



# **České vysoké učení technické v Praze**

Fakulta dopravní

Bc. Murad Aushev

Model pro optimalizaci distribuce pivovarnických výrobků  
pro obchodní řetězce

**Diplomová práce**

**2019**



**K617..... Ústav logistiky a managementu dopravy**

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Murad Aushev**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**N 3710 – LA – Logistika a řízení dopravních procesů**

Název tématu (česky): **Model pro optimalizaci distribuce pivovarnických výrobků pro obchodní řetězce**

Název tématu (anglicky): Distribution of Brewer's Products for Supermarkets  
Optimization Model

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- charakteristika procesu produkce piva pro zásobování obchodních řetězců,
- analýza zásobovacího řetězce mezi pivovary a sklady obchodních řetězců,
- teoretická východiska řešení - volba vhodné metody,
- formulace úlohy pro potřeby zvolené metody,
- návrh obecného modelu pro optimalizaci procesu distribuce,
- výpočetní experimenty s navrženým modelem,
- zhodnocení dosažených výsledků.




- Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucích diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Janáček, J.: Optimalizace na dopravních sítích. Žilinská univerzita v Žilině, Žilina, 2006  
Černá, A.; Černý, J.: Manažerské rozhodování o dopravních systémech. Univerzita Pardubice, Pardubice, 2014

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Dušan Teichmann, Ph.D.**  
**Ing. Edvard Březina, CSc.**

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2018**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **28. května 2019**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

  
doc. Ing. Tomáš Horák, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu logistiky a managementu dopravy

  
  
doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

  
Bc. Murad Aushev  
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 30. června 2018

## Prohlášení

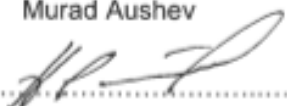
Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a uvedl jsem veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 22.05.2019

Murad Aushev



vlastnoruční podpis

## Poděkování

V tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště děkuji panu Ing. Edvardu Březinovi, CSc. za odborné vedení a konzultování diplomové práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu mého studia. Dále bych chtěl poděkovat doc. Ing. Dušanu Teichmannovi, Ph.D. za pomoc s vytvořením modelu dopravní úlohy a realizací výpočtů.

V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

## **Abstrakt**

<b>Autor:</b>	Murad Aushev
<b>Název diplomové práce:</b>	Model pro optimalizaci distribuce pivovarnických výrobků pro obchodní řetězce
<b>Vedoucí diplomové práce:</b>	Ing. Edvard Březina, CSc. doc. Ing. Dušan Teichmann, Ph.D.
<b>Škola:</b>	České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Ústav logistiky a managementu dopravy
<b>Rok vydání:</b>	2019

Obsahem této diplomové práce je představení problematiky rozvozu hotových výrobků mezi pivovarem, distribučními centry a nadnárodními řetězci v rámci primární distribuce. Cílem diplomové práce je analyzovat současnou situaci, navrhnout metodu optimalizace distribučního procesu a zhodnotit dosažené výsledky. Navržená optimalizace může dále posloužit jako návod na zlepšení v oblasti distribuci pivovarnických výrobků pro obchodní řetězce.

### **Klíčová slova:**

Pivovar, distribuční centrum, primární distribuce, zásobování řízené dodavatelem, optimalizační metoda, matematický model

## **Abstract**

**Author:** Murad Aushev

**Title:** Distribution of brewer's products for supermarkets optimization model

**Thesis advisor:** Ing. Edvard Březina, CSc.  
doc. Ing. Dušan Teichmann, Ph.D.

**School:** Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences, Institute of Logistics and Transport Management

**Year of publication:** 2019

The content of this diploma thesis is the presentation of the issue of distribution of finished products between brewery, distribution centres and supermarkets within the primary distribution. The aim of the diploma thesis is to analyse the current situation, propose the method of optimization of the distribution process and evaluate reached results. The proposed optimization can further serve as a guidance for improvement in the area of distribution of brewer's products for supermarkets.

### **Keywords:**

Brewery, distribution centre, primary distribution, vendor managed inventory, optimization method, mathematical model

# Obsah

Seznam použitých zkratek .....	10
Úvod .....	11
1 Logistika a její význam pro plánování a řízení toků materiálu a zboží .....	12
1.1 Definice logistiky a její cíle .....	12
1.2 Členění logistiky .....	12
1.3 Zásobování .....	13
1.3.1 Klasifikace zásob .....	14
1.3.2 Modely řízení zásob .....	15
1.3.3 Systémy řízení zásob .....	16
1.4 Skladování .....	17
1.4.1 Funkce skladování .....	17
1.4.2 Význam a vliv skladování .....	17
1.4.3 Druhy skladů .....	18
1.5 Výroba .....	19
1.5.1 Fáze výroby .....	19
1.5.2 Typy výrobní logistiky .....	20
1.5.3 Plánování výroby .....	20
1.6 Distribuce .....	21
2 Charakteristika procesu produkce piva pro zásobování obchodních řetězců ....	23
2.1 Výrobní suroviny pro výrobu piva .....	23
2.2 Výroba piva .....	25
2.3 Dopravní cesta pro zajištění logistiky uvnitř pivovaru .....	27
2.4 Obalová technika používaná při distribuci .....	28
3 Analýza zásobovacího řetězce mezi pivovarem a sklady obchodních řetězců..	31
3.1 Charakteristika systému zásobování řízeného dodavatelem .....	31
3.2 Charakteristika systému VMI v pivovaru .....	34
3.3 Současné materiálové toky pivovaru .....	34
3.4 Průběh objednávky zboží od zákazníka .....	44
4 Teoretická východiska řešení – volba vhodné metody .....	47
4.1 Využití optimalizačních metod .....	47
5 Formulace úlohy pro potřeby zvolené metody .....	49
6 Návrh obecného modelu pro optimalizaci procesu distribuce .....	51
6.1 Vstupní hodnoty mající v matematickém modelu povahu konstant: .....	51



6.2	Vstupní hodnoty mající v matematickém modelu povahu proměnných:.....	51
6.3	Optimalizační kritérium, minimalizující počet jízd .....	52
6.4	Popis optimalizačního software Xpress-IVE .....	54
6.5	Popis transformace modelu do optimalizačního software Xpress-IVE .....	55
7	Výpočetní experimenty s navrženým modelem .....	59
7.1	Vstupní hodnoty .....	59
7.2	Výpočet .....	61
8	Zhodnocení dosažených výsledků .....	65
9	Závěr .....	67
10	Použité zdroje .....	68
11	Seznam obrázků.....	70
12	Seznam tabulek.....	71

## Seznam použitých zkratk

<b>DC</b>	Distribuční centrum
<b>NŘ</b>	Nadnárodní řetězec
<b>P</b>	Pivovar
<b>VMI</b>	Vendor managed inventory
<b>PET</b>	Polyethylentereftalát
<b>ERP</b>	Enterprise resource planning
<b>JIT</b>	Just in time
<b>EDI</b>	Electronic data interchange
<b>SAP</b>	Systems, applications and products in data processing

# Úvod

Diplomová práce je zaměřena na problematiku primární distribuce produkce pivovaru.

Cílem této diplomové práce je charakterizovat současný stav logistiky pivovaru. Následně analyzovat a vyhodnotit rozvozné trasy společnosti, rozhodnout o možných změnách v současném stavu a optimalizovat rozvozné trasy pomocí matematického programování.

První kapitola charakterizuje význam logistiky při plánování a řízení toku materiálů a zboží, procesy skladování a distribuci.

Ve druhé kapitole je charakterizován proces výroby piva včetně používané obalové techniky a infrastruktury uvnitř pivovaru.

Třetí kapitola je zaměřena na charakteristiku systému zásobování řízeného dodavatelem (VMI) a analýzu současných toku pivovaru včetně průběhu zpracování objednávky zboží v pivovaru od zákazníka.

Praktická část začíná kapitolou 4, která se zabývá charakteristikou optimalizačních metod, jejich rozdělením, volbou vhodné metody v závislosti na řešeném problému.

Pátá kapitola je věnována formulaci úlohy pro zvolenou optimalizační metodu. Je uveden současný stav distribuce v pivovaru a charakterizován cíl rozhodování matematického modelu a případné změny v současném stavu přepravy.

V šesté kapitole je definován matematický model v obecném tvaru s ohledem na rozhodování z kapitoly 5 včetně vstupních hodnot ve formě konstant a proměnných.

V sedmé kapitole je zmíněn optimalizační software Xpress-IVE, sloužící pro řešení optimalizačních úloh lineárního a celočíselného programování, postup transformace matematického modelu do jazyka MOSEL, se kterým daný software pracuje. Následně je uveden výpočetní experiment nebo kód programu, se kterým Xpress-IVE pracoval.

Osmá kapitola uvádí zhodnocení dosažených výsledků.

# 1 Logistika a její význam pro plánování a řízení toků materiálu a zboží

Kapitola charakterizuje na základní prvky, procesy a komponenty logistiky, které se vyskytují v pivovarnictví.

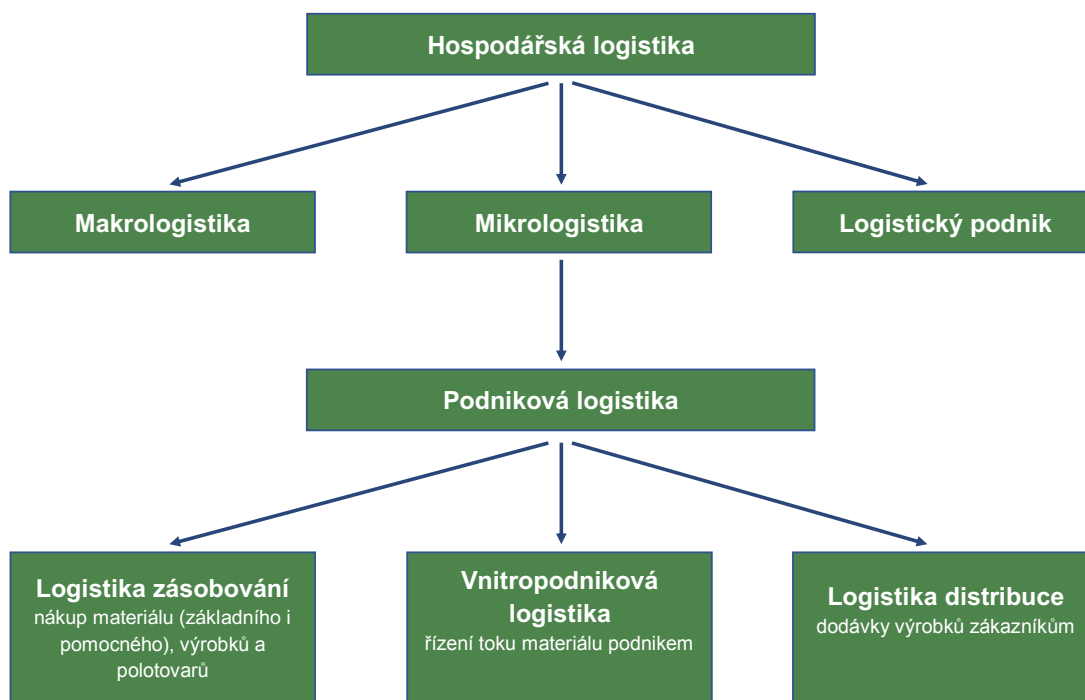
## 1.1 Definice logistiky a její cíle.

Existuje různé interpretace pojmu logistika. Jedním z nich je následující:

Logistika je řízení materiálového, informačního i finančního toku s ohledem na včasné splnění požadavků finálního zákazníka a s ohledem na nutnou tvorbu zisku v celém toku materiálu. Při plnění potřeb finálního zákazníka napomáhá již při vývoji výrobku, výběru vhodného dodavatele, odpovídajícím způsobem řízení vlastní realizace potřeby zákazníka (při výrobě výrobku), vhodným přemístěním požadovaného výrobku k zákazníkovi a v neposlední řadě i zajištěním likvidace morálně i fyzicky zastaralého výrobku [1].

## 1.2 Členění logistiky

Členění logistiky z pohledu hospodářských zájmů je znázorněno na obrázku č. 1.



Obrázek 1. Členění logistiky, zdroj: [1]

Předmětem hospodářské logistiky je makrologistika, která se zabývá logistickými řetězci, nutnými pro výrobu určitých výrobků, mikrologistika, jejíž náplní jsou logistické systémy určitých organizací a logistický podnik, který zajišťuje propojení dodavatele a odběratele.

Podniková logistika se zabývá nákupem materiálu (základního i pomocného), výrobků a polotovarů, což patří do logistiky zásobování, řízením toku materiálu podnikem, za který odpovídá vnitropodniková logistika a dodávky výrobků zákazníkům, které spadají do logistiky distribuce.

### 1.3 Zásobování

Pod pojmem zásoby rozumíme suroviny nezbytné pro zajištění výroby. Zásoby ovlivňují provozní kapitál podniku.

Jednou z hlavních činností podniku je zásobování – zajištění potřebného množství zásoby v požadovaném čase a kvalitě, nebo vyrovnání nesouladu mezi výrobou a spotřebou z hlediska času a prostoru.

Existence zásob vyplývá ze 3 základních funkcí:

**Funkce geografická** – plyne z toho, že lokality výroby a spotřeby jsou většinou rozdílné. Díky existenci zásob lze provést optimalizaci výrobních kapacit z hlediska zdrojů surovin, energií a pracovníků.

**Vyrovnávací a technologická funkce** – cílem je zabezpečit plynulost výrobního procesu v případě existence kapacitního nesouladu mezi výrobními operacemi. Do určité míry eliminují nepředvídatelné výkyvy na straně vstupu a výstupu procesu zásobování.

**Spekulativní funkce** – odpovídá za nákup zásob před očekávaným zvýšením ceny za účelem úspory podnikových nákladů nebo za účelem dosažení zisku v případě jejich prodeje za vyšší než pořizovací cenu [3].

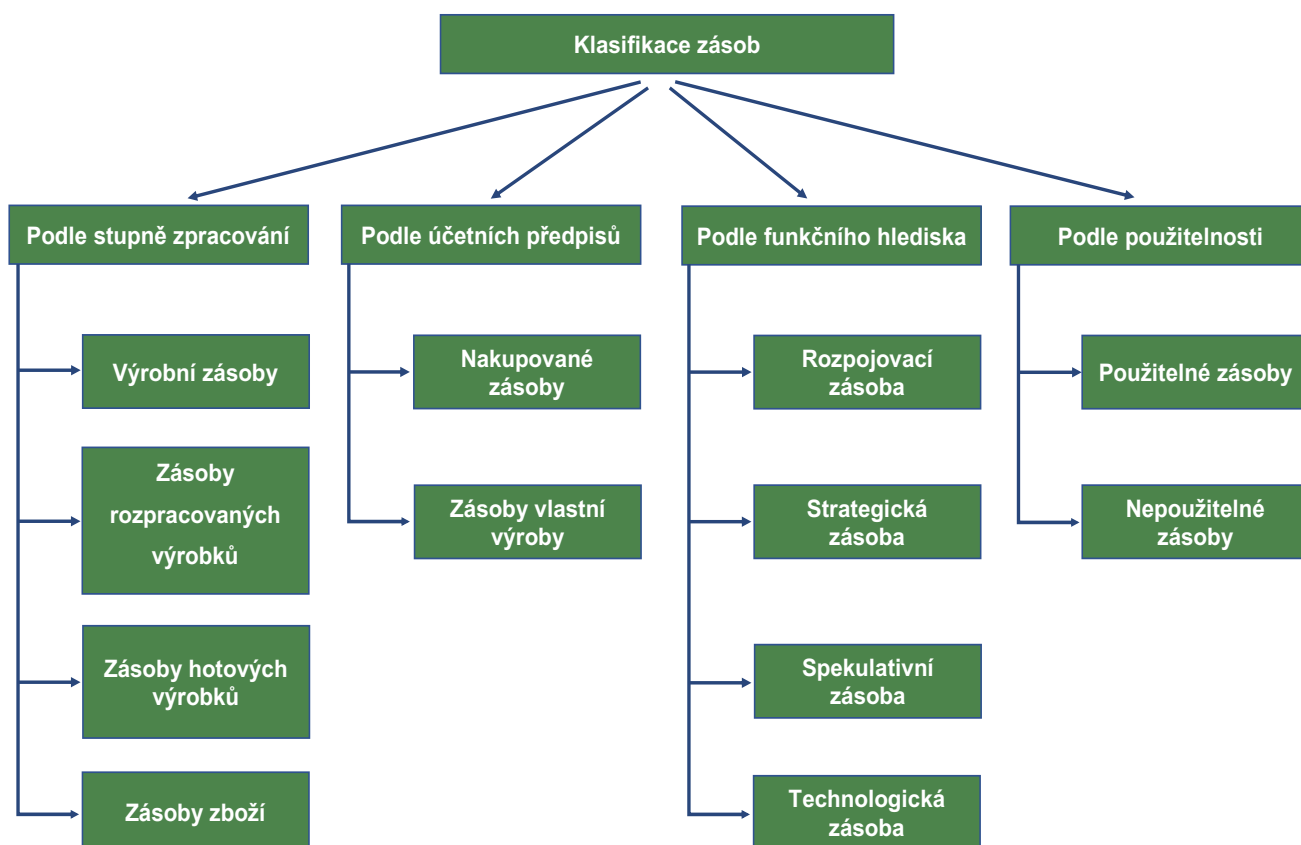
Je nezbytné uvést, že:

- na jedné straně velikost zásob musí být co nejmenší – důvodem jsou náklady spojené s udržováním zásob, rizika znehodnocení, umrtvení podnikového kapitálu.
- na druhé straně velikost zásob by měla být co největší – z důvodu dosažení dostatečné pohotovosti dodávek.

K nalezení určitého kompromisu mezi oběma hledisky, která není možno uspokojit najednou, slouží teorie zásob.

### 1.3.1 Klasifikace zásob

Členění zásob probíhá podle různých kritérií. Na obrázku č. 2 je uvedeno schematické znázornění základního členění zásob.



Obrázek 2. Klasifikace zásob, zdroj: autor

Jednotlivé zásoby uvedené na schématu se dají následně rozdělit dalším způsobem:

#### Výrobní zásoby:

- suroviny
- základní materiál
- pomocný materiál
- režijní materiál
- nástroje

- paliva
- náhradní díly
- obaly

#### **Zásoby rozpracovaných výrobků:**

- polotovary
- nedokončené výrobky

#### **Zásoby hotových výrobků:**

- distribuční zásoby

#### **Zásoby zboží:**

- produkty určené pro další prodej

#### **Nakupované zásoby:**

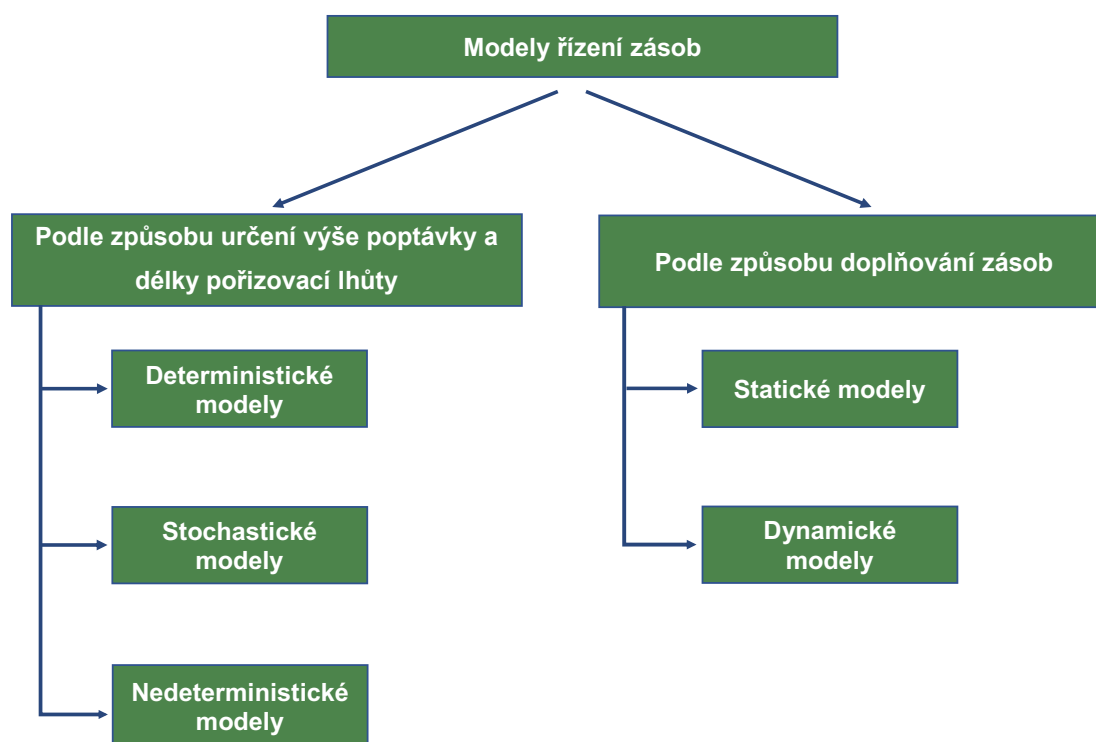
- skladovaný materiál (suroviny, pomocné a provozovací látky, náhradní díly)
- skladované zboží

### 1.3.2 Modely řízení zásob

Důvodem potřeby zásob v určitém podniku je nesoulad z hlediska času mezi dodávkou a spotřebou materiálu, nákupem zboží a jeho prodejem.

S řízením zásob souvisí náklady vynaložené na objednávku, pořizovací náklady, náklady na skladování a správu zásob, náklady nedostatku zásob. K řízení zásob jsou používány různé modely.

Dělení modelů řízení zásob podle dvou základních kritérií je znázorněno na schématu [4].



Obrázek 3. Modely řízení zásob, zdroj: autor

**Deterministické modely** – je známá velikost poptávky a délka pořizovací lhůty. Nejjednodušší z hlediska řešení.

**Stochastické modely** – pravděpodobnostní charakter poptávky a délky pořizovací lhůty.

**Nedeterministické modely** – není znám charakter poptávky a délky pořizovací lhůty.

**Statické modely** – zásoba je tvořena jednorázovou dodávkou bez možnosti opakovaného doplnění zásoby.

**Dynamické modely** – zásoba je udržována na skladě a opakovaně doplňována. Řeší optimální velikost dodávky a čas vystavení nové objednávky.

### 1.3.3 Systémy řízení zásob

Kolísání skutečného stavu zásoby kolem své střední hodnoty musí být vyrovnáno a to jedním ze dvou způsobů vyrovnávání: Q-systém a P-systém. Jedná se o velmi a středně důležité položky zásob.

- **Q-systém (quantity model)** – kolísání spotřeby se vyrovná pomocí změny frekvence dodávek, při jejich pevně stanovené velikosti. Q-systém se používá při konstantních



velikostech dodávek a objednávek. Systém je funkční za předpokladu průběžného přehledu stavu zásob.

- **P-systém (period model)** – kolísání spotřeby se vyrovná pomocí změny velikosti jednotlivých dodávek při pevně stanovených intervalech mezi nimi. Používá se při nákupu většího množství materiálu od určitého dodavatele.

Pro málo důležité položky zásob je používán jednodušší systém dvou zásobníků:

Systém dvou zásobníků – funguje na principu velkého zásobníku, kde je skladována běžná zásoba, a malého zásobníku, který je používán pro pojistnou zásobu. Při vyprázdnění velkého zásobníku spotřeba je krytá z malého zásobníku a to do okamžiku příchodu nové dodávky, kterou je v nejprve doplněn malý zásobník. Potom je zásobován velký zásobník. Výhodou systému dvou zásobníků jsou malé náklady na kontrolu stavu zásob [2].

## 1.4 Skladování

V případě, že materiál není ihned do jeho dodání zapojen do výrobního procesu, musí být zajištěno uchování materiálu mezi místem jeho vzniku a místem jeho spotřeby. To je úkolem skladování, které je jedním z hlavních článků logistického systému.

### 1.4.1 Funkce skladování

Mezi základní funkce skladování lze zařadit:

- Vyrovnávací funkce – při nesouladu materiálového toku a materiálové spotřeby z pohledu času a množství.
- Zabezpečovací funkce – vyplývá z rizik ve výrobním procesu a časových posunu dodávek na zásobovacích trzích.
- Kompletační funkce – tvorba sortimentu nebo sortimentních druhů v souladu s potřebami individuálního provozu.
- Spekulační funkce – zásobování trhu při očekávaném zvýšení cen materiálu.
- Zušlechťovací funkce – při zásobování sortimentu, u kterého dochází k jakostním změnám.

### 1.4.2 Význam a vliv skladování

Proces skladování zajišťuje uskladnění zásob během celého logistického procesu. Udržování zásob ve skladu v podniku může být zdůvodněno [2]:

- snahou šetření nákladů
  - ve výrobě

- na dopravu
- snahou udržet si dodavatelský zdroj
- podporou podnikové strategie v oblasti zákaznického servisu
- reakcí na proměnlivé podmínky na trhu
- snahou poskytovat zákazníkům komplexní sortiment produktů

V závislosti na způsobu skladování se mění následující vztahy mezi činnostmi podniku [2]:

**Mezi výrobou a skladováním** – růst objemu zásob je přímo úměrný velikosti výrobní série. Tak při malé výrobní série je minimalizován objem uskladňovaného materiálu, což snižuje skladovací náklady. Avšak daný postup vede k určitým rizikům, zejména k riziku neschopnosti podniku uspokojit vyšší poptávku. Důsledkem je ztráta zisku z nerealizovaných prodejů.

V případě, že se vyrábí velké množství výrobků, náklady na jednotku produkce jsou nižší, ale je potřeba větších zásob, čímž se skladovací náklady zvětšují.

**Mezi přepravou a skladováním** – podnik má možnost snížit přepravní náklady buď na úseku zásobování – vstup materiálu a zboží do podniku, nebo na úseku distribuce hotových výrobků – výstup výrobků z podniku. Pro zásobování malých objednávek od různých dodavatelů podniky mohou používat konsolidační sklady, umístěné v blízkosti zdroje dodávek.

**Mezi zákaznickým servisem a skladováním** – podnik velmi často musí používat lokální odbytové sklady k tomu, aby minimalizoval celkové náklady v případech, kdy se najednou plní poptávka zákaznického servisu. Skladování v lokálních skladech určitého množství nadměrné zásoby umožní podniku rychlé uspokojení nepředpokládané poptávky, jakož i uspokojení poptávky v případě zpoždění dodávky doplňujících zásob na lokální sklad.

**Mezi logistikou a skladováním** – vybudování lokálních skladů není jednoznačným řešením k minimalizaci celkových nákladů na logistiku. Další faktory, mající vliv na strategii skladování jsou, například: globální strategie podniku, kapitál, výrobek (charakter výrobků), výrobní proces, vliv ekonomických podmínek, vliv konkurence na trhu, logistické technologie používané podnikem.

#### 1.4.3 Druhy skladů

Sklady nazýváme prostory nebo budovy čili konkrétní místa, kde jsou soustředěny zásoby podniku během skladování. Sklady tvoří nezbytnou infrastrukturu výroby, distribuce a obchodu.

Nejdůležitější členění skladů [3]:

- **Sklady zásobovací** – sklady na vstupu do výrobního podniku, které mají za cíl sdružení vstupních zásob.

- **Mezisklady** – slouží k předzásobení mezi odlišnými stupni procesu výroby.
- **Sklady odbytové** – sklady na straně výstupu, slouží k vyrovnávání rozdílu mezi výrobou a odbytem z pohledu času.

Nejrozsáhlejší dělení skladů:

- Podle fázi hodnotového procesu (vstupní sklady, mezisklady, odbytové sklady)
- Podle stupni centralizace (centralizované, decentralizované)
- Podle komplety (orientované na materiál, orientované na spotřebu)
- Podle ochrany před povětrnostmi (kryté, nekryté)
- Podle stanoviště (vnitřní, vnější)
- Podle správy skladu (vlastní, cizí)
- Podle technologie skladování (Skladování v regálech, Visuté skladování, Volné stohování)

## 1.5 Výroba

Výrobní logistika řídí tok materiálu ve výrobním procesu a spojuje distribuční (tok hotových výrobků a polotovarů) a pořizovací (tok surovin, dílů, pomocných a provozních materiálů) logistiku.

### 1.5.1 Fáze výroby

Celý výrobní proces se dá popsat jako posloupnost následujících fází:

- Zajištění materiálu
- Skladování materiálu
- Výroba

**Zajištění materiálu** – spočívá v nalezení požadovaného pro výrobu materiálu.

**Skladování materiálu** – mluvíme-li o situaci, kdy je objednan větší objem materiálu, než je pro výrobu v danem čase potřeba, podnik musí zabezpečit uskladnění přebytku zboží.

**Výroba** – poslední krok při zhotovení výrobku.

Výrobní proces může být rozdělen na tři části: předvýrobní, výrobní a odbytová.

### 1.5.2 Typy výrobní logistiky

Podle typologie se rozlišují tři hlavní typy výroby [1]:

**Kusová výroba** – jedná se o výrobu jednoho kusu nebo několika kusů určitého výrobku. Výrobky nemusí být stejné ani podobné, často se od sebe odlišují. Kusová výroba je dále rozdělena následně: výroba na zakázku, výroba na staveništi, výroba podle projektu.

**Sériová výroba** – jedná se o opakovanou výrobu velkého množství výrobků o malém množství druhů, kterou neovlivňuje konkrétní zákazník. Jde o výrobu mobilních zařízení, kancelářských potřeb.

**Hromadná výroba** – dochází k výrobě jediného druhu výrobku nebo několika variací jednoho druhu výrobku ve velkém množství. Hromadná výroba se dále člení na proudovou a pásovou výrobu.

### 1.5.3 Plánování výroby

Plánování výroby má za cíl zjistit, o jaký výrobek se jedná, jaké bude mít vlastnosti, jaká výrobní technika bude použita podnikem, pro koho bude výrobek určen, jakou cestou bude uskutečněn odběr výrobku.

Celý proces plánování výroby je velice komplexní. Může být rozčleněn na tři kroky:

- Plánování výrobních programů
- Plánování výrobních procesů
- Plánování výrobních faktorů a prostředků

**Plánování výrobních programů** – rozhoduje o objemu výroby a druhu výrobků, které mají být vyrobeny v definovaném časovém rámci. Výrobní program odpovídá stavu došlých objednávek, je-li orientován na zákazníka. Při orientaci na očekávaný vývoj používají se prognózy poptávky.

**Plánování výrobních procesů** – zohledňuje typ výroby. Cílem je určení postupů a času výroby, lokalizace pracovišť. Výsledkem procesu plánování je určení objemu výroby, plán nákupu, dopravy a skladování.

**Plánování výrobních faktorů a prostředků** – dochází k rozhodování a zjištění druhů, množství, doby životnosti nutných výrobních prostředků.

## 1.6 Distribuce

Distribuce je procesem, který slouží jako spojovací cesta mezi výrobcem a zákazníkem. Její účelem je umístění zboží na trh a zajištění dopravních a skladovacích funkcí při pohybu výrobku k zákazníkovi.

Distribuce se podle způsobu dodávky člení [3]:

- Distribuce přímá
- Distribuce nepřímá

**Přímá distribuce** – znamená, že výrobek je přepravován přímo od výrobce k zákazníkovi. Při přímé dodávce je udržován permanentní kontakt výrobce s výrobkem a je zajištěná zpětná vazba od odběratele. Přímá distribuce je využívána v případech, když se jedná o objednávku velkého množství produkce nebo jsou-li pro manipulaci či přepravu výrobků zapotřebí zvláštních podmínek.

**Nepřímá distribuce** – znamená, že výrobek je přepravován od výrobce k zákazníkovi s využitím distribučního mezičlánku.

Základní členění mezičlánků:

- **Velkoobchod** – provádí obchod ve velkých množstvích, ale je určen pro podnikatelské subjekty, nikoliv pro koncové zákazníky. Podle typu velkoobchodu rozlišujeme:
  - Klasický velkoobchod – podnik nakupuje produkt od výrobců, čímž se stává vlastníkem produktu a následně ho nezávisle prodává. Rozděluje se na:
    - Velkoobchod s úplným rozsahem služeb – široká škála nabízených produktů.
    - Velkoobchod s limitovaným rozsahem služeb – omezená řada zboží rychlé spotřeby.
  - Makléři – jsou najímáni dodavatelem nebo odběratelem a slouží jako spojující článek mezi nimi. Neskladují zboží.
  - Agenti – nahrazují buď kupujícího nebo prodávajícího na dlouhodobé bázi.
- **Maloobchod** – je určen pro nákup zboží za účelem jeho prodeje konečným zákazníkům. Člení se na:
  - Maloobchod bez prodejen – prodej zboží se uskutečňuje za pomoci internetových služeb, televizního prodeje, katalogů.
  - Maloobchod s prodejny

- Standartní prodejna
- Specializovaná prodejna
- Supermarket
- Hypermarket
- Obchodní dům
- Obchodní centrum

## 2 Charakteristika procesu produkce piva pro zásobování obchodních řetězců

Na území České republiky je pivo nejkonzumovanější alkoholický nápoj, které se považuje za jeden z českých symbolů. České pivo má dlouhou tradici a je mezinárodně uznávané pro své vlastnosti a kvalitu. Název „České pivo“ je chráněno jako zeměpisné označení, které v roce 2008 Evropská unie udělila vybraným českým výrobkům.

Pivo je kvašený alkoholický nápoj s relativně nízkým obsahem alkoholu, který se vyrábí z vody, obilných sladů, chmele pomocí pivovarských kvasnic. Časem se pouze zdokonalovaly technologické procesy, ale princip přípravy je neměnný už stovky let. Ve druhé polovině 19. století technická revoluce změnila řemeslnou výrobu na výrobu průmyslovou, což způsobilo velký pokrok ve výrobě piva [7].

Tato kapitola je do diplomové práci zařazená z důvodu komplexního pojetí logistiky v pivovarnictví a obsahuje zásobování, výrobu, skladovou a distribuční logistiku.

### 2.1 Výrobní suroviny pro výrobu piva

#### **Voda**

Nejdůležitější ze surovin, používaných při výrobě piva je voda, která je označována jako tělo piva. Podle použití se voda v pivovarnictví dělí na varní, sterilizační, mycí a vodu potřebnou pro provoz. Z toho plyne, že pivovar spotřebovává velké množství vody. Kvalita vody se promítá do chuťových vlastností a ve velké míře ovlivňuje charakter a kvalitu výsledného produktu. Proto jsou pivovary zpravidla budovány blízko zdrojů kvalitní vody. Do sledovaného pivovaru je voda dovážena z Březovského vodovodu. Vodu se v pivovaru změkčuje a denitrifikuje.

#### **Slad**

Slad (obrázek č. 4) se vyrábí z obilí a má největší vliv na chuť, aroma a barvu piva. Z obilovin se zpravidla používá ječmen nebo méně často pšenice. Slad se podle barvy rozlišuje na tmavý (mnichovského typu), používány pro výrobu tmavého piva a světlý (plzeňského typu), používány pro výrobu světlého piva. Pro výrobu piva se používá naklíčená a osušená ječná (obilná) zrna, jejichž slupky značně pomáhají při filtraci. Pivovary mohou nakupovat hotový slad, mohou ho však vyrábět z ječmene sami. Slad se do sledovaného pivovaru dováží kamionem o cca 25 t v jednom závozu. Denně do pivovaru přijedou 3 – 4 kamióny se sladem, jehož denní spotřeba je 80 – 100 tun [5].



**Obrázek 4. Slad, zdroj: [10]**

## **Chmel**

Jednou z nejdůležitějších surovin, používaných při výrobě piva je chmel (obrázek č. 5), díky kterému má pivo charakteristickou hořkou chuť a chmelové aroma, čímž se pivo liší od ostatních alkoholických nápojů. Pro výrobu piva se používají usušené samičí chmelové hlávky, z důvodu obsahu všech důležitých extraktů jen u neoplodněných květin. Chmel je v pivovaru uskladněn ve chmelárně.



**Obrázek 5. Chmel, zdroj: [11]**



## Pivovarské kvasnice

Kvasnice (obrázek č. 6) jsou mikroorganismy, kterými v procesu vzniká alkohol. Vytvořit pivo bez použití kvasnic není možné. Pivovar má vlastní propagační stanici, kde probíhá proces propagace kvasnice pro výrobu piva.



Obrázek 6. Pivovarské kvasnice, zdroj: [12]

## 2.2 Výroba piva

Proces výroby piva zahrnuje následující kroky:

- Šrotování
- Vystírání a rmutování
- Scezování sladiny a vyslazování mláta
- Vaření sladiny s chmelem – chmelovar
- Chlazení mladiny a odlučování kalů
- Hlavní kvašení mladiny
- Ležení a dokvašování piva
- Filtrace
- Stáčení

### Šrotování

Před samotným šrotováním se slad nechává odležet z důvodu snížení vlhkosti zrn a tím i snížení míry poškození jejich obalů během šrotování. Šrotování definuje proces přípravy

ječmene při výrobě piva. Patří sem odstranění nečistot a následně mechanické drcení. Při šrotování se provádí kontrola zachování celistvosti obalových pluch, zda jsou mlecí válce nastavené správně a jsou-li čisté.

### **Vystírání a rmutování**

Po šrotování následuje proces vystírání, jehož cílem je míchání sladového šrotu s nálevem varní vody o teplotě 38 °C nebo 52 °C ve vystírací kádi. Doba vystírání je 10 až 30 minut.

Hned za vystíráním následuje fáze rmutování. Jedná se o proces, při kterém se složité polysacharidy mění na jednoduché zkvasitelné cukry, které jsou důležité pro proces kvašení [6].

### **Scezování sladiny a vyslazování mláta**

Při scezování dochází k oddělení pevného zbytku sladu (sladové mláto) a kapalného roztoku (předku). Výsledkem je sladká tekutina zvaná sladina, bohatá na využitelné látky.

### **Chmelovar**

Jedná se o proces vaření sladiny s chmelem, který probíhá v mladinové pánvi po dobu 60 až 90 minut s postupným přidáváním chmele. Povařením sladiny s chmelem vzniká horká mladina.

Takto vyrobená mladina je přečerpána do odkalovacího zařízení [5].

### **Hlavní kvašení mladiny**

Potom je mladina přečerpána do otevřených kvasných nádob (spilka) nebo do uzavřených cylindrických tanků, kde se pivo kvasí. Kvašení probíhá ve dvou fázích. První fází se říká hlavní kvašení. Druhou fází je ležení a dokvašování piva.

### **Ležení a dokvašování piva**

Pivo je po prokvašení ochlazeno a přečerpáno do ležáckého sklepa. Proces dokvašování probíhá v uzavřených cylindrických tancích pod mírným tlakem a při teplotě do 2 °C. Doba trvání procesu dokvašování závisí na druhu piva a může trvat 20 až 60 dnů [7].

## **Filtrace**

Zásadním cílem procesu filtrace je čiré pivo. Filtrace probíhá na svíčkovém křemíkovém filtru. Při filtraci dochází k odstranění zbytků kvasnic, kalických látek s zvýší se čirost piva. Zpravidla následuje proces pasterizace piva, který výrazně prodlužuje jeho trvanlivost.

## **Stáčení**

Po všech uvedených krocích se pivo stáčí do plechovek, sudů, lahví nebo PET-lahví.

Důležitým je uvést, že kvůli sanitačním norem nemůžou různé výrobní linky začít pracovat současně. Pokud jede výrobní linka piva pro PET-láhve, například, linka na sudy čeká, až se ukončí výroba a může být spuštěna následně po její ukončení.

## **2.3 Dopravní cesta pro zajištění logistiky uvnitř pivovaru**

Po filtraci a případné pasterizaci pivo dále postupuje do plnicích linek. V závislosti na typu obalu v pivovaru jsou:

- Stáčírna sudů
- Stáčírna skleněných lahví
- Stáčírna PET-lahví

Po naplnění lahví následuje proces etiketace. Láhví dále jsou umístěny do beden po 24 kusech. Na každé paletě vejde 40 beden, které jsou umístěny v 5 vrstvách a po 8 kusech v každé vrstvě. Celkem na jedné paletě jsou přepravovány 960 lahví o objemu 0,5 l každá. Naložená paleta se umístí na speciální stroj, který omotá zboží folií. Na každou paletu se nalepí paletový štítek, podle kterého vozíčkář přepraví zboží na určité místo do skladu v pivovaru.

## 2.4 Obalová technika používaná při distribuci

Hlavní funkcí balení je ochrana výrobku před znehodnocením, prodloužení udržitelnosti potravin. Obal musí chránit výrobek mechanickými, chemickými a biologickými jevy.

Pivovar používá následující přepravní obaly:

**Transportní sudy** – nejčastěji používané sudy typu KEG. KEG sudy (obrázek č. 7) se vyrábějí z nerezové oceli a jsou často pokryty izolačním materiálem pro delší zachování vychlazené produkce. Mezi další výhody patří mechanická odolnost obalu. V pivovaru se používají sudy o objemech 20, 30 a 50 litrů.



Obrázek 7. Transportní sud typu KEG, zdroj: [13]

**Skleněné láhve** – existují vratné i nevratné skleněné láhve (obrázek č. 8 a č. 9). Díky svým vlastnostem je sklo v pivovarství nejpoužívanější materiál pro tvorbu obalu. Výhodou skleněných láhví je odolnost proti přetlaku, možnost dobře tvarovat a vybarvovat. Sklo je taky zcela nepropustný materiál. Podle statistiky se pивní lahve naplní 8 až 10krát, než budou z důvodu opotřebovanosti nebo poškození použity k výrobě nových láhví. Pivovar používá skleněné láhve o objemu 0,5 l. V České republice se vyrábí kolem 16 druhů skleněných láhví o objemu 0,5 l.



Obrázek 9. Skleněná láhev, zdroj: [14]



Obrázek 8. Skleněná láhev, zdroj: [15]

**Plastové láhve (PET-láhve)** (obrázek č. 10 a č. 11) byly poprvé využity pro distribuci nealkoholických nápojů v roce 1978. Díky svým výhodám, jako je pružnost a nízká hmotnost, našly uplatnění v obalování piva. Nevýhodou je možnost degradace chutě a změny barvy produkce vůči propustnosti světla. PET-láhve se daří třídít a recyklovat, ale doba jejich rozkladu je 60-80 let.



Obrázek 10. PET-láhev, zdroj: [16]



Obrázek 11. PET-láhev, zdroj: [17]

**Plechovky** (obrázek č. 12 a č. 13) se používají většinou pro nápoje sycené oxidem uhličitým. Nápoje v obyčejných konzervových plechovkách začali používat v USA po skončení prohibice v roce 1933. Plechovky jsou výhradně nevratným obalem. V Evropě obvykle mají velikost 0,33 a 0,5 litru.



Obrázek 12. Plechovka, zdroj: [18]



Obrázek 13. Plechovka, zdroj: [19]

### **3 Analýza zásobovacího řetězce mezi pivovarem a sklady obchodních řetězců**

V minulosti pivovar používal pro zásobování a logistiku PUSH výrobní systém. Jedná se o systém, který neomezuje množství rozpracované výroby. Dodavatele neměli možnost správně předpovědět výši poptávky, proto byli nuceni vytvářet vysoké úrovně zásob. Mít přebytek zásob ale je zpravidla stejně špatně, jako mít nedostatek zásob. Jedná se o sklady a manipulační prostředky a s nimi spojené náklady, daně, pojistné. Proto je nutné hledání optimálního množství zásob. Opakem PUSH systému je PULL výrobní systém, který omezuje množství nedokončené výroby ve výrobním systému. PULL systém je o něco složitější pro zavedení do výroby, přináší však lepší výsledky. Pivovar ale začal využívat systém založený na obou principech (PUSH a PULL). Jedná se o systém zásobování řízeného dodavatelem nebo systém VMI (vendor managed inventory).

#### **3.1 Charakteristika systému zásobování řízeného dodavatelem**

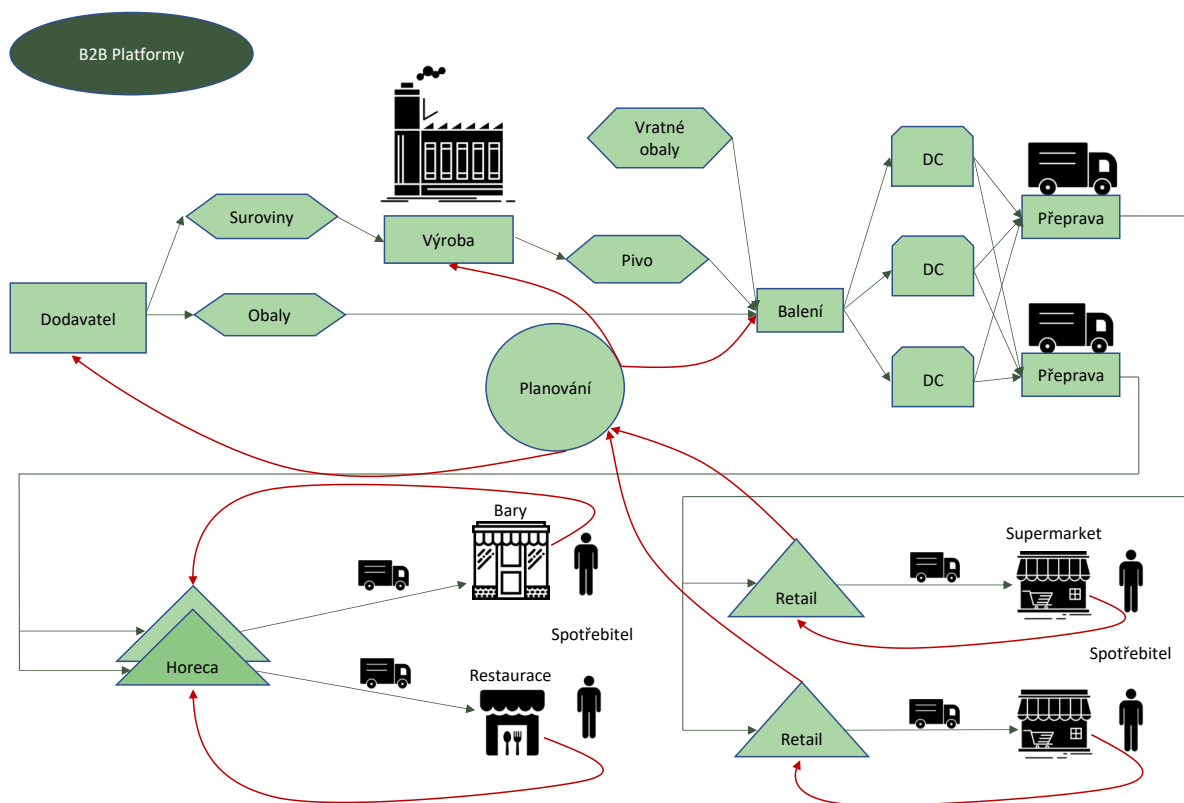
Systém zásobování řízený dodavatelem byl poprvé použit v 80. letech obchodním řetězcem Wal-Mart k minimalizaci nákladů. Je významným krokem k zefektivnění distribučního řetězce. Systém navazuje na principy JIT, avšak velikost a četnost objednávek jsou řízené dodavatelem, zatímco u JIT jsou objednávky určovány odběratelem. VMI má za cíl zlepšení efektivity výroby, minimalizace zásob, snížení nákladu.

Hlavní roli v daném procesu hraje spolupráce dodavatele a odběratele, která přináší možnost kontroly dostupnosti a toku zboží. Odběratel předává dodavateli informaci o aktuálním stavu zásob a prodejích včetně očekávaných. Dodavatel má zodpovědnost za řízení stavu zásob u odběratele a realizaci dodávky v souladu se smluvenými podmínkami. Jsou tak minimalizovány distribuční a zásobovací náklady.

Elektronický přenos informací umožňuje dodavateli předpovídat poptávku a provádět výpočty potřeby materiálu pro její pokrytí. Objednávka je tvořena v informačním systému (ERP – Enterprise Resource Planning), čím jsou eliminovány chyby lidského faktoru. Daný systém umožňuje sledování aktuálního stavu objednávek jak dodavatelem, tak i odběratelem. Pro správné fungování procesu jsou ve smlouvě nezbytné následující hodnoty: maximální hranice zásob, minimální hranice zásob, průměrná denní poptávka, přepravní náklady a kapacita vozidel.

Systém zásobování řízený dodavatelem našel uplatnění v maloobchodu, velkoobchodu, distribuci a výrobě materiálu a polotovarů. Výhodou VMI je to, že po splnění určitých požadavků je využitelný pro optimalizaci kteréhokoliv dodavatelského řetězce. Díky tomu

implementace metody v různých podnicích rychle roste [8]. Systém VMI je znázorněn na obrázku č. 14. Zelené čáry znázorňují tok zboží, červené čáry – tok informací.



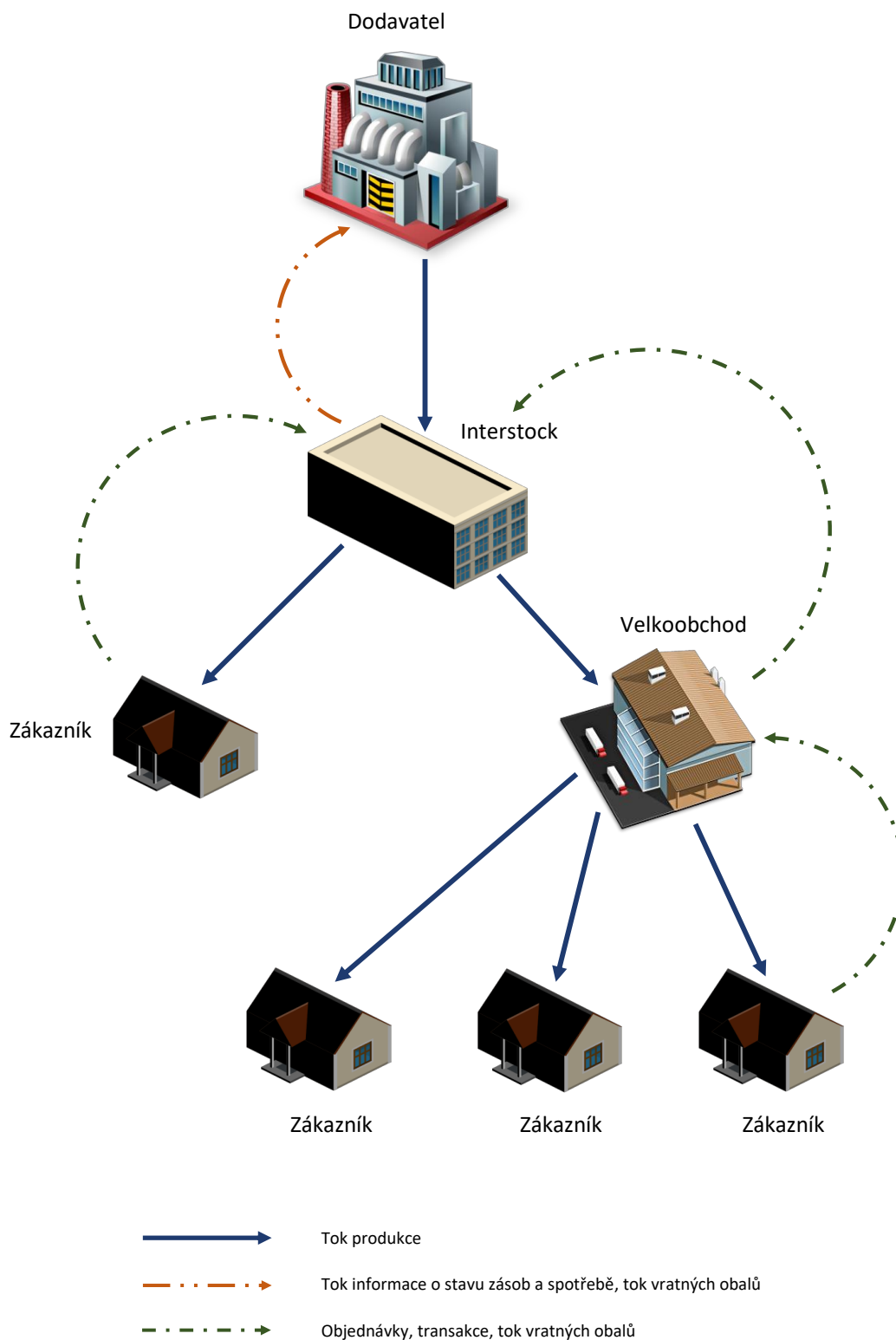
Obrázek 14. Systém VMI, zdroj: autor

Kromě vlastních skladů, které patří dodavateli a meziskladů, které dodavatel pronajímá, mohou být v systému používány konsignační sklady.

Konsignační sklad je sklad materiálu a polotovarů, který je zhotoven u nevlastníka zboží (odběratele) na základě spolupráce dodavatele a odběratele. Zřizovatel skladu (dodavatel) průběžně doplňuje skladovou zásobu na své náklady podle prodejů. Dodavatel nese rizika, spojená s pohybem cen, neprodejnosti zboží atd. až do okamžiku jeho odběru. Odběratel průběžně odebírá ze skladu zboží v okamžiku své potřeby. Po odběru a zaplacení zboží přestává být majetkem dodavatele. Odběratel je odpovědný za pojištění nákladu v konsignačním skladu proti krádežím, pohromám atp. Dodavateli je v pravidelných intervalech zasílána konsignace (seznam odebraného zboží). Dodavatel na základě konsignací vyúčtovává a doplňuje spotřebované množství. Výhodou konsignačního skladu je to, že odběratel platí za objednané zboží až po jeho prodeji. Mezisklad vlastněný nebo pronajímáný dodavatelem se využívá k vyrovnání rozdílů v zásobování čili k předzásobení mezi různými stupni výrobního procesu.



Primární distribuce do meziskladu se uskutečňuje dodavatelem, sekundární distribuce ke konečnému zákazníkovi je uskutečněna zákazníkem, smluvním dopravcem nebo dodavatelem. Funkce interstocku jsou znázorněny na obrázku č. 15.



Obrázek 15. Funkce interstocku, zdroj: autor

## 3.2 Charakteristika systému VMI v pivovaru

Jak již bylo zmíněno, pro distribuci mezi pivovarem a distribučními centry je zaveden systém zásobování řízené dodavatelem. Primární distribuci čili zásobování vlastních distribučních center zajišťuje pivovar. Sekundární distribuce probíhá již mezi distribučními centry a konečnými zákazníky (maloobchody, velkoobchody, bary). Objednávky od zákazníků se aktualizují každý týden. Kromě aktuálních objednávek, které mohou přijít pozdě nebo dokonce být zrušené, v rozhodování o distribuci určitého produktu v určitém množství a optimálním čase do některého z DC, hraje velkou roli předpověď z minulých období. Za objednávky určitého zboží v pivovaru nese odpovědnost oddělení plánování. Pracovníci oddělení plánování zpracovávají požadavky odběratelů pomocí informačního systému s aktuálními objednávkami a současným stavem zásob na skladech.

V distribučních centrech tak jsou pracovníci zaměřeni na sekundární distribuci čili zásobování konečných zákazníků, které probíhá za pomoci sdílení veškerých požadovaných údajů ze strany odběratelů. Díky tomu má pivovar lepší přehled jak o aktuálním, tak i o budoucím stavu zásob, což umožňuje předzásobování DC do vyčerpání jejich skladovacích zásob.

Na výrobu piva má vliv také období, jelikož se jedná o sezónní produkt. V letním období (duben-srpen) pivovar vyrábí více z důvodu větší spotřeby piva. Vyrobené pivo „navíc“ je uskladňováno v DC. Díky těmto nadbytkům pivovaru odpadá potřeba větší výroby pro uspokojení krátkodobých požadavků. Nejde-li o letní sezónu, kde je spotřeba piva výrazně větší, je přebytek využíván k hromadění zásob pro špičkové období, což přináší lepší efektivitu plnění požadavků odběratelů.

## 3.3 Současné materiálové toky pivovaru

Tok materiálu začíná zásobováním pivovaru nezbytnými pro výrobu surovinami (voda, slad, chmel, kvasnice) a obalu. Cílem je, aby suroviny a obalový materiál byl řízen systémem JIT (Just In Time) tj. aby tyto položky byly udržovány v minimálním možném stavu.

V pivovaru pak dochází k samotné výrobě piva, která byla popsána v kapitole 2.2, a jejíž posledním krokem je stáčení piva do lahví, PET-lahví, sudů nebo plechovek.

Na obrázku č. 16 a č. 17 je ukázán sklad transportních sudů typu KEG a sklad přepravek.



**Obrázek 16. Sklad transportních sudů typu KEG, zdroj: pivovar**



**Obrázek 17. Sklad přepravek, zdroj: pivovar**

Po procesu stáčení musí být zboží zabaleno buď do kartónu, jedná-li se o skleněné láhve nebo pomocí speciální balicí fólie. Pro daný účel je pivo přemístěno do balící linky.

Dále je zboží vysokozdvíhacími vozíky odvezeno do skladu pivovaru, pro nakládku do vozidel. Sklad hotových výrobků v pivovaru (obrázek č. 18 a č. 19) má kapacitu cca třídní výroby.



**Obrázek 18. Sklad hotových výrobků, zdroj: pivovar**



**Obrázek 19. Sklad hotových výrobků, zdroj: pivovar**

Ze skladu pivovaru se následně uskuteční nakládka zboží (obrázek č. 20) a primární distribuce.

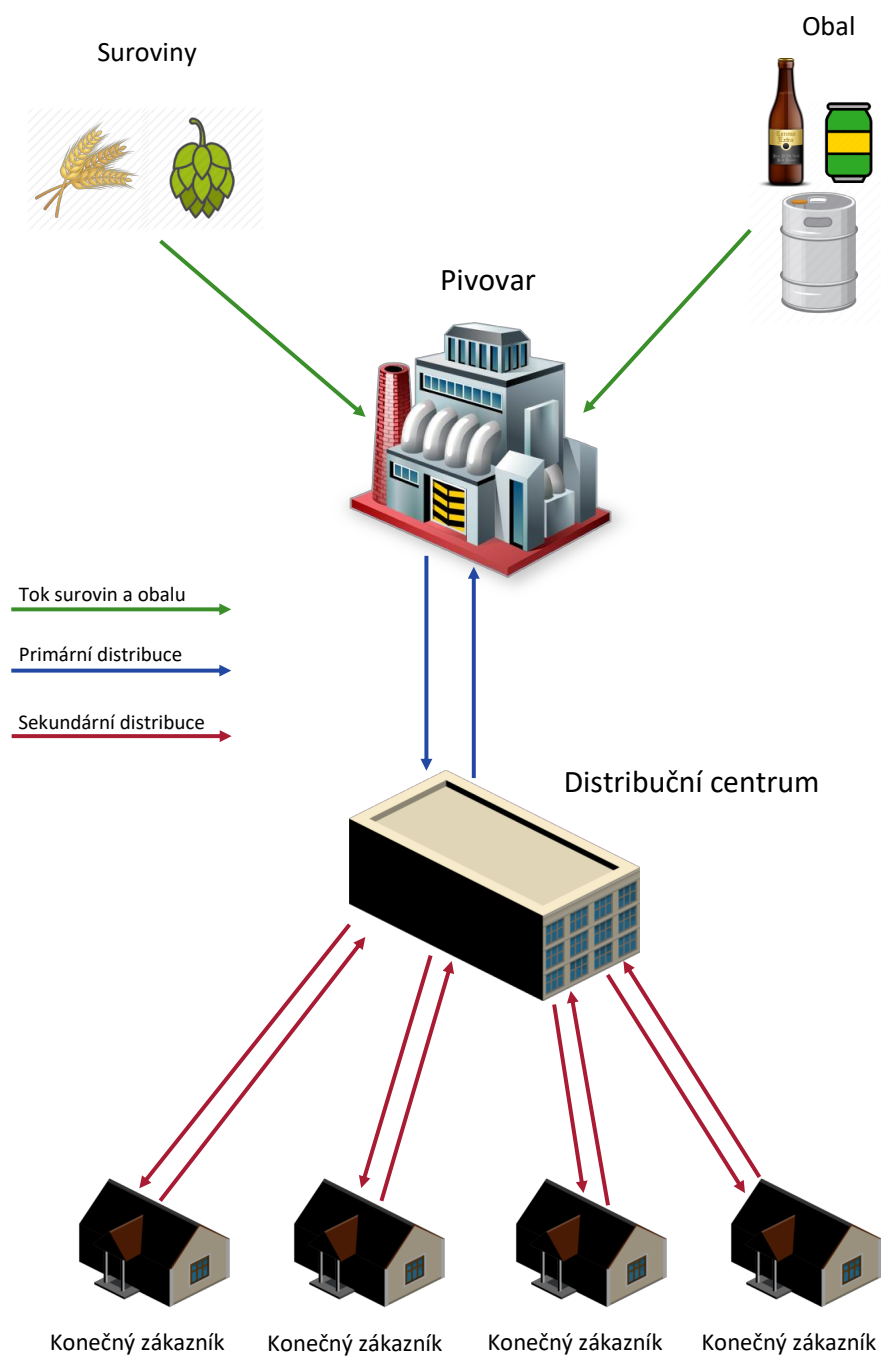


Obrázek 20. Nakládka zboží, zdroj: pivovar

Primární distribuce je přeprava hotových výrobků z pivovaru do distribučních center. Zboží se nakládá na návěs vysokozdviznými vozíky. Primární distribuci PET-láhvi pivovar zajišťuje u smluvních dopravců homogenním vozidlovým parkem. Pivovar má omezenou plochu areálu, která umožňuje nakládku maximálně 4 vozidel současně.

Vozidlo odveze zboží do jednoho z DC a vrátí do pivovaru vratné obaly.

Dodavatelský řetězec pivovaru je schematicky znázorněn na obrázku č. 21.



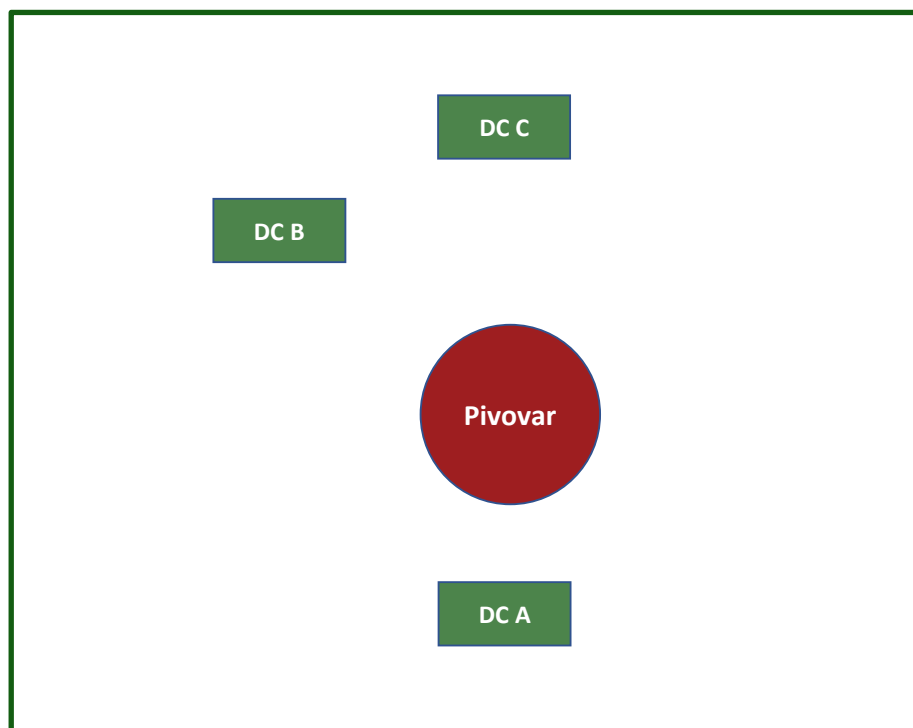
**Obrázek 21. Dodavatelský řetězec pivovaru, zdroj: autor**

Zboží pro sekundární distribuci je uskladněno v distribučním centru do vyzvednutí odběratelem a přepravy z distribučního centra až ke konečnému zákazníkovi (velkoobchod, maloobchod, bar, restaurace).

V distribučních centrech probíhá nejen nakládka hotových výrobků pro sekundární distribuci, ale také nakládka vratných obalů, které jsou následně vráceny do pivovaru. Nakládka a vykládka zboží musí být realizována v jeden den. Obaly (sudý, skleněné láhve) se vrací do pivovarů přes DC. V pivovaru se obal vyskladní a je přemístěn do mycí linky. Po mytí je obal přemístěn do skladu.

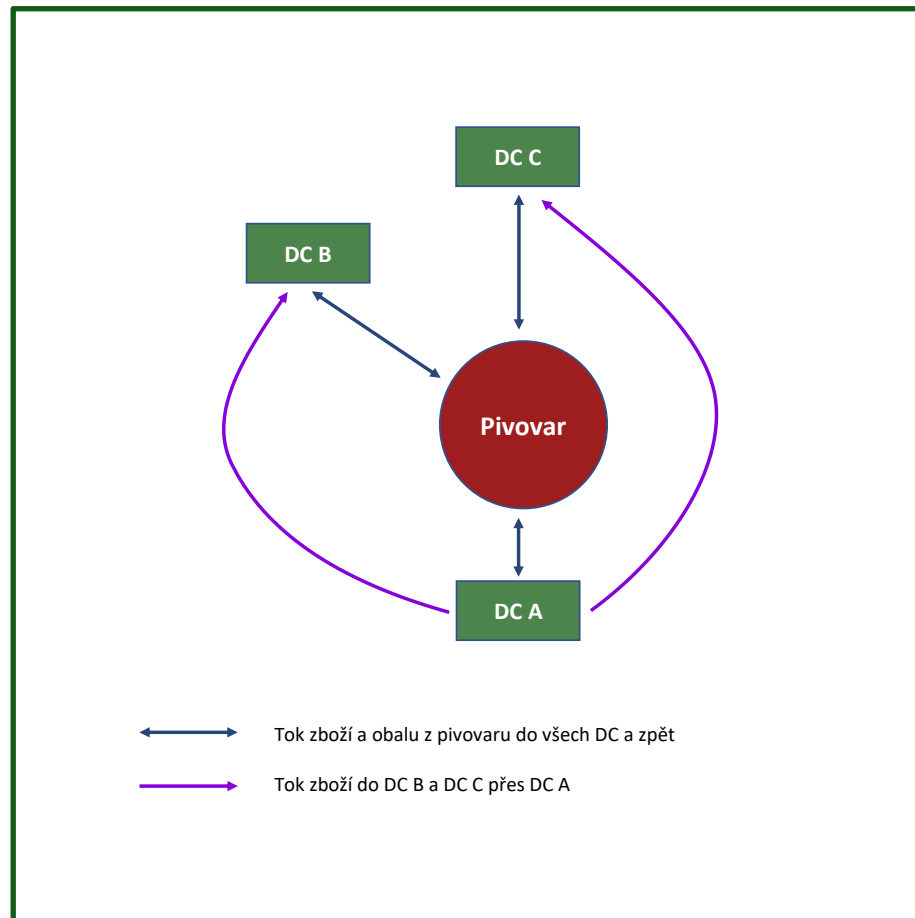
V diplomové práci se řeší pouze distribuce PET-láhví čili je řešeno pouze zásobování distribučních center, nikoliv vrácení obalů.

Pro primární distribuci PET-lahvi pivovar používá 3 distribuční centra. Schematické znázornění pivovaru a distribučních center je znázorněno na obrázku č. 22.



Obrázek 22. Znázornění pivovaru a DC, zdroj: autor

Na obrázku č. 23 je znázorněna síť současných toků PET-láhví, tvořená pivovarem a třemi distribučními centry.



Obrázek 23. Síť toku PET-láhví mezi pivovarem a DC, zdroj: autor

Nakládka je uskutečňována v otevírací době pivovaru, případně, jednoho z distribučních center.

#### Otevírací doba:

- **Pivovar:** 6:00 – 15:00
- **DC A:** 6:00 – 14:30
- **DC B:** 7:00 – 19:00
- **DC C:** 8:00 – 17:00

Pro přepravu zboží z pivovaru jsou používány různé typy návěsů, jejichž použití závisí na přepravních podmínkách. Jednotlivé návěsy a jejich nosnosti / kapacity:



- Standard 26 t / 33 palety
- Solo 15 t / 18 palet
- LWT 28 t / 33 palety
- Lowdeck 26 t / 33 palety (pro svoz 59 palet)

Na následujícím obrázku č. 24 je návěs typu Standard o nosnosti 26 tun a kapacitě 33 paletových míst, který je využíván pro primární distribuci PET-lahví.



Obrázek 24. Návěs typu Standard, zdroj: [20]

Největší frekvence jízd mezi pivovarem a distribučními centry je zaznamenána na trase Pivovar – DC A (10x denně). Velký počet jízd na dané trase je dán jednak tím, že DC A je používáno i pro uskladňování produkce, určené pro jiná DC, případně nadnárodní řetězce při nedostatku volné kapacity ve skladě v pivovaru.

Pivo v PET-lahvích se dováží z pivovaru do DC B (10x týdně) a do DC C (4x týdně). Jedná se o jednosměrné trasy.

Kromě distribučních center pivovar zásobuje zbožím v PET-lahvích také centrální sklady nadnárodních řetězců. Jedná se o primární distribuci. Z centrálních skladů nadnárodních řetězců je zboží distribuováno do lokálních skladů a obchodů.

Jde o pět nadnárodních řetězců:

- Kaufland
- AHOLD
- Penny

- MAKRO
- TESCO

Při nedostatku volné kapacity na skladě v pivovaru, zboží určené pro nadnárodní řetězce je nejprve přepravováno do jednoho z distribučních center, odkud je pak odvezeno do skladu nadnárodního řetězce. Z důvodu přepravních, skladovacích a manipulačních nákladů je snaha tyto přepravy minimalizovat.

V tabulce 1 je znázorněna vzdálenost mezi pivovarem a distribučními centry, doba trvání cesty a počet palet podle typu používaných vozidel na dané trase.

**Tabulka 1. Vzdálenost mezi pivovarem a DC, zdroj: pivovar**

	DC A	DC B	DC C
<b>Km</b>	6	250	232
<b>Hodiny</b>	0,5	4	4,5
<b>Palety</b>	26t/33p	26t/33p	26t/33p

V tabulce 2 je znázorněna vzdálenost mezi pivovarem a nadnárodními řetězci, doba trvání cesty a počet palet podle typu používaných vozidel na dané trase.

**Tabulka 2. Vzdálenost mezi pivovarem a NŘ, zdroj: pivovar**

	Kaufland	AHOLD	Penny	MAKRO	TESCO
<b>Km</b>	190	226	224	241	235
<b>Hodiny</b>	3	3,5	3,5	4	3,5
<b>Palety</b>	26t/33p	26t/33p	26t/33p	26t/33p	26t/33p

V tabulce 3 je znázorněna vzdálenost mezi DC A a nadnárodními řetězci, doba trvání cesty a počet palet podle typu používaných vozidel na dané trase.

**Tabulka 3. Vzdálenost mezi DC A a NŘ, zdroj: pivovar**

DC A	Kaufland	AHOLD	Penny	MAKRO	TESCO
Km	192	232	230	246	241
Hodiny	3	3,5	4	4,5	4,5
Palety	26t/33p	26t/33p	26t/33p	26t/33p	26t/33p

V tabulce 4 je znázorněna vzdálenost mezi DC B a nadnárodními řetězci, doba trvání cesty a počet palet podle typu používaných vozidel na dané trase.

**Tabulka 4. Vzdálenost mezi DC B a NŘ, zdroj: pivovar**

DC B	Kaufland	AHOLD	Penny	MAKRO	TESCO
Km	118	82	202	50	47
Hodiny	3	2	3	2,4	2,5
Palety	26t/33p	26t/33p	26t/33p	26t/33p	26t/33p

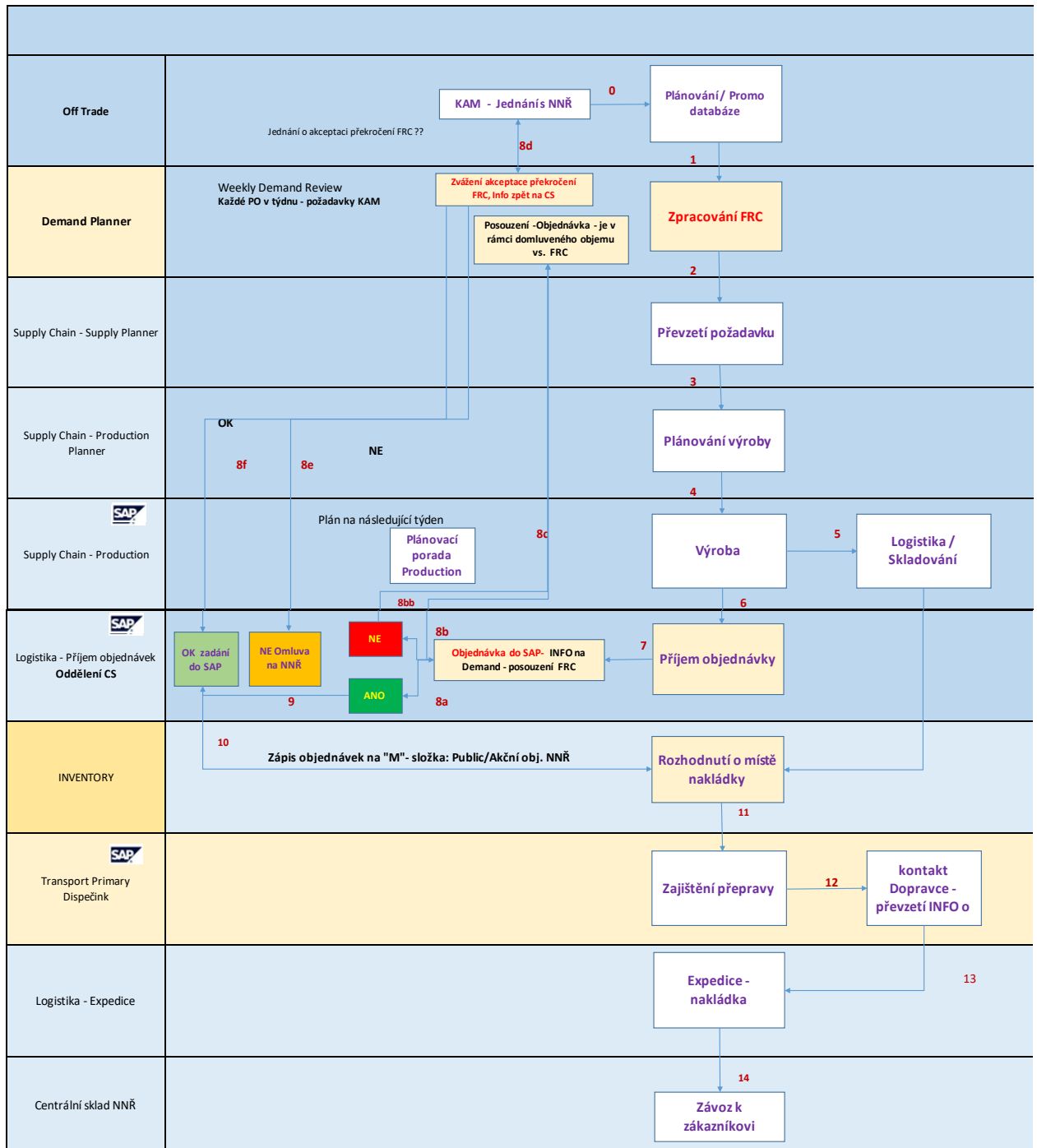
V tabulce 5 je znázorněna vzdálenost mezi DC C a nadnárodními řetězci, doba trvání cesty a počet palet podle typu používaných vozidel na dané trase.

**Tabulka 5. Vzdálenost mezi DC C a NŘ, zdroj: pivovar**

DC C	Kaufland	AHOLD	Penny	MAKRO	TESCO
Km	80	70	74	53	57
Hodiny	2	1	1	1	1
Palety	26t/33p	26t/33p	26t/33p	26t/33p	26t/33p

### 3.4 Průběh objednávky zboží od zákazníka

Nejprve probíhá jednání s nadnárodním řetězcem, který pošle objednávku telefonicky, mailem, faxem nebo přes EDI. Call centrum zadá objednávku do systému SAP a posílá požadavek na dopravu do dispečinku. Dispečink objednává dopravu, zadává do systému číslo přepravy. Pak dispečink organizuje s dopravcem čas nahládky – posílá dopravci veškeré pokyny: kdy naložit, kolik atd. Tiskne dodací dokumenty. Expedienti předávají dokumenty řidiči po nakládkce. Na obrázku č. 25 je znázorněn průběh zpracování objednávky.



Obrázek 25. Průběh zpracování objednávky zboží, zdroj: pivovar

Popis jednotlivých kroků při zpracování objednávky zboží:

#### **Off Trade**

- Jednání s nadnárodním řetězcem
- Plánování / Promo databáze

#### **Demand Planner**

- Zpracování FRC
- Zvážení akceptace překročení FRC, info zpět na CS
- Posouzení – Objednávka je v rámci domluveného objemu vs. FRC

#### **Supply Chain – Supply Planner**

- Převzetí požadavku

#### **Supply Chain – Production Planner**

- Plánování výroby

#### **Supply Chain – Production**

- Výroba
- Logistika / Skladování
- Plánovací porada

#### **Logistika – Příjem objednávek; Oddělení CS**

- Příjem objednávky
- Objednávka do SAP – INFO na Demand – posouzení FRC

#### **INVENTORY**

- Rozhodnutí o místě nakládky

#### **Transport Primary; Dispečink**

- Zajištění přepravy
- Kontakt dopravce – převzetí INFO o nakládce

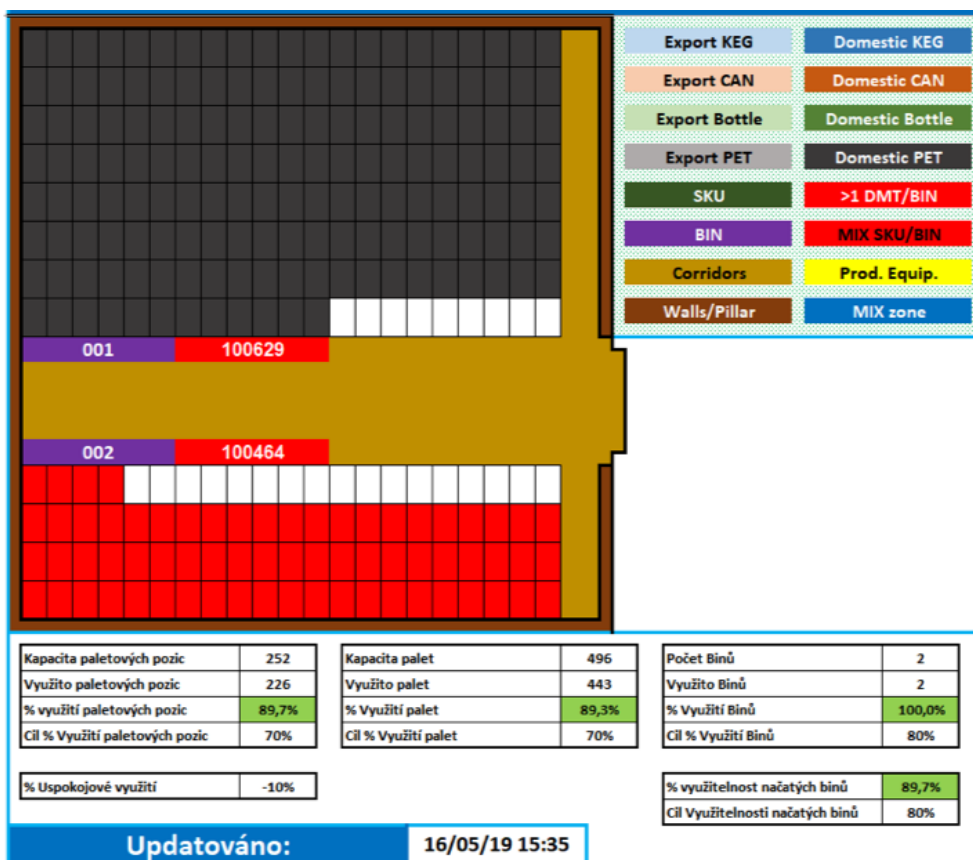
#### **Logistika – Expedice**

- Expedice – nakládka

#### **Centrální sklad NNŘ**

- Závoz k zákazníkovi

Při zpracování objednávky je používána mapa skladu (obrázek č. 26), která ukazuje, ve kterém místě je uskladněn určitý počet palet a kolik zbývá volného místa.



Obrázek 26. Mapa skladu, zdroj: pivovar

## 4 Teoretická východiska řešení – volba vhodné metody

### 4.1 Využití optimalizačních metod

Vedení každé společnosti požaduje, aby řízení provozu bylo co možná nejefektivněji. Míru efektivnosti se dá vyjádřit jako spokojenost uživatelů s poskytovanou podnikem produkcí nebo službami. V neposlední řadě je samozřejmě i finanční zisk společnosti a její postavení na trhu. Důležitá rozhodnutí mají na starosti většinou řídicí pracovníci podniku. Jelikož se jedná o efektivní řešení problému, první otázkou pracovníka před přijetím rozhodnutí by měla být účelnost a efektivnost vymyšleného řešení. Dalším krokem je určení optimalizačního kritéria, který posuzuje efektivitu procesu. V závislosti na posuzované efektivitě, může být optimalizační kritérium vyjádřeno v peněžních jednotkách, časových jednotkách, ujeté vzdálenosti. Optimalizační kritérium se vybírá podle toho, jaký se očekává efekt. V praxi ale často dochází k případům, že pracovník nemá všechny požadované vstupní údaje k nalezení správné hodnoty optimalizačního kritéria. Jednou z možností je stanovení jiného optimalizačního kritéria, pro jehož specifikaci stávající vstupní údaje jsou postačující.

Kromě optimalizačního kritéria a vstupních dat, existují tzv. omezující podmínky, kterými je hledání optimálního řešení limitováno. Splňuje-li řešení všechny omezující (okrajové) podmínky, je řešením přípustným. Přípustných řešení může být stovky, tisíce i více. Proto optimální řešení musí vykazovat nejlepší kvalitu z hlediska optimalizačního kritéria. Důležité je, že neexistuje optimalizační metoda, která by byla vhodná k řešení jakékoliv úlohy. Z toho důvodu se optimalizační metoda vybírá podle konkrétního řešeného problému. Jedním ze základních je rozdělení optimalizačních metod primární a duální. Výchozím řešením primární metody bude řešení přípustné, které se postupně blíží k optimu. Duální optimalizační metoda může začínat v nepřípustném řešení. První dosažené přípustné řešení je řešením optimálním [9].

Existuje také rozdělení optimalizačních metod na exaktní a heuristické. Exaktní metody umožňují nalezení optima řešené úlohy, pokud pro danou úlohu a za daných vstupních podmínek optimální řešení existuje. Garance optimality nalezeného řešení je u všech exaktních metod ověřená testem optimality. Řešením úlohy heuristickou metodou může být nalezeno optimální řešení, což ale touto metodou nelze ověřit, jelikož neexistuje test optimality. Exaktní metoda, která je schopna najít optimum ve stanoveném řešitelem čase vždy má preferenci před jakoukoliv heuristickou metodou.

Výhodou exaktní optimalizační metody před metodou heuristickou je to, že při použití správně zvolené exaktní metody nikdy nebude získáno řešení horší, než je současný stav. Heuristická metoda možnost nalezení horšího řešení, než je současný stav nevyklučuje. Heuristiky se však musí být v určitých případech použity, protože exaktní metoda ne vždy umožní najít optimální řešení v požadovaném čase. Existují taky problémy, pro jejichž řešení neexistuje exaktní metoda.

Heuristiky se rozdělují na prosté a metaheuristiky. Prosté heuristiky nemohou opustit aktuální lokální minimum, z důvodu pohybu pouze v množině přípustných řešení. Na rozdíl od prostých heuristik metaheuristiky mají možnost přesunu do jiné oblasti množiny přípustných řešení, čímž se zvýší pravděpodobnost nalezení optimálního řešení.

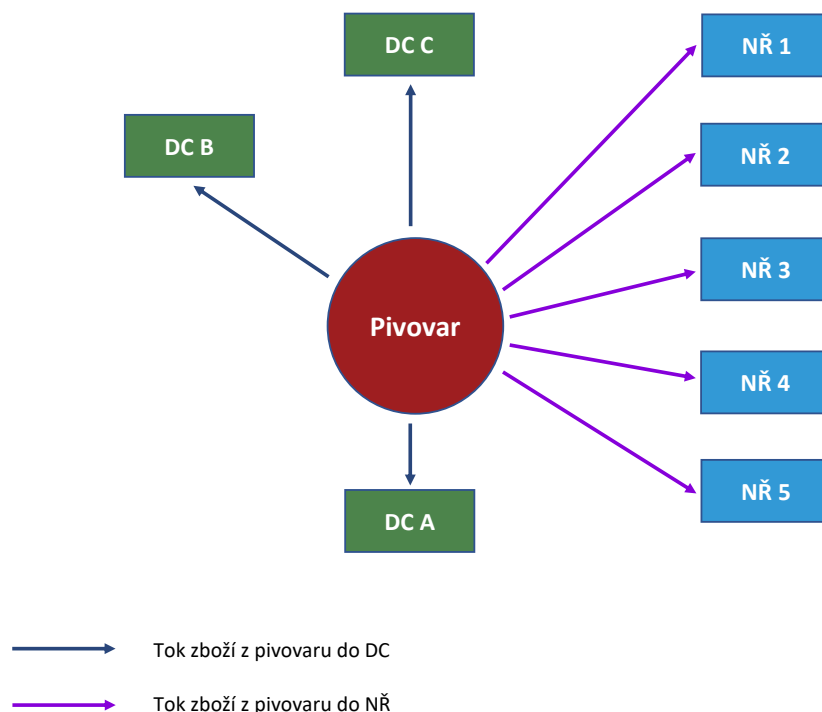


## 5 Formulace úlohy pro potřeby zvolené metody

Na dopravní síti je definována množina distribučních center  $R$ , a množina nadnárodních řetězců  $L$ . U každého distribučního centra  $r \in R$  je definován jeho požadavek  $u_r$  v počtech palet, u každého nadnárodního řetězce  $l \in L$  je definován jeho požadavek  $v_l$  v počtech palet. V pivovaru je definována kapacita výrobní linky  $a_i$   $i \in I$  vyjádřená v počtu palet. Pro sklad pivovaru  $r = 0$  a pro sklad každého distribučního centra  $r \in R$  je známa volná kapacita  $b_{ir}$  ve dni  $i \in I$  vyjádřená v počtu palet. Pro pivovar jsou definovány náklady na skladování jedné jednotky (palety)  $f_0$ . Pro každý DC  $r \in R$  jsou definovány náklady na skladování jedné jednotky (palety)  $f_r$ . Pro každou relaci pivovar – DC  $r \in R$  jsou známy náklady na přepravu jednoho kamiónu  $c_r$ . Pro každou relaci pivovar – NŘ  $l \in L$  jsou známy náklady na přepravu jednoho kamiónu  $d_l$ . Pro každou relaci DC  $r \in R$  – NŘ  $l \in L$  jsou známy náklady na přepravu jednoho kamiónu  $g_{rl}$ .

Úkolem je rozhodnout o optimálním plánu přepravy, tzv. rozhodnout o volbě tras a počtu přeprav pro jednotlivé relace tak, aby přepravní a skladovací náklady byly minimalizovány.

Současný stav distribuce v pivovaru je schematicky znázorněn na obrázku č. 27.



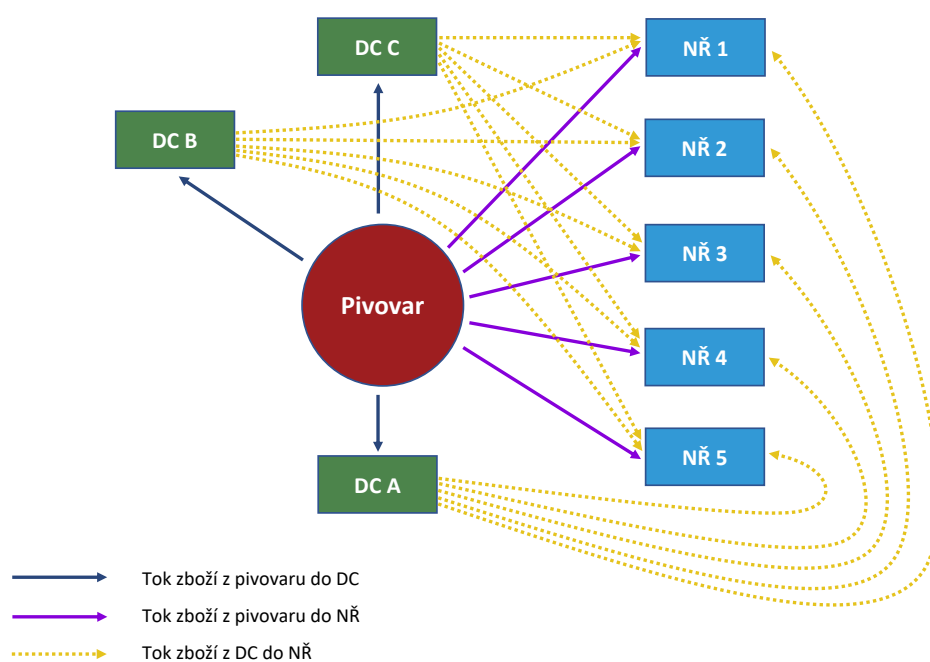
Obrázek 27. Současný stav distribuce v pivovaru, zdroj: autor

V tabulce č. 6 jsou uvedeny hodnoty současného stavu. Je uvažována distribuce z pivovaru do DC a z pivovaru přímo do NŘ v průběhu jednoho týdne.

Matematický model uvažuje kromě přímé přepravy zboží z pivovaru do distribučního řetězce také možnost přepravy z pivovaru do nadnárodního řetězce přes distribuční centra. Cílem je rozhodnout o optimálních počtech jízd mezi:

- pivovarem a DC
- mezi pivovarem a NŘ
- mezi DC a NŘ

Optimalizačním kritériem je součet nákladů na přepravu, skladování a manipulaci. Cílem optimalizace je minimalizace hodnoty optimalizačního kritéria. Na obrázku č. 28 je schematicky znázorněn modelovaný stav distribuce v pivovaru.



**Obrázek 28. Modelovaný stav distribuce v pivovaru, zdroj: autor**

## 6 Návrh obecného modelu pro optimalizací procesu distribuce

### 6.1 Vstupní hodnoty mající v matematickém modelu povahu konstant:

$Q$  – celkový požadavek zákazníků,

$a_i$  – kapacita výrobní linky v jednotlivých dnech  $i \in I$  vyjádřená v počtu palet,

$b_{ir}$  – kapacity skladů v jednotlivých dnech  $i \in I$  pro všechny sklady  $r \in R$  vyjádřená v počtu palet,

$K$  – kapacita vozidla vyjádřená v počtu palet,

$M_j$  – kapacita nakládkového místa v pivovaru (maximální počty naložených vozidel v pivovaru) v jednotlivých dnech  $j \in J$ ,

$u_r$  – požadavek DC  $r \in R$  v jednotlivých dnech  $i \in I$  (zásobování zákazníků mimo NŘ),

$v_l$  – požadavek NŘ  $l \in L$  v jednotlivých dnech  $i \in I$ ,

$c_r$  – cena za 1 jízdu z pivovaru do distribučního centra  $r \in R$ ,

$d_l$  – cena za 1 jízdu z pivovaru do nadnárodního řetězce  $l \in L$ ,

$g_{rl}$  – cena za 1 jízdu z distribučního centra  $r \in R$  do nadnárodního řetězce  $l \in L$ ,

$f_r$  – skladovací náklady v pivovaru  $r = 0$  a v DC  $r \in R$ ,

$MM_{ij}$  – matice zajišťující dodržení podmínky  $i \leq j$ .

### 6.2 Vstupní hodnoty mající v matematickém modelu povahu proměnných:

$q_i$  – počet vyrobených jednotek ve dni  $i \in I$  vyjádřený v počtu palet,

$x_{ijr}$  – počet palet vyrobených ve dni  $i \in I$  a vyskladněných v distribučním centru  $r \in R$  ve dni  $j \in J$ ,

$y_{jl}$  – počet palet vyrobených ve dni  $i \in I$  a vyskladněných v nadnárodním řetězce  $l \in L$  ve dni  $j \in J$  při přímém zásobování,

$z_{jrl}$  – počet palet vyskladněných v nadnárodním řetězce  $l \in L$  ve dni  $e \in E$  při zásobování přes distribuční centrum  $r \in R$ , kde je produkce vyskladněná ve dni  $j \in J$ ,

$X_{jr}$  – přepočtené palety vyskladněných v distribučním centru  $r \in R$  ve dni  $j \in J$  na jízdy,

$Y_{jl}$  – přepočtené palety vyskladněných v nadnárodním řetězce  $l \in L$  ve dni  $e \in E$  na jízdy,

$Z_{erl}$  – přepočtené palety vyskladněných v nadnárodním řetězce  $l \in L$  ve dni  $e \in E$  při zásobování přes distribuční centrum  $r \in R$  na jízdy,

$w_{ir}$  – aktuální stav palet ve dni  $i \in I$  na skladě distribučního centra  $r \in R$  vyjádřený v počtu palet,

$w_{i0}$  – aktuální stav palet ve dni  $i \in I$  na skladě pivovaru vyjádřený v počtu palet.

### 6.3 Optimalizační kritérium, minimalizující počet jízd

#### Matematický model má tvar:

$$\min f(X, Y, X, w) = \sum_{i=1}^n w_{i0} * f_0 + \sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^s w_{ir} * f_r + \sum_{j=1}^m \sum_{r=1}^s X_{jr} * c_r + \sum_{j=1}^m \sum_{r=1}^s Y_{jl} * d_l + \sum_{e=1}^p \sum_{r=1}^s \sum_{l=1}^o Z_{erl} * g_{rl} \quad (1.1)$$

Výraz (1.1) reprezentuje účelovou funkci – celkové náklady na skladování a přepravu ve všech relacích.

#### Podmínky:

$$\sum_{i=1}^n q_i = Q \quad \text{pro } i \in I \quad (1.2)$$

Skupina omezujících podmínek (1.2) zajišťuje, že požadovaný objem produkce bude vyroben.

$$q_i = \sum_{j=1}^m \sum_{r=1}^s x_{ijr} + \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^o y_{ijl} \quad \text{pro } i \in I \quad (1.3)$$

Skupina omezujících podmínek (1.3) zajišťuje, že vyrobená produkce bude vyskladněna.

$$\sum_{i=1}^n x_{ijr} \leq K * X_{jr} \quad \text{pro } j \in J, r \in R \quad (1.4)$$

$$\sum_{i=1}^n y_{ijl} \leq K * Y_{jl} \quad \text{pro } j \in J, l \in L \quad (1.5)$$

$$\sum_{j=1}^m z_{jerl} \leq K * Z_{erl} \quad \text{pro } e \in E, r \in R, l \in L \quad (1.6)$$

Skupiny omezujících podmínek (1.4), (1.5) a (1.6) zajišťují přepočítání vyskladněných palet na jízdy.

$$v_l = \sum_{i=1}^n \sum_{e=1}^p y_{iel} + \sum_{j=1}^m \sum_{e=1}^p \sum_{r=1}^s z_{jerl} \quad \text{pro } l \in L \quad (1.7)$$

Skupina podmínek (1.7) charakterizuje požadavek nadnárodního řetězce.

$$w_{j0} = w_{j-1,0} + q_j - \left( \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^s x_{ijr} + \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^o y_{ijl} \right) \quad \text{pro } j \in J \quad (1.8)$$

$$w_{jr} = w_{j-1,r} + \sum_{i=1}^n x_{ijr} - \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^o z_{ijrl} \quad \text{pro } j \in J, r \in R \quad (1.9)$$

Skupina podmínek (1.8) vyjadřuje aktuální stav zásob na skladě v pivovaru.

Skupina podmínek (1.9) vyjadřuje aktuální stav zásob na skladě v distribučním centru.

$$q_i \leq a_i \quad \text{pro } i \in I \quad (1.10)$$

$$w_{ir} \leq b_{ir} \quad \text{pro } i \in I, r = 0, \dots, s \quad (1.11)$$

Skupina podmínek (1.11) zajišťuje nepřekročení kapacity výrobní linky.

Skupina podmínek (1.12) zajišťuje nepřekročení volné kapacity skladů v pivovaru a v distribučních centrech.

$$\sum_{r=1}^s X_{jr} + \sum_{l=1}^o Y_{jl} \leq M_j \quad \text{pro } j \in J \quad (1.13)$$

Skupina podmínek (1.13) zajišťuje nepřekročení kapacity expedice v pivovaru.

$$X_{jr} \in Z_0^+ \quad \text{pro } j \in J, r \in R \quad (1.14)$$

$$Y_{jl} \in Z_0^+ \quad \text{pro } j \in J, l \in L \quad (1.15)$$

$$Z_{erl} \in Z_0^+ \quad \text{pro } e \in E, r \in R, l \in L \quad (1.16)$$

$$q_i \in q_0^+ \quad \text{pro } i \in I \quad (1.14)$$

$$x_{ijr} \geq 0 \quad \text{pro } i \in I, j \in J, r \in R \quad (1.17)$$

$$y_{ijl} \geq 0 \quad \text{pro } i \in I, j \in J, l \in L \quad (1.18)$$

$$z_{jerl} \geq 0 \quad \text{pro } i \in I, j \in J, r \in R, l \in L \quad (1.19)$$

## 6.4 Popis optimalizačního software Xpress-IVE

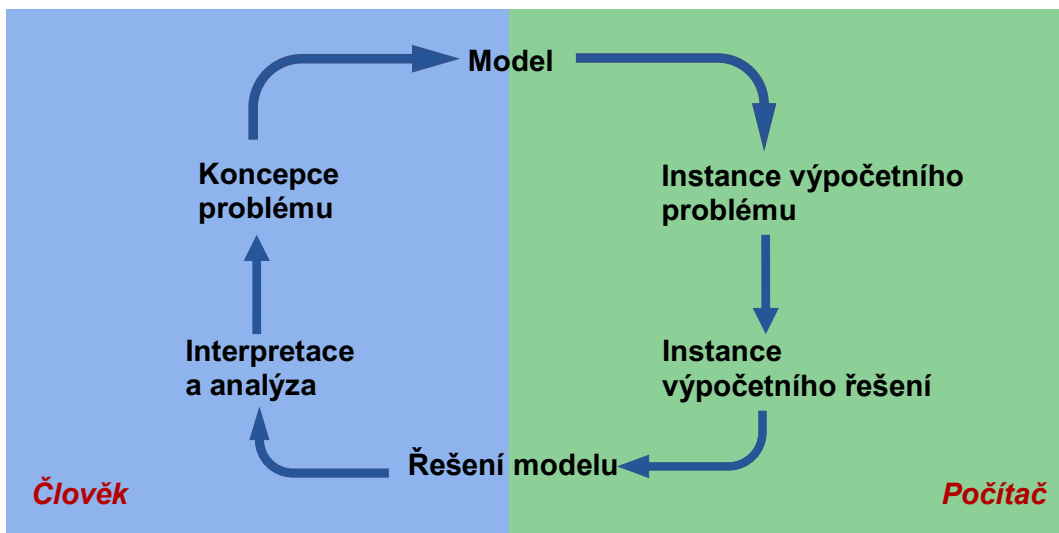
Vzhledem k rozsáhlosti řešeného matematického modelu by bylo velmi obtížné řešení provádět ručně, proto k řešení úlohy lineárního programování bude využit optimalizační software Xpress-IVE.

Xpress-IVE byl vytvořen společností FICO v roce 2008. Tento software slouží pro matematické modelování a řešení optimalizačních úloh lineárního a celočíselného programování.

Pro řešení úlohy v softwaru Xpress-IVE, je nutná transformace matematického modelu do textu programu. Při transformaci se dodržují pravidla převodu veličin a funkcí modelu do programovacího jazyku MOSEL, se kterým pracuje optimalizační software Xpress-IVE. Jazyk mosel je univerzálním jazykem, který má otevřenou modulární architekturu a umí kompilovat,

spouštět, přistupovat k matematickým modelům vytvořeným v programovacích jazycích C/C++, C, Java.

Na obrázku č. 29 je schematicky znázorněn princip práce softwaru.



Obrázek 29. Princip práce softwaru Xpress-IVE, zdroj: autor

## 6.5 Popis transformace modelu do optimalizačního software Xpress-IVE

Text programu začíná klíčovým slovem *model*, po kterém následuje název daného programu.

```
model optimalizace
```

V dalším řádku se uvádí příkaz pro spuštění knihovny matematických operací.

```
uses "mmxprs"
```

Dalším krokem je zavedení deklarační částí pomocí úvodního klíčového slova *declarations*. Do deklarační části jsou zařazeny objevující se v modelu množiny.

Matematický model pro optimalizací jízd mezi pivovarem, distribučními centry a nadnárodními řetězci jsou použity pět množin:

- množina času přítoku do pivovaru
- množina času odtoku z pivovaru

- množina času odtoku z distribučního centra
- množina distribučních center
- množina nadnárodních řetězců

n=7

m=7

p=7

s=3

o=5

prítok\_do\_pivovaru=0..n

odtok\_z\_pivovaru=1..m

odtok\_z\_dc=1..p

DC=1..s

NR=1..o

Po zápisu množin do deklarační části budou vypsány proměnné a konstanty. K zadání konstanty slouží slovní spojení *of real*, k zadání proměnné se používá slovní spojení *of mpar*. Jedná-li se ne o konkrétní číslo, ale o veličinu typu pole, konstanta nebo proměnná se označí klíčovým slovem *array*.

Text zadání proměnných a konstant v deklarační částí v programovacím jazyce MOSEL má tvar:

*q:array (prítok\_do\_pivovaru) of mpar – počet vyrobených palet piva v jednotlivých dnech*

*a:array (1..n) of real – kapacita výrobní linky v jednotlivých dnech*

*b:array (prítok\_do\_pivovaru, 0..3) of real – kapacity skladů v pivovaru a v DC v jednotlivých dnech*

*w:array (prítok\_do\_pivovaru, 0..3) of mpar – stav zásob v pivovaru a v DC (včetně počátečního stavu na začátku 1. dne akce)*



Konec deklarační části je oznámen klíčovým slovem *end-declarations*.

Dále do textu programu se zadávají hodnoty konstant:

*c::[273,1139,1045]* – ceny za 1 jízdu z pivovaru do DC

*d::[1078,1215,1101,1367,1443]* – ceny za 1 jízdu do NŘ

*g::[1078,592,699,1371,580,*

*607,1473,835,793,1367,*

*835,850,1443,714,759]* – ceny za 1 jízdu z DC do NŘ

*Q:=3850* – celkový objem produkce v rámci akce

*K:=33* – kapacita vozidla

Následujícím krokem je převod omezujících podmínek zapsaných v obecném tvaru do programovacího jazyka. Tak pro zápis omezující podmínky  $q_i \leq a_i$  pro  $i = 1, \dots, n$  slouží příkaz *forall*, který lze přeložit jako „pro všechna“. Tato podmínka v software Xpress-IVE má tvar:

*forall (i in 1..7) q(i) <= a(i)* – zajistí, že kapacita výroby v pivovaru nebude v jednotlivých dnech akce překročena

Jedná-li se o proměnnou, která má nabývat pouze celočíselných nezáporných hodnot, bude použito slovní spojení *is\_integer*:

*forall (i in 1..7) q(i) is\_integer* – zajistí, že počet palet vyprodukovaný v jednotlivých dnech akce bude nezáporný a celočíselný

Po zápisu všech omezujících podmínek do programu se zadává účelová funkce, jejíž hodnotu je potřeba optimalizovat. Jelikož se v dané práci jedná o optimalizaci provozních a skladovacích nákladů, účelová funkce může být zapsána například následovně:

*cena:=sum(i in 1..7) w(i,0)\*f(0) + sum (i in 1..7, r in 1..3) w(i,r)\*f(r) + sum(j in 1..7, r in 1..3) X(j,r)\*c(r) + sum(j in 1..7, l in 1..5) Y(j,l)\*d(l)*

Potom musí být uveden příkaz, pomocí kterého software hodnotu účelové funkce minimalizuje:

*minimize(cena)*

Aby byly vypsány výsledky modelu, před ukončením programu se uvádí požadavky na výpis hodnoty optimalizované účelové funkce a hodnot vybraných proměnných. K výpisu výsledků slouží příkaz *writeln*. Hodnoty účelové funkce se vypisují pomocí příkazu *getobjval*.

*writeln(getobjval)* – výpis hodnoty účelové funkce po skončení optimalizačního výpočtu

Hodnoty vybraných proměnných se vypisují pomocí příkazu *getsol*.

*writeln*

*forall(i in 1..7, j in 1..7, r in DC | getsol(x(i,j,r))>0)writeln('x('i','j','r')=',getsol(x(i,j,r)))* – výpis kladných hodnot proměnných  $x(i,j,r)$

## 7 Výpočetní experimenty s navrženým modelem

V této kapitole jsou uvedeny použité vstupní hodnoty (konstanty) a text programu, který byl použit pro zpracování matematického modelu v optimalizačním softwaru Xpress-IVE.

### 7.1 Vstupní hodnoty

Většina použitých vstupních údajů jsou poskytnutá pivovarem. Kapacity skladů a požadavky DC a NŘ jsou zvoleny autorem práce.

$Q$  – celkový požadavek zákazníků: 3360 palet

$a_i$  – kapacita výrobní linky: 469 palet

$b_{ir}$  – kapacity skladů v jednotlivých dnech jsou uvedeny v tabulce č. 6

Tabulka 6. Kapacity skladů, zdroj: autor

Sklad/den	Kapacity skladů v jednotlivých dnech						
	1	2	3	4	5	6	7
P	100	100	100	100	100	100	100
DC A	250	250	250	250	250	250	250
DC B	250	250	250	250	250	250	250
DC C	250	250	250	250	250	250	250

$u_{j,r}, v_{j,l}$  – požadavky DC a NŘ jsou uvedeny v tabulce č. 7

Tabulka 7. Požadavky DC a NŘ, zdroj: autor

DC nebo NŘ/den n	Požadavky DC a NŘ						
	1	2	3	4	5	6	7
DC A	60	60	60	60	60	60	60
DC B	60	60	60	60	60	60	60
DC C	60	60	60	60	60	60	60
NŘ 1	60	60	60	60	60	60	60
NŘ 2	60	60	60	60	60	60	60
NŘ 3	60	60	60	60	60	60	60
NŘ 4	60	60	60	60	60	60	60
NŘ 5	60	60	60	60	60	60	60

$K$  – kapacita vozidla: 33

$M_j$  – kapacita nakládkového místa v pivovaru: 100

$c_r$ ,  $d_l$ ,  $g_{rl}$  – ceny za 1 jízdu z pivovaru do DC, z pivovaru do NŘ, a z DC do NŘ jsou uvedeny v tabulce č. 8

Tabulka 8. Ceny za 1 jízdu, zdroj: pivovar

z/do	Ceny za 1 jízdu							
	DC A	DC B	DC C	NŘ 1	NŘ 2	NŘ 3	NŘ 4	NŘ 5
P	273	1139	1045	1078	1215	1101	1367	1443
DC A	-	-	-	1078	592	699	1371	1367
DC B	-	-	-	607	1473	835	793	1367
DC C	-	-	-	835	850	1443	714	759

$f_r$  – skladovací náklady v pivovaru a v DC jsou uvedeny v tabulce č. 9

Tabulka 9. Skladovací náklady, zdroj: pivovar

Sklad	Skladovací náklady v pivovaru a v DC
P	6
DC A	11
DC B	12
DC C	12

## 7.2 Výpočet

Následující podkapitola uvádí text programu, který byl použit pro zpracování matematického modelu v optimalizačním softwaru.

```
model distribuce
uses "mmxprs"

declarations

n=7
m=7
p=7
s=3
o=5

pritok_do_pivovaru=0..n
odtok_z_pivovaru=1..m
odtok_z_dc=1..p
DC=1..s
NR=1..o

q:array (pritok_do_pivovaru) of mpvar
x:dynamic array (range, range, DC) of
y:dynamic array (range, range, NR) of
z:dynamic array (range, range, DC, NR) of mpvar
X:array (odtok_z_pivovaru, DC) of mpvar
Y:array (odtok_z_pivovaru, NR) of mpvar
Z:array (odtok_z_dc, DC, NR) of mpvar
a:array (1..n) of real
b:array (pritok_do_pivovaru, 0..3) of real
w:array (pritok_do_pivovaru, 0..3) of mpvar
u:array (odtok_z_pivovaru, DC) of real
v:array (odtok_z_dc, NR) of real
alpha:array (1..7, DC) of real
M:array (odtok_z_pivovaru) of real
f:array (0..3) of real
c:array (DC) of real
d:array (NR) of real
g:array (DC,NR) of real
MM:array (pritok_do_pivovaru, odtok_z_pivovaru) of real
xx:array (DC) of mpvar
yy:array (NR) of mpvar
zz:array (DC,NR) of mpvar

end-declarations
```

MM: : [ 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,  
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,  
0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,  
0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1,  
0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1,  
0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1,  
0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1,  
0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1,  
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1]

u: : [ 60, 60, 60,  
60, 60, 60,  
60, 60, 60,  
60, 60, 60,  
60, 60, 60,  
60, 60, 60,  
60, 60, 60,  
60, 60, 60]

v: : [ 60, 60, 60, 60, 60,  
60, 60, 60, 60, 60,  
60, 60, 60, 60, 60,  
60, 60, 60, 60, 60,  
60, 60, 60, 60, 60,  
60, 60, 60, 60, 60,  
60, 60, 60, 60, 60]

c: : [273, 1139, 1045]

d: : [1078, 1215, 1101, 1367, 1443]

g: : [1078, 592, 699, 1371, 580,  
607, 1473, 835, 793, 1367,  
835, 850, 1443, 714, 759]

Q:=3360

K:=33

a: : [496, 496, 496, 496, 496, 496, 496]

b: : [100, 250, 250, 250,  
100, 250, 250, 150,  
100, 250, 250, 150,  
100, 250, 250, 250,  
100, 250, 250, 250,  
100, 250, 250, 250,  
100, 250, 250, 250]

f: : [6, 11, 12, 12]

M: : [100, 100, 100, 100, 100, 100, 100]

```

w(0,0)=0
w(7,0)=0
forall (r in DC) w(0,r)=0

forall(i in pritok_do_pivovaru, j in odtok_z_pivovaru, r in DC |
MM(i,j)=1) create (x(i,j,r))
forall(i in pritok_do_pivovaru, j in odtok_z_pivovaru, l in NR |
MM(i,j)=1) create (y(i,j,l))
forall(j in odtok_z_pivovaru, e in odtok_z_dc, r in DC, l in NR |
MM(j,e)=1) create (z(j,e,r,l))

sum(i in 1..7) q(i) = Q
forall (i in 1..7) q(i) <= a(i)
forall (i in 1..7, r in 0..3) w(i,r) <= b(i,r)
forall (j in odtok_z_pivovaru, r in DC) K*X(j,r) >= sum(i in 1..7)
x(i,j,r)
forall (j in odtok_z_pivovaru, l in NR) K*Y(j,l) >= sum(i in 1..7)
y(i,j,l)
forall (e in odtok_z_dc, r in DC, l in NR) K*Z(e,r,l) >= sum(j in
1..7) z(j,e,r,l)
forall (j in odtok_z_pivovaru) sum(r in DC) X(j,r)+sum(l in NR)
Y(j,l) <= M(j)

forall ( e in odtok_z_dc, l in NR) v(e,l) = sum (i in
pritok_do_pivovaru) y(i,e,l) + sum(j in odtok_z_pivovaru, r in DC)
z(j,e,r,l)

forall (j in 1..7) w(j,0) = w(j-1,0)+q(j)-(sum(r in DC, i in
1..7)x(i,j,r)+sum(l in NR, i in 1..7)y(i,j,l))
forall (j in 1..7, r in DC) w(j,r)=w(j-1,r)+sum(i in 1..7)x(i,j,r)-
sum(i in 1..7, l in NR)z(i,j,r,l)-u(j,r)

forall (j in 1..7, r in DC) X(j,r) is_integer
forall (j in 1..7, l in NR) Y(j,l) is_integer
forall (e in 1..7, r in DC, l in NR) Z(e,r,l) is_integer
forall (i in 1..7) q(i) is_integer

naklady:=sum(i in 1..7) w(i,0)*f(0) + sum (i in 1..7, r in 1..3)
w(i,r)*f(r) + sum(j in 1..7, r in 1..3) X(j,r)*c(r) + sum(j in 1..7,
l in 1..5) Y(j,l)*d(l) + sum(e in odtok_z_dc, r in DC, l in
NR)Z(e,r,l)*g(r,l)
minimize(naklady)
writeln(getobjval)

writeln

```

```

forall(i in 1..7, j in 1..7, r in DC |
getsol(x(i,j,r))>0)writeln('x('i','j','r')=',getsol(x(i,j,r)))
writeln
forall(i in 1..7, j in 1..7, l in NR |
getsol(y(i,j,l))>0)writeln('y('i','j','l')=',getsol(y(i,j,l)))
writeln
forall(j in 1..7, e in 1..7, r in DC, l in NR |
getsol(z(j,e,r,l))>0)writeln('z('j','e','r','l')=',getsol(z(
j,e,r,l)))
writeln
forall(i in 1..7, r in 0..3 |
getsol(w(i,r))>=0)writeln('w('i','r')=',getsol(w(i,r)))
writeln
forall(i in 1..7|getsol(q(i))>=0)writeln('q('i')=',getsol(q(i)))

end-model

```



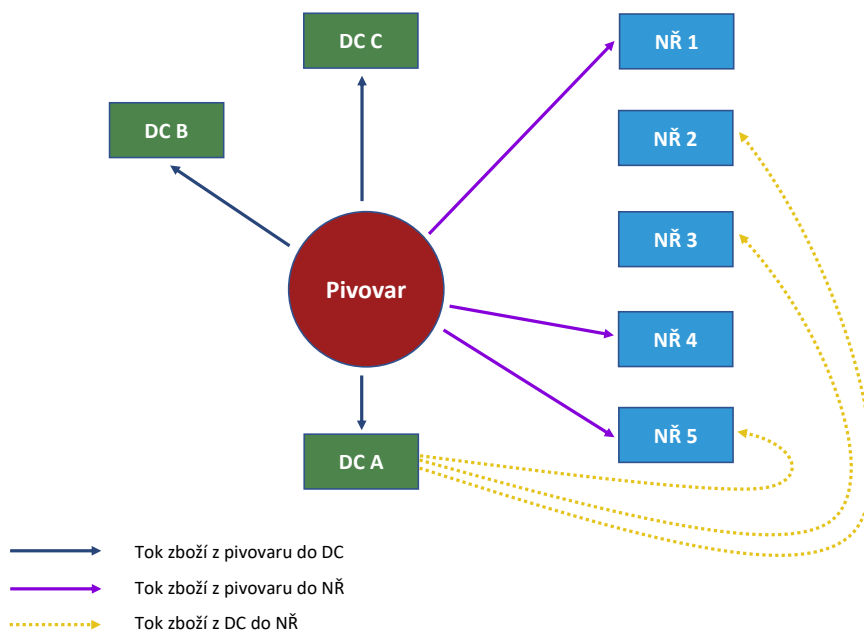
## 8 Zhodnocení dosažených výsledků

Dosažené výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 10. Je vidět, že optimální plán distribuce zahrnuje nabízené trasy do nadnárodních řetězců přes distribuční centrum A, které v současné době nejsou využívány pivovarem.

Tabulka 10. Stav přeprav po použití optimalizačního modelu

Relace	Počet uskutečněných jízd	Počet přepravených palet
P – DC A	52	1422
P – DC B	13	420
P – DC C	13	420
P – NŘ 1	14	420
P – NŘ 2	0	0
P – NŘ 3	0	0
P – NŘ 4	14	420
P – NŘ 5	0	0
DC A – NŘ 1	0	0
DC A – NŘ 2	14	420
DC A – NŘ 3	14	420
DC A – NŘ 4	0	0
DC A – NŘ 5	14	420
DC B – NŘ 1	0	0
DC B – NŘ 2	0	0
DC B – NŘ 3	0	0
DC B – NŘ 4	0	0
DC B – NŘ 5	0	0
DC C – NŘ 1	0	0
DC C – NŘ 2	0	0
DC C – NŘ 3	0	0
DC C – NŘ 4	0	0
DC C – NŘ 5	0	0

Na obrázku č. 30 je schematicky znázorněn plán distribuce výrobku podle dosažených výsledků pomocí optimalizačního softwaru.



Obrázek 30. Plán distribuce, zdroj: autor

V tabulce č. 11 je ukázán stav zásob v pivovaru a DC v jednotlivých dnech během sledovaného období.

Tabulka 11. Stav zásob v pivovaru a v DC

Sklad/den	Stav zásob v pivovaru a v DC						
	1	2	3	4	5	6	7
P	0	14	0	0	0	0	0
DC A	9	0	18	9	0	0	0
DC B	0	3	9	15	21	27	0
DC C	3	9	15	21	27	0	0

Při použití daných vstupních údajů hodnota účelové funkce

$$\min f(X, Y, X, w) = \sum_{i=1}^n w_{i0} * f_0 + \sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^s w_{ir} * f_r + \sum_{j=1}^m \sum_{r=1}^s X_{jr} * c_r + \sum_{j=1}^m \sum_{r=1}^s Y_{jl} * d_l + \sum_{e=1}^p \sum_{r=1}^s \sum_{l=1}^o Z_{erl} * g_{rl}$$

se rovná **105391**.

Výsledky ukazují, že implementaci navržených změn v rámci primární distribuce pivovar může získat úsporu přepravních nákladů.

## 9 Závěr

Cílem práce bylo optimalizovat současný plán přeprav hotových výrobků z pivovaru do distribučních center a nadnárodních řetězců v rámci primární distribuce.

V teoretické části byly charakterizovány logistické procesy, proces výroby piva a analýza zásobovacího řetězce mezi pivovarem a sklady obchodních řetězců. Byl vysvětlen a znázorněn proces objednávky zboží zákazníkem, proces zpracování dané objednávky, distribuce zboží do distribučních center a do nadnárodních řetězců.

V praktické části byla zdůvodněna volba vhodné metody pro řešení daného problému a formulována úloha pro zvolenou metodu. Bylo rozhodnuto změnit plán přeprav mezi pivovarem a nadnárodními řetězci dodáním možnosti přeprav přes distribuční centra. Tak bylo přidáno 15 potenciálních tras z pivovaru do nadnárodních řetězců.

Následně je rozepsán a vysvětlen obecný matematický model, pomocí něhož byl sledovaný problém vyřešen. Je uveden podrobný postup transformaci vytvořeného matematického modelu do textu programu v Xpress-IVE, který pracuje s programovacím jazykem MOSEL.

V sedmé kapitole je uveden text programu, který byl použit pro zpracování navrženého modelu. Většina použitých vstupních dat jsou získána v pivovaru. Byla do modelu zadána možnost přeprav z pivovaru do nadnárodních řetězců přes distribuční centra. Výsledky poukázaly, že implementaci navržených změn v rámci primární distribuce pivovar může získat úsporu přepravních nákladů.

Lze konstatovat, že sestavený matematický model pro optimalizaci jízd z pivovaru do DC a NŘ prokázal funkčnost z hlediska řešení stanoveného problému, získaných hodnot a výpočetního času.

## 10 Použité zdroje

- [1] SIXTA, Josef; ŽIŽKA, Miroslav. *Logistika: metody používané pro řešení logistických projektů*. Brno: Computer Press, 2009. Praxe manažera (Computer Press). ISBN 978-80-251-2563-2.
- [2] SIXTA, Josef; MAČÁT, Václav. *Logistika: teorie a praxe*. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 80-251-0573-3.
- [3] OUDOVÁ, Alena. *Logistika, základy logistiky*. Computer media, 2013. ISBN 978-807402-149-7.
- [4] PERNICA, Petr. *Logistika (supply chain management) pro 21. století*. Radix, 2004. ISBN 80-86031-59-4.
- [5] CHLÁDEK, Ladislav, 2007: Pivovarnictví. Grada Publishing, a. s., Praha. ISBN 978-80-247-1616-9
- [6] PRÁŠILOVÁ, Jana; KAMENÍČEK Jiří. *Výroba piva, text pro učitele* [online]. Olomouc, 2013. Dostupné z: [http://ucitelchemie.upol.cz/materialy/vkpch/vyroba\\_piva\\_text\\_pro\\_ucitele.pdf](http://ucitelchemie.upol.cz/materialy/vkpch/vyroba_piva_text_pro_ucitele.pdf)
- [7] VEČERKOVÁ, Hana; KISS, Jan, 2007: *Abeceda piva*. Česká televize, Praha. ISBN 978-80-85005-86-8
- [8] ACHABAL, Dale D.; MCINTYRE, Shelby H.; SMITH Stephen A. A decision support system for vendor managed inventory. *Journal of Retailing*, 2000. ISSN 00224359
- [9] TEICHMANN, Dušan. *Optimalizace technologických procesů. Virtuální vzdělávání v dopravě* [online], 2017. Dostupné z: [https://issuu.com/michdor/docs/m14\\_text](https://issuu.com/michdor/docs/m14_text)
- [10] Hanhi. *Slad* [online]. [cit. 2019-03-1]. Dostupné z: <https://hanhi-shop.ru/samogonovarenie-i-vinodelie/ingredienty-dlya-samogonovareniya/solod-yachmennyy-belyy>
- [11] Green planet. *Chmel* [online]. [cit. 2019-03-1]. Dostupné z: <https://www.greenplanet.pro/encyclopedia/khmel>
- [12] Nash samogon. *Kvasnice* [online]. [cit. 2019-03-1]. Dostupné z: <https://нашсамогон.рф/products/drozhzhi-pivnye-elevye-04-10-gr>

- [13] Arthur Wulf. *Keg* [online]. [cit. 2019-03-1]. Dostupné z: <https://www.fasswulf.de/shop/faesser/stahlfaesser/>
- [14] Caruso Pizza Brno. Starobrnno pivo [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.carusopizza.cz/cs/alkoholicke-napoje/50-pivo-starobrnno-05l.html>
- [15] Brew Mapp. Krušovice pivo [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.brewmapp.com/beer/6>
- [16] Salenatéka. Zlatopramen [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <http://www.salenateka.cz/salenateka/pivo-lahvove-pivovary/popis/zlatopramen-svtl-vepn-10-2l-pet/40/>
- [17] Starobrnno. Naše pivo [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.starobrnno.cz>
- [18] Jaso. Starobrnno [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: [http://www.jaso.cz/starobrnno-medium-0-5l-plech-ean10772-skup10301.php?18\\_let=ano](http://www.jaso.cz/starobrnno-medium-0-5l-plech-ean10772-skup10301.php?18_let=ano)
- [19] Decanter. Krušovice [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://decanter.ru/product/krusovice-cerne-id88030>
- [20] Pap Turnov. *Návěs* [online]. [cit. 2019-03-1]. Dostupné z: <http://www.paptrutnov.cz/vozovy-park>

## 11 Seznam obrázků

Obrázek 1. Členění logistiky, zdroj: [1].....	12
Obrázek 2. Klasifikace zásob, zdroj: autor .....	14
Obrázek 3. Modely řízení zásob, zdroj: autor.....	16
Obrázek 4. Slad, zdroj: [10].....	24
Obrázek 5. Chmel, zdroj: [11].....	24
Obrázek 6. Pivovarské kvasnice, zdroj: [12] .....	25
Obrázek 7. Transportní sud typu KEG, zdroj: [13] .....	28
Obrázek 8. Skleněná láhev, zdroj: [15] .....	29
Obrázek 9. Skleněná láhev, zdroj: [14] .....	29
Obrázek 10. PET-láhev, zdroj: [16] .....	29
Obrázek 11. PET-láhev, zdroj: [17] .....	29
Obrázek 12. Plechovka, zdroj: [18]      Obrázek 13. Plechovka, zdroj: [19].....	30
Obrázek 14. Systém VMI, zdroj: autor .....	32
Obrázek 15. Funkce interstocku, zdroj: autor.....	33
Obrázek 16. Sklad transportních sudů typu KEG, zdroj: pivovar .....	35
Obrázek 17. Sklad přepravek, zdroj: pivovar .....	35
Obrázek 18. Sklad hotových výrobků, zdroj: pivovar .....	36
Obrázek 19. Sklad hotových výrobků, zdroj: pivovar .....	36
Obrázek 20. Nakládka zboží, zdroj: pivovar.....	37
Obrázek 21. Dodavatelský řetězec pivovaru, zdroj: autor.....	38
Obrázek 22. Znázornění pivovaru a DC, zdroj: autor.....	39
Obrázek 23. Síť toku PET-láhví mezi pivovarem a DC, zdroj: autor .....	40
Obrázek 24. Návěs typu Standard, zdroj: [20] .....	41
Obrázek 25. Průběh zpracování objednávky zboží, zdroj: pivovar .....	44
Obrázek 26. Mapa skladu, zdroj: pivovar .....	46
Obrázek 27. Současný stav distribuce v pivovaru, zdroj: autor.....	49
Obrázek 28. Modelovaný stav distribuce v pivovaru, zdroj: autor .....	50
Obrázek 29. Princip práce softwaru Xpress-IVE, zdroj: autor .....	55
Obrázek 30. Plán distribuce, zdroj: autor .....	66

## 12 Seznam tabulek

Tabulka 1. Vzdálenost mezi pivovarem a DC, zdroj: pivovar .....	42
Tabulka 2. Vzdálenost mezi pivovarem a NŘ, zdroj: pivovar .....	42
Tabulka 3. Vzdálenost mezi DC A a NŘ, zdroj: pivovar .....	43
Tabulka 4. Vzdálenost mezi DC B a NŘ, zdroj: pivovar .....	43
Tabulka 5. Vzdálenost mezi DC C a NŘ, zdroj: pivovar .....	43
Tabulka 6. Kapacity skladů, zdroj: autor .....	59
Tabulka 7. Požadavky DC a NŘ, zdroj: autor.....	59
Tabulka 8. Ceny za 1 jízdu, zdroj: pivovar .....	60
Tabulka 9. Skladovací náklady, zdroj: pivovar .....	60
Tabulka 10. Stav přeprav po použití optimalizačního modelu .....	65
Tabulka 11. Stav zásob v pivovaru a v DC .....	66