

OPTIMALIZACE ROZVOZU MLÉKÁRENSKÝCH VÝROBKŮ

Martin Gec, Michal Turek

Abstrakt: Příspěvek se zabývá problematikou rozvozu produktů potravinářské firmy do sítě svých prodejen v České republice. Záměrem příspěvku je představit návrh optimalizovaného rozvozu pro připravovanou rozšířenou síť podnikových prodejen s využitím Microsoft Excel.

Abstract: The paper deals with the distribution of food company products to the network of its stores in the Czech Republic. The aim of the paper is to present a proposal of optimized distribution for the upcoming extended network of company shops using Microsoft Excel.

Klíčová slova: optimalizace, rozvoz, mlékárenské výrobky

Key words: optimization, distribution, dairy products

ÚVOD

V dnešní době jsou na společnosti kladeny stále se zvyšující nároky, a tak je cílem každé z nich zmodernizovat a co nejvíce zvýšit efektivitu všech svých činností spojených s distribučním systémem. Zajištění optimálního distribučního toku je klíčovým, proto se společnost musí zaměřit na jednotlivé činnosti a získat o nich dostatek kvalitních vstupních informací, aby bylo možné aplikovat co nejvhodnější metody. Mezi nejčastější distribuční problémy se řadí umísťování distribučních skladů a vytváření distribučních okruhů. Ke zvyšování zisku je cílem tohoto systému zajistit rychlou, efektivní a hlavně spolehlivou přepravu produktů.

Rozvoz potravinářských výrobků je specifická problematika, kdy přestože na trhu existuje množství programů vytvořených pro tento účel, není jejich cena nízká a malým společnostem se nevyplatí takovýto program pořizovat. Záměrem příspěvku je ukázat, že postup optimalizace je možný i s využitím MS Excel.

1. VÝCHODISKA ROZVOZU POTRAVIN

1.1 Distribuční logistika

Distribuční logistika zahrnuje všechny činnosti související s poskytováním hotových výrobků zákazníkovi. Tyto výrobky mohou být dodávány buď přímo z výrobního procesu nebo z expedičního skladu na místo dalšího zpracování anebo případně přes další regionální distribuční sklady. Z ekonomického hlediska odbytová logistika usiluje o vytvoření rovnováhy mezi nabídkou a poptávkou a současně vytváření hodnoty, kvůli maximalizaci zisku. Mezi hlavní funkce distribuční logistiky patří vybavení objednávky, skladování a přeprava hotových výrobků.

Efektivní funkci dodavatelského systému ovlivňuje velkým způsobem jeho geografická struktura, která je daná počtem a rozmístěním jeho jednotlivých prvků. Jednotlivé složky distribučních nákladů jsou přepravní náklady, které jsou samozřejmě závislé na přepravní vzdálenosti, přepravovaném množství z místa i do místa j , specifické hmotnosti nákladu, použitém druhu dopravy, který charakterizujeme nejčastěji výší přepravní sazby, a náklady na udržování zásob, které představují další významný faktor při hledání vhodné struktury distribučního systému.

Při výběru umístění distribučních skladů je nutné zaměřit se na určitá kritéria, která ovlivňují výběr a umístění stejně tak jako definují tvar a velikost distribučního prostoru. Mezi jednotlivá kritéria můžeme zařadit cenu, čas potřebný na nakládku a vykládku zboží, kapacitu skladu, flexibilitu zásobování, přístup k distribučním místům apod. Optimální umístění je takové, které pokryje potřebu zásob s maximálním pokrytím. V distribučním skladu, který je součástí distribuční sítě, je zboží uchováno a následně řádnou distribucí přesunuto do místa spotřeby. Distribuční síť, která je dána počtem distribučních míst a jejich rozmístěním, propojuje pomocí dopravních prostředků prvky distribučního prostoru tak, aby byly uspokojeny požadavky zákazníků.

1.2 Plánování rozvozu - typy úloh

Vytvoření plánu rozvozu pro větší počet odběratelů je náročné a pro řešení takového problému pomocí výpočetní techniky je nutné jej převést do matematického modelu. Zde jsou základní typy úloh, kterých se tato problematika dotýká: distribuční úloha, lokalizační úloha, úloha o pokrytí a přiřazovací problém.

Distribuční úloha

V této úloze je řešen problém, kdy je jeden zdroj, několik meziskladů a koncoví zákazníci. Zboží směřuje od zdroje do meziskladů a odtamtud ke koncovým zákazníkům. Mezi zdrojem, mezisklady a koncovými odběrateli jsou dané vzdálenosti a každá trasa má své přepravní náklady. Cílem je určit jaký objem zboží a odkud se poveze k jednotlivým odběratelům při udržení minimálních celkových nákladů na rozvoz.

Lokalizační úloha

Daný počet odběratelů odebírá určité množství zboží. Každý z těchto odběratelů je zásobován z jednoho centrálního skladu. Cílem je nalézt takové umístění tohoto centrálního skladu, aby celkové náklady byly minimální.

Úloha o pokrytí

Předpokládejme, že v dopravní síti je m vrcholů, ve kterých se uvažuje o provozování obslužných středisek a n vrcholů, které mají být obsluhovány. Pro každou dvojici vrcholů uvažovaných k provozování střediska a určených k obsluze je dána jejich vzdálenost. D_{max} je maximální vzdálenost mezi vrcholy uvažovanými k provozování středisek a obsluhovanými vrcholy. Úkolem je určit, ve kterých vrcholech mají být provozována střediska tak, aby každý vrchol byl pokryt minimálně z jednoho střediska a celkový počet provozovaných středisek byl minimální.

1.3 Specifika přepravy potravin

Přeprava potravin je specifickým segmentem nákladní přepravy. Při přepravě potravin je velmi důležité respektovat jejich vlastnosti. Je potřeba zajistit takové podmínky, aby během přepravy a manipulace nepodléhaly zkáze, zachovaly si požadovanou kvalitu a zdravotní nezávadnost. Základními požadavky na přepravu potravin, potravinářských surovin, zvířat a dalších vybraných biologických materiálů a produktů se zabývá zejména zákon o potravinách a tabákových výrobcích, veterinární zákon a částečně i zákon o rostlinolékařské péči. Konkrétní podmínky jsou definovány v příslušných prováděcích vyhláškách, např. Vyhláška ministerstva zemědělství č. 147/1998 Sb., o způsobu stanovení kritických bodů (Hazard analysis and critical control points - HACCP).

Pokud dopravce přepravuje potraviny mimo území ČR, musí mít také zajištěnou dohodu o mezinárodních přepravách zkazitelných potravin a o specializovaných prostředcích určených pro tyto přepravy neboli dohodu ATP. Dohoda ATP udává povinnosti dopravce při přepravě zkazitelných potravin a definuje specializované prostředky pro přepravu tohoto zboží (např. izotermické, chlazené, chladicí, mrazicí a vyhřívací prostředky).

1.4 Požadavky na teplotní režimy

Mlékárenské výrobky se přepravují ve dvou teplotních režimech. Jedná se o režim chlazený a mražený. V režimu chlazeném je teplota převážně od 1°C do 3°C. Je však závislá na konkrétních potravinách, které jsou převáženy. Příkladem je máslo, které je přepravováno při teplotě od 0°C do 1°C nebo se převáží zamražené. Syrovátka nebo jogurty se převážejí při teplotě od 2°C do 5°C. Zrající sýry jsou přepravovány při vyšší teplotě a to od 10°C do 11°C z technologických důvodů, protože při nižší teplotě by se zastavilo jejich zrání. Vlhkost není určena. Doba přepravy je stanovena na maximálně 2 dny, jelikož sýry při ní leží ve třech vrstvách na sobě a po této době by se začaly poškozovat plísní. Ve skladu leží každý bochník samostatně a denně je převrácen na druhou stranu a očištěn.

Druhým režimem je mražené zboží, které je přepravované při teplotě - 18°C. Vlhkost opět nemá žádnou hranici. Teplota veškerých potravin může klesnout o 4°C, aniž by došlo k jejich znehodnocení, avšak další snížení je již nepřijatelné. Takto se přepravuje např. máslo nebo polotovary jako sýřenina.

2. NÁVRH ROZVOZU MLÉKÁRENSKÝCH VÝROBKŮ

Zvolená mlékárenská společnost se rozhodla, že stávající i plánované prodejny na Moravě budou nadále zásobovány ze stávajícího distribučního skladu v Litovli. A pro stávající i plánované prodejny v Čechách bude lokalizováno nové vhodné umístění distribučního skladu. Po zjištění místa skladu bude pro tyto prodejny navržen rozvozový plán.

2.1 Lokalizace distribučního skladu

Pro rychlé orientační vyhledání lokality nového distribučního skladu vycházíme z teorie o umístění. Hledáme-li umístění jednoho objektu - umístění distribučního skladu, není potřeba pracovat se stavem zásob a jediným kritériem jeho umístění jsou přepravní náklady. Máme tedy j zásobovaných míst - prodejen s požadavky na dodávku výrobků w_j , jejichž lokalita je dána souřadnicemi (x_j, y_j) . Pro rychlé získání orientační informace o jeho umístění použijeme kvadratické vzdálenosti. Součiny požadovaného množství a přepravních sazeb

jsou označeny jako váhy jednotlivých zásobovaných míst w_j . Hodnoty souřadnic x a y vypočítáme podle vzorce (1) a (2):

$$x = \frac{\sum_{j=1}^n w_j * x_j}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (1)$$

$$y = \frac{\sum_{j=1}^n w_j * y_j}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (2)$$

Na základě minulých prodejů a jejich očekávaného vývoje v nejbližších letech jsme odhadli objem přepravy v počtu palet w_j a za použití vlastní souřadnicové sítě můžeme lokalizovat jednotlivá zásobovaná místa pomocí pravoúhlých souřadnic (x_j, y_j) viz Tab. 1. Pomocí vlastní souřadnicové mřížky na mapě jsme našli souřadnice x a y obsluhovaných prodejen. Pro prodejny v Čechách je zamýšleno zřízení/pronájem nového distribučního skladu, ze kterého by se tyto prodejny zásobovaly, proto bude počítána lokalizace zvlášť pro Čechy a pro prodejny na Moravě by se počítalo se zavážením ze stávajícího podnikového skladu v Litovli, u kterého pro ověření spočítáme lokalizaci pro tento sklad také.

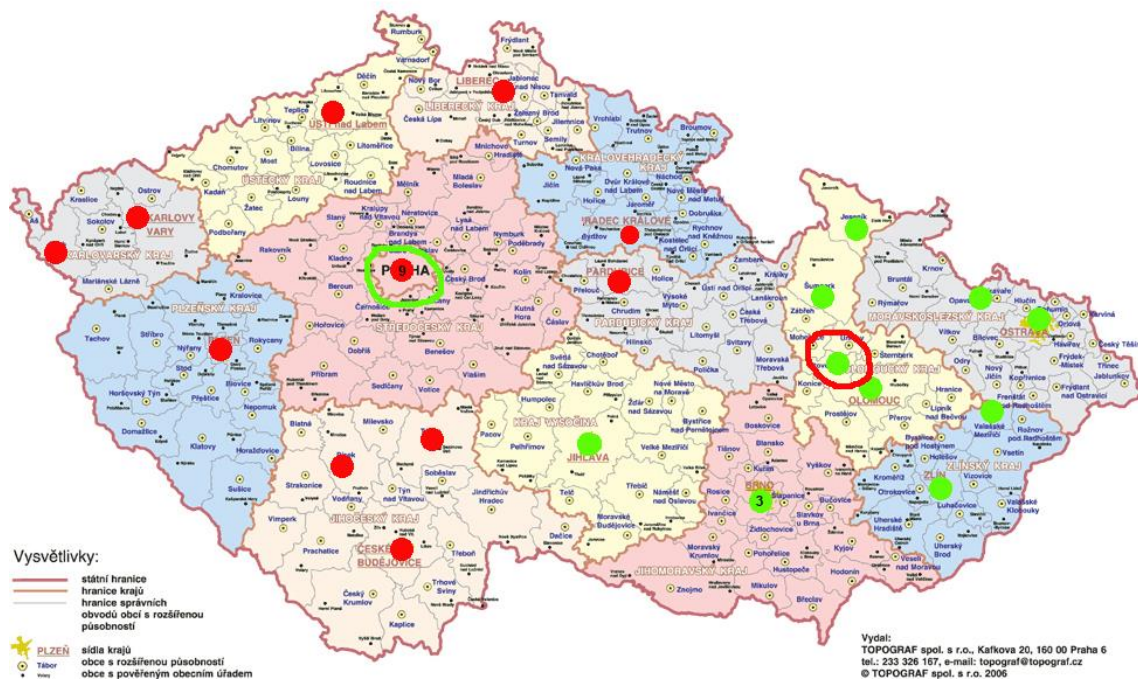
Tab. 1: Souřadnice a odběry prodejen

Město	w_j	x_j	y_j	$x_j * w_j$	$y_j * w_j$
Praha	35	8	4	280	140
Liberec	4	10	1,5	40	6
Plzeň	4	4,5	5,5	18	22
Č.Budějovice	4	8	8,5	32	34
Pardubice	2	12	4,5	24	6
Hrad.Králové	3	12	3,5	24	10,5
Tábor	2	8,5	6,5	17	13
Č.Krumlov	2	7,5	9	15	18
Cheb	2	1	4	2	8
Ústí n/L.	2	6,5	2	13	4
Karlovy Vary	2	3	3,5	6	7
Písek	2	6,5	7,5	13	15
	64	7,6	4,4	484	283,5
Město	w_j	x_j	y_j	$x_j * w_j$	$y_j * w_j$
Olomouc	5	17	6	85	30
Ostrava	5	20	5	100	25
Brno	12	15	7,5	180	90
Val.Meziříčí	2	19,5	6,5	39	13
Šumperk	2	16	4,5	32	9
Zlín	3	18	7,5	54	22,5
Opava	2	19	4,5	38	9
Jeseník	2	16,5	3,5	33	6
Litovel	4	16,5	6	66	24
	37	16,9	6,1	627	228,5

Zdroj: autoři

Umístění prodejen v Čechách, je na mapě (Obr. 1) označeno červenými body, na Moravě zelenými body. Po dosazení do vzorců: $x = \sum_{j=1}^n w_j * x_j / \sum_{j=1}^n w_j$ a $y = \sum_{j=1}^n w_j * y_j / \sum_{j=1}^n w_j$ vyšlo umístění nového skladu v Čechách: $x = 484/64 = 7,6$ a $y = 283,5/64 = 4,4$, což odpovídá Praze (zelený kruh) a na Moravě vyšlo umístění: $x = 627/37 = 16,9$ a $y = 228,5/37 = 6,1$, tedy stejně jako umístění současného podnikového skladu v Litvli (červený kruh).

Obr. 1: Mapa prodejen a skladů



Zdroj: TOPOGRAF spol. s r.o.

2.2 Plánování rozvozu

Plánování rozvozu odpovídá úloze o pokrytí - obsluhovanými vrcholy jsou prodejny, analogií obslužných středisek jsou jednotlivá vozidla. Cílem je minimalizovat celkové náklady případně počet potřebných vozidel. Měněný parametr určuje, které vozidlo dopravuje zboží ke kterému odběrateli. Omezujícími podmínkami jsou časy závozu a kapacita vozidel. Dále však musíme zohlednit, že čas (celková vzdálenost a tedy i náklady), kdy vozidlo přijede k odběrateli, je závislý na tom, kudy pojedje předtím.

Postup optimalizace:

1. pokrytí odběratelů (prodejen) - které vozidlo poveze zboží ke které prodejně,
2. nalezení nejvhodnějšího pořadí jízdy pro každé vozidlo.

Po 1. kroku vznikne rozvozový plán, ale je možné, že se dá změnit pořadí, v jakém vozidlo pojedě k jednotlivým odběratelům a změna tohoto pořadí může ještě snížit celkovou ujetou vzdálenost.

Pokrytí odběratelů

V následující části bude popsán matematický model zajišťující pokrytí odběratelů při minimálních nákladech:

Účelová funkce

$$\sum_{i=1}^m N_i \rightarrow \min \quad (3)$$

kde:

N_i ...náklady na provoz i-tého vozidla [Kč]

$$N_i = D_i * C_i \quad (4)$$

kde:

D_i ...vzdálenost ujetá i-tým vozidlem [km]

C_i ...cena za 1 kilometr ujetý i- tým vozidlem [Kč]

Pokud jsou vozidla stejná, mají i stejné náklady na 1 ujetý km. V tom případě stačí minimalizovat celkový počet ujetých km. Účelová funkce má pak tvar:

$$\sum_{i=1}^m D_i \rightarrow \min \quad (5)$$

kde:

D_i ...vzdálenost ujetá i-tým vozidlem [km]

Ujetá vzdálenost ke každému odběrateli závisí na tom, kteří odběratelé jsou před ním. Celková ujetá vzdálenost je dána součtem vzdáleností od skladu k první prodejně, vzdáleností mezi jednotlivými prodejnami a vzdáleností od poslední prodejny zpět do skladu:

$$D = (\sum_{j=1}^n d_j + d_n) * a_{ij} \quad (6)$$

kde:

d_j ...vzdálenost od předchozího odběratele k aktuálnímu (od skladu k prvnímu) [km]

d_n ...vzdálenost od posledního odběratele zpět ke skladu [km]

a_{ij} ...rozhodnutí, zda vozidlo k danému odběrateli veze zboží nebo ne, je určeno binární logikou $a_{ij} = \{0;1\}$

Vzdálenost od poslední prodejny zpět do skladu řešena podobně, jako mezi prodejnami navzájem - pomocí funkce „KDYŽ“ je zjišťováno splnění podmínky u všech prodejen (od poslední k první). Pokud je podmínka splněna (vozidlo k ní jede), funkce vrátí vzdálenost od ní ke skladu. Pokud ne, následující vnořená funkce zjišťuje splnění podmínky u předchozí prodejny. Takto postupujeme až k 1. prodejně. Pokud ani zde není podmínka splněna, funkce vrátí hodnotu 0 - vozidlo není vůbec použito. Tuto vzdálenost přičteme k vzdálenosti ujeté po trase k poslední prodejně.

Omezující podmínky

- kapacita vozidel

Jednotlivá vozidla mají danou kapacitu - maximální počet palet, které může naložit a přepravit. Skutečný počet palet, které jednotlivá vozidla vezou, je dán součtem množství palet pro všechny prodejny, které zásobují:

$$Q_i \leq \sum_{j=1}^n (q_j * a_{ij}) \quad (7)$$

kde:

Q_i ...kapacita vozidla [ks]

q_j ...počet palet u jednotlivých prodejen [ks]

a_{ij} ...rozhodnutí, zda vozidlo k danému odběrateli veze zboží nebo ne, je určeno binární logikou $a_{ij} = \{0;1\}$

- ostatní podmínky

Dále musíme zajistit, že ke každé prodejně pojede právě jedno vozidlo:

$$\sum_{i=1}^m b_{ij} = 1; \quad j = 1,2,3 \dots n \quad (8)$$

kde:

b_{ij} ...rozhodnutí o tom, kterým vozidlem se veze zboží do dané prodejny, je dáno binární logikou $b_{ij} = \{0;1\}$

Jestli vozidlo bude či nebude použito je opět určeno binární logikou. Pokud vozidlo zásobuje alespoň jednu prodejnu, znamená to, že bude provozováno:

$$a_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}; \quad i = 1,2,3 \dots m \quad (9)$$

kde:

a_i ...rozhodnutí o tom, bude-li vozidlo provozováno, $a_i = \{0;1\}$

Tento logický součet je realizován pomocí funkce „KDYŽ“. Jako podmínka je zadáno: $\sum_{j=1}^n a_{ij} \geq 1$. Pokud je podmínka splněna, funkce vrátí hodnotu 1, a když ne, vrátí hodnotu 0. Pokud vozidlo nezásobuje žádného odběratele, součet bude 0 a podmínka splněna nebude. Pokud zásobuje alespoň jednoho odběratele, součet bude 1 nebo větší a podmínka bude splněna.

V případě, že vyjdou výsledky se stejnými celkovými náklady (resp. se stejným součtem km), vybere se ten, kde je použito méně vozidel.

3. VYHODNOCENÍ

Výsledky pokrytí odběratelů 4 vozidly o stejné kapacitě:

- vozidlo A: Tábor, Písek, Č. Budějovice, Č. Krumlov. 5 palet, 381 km, 5715,- Kč,
- vozidlo B: Liberec, H. Králové, Pardubice. 5 palet, 362 km, 5430,- Kč,
- vozidlo C: Plzeň. 2 palety, 196 km, 2940,- Kč,
- vozidlo D: Ústí n/L., K. Vary, Cheb. 3 palety, 429 km, 6435,- Kč,
- celkem: 15 palet, 1368 km, 20 520,- Kč.

Vyhodnocení výsledků:

výsledný rozvozový plán pro čtyři stejná vozidla o přepravní kapacitě 5 palet/vozidlo je znázorněn v Tab. 2.

Tab. 2: Rozvozový plán

Vozidlo	Prodejna	Počet palet	Vzdálenost [km]	Náklady [Kč]
A	Tábor, Písek, Č. Budějovice, Č. Krumlov	5	381	3165
B	Liberec, H. Králové, Pardubice	5	362	3555
C	Plzeň	2	196	1470
D	Ústí n/L, Karlovy Vary, Cheb	3	429	3840

Zdroj: autoři

Vozidla A a B budou plně vytížena, vozidla C a D budou vytížena ze 40% resp. 60%. Tato volná kapacita bude využita jako rezervní pro případ náhlé zvýšení poptávky. V tomto případě by byla změněna data v buňkách obsahujících požadavky prodejen.

ZÁVĚR

Příspěvek byl zaměřen na rozvoz produktů mlékárenského podniku do svých podnikových prodejen. Nejprve jsme provedli orientační lokalizaci nového distribučního skladu pro síť stávajících i plánovaných prodejen v Čechách. Pro nejvhodnější umístění tohoto skladu jsme zvolili metodu souřadnic, kdy jsme si nejprve na mapu ČR zaznačili jednotlivé prodejny a potom pravidelnou síť, podle níž jsem určil jejich souřadnice. Váhovým kritériem byl objem odebíraného množství zboží u stávajících prodejen a u plánovaných jsem vycházel z odhadů prodeje. Podle obecného vzorce jsme tak určili souřadnice pro nejvhodnější umístění distribučního skladu pro Čechy, které by mělo být v Praze. Podle údajů o odběrech zboží a za pomoci matice vzdáleností mezi jednotlivými prodejny a zamýšleným skladem jsme dále v rámci samotné optimalizace stanovili prostřednictvím matematického modelu řešení zásobování prodejen z nového centrálního distribučního skladu.

Hlavní výhodou tohoto postupu optimalizace je jeho dostupnost. On-line mapy jsou dostupné každému, kdo má připojení k internetu a MS Excel má k dispozici také většina firem. V uvedeném modelu se dají snadno měnit vstupní údaje a díky tomu je možno vyzkoušet, co se stane, když např. některé prodejny zvýší velikost objednávek. Podobně je možno vyzkoušet navržení rozvážky automobily s různou kapacitou a různými náklady na kilometr. Stačí změnit hodnoty v příslušných buňkách v modelu a ukáže se, jestli je možné všechno zboží rozvézt při současném rozvozovém plánu anebo jak by bylo potřeba plán upravit - jestli bude stačit přesunout některého odběratele do jiné trasy nebo bude-li třeba přidat další vozidlo.

LITERATURA:

1. GEC, Martin. *Návrh rozvozu mlékárenských výrobků*. Přerov: Vysoká škola logistiky o.p.s., 2018 (diplomová práce).
2. GROS, Ivan a Dyntar, Jakub. *Matematické modely pro manažerské rozhodování*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015. 303 s. ISBN 978-80-7080-910-5.
3. GROS, Ivan a kol. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. 507 stran. ISBN 978-80-7080-952-5.