

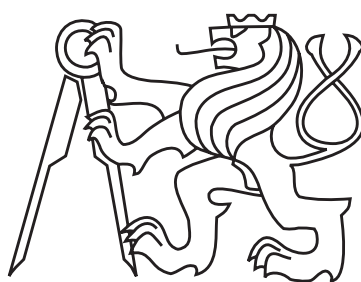
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA POČÍTAČŮ

STUDIJNÍ PROGRAM: OTEVŘENÁ INFORMATIKA

STUDIJNÍ OBOR: SOFTWARE INŽENÝRSTVÍ



Diplomová práce

**Algoritmy pro řízení dodavatelského  
řetězce s využitím informačního systému  
SAP**

*Bc. Roman Svoboda*

Vedoucí práce: doc. Ing. Přemysl Šůcha, Ph.D.

V Praze dne 26. května 2017



# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Svoboda Roman

Studijní program: Otevřená informatika  
Obor: Softwarové inženýrství

Název tématu: Algoritmy pro řízení dodavatelského řetězce s využitím informačního systému  
SAP

## Pokyny pro vypracování:

Cílem práce je navrhnout způsob propojení informačního systému SAP s vlastním plánovacím algoritmem pro problematiku řízení dodavatelského řetězce/výroby. SAP je dnes považován za standartní prostředek pro plánování a řízení výroby. Avšak díky kombinatorické povaze problémů plánování a rozvrhování je potřeba mít možnost využít externí plánovací algoritmus, který je přesně navržen vzhledem k požadavkům příslušné výroby a dodavatelského řetězce.

Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte se s informačním systémem SAP a ve vzorových instancích vyberte vhodná data pro modelování dodavatelského řetězce.
2. Proveďte rešerši literatury a proveďte návrh modelu dodavatelského řetězce.
3. Navrhněte a implementujte rozhraní pro export dat ze SAP do plánovacího algoritmu.
4. Navrhněte a implementujte plánovací algoritmus.
5. Otestujte implementovaný algoritmus na datech ze SAP a porovnejte jeho výkonnost s alternativním řešením z literatury.

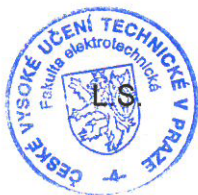
## Seznam odborné literatury:

- [1] Fulya Altiparmak, Mitsuo Gen, Lin Lin, Ismail Karaoglan, A steady-state genetic algorithm for multi-product supply chain network design, Computers & Industrial Engineering, Volume 56, Issue 2, March 2009, Pages 521-537.
- [2] Majid Eskandarpour, Pierre Dejax, Olivier Péton, A large neighborhood search heuristic for supply chain network design, Computers & Operations Research, Volume 80, April 2017, Pages 23-37.

Vedoucí: Ing. Přemysl Šůcha, Ph.D.

Platnost zadání do konce letního semestru 2017/2018

prof. Dr. Michal Pěchouček, MSc.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
děkan

V Praze dne 27.2.2017



---

## Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Přemyslovi Šúchovi, Ph.D. za svědomité vedení mé diplomové práce, odborný dohled a cenné rady, které mi v době vypracovávání poskytoval. Stejně tak bych chtěl poděkovat panu RNDr. Blahoslavovi Potočkovi, Ph.D. za ochotu dělat mi oponenta, za cenné rady a za uvedení do problematiky práce se systémem SAP R/3.



---

# Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona, ve znění pozdějších předpisů. V souladu s ust. § 46 odst. 6 tohoto zákona tímto uděluji nevýhradní oprávnění (licenci) k užití této mojí práce, a to včetně všech počítačových programů, jež jsou její součástí či přílohou, a veškeré jejich dokumentace (dále souhrnně jen „Dílo“), a to všem osobám, které si přejí Dílo užít. Tyto osoby jsou oprávněny Dílo užít jakýmkoli způsobem, který nesnižuje hodnotu Díla, a za jakýmkoli účelem (včetně užití k výdělečným účelům). Toto oprávnění je časově, teritoriálně i množstevně neomezené. Každá osoba, která využije výše uvedenou licenci, se však zavazuje udělit ke každému dílu, které vznikne (byť jen zčásti) na základě Díla, úpravou Díla, spojením Díla s jiným dílem, zařazením Díla do díla souborného či zpracováním Díla (včetně překladu), licenci alespoň ve výše uvedeném rozsahu a zároveň zpřístupnit zdrojový kód takového díla alespoň srovnatelným způsobem a ve srovnatelném rozsahu, jako je zpřístupněn zdrojový kód Díla.

V Praze dne 26. května 2017

.....

České vysoké učení technické v Praze,  
Fakulta elektrotechnická,  
Katedra počítačů,

© 2017 Roman Svoboda. Všechna práva vyhrazena.

*Tato práce vznikla jako školní dílo na Českém vysokém učení technickém v Praze, Fakultě elektrotechnické. Práce je chráněna právními předpisy a mezinárodními úmluvami o právu autorském a právech souvisejících s právem autorským. K jejímu užití, s výjimkou bezúplatných zákonných licencí, je nezbytný souhlas autora.*

**Odkaz na tuto práci:**

Svoboda, Roman. *Algoritmy pro řízení dodavatelského řetězce s využitím informačního systému SAP*. Diplomová práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra počítačů, 2017.



---

# Abstrakt

Cílem této diplomové práce je zabývat se možnostmi vlastního řešení problematiky optimálního návrhu sítě dodavatelského řetězce s využitím informačního systému SAP R/3. V rámci práce jsou implementovány dva různé algoritmy pro návrh sítě dodavatelského řetězce: (i) algoritmus využívající smíšené celočíselné lineární programování, (ii) heuristický algoritmus založený na genetickém programování. Oba implementované algoritmy jsou následně otestovány a výkonnostně porovnány na datech exportovaných z informačního systému SAP R/3 a také na datech náhodně vygenerovaných.

**Klíčová slova:** Návrh sítě dodavatelského řetězce, řízení dodavatelského řetězce, SAP, SAP R/3, smíšené celočíselné lineární programování, genetický algoritmus.

---

# Abstract

The aim of this diploma thesis is to present the possibilities of own solution to the supply chain network design problem with use of the SAP R/3 information system. Two different algorithms for the supply chain network design problem are implemented: (i) algorithm based on mixed integer linear programming, (ii) heuristic algorithm based on genetic programming. Both implemented algorithms are tested and compared on exported data from the SAP R/3 information system and also on randomly generated data.

**Keywords:** Supply Chain Network Design, Supply Chain Management, SAP, SAP R/3, Mixed Integer Linear Programming, Genetic Algorithm.

---

# Obsah

<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>1 Řízení dodavatelského řetězce</b>	<b>3</b>
1.1 Dodavatelský (logistický) řetězec . . . . .	3
1.1.1 Materiálový tok . . . . .	5
1.2 Definice SCM . . . . .	5
1.3 Dělení aktivit SC . . . . .	7
1.4 Návrh sítě SC . . . . .	8
1.5 Rešerše literatury . . . . .	9
<b>2 ERP systém SAP</b>	<b>13</b>
2.1 Co je to ERP systém? . . . . .	13
2.2 Architektura SAP R/3 . . . . .	14
2.3 Moduly SAP R/3 . . . . .	15
2.4 Reprezentace organizace v SAP R/3 . . . . .	16
2.5 Možnosti exportu dat . . . . .	17
2.5.1 Automatizovaný export . . . . .	17
2.5.2 Export s použitím ABAP . . . . .	18
2.5.3 Manuální export . . . . .	18
2.5.4 Využití specializovaného SW . . . . .	19
2.5.5 Zvolený postup . . . . .	19
<b>3 Vybraný MILP model</b>	<b>21</b>
3.1 Rozhodovací proměnné . . . . .	23
3.2 Omezení . . . . .	23
<b>4 Genetický algoritmus</b>	<b>27</b>
4.1 Kódování úlohy . . . . .	28
4.2 Křížení . . . . .	28
4.3 Mutace . . . . .	29

4.4	Vyhodnocování . . . . .	29
<b>5</b>	<b>Implementace</b>	<b>31</b>
5.1	Struktura implementace . . . . .	32
5.2	Exportovaná data ze SAP R/3 . . . . .	33
5.3	Výstup MILP algoritmu . . . . .	34
5.4	Výstup genetického algoritmu . . . . .	36
<b>6</b>	<b>Testování</b>	<b>37</b>
6.1	Testování malých instancí . . . . .	38
6.2	Testování středních až velkých instancí . . . . .	41
6.3	Zhodnocení výsledků testování . . . . .	42
	<b>Závěr</b>	<b>43</b>
	<b>Literatura</b>	<b>45</b>
<b>A</b>	<b>Moduly systému SAP R/3</b>	<b>49</b>
<b>B</b>	<b>Postupy v SAP</b>	<b>51</b>
B.1	Zobrazení dat nějaké tabulky . . . . .	51
B.2	Exportování dat tabulky . . . . .	53
B.3	Zobrazení firem . . . . .	54
B.4	Zjištění výrobních závodů dané firmy . . . . .	54
B.5	Získání podrobností výrobním závodě . . . . .	55
B.6	Zjištění materiálů potřebných pro výrobu produktu . . . . .	55
B.7	Zjištění stavu skladu . . . . .	56
B.8	Zjištění podskladů daného skladu . . . . .	57
B.9	Zjištění stavu na storage locations . . . . .	57
B.10	Získání dodavatelů výrobního závodu . . . . .	58
B.11	Zjištění podrobnějších informací o dodavatelích . . . . .	58
B.12	Získání seznamu zákazníků . . . . .	59
<b>C</b>	<b>Seznam použitých zkratk</b>	<b>61</b>
<b>D</b>	<b>Obsah příloženého CD</b>	<b>63</b>

---

## Seznam obrázků

1.1	Struktura obecného SC . . . . .	4
1.2	Pět hlavních částí SCM . . . . .	6
1.3	Dělení aktivit SC . . . . .	7
1.4	Příklad navržené sítě SC . . . . .	8
2.1	Architektura SAP R/3 . . . . .	15
2.2	Struktura organizace v SAP R/3 . . . . .	16
2.3	Vytváření partnerské dohody . . . . .	17
2.4	Manuální export dat SAP tabulky MARA z GUI . . . . .	18
2.5	Příklad SW pro export dat od společnosti Talend . . . . .	19
3.1	Síť SC v notaci modelu . . . . .	22
4.1	Příklad chromozomu . . . . .	28
4.2	Příklad operátoru křížení . . . . .	28
4.3	Příklad operátoru mutace . . . . .	29
4.4	Příklad vyhodnocení chromozomu . . . . .	29
5.1	Logické rozčlenění implementace . . . . .	32
5.2	Příklad navržené sítě SC . . . . .	35
6.1	Příklad navržené sítě pro data S1 . . . . .	39
6.2	Příklad navržené sítě pro data S2 . . . . .	40
6.3	Příklad navržené sítě pro data S3 . . . . .	40
6.4	Příklad navržené sítě pro data S4 . . . . .	40
A.1	Moduly SAP R/3 . . . . .	50
B.1	Zobrazení dat tabulky I . . . . .	51
B.2	Zobrazení dat tabulky II . . . . .	51
B.3	Zobrazení dat tabulky III . . . . .	52
B.4	Zobrazení dat tabulky IV . . . . .	52

B.5	Zobrazení dat tabulky V . . . . .	52
B.6	Exportování dat tabulky I . . . . .	53
B.7	Exportování dat tabulky II . . . . .	53
B.8	Zobrazení firem . . . . .	54
B.9	Zjištění výrobních závodů dané firmy . . . . .	54
B.10	Získání podrobností výrobním závodě . . . . .	55
B.11	Zjištění materiálů potřebných pro výrobu produktu I . . . . .	55
B.12	Zjištění materiálů potřebných pro výrobu produktu II . . . . .	56
B.13	Zjištění stavu skladu . . . . .	56
B.14	Zjištění podskladů daného skladu . . . . .	57
B.15	Zjištění stavu na storage locations . . . . .	57
B.16	Získání dodavatelů výrobního závodu . . . . .	58
B.17	Zjištění podrobnějších informací o dodavatelích . . . . .	58
B.18	Získání seznamu zákazníků . . . . .	59

---

## Seznam tabulek

3.1	Množiny a indexy modelu . . . . .	21
3.2	Přehled parametrů modelu . . . . .	22
3.3	Rozhodovací proměnné modelu . . . . .	23
5.1	Přehled exportovaných dat ze systému SAP R/3 . . . . .	33
5.2	Mapování exportovaných dat . . . . .	33
6.1	Velikosti jednotlivých entit . . . . .	38
6.2	Výsledky testování genetického algoritmu . . . . .	38
6.3	Výsledky testování MILP algoritmu . . . . .	39
6.4	Velikosti jednotlivých entit . . . . .	41
6.5	Výsledky testování genetického algoritmu . . . . .	41
6.6	Výsledky testování MILP algoritmu . . . . .	42





---

# Úvod

Firmy vyrábějící vlastní produkty se v rámci strategického řízení zabývají jednou z jeho nejvýznamnějších aktivit, a to je problematika návrhu celé sítě dodavatelského řetězce. Jedná se o NP-těžký optimalizační problém[1], jehož kvalita vyřešení výrazně ovlivňuje konkurenceschopnost firmy prodávající své produkty na trhu. Čím lépe bude síť dodavatelského řetězce navržena, tím menší budou celkové výrobní náklady, výrazně vzroste efektivita všech procesů nad řetězcem a v neposlední řadě bude celý řetězec také mnohem lépe říditelný.

K úspěšnému vypořádání se s tímto úkolem mají firmy prakticky dvě různé možnosti. První možností je využít již implementované řešení v nějakém specializovaném informačním systému a druhou je implementovat si své vlastní. Vzhledem k náročnosti problému si firmy často vyberou první možnost, která je pro ně výhodná hlavně v tom, že si zakoupí již hotový software, a díky tomu se nemusí starat o algoritmizační a implementační detaily celé problematiky.

Mnoha firmám nemusí však zcela vyhovovat zakoupení jakéhosi unifikovaného a často nákladného řešení, jehož následné uzpůsobení přesným požadavkům může být buď velmi drahé, nebo dokonce i nemožné. Z těchto důvodů mohou firmy mít potřebu využít vlastní řešení, jehož implementace vzhledem ke kombinatorické povaze úlohy není zcela triviální. Nespornou výhodou využití vlastní implementace je, že firma použije řešení „šité na míru“, které je přizpůsobitelné specifickým požadavkům a procesům výroby a do budoucna je snadno rozšiřitelné tak, aby dynamicky reflektovalo měnící se potřeby.

Hlavním cílem této práce je zabývat se možnostmi implementace vlastního řešení problematiky optimálního návrhu sítě dodavatelského řetězce s využitím informačního systému SAP, který dnes patří mezi nejvyužívanější korporátní informační systémy a standardně se používá i pro plánování a řízení výroby.

V rámci vypracování práce: (a) je provedena rešerše algoritmů určených pro návrh sítě dodavatelského řetězce, (b) na základě zpracované rešerše je pak zvolen vhodný matematický model a algoritmus k implementaci, (c) v informačním systému SAP R/3 jsou vyhledána vhodná data pro řešenou problematiku, (d) jsou zkoumány možnosti exportu vybraných dat ze systému SAP R/3, (e) vybraná data jsou pak exportována zvoleným postupem do vhodného výstupního formátu, (f) exportovaná data jsou namapována na vybraný matematický model, (g) je implementováno rozhraní pro načtení exportovaných dat do algoritmu, (h) je implementováno druhé alternativní řešení oproti vybranému na základě rešerše, (i) obě řešení jsou nakonec porovnána na základě vhodných testovacích instancí.

Diplomová práce je strukturována následujícím způsobem. V první kapitole je čtenář seznámen s teorií z oblasti řízení dodavatelského řetězce a návrhu jeho sítě, první kapitola rovněž obsahuje rešerši algoritmů využitelných pro návrh sítě dodavatelského řetězce. Ve druhé kapitole je popsána oblast informačního systému SAP R/3, a to včetně možností exportu dat. Ve třetí kapitole je prezentován vybraný matematický model a implementovaný algoritmus s využitím smíšeného celočíselného lineárního programování. Ve čtvrté kapitole je představen heuristický algoritmus založený na genetickém algoritmu. Pátá kapitola popisuje způsob implementace, a to včetně ukázky výstupů obou implementovaných algoritmů. Šestá kapitola se věnuje testování obou algoritmů a vyhodnocení jejich výkonnosti. V závěru práce jsou souhrnně zhodnoceny dosažené cíle a je zde nastíněna možnost dalšího pokračování v této práci.

# Řízení dodavatelského řetězce

Firmy, které chtějí vyrábět a následně prodávat své výrobky na trhu, se musí dnes potýkat s mnoha různými faktory, jako jsou například: rostoucí očekávání koncových zákazníků, růst trhů a v neposlední řadě také značná konkurence.

Zákazníci právem očekávají, že jim budou objednané produkty dodány v co nejkratším čase v požadovaném množství a odpovídající kvalitě. Zároveň se firmy v rámci konkurenceschopnosti na trhu musí snažit optimalizovat mnoho aspektů výroby, jako jsou například: výrobní náklady, výrobní čas, kvalita výrobků, dodací čas, kvalita zákaznického servisu atd.[2]

Z těchto důvodů vznikla oblast řízení dodavatelského řetězce (Supply Chain Management, SCM), která se postupem času stala nutností. Je důležité si totiž uvědomit, že řízení dodavatelského řetězce je pro úspěch výrobních firem zcela klíčové, protože pokud každý výrobní zdroj (surovina, materiál, komponenta atd.) bude dostupný ve správný čas v přesném množství v požadované kvalitě, pak to jistě povede ke snížení všech souvisejících nákladů, a tím zvýšení konkurenceschopnosti firmy a spokojenosti zákazníků[3].

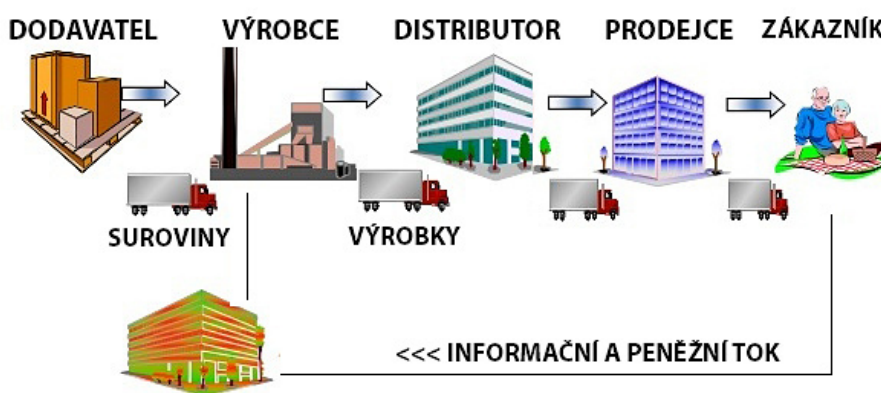
## 1.1 Dodavatelský (logistický) řetězec

Dodatelský řetězec (Supply Chain, SC) může být definován jako integrovaný proces, v rámci něhož řada různých obchodních subjektů, jako jsou: **do-davatelé** (suppliers), **výrobci** (manufacturers), **distributoři** (distributors) a **obchodníci** (retailers), úzce spolupracují v netriviálním úsilí o[4]:

1. získání a dodání základních materiálů/surovin,
2. přeměnění surovin na specifické finální produkty,
3. doručení těchto produktů buďto přímo koncovým zákazníkům, nebo do obchodů, kde si je zákazník může snadno zakoupit.

## 1. ŘÍZENÍ DODAVATELSKÉHO ŘETĚZCE

Každý SC je tradičně charakterizován třemi základními toky, a to konkrétně: (i) dopředným **tokem materiálů/surovin** směřující od dodavatele k zákazníkovi, v rámci něhož jsou postupně materiály/suroviny přetvářeny ve finální výrobek, (ii) doprovodným **tokem informací** směřující směrem opačným, který lze charakterizovat jako fyzický pohyb prvotních dat a informací nutných k řízení logistických činností podniku, (iii) **tokem finančních prostředků** za prodané výrobky a poskytnuté služby směřující rovněž směrem opačným než materiálový tok[5]. Řízení těchto základních toků je pak nejčastěji prováděno pomocí nějakého vhodně zvoleného a implementovaného informačního systému.



Obrázek 1.1: Struktura obecného SC<sup>1</sup>

Na nejvyšší úrovni se SC skládá ze dvou základních integrovaných procesů[4]:

1. **Proces plánování produkce a řízení zásob** (The Production Planning and Inventory Control Process) – popisuje návrh a řízení celého výrobního procesu včetně plánování surovin, manipulace s materiálem, řízení politik skladování pro jednotlivé suroviny a také inventarizaci, a to obvykle finálních výrobků.
2. **Proces distribuce a logistiky** (The Distribution and Logistics Process) – určuje, jak jsou finální produkty vyskladněny a přepravovány ze skladů jednotlivým obchodníkům či doručovány koncovým zákazníkům. Produkty mohou být doručeny buďto přímo z výrobních závodů, nebo jsou nejdříve převezeny do tzv. distribučních center a z nich poté dále.

<sup>1</sup>Zdroj obrázku číslo 1.1: <http://image.slidesharecdn.com/scmupendra-111103134748-phpapp02/95/supply-chain-management-6-728.jpg?cb=1320328114>

### 1.1.1 Materiálový tok

Materiálový tok je charakterizován jako „*pohyb materiálu (v nejširším slova smyslu) ve výrobním procesu nebo v oběhu prováděný pomocí aktivních prvků cílevědomě tak, aby materiál byl k dispozici v daném místě v potřebném množství, nepoškozený, v požadovaném okamžiku, a to s předem určenou spolehlivostí*“ [6]. Materiálový tok je elementární součástí každého SC a jeho efektivní řízení je klíčovou záležitostí pro celý řetězec. Řízení obvykle zahrnuje tyto čtyři základní oblasti [7]:

1. předvídání materiálových požadavků,
2. zjišťování zdrojů a získávání materiálů,
3. doprava a zavedení materiálů do podniku,
4. monitorování stavu materiálů jakožto aktiva.

## 1.2 Definice SCM

SCM je souhrnné označení pro postupy, prostředky a systémy sloužící pro řízení materiálů, výrobků, služeb, informací a financí plynoucí napříč všemi články SC [3]. Hlavním cílem SCM je plánovat, realizovat a kontrolovat všechny operace aplikované nad SC tak efektivně (provozně, časově, hmotně, finančně, datově, informačně atd.), jak jen to je vůbec možné [8].

SCM se dělí do pěti hlavních částí [3] [9]:

1. **Plánování** – Jedná se o důležitou činnost mající závažné dopady na celkovou efektivitu řízení zdrojů v SC. Součástí je stanovení vhodných metrik na monitorování toho, že řetězec pracuje efektivně, spotřebovává přiměřené náklady a poskytuje zákazníkům vysokou kvalitu. Důležité je rovněž zvolit správnou dlouhodobou strategii pro řízení všech zdrojů.
2. **Získávání** – Zahrnuje výběr správných dodavatelů surovin, komponent a služeb potřebných k výrobě finálního produktu nebo k vytvoření služby. Obsahuje nastavení vztahů s dodavateli, včetně platebních a dodacích podmínek a aplikaci vhodných kritérií pro hodnocení dodavatelů.
3. **Výroba** – V tomto bodě jsou naplánovány všechny aktivity nezbytné pro výrobu, kontrolu kvality, balení produktů a přípravu k dodání. Jedná se o část, kde nejvíce vznikají různé metrické údaje.

## 1. ŘÍZENÍ DODAVATELSKÉHO ŘETĚZCE

---

4. **Distribuce (logistika)** – Zde se koordinuje příjem objednávek od všech zákazníků, rozhoduje se o rozmístění jednotlivých skladů pro hotové výrobky, konfiguruje se proces dodání zboží od výrobce k zákazníkům. Součástí je také vystavování faktur a ostatních příslušných dokladů, nastavení platebních podmínek a možností pro zákazníky.
5. **Návrat** – V této části by měla být vytvořena flexibilní síť a podpůrné systémy pro příjem vadných či expirovaných výrobků od zákazníků. Důležitou součástí je rovněž získávání zpětné vazby od zákazníků.



Obrázek 1.2: Pět hlavních částí SCM

## 1.3 Dělení aktivit SC

Aktivity nad SC dělíme do 3 základních skupin dle úrovně činností[10]:

1. **Strategické (Co?)** – Tato úroveň vytváří důležitý základ pro SC od počátku do konce a je nezbytnou součástí řízení celého řetězce. Strategická rozhodnutí jsou stanovována na dlouhodobý časový horizont (roky). Příklady problémů řešených na této úrovni: návrh celé sítě SC, stanovení cílů, nastavení politik systému řízení, zvolení informačních systémů atd.
2. **Taktické (Kolik?)** – Na strategické úrovni začíná obecné plánování, ale procesy jsou skutečně definovány až na taktické úrovni. Taktická rozhodnutí hrají zásadní roli při řízení nákladů a minimalizaci rizik. Jsou stanovována na krátkodobý časový horizont (týdny/dny). Mezi taktické činnosti patří například: produkční a logistické plány, zadávání zakázek na materiály a služby, řešení přepravy a skladování, tvorba rezerv atd.
3. **Operativní (Kdy? a Kde?)** – Tato úroveň řízení SC je ze všech nejzřetelnější. Jedná se o každodenní procesy, rozhodování a plánování probíhající tak, aby byl SC neustále aktivní. Chyba, kterou mnohé společnosti často dělají je, že se přesunou přímo do operativního řízení bez soustředění se na strategické a taktické úrovně. Bez podrobného strategického a taktického plánování nemohou být procesy na této úrovni efektivní.

Input	Level	Output/Goal	Horizon
Forecast	Strategic Planning 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yearly match of capacities</li> <li>Fit to timetable</li> <li>Scenario based capacity planning</li> </ul>	Yearly 
Budgeted capacity	Tactical Planning 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leave/Absence planning</li> <li>Reservations</li> <li>Shift Planning schedule based on preferences</li> <li>Rostering</li> </ul>	Moth/weeks ahead 
Schedule changes	Operational Planning 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Day-to-day task planning</li> <li>Right skills and experiences</li> <li>Multi resource planning (employee, equipment and material)</li> </ul>	Days ahead 

Obrázek 1.3: Dělení aktivit SC<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Zdroj obrázku číslo 1.3: [http://www.supplychain247.com/images/article/ortec\\_planning\\_optimization\\_article\\_image3.jpg](http://www.supplychain247.com/images/article/ortec_planning_optimization_article_image3.jpg)

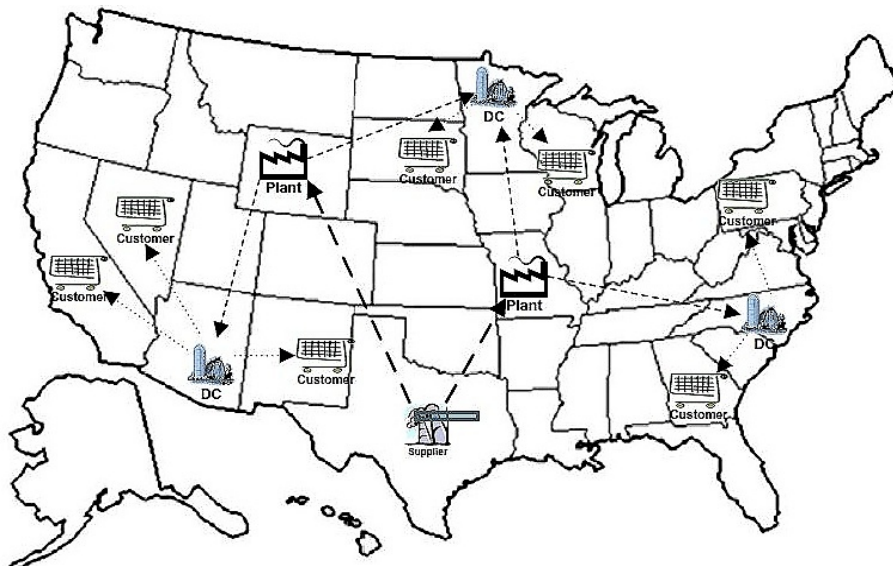
## 1.4 Návrh sítě SC

Návrh sítě SC (Supply Chain Network Design, SCND) patří mezi nejvýznamnější a nejnáročnější aktivity strategického plánování. Kvalitně navržená síť poskytuje potřebné základy pro celý SC a vše se od ní dále odvíjí. Pokud tedy bude celá struktura sítě co nejlépe navržena, určitě to v budoucnu přinese kýžené finanční úspory a vyšší efektivitu procesů. Naopak pokud návrhu sítě nebude věnována potřebná pozornost a bude nekvalitní, pak celý dodavatelský řetězec bude nákladný, neefektivní a špatně říditelný.

Jelikož se síť navrhuje na dlouhodobý časový horizont (roky), je přirozené, že všechna klíčová rozhodnutí jsou učiněna s výraznou mírou nejistoty, a to hlavně pokud jde o vývoj trhu a mění se ekonomické i legislativní podmínky. Je nutné si též uvědomit, že jakékoliv zásadní změny v již aplikované síti jsou velmi finančně nákladné, a proto je potřeba dbát na kvalitu prvotního návrhu.

Klíčová rozhodnutí se týkají například:

- rozhodnutí o počtu otevřených výrobních závodů, určení kde a s jakou výrobní kapacitou budou otevřeny,
- rozhodnutí o počtu distribučních center, určení kde a s jakou distribuční kapacitou budou otevřena,
- výběr dodavatelů, od kterých se budou nakupovat suroviny pro výrobu,
- rozhodnutí o vazbách mezi jednotlivými členy dodavatelského řetězce.



Obrázek 1.4: Příklad navrhované sítě SC[1]



## 1.5 Rešerše literatury

V této podkapitole je uvedena rešerše literatury zabývající se algoritmy pro návrh obecné sítě dodavatelského řetězce. Rešerše je provedena také s ohledem na to, aby obsahovala dnes tři nejčastější využívané způsoby návrhu sítě dodavatelského řetězce: (1) celočíselné lineární programování[11], (2) genetické algoritmy (více v kapitole 4) a (3) dynamické programování[12].

1. Název práce: *A strategic model for supply chain design with logical constraints: formulation and solution*[13]
  - Popis práce: Cílem práce je nabídnout produkčně-distribuční model pro problematiku SCND s ohledem na tzv. seznamy materiálů (Bills of Materials, BOM). Problém je formulován pomocí smíšeného celočíselného lineárního programování (Mixed Integer Linear Programming, MILP). Kriteriační funkce minimalizuje celkovou cenu dodavatelského řetězce s ohledem na nákupní cenu surovin, cenu transportu, distribuce, cen na otevření, provoz výrobních závodů a distribučních center.
2. Název práce: *A two-stage model for the design of supply chain networks*[14]
  - Popis práce: Účelem této práce je představit analytický model pro výběr vhodných dodavatelů při SCND. Cílem kriteriační funkce je minimalizovat nespokojenost koncových zákazníků, která se skládá ze 2 subkriterií: (i) cena výrobku, (ii) čas dodání výrobku.
3. Název práce: *A steady-state genetic algorithm for multi-product supply chain network design*[1]
  - Popis práce: Cílem práce je prezentovat řešení SCND pomocí steady-state genetického algoritmu (ssGA). Algoritmus řeší, jak vybrat množinu otevřených výrobních závodů a distribučních center a navrhnout strukturu sítě tak, aby byly splněny všechny požadavky na dodání produktů zákazníkům, a to s celkovou minimální cenou.
4. Název práce: *A large neighborhood search heuristic for supply chain network design*[15]
  - Popis práce: Využívá metodu zvanou Large Neighborhood Search (LNS) pro řešení problému SCND.

## 1. ŘÍZENÍ DODAVATELSKÉHO ŘETĚZCE

---

5. Název práce: *Supply chain network design using an integrated neuro-fuzzy and MILP approach: A comparative design study*[2]
  - Popis práce: Záměrem práce je představit MILP formulaci problému SCND s kritériální funkcí minimalizující transportní (logistickou) cenu, a to (i) cenu transportu produktů z výrobních závodů do skladů, (ii) cenu transportu ze skladů k distributorům.
  
6. Název práce: *Network Design Decisions in Supply Chain Planning*[16]
  - Popis práce: Cílem této práce je nabídnout MILP model pro problematiku SCND, a to s ohledem na BOM. Na problém se zde pohlíží jako na „Facility location model“ s aspekty SC. Kritériální funkce opět minimalizuje celkovou cenu SC s ohledem na nákupní cenu surovin, cenu transportu, distribuce a cen na otevření, provoz výroben a distribučních center.
  
7. Název práce: *Integrated strategic and tactical planning in a supply chain network design with a heuristic solution method*[17]
  - Popis práce: Práce představuje MILP model, který řeší problematiku SCND z pohledu, jak strategického plánování, tak i taktického. Výsledky MILP modelu jsou zde porovnány i s Lagrangeovou relaxací představeného modelu.
  
8. Název práce: *A dynamic model for facility location in the design of complex supply chains*[18]
  - Popis práce: Záměrem práce je představit MILP model pro návrh a plánování systému distribuce výroby. Cílem studie je pomoci se strategickými a taktickými rozhodnutími při SCND, jako jsou například: otevření, uzavření nebo rozšíření výrobních závodů, výběr dodavatelů, určení toků v síti atd. Rozhodnutí jsou dynamická, a to znamená, že hodnoty rozhodovacích proměnných se mohou v časovém horizontu plánování měnit.

9. Název práce: *A strategic-tactical model for the supply chain design in the delocalization context: Mathematical formulation and a case study*[19]
  - Popis práce: V této práci je představen matematický model pro SCND v kontextu delokalizace. Problém je formulován s využitím MILP a klíčová rozhodnutí modelu jsou učiněna nejen na úrovni strategické, ale i taktické.
  
10. Název práce: *Approximate Dynamic Programming Based Approaches for Green Supply Chain Design*[20]
  - Popis práce: Práce popisuje SCND pomocí metody zvané aproximační dynamické programování (Approximate Dynamic Programming, ADP). Následně je řešení založené na ADP porovnáno s tradičním algoritmem založeným na MILP.



---

# ERP systém SAP

## 2.1 Co je to ERP systém?

Téměř každá firma se v dnešní době musí detailně zabývat problematikou plánování firemních zdrojů (Enterprise Resource Planning, ERP). Velmi často tak činí pomocí sofistikovaných a nákladných informačních systémů, které označujeme jako ERP systémy. Komplexita takového informačního systému se přirozeně liší od velikosti a potřeb firmy, jež takovýto systém využívá. ERP systém může tedy implementovat buďto naprostou většinu firemních procesů, nebo jen malou část správy firemních zdrojů.

ERP software obvykle zahrnuje tyto oblasti firemních procesů[21]:

- řízení lidských zdrojů,
- správu majetku,
- plánování výroby,
- logistiku,
- marketing,
- finance a účetnictví.

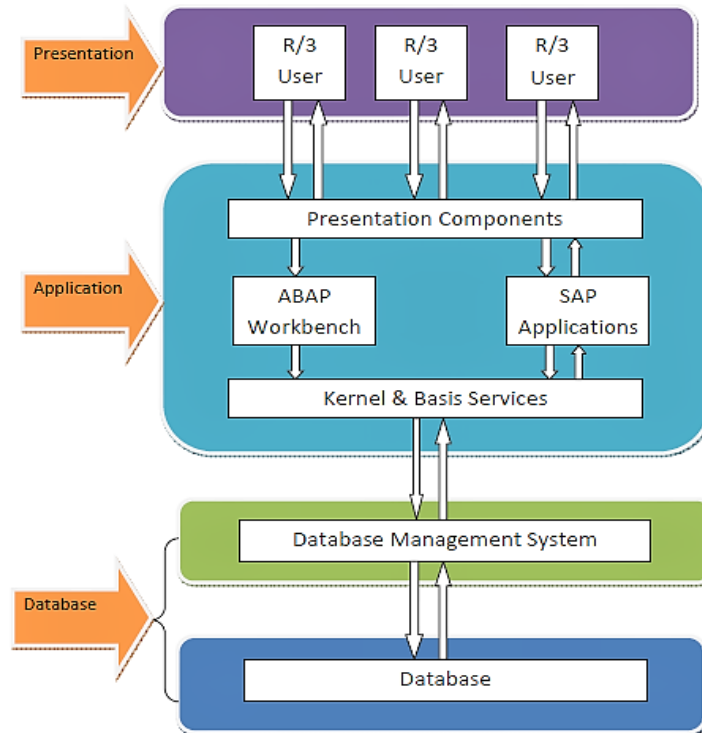
Jeden z nejkompexnějších a nejprodávanějších ERP systémů vyvíjí německá firma SAP (Systems, Applications and Products in Data Processing) založenou v roce 1972 pěti bývalými analytiky z firmy IBM[22]. SAP jako první na světě vyvinul software pro plánování firemních zdrojů a nyní jejich produkty využívá přes 345 000 zákazníků ve více jak 180 zemích světa[23].

Při praktické realizaci této diplomové práce je použit a zkoumán ERP systém s názvem **SAP R/3** (popsán v následujících podkapitolách), ze kterého jsou exportována vybraná data.

### 2.2 Architektura SAP R/3

SAP R/3 je systém implementovaný podle modelu klient-server využívající třívrstvou architekturu. Písmeno R v názvu produktu znamená „Real-time data system“ a číslice 3 znamená zmíněnou „3-vrstvou“ architekturu, kde jednotlivé vrstvy systému jsou[24][25]:

1. **Prezentační** – Tato vrstva zajišťuje interakci mezi uživatelem a R/3 systémem pomocí SAP GUI klienta. Prezentační vrstva posílá uživatelem zadané vstupy aplikačnímu serveru od něhož naopak data přijímá nazpět a zobrazuje je uživateli.
2. **Aplikační** – Tato vrstva se skládá z následujících komponent:
  - Prezentační komponenty – Jsou zodpovědné za správnou interakci mezi R/3 systémem a koncovým uživatelem. Na základě obdržených požadavků z klientské části informují například klientský systém o tom, jakou obrazovku má uživateli dále zobrazit.
  - SAP aplikace – Příslušné výkonné aplikace zodpovídající za vykonání požadavku identifikovaného prezentačními komponenty. Logika těchto aplikací je napsána ve speciálním programovacím jazyce, který vyvinul SAP a nazývá se ABAP (Advanced Business Application Programming).
  - Kernel a základní služby – Poskytuje spouštěcí prostředí (Run-time Environment) SAP aplikacím.
  - ABAP Workbench – Jde o vývojové prostředí poskytující potřebné nástroje pro vývoj nových aplikací nebo přizpůsobení stávajících.
3. **Databázová** – Jedná se o centrální databázový systém obsahující všechna data systému. Skládá se ze dvou subkomponent. První je systém řízení báze dat (Database Management System) a druhou je databáze samotná. SAP si vyvinul a používá vlastní sloupcově orientovanou databázi.

Obrázek 2.1: Architektura SAP R/3<sup>3</sup>

## 2.3 Moduly SAP R/3

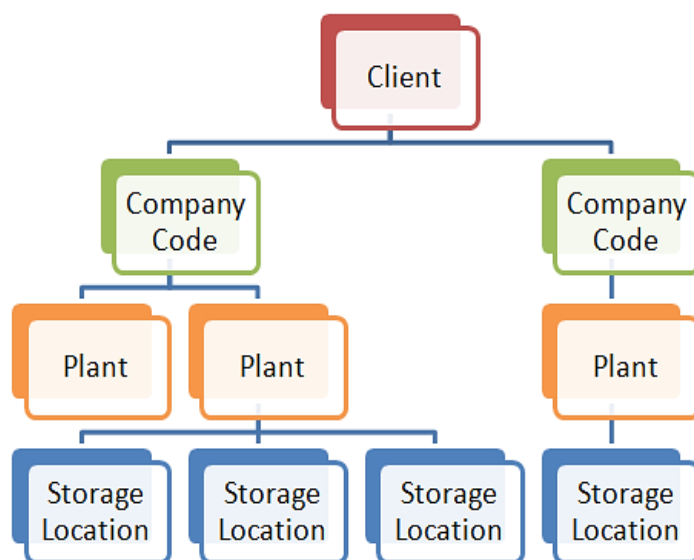
SW produkt SAP R/3 je rozdělen do celkem 12 níže uvedených hlavních modulů. Každý modul se obvykle skládá z několika dalších submodulů, které pak nabízí specifickou sadu funkcí specializující se na podporu konkrétních činností podniku. Podrobnější popis modulů lze nalézt v příloze A.

- |                                    |                                       |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Modul PP – Production Planning, | 7. Modul SD – Sales and Distribution, |
| 2. Modul WF – Workflow,            | 8. Modul MM – Materials Management,   |
| 3. Modul QM – Quality Management,  | 9. Modul AM – Assets Management,      |
| 4. Modul PM – Plant Maintenance,   | 10. Modul CO – Controlling,           |
| 5. Modul PS – Project System,      | 11. Modul FI – Financial Accounting,  |
| 6. Modul HR – Human Resources,     | 12. Modul IS – Industry Solutions.    |

<sup>3</sup>Zdroj obrázku číslo 2.1: <http://1.bp.blogspot.com/-7unVd50-49k/TvITQVRiyfI/AAAAAAAAAag/bbpDuAvDrUc/s640/SAP+Architecture.png>

## 2.4 Reprezentace organizace v SAP R/3

Každá organizace má z hlediska řízení materiálů (Materials Management) v ERP systému SAP R/3 jasně definovanou strukturu, podle které je něm uložena. Struktura je znázorněna na následujícím obrázku číslo 2.2.



Obrázek 2.2: Struktura organizace v SAP R/3<sup>4</sup>

1. **Client** – Všechna přihlášení do SAPu probíhají ke konkrétnímu klientovi, jenž je reprezentován unikátním 3místným číslem. Slovo klient zde má speciální význam a jedná se o nejmenší nezávislou entitu mající svá vlastní data a svou vlastní množinu tabulek. Klient rovněž definuje přístupová práva a množinu funkcionalit, kterou lze nad systémem aplikovat. K jinému klientovi se tedy budou přihlašovat vývojáři systému a pod jiným běžným uživateli ve firmě[26].
2. **Company Code** – Jde o nezávislou účetní entitu organizace. Každá firma může mít jeden, nebo více Company Code. Například Microsoft Česko, Microsoft Německo, Microsoft Francie atp.
3. **Plant** – Je výrobní závod, v němž probíhá proces výroby produktů, jež jsou následně prodávány koncovým zákazníkům.
4. **Storage Location** – Jedná se o sklad, kde jsou uloženy, jak jednotlivé materiály/suroviny určené pro výrobu, tak i finální produkty pro prodej.

---

<sup>4</sup>Zdroj obrázku číslo 2.2:

<https://insidesap.files.wordpress.com/2011/11/organization.png?w=468&h=346>



## 2.5 Možnosti exportu dat

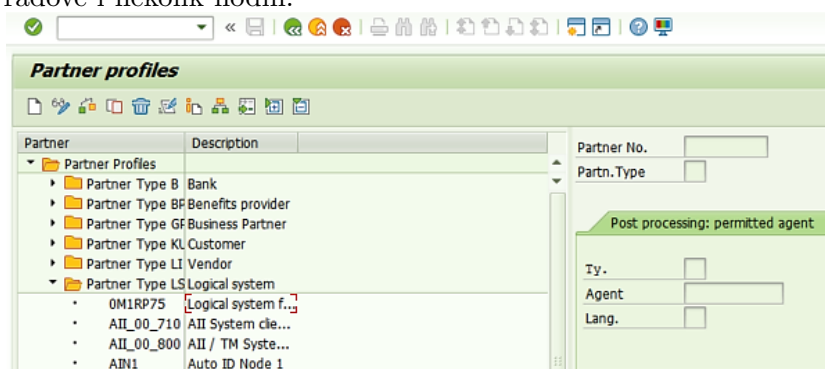
Ze systému SAP R/3 je možné exportovat data mnoha různými způsoby, z nichž každý má své výhody a nevýhody. V následujících podkapitolách jsou podrobněji popsány ty možnosti, které byly během realizace práce zvažovány.

### 2.5.1 Automatizovaný export

Využívá automatizované spouštění naplánovaných uživatelských událostí na straně serveru, které ze systému exportují požadovaná data ve speciálním formátu IDoc (Intermediate Document). Pro vytvoření a spuštění nějaké uživatelské události je potřeba vykonat těchto 7 kroků[27]:

1. vytvoření logického systému,
2. definování distribučního modelu,
3. vytvoření partnerské dohody – viz obr. 2.3,
4. vytvoření uživatelské události,
5. vytvoření varianty programu,
6. definování spouštěcího jobu,
7. spuštění události pro export dat.

Výhodou tohoto postupu je možnost automatizace celého procesu exportu dat. Nevýhodou může být, že pro export se zde využívá formát IDoc obsahující nejen data samotná, ale i značnou část metadat, která nesou informace o tom, jakými procesy v systému dokument prošel. Pokud je vyžadováno například zpětné trasování pohybu dokumentů při exportu, je tento formát vhodný. Jestliže je potřeba získat jen surová data, pak nebude nejspíše vyhovovat. Druhou nevýhodou může být, že export IDoců může vzhledem k jejich velikosti trvat řádově i několik hodin.



Obrázek 2.3: Vytváření partnerské dohody

## 2. ERP SYSTÉM SAP

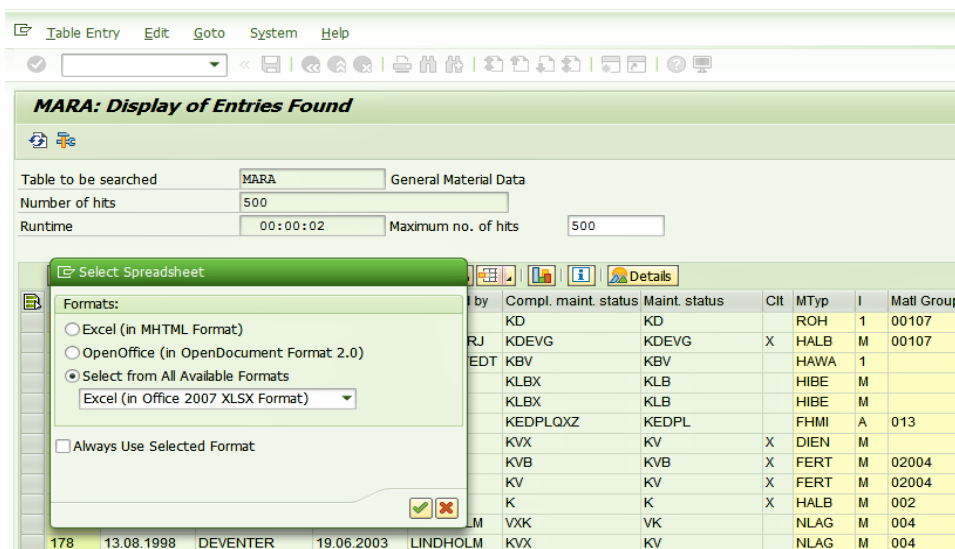
### 2.5.2 Export s použitím ABAP

Využívá naprogramování vlastního exportu dat pomocí jazyku ABAP. Výhodou je větší rychlost oproti postupu s využitím formátu IDoc a také možnost využít funkčnosti jazyka ABAP. Nevýhodou může být nutnost učít se nový specifický programovací jazyk. Příklad syntaxe jazyka ABAP[28]:

```
1 tables: dd03l, tadir.  
2 data: counter type i value 1.  
3 select * from tadir where pgmid eq 'R3TR' and  
4 object eq 'TABL' and  
5 devclass like 'M%'.  
6  
7 select * from dd03l where tabname eq tadir-obj_name and  
8 (fieldname like 'SPRA%' or fieldname like 'LANG%').  
9 write: / counter, dd03l-tabname, dd03l-fieldname.  
10 add 1 to counter.  
11 exit.  
12 endselect.  
13 endselect.
```

### 2.5.3 Manuální export

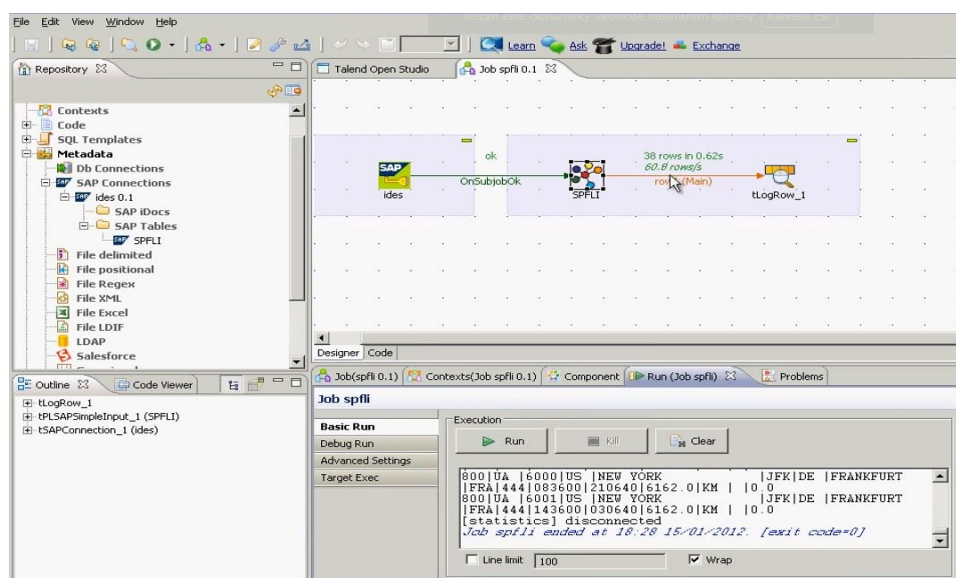
Probíhá zobrazením dat určených k exportu pomocí speciální transakce přímo v SAP GUI a jejich následném manuálním exportování do některého z podporovaných výstupních formátů, jako jsou například: XLS(X), TXT, CSV ad. Výhodou toho postupu je jeho jednoduchost, rychlost a to, že ze systému získáme jen potřebná data bez mnohdy zbytečných metadat.



Obrázek 2.4: Manuální export dat SAP tabulky MARA z GUI

### 2.5.4 Využití specializovaného SW

Posledním popisovaným způsobem exportu dat je možnost využití specializovaného SW, jenž je pro tuto činnost přímo určen (například SW s názvem „*PL/SAPConnector*“ od společnosti Talend – viz obr. 2.5). Výhodou tohoto přístupu je, že si uživatel v GUI zvolí data, která chce ze SAPu exportovat a export pak proběhne automaticky bez nutnosti, aby se uživatel staral o logiku celého procesu. Nevýhodou může být nutnost instalovat další SW (často i třetích stran).



Obrázek 2.5: Příklad SW pro export dat od společnosti Talend

### 2.5.5 Zvolený postup

Pro exportování dat využitých v praktické části této diplomové práce je nakonec zvolen **manuální export dat**, a to především kvůli jeho jednoduchosti, rychlosti a možnosti exportovat data do obvyklých a dobře zpracovatelných formátů.



## Vybraný MILP model

Matematický model SCND, zvolený pro implementaci v praktické části této práce, je na základě provedené rešerše přejat ze článku s názvem „*A steady-state genetic algorithm for multi-product supply chain network design*“ [1]. Vybrán byl především z těchto třech hlavních důvodů: (i) lze na něho vyhovujícím způsobem namapovat exportovaná data z ERP systému SAP R/3, (ii) je ve své definici dostatečně obecný, (iii) pracuje s přijatelnými parametry.

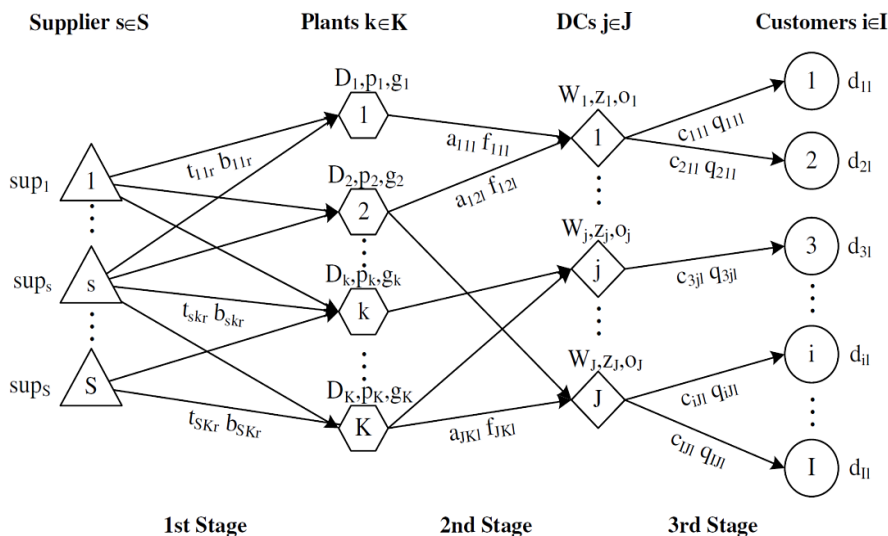
Zvolený matematický model řeší NP-těžký problém [1] optimálního návrhu sítě dodavatelského řetězce, ve kterém vystupuje těchto 6 množin: množina zákazníků  $i \in I$ , distribučních center  $j \in J$ , výrobních závodů  $k \in K$ , produktů  $l \in L$ , dodavatelů  $s \in S$  a surovin  $r \in R$  – viz tabulka číslo 3.1.

Cílem je určit podmnožinu výrobních závodů  $k \in K$  a distribučních center  $j \in J$ , které budou otevřeny a navrhnut sít s ohledem na to, aby byly splněny všechny požadavky na kapacity a dodání produktů  $l \in L$  zákazníkům  $i \in I$ . Kriteriační funkce minimalizuje celkovou cenu SC s ohledem například na: nákupní a transportní cenu surovin  $t_{skr}$ , cenu transportu  $a_{jkl}$  a cenu distribuce k zákazníkům  $c_{ijl}$ , cenu na otevření a provoz výroben  $g_k$  a distribučních center  $o_j$ . Nakonec jsou určeny toky materiálů a produktů mezi jednotlivými entitami navrhované sítě: dodavatelé  $\rightarrow$  výrobní  $b_{skr}$ , výrobní  $\rightarrow$  distribuční centra  $f_{jkl}$  a distribuční centra  $\rightarrow$  zákazníci  $q_{ijl}$  – více viz tabulka číslo 3.3.

**Tabulka 3.1:** Množiny a indexy modelu

$I$	množina zákazníků (customers) $i \in I$
$J$	množina distribučních center (DC) $j \in J$
$K$	množina výrobních závodů (plants) $k \in K$
$L$	množina produktů (products) $l \in L$
$S$	množina dodavatelů (suppliers) $s \in S$
$R$	množina materiálů/surovin (raw materials) $r \in R$

### 3. VYBRANÝ MILP MODEL



**Obrázek 3.1:** Síť SC v notaci modelu[1]

**Tabulka 3.2:** Přehled parametrů modelu

$W$	maximální počet otevřených distribučních center
$P$	maximální počet otevřených výrobních závodů
$D_k$	roční výrobní kapacita výrobního závodu $k$
$W_j$	roční propustnost distribučního centra $j$
$sp_{sr}$	roční kapacita dodavatele $s$ pro materiál $r$
$d_{il}$	roční poptávka zákazníka $i$ po produktu $l$
$o_j$	roční fixní provozní náklady distribučního centra $j$
$g_k$	roční fixní provozní náklady výrobního závodu $k$
$v_j$	roční jednotková cena pro zajištění propustnosti distribučního centra $j$
$n_l$	velikost výsledného produktu $l$ při zaskladnění
$m_l$	capacity utilization rate <sup>5</sup> pro produkt $l$
$u_{rl}$	počet jednotek materiálu $r$ potřebných pro výrobu produktu $l$
$v_{lk}$	jednotková výrobní cena produktu $l$ ve výrobním závodě $k$
$c_{ijl}$	jednotková transportní cena produktu $l$ z distribučního centra $j$ k zákazníkovi $i$
$a_{jkl}$	jedn. transportní cena produktu $l$ z výrobního závodu $k$ do distribučního centra $j$
$t_{skr}$	jedn. transportní a nákupní cena materiálu $r$ od dodavatele $s$ pro výrobní závod $k$

<sup>5</sup>Více informací o pojmu apacity utilization rate lze například najít na adrese:  
<http://www.investopedia.com/terms/c/capacityutilizationrate.asp>

### 3.1 Rozhodovací proměnné

Cílem představeného matematického modelu je rozhodnout níže uvedené proměnné v tabulce 3.3, a to s ohledem na následující kriteriální funkci, která minimalizuje celkovou cenu SC (s ohledem na výrobní náklady, ne však zisk):

$$\begin{aligned} \min X = & \sum_{j \in J} o_j \cdot z_j + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{l \in L} v_j \cdot d_{il} \cdot y_{ij} + \sum_{k \in K} g_k \cdot p_k + \sum_{l \in L} \sum_{k \in K} v_{lk} \cdot x_{lk} \\ & + \sum_{s \in S} \sum_{k \in K} \sum_{r \in R} t_{skr} \cdot b_{skr} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{l \in L} c_{ijl} \cdot q_{ijl} + \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} a_{jkl} \cdot f_{jkl} \end{aligned}$$

**Tabulka 3.3:** Rozhodovací proměnné modelu

$z_j$	1 pokud distribuční centrum $j$ je otevřeno, jinak 0
$p_k$	1 pokud výrobní závod $k$ je otevřen, jinak 0
$y_{ij}$	1 pokud zákazník $i$ je obsluhován distribučním centrem $j$ , jinak 0
$b_{skr}$	množství materiálu $r$ nakoupeno od dodavatele $s$ pro výrobní závod $k$
$x_{lk}$	množství produktu $l$ vyprodukováno výrobním závodem $k$
$q_{ijl}$	množství produktu $l$ dodáno distribučním centrem $j$ zákazníkovi $i$
$f_{jkl}$	množství produktu $l$ převezeno z výrobního závodu $k$ do distribučního centra $j$

### 3.2 Omezení

Problém je možné formulovat jako optimalizační úlohu MILP nad zavedeným matematickým modelem s následujícími 16 omezujícími podmínkami, jež lze pak například řešit s využitím pokročilých komerčních optimizerů, jakými jsou například: Gurobi, CPLEX, Xpress ad.

Omezení (3.1) zajišťuje, že každý zákazník bude obslužen právě jedním distribučním centrem.

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (3.1)$$

Omezení (3.2) zajišťuje, že z distribučních center nemůže být dodáváno více produktů, než je jejich propustnost.

$$\sum_{i \in I} \sum_{l \in L} n_l \times d_{il} \times y_{ij} \leq W_j \times z_j \quad \forall j \in J \quad (3.2)$$

Omezení (3.3) je limitní restrikce pro počet distribučních center, který může být otevřen.

$$\sum_{j \in J} z_j \leq W \quad (3.3)$$

### 3. VYBRANÝ MILP MODEL

---

Omezení (3.4) zajišťuje uspokojení poptávky všech zákazníků, kdy počet dodaných produktů z distribučního centra musí být roven poptávce daného produktu zákazníkem.

$$q_{ijl} = d_{il} \times y_{ij} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall l \in L \quad (3.4)$$

Omezení (3.5) limituje vztah mezi produkty převezenými z výrobních center do distribučních center a produkty dodaných z distribučních center jednotlivým koncovým zákazníkům. Říká, že stejný počet produktů, který je dovezen z výrobních do distribučních center musí být z nich dodán zákazníkům.

$$\sum_{k \in K} f_{jkl} = \sum_{i \in I} q_{ijl} \quad \forall j \in J, \forall l \in L \quad (3.5)$$

Omezení (3.6) limituje odběr materiálů/surovin od dodavatelů.

$$\sum_{k \in K} b_{skr} \leq sp_{sr} \quad \forall s \in S, \forall r \in R \quad (3.6)$$

Omezení (3.7) limituje použití materiálů/surovin při výrobě produktů.

$$\sum_{l \in L} u_{rl} \times x_{lk} \leq \sum_{s \in S} b_{skr} \quad \forall r \in R, \forall k \in K \quad (3.7)$$

Omezení (3.8) zajišťuje, že ve výrobním závodě nemůže být vyrobeno více produktů, než je jeho výrobní kapacita.

$$\sum_{l \in L} m_l \times x_{lk} \leq D_k \times p_k \quad \forall k \in K \quad (3.8)$$

Omezení (3.9) zajišťuje, že z výrobního závodu nemůže být odvezeno do distribučního centra více produktů, než v něm bylo vyrobeno.

$$\sum_{j \in J} f_{jkl} \leq x_{lk} \quad \forall k \in K, \forall l \in L \quad (3.9)$$

Omezení (3.10) je limitní restrikce pro počet výrobních závodů, který může být otevřen.

$$\sum_{k \in K} p_k \leq P \quad (3.10)$$



Omezení (3.11) až (3.13) jsou omezení oboru hodnot pro:  $z_j, p_k, y_{ij}$ .

$$z_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J \quad (3.11)$$

$$p_k \in \{0, 1\} \quad \forall k \in K \quad (3.12)$$

$$y_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.13)$$

Omezení (3.14) až (3.16) jsou omezení nezápornosti pro:  $b_{skr}, x_{lk}, q_{ijl}$ .

$$b_{skr} \geq 0 \quad \forall s \in S, \forall k \in K, \forall r \in R \quad (3.14)$$

$$q_{ijl} \geq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall l \in L \quad (3.15)$$

$$x_{lk} \geq 0 \quad \forall l \in L, \forall k \in K \quad (3.16)$$



## Genetický algoritmus

V rámci praktické části je taktéž implementováno řešení problematiky SCND pomocí genetického algoritmu. Záměrem této implementace je ukázat alternativní řešení problému heuristickým přístupem oproti exaktnímu MILP postupu, který pro velké instance (z povahy složitosti MILP) není již použitelný. Využití heuristického přístupu nemusí být výhodné jen u zmíněných velkých instancí, které ovšem z hlediska praktického využití mohou být čistě „akademické“, ale i u instancí, jejichž řešení je velmi náročné na další prostředky, jako je třeba operační paměť.

Genetický algoritmus patří mezi tzv. evoluční algoritmy snažící se aplikací přirozených přírodních procesů najít řešení složitých problémů. Výhodou genetických algoritmů je, že vykazují velmi dobré výsledky u problémů s rozsáhlými množinami přípustných řešení a při hledání nejlepšího řešení jsou odolné proti sklouznutí do lokálního optima[29].

Genetický algoritmus je implementován podle obecného schématu uvedeného (ve formě pseudo-algoritmu) níže.

```
1 begin
2   náhodně vygeneruj počáteční populaci chromozomů P;
3   vyhodnoť všechny chromozomy v množině P;
4
5   while(ukončovací podmínka) do
6     náhodně vyber dva prvky P1 a P2 z množiny P;
7     aplikuj křížení na dvojici P1, P2 a získej potomka C;
8     aplikuj mutaci na C;
9     vyhodnoť C;
10    z množiny P odstraň nejhorší řešení a vlož C
11    (pokud C je lepší než vybrané nejhorší);
12  end
13  výstup: nejlepší nalezené řešení;
14 end
```

## 4.1 Kódování úlohy

Genetické algoritmy často nepracují přímo s hodnotami parametrů, ale pracují s nějakou jejich zakódovanou reprezentací nazývanou se chromozom. Způsob zakódování parametrů do chromozomů je jedna z nejdůležitějších částí genetického algoritmu, která ve velké míře ovlivňuje jeho celkovou efektivitu.

V našem případě se chromozom skládá ze 2 segmentů obsahující binární hodnoty rozhodovacích proměnných modelu. První segment o velikosti množiny výrobních závodů  $|K|$  kóduje, zda je výrobní závod  $k$  otevřen, či nikoliv. Druhý segment o součinu velikosti množin zákazníků a distribučních center  $|I| \times |J|$  kóduje, zda je zákazník  $i$  obsluhován distribučním centrem  $j$ . Z druhého segmentu je rovněž odvozena informace o tom, zda je distribučním centrem  $j$  otevřeno či zavřeno.

0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
K					x  J						

Obrázek 4.1: Příklad chromozomu

## 4.2 Křížení

Křížení (crossover) je technika, kdy se z alespoň dvou chromozomů předchozí generace (rodiče) vytvoří nový chromozom (potomek). Tento potomek pak obsahuje smíšené vlastnosti z rodičů a umožňuje nám prohledávat nový prostor řešení. Technik křížení existuje mnoho a v této práci je použito následující křížení: Nejprve je náhodně vygenerována binární maska a pokud binární maska obsahuje hodnotu „0“, pak je použita hodnota z prvního rodiče, pokud hodnotu „1“, pak z druhého – viz obrázek 4.2.

Rodič #1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
Rodič #2	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0
Maska	1	0	0	1			0			1		
Potomek	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0

Obrázek 4.2: Příklad operátoru křížení

### 4.3 Mutace

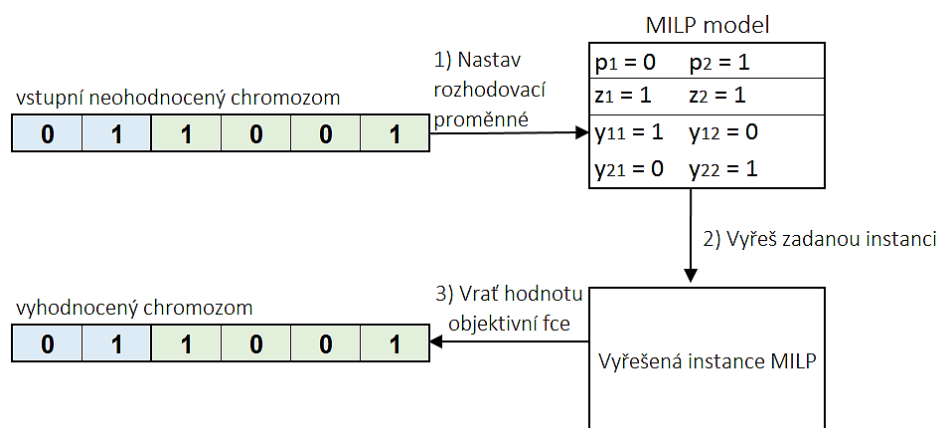
Mutace (mutation) je proces, kdy je náhodně změněna část jedince. Tento proces pomáhá zabránit předčasné konvergenci výsledku a umožňuje objevovat nová řešení. Mutace tedy může řešení velmi vylepšit, ale i někdy poškodit. Jako u křížení, tak i pro mutaci existuje mnoho variant a v implementaci je použita tato: Nejdříve náhodně vyber nějaký prvek chromozomu, následně vybraný prvek změní na inverzní hodnotu původní hodnoty.

Rodič	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0
Potomek	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0

Obrázek 4.3: Příklad operátoru mutace

### 4.4 Vyhodnocování

Vyhodnocování chromozomu je proces, při kterém je pomocí tzv. fitness funkce vyjádřena kvalita řešení, jež daný chromozom představuje. Při vyhodnocování je využit implementovaný MILP model, jemuž jsou z chromozomu předány hodnoty pro všechny rozhodovací proměnné. Jejich určením se problém redukuje na tzv. transportation problem, který je mnohem snadněji řešitelný. Po vyřešení konkrétní instance transportation problému je chromozomu přiřazena výsledná hodnota objektivní funkce, jakožto míra kvality řešení – viz obrázek číslo 4.4. Ke zrychlení výpočtu se při ohodnocování chromozomu všechny proměnné modelu ještě relaxují na neceločíselné (tzv. continuous proměnné). Až výsledné řešení je přeřeno v nerelaxované celočíselné variantě.



Obrázek 4.4: Příklad vyhodnocení chromozomu



---

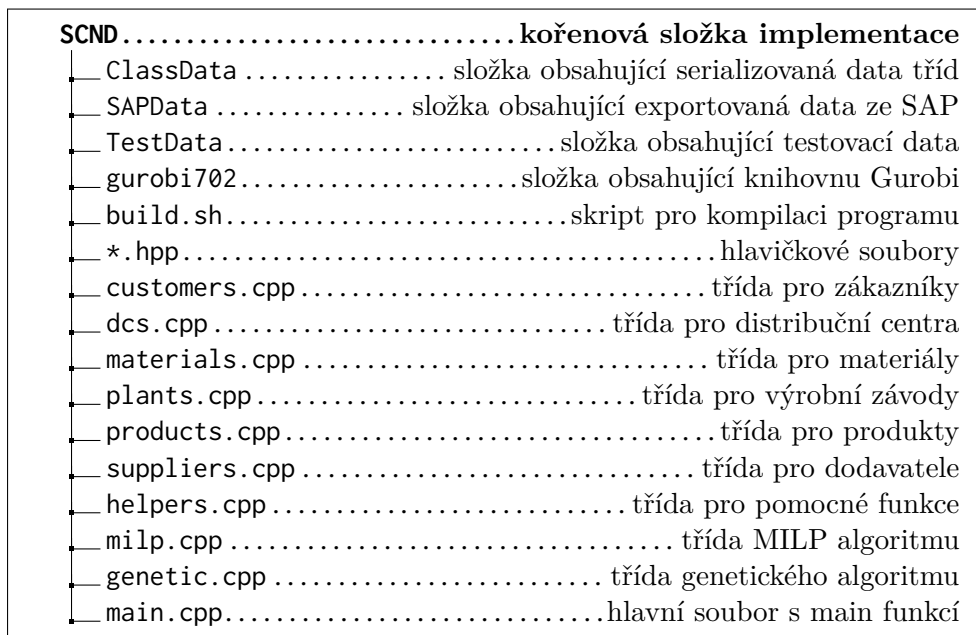
## Implementace

Hlavním cílem implementační části je představit prakticky využitelný způsob, kterým je možné realizovat vlastní řešení problematiky SCND, a to s využitím dat uložených v informačním systému SAP R/3. Samotná implementace se skládá z následujících kroků: (a) vyhledat v systému SAP R/3 vhodná data pro problematiku SCND s ohledem na vybraný matematický model představený v kapitole 3, (b) exportovat vybraná data do vyhovujícího formátu, (c) namapovat exportovaná data na zvolený matematický model SCND, (d) implementovat rozhraní pro načtení exportovaných dat do algoritmu, (e) implementovat MILP algoritmus popsany v kapitole 3, (f) implementovat genetický algoritmus popsany v kapitole 4.

Celé řešení je implementováno v objektově orientovaném programovacím jazyce C++, a to konkrétně ve standardizované verzi z roku 2014, značenou dnes jako C++14. Pro serializaci a deserializaci implementovaných tříd je využita knihovna Boost. Jako MILP řešič je použita knihovna Gurobi Optimizer ve verzi 7, která zároveň nabízí rozhraní pro jazyk C++ a pro vizualizaci navržené sítě SC je využita knihovna Graphviz.

## 5.1 Struktura implementace

Řešení je naprogramováno s ohledem na možnost jednoduchého rozšíření v budoucnosti a logicky rozčleněno do samostatných tříd obsahující příslušná data a funkcionality vzhledem k jednotlivým entitám (zákazníci, dodavatelé, výrobní závody atd.). Struktura implementace je znázorněna na obrázku 5.1.



**Obrázek 5.1:** Logické rozčlenění implementace

Níže je uvedena ukázka kódu ze souboru main.cpp zobrazující inicializaci tříd jednotlivých entit, jejichž data jsou následně načtena z exportovaných SAP dat a nakonec jsou instance předány genetickému algoritmu a vyřešeny.

```

1 Plants p(false, true); Customers c(false, true);
2 DCs dcs(false, true); Suppliers s(false, true);
3 Products l(false, true); Materials r(false, true);
4 // Parse class data from SAPData
5 s.initFromSAPData("./SAPData/Suppliers/EORD.txt", "1000", 6);
6 p.initFromSAPData("./SAPData/Plants/T001K.txt", "1000", 40);
7 dcs.initFromSAPData("./SAPData/DCS/T001L.txt", "1000", p);
8 c.initFromSAPData("./SAPData/Customers/VCUST.txt", "1000");
9 l.initFromSAPData("./SAPData/Products/MAST.txt", "P-", c, p,
10 dcs);
11 r.initFromSAPData("./SAPData/Materials/STP0.txt", p, s, l);
12 // Solve
13 Genetic gen(p, c, dcs, s, l, r);
14 gen.solve();
15 gen.solveFinalSolution();

```



## 5.2 Exportovaná data ze SAP R/3

Jak je popsáno v kapitole 2.2, všechna data se v systému SAP R/3 nachází uložená ve sloupcově orientované databázi. Jednotlivé tabulky databáze si lze pak zobrazit pomocí GUI klienta. Hledání vhodných dat pro export probíhalo tím způsobem, že byly postupně vybírány všechny parametry matematického modelu a v oficiální dokumentaci SAP R/3 hledány informace o tom, zda se v databázi systému nachází tabulky obsahující vybraný parametr. Pokud ano, byla tabulka zobrazena v GUI a následně manuálním exportem vyexportována. V tabulce 5.1 je uveden přehled všech vyexportovaných tabulek ze systému SAP R/3 použitých v implementaci.

**Tabulka 5.1:** Přehled exportovaných dat ze systému SAP R/3

Exportovaná data	Český význam	Anglický význam
transakce VCUST	zákazníci	customers
tabulka EORD	dodavatelé	vendors
tabulka T001L	sklady	storages
tabulka T001K	výrobní závody	plants
tabulka STPO	suroviny	raw materials
tabulka MAST	produkty a seznamy materiálů	products and BOMs

Mapování vyexportovaných dat na matematický model SCND je možné nalézt v tabulce číslo 5.2 obsahující vždy příslušnou tabulku a entitu matematického modelu, na kterou jsou data namapována. Všechny ostatní parametry modelu jsou v implementaci generovány náhodně pomocí uniformního rozdělení. Příklady interakce se systémem SAP R/3 a postupy exportu jednotlivých dat se nacházejí v příloze B práce.

**Tabulka 5.2:** Mapování exportovaných dat

Exportovaná data	Množina modelu
transakce VCUST	$I$
tabulka EORD	$S$
tabulka T001L	$J$
tabulka T001K	$K$
tabulka STPO	$R$
tabulka MAST	$L$

### 5.3 Výstup MILP algoritmu

Implementace MILP algoritmu má pro zadanou instanci problému dva výstupy: (a) textový výstup, ve kterém je uveden detailní postup výpočtu a výsledné hodnoty rozhodovacích proměnných (ukázka uvedena níže), (b) vygenerovaný graf optimálně navržené sítě SC – viz obrázek číslo 5.1.

```
===== Supply chain design network MILP log snippet =====
Best objective 8.555849578e+09, best bound 8.555849578e+09, gap 0.00%
  * Found optimal solution!
  * Optimal objective value is: 8.55585e+09
  * Solving took seconds: 0.00662494
  * String data successfully saved into: modelResult.dot file!
  * Generating PNG graph into: modelRes.png from DOT file: modelRes.dot
  * Model solved with the following result:
=== DCS RESULT ===
  * DC[#0] named as: DC0 - 1/opened
  * DC[#1] named as: DC1 - -0/closed
=== !DCS RESULT ===

=== PLANTS RESULT ===
  * Plant[#0] named as: Plant0 - 1/opened
  * Plant[#1] named as: Plant1 - -0/closed
=== !PLANTS RESULT ===

=== DC SERVE RESULT ===
  * Customer[#0] named as: Customer0
  * is served/1 by DC[#0] named as: DC0
  * Customer[#1] named as: Customer1
  * is served/1 by DC[#0] named as: DC0
=== !DC SERVE RESULT ===

=== PLANT PRODUCE RESULT ===
  * In Plant[#0] named as: Plant0 produced:
  * 3399 pices of product[#0] named as: Product0
  * In Plant[#1] named as: Plant1 produced:
=== !PLANT PRODUCE RESULT ===

=== SUPPLIER SHIP RESULT ===
  * Supplier[#0] named as: Supplier0 shipped:
  * to Plant[#0] named as: Plant0:
  * 13596 pices of raw material[#0] named as: Raw-material0
=== !SUPPLIER SHIP RESULT ===
```

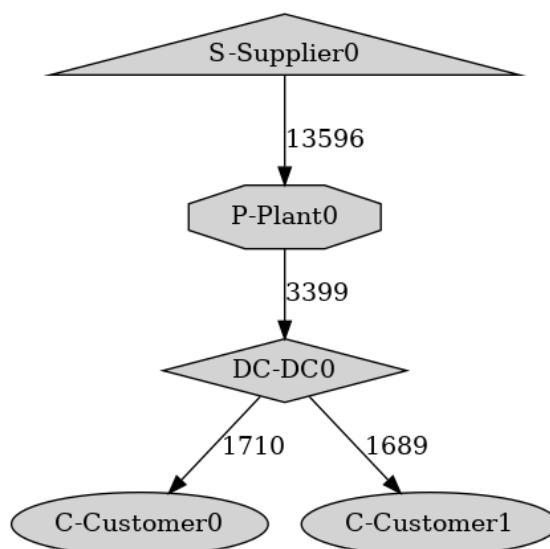
```

=== DC SHIP RESULT ===
  * For Customer[#0] named as: Customer0 shipped:
    * from DC[#0] named as: DC0:
      * 1710 pices of product[#0] named as: Product0
  * For Customer[#1] named as: Customer1 shipped:
    * from DC[#0] named as: DC0:
      * 1689 pices of product[#0] named as: Product0
=== !DC SHIP RESULT ===

=== PLANT SHIP RESULT ===
  * For DC[#0] named as: DC0 shipped:
    * from Plant[#0] named as: Plant0:
      * 3399 pices of product[#0] named as: Product0
=== !PLANT SHIP RESULT ===
===== !Supply chain design network MILP log snippet =====

```

Na obrázku 5.2 je vidět výsledná optimálně navržená síť SC, do které byl zvolen jako dodavatel Supplier0, jako výrobní závod Plant0 a jako distribuční centrum DC0 obsluhující zákazníky Customer0 a Customer1. Na hraně mezi Supplier0 a Plant0 je uvedeno číslo 13 596, které znamená součet všech dodaných materiálů/surovin od dodavatele Supplier0 výrobnímu závodu Plant0. Číslo 3 399 na hraně mezi výrobním závodem a distribučním centrem znamená počet výrobků převezených z Plant0 a uskladněných v DC0. Číslo 1 710 na hraně mezi distribučním centrem a zákazníkem Customer0 znamená počet dodaných produktů z distribučního centra DC0 zákazníkům Customer0 a Customer1.



Obrázek 5.2: Příklad navržené sítě SC

## 5.4 Výstup genetického algoritmu

Pro řešení pomocí genetického algoritmu je výstup velmi podobný jako u MILP algoritmu. Do textového výstupu je vypisován průběh výpočtu algoritmu a po nalezení nejlepšího řešení je výstup totožný s uvedeným v kapitole 5.3.

```
===== Supply chain network design Genetic log snippet =====
* Size of initial population set to: 7
* Size of chromosome set to: 6
* Generation init population started...
* Generation init population finished
=====
* Evaluating a chromosome started...
* Is model a MILP?: 1
* Starting with solving...
* Evaluation took seconds: 0.00193095
* Evaluation done with obj. value: 1.03755e+10
=====
* Evaluating a chromosome started...
* Is model a MILP?: 1
* Starting with solving...
* Evaluation took seconds: 0.00103307
* Evaluation done with obj. value: 1.03755e+10
=====
* Evaluating a chromosome started...
* Is model a MILP?: 1
* Starting with solving...
* Evaluation took seconds: 0.000795841
* Evaluation done with obj. value: 9.78363e+09
* Found new best solution with value: 9.78363e+09
=====
* Evaluating a chromosome started...
* Is model a MILP?: 1
* Starting with solving...
* Evaluation took seconds: 0.000799894
* Evaluation done with obj. value: 8.55851e+09
* Deleting the worst solution with obj. value: 9.78363e+09
* Replacing the worst solution with: 8.5585e+09
=====
* Genetic while loop stopped
* Best found obj. value solution: 8.5585e+09
* Evaluation took seconds: 0.07132
===== !Supply chain network design Genetic log snippet =====
```

---

## Testování

V této kapitole jsou uvedeny výsledky testování obou implementovaných algoritmů. Proces testování sleduje pro obě implementace tato společná kritéria: minimální čas běhu, maximální čas běhu a průměrný čas běhu. Každá instance testovacích dat byla vždy spuštěna celkem 3krát a ze získaných výsledků jsou vypočteny příslušné časové hodnoty.

Pro MILP implementaci jsou sledována navíc tato kritéria: počet celočíselných proměnných, počet binárních (rozhodovacích) proměnných a výsledná hodnota kritériální funkce. Pro implementaci genetickým algoritmem je uvedeno nejlepší nalezené řešení, které algoritmus vrátil během třech spuštění.

Testovací data jsou pro účely testování rozdělena do dvou kategorií: (i) malé instance, (ii) středně velké až velké instance. Dle tohoto rozdělení jsou data rozřazena i do výsledkových tabulek. Testování probíhalo na osobním notebooku s následující konfigurací: 4 GB RAM, procesor Intel Core i5 (2,40 GHz), operační systém Manjaro Linux.

## 6.1 Testování malých instancí

Testovací sada pro malé instance se skládá z celkem 10 instancí problému, pro které jsou použita exportovaná data ze systému SAP R/3. V tabulce číslo 6.1 jsou uvedeny velikosti jednotlivých entit (zákazníci, dodavatelé atd.) pro jednotlivé testovací sady. V tabulce číslo 6.2 jsou uvedeny výsledky pro genetický algoritmus a v tabulce 6.3 pak pro MILP implementaci.

**Tabulka 6.1:** Velikosti jednotlivých entit

Název sady dat	$ S $	$ L $	$ R $	$ K $	$ J $	$ I $
S1	2	1	3	2	2	4
S2	2	1	3	4	2	4
S3	2	5	3	4	2	4
S4	2	5	3	4	2	10
S5	2	5	3	4	2	30
S6	2	5	3	20	2	30
S7	2	5	3	20	10	30
S8	2	5	3	20	10	50
S9	2	10	3	20	10	50
S10	2	10	6	20	10	50

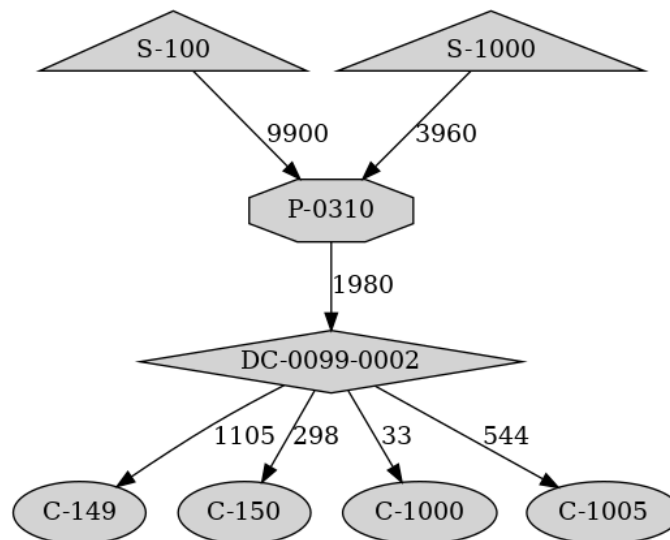
**Tabulka 6.2:** Výsledky testování genetického algoritmu

Data	Min. čas [s]	Max. čas [s]	Prům. čas [s]	Nejlepší nalezené řešení
S1	0,0106	0,0201	0,0141	4,66228E+09
S2	0,0184	0,0229	0,0235	9,52028E+09
S3	0,0133	0,0181	0,0150	3,87741E+10
S4	0,0498	0,0598	0,0528	1,54137E+11
S5	0,0523	0,0596	0,0547	3,41196E+11
S6	0,1294	0,1558	0,1470	6,57498E+11
S7	0,8449	0,9801	0,8929	4,58236E+11
S8	0,9342	1,3460	1,1359	7,89462E+11
S9	2,8168	3,6641	3,1406	1,40966E+12
S10	2,2801	3,5110	2,8270	1,72312E+12

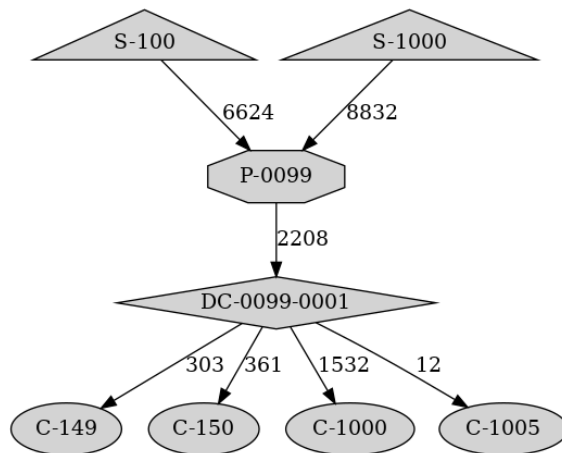
**Tabulka 6.3:** Výsledky testování MILP algoritmu

Data	Min. čas [s]	Max. čas [s]	Prům. čas [s]	Počet celočíselných/ binárních proměnných	Hodnota kriteriální funkce
S1	0,0080	0,0106	0,0089	38/12	4,66228E+09
S2	0,0076	0,0165	0,0119	58/14	9,52028E+09
S3	0,0168	0,0217	0,0197	138/14	3,87741E+10
S4	0,0134	0,0174	0,0149	210/26	1,54137E+11
S5	0,0273	0,0354	0,0307	450/66	3,35255E+11
S6	0,0354	0,0466	0,0416	802/82	6,55357E+11
S7	0,0850	0,1301	0,1105	3 050/330	4,04384E+11
S8	0,0561	0,1406	0,1027	4 250/530	5,88137E+11
S9	0,4069	0,5068	0,4599	7 850/530	1,21875E+12
S10	0,1582	0,3231	0,2180	7 970/530	1,54465E+12

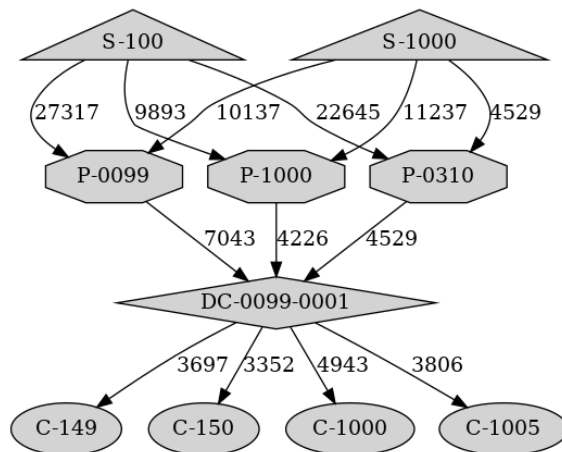
Následující obrázky číslo 6.1 až 6.4 ukazují strukturu optimálně navržené sítě SC pro testovací datové sady S1, S2, S3 a S4. Pro ostatní testovací instance nejsou výsledně navržené sítě SC již uvedeny, protože jsou rozsáhlé.

**Obrázek 6.1:** Příklad navržené sítě pro data S1

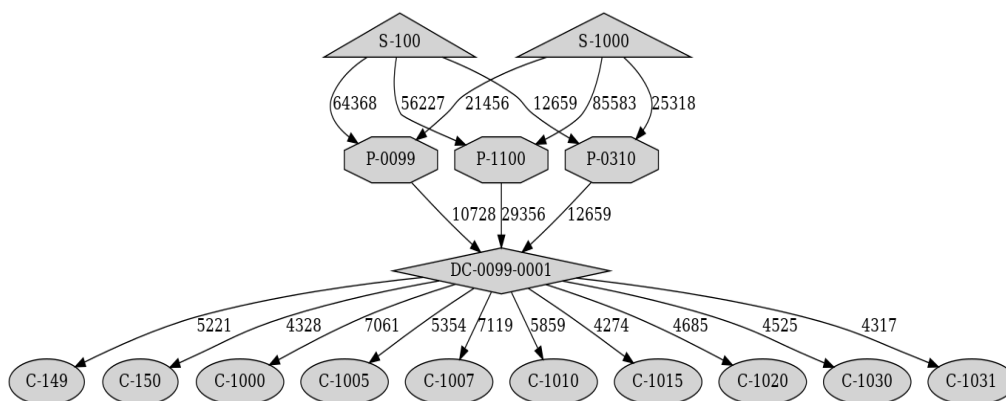
## 6. TESTOVÁNÍ



Obrázek 6.2: Příklad navržené sítě pro data S2



Obrázek 6.3: Příklad navržené sítě pro data S3



Obrázek 6.4: Příklad navržené sítě pro data S4



## 6.2 Testování středních až velkých instancí

Testovací sada pro střední až velké instance se skládá z celkem 10 instancí problému, pro které jsou použita náhodně generovaná data, protože exportovaná data ze systému SAP R/3 již vzhledem k velikostem instancí nestačila. V tabulce číslo 6.4 jsou opět uvedeny velikosti jednotlivých entit pro jednotlivé testovací sady. V tabulce číslo 6.5 jsou uvedeny výsledky pro genetický algoritmus a v tabulce 6.6 pak pro MILP implementaci.

**Tabulka 6.4:** Velikosti jednotlivých entit

Název sady dat	$ S $	$ L $	$ R $	$ K $	$ J $	$ I $
M1	6	10	6	40	11	70
M2	6	10	6	70	11	70
M3	6	20	6	70	11	70
M4	15	20	6	70	11	70
M5	15	20	6	70	11	90
M6	15	20	6	70	25	90
M7	15	20	10	70	25	90
M8	15	20	10	90	25	90
M9	15	30	10	90	25	90
M10	15	30	12	200	25	200

**Tabulka 6.5:** Výsledky testování genetického algoritmu

Data	Min. čas [s]	Max. čas [s]	Prům. čas [s]	Nejlepší nalezené řešení
M1	7,6986	9,1859	8,4995	2,00555E+12
M2	8,9212	9,5397	9,1401	1,91979E+12
M3	19,9141	20,8980	20,4571	4,55904E+12
M4	25,8674	15,2574	20,5280	4,29773E+12
M5	17,0052	18,1607	17,5417	5,74617E+12
M6	99,8471	103,6980	101,3348	6,19528E+12
M7	57,9431	85,4556	73,6193	5,78376E+12
M8	101,9492	142,1854	120,8646	6,07906E+12
M9	221,0060	253,8213	240,2695	9,54685E+12
M10	47,4786	88,4538	66,4639	2,07786E+13

**Tabulka 6.6:** Výsledky testování MILP algoritmu

Data	Min. čas [s]	Max. čas [s]	Prům. čas [s]	Počet celočíslných/ binárních proměnných	Hodnota kriteriální funkce
M1	0,7998	0,8264	0,8171	14 761/821	1,70376E+12
M2	0,7969	0,9355	0,8493	19 471/851	1,66670E+12
M3	29,2802	30,3303	29,7118	35 571/851	3,47136E+12
M4	34,6261	35,6820	35,0464	39 351/851	3,81721E+12
M5	96,0461	97,8112	96,8704	43 971/1 071	4,90429E+12
M6	423,0720	428,0720	425,4860	90 045/2 345	4,68294E+12
M7	253,9643	255,9712	254,7473	94 245/2 345	4,55802E+12
M8	634,6110	654,6110	642,8453	107 665/2 365	5,27821E+12
M9	> 2 000	> 2 000	> 2000	167 065/2 365	8,36680E+12
M10	> 2000	> 2 000	> 2000	443 325/5 325	1,63400E+13

### 6.3 Zhodnocení výsledků testování

Na základě provedeného testování vyplynulo, že pro malé instance dat je výhodnější použít MILP algoritmus oproti genetickému. Nejen, že jeho výpočetní doba je pro malé instance výrazně nižší, ale zároveň se také lze spolehnout, že jeho výsledek (navržená síť SC) bude optimální.

Oproti tomu pro středně velké až velké instance (od M6) testovaných dat je výhodnější použít genetický algoritmus, který sice vždy nevrátí optimální řešení, ale jeho doba běhu je výrazně nižší. Například pro testovací sady M9 a M10 MILP algoritmus neskončí ani po 2 000 sekundách, kdežto genetický nalezne řešení ve výrazně kratší době.

Pro nedopočtené instance M9 a M10 je hodnota GAP (což je rozdíl mezi aktuální horní mezí (upper bound) a dolní mezí (lower bound) udávající optimalitu řešení) rovna 0,01 %.

---

## Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo představit možnost vlastní implementace problematiky optimálního návrhu sítě dodavatelského řetězce s využitím informačního systému SAP R/3. V tomto systému se nejprve našla vhodná data pro řešenou problematiku, která se poté úspěšně vyexportovala do dobře zpracovatelného formátu. Následně bylo implementováno optimalizační řešení pomocí smíšeného celočíselného lineárního programování a také úspěšně implementováno heuristické řešení založené na genetickém algoritmu.

Oba algoritmy byly následně podrobeny testování na vytvořených datových sadách obsahující nejen exportovaná data ze SAP R/3 (pro malé instance), ale i náhodně generovaná data podle uniformního rozdělení (pro velké instance). Během testování bylo možné pozorovat rozdíl mezi přesným a heuristickým řešením, kdy na velkých datech přesné řešení trvalo buď značně dlouho, nebo pro jeho běh nestačila dostupná operační paměť. Oproti tomu heuristika nabídla vždy řešení v rozumném poměru čas/přesnost výsledku.

V budoucnu je na práci možné smysluplně navázat. Nabízí se možnost rozšířit samotný matematický model, jehož parametry by se například uzpůsobily/specializovaly nějaké jiné konkrétní výrobě z praxe. Rovněž je možné zabývat se problematikou zpřesnění výsledků heuristického algoritmu a také jeho časové optimalizace. Taktéž by bylo možné zabývat se možnostmi implementace problému pomocí jiných technik z oblasti evolučních algoritmů.



---

## Literatura

- [1] Altiparmak, F.; Gen, M.; Lin, L.; aj.: A steady-state genetic algorithm for multi-product supply chain network design. *Computers and Industrial Engineering*, ročník 56, č. 2, 2009: s. 521–537, ISSN 0360-8352, doi:<https://doi.org/10.1016/j.cie.2007.05.012>, design and Management of Production Systems. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835207000903>
- [2] Gumus, A. T.; Guneri, A. F.; Keles, S.: Supply chain network design using an integrated neuro-fuzzy and MILP approach: A comparative design study. *Expert Systems with Applications*, ročník 36, č. 10, 2009: s. 12570–12577, ISSN 0957-4174, doi:<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.05.034>. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417409004722>
- [3] Križko, I.: SCM: Supply Chain Management. In: Systemonline.cz. [online], 10/2002 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/clanky/scm-supply-chain-management.htm>
- [4] Supply chain design and analysis: Models and methods. *International Journal of Production Economics*, ročník 55, č. 3, 1998: s. 281–294, ISSN 0925-5273, doi:[https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00079-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00079-6). Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527398000796>
- [5] Basl, J.; Blažíček, R.: *Podnikové informační systémy*. 3. aktualizované a doplněné vydání, Grada Publishing Praha, 2012, ISBN 978-80-247-4307-3, 328 s.
- [6] Pernica, P.: *Logistický management: Teorie a podniková praxe*. 1. dotisk vyd. Radix Praha, 2001, ISBN 80-86031-13-6, 661 s.
- [7] Douglas, L. M.; James, S. R.; Lisa, E. M.: *Logistika*. 2. vyd. Praha: Computer Press, 2000, ISBN 80-7226-221-1, 583 s.

- [8] Rada, V.: *CW-057 Logistika (přednáška)*. Brno: VUT – Fakulta stavební, [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/tst/rada.v/logist/w-cw13-lo-pr8.ppt>
- [9] Wailgum, T.; Worthen, B.: Supply Chain Management Definition and Solutions. In: Cio.com. [online], 19. 3. 2007 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.cio.com/article/2439493/supply-chain-management/supply-chain-management-definition-and-solutions.html>
- [10] Po, V.: Understanding the 3 Levels of Supply Chain Management. In: Procurementbulletin.com. [online], 12. 12. 2012 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.procurementbulletin.com/understanding-the-3-levels-of-supply-chain-management/>
- [11] Schrijver, A.: *Theory of linear and integer programming*. John Wiley & Sons, 1998, ISBN 978-0471982326.
- [12] Bertsekas, D.: *Dynamic Programming and Optimal Control*. Vol. I, 4th Edition, Massachusetts Institute of Technology, 2012, ISBN 978-1886529434.
- [13] Yan, H.; Yu, Z.; Cheng, T. E.: A strategic model for supply chain design with logical constraints: formulation and solution. *Computers and Operations Research*, ročník 30, č. 14, 2003: s. 2135–2155, ISSN 0305-0548, doi:[https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(02\)00127-2](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(02)00127-2). Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305054802001272>
- [14] Cakravastia, A.; Toha, I. S.; Nakamura, N.: A two-stage model for the design of supply chain networks. *International Journal of Production Economics*, ročník 80, č. 3, 2002: s. 231–248, ISSN 0925-5273, doi:[https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(02\)00260-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(02)00260-8). Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527302002608>
- [15] Eskandarpour, M.; Dejax, P.; Péton, O.: A large neighborhood search heuristic for supply chain network design. *Computers and Operations Research*, ročník 80, 2017: s. 23–37, ISSN 0305-0548, doi:<https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.11.012>. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305054816302751>
- [16] Melo, T.; Nickel, S.; da Gama, F. S.: Network design decisions in supply chain planning. *Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics (ITWM), Kaiserslautern, Germany*, 2008, ISSN 1434-9973. Dostupné z: [https://www.itwm.fraunhofer.de/fileadmin/ITWM-Media/Zentral/Pdf/Berichte\\_ITWM/2008/bericht140.pdf](https://www.itwm.fraunhofer.de/fileadmin/ITWM-Media/Zentral/Pdf/Berichte_ITWM/2008/bericht140.pdf)
- [17] Badri, H.; Bashiri, M.; Hejazi, T. H.: Integrated strategic and tactical planning in a supply chain network design with a heuristic

- solution method. *Computers and Operations Research*, ročník 40, č. 4, 2013: s. 1143–1154, ISSN 0305-0548, doi:<https://doi.org/10.1016/j.cor.2012.11.005>. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305054812002493>
- [18] Thanh, P. N.; Bostel, N.; Péton, O.: A dynamic model for facility location in the design of complex supply chains. *International Journal of Production Economics*, ročník 113, č. 2, 2008: s. 678–693, ISSN 0925-5273, doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.10.017>, special Section on Advanced Modeling and Innovative Design of Supply Chain. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527308000406>
- [19] Hammami, R.; Frein, Y.; Hadj-Alouane, A. B.: A strategic-tactical model for the supply chain design in the delocalization context: Mathematical formulation and a case study. *International Journal of Production Economics*, ročník 122, č. 1, 2009: s. 351–365, ISSN 0925-5273, doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.06.030>. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527309001996>
- [20] Geng, Y.; Klabjan, D.: Approximate Dynamic Programming Based Approaches for Green Supply Chain Design. *Department of Industrial Engineering and Management Sciences, Northwestern University, Chicago USA*, 2014. Dostupné z: [http://dynresmanagement.com/uploads/3/3/2/9/3329212/greenland\\_logisitcs.pdf](http://dynresmanagement.com/uploads/3/3/2/9/3329212/greenland_logisitcs.pdf)
- [21] ManagementMania: ERP Software. In: Managementmania.com. [online], 10. 8. 2016 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/erp-system>
- [22] SAP: A 45-year history of success. In: Sap.com. [online], 3. 2. 2016 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <https://www.sap.com/corporate/en/company/history.html>
- [23] SAP: Company Information. In: Sap.com. [online], [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <https://www.sap.com/corporate/en/company.html>
- [24] ABAP-TEACHER: SAP R/3 Architecture. In: Abapteacher.blogspot.cz. [online], [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://abapteacher.blogspot.cz/2011/12/sap-r3-architecture.html>
- [25] Guru99: Sap R/3 Architecture Tutorial. In: Guru99.com. [online], [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.guru99.com/learning-sap-architecture.html>
- [26] Missbach, M.; Anderson, G.: *Sams Teach Yourself SAP in 24 Hours, 5th Edition*. Sams Publishing, 2016, ISBN 978-0-672-33740-6, 464 s.

- [27] Vitvera, P.: *Optimalizační algoritmus pro dávkování a rozvrhování*. Diplomová práce, České vysoké učení technické v Praze. Fakulta elektrotechnická. Katedra řídicí techniky, 2016. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/64778/F3-DP-2016-Vitvera-Pavel-Optimalizacni\\_algoritmus\\_pro\\_davkovani\\_a\\_rozvrhovani.pdf](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/64778/F3-DP-2016-Vitvera-Pavel-Optimalizacni_algoritmus_pro_davkovani_a_rozvrhovani.pdf)
- [28] Toth, B.: ABAP SQL Examples – Select Query. In: Sapbrainsonline.com. [online], 16. 11. 2011 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://sapbrainsonline.com/abap-tutorial/codes/abap-sql-examples-select-query.html>
- [29] Luner, P.: Jemný úvod do genetických algoritmů. In: Cgg.mff.cuni.cz. [online], [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://cgg.mff.cuni.cz/~pepca/prg022/luner.html>
- [30] SapOnlineTutorials: About SAP Modules | SAP Modules List Overview. In: SapOnlineTutorials.com. [online], 10. 4. 2016 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <https://www.saponlinetutorials.com/about-sap-modules-sap-modules-list-overview/>
- [31] ITICA: SAP R/3 informační systém. In: Itica.cz. [online], 2015 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.ítica.cz/sap-r3-informacni-system/>
- [32] SAP-ERP: SAP Module Overview. In: Sap-erp.com. [online], [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.sap-erp.com/general/sap-module-overview.html>



---

## Moduly systému SAP R/3

1. Modul PP – Production Planning:
  - modul pro plánování procesů výroby,
  - plánování potřeby materiálů,
  - zpracovávání objednávek.
2. Modul MM – Materials Management:
  - modul zabývající se tokem materiálů,
  - nákup, zaskladnění materiálu a jeho pohyb ve výrobě,
  - dodavatelé materiálů a jejich rating.
3. Modul QM – Quality Management:
  - modul pro řízení kvality a výstupní kontroly,
  - úzce spjat s MM modulem.
4. Modul PM – Plant Maintenance:
  - modul pro plánování a řízení údržby,
  - sledování nákladů na opravy,
  - řízení stavu náhradních dílů.
5. Modul PS – Project System:
  - modul pro plánování a řízení projektů.
6. Modul HR – Human Resources:
  - modul pro řízení lidských zdrojů,
  - vedení mezd, odměn, školení atd.,
  - evidence služebních cest.

## A. MODULY SYSTÉMU SAP R/3

---

### 7. Modul SD – Sales and Distribution:

- modul zabývající se podporou prodeje,
- dodání produktů zákazníkům.

### 8. Modul WF – Workflow:

- modul pro řízení úkolů v procesu,
- notifikace účastníků procesu a uživatelů systému,
- řízení oběhu dokumentů.

### 9. Modul AM – Assets Management:

- modul pro evidenci majetku.

### 10. Modul CO – Controlling:

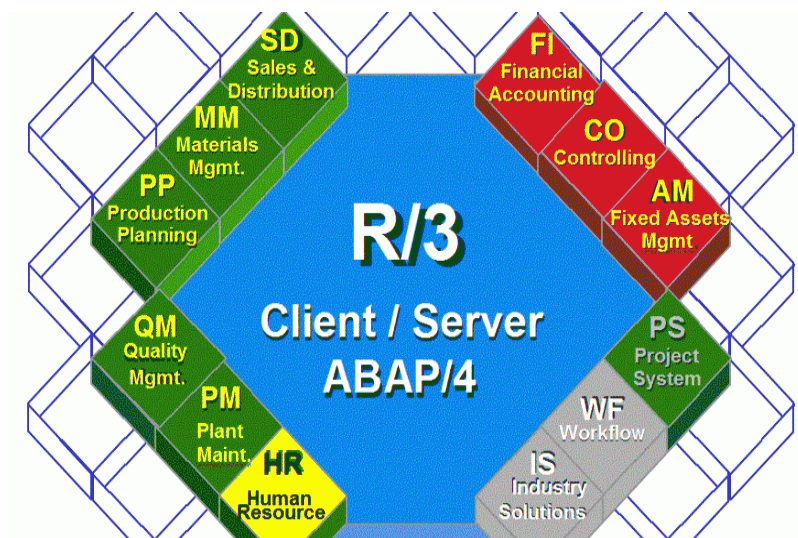
- modul pro správu organizačních rozhodnutí,
- poskytování managementu všech potřebných informací pro účely plánování, reportování a rozhodování.

### 11. Modul FI – Financial Accounting:

- modul pro řízení finančních a účetních záležitostí firmy,
- jeden ze stěžejních modulů, integrován s mnoha moduly.

### 12. Modul IS – Industry Solutions:

- nabízí řešení „šitá na míru“ pro různá industriální odvětví.[30][31][32]



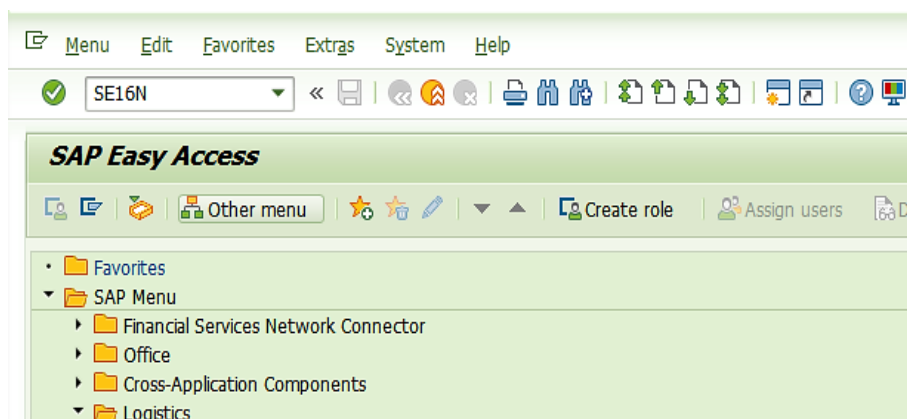
Obrázek A.1: Moduly SAP R/3<sup>5</sup>

<sup>5</sup>Zdroj obrázku číslo A.1: <http://1.bp.blogspot.com/-7unVd50-49k/TvITQVRiyfI/AAAAAAAAAag/bbpDuAvDrUc/s640/SAP+Architecture.png>

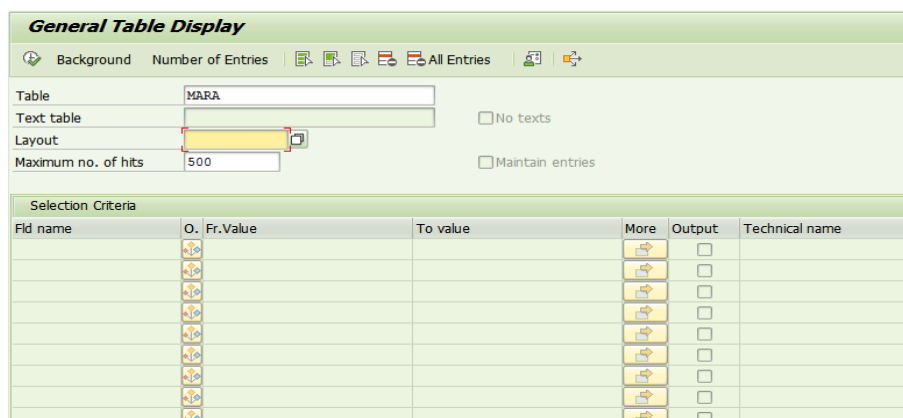
# Postupy v SAP

## B.1 Zobrazení dat nějaké tabulky

1. V úvodním dialogu GUI klienta zadáme transakci SE16N (General Table Display), která slouží pro zobrazování tabulek v systému a potvrdíme.

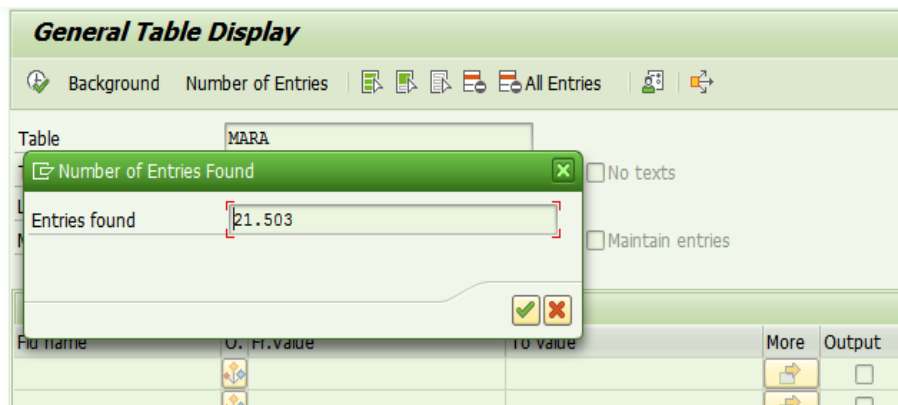


2. Zobrazí se následující okno.

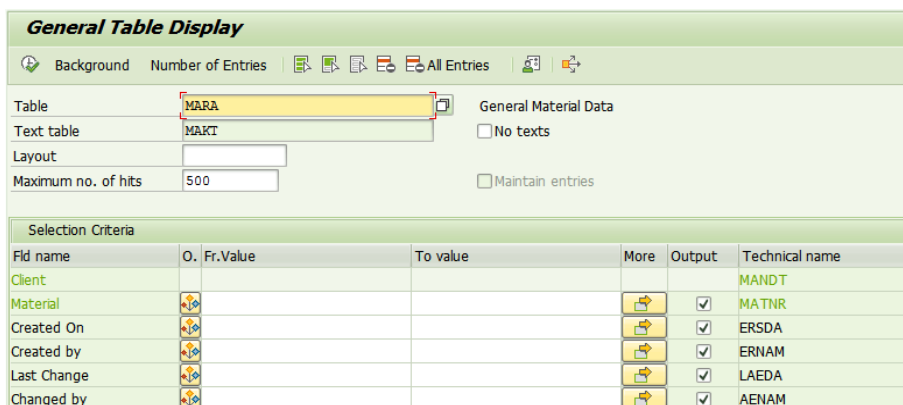


## B. POSTUPY V SAP

- Do políčka s názvem Table vyplníme název tabulky (zde např. MARA), kterou chceme zobrazit a stiskneme tlačítko Number of Entries (lze použít také zkratku F7) a zobrazí se počet všech záznamů v tabulce – viz níže.



- Je vidět, že tabulka MARA má celkem 21 503 položek. Klikneme na tlačítko potvrzení, a to mimo jiné způsobí, že se v dolní části obrazovky načtou povolená výběrová kritéria (filtry) pro danou tabulku.

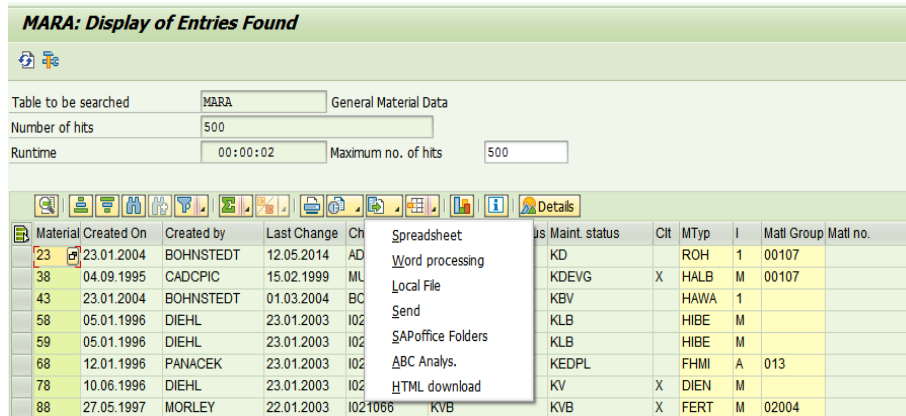


- Nyní, pokud nechceme použít žádná výběrová kritéria, stiskneme už jen tlačítko hodin se zelenou fajfkou (nebo zkratku F8) a zobrazí se data tabulky MARA (General Material Data).

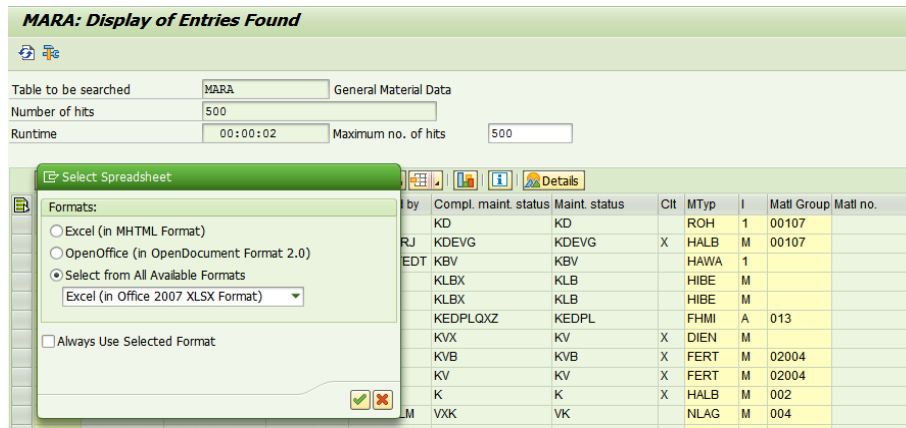
Material	Created On	Created by	Last Change	Changed by	Compl. maint. status	Maint. status	CIt	MTyp	I	Matl Group	Matl no.	BUn
23	23.01.2004	BOHNSTEDT	12.05.2014	ADOBE	KD	KD		ROH	1	00107		EA
38	04.09.1995	CADCPIC	15.02.1999	MUELLERJ	KDEVG	KDEVG	X	HALB	M	00107		ST
43	23.01.2004	BOHNSTEDT	01.03.2004	BOHNSTEDT	KBV	KBV		HAWA	1			HR
58	05.01.1996	DIEHL	23.01.2003	I021066	KLBX	KLB		HIBE	M			ST
59	05.01.1996	DIEHL	23.01.2003	I021066	KLBX	KLB		HIBE	M			ST
68	12.01.1996	PANACEK	23.01.2003	I021066	KEDPLQXZ	KEDPL		FHMI	A	013		ST
78	10.06.1996	DIEHL	23.01.2003	I021066	KVX	KV	X	DIEN	M			ST
88	27.05.1997	MORLEY	22.01.2003	I021066	KVB	KVB	X	FERT	M	02004		ST
89	27.05.1997	MORLEY	22.01.2003	I021066	KV	KV	X	FERT	M	02004		ST
98	11.06.1997	ASCHE	11.06.1997	ASCHE	K	K	X	HALB	M	002		ST
170	07.08.1998	DEVENTER	19.06.2003	LINDHOLM	VXK	VK		NLAG	M	004		ST

## B.2 Exportování dat tabulky

1. Zobrazíme si tabulku, jejíž data budeme chtít exportovat, a to dle uvedeného návodu v B.1. Poté klikneme na tlačítko Export a zobrazí se následující nabídka.



2. Nyní můžeme zvolit typ exportu. Například při volbě typu Spreadsheet dostaneme následující okno.



3. Nyní akci potvrdíme a vyčkáme, než SAP vygeneruje výstupní soubor.

### B.3 Zobrazení firem

1. Přes transakci SE16N zobrazíme tabulku s názvem T001.

**T001: Display of Entries Found**

Table to be searched: T001 Company Codes  
 Number of hits: 158  
 Runtime: 00:00:01 Maximum no. of hits: 500

CoCd	Company Name	City	Ctr	Crcy	Language	ChAc	Max.ex.dev	FV	C	Co.	Address	VAT	Reg. No.
0001	SAP A.G.	Walldorf	DE	EUR	DE	INT	10	K4	1		676399		
0005	BestRun Germany new GL	Frankfurt	DE	EUR	DE	INT	90	K4	2	5	51230	DE	123456789
0006	BestRun US INC New GL	New York	US	USD	EN	CAUS	90	K4	2	6	51231		
0007	BestRun NEW GL	Frankfurt	DE	EUR	DE	INT	10	K4	2	7	51232	DE	123456789
0008	BestRun US INC New GL 8	New York	US	USD	EN	CAUS	10	K4	2		51233		
1000	BestRun Germany	Frankfurt	DE	EUR	DE	INT	10	K4	2	1000	121	DE	123456789
1002	BestRun Singapore	Singapore	SG	SGD	EN					1002			
1005	Subsidiary Germany	Frankfurt	DE	EUR	DE	INT	10	K4	2	1000	726530	DE	123456789
2000	BestRun UK	London	GB	GBP	EN	INT	10	K4	2	2000	122	GB	123456789
2100	BestRun Portugal	Lisbon	PT	EUR	PT	INT	10	K4	2	2100	253	PT	123456789
2200	BestRun France	Paris	FR	EUR	FR	CAFR	10	K4	2	2200	257	FR	93341612695
2201	BestRun France affiliate	Paris	FR	EUR	FR	CAFR	10	K4	2	2201	51031	FR	93341612695
2222	Ma sté	Paris	FR	EUR	FR	CAFR	10	K4	2	2222	721397	FR	93341612696
2223	Ma sté bis	Paris	FR	EUR	FR	CAFR	10	K4	2	2223	721398	FR	93341612697
2224	Ma sté américaine	New York	US	USD	EN	CAFR	10	K4	2	2224	721399		

2. Zobrazí se detailní přehled firem uložených v systému SAP R/3.

### B.4 Zjištění výrobních závodů dané firmy

1. Pro zjištění jednotlivých výrobních závodů nějaké firmy zobrazíme tabulku T001K přes transakci SE16N. Před zobrazením tabulky ještě zadáme do filtru Company Code firmy (BURKS). Zobrazí se následující tabulka.

**T001K: Display of Entries Found**

Table to be searched: T001K Valuation area  
 Number of hits: 27  
 Runtime: 0 Maximum no. of hits:

Val. Area	CoCd	VGCd	Neg.stocks	ML act.	ML comp.	SPVa	Expl.facil	RevP
0099	1000	0001						
0310	1000							
1000	1000	0001		X	X			
1100	1000	0001						
1200	1000	0001						
1300	1000	0001						
1400	1000	0001						

2. Vidíme, že firma BestRun Germany (BURKS = 1000) se například skládá z výrobních závodů: 1 100, 1 200, 1 300, 1 400.

## B.5 Získání podrobností výrobním závodě

1. V předchozím bodě bylo ukázáno, jak zjistit jednotlivé výrobní závody dané firmy. Pokud bychom o nich chtěli získat podrobnější informace (ne jen jejich číslo v systému), tak zobrazíme tabulku T001W přes transakci SE16N. Před zobrazením do filtru položky PLANT (WEKRS) zadáme číslo výrobního závodu. Zobrazí se následující tabulka.

**T001W: Display of Entries Found**

Table to be searched: T001W Plants/Branches  
 Number of hits: 1  
 Runtime: 0 Maximum no. of hits: 500

Plant	Name 1	ValA	CustNoPlnt	VendNoPlnt	Cal	Name 2	House number/street	PO Box	Post.Code	City
1200	Dresden	1200	1187	10000	01		Pillnitzer Strasse 241		01069	Dresden

2. Vidíme, že například závod číslo 1200 sídlí v Dresenu na Pillnitzer Strasse 241.

## B.6 Zjištění materiálů potřebných pro výrobu produktu

1. Pro zjištění jednotlivých surovin/materiálů potřebných pro výrobu určitého produktu zobrazíme tabulku MAST přes transakci SE16N. Do filtrů vyplníme číslo materiálu MATNR a STLAN nastavíme na hodnotu 1 (což znamená, že se mají zobrazit jen listy materiálu určených pro produkci).

**MAST: Display of Entries Found**

Table to be searched: MAST Material to BOM Link  
 Number of hits: 4  
 Runtime: 0 Maximum no. of hits: 500

Material	Plant	Usage	BOM	AltBOM	Frm Lot Sz	To	Created on	Created by
P-101		1	00000014	2	0,000	0,000	31.08.1999	FISCHER
P-101	1000	1	00000014	2	0,000	0,000	08.11.1994	BALLER
P-101	2300	1	00000014	2	0,000	0,000	31.08.1999	FISCHER
P-101	3000	1	00000014	2	0,000	0,000	09.11.1994	MATSUMOTO

2. Zobrazí se výše uvedená tabulka, kde je důležité číslo ve sloupci BOM, které říká číslo seznamu materiálů, jež je potřeba pro výrobu zadaného produktu. Zároveň lze z této tabulky vyčíst, jaké produkty se na jakých závodech vyrábí. Zde je vidět, že produkt P-101 je vyráběn na závodech 1000, 2300 a 3000.
3. Číslo BOM si poznamenejme a nyní zjistíme, z jakých konkrétních materiálů se BOM skládá. To je možné zjistit tak, že si zobrazíme tabulku STPO přes transakci SE16N, kde se před zobrazením specifikuje v STLNR již zmíněné BOM číslo (zde 00000014).

## B. POSTUPY V SAP

**STPO: Display of Entries Found**

Table to be searched: STPO BOM item  
 Number of hits: 44  
 Runtime: 0 Maximum no. of hits: 500

BOMcat	BOM	Node	Counter	Valid From	T	C	DeID	Pre node	Counter	Created on	Created by	Changed on	Changed by	Component
D	00000014	1	2	28.07.1995						28.07.1995	GERSBACHER			
E	00000014	1	2	21.06.2002						21.06.2002	RICHTERJU			DPC9021
E	00000014	2	4	21.06.2002						21.06.2002	RICHTERJU			C-1112
E	00000014	3	6	21.06.2002						21.06.2002	RICHTERJU			R-1120
E	00000014	4	8	21.06.2002						21.06.2002	RICHTERJU			R-1131
E	00000014	5	10	21.06.2002						21.06.2002	RICHTERJU			R-1160
M	00000014	1	2	08.11.1994						08.11.1994	BALLER	17.11.1994	BALLER	100-100
M	00000014	2	4	08.11.1994						08.11.1994	BALLER	22.12.1995	BALLER	100-200
M	00000014	3	6	08.11.1994						08.11.1994	BALLER	08.02.2002	KUNITZ	100-300
M	00000014	4	8	08.11.1994						08.11.1994	BALLER	28.10.1999	KUNITZ	100-400

- Nyní je vidět kompletní seznam všech materiálů (včetně množství) pro BOM 00000014, který se používá na výrobu produktu P-101.

## B.7 Zjištění stavu skladu

- Pro zjištění aktuálního stavu skladu zobrazíme tabulku MBEW přes transakci SE16N. Před zobrazením se mohou použít různé filtry, například nastavit číslo výrobního závodu (BWKEY), jehož aktuální stav skladu se má zobrazit. Nebo lze zadat číslo materiálu (MATNR), pokud chceme zjistit, zda je daný materiál například skladem.

**MBEW: Display of Entries Found**

Table to be searched: MBEW Material Valuation  
 Number of hits: 6  
 Runtime: 0 Maximum no. of hits: 500

Material	ValA	Val. Type	VTy	Total Stock	Total Value	Pr.	MvAvgPrice	Std price	/	ValCI	Value	Total Stock
P-101	1000			1.106,000	699.589,24	S	478,88	632,54	1	7920	529.644,81	75,000
P-101	2300			0,000	0,00	S	536,82	609,46	1	7920	0,00	0,000
P-101	2400			0,000	0,00	V	805,00	0,00	1	7920	0,00	0,000
P-101	2500			0,000	0,00	V	753,20	0,00	1	7920	0,00	0,000
P-101	3000			445,000	501.270,25	S	3.224,10	1.126,45	1	7920	1.434.726,00	0,000
P-101	3800			0,000	0,00	S	670,55	667,56	1	7920	0,00	0,000

- Zde je vidět, že materiál P-101 je na skladě ve výrobních závodech 1 000 a 3 000. Lze pozorovat také aktuální dostupné množství na skladu (LBKUM) a množství dostupné v předchozí periodě (VMKUM). Pro závod 1 000 je LBKUM = 1 106 a VMKUM = 75 kusů.



## B.8 Zjištění podskladů daného skladu

1. Jednotlivé výrobní závody mohou mít více menších skladů (tzv. storage location), kde může být materiál uskladněn. Pokud chceme zjistit, jaké storage locations má daný závod, je možné to provést zobrazením tabulky T001L přes transakci SE16N. Vyplníme plant number (WERKS) a zobrazíme tabulku.

**T001L: Display of Entries Found**

Table to be searched: T001L Storage Locations  
 Number of hits: 154  
 Runtime: 0 Maximum no. of hits: 500

Plant	Stor. Loc.	Stor. Loc. Descr.	Dv	Neg.stocks	FrzBookInv	M	Auth.	St. res.
1000	0001	Materiallager						
1000	0002	Fertigwarenlager						
1000	0003	WE-Lager Fertigu						
1000	0004	FHM-Lager						
1000	0005	Gefahrstoffe						

## B.9 Zjištění stavu na storage locations

1. Pokud chceme zjistit aktuální stav materiálu na jednotlivých storage locations, pak k tomu lze využít zobrazení tabulky MARD přes transakci SE16N.

**MARD: Display of Entries Found**

Table to be searched: MARD Storage Locations  
 Number of hits: 8  
 Runtime: 0 Maximum no. of hits: 500

Material	Plant	SLoc	Status	SL	Year	Pe	PIB	Unrestr.
P-101	1000	0001	DLZ		2015	3		1.060,000
P-101	1000	0002	DL		2000	8		46,000
P-101	2300	0001	D		2000	8		0,000
P-101	2300	0002	D		2000	12		0,000
P-101	2400	0001	DL		1999	10		0,000
P-101	2500	0001	DL		1999	10		0,000
P-101	3000	0001	DL		2012	11		445,000

2. Je vidět, že materiál P-101 se nachází např. ve výrobním závodě 1000 ve storage location 1 (1 060 kusů) a ve storage location 2 (46 kusů).

## B.10 Získání dodavatelů výrobního závodu

- Pro zjištění všech dodavatelů materiálů pro výrobní závod zobrazíme tabulku EORD přes transakci SE16N. Do WERKS vyplníme číslo výrobního závodu, pro který chceme data zobrazit. Dostaneme následující tabulku.

**EORD: Display of Entries Found**

Table to be searched: EORD Purchasing Source List  
 Number of hits: 18  
 Runtime: 0 Maximum no. of hits: 500

Material	Plant	No.	Created on	Created by	Valid from	Valid to	Vendor
100-130	1000	1	11.04.1996	BEDNARZIK	01.01.1996	31.12.9999	1002
100-430	1000	1	21.08.2000	GRAUENHORST	01.01.1999	31.12.2099	1000
100-432	1000	1	11.04.1996	BEDNARZIK	01.01.1996	31.12.9999	1001
100-433	1000	1	11.04.1996	BEDNARZIK	01.01.1996	31.12.9999	1000
100-510	1000	1	11.04.1996	BEDNARZIK	01.01.1996	31.12.9999	1000
101-100	1000	1	04.02.1999	FISCHER	01.01.1999	31.12.9999	1000
1300-800	1000	1	25.07.1996	BARTHEL	01.07.1996	13.12.9999	1050
1300-800	1000	2	25.07.1996	BARTHEL	01.01.1996	31.12.9999	1000

- Vidíme například, že pro výrobní závod 1 000 dodává materiál číslo 100-130 dodavatel 1002.

## B.11 Zjištění podrobnějších informací o dodavatelích

- Pro zjištění podrobnějších informací o jednotlivých dodavatelích zobrazíme tabulku LFA1 přes transakci SE16N.

**LFA1: Display of Entries Found**

Table to be searched: LFA1 Vendor Master (General Section)  
 Number of hits: 500  
 Runtime: 0 Maximum no. of hits: 500

Vendor	City	Name 1	Name 2	Name 3	Name 4	City	District	PO Box	PO Box pcd	Post.Cod
1	DE	Forks Manufacturing GmbH				Hamburg		98999		27563
2	US	Electronic Components Distributor				FOSTER CITY	SAN MATEO			94404
5	DE	Safety Clean Inc.				New York				73693
8	MX	Jose Fernandez				Mexico City				11111
10	FR	Dupont de la Rivière				Paris				75000
15	DE	Tiedemeier Entsorgung GmbH				Berlin				11576
25	DK	Metropol				Copenhagen				1000
50	DE	Central Logistics Inc.				New York				73701
75	DE	Meier Logistics GmbH				Berlin				11588
100	DE	C.E.B. BERLIN				Berlin				12001

## B.12 Získání seznamu zákazníků

1. Pro získání seznamu zákazníků v systému zadáme transakci VCUST.

Customer List										
Customer	SOrg	DChl	Dv	SOf	SGrp	Name 1	City	SearchTerm	Name 1	Street
255	3020	30	00			EMMA BULL	DENVER	B2C BULL	Emma Bull	145 West 51 th street (TEST)
256	3020	30	00			KENNY A CHADBURN	BOULDER	B2C CHADBU	Kenny A Chadburn	661 28 Street
257	3020	30	00			JOHN EVANS	NEDERLAND	B2C EVANS	John Evans	80 Lakeview Drive
258	3020	30	00			ROGER ZAHN	ALBUQUERQUE	B2C ZAHN	Roger Zahn	12990 Central Northeast
259	3020	30	00			LAUREL K. HARDIN	GREELEY	B2C HARDIN	Laurel K. Hardin	610 8th Street
260	3020	30	00			CHELSEA QUINN YATES	ALBUQUERQUE	B2C YATES	Chelsa Quinn Yates	4650 Pan American Freeway NE
261	3020	30	00			ANDREW WILLIAMS	ALBUQUERQUE	B2C WILLIA	Andrew Williams	1030 Rio Grande Boulevard
262	3020	30	00			ROBERT JENSEN	CANON CITY	B2C JENSEN	Robert Jensen	1934 Fremont Drive
263	3020	30	00			MARK W. TELEP	ALBUQUERQUE	B2C TELEP	Mark W. Telep	30 Winrock Center
264	3020	30	00			NANCY HAGAN	SALIDA	B2C HAGAN	Nancy Hagan	380 West Rainbow
265	3020	30	00			KEVIN STRAUSS	RUIDOSO	B2C STRAUS	Kevin Strauss	1600 Mechem Drive
266	3020	30	00			CHARLES SCOTT	TORREY	B2C SCOTT	Charles Scott	2650 East Highway 24
267	3020	30	00			PATRICIA KRESS	TONOPAH	B2C KRESS	Patricia Kress	340 Main Street
268	3020	30	00			PAT DAVIS	SALT LAKE CITY	B2C DAVIS	Pat Davis	150 West South Temple
269	3020	30	00			MERCEDES LEE	HAWTHORNE	B2C LEE	Mercedes Lee	1520 Fifth Street



---

## Seznam použitých zkratk

<b>SC</b>	Supply Chain
<b>SCM</b>	Supply Chain Management
<b>SCND</b>	Supply Chain Network Design
<b>BOM</b>	Bills of Materials
<b>MILP</b>	Mixed Integer Linear Programming
<b>ssGA</b>	steady-state Genetic Algorithm
<b>LNS</b>	Large Neighborhood Search
<b>ADP</b>	Approximate Dynamic Programming
<b>ERP</b>	Enterprise Resource Planning
<b>SAP</b>	Systems, Applications and Products in Data Processing
<b>GUI</b>	Graphical User Interface
<b>ABAP</b>	Advanced Business Application Programming
<b>IDoc</b>	Intermediate Document
<b>SW</b>	Software



## Obsah přiloženého CD

src	
├ SCND .....	zdrojové kódy implementace SCND
├ thesis .....	zdrojová forma práce ve formátu L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X
text .....	text práce
├ DP_Svoboda_Roman_2017.pdf .....	text práce ve formátu PDF