákladů a lepší efektivitu zdrojů. K vyřešení tohoto problému lze použít různé matematické modely a algoritmy v závislosti na požadavcích a omezeních aplikace.

1.10 Optimalizace dělicího plánu

V kapitole 1.9 byl obecně popsán související problém této práce. Zde jsou navazující možná řešení optimalizace dělicího plánu, které mohou být v několika ohledech důležitá pro efektivní využití materiálu a minimalizaci odpadu. Postup může být také klíčovým bodem při snaze optimalizace dělicího plánu.

Jako prvním bodem by mělo být shromáždění informací a všech potřebných detailů, jakou jsou rozměry dostupného materiálu, požadované délky řezů a počet kusů potřebných pro objednávku. Druhým krokem je stanovení cíle optimalizace a definice obecných cílů, například minimální délka po dělení nebo maximalizace využití dostupného materiálu. Následuje výběr metody optimalizace neboli výběr vhodné metody pro náš konkrétní problém. To může zahrnovat, jak už bylo zmíněno v kapitole 1.9, algoritmy jako je dynamické programování, heuristické metody nebo genetické algoritmy. Následující krok může zahrnovat vytvoření matematického modelu našeho problému, který zahrnuje omezení a cíle optimalizace. To může být například úloha omezující se na určitý počet řezů nebo minimalizaci odpadu. Další v pořadí je implementace optimalizačního algoritmu na vytvořený matematický model. To může také zahrnovat použití specializovaných softwarových nástrojů nebo programovacích jazyků. V neposlední řadě je testování a ladění, které může zahrnovat testování optimalizačního algoritmu na různých datech tak, aby dosahoval co nejlepších výsledků. Poté přichází analýza výsledků, kde se mohou analyzovat výsledky optimalizace a porovnávat s požadavky cíle, který se očekává. Po získání optimálního řezacího plánu ho poté můžeme implementovat. Posledním krokem je hodnocení a zpětná vazba, což může sloužit ke zlepšení budoucích optimalizačních úloh. [56] [53]

Optimalizace dělicích plánů jsou důležitou částí v průmyslových procesech, které se týkají dělení materiálů s cílem minimalizace odpadu a maximalizace využití zdrojů. Při zvolení efektivního dělicího plánu se umožňuje minimalizace odpadu a tím se snižují náklady na materiál a současně se také snižuje negativní dopad na životní prostředí. Současně se zvyšuje produktivita výrobních procesů a správně dělicí plány mohou také usnadnit skladování a logistiku hotových výrobků, což zlepšuje efektivitu a snižuje náklady spojené se skladováním. Optimalizace dělicích plánů může být složitým úkolem, ale je klíčovým bodem ke zlepšení celkové efektivity a úspore jak materiálu, tak i času.

1.11 Nástroje a metody u optimalizace dělicího plánu

Při optimalizaci dělicího plánu lze využít určité nástroje a metody, které napomáhají ke zlepšení celkové efektivity dělicích plánů. Mezi nástroje patří:

- Optimalizační software – existují specializované softwary navržené pro řešení problému optimalizace dělení. Mezi ně se řadí například Gurobi, CPLEX, Lingo nebo Metaheuristics Optimization Software (MOS).
- CAD/CAM software – některé programy obsahují funkce optimalizace dělení materiálu a tyto funkce umožňují návrh a plánování dělicích plánů přímo v softwaru.
- Microsoft Excel – Microsoft Excel může být také využit k implementaci jednoduchých algoritmů pro optimalizace dělicích plánů a analýzu výsledků.

Mezi metody se řadí:

- Lineární programování – je matematická metoda pro optimalizaci lineárních funkcí za přítomnosti lineárních omezujících podmínek. Tuto metodu lze použít k optimalizaci řezacího plánu s cílem minimalizovat materiál po dělení.
- Dynamické programování – je algoritmická technika pro řešení problémů, které lze rozdělit na menší podproblémy. Tato metoda se často používá k optimalizaci řezacího plánu, zejména pokud je potřeba minimalizovat počet řezů.
- Heuristické metody – jsou jednoduché strategie pro řešení složitých problémů, které obvykle poskytují rychlá, ale možná neoptimální řešení. Často se používají k rychlému nalezení přijatelného dělicích plánů v situacích, kdy není možné použít složitější optimalizační algoritmy.
- Genetické algoritmy – jsou inspirovány procesy přirozené evoluce a selekce a používají se k nalezení optimálních řešení pro problémy s velkým prostorem možných řešení.

Každá z těchto metod a nástrojů má své výhody a omezení a volba správné metody závisí na konkrétních požadavcích a dostupných zdrojích. Pro komplexnější problémy může být také jednou z možností kombinace více metod a využití softwaru. [57]

1.12 Algoritmy pro optimalizaci dělicích plánů

Optimalizace dělicích plánů je zásadní pro efektivní využití materiálů a minimalizaci zbytků. Existuje několik typů algoritmů, které mohou být využity pro optimalizaci těchto plánů. Níže jsou popsány nejčastěji využívané typy algoritmů a jejich přístupy k řešení tohoto problému:

- 1) Heuristické algoritmy – využívají přibližné řešení problémů, které jsou příliš složité na přesné řešení v přijatelném čase.
 - Greedy algoritmus – tento algoritmus vždy vybírá největší možný kus materiálu, který může být použit pro aktuální požadavek, čímž se snaží maximálně využít každý kus materiálu okamžitě. Výhodou je jednoduchá implementace a rychlé výsledky. Nevýhodou je, že může vést k suboptimálním řešením, pokud vykonává lokální optimalizace namísto globálních.
 - First-Fit algoritmus – tento algoritmus přiřadí každý požadavek na délku materiálu do prvního dostupného zbytku, který je dostatečně dlouhý. Výhodou je rychlá a snadná implementace. Nemusí vždy poskytnout optimální řešení a může vést k větším celkovým zbytkům.
 - Best-Fit algoritmus – tento algoritmus přiřadí každý požadavek na délku materiálu do nejmenšího zbytku, který je dostatečně dlouhý pro tento požadavek. Snaží se lépe využít dostupné zbytky a může poskytnout efektivnější řešení než First-Fit. Může být časově náročnější než First-Fit, pokud je třeba porovnávat mnoho zbytků.
- 2) Dynamické programování – je přístup, který řeší problémy rozdělením na menší podproblémy a kombinací jejich výsledků.

- Knapsack algoritmus – tento algoritmus je inspirací pro problémy, kde je potřeba optimalizovat výběr položek s omezeným prostorem nebo kapacitou (např. tyče materiálu). Pomocí dynamického programování se vypočítá optimální řešení pro různé kombinace. Může najít optimální řešení při vhodné implementaci. Nevýhodou je, že může být výpočetně náročný a nevhodný pro velmi velké problémy bez optimalizace.
- 3) Lineární programování – je matematická technika, která umožňuje optimalizaci lineárních cílů a omezení.
- Metoda Simplex – tato metoda hledá optimální řešení lineárního problému pomocí pohybu mezi vrcholy polyedru definovaných omezení. Může přesně najít optimální řešení pro lineární problémy. Problémy s nelineárními omezeními nebo nelineárními cíli mohou způsobovat problémy.
- 4) Metaheuristiky – jsou vyšší úrovně heuristik, které mohou najít velmi dobrá, ale ne nutně optimální řešení pro velké a složité problémy.
- Genetický algoritmus – tento algoritmus napodobuje proces přirozené selekce, přičemž jednotlivá řešení jsou "chromozomy" a zlepšují se pomocí křížení a mutací. Schopnost efektivně prozkoumat rozsáhlé hledací prostory a najít dobrá řešení i pro složité problémy. Může být výpočetně náročný, a ne vždy najde globálně optimální řešení.
 - Simulované žihání – algoritmus inspirovaný procesem žihání v metalurgii. Postupně redukuje "teplotu" optimalizace, čímž umožňuje skok na lepší řešení. Dobrá schopnost úniku z lokálních optim, což vede k robustní optimalizaci. Může být pomalý a vyžaduje vhodné nastavení parametrů.
 - Tabu Search – pokročilá metaheuristika, která používá paměť k vedení, hledání a zabránění návratu k již prozkoumaným řešením. Efektivní pro velké, složité problémy a schopnost prozkoumat hledací prostor efektivně. Vyžaduje správné nastavení a řízení paměti. [57] [58] [59]

Při implementaci ERP systému pro optimalizaci dělicích plánů s cílem minimalizovat zbytky po dělení materiálu je důležité vybrat vhodný algoritmus a zvážit povahu konkrétního problému. V mnoha případech je také možná kombinace algoritmů.

1.13 Ruční a optimalizované dělení

Dělení materiálů je klíčovou součástí mnoha průmyslových odvětví a existují různé metody, jak toho dosáhnout. Mezi hlavní způsoby patří ruční dělení a optimalizované neboli automatizované dělení. Každá z těchto metod má své výhody a nevýhody, které je třeba zvážit při rozhodování, která metoda je vhodnější pro konkrétní proces. V této části jsou popsány jednotlivé výhody a nevýhody pro oba styly dělení.

Ruční dělení

Výhody:

- Flexibilita – ruční dělení umožňuje operátorům přizpůsobit řez v reálném čase podle potřeby. To je užitečné při práci s nepravidelnými tvary nebo složitými detaily.
- Nízké počáteční náklady – pořizovací náklady na nástroje pro ruční dělení jsou obecně nižší než u automatizovaných systémů.
- Jednoduchost – pro menší projekty nebo jednorázové úkoly může být ruční dělení jednodušší a rychlejší než nastavování automatizovaného zařízení.

Nevýhody:

- Lidský faktor – kvalita řezu může být proměnlivá v závislosti na zručnosti operátora. Existuje vyšší riziko chyb a nekonzistence.
- Efektivita a rychlost – ruční dělení je často pomalejší než automatizované metody, což může být nevýhodou při větších zakázkách.
- Fyzická námaha – ruční dělení může být fyzicky náročné, což může vést k únavě operátorů a zvýšenému riziku zranění.

Optimalizované dělení

Výhody:

- Přesnost a konzistence – automatizované systémy poskytují vysokou přesnost a konzistenci řezu, což je ideální pro sériovou výrobu.
- Rychlost a efektivita – optimalizované řezací systémy mohou zpracovávat materiály mnohem rychleji než ruční metody, což vede k vyšší produktivitě.
- Snížená fyzická námaha – automatizované systémy snižují potřebu manuální práce, což může vést k menšímu riziku zranění a únavy operátorů.

Nevýhody:

- Vysoké počáteční náklady – investice do automatizovaných řezacích strojů může být značně vysoká, což může být pro menší firmy limitující.
- Složitost údržby – automatizované systémy vyžadují pravidelnou údržbu a technické znalosti pro řešení případných problémů.
- Méně flexibility – automatizované systémy mohou mít omezenou schopnost přizpůsobit se změnám v reálném čase a nepravidelným tvarům materiálů. [52] [60]

Otázka tedy je, čemu při výběru dát přednost vzhledem k výše zmíněným výhodám a nevýhodám. Výběr mezi ručním a optimalizovaným dělením závisí na konkrétních potřebách a podmínkách. Pro menší projekty nebo jednorázové úkoly by mohlo být ruční dělení lepší volbou díky své nízké ceně a flexibilitě. Pro velkoobjemovou produkci a opakované úkoly nabízí optimalizované dělení vyšší efektivitu, přesnost a konzistenci, což je zase klíčové pro sériovou výrobu. Konečné rozhodnutí by mělo vycházet z analýzy konkrétních požadavků.

2 Praktická část

Praktická část se především zaměřuje na analýzu daného problému a popisu používání vytvořeného nástroje pro skladování a dělení tyčového materiálu. Skládá se z funkční analýzy a datové analýzy. Funkční analýza obsahuje zadání, návrh vzhledu aplikace, předpoklady a vlastnosti, které by mohla aplikace splňovat a také předpoklady pro algoritmus. Datová analýza je zaměřena na analýzu programové podpory a její další řešení, co se týče datové základny, integritních omezení, výskytových diagramů a v neposlední řadě datovou základnu neboli ER diagram, který je stavební jednotkou programové podpory. Programová podpora byla vytvořena v nástroji Microsoft Visual Studio pomocí objektově orientovaného programovacího jazyka C#. Primárním cílem je vytvořit programovou podporu, která je schopná optimalizovat dělicí plány tak, aby docházelo k minimalizaci zbytků po dělení tyčového materiálu. Je důležité poznamenat, že rozsah realizace algoritmu je širší než diplomová práce a algoritmus je tedy jednou z možných řešení problému minimalizace zbytků po dělení.

2.1 Funkční analýza

Funkční analýza představuje jednu z klíčových fází vývoje nástroje, kde dochází k detailnímu popisu požadavků a funkcionalit, které může aplikace obsahovat. V rámci diplomové práce, která se zaměřuje na skladování a dělení tyčového materiálu s cílem minimalizovat zbytky, má funkční analýza zásadní roli v definování požadavků a specifikací pro navrhovanou aplikaci. Funkční analýza slouží k detailnímu popisu jednotlivých částí aplikace, od zadání až po návrh uživatelského rozhraní a určení funkcí a vlastností, které by měla programová podpora splňovat. Zahrnuje také definici předpokladů a vlastností, které jsou klíčové pro správné fungování aplikace a dosažení stanovených cílů. Dále obsahuje také možný návrh řešení algoritmu v nástroji. Simulace v této fázi má za cíl testovat a prověřit schopnost minimalizovat zbytky materiálu v různých scénářích. Díky funkční analýze lze přesněji stanovit, jakým způsobem aplikace splní požadavky na minimalizaci zbytků při skladování a dělení tyčového materiálu. Pomůže lépe porozumět procesům v aplikaci, navrhnout efektivní algoritmy a také úspěšnou implementaci řešení s důrazem na minimalizaci ztrát a optimalizaci výrobních operací.

2.1.1 Zadání

Měla by být provedena datová analýza nástroje, který se týká skladování a dělení tyčového materiálu, kde je vedena evidence materiálu, který obsahuje typ materiálu a obvyklou délku, poté je k dispozici přehled o materiálu na skladě a jeho typu, délce a počtu kusů. Dále jsou zadány požadavky na nařezané tyče neboli objednávky od zákazníka, která obsahuje typ materiál, délku, termín a počet kusů. Úkolem je zadat výrobní příkazy na zadané požadavky a řešit náhrady za zmetky, odepisovat a přijímat materiál na sklad. Zbytky materiálu po dělení buď vracet do skladu na další zpracování, nebo je odepisovat do odpadu. Dělicí plány by se měly vytvářet tak, aby byla dodržena minimalizace zbytků po dělení. Součástí analýzy by mělo být:

- 1) Návrh vzhledu aplikace, před samotným řešením aplikace v programovacím prostředí Microsoft Visual Studio.
- 2) Předpoklady a vlastnosti, které by měl nástroj obsahovat. Tyto předpoklady a vlastnosti by měly být klíčové pro efektivní a úspěšný nástroj pro správu skladování a dělení tyčového materiálu. Je důležité, aby byly tyto prvky zahrnuty a dobře implementovány pro dosažení požadovaných výsledků.
- 3) Řešení optimalizace v případě dosažení cíle k maximalizaci efektivity a minimalizaci zbytků po dělení.

- 4) Konceptuální schéma pomocí ER diagramu, kde bude více variant a řešení a vybráno konkrétní řešení pro danou problematiku.
- 5) V jeho rámci by měly být navrženy a odvozeny vhodné vztahové a entitní typy.
- 6) Za použití transformačních pravidel bude provedena transformace navrženého konceptuálního schématu do relačního databázového modelu.
- 7) Implementace vhodného algoritmu, který se bude snažit minimalizovat zbytky po dělení tyčového materiálu.

2.1.2 Návrh vzhledu aplikace

Pro návrh vzhledu aplikace pro skladování a dělení tyčového materiálu by měla být zohledněna především přehlednost, uživatelská přívětivost a efektivita práce uživatele. Zde je určitý návrh, jak by aplikace mohla vypadat a co by mohla obsahovat. Jedná se pouze o doporučení a finální vzhled aplikace se nemusí ztotožňovat s jeho návrhem.

Hlavní panel:

- Navigační panel – umístěn na levé straně obrazovky s možností rozbalení a sbalení, který obsahuje odkazy na hlavní funkce aplikace (např. evidence materiálu, objednávky, výrobní příkazy, reporty).
- Přehled skladových zásob – centrální část obrazovky obsahující tabulku se seznamem všech materiálů na skladě, zahrnující informace jako typ materiálu, délka, šířka, tloušťka, počet kusů a dostupné množství.
- Vyhledávací a filtrační možnosti – nad tabulkou s možností vyhledávat a filtrovat materiály podle různých kritérií, jako je typ materiálu, délka a atd.
- Tlačítka akcí – pro přidání nového materiálu, aktualizaci skladových zásob, vytváření výrobních příkazů a další operace.

Modul objednávek:

- Formulář pro vytvoření nové objednávky – umístěn na pravé straně obrazovky obsahující pole pro zadání požadovaných informací, jako je typ materiálu, délka, počet kusů a termín dodání.
- Seznam aktuálních objednávek – pod formulářem zobrazený seznam všech aktuálních objednávek zákazníků s možností editace a odstranění.

Modul výrobních příkazů:

- Seznam výrobních příkazů – zobrazení seznamu vytvořených výrobních příkazů s možností jejich zobrazení, editace a odstranění.
- Generátor řezacích plánů: možnost vygenerovat optimální řezací plán na základě vytvořených výrobních příkazů.

Modul reportů:

- Rozhraní pro generování reportů – možnost vygenerovat různé reporty, jako je například přehled skladových zásob, využití materiálu, objednávky a další.

Další funkce:

- Nastavení a uživatelský profil – možnost správy uživatelských účtů, nastavení aplikace a preferencí uživatele.
- Notifikace a upozornění – automatické notifikace o důležitých událostech, jako jsou nové objednávky, nedostatek materiálu na skladě atd.
- Historie operací – možnost zobrazení historie prováděných operací, jako jsou přidání nebo odebrání materiálu ze skladu, vytvoření výrobních příkazů a atd.

- Grafické vizualizace – možnost zobrazení grafických vizualizací, jako jsou schémata řezů, využití materiálu atd.

Tento návrh zohledňuje potřeby uživatele a poskytuje uživatelsky přívětivé prostředí pro správu skladování a dělení tyčového materiálu s minimalizací zbytků.

2.1.3 Předpoklady a vlastnosti

Nástroj pro správu skladování a dělení tyčového materiálu by měl mít několik klíčových předpokladů a vlastností, aby byl účinný a efektivní. Zde je seznam některých z nich:

- Evidenční systém – schopnost efektivně evidovat veškerý materiál na skladě, včetně typu materiálu, délky, šířky, tloušťky a počtu kusů.
- Správa objednávek – možnost zadávat a spravovat objednávky od zákazníků, které obsahují detailní informace o požadovaném materiálu, délce, množství a termínu dodání.
- Vytváření výrobních příkazů – schopnost generovat výrobní příkazy pro dělení materiálu na základě objednávek od zákazníků, které obsahují detailní informace o požadovaných řezech.
- Optimalizace řezacích plánů – možnost vytvářet optimální řezací plány s cílem minimalizovat zbytky materiálu a maximalizovat využití dostupného materiálu.
- Správa zmetků a odpadu: schopnost spravovat zbytky materiálu po dělení a rozhodovat, zda se mají vrátit do skladu na další zpracování nebo odepisovat do odpadu.
- Vizualizace a reporting – poskytnutí uživatelům možnost vizualizovat stav skladu, sledovat přehled objednávek a generovat reporty o využití materiálu, zbytcích a nákladech.
- Uživatelské rozhraní a použitelnost – zajištění uživatelsky přívětivého rozhraní, které umožní snadnou navigaci a používání nástroje.
- Flexibilita a škálovatelnost: schopnost přizpůsobit se různým typům materiálů, řezů a provozním potřebám podniku a současně poskytovat možnost rozšíření a aktualizace v budoucnosti.
- Spolehlivost a bezpečnost – zajištění spolehlivého a bezpečného provozu nástroje, který chrání citlivé informace o materiálu a objednávkách před neoprávněným přístupem a ztrátou dat.

Tyto předpoklady a vlastnosti jsou klíčové pro efektivní a úspěšný nástroj pro správu skladování a dělení tyčového materiálu. Je důležité, aby byly tyto prvky zahrnuty a dobře implementovány pro dosažení požadovaných výsledků.

2.1.4 Algoritmus

Hlavními předpoklady pro algoritmus jsou zadávání výrobních příkazů, které pokrývají požadavky, jejich realizace, odepisování a přijímání materiálu na sklad a zbytky po dělení by se měly buď vracet na sklad pro další použití nebo odepisovat do odpadu a měl by se také snažit o efektivní využití materiálu, tedy minimalizaci zbytků po dělení.

Při minimalizaci zbytků po dělení tyčového materiálu, by mohl být nejlepší postup v tomto případě následující optimalizační algoritmus. Tyče by se rozdělily podle délky na tři skupiny – krátké, dlouhé a již po dělení. Začaly by se vybírat tyče podle délky objednávky s prioritou pro buď nejdelší, nejkratší nebo již po dělení. Algoritmus by také mohl kombinovat krátké, dlouhé a tyče již dělené, aby minimalizoval nevyužité délky. Výhodou tohoto postupu je, že máme k dispozici různé délky tyčí, což umožňuje flexibilitu při výběru a minimalizaci odpadu. Je však důležité poznamenat, že úspěch tohoto postupu bude záviset na konkrétních požadavcích

objednávek a na tom, jakým způsobem jsou tyče vybírány a děleny v praxi. Experimenty a reálná data by byla užitečná k ladění a optimalizaci tohoto postupu pro konkrétní podmínky a požadavky vašeho skladu a výrobního procesu. V tomto případě dle vzniklých výsledků ze simulací zvolíme vhodnou metodu, která by mohla maximálně využít materiál a minimalizovat zbytek po dělení.

Jedná se pouze o předpoklad použití algoritmu v této práci a realita se může měnit při dalších krocích v programovacím prostředí a také dalších faktorech a překážkách, které mohou nastat.

2.1.5 Experimentální simulace

Experimentální simulace skladování a dělení tyčového materiálu je klíčová pro přesné pochopení reálných procesů spojených s tímto typem výroby a skladování. Zde jsou důvody, proč je tato simulace důležitá při vytváření algoritmu pro aplikaci. Experimentální simulace umožňuje detailní pohled na reálný proces skladování a dělení tyčového materiálu. Tím poskytuje důležité poznatky o jednotlivých krocích, vazbách mezi nimi a překážkách, které mohou nastat. Pro vypracování efektivního algoritmu pro plánování výroby a minimalizaci zbytků je nezbytné mít dobrou představu o fungování reálného procesu. Simulace umožňuje testovat různé scénáře, parametry a strategie pro nalezení optimálního řešení. Experimentální simulace může odhalit nečekané výzvy nebo nedostatky v procesu skladování a dělení tyčového materiálu. Tyto poznatky poskytují důležitý základ pro vylepšení procesů a začlenění potřebných úprav do algoritmu. Simulace skladování a dělení materiálu může sloužit k ověření správnosti a funkčnosti navrženého algoritmu. Může pomoci eliminovat chyby a nedostatky v algoritmu a véde k efektivnějšímu skladování a dělení tyčového materiálu. Tedy, experimentální simulace skladování a dělení tyčového materiálu je klíčovým krokem pro pochopení a optimalizaci v aplikaci.

Pro experimentální simulaci procesu vybírání a dělení tyčového materiálu s cílem minimalizovat odpad se může postupovat následovně:

- Definice parametrů – začne se definicí parametrů daného problému. To může zahrnovat délku a šířku tyčového materiálu, požadované rozměry kusů, jakékoliv omezení, jako je minimální délka nebo šířka kusů, a funkci nákladů (v tomto případě minimalizace odpadu).
- Vytvoření fyzického modelu – jak by se tento proces odehrával ve skutečnosti. Jak se vybírají kusy materiálu? Jak jsou rozdělovány? Jaké jsou možné způsoby, jak minimalizovat odpad?
- Experimentální proces simulace – použití experimentální simulace, což může zahrnovat fyzické nebo počítačové modelování, aby se simuloval proces vybírání a dělení materiálu. V počítačovém prostředí se může využít simulační software, který umožní vytvořit model procesu a provádět simulace s různými scénáři.
- Vyhodnocení výsledků – hodnocení výsledků simulace a analýza, jak dobře různé strategie minimalizují odpad. Zaměření se na to, jaký dopad mají různé faktory, jako je velikost kusů, způsob jejich dělení a výběru, na množství odpadu.
- Optimalizace – zvážení, zda je možné optimalizovat proces ještě více. Mohou se zkusit upravit parametry nebo strategie, které byly použity v simulaci, aby se minimalizoval odpad ještě efektivněji.
- Validace – pokud je možná validace výsledků simulace porovnáním s reálnými daty z podobných procesů nebo provedením fyzických experimentů, aby se ověřilo, že optimalizovaný proces skutečně minimalizuje odpad.

Pro experimentální simulaci se můžou využít různé nástroje a techniky, včetně počítačového modelování nebo dokonce fyzických prototypů. Klíčem je provádět opakované simulace s různými scénáři a analyzovat výsledky, aby se mohl optimalizovat proces pro minimalizaci odpadu. Zde jsou možné pokusy, které by mohly být provedeny:

Náhodné vybírání – zvolení parametrů pro sklad a pro požadované délky v objednávce a poté náhodné vybírání tyčí ze skladu podle potřeby pro objednávky a dělení tyčí dle objednávky. Cílem je zaznamenat zbytky po dělení a určit odpad pro každou tyč.

Prioritní vybírání podle délky – zvolení parametrů pro sklad a pro požadované délky v objednávce a poté se vybírají tyče podle délky objednávky a s prioritou na delší nebo kratší tyče a ty se dělí dle požadavků na objednávku. Cílem je zaznamenat zbytky po dělení a určit odpad pro každou tyč.

Optimalizační algoritmus – zvolení parametrů pro sklad a pro požadované délky v objednávce a poté se vybírají tyče podle délky objednávky a s prioritou. Implementace algoritmu, který vybírá tyče tak, aby minimalizoval odpad a tyče se dělí dle délky, která je v objednávce. Cílem je minimalizace zbytků po dělení tyčového materiálu.

Za cílem získání více informací o dělení tyčového materiálu se provedla fyzická simulace skladu a následně analýza efektivity různých metod pro výběr tyčí. Tato simulace byla prováděna na reálných kusech dřevěných tyčí, které byly k dispozici. Pro tuto simulaci předpokládáme, že máme různé délky tyčí a různé požadavky na délky řezů. Tato experimentální simulace by měla napomoci k lepšímu pochopení dělení tyčového materiálu a teoreticky výběru metody v konečném algoritmu, který ale výstup této simulace zohledňovat nemusí.

Popis problému:

- Sklad obsahuje tyče různých délek.
- Potřebujeme z těchto tyčí nařezat kusy různých délek podle specifických požadavků.
- Zjistíme, která metoda (brát nejdelší, nejkratší, nebo již dělené tyče) je nejefektivnější z hlediska minimalizace odpadu.

Metody:

- Metoda 1 – nejdříve nejdelší tyče, při každém řezu se vybírá nejdelší dostupná tyč.
- Metoda 2 - nejdříve nejkratší tyče, při každém řezu se vybírá nejkratší dostupná tyč, která splňuje požadavek.
- Metoda 3 – dělené tyče, při každém řezu se vybírá tyč, která již byla dělena.
- Metoda 4 – náhodné vybírání, při každém řezu se vybírá náhodná tyč, která je k dispozici.

Je nutné podotknout, že metody 2 a 3 se dají považovat za totožné, jelikož se jedná v tomto případě o nejkratší tyčový materiál, který je k dispozici.

Případ 1

- Sklad: 20 cm, 18 cm, 15 cm, 12 cm, 10 cm
- Požadavky: 3x 6 cm, 2x 8 cm, 4x 5 cm

Metoda 1: Nejprve nejdelší tyče

- Tyč 20 cm: 3x 6 cm (zbylo 2 cm)
- Tyč 18 cm: 2x 8 cm (zbylo 2 cm)
- Tyč 15 cm: 3x 5 cm (zbylo 0 cm)
- Tyč 12 cm: 1x 5 cm (zbylo 7 cm)

Zbytky: 2 cm, 2 cm, 7 cm

Metoda 2: Nejprve nejkratší tyče

- Tyč 10 cm: 2x 5 cm (zbylo 0 cm)
- Tyč 12 cm: 2x 6 cm (zbylo 0 cm)
- Tyč 15 cm: 1x 6 cm, 1x 5 cm (zbylo 4 cm)
- Tyč 18 cm: 1x 8 cm (zbylo 10 cm)
- Tyč 20 cm: 1x 8 cm (zbylo 12 cm)

Zbytky: 4 cm, 10 cm, 12 cm

Metoda 3: Nejprve zbytky po dělení

- Zbytková tyč 2 cm: nevyužita
- Tyč 20 cm: 3x 6 cm (zbylo 2 cm)
- Tyč 18 cm: 2x 8 cm (zbylo 2 cm)
- Tyč 15 cm: 3x 5 cm (zbylo 0 cm)
- Tyč 12 cm: 1x 5 cm (zbylo 7 cm)

Zbytky: 2 cm, 2 cm, 7 cm

Metoda 4: Náhodný výběr

- Tyč 15 cm: 1x 6 cm, 1x 5 cm (zbylo 4 cm)
- Tyč 10 cm: 2x 5 cm (zbylo 0 cm)
- Tyč 12 cm: 2x 6 cm (zbylo 0 cm)
- Tyč 20 cm: 1x 8 cm (zbylo 12 cm)
- Tyč 18 cm: 1x 8 cm (zbylo 10 cm)

Zbytky: 4 cm, 12 cm, 10 cm

Případ 2

- **Sklad:** 20 cm, 19 cm, 17 cm, 13 cm, 11 cm
- **Požadavky:** 4x 4 cm, 3x 9 cm, 2x 7 cm

Metoda 1: Nejprve nejdelší tyče

- Tyč 20 cm: 2x 9 cm (zbylo 2 cm)
- Tyč 19 cm: 1x 9 cm (zbylo 10 cm)

- Tyč 17 cm: 2x 7 cm (zbylo 3 cm)
- Tyč 13 cm: 3x 4 cm (zbylo 1 cm)

Zbytky: 2 cm, 10 cm, 3 cm, 1 cm

Metoda 2: Nejprve nejkratší tyče

- Tyč 11 cm: 2x 4 cm (zbylo 3 cm)
- Tyč 13 cm: 1x 7 cm (zbylo 6 cm)
- Tyč 17 cm: 1x 7 cm (zbylo 10 cm)
- Tyč 19 cm: 2x 9 cm (zbylo 1 cm)
- Tyč 20 cm: 2x 4 cm (zbylo 12 cm)

Zbytky: 3 cm, 6 cm, 10 cm, 1 cm, 12 cm

Metoda 3: Nejprve zbytky po dělení

- Zbytková tyč 2 cm: nevyužita
- Tyč 20 cm: 2x 9 cm (zbylo 2 cm)
- Tyč 19 cm: 1x 9 cm (zbylo 10 cm)
- Tyč 17 cm: 2x 7 cm (zbylo 3 cm)
- Tyč 13 cm: 3x 4 cm (zbylo 1 cm)

Zbytky: 2 cm, 10 cm, 3 cm, 1 cm

Metoda 4: Náhodný výběr

- Tyč 13 cm: 1x 7 cm (zbylo 6 cm)
- Tyč 17 cm: 1x 7 cm (zbylo 10 cm)
- Tyč 19 cm: 1x 9 cm (zbylo 10 cm)
- Tyč 20 cm: 1x 9 cm, 1x 4 cm (zbylo 7 cm)
- Tyč 11 cm: 2x 4 cm (zbylo 3 cm)
- Tyč 20 cm: 1x 4 cm (zbylo 16 cm)

Zbytky: 6 cm, 10 cm, 10 cm, 7 cm, 3 cm, 16 cm

Případ 3

- **Sklad:** 20 cm, 16 cm, 14 cm, 11 cm, 9 cm
- **Požadavky:** 2x 10 cm, 3x 7 cm, 4x 5 cm

Metoda 1: Nejprve nejdelší tyče

- Tyč 20 cm: 2x 10 cm (zbylo 0 cm)
- Tyč 16 cm: 2x 7 cm (zbylo 2 cm)
- Tyč 14 cm: 1x 7 cm, 1x 5 cm (zbylo 2 cm)
- Tyč 11 cm: 2x 5 cm (zbylo 1 cm)

Zbytky: 0 cm, 2 cm, 2 cm, 1 cm

Metoda 2: Nejprve nejkratší tyče

- Tyč 9 cm: 1x 5 cm (zbylo 4 cm)
- Tyč 11 cm: 1x 7 cm (zbylo 4 cm)
- Tyč 14 cm: 2x 7 cm (zbylo 0 cm)
- Tyč 16 cm: 1x 10 cm (zbylo 6 cm)
- Tyč 20 cm: 1x 10 cm, 2x 5 cm (zbylo 0 cm)

Zbytky: 4 cm, 4 cm, 6 cm, 0 cm

Metoda 3: Nejprve zbytky po dělení

- Zbytková tyč 2 cm: nevyužita
- Tyč 20 cm: 2x 10 cm (zbylo 0 cm)
- Tyč 16 cm: 2x 7 cm (zbylo 2 cm)
- Tyč 14 cm: 1x 7 cm, 1x 5 cm (zbylo 2 cm)
- Tyč 11 cm: 2x 5 cm (zbylo 1 cm)

Zbytky: 2 cm, 2 cm, 1 cm

Metoda 4: Náhodný výběr

- Tyč 16 cm: 1x 7 cm, 1x 5 cm (zbylo 4 cm)
- Tyč 14 cm: 2x 7 cm (zbylo 0 cm)
- Tyč 9 cm: 1x 5 cm (zbylo 4 cm)
- Tyč 11 cm: 2x 5 cm (zbylo 1 cm)
- Tyč 20 cm: 1x 10 cm (zbylo 10 cm)

Zbytky: 4 cm, 0 cm, 4 cm, 1 cm, 10 cm

Vyhodnocení

- **Nejprve nejdelší tyče:** Celkové zbytky byly relativně nízké.
- **Nejprve nejkratší tyče:** Tato metoda vedla k vyšším zbytkům než první metoda.
- **Nejprve zbytky po dělení:** Výsledky byly podobné metodě "nejprve nejdelší tyče", protože dlouhé tyče byly využity efektivně. Zbytky byly minimální.
- **Náhodný výběr:** Tato metoda vedla k největším zbytkům. Náhodný výběr neumožňuje optimalizaci využití materiálu, což vede k vyššímu množství odpadu.

Na základě simulací se jako nejefektivnější metoda jeví "nejprve nejdelší tyče" a "nejprve zbytky po dělení". Tyto metody minimalizují zbytky a jsou vhodné pro aplikace zaměřené na optimalizaci využití materiálu. Metoda "nejprve nejkratší tyče" může být užitečná v některých specifických případech, ale obecně vede k vyšším zbytkům po dělení. Náhodný výběr je nejméně efektivní a není doporučen pro aplikaci a její algoritmus, které usilují o minimalizaci odpadu.

2.2 Datová analýza

Další částí praktické části je datová analýza, která se skládá ze dvou variant, kde probíhalo navržení datových základů, integritních omezení a ER diagramů. Zmíněné analýzy byly nápomocny k vývoji programové podpory v programu Microsoft Visual Studio. Z těchto dvou možností byla jedna vybrána a dle ní se dále postupovalo v praktické části pro vývoj programové podpory pro skladování a dělení tyčového materiálu, která se zabývá efektivnějším využíváním zbytků. Základním cílem je navrhnout datovou analýzu části informačního systému a programovou podporu pro skladování a dělení tyčového materiálu, kde je zadána objednávka od zákazníka a je dále vedena evidence těchto zákazníků a evidence dostupného materiálu. Interním číslem, které je zde uvedeno jako ID materiálu, podnik rozlišuje, o jaký typ materiálu se jedná. Úkolem je zadat výrobní příkazy pokrývající zadané požadavky, sledovat jejich realizaci, řešit náhrady za zmetky, odepisovat a přijímat materiál na skladu. Zbytky materiálu po dělení buď vracet do skladu pro další použití, nebo odepisovat do odpadu. Tvorba výrobních příkazů je automatizovaná a využívá znalosti a zkušeností plánovače dělicích plánů, počítačové podpory a případně i optimalizačního algoritmu. Cílem je, jak už bylo řečeno, minimalizace nepoužitelných zbytků.

2.2.1 První varianta

První varianta a její analýza se skládá ze stanovení základních entitních typů, integritních omezení a návrhu ER diagramu, který slouží k dalším dílčím částem v praktické části. Tyto analýzy jsou prováděny z důvodu lepšího pochopení zkoumaného problému a napomáhají k tvorbě ER diagramu, který je stěžejní při vývoji programové podpory.

Základní entitní typy

Prvním krokem je definována datová základna, která obsahuje seznam entit, ale také seznam jejich atributů neboli položek, které se budou v ER diagramu vyskytovat.

Požadavek	id_pozadavek, delka, pocet kusu
Materiál	id_material,
Tyč	id_tyc, material, delka
Krytí	id_kryti, délka prirezu
Dělicí plán	id_dělicí plán, počet kusů, délka

Integritní omezení

Další částí pro tvorbu ER diagramu a lepší pochopení propojení vazeb a představení vnitřního fungování systému je identifikace integritních omezení, které jsou zároveň nápomocné k lepší definici problému.

- Objednávka je ve více požadavcích.
- Požadavek zahrnuje jen jednu objednávku.
- Materiál je obsažen ve více požadavcích.
- V požadavku je obsažen jeden materiál.
- K tyči patří vždy jen jeden materiál.
- Jeden stejný materiál může patřit k více tyčím.
- Tyč může být ve více dělicích plánech.

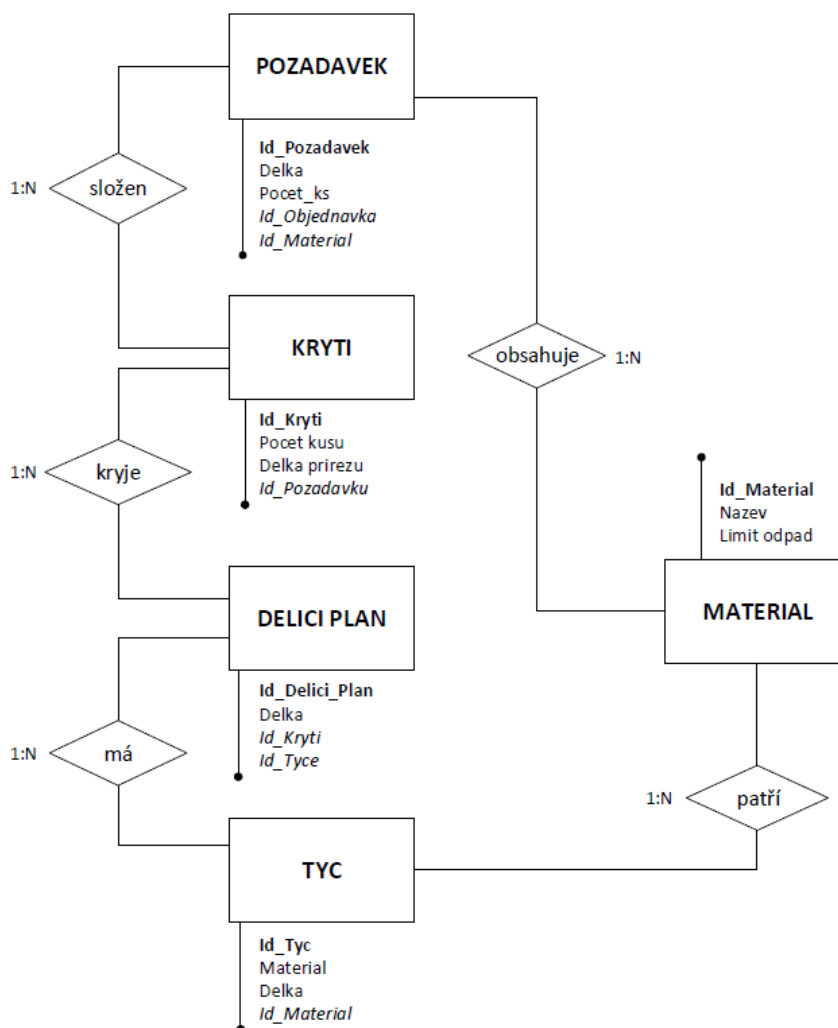
- Dělicí plán obsahuje vždy jen jednu tyč.
- Krytí je kryto vždy jen jedním dělicím plánem.
- Dělicí plán má více krytí.

ER diagram

Předchozí analýza daného problému vedla k tvorbě ER diagramu, který je znázorněn v této kapitole. Tato podkapitola také obsahuje definice pojmů a jejich vysvětlení k lepšímu pochopení vytvořeného ER diagramu pro skladování a dělení tyčového materiálu.

Návrh ER diagramu

Po veškeré potřebné analýze je možné si stanovit zobrazení ER diagramu pro skladování a dělení tyčového materiálu viz. obrázek č. 16. Při návrhu ER diagramu, byly použity především vazby typu 1:N. Při výskytu vazby M:N, která byla mezi entitou Požadavek a entitou Dělicí plán, byla vyřešena entitou Krytí a tím vznikem vazby 1:N mezi danými entitami.



Obrázek 11: První varianta ER diagramu

2.2.2 Druhá varianta

Druhá varianta obsahuje stejnou analýzu jako varianta první. Všechny tyto analýzy byly předem prováděny k lepšímu pochopení problému a k tvorbě ER diagramu, který je důležitou součástí pro další kroky ve vytváření programové podpory.

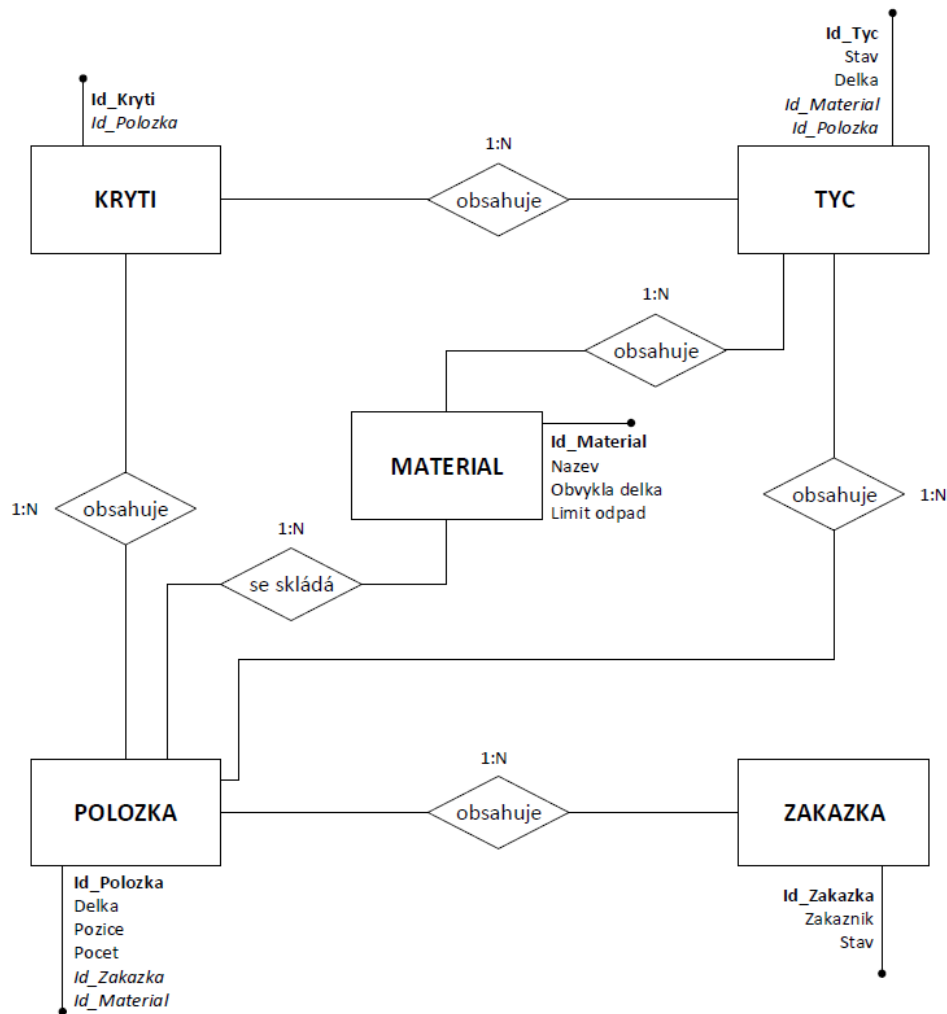
Základní entitní typy

Materiál	id_material, nazev, minzbytek, obvykladelka
Zakázka	id_zakazka, zakaznik, stav
Tyč	id_tyc, delka, stav
Krytí	id_kryti
Položka	id_polozka, pozice, delka, pocet

Integritní omezení

- Tyč je z jednoho materiálu.
- Z jednoho materiálu může být více tyčí.
- Tyč je přiřazena k jedné položce.
- V jedné položce se může vyskytovat více tyčí.
- Položka obsahuje jednu zakázku.
- V zakázce může být více položek.
- Položka obsahuje jeden materiál.
- Jeden typ materiálu může být obsažen ve více položkách.
- Krytí má přiřazenou jednu tyč.
- Krytí má přiřazenou jednu položku.

ER diagram



Obrázek 12: Druhá varianta ER diagramu

2.2.3 Ukázka tabulek

Další částí při výběru ER diagramu byla tvorba tabulek v programu Microsoft Excel, které představují entity, atributy a jejich propojení. Po dvou zkušebních verzích byla zvolena varianta druhá. Druhá možnost byla zvolena z důvodu lepší proveditelnosti a realizaci v programu Microsoft Visual Studio s použitím algoritmu.

Tabulka 2: Ukázka tabulek [zdroj: vlastní zpracování]

Materiál			
ID	Klíč	Název	Min.zbytek
1	M1	Jekl čtvercový	600

Tyče na skladu				
ID	Materiál	Délka	V plánu (pálicí plán)	Stav tyče
1	M1	6000	1	Neexistuje
2	M1	6000	2	Nová
3	M1	4000	1	Nová
4	M1	3000	0	Nová
5	M1	3000	0	Nová
6	M1	600	0	Po dělení
7	M1	450	0	Zmetek

Zakázka		
ID	Klíč	Zákazník
1	Z1	ADS.M s.r.o.
2	Z2	Lumasteel s.r.o.

Položky zakázky					
ID	Zakázka	PoziceZak	Materiál	Délka	Kusy pož.
1	Z1	1	M1	3500	1
2	Z2	1	M1	2500	2
3	Z2	2	M1	1500	3
4	Z1	2	M1	4500	1
5	Z1	3	M1	1000	1

Krytí					
ID	ID tyce na skladu	PoziceKryti	ID polozky zakazky	Délka výrobku	Vyrobena
1	1	1	5	4500	Ano
2	1	2	3	1000	Ne
3	3	1	4	3500	Ano
4	4	1	1	2500	Po
5	4	1	2	1500	Ano

2.2.4 Definice tabulek dle SQL

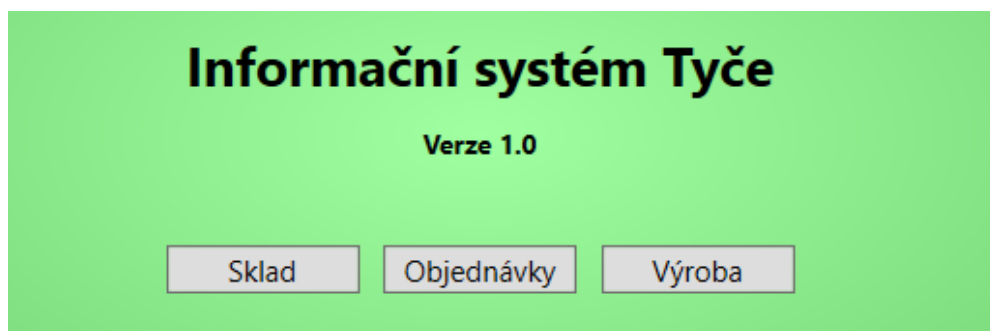
Před samotným začátkem vývoje programové podpory byly nejdříve nadefinovány jednotlivé entity a jejich atributy. Byly také určeny typy atributů, pokud se jedná např. o primární klíč, cizí klíč, číslo nebo text. Jednotlivé entity dle zvoleného diagramu byly nejdříve nadefinovány v SQL a byly vloženy do Microsoft Visual Studio pro funkcionalitu celého systému. Definice těchto tabulek viz. příloha A.

2.3 Uživatelský manuál aplikace

Představa programové podpory a budoucí funkcionalitě celého nástroje cílila právě k podobě ERP systému. Po zjištěných informacích v teoretické části a veškeré analýze v části praktické je možné dále postupovat ve vývoji programové podpory a také algoritmu, který se snaží řešit problém s minimalizací zbytků po dělení. Program pro evidenci stavu tyčového materiálu na skladu, jeho objednávek a probíhající výroby byl vytvořen v aplikaci Microsoft Visual Studio s použitím jazyku C#.

Mezi její klíčové funkce patří efektivní správa zásob, která umožňuje sledování zásob a jejich aktuálního stavu. Dále používá optimalizační algoritmy pro minimalizaci odpadu při dělení materiálu. Byly zde zohledněny simulace, které umožnily srovnávání různých strategií dělení a jejich efektivity. Uživatelsky přívětivé rozhraní, které bylo navrženo tak, aby bylo intuitivní a snadno použitelné pro specifické potřeby skladování a dělení tyčového materiálu.

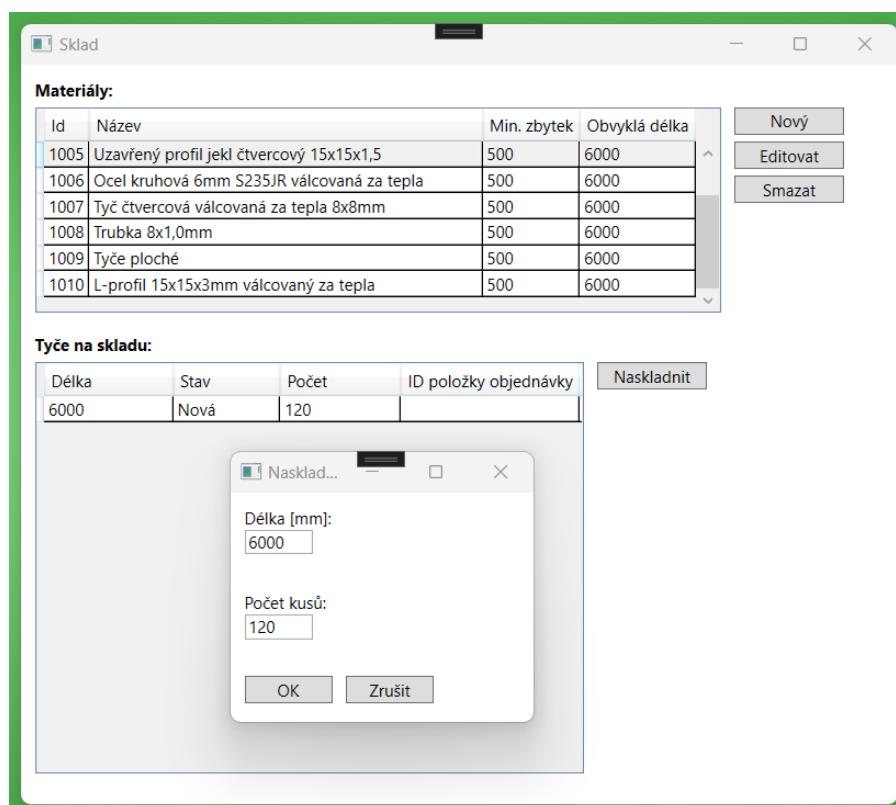
Po spuštění vytvořeného programu se zobrazí úvodní strana programu „Informační systém Tyče – Verze 1.0“. Jednoduchým kliknutím se následně dostaneme do jedné ze tří modulů – SKLAD, OBJEDNÁVKY, VÝROBA.



Obrázek 13: Úvodní strana

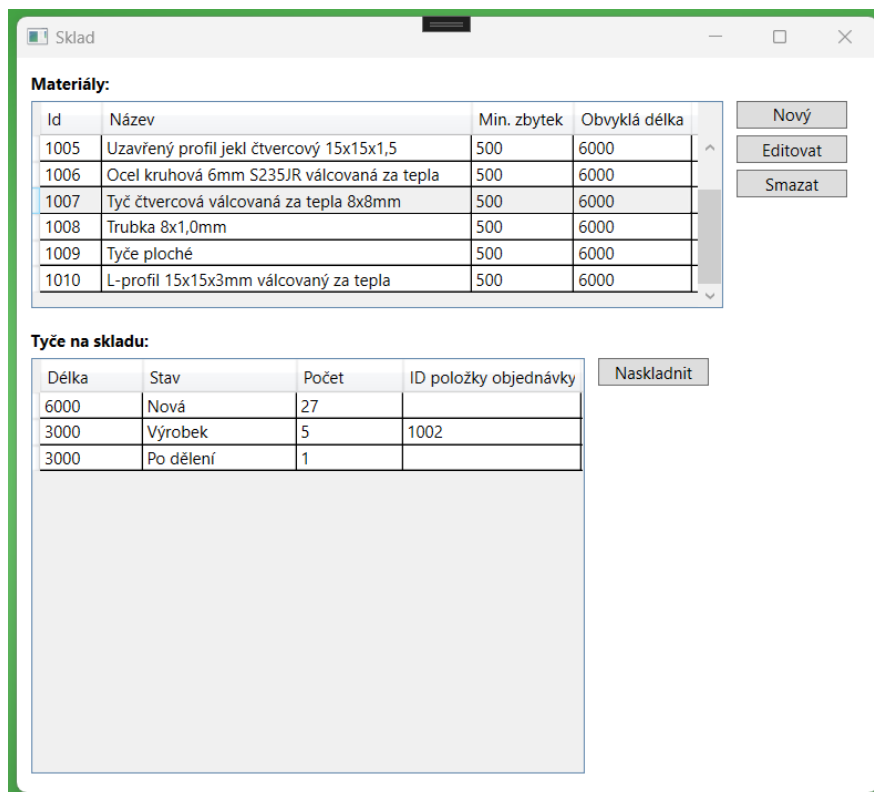
2.3.1 Modul Sklad

Po rozkliknutí SKLADu se nám zobrazí dvě okna: Materiály a Tyče na skladu. V okně materiály je zobrazen veškerý materiál, který je možné naskladnit. V Okně Tyče na skladu je zobrazen materiál, který byl naskladněn. Materiál se naskladní po vybrání materiálu v okně Materiály a kliknutím „Naskladnit“.



Obrázek 14: Modul Sklad 1

Pomocí „Nový“, „Editovat“ nebo „Smazat“ můžeme daný typ materiálu upravovat. Pokud je materiál již naskladněn nelze ho editovat. Po označení potřebného materiálu uvidíme stav daného materiálu ve skladu – viz okno Tyče na skladu. Následným kliknutím „Naskladnit“ se nám otevře okno, pro vložení rozměrů a počtu kusů zvoleného materiálu. Potvrdíme stisknutím „OK“, čímž dojde k naskladnění požadovaného materiálu a jeho zobrazení v okně Tyče na skladu. Kliknutím na „Zrušit“ se dané okno zavře bez vytvoření záznamu.

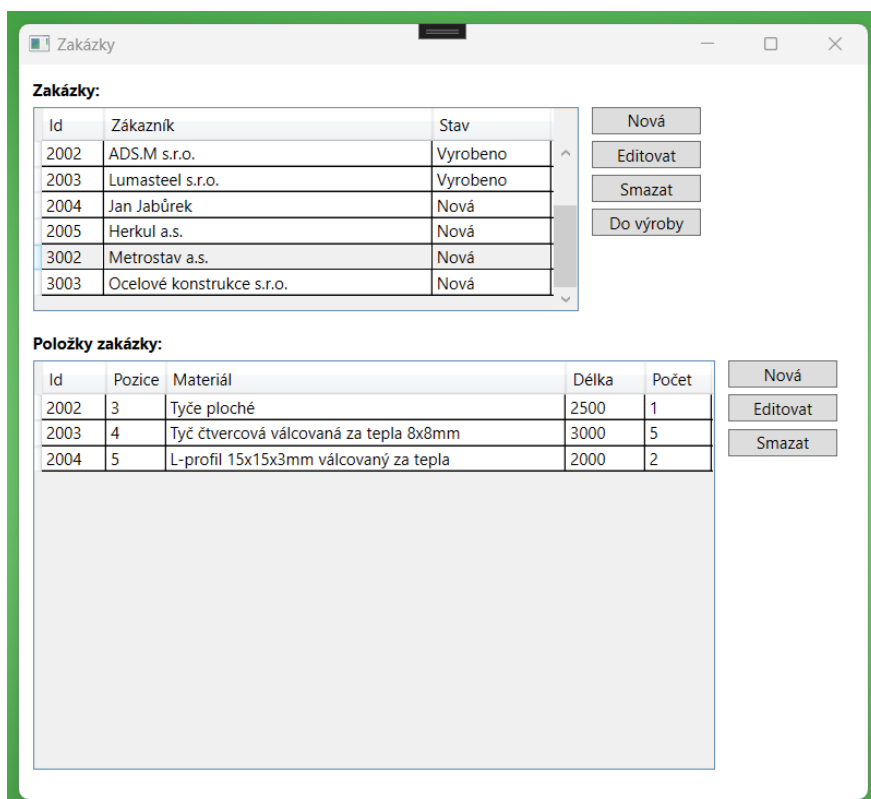


Obrázek 15: Modul Sklad 2

V případě označení materiálu Tyč čtvercová válcovaná za tepla 8x8mm je zobrazeno v okně Tyče na skladu, kolik z naskladněných tyčí je ještě k dispozici k výrobě = 27, kolik jich je již jako výrobek a nejsou již k dispozici k výrobě = 5, kde je také možné vidět ID položky objednávky = 1002. To znamená, že v sekci Objednávky lze dohledat k jakému zákazníkovi je tento výrobek přiřazen. Dále je vidět, že délka 3 metry je po dělení a je také dále k dispozici k výrobě a dalšímu dělení. Pokud by byla délka pod rozměr minimální délky a to 0,5 metrů, zobrazí se stav tyče jako „Odpad“. Tyč už se tedy dále nedá zpracovávat.

2.3.2 Modul Zakázky

V sekci ZAKÁZKY se otevře okno se záznamy zakázek podle zákazníků a níže v okně jejich rozpad na jednotlivé položky zakázek. Na obrázku č. 21 jsou zobrazeny zákazníci a stav jejich zakázek. Po vybrání zákazníka Metrostav a.s. se zobrazí Položky zakázky. V Položkách zakázky jsou dílčí zakázky daného zákazníka, jejich délky, počet a typ materiálu. Id je číslo, které říká, k jakému zákazníkovi je zakázka přiřazena. Pozice je čistě interně informativní. Po vyrobení všech zakázek u daného zákazníka se změní stav na „Vyrobena“ a nelze již přidávat jiné zakázky k tomuto zákazníkovi. Zákazníky lze libovolně přidávat, a to samé jejich zakázky. Při tvorbě nové zakázky se otevře rozevírací seznam s veškerým naskladněným materiálem, z kterého lze vybrat materiál k dané zakázce.

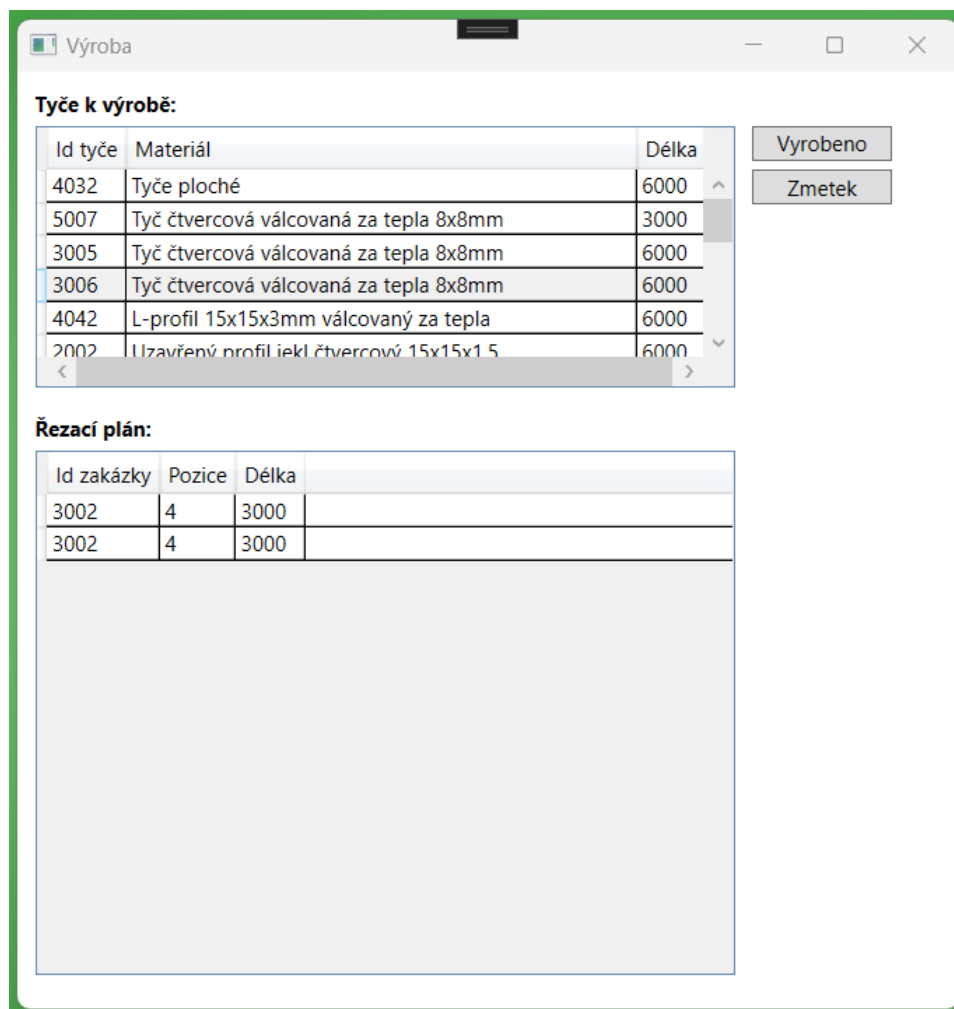


Obrázek 16: Modul Objednávky

Po označení zakázky a předáním zakázky do výroby tlačítkem „Do výroby“ vpravo u okna Zakázky, vyskočí informativní okno Potvrzení. Tímto již nelze zakázku nadále upravovat a dojde k jejímu odeslání do výroby, čímž se spustí proces zpracování jednotlivých položek zakázky. Zároveň dojde ke změně Stavu zakázky v horním okně Zakázky z Nová na Ve výrobě.

2.3.3 Modul Výroba

V sekci VÝROBA se zobrazí okna Tyče k výrobě a Řezací plán.



Obrázek 17: Modul Výroba

Tyče k výrobě zobrazují materiál, který se bude zpracovávat. Jedná se o vstupní informaci pro operátora. Dle ID tyče operátor ví, jakou tyč zvolit. Díky tomuto přehledu ví, jaký materiál je třeba si předpřipravit. Označením materiálu se rozevře v okně Řezací plán, technologický postup zpracování daného materiálu. Pokud se výroba podaří uživatel klikne na „Vyrobena“. Daný materiál zmizí z přehledu Tyče k výrobě i z Řezacího plánu. Pokud by se výroba nezdařila, stlačením „Zmetek“ by došlo ke snížení dostupného materiálu na skladě o danou tyč. Tyto data také zmizí z Řezacího plánu. U hotových výrobků se změní stav ve SKLADU na „Výrobek“. Dále je důležité zmínit, že pokud po dělení zůstane nadbytek materiálu, ve Skladu bude mít stav Po dělení, ale jedná se rovnocenný materiál.

2.4 Použitý algoritmus

Důležitou součástí vytvořeného nástroje je algoritmus, který napomáhá k funkcionalitě celé programové podpory a je tedy její nedílnou součástí. Hlavním cílem optimalizačního algoritmu vytvořené programové podpory je minimalizace zbytků po dělení. Vedlejšími cíli jsou stanoveny následující předpoklady:

- zadávání výrobních příkazů, které pokrývají požadavky,
- sledování jejich realizace,
- odepisování a přijímání materiálu na sklad,
- zbytky by se po dělení materiálu měly buď vracet na sklad pro další použití, nebo odepisovat do odpadu.

Algoritmus začíná funkcí *PlanOrder*, která má za úkol při obdržení zakázky, tuto zakázku naplánovat, a to platí pro každou položku ze zakázky. Tato funkce pokračuje, dokud nejsou všechny položky ze zakázky splněné. Další funkcí je funkce *FindBar*, která hledá tyč daného materiálu a dané délky, pokud žádnou takovou tyč nenajde, ukáže se vyskakovací okno s informací. Pokud takovou tyč nalezne změní se stav „Ve výrobě“. Zápis $Int\ possiblePcs = t.Delka / intm.Delka$ vypočte pomocí vydělení délky tyče a požadovanou délkou materiálu v zakázce, kolik je možné z této tyče uříznout pomocí příslušného stroje na dělení materiálu. Zápis $Int\ pcs = Math.Min(toDoPcs - done\ Pcs), possiblePcs$ napomáhá k tomu, aby tyči neřezalo více než je potřeba. Bere tedy minimum z toho, kolik zbývá nařezat tyčí. Algoritmus je dále schopný najít pokaždé tyč, která má alespoň minimální délku a z ní se snaží uříznout maximální počet kusů, které lze nařezat. Tato akce se opakuje, dokud nenalezne všechny tyče pro danou zakázku. V algoritmu je dále zápis, který hledá takovou tyč, která je z daného materiálu a stav musí být „Nová“ nebo „Po dělení“ a nebere v potaz hotové výrobky nebo zmetky, tedy ty tyče, které mají délku nižší, než je minimální zbytek po dělení.

Tento algoritmus v aplikaci je navržen tak, aby minimalizoval zbytky po dělení tyčového materiálu a zajišťoval efektivní využití materiálu v rámci výrobních procesů. Zde je detailní popis toho, jak algoritmus splňuje všechny požadované cíle:

- Zadávání výrobních příkazů – algoritmus přijímá vstup v podobě výrobní zakázky a plánuje výrobu podle požadavků dané zakázky. Pro každou položku v zakázce se snaží najít vhodnou tyč z materiálu, která bude dostačující délky pro výrobu daného množství.
- Sledování realizace – algoritmus sleduje postup realizace výrobních příkazů a zabezpečuje, aby byla každá položka výrobní zakázky vyrobena dle plánu. Zároveň aktualizuje stav výrobních položek na "Ve výrobě" v případě, že jsou zpracovávány.
- Odepisování a přijímání materiálu na sklad – algoritmus zaznamenává odepisování materiálu použitého při výrobě a kontroluje dobytek materiálu. V případě úspěšného využití materiálu se nedostatečný zbytek odepíše jako odpad.
- Minimalizace zbytků po dělení – algoritmus se snaží minimalizovat zbytky materiálu po dělení tyčového materiálu tím, že hledá vhodné tyče, které minimalizují zbytek z dělení. Pokud nenajde vhodnou tyč, zpráva o nemožnosti nalezení nové tyče o daných požadavcích a odepíše zbývající materiál jako odpad.

Algoritmus tedy plánuje výrobní procesy, sleduje jejich realizaci, spravuje materiál a minimalizuje zbytky materiálu po dělení, což významně přispívá k efektivitě a udržitelnosti provozu ve výrobní firmě.

2.5 Porovnání

V teoretické části diplomové práce byly uvedeny softwarové systémy a nástroje, které slouží k optimalizaci skladování a dělení tyčového materiálu. Mezi zmíněným systémem byl například KTKw, což je ERP systém s modulární strukturou, který zahrnuje obchod, finance, výrobu a další funkce. Tento systém se zaměřuje na efektivní využití skladových prostor a minimalizaci zbytků materiálu po dělení, přičemž poskytuje podporu pro dělení materiálu a tvorbu podkladů pro dělicí pracoviště. V praktické části byla vytvořena vlastní aplikace pomocí nástroje Microsoft Visual Studio a programovacího jazyka C#. Tato aplikace byla navržena s cílem minimalizovat zbytky po dělení tyčového materiálu a zahrnovala funkce evidence materiálu, zadávání výrobních příkazů, sledování realizace požadavků a optimalizace dělení materiálu. Zde je popsáno srovnání klíčových aspektů z hlediska modulárnosti a komplexnosti, optimalizace využití materiálu, podpory dělicího pracoviště, flexibility a použití. Vzhledem k modulárnosti a komplexnosti nabízí KTKw širokou škálu modulů pokrývajících různé aspekty podnikových procesů (obchod, ekonomika, výroba atd.). Vlastní aplikace je zaměřena specificky na skladování a dělení tyčového materiálu, přičemž se jedná o zjednodušenou verzi pro studijní a pedagogické účely. Ohledně optimalizace využití materiálu se systém KTKw snaží efektivněji využívat zbytky materiálu po dělení, což zahrnuje evidenci zbytků a jejich návrat do skladu nebo odepisování a vytvořená aplikace využívá optimalizační algoritmy pro minimalizaci zbytků materiálu a umožňuje vrácení nebo odepisování zbytků. U podpory pro dělicí pracoviště KTKw poskytuje podporu dělení materiálu a tvorbu podkladů pro dělicí pracoviště, včetně evidence skutečných údajů o dělení. Vytvořená aplikace umožňuje zadávání výrobních příkazů a sledování jejich realizace, což zahrnuje i podporu pro dělicí operace. KTKw je z hlediska použití vhodná pro velké společnosti, které potřebují komplexní řešení pro řízení skladových zásob a optimalizaci výroby. Vytvořená aplikace je navržena pro specifické použití v pedagogickém prostředí, s cílem ukázat možnosti optimalizace a zlepšení efektivity dělení materiálu.

Oba systémy – KTKw i vytvořená aplikace – se zaměřují na optimalizaci skladování a dělení tyčového materiálu, avšak liší se v rozsahu a komplexnosti. KTKw je komplexní ERP systém vhodný pro velké podniky, zatímco vytvořená aplikace je zjednodušený nástroj určený pro studijní účely. Hlavní výhodou vytvořené aplikace je její specializace na minimalizaci zbytků materiálu pomocí optimalizačních algoritmů, což je přínosné pro lepší pochopení a aplikaci teoretických znalostí v praxi.

Dalším zmíněným nástrojem v práci je Dialog 3000 Skylla. Tento ERP systém je implementován v podnicích se strojírenskou výrobou. Klíčové funkce systému zahrnují plánování výroby s kapacitním plánováním dílenským řízením, sběr dat ze strojů a ve výrobě, nákup a prodej, skladové hospodářství a řízení administrativy. Z hlediska porovnání funkcionality nabízí systém Dialog 3000 Skylla optimalizaci ve výrobě, včetně kapacitního plánování a sledování úzkých míst ve výrobním procesu. Modul pro skladové hospodářství zahrnuje nástroje pro práci s plošným děleným materiálem. Aplikace v diplomové práci se zaměřuje na optimalizaci dělicích plánů, aby minimalizovala odpad při dělení tyčového materiálu. Algoritmy jsou navrženy tak, aby efektivně využívaly dostupný materiál a zajišťovaly co nejmenší ztráty. Vzhledem ke skladovému hospodářství systém Dialog 3000 Skylla poskytuje detailní přehled o stavu a historii všech skladových položek, včetně hotových výrobků. Automatizace procesů v oddělení zásobování je zde také integrována. Skladové hospodářství je také klíčovou součástí vytvořené aplikace. Uživatelé mohou sledovat stav zásob, spravovat položky a plánovat jejich využití. Dále Dialog 3000 Skylla nabízí propracované uživatelské rozhraní s možností sledování a řízení výroby, což zahrnuje i práci s dělicími plány a vytvořená aplikace je navržena s důrazem na uživatelskou přívětivost, což

umožňuje snadnou správu a plánování výroby. Dialog 3000 Skylla nabízí širokou škálu modulů, které jsou vzájemně propojené, což umožňuje komplexní řízení výroby, nákupu, prodeje a administrativy v jednom systému. Vytvořená aplikace je zaměřena na specifické potřeby skladování a dělení tyčového materiálu, což může být výhodou pro menší firmy nebo specifické projekty.

Oba systémy mají své výhody a nevýhody. Vytvořená aplikace v diplomové práci je specificky zaměřena na optimalizaci dělení tyčového materiálu, což může být výhodné pro firmy s touto specializací. Na druhou stranu, Dialog 3000 Skylla nabízí širokou škálu funkcí a modulů, které mohou být užitečné pro komplexní řízení výrobního podniku. Výběr mezi těmito systémy by měl být založen na konkrétních potřebách a požadavcích podniku.

Závěr

Diplomová práce se zabývala analýzou a vývojem programové podpory pro skladování a dělení tyčového materiálu. Hlavním cílem práce byla tvorba a realizace programové podpory zaměřená na skladování a dělení tyčového materiálu pro studijní a pedagogické účely a pochopení důležitosti optimalizace dělicích plánů v podnicích. Dílčím cílem diplomové práce byla tvorba a realizace algoritmu ve vytvořené programové podpoře, který by měl zadávat výrobní příkazy, které pokrývají požadavky na jejich realizaci a odepisování nebo přijímání materiálu na sklad.

V praktické části práce bylo cílem se seznámit s problematikou řešeného problému a zjistit si určité informace a znalosti k lepšímu pochopení daného problému. Práce se zaměřuje na tyčový materiál a jeho skladování a dělení. Výstupem celé práce vytvořená programová podpora pro skladování a dělení tyčového materiálu a algoritmus, který využívá nástroj k lepšímu plánování a průběhu všech operací, které jsou součástí ve zmíněném nástroji.

V první části byla provedena tvorba základních znalostí o problematice a lepší porozumění výrobnímu procesu. Byl také charakterizován význam teorie zásob v podnicích a jejich skladové hospodářství. Další část se zaměřovala na tyčový materiál a veškeré důležité informace o něm. Autorka především sbírala znalosti o rozdělení tyčového materiálu v reálném světě, jaký sortiment různé společnosti nabízejí a v jakých délkách. Dále se autorka zaměřila na možnosti skladování tyčového materiálu a způsoby jeho dělení, které jsou součástí této práce. Byly sbírány informace o dostupných informačních systémech, které cílí na podobné téma, a to hutní materiál. Tyto systémy se dále snaží řešit úkol, jako je minimalizace zbytků po dělení, propojení veškerých probíhajících operací vně podniku, a také funkcionalit, které napomáhají fungování celého podniku.

Všechny informace byly klíčové pro další postupy praktické části. Jeden z výstupů práce je zvolený ER diagram, který byl základem pro další kroky a vývoji programové podpory. Praktická část zahrnovala vývoj aplikace, která by splňovala specifické požadavky na skladování a dělení tyčového materiálu. Byly stanoveny klíčové funkční požadavky a na základě těchto požadavků byl navržen vzhled aplikace a vyvinut algoritmus pro optimalizaci dělení. Z porovnání s komerčními nástroji, jako je Dialog 3000 Skylla, vyplynulo, že zatímco komerční řešení nabízejí širší škálu funkcí, vytvořená aplikace poskytuje adekvátní řešení pro specializované potřeby menších firem nebo specifických projektů. Implementovaný algoritmus pro optimalizaci dělení se ukázal jako efektivní při snižování odpadu a zvyšování využití materiálu. Vytvořená programová podpora slouží pouze pro studijní a pedagogické účely a snažila se řešit problém s minimalizací zbytků po dělení tyčového materiálu. Zmíněný algoritmus je schopný zadávat výrobní příkazy, které pokrývají požadavky, sledovat jejich realizaci, odepisovat a přijímat materiál na sklad a zbytky po dělení vracet na sklad nebo odepisovat do odpadu.

Práce splnila stanovené cíle a přinesla významné poznatky v oblasti optimalizace skladových a výrobních procesů. Hlavní přínosy práce lze shrnout do několika klíčových bodů. Komplexní teoretická analýza poskytla důkladný přehled o současném stavu znalostí v oblasti skladování a dělení tyčového materiálu, kde byly popsány klíčové koncepty a metody nezbytné pro efektivní řízení těchto procesů. Návrh a tvorba aplikace splnila specifické požadavky na skladování a dělení tyčového materiálu, včetně efektivního algoritmu pro optimalizaci dělení, který byl úspěšně otestován a implementován.

Implementovaný algoritmus pro optimalizaci dělení prokázal svou schopnost minimalizovat odpad a zvyšovat využití materiálu, což vede ke snížení nákladů a zvýšení efektivity výrobních procesů. Práce přispěla k udržitelnému rozvoji tím, že se zaměřila na snižování odpadu

a efektivnější využívání surovin, což je v souladu s aktuálními trendy v průmyslové výrobě. Výsledky práce mohou být využity nejen pro optimalizaci stávajících procesů ve firmách, ale také jako základ pro další výzkum a vývoj v oblasti skladování a dělení materiálů.

Diplomová práce tak poskytuje ucelený přehled a praktické řešení problematiky skladování a dělení tyčového materiálu, přičemž přináší nové poznatky a nástroje, které mohou být efektivně využity v průmyslové praxi. Celkově lze práci hodnotit jako úspěšnou a přínosnou pro danou oblast studia a praxe.

A proč tedy optimalizovat dělicí plány v podnicích? Optimalizace dělení tyčového materiálu je klíčový proces pro výrobní a průmyslové podniky, které pracují s materiály ve formě tyčí. Správná optimalizace dělení materiálu může mít významný vliv na efektivitu výrobního procesu, minimalizaci ztrát a nakládání s materiálem. Nízká efektivita při dělení materiálu může vést k výraznému plýtvání surovinami, zvýšené spotřebě energie a nákladům spojeným s odpadem materiálu. Proto je důležité používat plánovací nástroje a software, které dokáží optimalizovat řezání tak, aby minimalizovaly zbytky materiálu a maximalizovaly výtěžnost. Některé pokročilé plánovače umožňují zohlednit různé faktory při optimalizaci dělení materiálu, jako jsou například délky dílů, specifické požadavky na řezání, nebo dokonce kvalitu materiálu. Tyto nástroje mohou být velmi užitečné pro výrobní procesy, kde je důležitá efektivita a minimalizace ztrát. Optimalizace plánů dělení materiálu není jen o snižování nákladů a minimalizaci odpadu, ale také o zlepšení pracovních postupů, zkrácení času řezání a zvýšení produktivity výrobního procesu. Správně optimalizované plány mohou také přispět k lepší organizaci práce, snížení rizika chyb a zvýšení celkové efektivity výrobního procesu. Využití moderních technologií a plánovacích nástrojů může být pro podniky výhodné, pokud chtějí dosáhnout optimálních výsledků při dělení tyčového materiálu a maximalizovat svůj potenciál ve výrobním prostředí.

Seznam použité literatury

- [1] KISLINGEROVÁ, Eva. *Manažerské finance*. 2., přeprac. a rozš. vyd. Praha: C.H. Beck, 2007. Beckova edice ekonomie. ISBN isbn978-80-7179-903-0.
- [2] PLEVNÝ, Miroslav a ŽIŽKA, Miroslav. *Modelování a optimalizace v manažerském rozhodování*. Vyd. 2. Plzeň: Západočeská univerzita, 2010. ISBN 978-80-7043-933-3
- [3] ŠTOHL, Pavel. *Učebnice účetnictví 2010-1. díl. pro střední školy a veřejnost*. 11. vyd. Tiskárna Havlíčkův Brod, a.s., 2010. 155 s. ISBN 978-80-87237-23-6.
- [4] DANĚK, Jan a PLEVNÝ, Miroslav. *Výrobní a logistické systémy*. Vyd. 1. Plzeň: Západočeská univerzita, 2005. ISBN 80-7043-416-3
- [5] SIXTA, Josef a MAČÁT, Václav. *Logistika: teorie a praxe*. Vyd. 1. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0573-3
- [6] HÁDEK, Ladislav. *Nákup a zásobování*. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola podnikání, 2008. ISBN 978-80-7410-009-3
- [7] KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [11] VANĚČEK, D. *Logistika*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2008. 178 s. ISBN 978-80-7394-085-0
- [12] ŠAJDLEROVÁ, I. *Organizace a řízení výroby*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-2775-9
- [15] DANEL, Roman. *Informační systémy*. Vysoká škola baňská. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2011.
- [17] ČUJAN, Zdeněk; LAJTOCH, Jiří. *Minimizing the Risks in the Storage of Metallurgical Material*. In: *MATEC Web of Conferences*. EDP Sciences, 2017. p. 00007.
- [26] Interní zdroje společnosti Baumruk & Baumruk s.r.o.
- [27] Interní zdroje společnosti Feron a.s.
- [31] GRZELAK, Małgorzata; OWCZAREK, Paulina. *Model of product identification in a warehouse supported by Anteo WMS*. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, 2019.
- [35] SCHWARZ, M. *Stochastic models in inventory theory*. Aachen: Shaker Verlag, 2004. Berichte aus der Mathematik. ISBN 3-8322-2876-4
- [36] JAN, Pour; LIBOR, Gála; ZUZANA, Šedivá. *Podniková informatika: 2., přepracované a aktualizované vydání*. Grada Publishing as, 2009.
- [37] POUR, Jan. *Informační systémy a elektronické podnikání*. Vysoká škola ekonomická, Fakulta informatiky a statistiky, 2001.
- [39] SVATÁ Vlasta, 2007. *Information Systems Management*. Praha: Oeconomica, ISBN 978-80-245-1257-0.
- [42] SODOMKA Petr, KLČKOVÁ Hana, 2010. *Informační systémy v podnikové praxi*. Brno: Computer Press, a.s., ISBN 80-251-1200-4.
- [43] GILMORE, Paul C.; GOMORY, Ralph E. *A linear programming approach to the cutting-stock problem*. *Operations research*, 1961, 9.6: 849-859.

- [52] WÄSCHER, Gerhard; HAUBNER, Heike; SCHUMANN, Holger. *An improved typology of cutting and packing problems*. *European journal of operational research*, 2007, roč. 183, č. 3, s. 1109-1130.
- [53] DYCKHOFF, Harald; FINKE, Ute. *Cutting and packing in production and distribution: A typology and bibliography*. Springer Science & Business Media, 1992.
- [54] HAESSLER, Robert W.; SWEENEY, Paul E. *Cutting stock problems and solution procedures*. *European Journal of Operational Research*, 1991, 54.2: 141-150.
- [55] VALVO, Ernesto Lo. *Meta-heuristic algorithms for nesting problem of rectangular pieces*. *Procedia Engineering*, 2017, 183: 291-296.
- [57] HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. *Introduction to operations research*. McGraw-Hill, 2015.
- [58] MARTELLO, Silvano; TOTH, Paolo. *Algorithms for knapsack problems*. *North-Holland Mathematics Studies*, 1987, 132: 213-257.
- [59] PEARL, Judea. *Heuristics: intelligent search strategies for computer problem solving*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1984.

Internetové zdroje

- [8] Hutní materiál upravíme vám na míru | Nypro. *Hutní materiál nakoupíte nejlépe z velkoobchodu* | NYPRO [online]. [cit. 20.11.2022]. Dostupné z: <https://nyprohutni.cz/sortiment>
- [9] Feron online - Vítejte. *Feron online - Vítejte* [online]. Copyright © 2017 Feron a.s. [cit. 20.11.2022]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/>
- [10] Výrobní závod Ctiboř. *BHS Corrugated Maschinen und Anlagenbau GmbH - Wellpappenanlagen* [online]. Copyright © 2022 [cit. 20.11.2022]. Dostupné z: <https://www.bhs-world.com/cz/kontakt>
- [13] Regalsistem. *Regalsistem skladová technika* [online]. Copyright © 2022 [cit. 20.11.2022]. Dostupné z: <https://www.regalsistem.cz/>
- [14] Konzolové regály | regaly-proman.cz. [online]. Copyright © PROMAN s.r.o. [cit. 21.11.2022]. Dostupné z: <https://www.regaly-proman.cz/cs/konzolove-regaly>
- [16] What Is Cardinality in Data Modeling? The Theory and Practice of Database Cardinality | Vertabelo Database Modeler . *Vertabelo Database Modeler* [online]. Copyright ©2013 [cit. 01.12.2022]. Dostupné z: <https://vertabelo.com/blog/cardinality-in-data-modeling/>
- [18] Kardex. Kardex.com [online]. Copyright © Kardex 2022 [cit. 28.11.2022]. Dostupné z: <https://info.kardex.com/cs>
- [19] All about ER model cardinality with examples | Gleek. *Diagram maker for developers* [online]. Copyright © 2022 Gleek by [cit. 28.11.2022]. Dostupné z: <https://www.gleek.io/blog/er-model-cardinality.html>
- [20] Katedra didaktiky ekonomických předmětů – Vysoká škola ekonomická v Praze. *Katedra didaktiky ekonomických předmětů – Vysoká škola ekonomická v Praze* [online]. Copyright © 2000 [cit. 28.11.2022]. Dostupné z: <https://kdep.vse.cz>
- [21] Dělení tyčového materiálu | Služby | Kondor.cz. *Hutní materiál, Kondor* [online]. Copyright © 2013, KONDOR, s.r.o. [cit. 28.11.2022]. Dostupné z: <https://www.kondor.cz/deleni-tycoveho-materialu/t-155/>
- [22] Kotoučová pila MEP TIGER 352 NC 5.0 | LEGNEX.CZ. *Přední dodavatel pilových pásů a pásových pil* | LEGNEX.CZ [cit. 28.11.2022]. Dostupné z: <https://www.legnex.cz/kotoucova-pila-mep-tiger-352-nc-5-0>
- [23] Způsoby dělení materiálu - PDF Stažení zdarma. *Představujeme Vám pohodlné a bezplatné nástroje pro publikování a sdílení informací.* [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 28.11.2022]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/6540265-Zpusoby-deleni-materialu.html>
- [24] Pálení a dělení materiálu | Frýdlanstské strojírny. *Frýdlanstské strojírny* | *Frýdlanstské strojírny* [online]. Dostupné z: <https://www.frystroj.cz/nase-stroje/paleni-a-deleni-materialu>
- [25] Official Site of Kardex | Kardex Remstar | Kardex Mlog. [online]. Copyright © Kardex 2022 [cit. 28.11.2022]. Dostupné z: <https://www.kardex.com/en>
- [28] Konzolový regál stromečkový, jednostranný, 150 kg, 2000 x 4050 x 590 mm | B2B Partner. *B2B Partner* [online]. Copyright © 2010 [cit. 28.11.2022]. Dostupné z: <https://www.b2bpartner.cz>
- [30] RUM - Pierce.cz. *Pierce Control Automation* [online]. Copyright © 2019 [cit. 29.11.2022]. Dostupné z: <https://www.pierce.eu/produkty/rum/>

- [32] Uzavřené profily RHS na TheSteel.com. *thesteel.com* | *Träger, Bleche, Rohre, Profile, Armaturen, Pumpen, Installationssysteme, und mehr - thesteel.com* [online]. Copyright © ALL RIGHTS RESERVED 2022 [cit. 30.11.2022]. Dostupné z: <https://www.thesteel.com/cz/uzavrene-profilu>
- [33] Autogen, Dělení kyslíko-acetylenovým plamenem - ŘÍZENÉ STROJE, s.r.o.. *NESSAP, s.r.o. - český výrobce CNC řezacích strojů NESSAP* [online]. Copyright © 2022 [cit. 30.11.2022]. Dostupné z: <https://www.nessap.com/autogen>
- [34] Stříhání kovů. *Informace pro žáky ISS Slaný* [online]. Dostupné z: <http://zak.iss-slany.cz/?id=141&action=detail&presenter=Material>
- [38] Control | Dialog 3000Skylla creator since 1994. Control | Dialog 3000Skylla creator since 1994 [online]. Copyright © Control spol. s r. o. 2016. Všechna práva vyhrazena. [cit. 14.04.2023]. Dostupné z: <https://www.control.cz/>
- [40] Elektronická učebnice - ELUC. Elektronická učebnice - ELUC [online]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1857>
- [41] KTK Software. [cit. 14.04.2023] Dostupné z: <https://www.ktksoftware.cz/optimalizace-reznych-planu.html>
- [44] RAVEN CZ a.s. - Přední distributor hutního materiálu. RAVEN CZ a.s. - Přední distributor hutního materiálu [online]. Dostupné z: <https://www.ravencz.cz/clanek/171/vyznam-a-pouziti-hutnich-materialu>
- [45] Automatický sklad tyčového materiálu | MM Průmyslové spektrum. MM Průmyslové spektrum - nejčtenější strojírenský časopis a jeho digitální obsah | MM Průmyslové spektrum [online]. Copyright © 2001 [cit. 14.04.2023]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/automaticky-sklad-tycoveho-materialu>
- [46] Valenta závitové tyče | Valenta Z | [cit. 14.04.2023] Dostupné z: <https://www.valentazt.cz/>
- [47] Hutní materiál Břeclav s.r.o.. Hutní materiál Břeclav s.r.o. [online]. Copyright © 2005 [cit. 14.04.2023]. Dostupné z: <http://www.hutnimaterial.com/>
- [48] QM Profi s.r.o. Podklady k sestavení návodu k používání strojního zařízení. [online]. Dostupné z: <https://www.qmprofi.cz/33/podklady-k-sestaveni-navodu-k-pouzivani-strojního-zarizeni-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EvD6cPpZTsNIGtAs4UC1fR4/> [cit. 21.05.2024]
- [49] QM Profi s.r.o. Příklad návodu k používání. [online]. Dostupné z: <https://www.qmprofi.cz/33/priklad-navodu-k-pouzivani-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EvD6cPpZTsNI-2p3X02WQVc/> [cit. 21.05.2024]
- [50] KOHÚT A SPOL. spol. s r. o. [online]. Dostupné z: <https://www.kohut.cz/> [cit. 21.05.2024]
- [51] OptiCutter. Cost Minimization Techniques. [online]. Dostupné z: <https://www.opticutter.com/public/doc/cost-minimization> [cit. 21.05.2024]
- [56] What is Process Optimization." WorkFellow. [online]. Dostupné z: <https://www.workfellow.ai/learn/what-is-process-optimization> [cit. 21.05.2024]
- [60] Metalco Testing. Dělení materiálu [online]. Dostupné z: <https://www.metalco.cz/deleni-materialu/>

Seznam příloh

Příloha A – Definice tabulek v SQL

Příloha B – Použitý algoritmus

PŘÍLOHA A – Definice tabulek v SQL

```
create table material (  
  id int IDENTITY(1,1) PRIMARY KEY,  
  nazev nvarchar(80) not null,  
  minzbytek int not null,  
  obvykladelka int not null  
)  
  
-- Kazda tyc zvlastni ID  
-- stav: Nova, Po deleni, Zmetek, Odpad, Vyrobek  
create table tyc (  
  id int IDENTITY(1,1) PRIMARY KEY,  
  materialid int not null,  
  delka int not null,  
  stav nvarchar(20) not null,  
  polozkaid int,  
  FOREIGN KEY (materialid) REFERENCES material(id),  
  FOREIGN KEY (polozkaid) REFERENCES polozka(id)  
)  
  
-- stav: Nova, Ve vyrobe (material odebran ze skladu, nelze menit), Hotovo  
create table zakazka (  
  id int IDENTITY(1,1) PRIMARY KEY,  
  zakaznik nvarchar(80) not null,  
  stav nvarchar(20) not null  
)  
  
create table polozka (  
  id int IDENTITY(1,1) PRIMARY KEY,  
  zakazkaid int not null,  
  pozice int not null,  
  materialid int not null,  
  delka int not null,  
  pocet int not null,  
  FOREIGN KEY (zakazkaid) REFERENCES zakazka(id),  
  FOREIGN KEY (materialid) REFERENCES material(id)  
)  
  
-- group by tycid da tabulku, jak danou tyc rozrezat  
create table kryti (  
  id int IDENTITY(1,1) PRIMARY KEY,  
  tycid int not null,  
  polozkaid int not null,  
  
  FOREIGN KEY (tycid) REFERENCES tyc(id),  
  FOREIGN KEY (polozkaid) REFERENCES polozka(id)  
)
```

Příloha B – Použitý algoritmus

```
using DBCApp.Repository;
using DBCApp.Repository.Models;
using System;
using System.Data.Entity;
using System.Linq;
using System.Windows;

namespace DBCApp
{
    public class Planning
    {
        public Planning()
        {
        }

        public void PlanOrder(Zakazka zakazka)
        {
            var db = new DbCtx();
            db.Materialy.Load();
            db.Tyce.Load();
            db.Polozky.Load();
            var z = db.Zakazky.Where(zz => zz.Id == zakazka.Id).Include(x =>
x.Polozky).FirstOrDefault();
            foreach (var itm in z.Polozky)
            {
                int toDoPcs = itm.Pocet, donePcs = 0;
                while (donePcs < toDoPcs)
                {
                    Tyc? t = FindBar(db, itm.Material, itm.Delka);
                    if (t == null)
                    {
                        string msg = "Nenalezena nová tyč z materiálu ID=" +
itm.MaterialId + " a délky minimálně " + itm.Delka;
                        MessageBox.Show(msg, "Plánování selhalo",
MessageBoxButton.OK);
                        return;
                    }
                    t.Stav = "Ve výrobě";

                    int possiblePcs = t.Delka / itm.Delka;
                    int pcs = Math.Min((toDoPcs - donePcs), possiblePcs);

                    for (int i = 0; i < pcs; i++)
                    {
                        var k = new Kryti();
                        k.TycId = t.Id;
                        k.Polozka = itm;
                        db.KrytiVse.Add(k);
                    }
                    donePcs += pcs;
                }
                z.Stav = "Ve výrobě";
                db.SaveChanges();
                MessageBox.Show("Zakázka byla předána do výroby", "Potvrzení",
MessageBoxButton.OK);
            }

            private Tyc? FindBar(DbCtx db, Material m, int delka)
            {
                var vysledek = db.Tyce.Local.Where(t => t.MaterialId == m.Id
```

```
        && t.Stav == "Po dělení" && t.Delka >= delka).FirstOrDefault();
    if (vysledek != null) return vysledek;
    return db.Tyce.Local.Where(t => t.MaterialId == m.Id
        && t.Stav == "Nová" && t.Delka >= delka).FirstOrDefault();
    }
}
```