

OVĚŘOVÁNÍ STRUKTURY A VÝŠE NAVRŽENÉHO TARIFU U PŘEPRAVY KUSOVÝCH ZÁSILEK

VERIFICATION OF THE TARIFF RATE STRUCTURE OF A PARCEL SHIPPING SERVICE

Miroslav Slivoně, Jaromír Široký¹

Anotace: V článku je předložena metodika ověření navrženého tarifu pracující na principu jakési simulace reálného provozu systému přepravy kusových zásilek. Potřebná chybějící data o přepravách jsou v modelu generována náhodně tak, aby se rozložení přepravních požadavků v čase a prostoru podobalo realitě. Na základě vytvořených přepravních požadavků jsou poté s využitím vytvořeného software sestaveny suboptimální trasy vozidel. Následuje odhad výše provozních nákladů, výpočet tržeb dle daného tarifu a jejich porovnání. Po započtení zbylých nákladových složek je tak možné získat představu o rentabilitě dané služby.

Klíčová slova: kusová zásilka, tarif, svoz a rozvoz, trasa

Summary: There is described a method of the verification of a given tariff. This method is based on the principle of a simulation of some parcel shipping service operation. The missing data about transport demand are generated randomly such a way that the distribution of the demands in time and space is close to reality. The suboptimal vehicle routes are then created on the basis of generated transport demand. The authors used their own proprietary software to create these routes. The running costs are then computed according to these routes together with the revenue from sales. It is possible to estimate the profitability of the service based on given tariff (if the other costs are also known).

Key words: parcel shipping service, tariff, pick-up, delivery, route

ÚVOD

V publikacích (1), (2) vydaných v uplynulém roce byla provedena modelová kalkulace provozních nákladů vznikajících jednak při svozu a rozvozu zásilek a jednak při dálkové přepravě mezi distribučními centry (huby). Správné stanovení těchto provozních nákladů vztahených k jednotce ujeté vzdálenosti a jednotce času provozu je základním předpokladem pro navrhování výše tarifu. Navržený tarif by měl být atraktivní pro dostatečný počet potenciálních zákazníků a zároveň umožňovat generování přiměřeného zisku pro dopravce. Dolní hranice tarifní sazby je dána úhradou provozních (variabilních) nákladů, z dlouhodobého hlediska by měla uhradit vlastní náklady.

Specifikem řešené problematiky svozu a rozvozu zásilek je nejen měnící se počet a velikost přepravních požadavků, ale především poměrně velká variabilita rozložení

¹ Ing. Miroslav Slivoně, doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D., Univerzita Pardubice, DFJP, Katedra technologie a řízení dopravy, Studentská 95, 532 10 Pardubice, Tel. +420 466 036 198, E-mail: Miroslav.Slivone@upce.cz

přepravních požadavků v území. Všechny tyto měnící se faktory evidentně budou ovlivňovat produktivitu provozu vozidel a tím výši utrženého zisku.

Ideálními daty pro posuzování adekvátnosti daného tarifu by byly skutečné přepravní požadavky vznesené skutečnými zákazníky sledované v dostatečně dlouhém období. Tato data by představovala skutečný vzorek poptávky po daném typu přepravy rozložené v čase a prostoru. Bohužel získat taková data je velmi obtížné, pro dopravce se přirozeně jedná o citlivé obchodní údaje.

Proto autoři navrhují metodiku ověření navrženého tarifu pracující na principu simulace reálného provozu systému přepravy kusových zásilek. Chybějící data o přepravách budou generována náhodně tak, aby se rozložení přepravních požadavků v čase a prostoru podobalo realitě.

1. METODIKA OVĚŘOVÁNÍ TARIFU

1.1 Základní principy

Struktura a výše tarifních sazeb musí kromě obecně platných zásad a doporučení respektovat specifika dané oblasti dopravního podnikání. Nabízená služba je zaměřena na určitý typ zákazníka, zásilky, určitou délku či rychlost přepravy. Všechny tyto faktory budou ovlivňovat dopravcem používanou technologii a přirozeně také strukturu a výši tarifu.

Díky velkému množství variant a specifik různých dopravních systémů je velmi obtížné sestavit obecnou a v praxi využitelnou metodiku pro stanovení tarifních sazeb. Proto autoři projektu navrhují nastavit strukturu a výši tarifu na základě opakovaných experimentů - tedy simulace. Vhodný simulační model musí pro konkrétní dopravní systém umožňovat:

- simulaci vzniku přepravních požadavků dané velikosti v prostoru a čase,
- sestavení suboptimálních tras svozu a rozvozu,
- výpočet provozních nákladů na realizaci těchto tras,
- výpočet výše tržeb dosahovaných při použití daného tarifu.

1.2 Postup generování náhodných přepravních požadavků

Pro generování prostorového rozložení požadavků byl využit model silniční sítě České republiky sestavený z GIS dat Silniční databanky Ostrava (vrstvy Uzly a Úseky) a Územně identifikačního registru (vrstva Obce).

Vrstva uzly obsahuje informace o příslušnosti jednotlivých uzlů k územnímu celku NUTS III (odpovídá kraji) a NUTS IV (odpovídá okresu). Na základě těchto údajů je možné sestavit z jednotlivých okresů či krajů spádové oblasti (atrakční obvody) uvažovaných dep.

Tyto spádové oblasti by měly být vyrovnané počtem potenciačních zákazníků, který přímo ovlivňuje velikost zdrojového přepravního proudu vycházejícího z oblasti. Údaje o počtech a prostorovém rozložení zákazníků nejsou známy, dá se však předpokládat, že závisí na hustotě osídlení území – počet potenciačních zákazníků je přímo úměrný počtu

obyvatel v oblasti. Údaje o počtu obyvatel v jednotlivých obcích známé jsou, obsahuje její datová vrstva Obce.

Nad vlastními spádovými oblastmi je možné definovat množinu hubů, ze kterých budou depa spádových oblastí obsluhována. Obsluha dep pak probíhá na principu hub-and-spoke.

Generování vzniku přepravního požadavku dané velikosti mezi místem odeslání a místem doručení probíhá na základě zadání především těchto podstatných parametrů:

- *Hmotnost zásilky* – její střední hodnota, směrodatná odchylka a maximální hmotnost. Pro generování hmotnosti je využito Gaussovo rozložení pravděpodobnosti. Dle stejného principu by bylo možné generovat také rozměry zásilky.
- *Počet zásilek odeslaných z dané spádové oblasti* (atrakčního obvodu) – je zadáván jako počet zásilek odesílaných z nejsilnější (co do počtu zákazníků) spádové oblasti, počty zásilek z ostatních oblastí jsou dopočítány na základě předpokladu platnosti přímé úměry mezi počtem zákazníků a počtem obyvatel.
- *Průměrný počet zásilek odesílaných jedním odesílatelem různým příjemcům* - jeho střední hodnota a směrodatná odchylka; využito opět Gaussovo rozložení pravděpodobnosti. Tento parametr umožňuje modelovat situaci, kdy většinu odesílatelů tvoří zásilkové obchody odesílající větší množství zásilek současně – díky takové agregaci zásilek je pro dopravce svozní část přepravního procesu jednodušší a méně nákladná.

Při vlastním generování přepravních požadavků jsou uplatňovány tyto zásady:

- Je dodržen požadovaný počet zásilek odesílaných z dané spádové oblasti.
- Při generování hmotnosti zásilky je respektováno dané rozdělení pravděpodobnosti a jeho charakteristiky.
- Generování místa odeslání zohledňuje hustotu osídlení – z větší obce je odesíláno více zásilek než z menší obce. Pro realizaci generátoru je použito rovnoměrného rozdělení pravděpodobnosti a tzv. principu rulety sestavené tak, že velikosti jednotlivých výsečí jsou úměrné počtu obyvatel (každá výseč odpovídá výběru nějaké obce).
- Generování počtu zásilek odesílaných z jednoho místa odeslání opět respektuje dané rozdělení pravděpodobnosti. Tato situace odpovídá převaze firemních zákazníků provozujících zásilkový obchod – výsledný počet odesílatelů zásilek je tak v požadovaném poměru menší než je počet příjemců. Při zadání střední hodnoty rovné jedné a nulové směrodatné odchylky je přirozeně počet odesílatelů roven počtu příjemců.
- Pro každou generovanou zásilku je náhodně generováno místo doručení (v daný okamžik je již známa její hmotnost a místo odeslání). Při výběru místa doručení je opět využíváno stejného principu jako při generování místa odeslání, tj. je zohledňována hustota osídlení.

Tímto způsobem je možné na daném území poměrně realisticky simulovat prostorové rozložení proudů zásilek o požadované intenzitě a s danou průměrnou hmotností zásilky.

Všechny výše zmíněné vstupní údaje se zadávají do textového souboru, který program GA-GIS VR načte a generuje podle něj dávku úloh okružních jízd - pro každou spádovou oblast a pro oblasti obsluhované jednotlivými huby.

Sestava úloh okružních jízd a jejich řešení

Generovaná dávka formulovaných úloh je posléze řešena. Podstatným výstupem z řešení jsou délky a doby trvání jednotlivých tras - na základě těchto údajů lze vypočítat náklady na realizaci tras. Okružní jízdy nejsou sestavovány jen pro obsluhu jednotlivých spádových oblastí, ale také pro obsluhu dep z jednotlivých hubů. Vlastní jízdy mezi huby jsou uvažovány jako jízdy přímé, což lze díky značné velikosti přepravního toku mezi huby předpokládat.

Výpočet provozních nákladů

Jednotkové provozní náklady mohou být propočteny dle kalkulačního vzorce, který byl uveden v závěrečné zprávě z roku 2009, proto na tomto místě nebude tento vzorec opětovně předkládán.

Volba tarifu

Jediným faktorem, společným pro přístup ke tvorbě tarifů pro kusové zboží, jsou parametry zásilky. Ostatní přístupy se liší od kvalitativních a časových požadavků na samotnou přepravu a od zvolené dopravní společnosti. Pokud má firma širokou síť svých distribučních center a pravidelné sběrné linky, nemusí v kalkulaci započítávat přepravní vzdálenost.

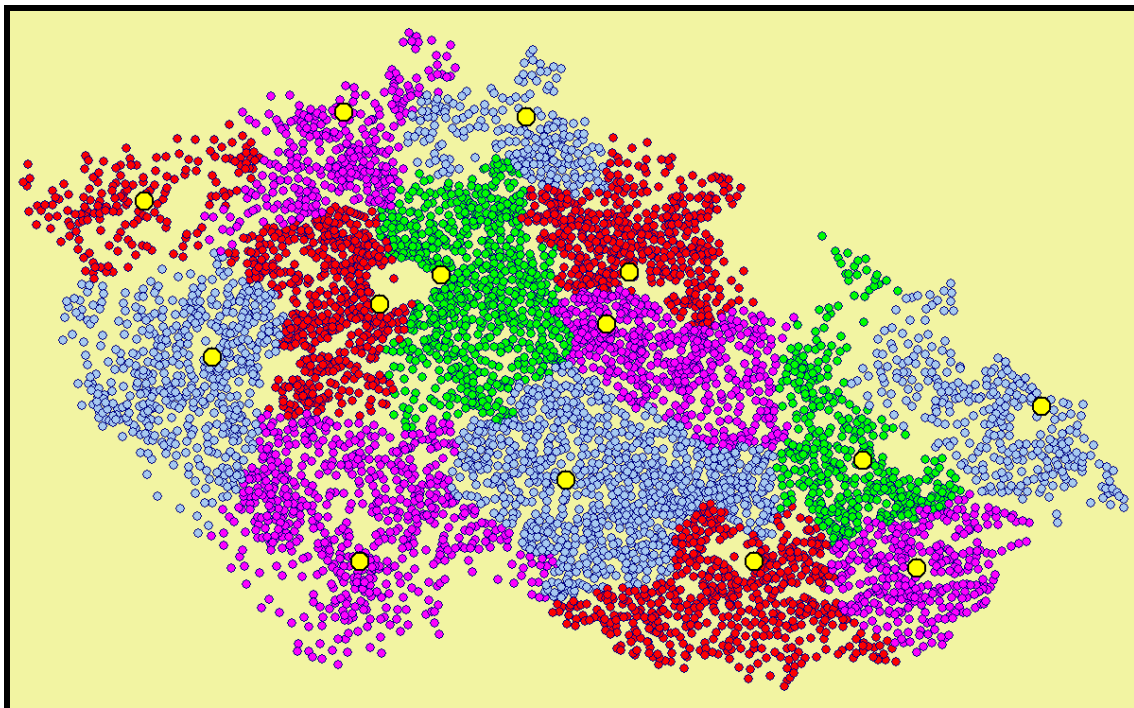
Všeobecně lze konstatovat, že pro nastavení tarifu kusových přeprav je prvním parametrem velikost zásilky a fakt zda je patetizovaná nebo nikoliv. Dále jaký je časový požadavek na přepravu a v některých případech, jaká je přepravní vzdálenost. Vzdálenost je určovaná buď, jako přímá distance mezi místem podání a místem předání zásilky, nebo dle předem stanovených přepravních pásem.

2. MODELOVÝ PŘÍKLAD

2.1 Struktura systému a generování přepravních požadavků

Uvažovaný model systému přepravy kusových zásilek je možný charakterizovat takto. Systém zajišťuje vnitrostátní přepravu kusových zásilek na území ČR. Toto území je rozděleno na 14 oblastí (odpovídají krajům, přičemž Středočeský kraj a hlavní město Praha jsou rozděleny do 2 oblastí) spadajících pod jednotlivá depa, která zajišťují svoz a rozvoz zásilek. Depa jsou umístěna v jednotlivých krajských městech, Středočeský kraj je rozdělena na 2 části: část východní (depo Jirny) a část západní zahrnující také hlavní město Prahu (depo Radotín). Mezi jednotlivými depy nejsou realizovány přímé jízdy, přeprava probíhá takto: zásilky jsou sváženy od zákazníků do příslušného depa, z depa do jednoho ze dvou

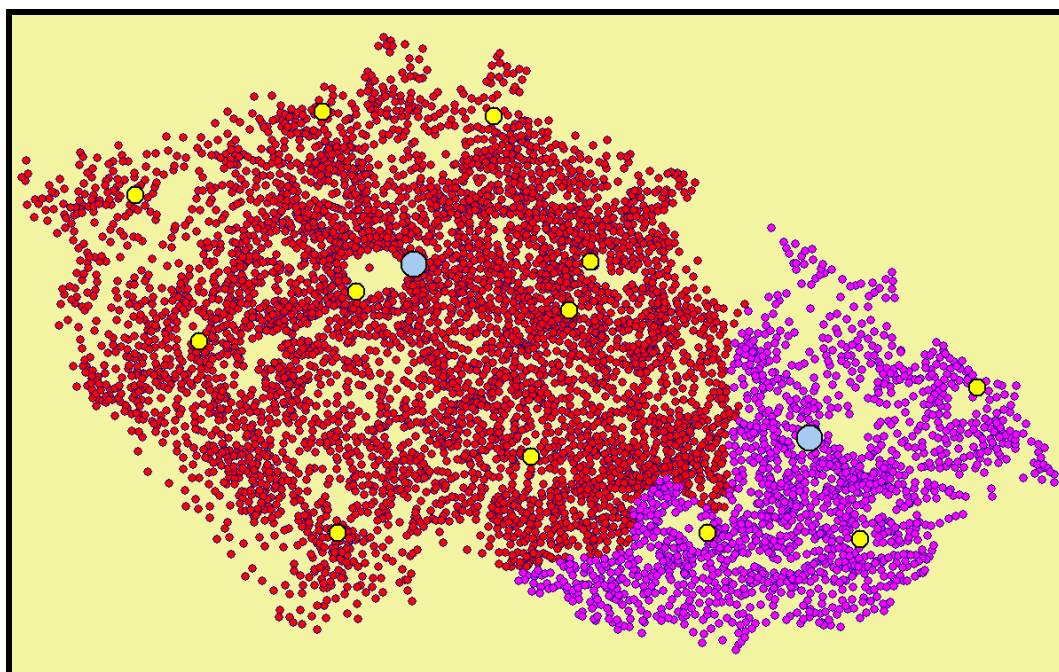
centrálních hubů, z hubu je zásilka doručena buď do dalšího hubu, nebo je směrována na příslušné depo a odtud doručena příjemci.



Zdroj: autoři

Obr. 1 - Uvažované spádové oblasti a příslušná depa

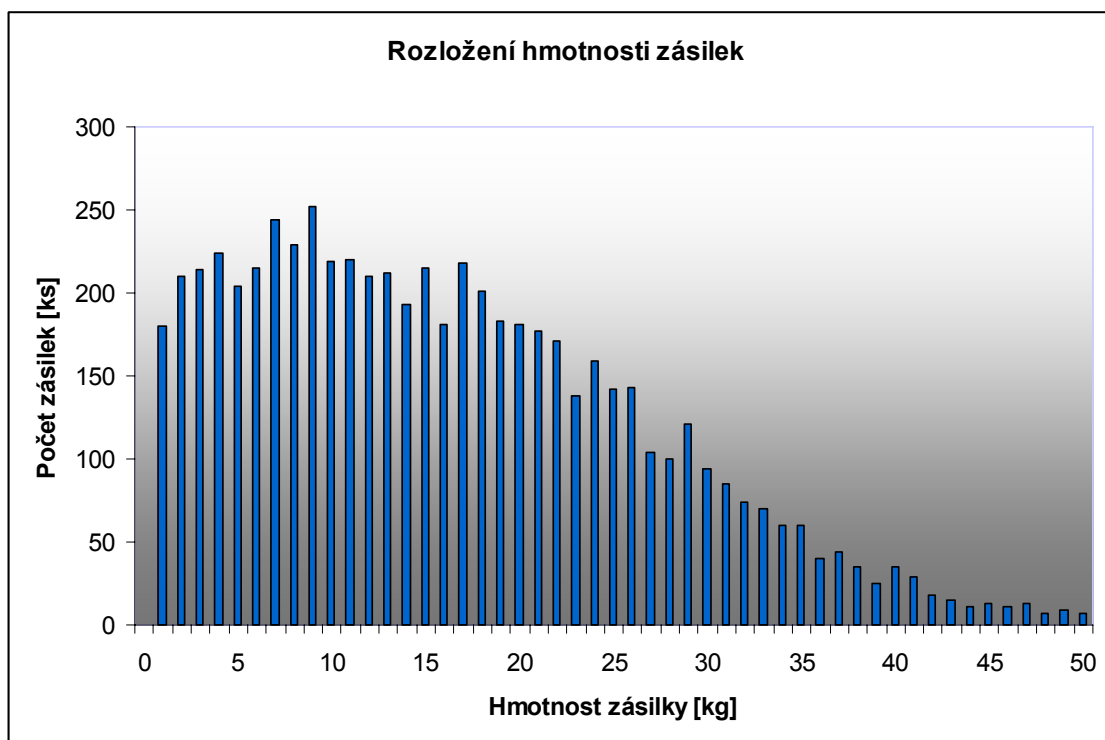
Jak již bylo uvedeno výše, kromě dep existují v systému 2 huby (jeden pro Čechy, jeden pro Moravu a Slezsko). Umístění hubů se shoduje s depy Jirny a Olomouc. Přepravy mezi huby jsou realizovány přímými jízdami.



Zdroj: autoři

Obr. 2 - Uvažované dva huby s vyznačenými atrakčními obvody

Průměrná hmotnost přepravované zásilky je 10 kg, směrodatná odchylka hmotnosti činí 15 kg, minimální hmotnost zásilky je stanovena na 1 kg, maximální hmotnost je omezena na 50 kg. Hodnoty hmotnosti jsou generovány dle Gaussova rozdělení pravděpodobnosti, přičemž v případě, že je generována hodnota mimo povolené rozmezí, je postup generování zopakován.



Zdroj: autoři

Obr. 3 - Četnosti výskytu zásilek o dané hmotnosti

Průměrný počet zásilek odesílaných jedním zákazníkem je 10 se směrodatnou odchylkou 5 (opět Gaussovo rozdělení). Tato situace odpovídá převaze zákazníků provozujících některou z forem zásilkové obchodu (zejména e-shopy).

Denní počet zásilek odesílaný z nejlidnatějšího obvodu je stanoven na 1000, počet zásilek odesílaných z ostatních obvodů je vypočítán proporcionálně. Při generování obce odeslání a obce doručení je zohledňován počet obyvatel žijících v jednotlivých obcích, místo na území obce (konkrétní uzel reprezentující adresu) je generováno náhodně, v obou případech je využito rovnoměrného rozdělení pravděpodobnosti.

Čas uvažovaný na obsluhu jednoho zákazníka je 5 minut, čas potřebný k obsluze depa z hubu činí 15 minut.

Generované rozložení přepravních proudů je patrné z tabulky 1 (počty zásilek) a tabulky 2 (celkové hmotnosti zásilek). Jednotlivé spádové oblasti odpovídající krajům jsou označeny kódem kraje tak jako na registrační značce motorového vozidla (s výjimkou označení SV pro východní část Středočeského kraje a SZ pro jeho západní část včetně hlavního města Prahy).

Tab. 1 - Počty přepravovaných zásilek mezi jednotlivými spádovými oblastmi (v kusech)

	SV	SZ	C	P	K	U	L	H	E	J	B	M	Z	T	Σ
SV	28	70	27	23	16	40	12	19	22	24	34	22	22	42	401
SZ	64	160	63	47	28	72	43	50	42	47	100	84	69	131	1000
C	25	71	26	18	6	26	13	13	19	29	34	24	21	56	381
P	29	53	23	9	9	25	17	14	20	19	36	16	16	49	335
K	7	36	17	12	6	15	5	9	10	17	17	1	13	20	185
U	31	83	23	28	16	38	17	27	21	34	50	35	33	64	500
L	14	44	15	19	6	17	15	18	13	9	37	7	17	29	260
H	21	56	24	20	14	31	11	12	10	16	26	13	23	56	333
E	16	42	17	17	11	24	11	14	18	21	45	18	21	33	308
J	25	59	25	21	11	34	15	20	13	24	45	23	28	37	380
B	51	89	38	37	18	41	30	42	21	37	57	39	34	84	618
M	23	69	22	18	15	33	11	17	19	19	48	18	22	53	387
Z	22	61	13	22	9	49	12	17	13	20	38	17	31	36	360
T	49	127	40	41	20	68	38	33	42	46	70	48	48	97	767
Σ	405	1020	373	332	185	513	250	305	283	362	637	365	398	787	6215

Zdroj: autoři

Tab. 2 - Celkové hmotnosti přepravovaných zásilek mezi jednotlivými spádovými oblastmi (v kg)

	SV	SZ	C	P	K	U	L	H	E	J	B	M	Z	T	Σ
SV	553	1197	351	329	284	703	180	294	325	518	528	373	409	688	6732
SZ	1001	2617	899	728	417	1196	717	883	633	757	1767	1362	1103	2057	16137
C	386	1037	434	272	114	536	274	232	344	454	458	315	329	871	6056
P	560	866	580	106	125	493	309	211	391	317	669	179	386	691	5883
K	118	642	351	210	110	184	97	135	129	326	299	47	136	301	3085
U	599	1345	384	460	260	670	198	461	403	564	725	597	369	1175	8210
L	236	769	223	255	82	213	224	229	193	139	692	105	300	532	4192
H	314	808	359	355	270	538	146	199	193	247	536	175	397	968	5505
E	284	769	237	329	194	322	115	310	240	392	853	359	283	541	5228
J	406	946	476	404	148	565	241	359	185	374	818	349	419	526	6216
B	575	1366	567	523	199	638	479	618	301	645	854	648	556	1303	9272
M	392	1157	463	235	309	560	224	245	273	352	829	317	350	862	6568
Z	383	969	210	335	189	773	127	289	148	327	586	277	465	742	5820
T	745	2136	698	720	214	1140	655	424	744	674	1071	685	772	1607	12285
Σ	6552	16624	6232	5261	2915	8531	3986	4889	4502	6086	10685	5788	6274	12864	101189

Zdroj: autoři

2.2 Výpočet provozních nákladů

Vstupní údaje o vozidlech

Kalkulace provozních nákladů byla provedena pro vozidlo distribuční řady Iveco Daily s celkovou hmotností 6 tun (užitečnou hmotností 3,3 tuny) a pro přívěsovou soupravu tvořenou nákladním automobilem Iveco Stralis a tandemovým přívěsem Kögel s celkovou hmotností soupravy 40 tun (užitečnou hmotností 25 tun), sloužící k přepravě výměnných nástaveb.

Podkladem pro vytýčení vstupních podmínek bylo především studium relevantních webových stránek – např. MDČR, pojišťoven, dopravců, výrobců pneumatik, výrobců olejů apod. Dále byl aplikován odborný odhad autorů.

Tab. 3 - Uvažovaná výše jednotkových nákladů

	Iveco Daily	Iveco Stralis + přívěs Kögel
Náklady závislé na vzdálenosti (Kč/km)	6,40	15,80
Náklady závislé na čase (Kč/h)	138	170
Náklady režijní a nezávislé (Kč/den)	800	3200

Zdroj: autoři

Kalkulace nákladů na svoz od zákazníků a rozvoz k zákazníkům

Pro svoz zásilek od zákazníků a rozvoz zásilek k zákazníkům je využíváno nákladní vozidlo Iveco Daily. Provozní náklady na 1 km jízdy tohoto vozidla byly stanoveny na 6,40 Kč, náklady na 1 hodinu provozu vozidla na 138 Kč, nepřímé náklady na 800 Kč na den. Protože není možné jednoznačně rozhodnout, jak bude vozidlo v případě kratšího trvání jízdy dále využito (prostor nebo realizace jiné přepravy), jsou denní nepřímé náklady rozpočítány na jednu hodinu provozu. Přitom se vychází z předpokladu, že denní doba provozu vozidla dosahuje maximálně 8 hodin. Celkové náklady na 1 hodinu provozu vozidla tak budou kalkulovány jako $138 + (800/8) = 238$ Kč.

V uvažovaném modelovém příkladu činila celková délka všech potřebných 35 jízd při svozu 7 390 km a tomu odpovídal čas 143,4 hodin, v případě rozvozu se jednalo o 117 jízd o celkové délce 24 514 km a celkové době trvání 820,8 hodin. Souhrnné údaje o průměrné délce trasy a době jejího trvání jsou uvedeny v tabulce 4. Nepoměr mezi sledovanými ukazateli v případě svozu a rozvozu pramení z faktu, že převážná část odesílatelů posílá více zásilek najednou, přičemž počet zákazníků v jedné trase je omezen jak maximálním časem jízdy, tak kapacitou vozidla. Celkem se jednalo o 152 jízd o celkové délce 31 904 km a době trvání 964,2 hodin. Celkové náklady na zajištění svozu a rozvozu tedy vycházejí na:

$$(31\,904 * 6,40) + (964,2 * 238) = 204\,186 + 229\,480 = 433\,666 \text{ Kč.}$$

Tab. 4 - Souhrnné údaje o trasách obsluhujících zákazníky

	Svoz	Rozvoz	Svoz + rozvoz
Počet tras	35	117	152
Délka všech tras [km]	7 390	24 514	31 904
Doba trvání všech tras [h]	143,4	820,8	964,4
Celkem přepravená hmotnost [kg]	101 189	101 189	202 378
Průměrná délka trasy [km]	211,1	209,5	209,9
Průměrná doba trvání trasy [h]	4,1	7,0	6,3
Průměrně přepravovaná hmotnost [kg]	2 891,1	864,9	1 331,4

Zdroj: autoři

Ze souhrnných ukazatelů je zřejmé, že užitečná hmotnost vozidla 3 300 kg není v případě rozvozu ani zdaleka využita; omezujícím faktorem je především maximální doba trvání jízdy. V uvažovaném případě, kdy je svoz oddělen od rozvozu, by tedy pro rozvoz zásilek mohla být využita menší vozidla s nižší užitečnou hmotností.

Kalkulace nákladů na svoz z dep do hubů a rozvoz z hubů do dep

Pro obsluhu jednotlivých dep z hubů je využívána přívěsová souprava Iveco Stralis. Provozní náklady na 1 km jízdy tohoto vozidla byly stanoveny na 15,80 Kč, náklady na 1 hodinu provozu vozidla na 170 Kč, nepřímé náklady na 3 200 Kč na den. Obdobně jako v případě menšího vozidla jsou denní nepřímé náklady rozpočítány na 1 hodinu provozu a předpokládá se tedy, že jízdní souprava bude využívána celých 8 hodin denně. Celkové náklady na 1 hodinu provozu vozidla tak vycházejí ve výši $170 + (3\ 200/8) = 570$ Kč. Pro jízdy mezi huby je využíváno stejné jízdní soupravy.

Celková délka všech 5 jízd při svozu z dep do hubů činila 1 350 km, což trvalo 17,4 hodin. V případě rozvozu z hubů do dep se jednalo také o 5 jízd o celkové délce 1 395 km a 17,8 hodin. Celkové náklady na zajištění všech 10 jízd svozu a rozvozu v rámci atrakčních obvodů obou hubů o souhrnné délce 2 745 km a době trvání 35,2 hodiny vycházejí na:

$$(2\ 745 * 15,80) + (35,2 * 570) = 43\ 371 + 20\ 064 = 63\ 435 \text{ Kč.}$$

Tab. 5 - Souhrnné údaje o trasách obsluhujících depa

	Svoz	Rozvoz	Svoz + rozvoz
Počet tras	5	5	10
Délka všech tras [km]	1 350	1 395	2 745
Doba trvání všech tras [h]	17,4	17,8	35,2
Celkem přepravená hmotnost [kg]	92 419	92 419	184 838
Průměrná délka trasy [km]	270	279	274,5
Průměrná doba trvání trasy [h]	3,48	3,56	3,52
Průměrně přepravovaná hmotnost [kg]	18 483,8	18 483,8	18 483,8

Zdroj: autoři

Kalkulace nákladů na přímé jízdy mezi huby

Délka 2 přímých jízd mezi huby činila celkem 451 km, což celkem trvalo 4,6 hodiny. Odpovídající náklady jsou kalkulovány na:

$$(451 * 15,80) + (4,6 * 570) = 7\ 126 + 2\ 622 = 9\ 748 \text{ Kč.}$$

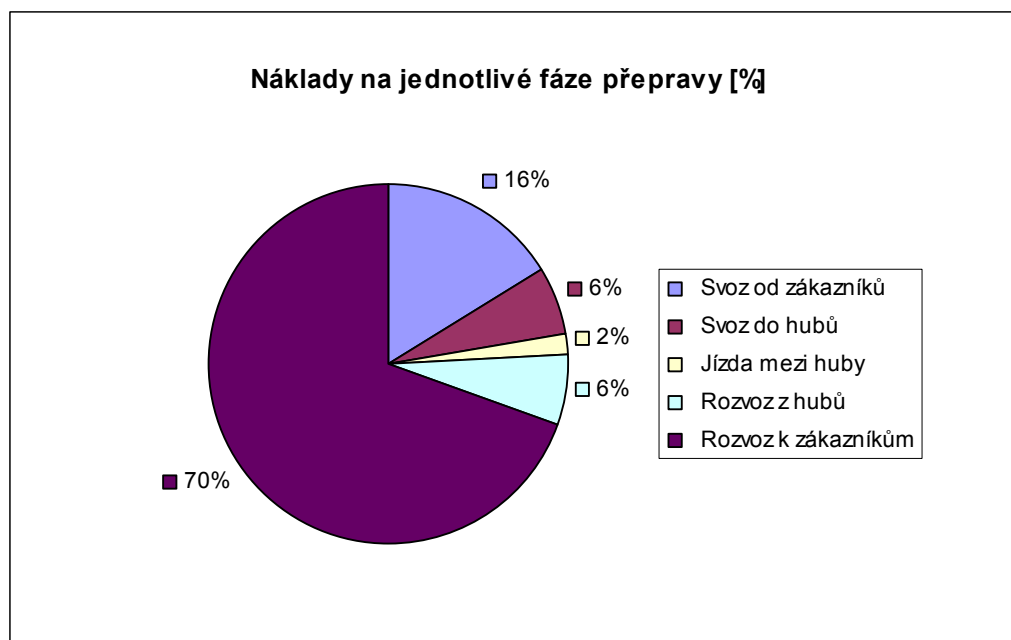
Tab. 6 - Souhrnné údaje o jízdách mezi huby

	Morava → Čechy	Čechy → Morava	Celkem
Počet tras	1	1	2
Délka všech tras [km]	225,5	225,5	451
Doba trvání všech tras [h]	2,3	2,3	4,6
Celkem přepravená hmotnost [kg]	22 021	23 687	45 708
Průměrná délka trasy [km]	225,5	225,5	225,5
Průměrná doba trvání trasy [h]	2,3	2,3	2,3
Průměrně přepravovaná hmotnost [kg]	22 021	23 687	22 854

Zdroj: autoři

Celková výše provozních nákladů

Celková výše provozních nákladů tedy činí 506 849 Kč. Zajímavá je skladba celkových nákladů na přepravu dle jednotlivých fází přepravy, tedy od svozu od zákazníka do huby přes svoz do huby, jízdu mezi huby, rozvoz z hub do depa a rozvoz k zákazníkovi. Dle očekávání je finančně nejnáročnější část rozvozu k zákazníkům a následovaná svozem od zákazníků. Vzájemná proporce těchto nákladů se odvíjí od průměrného počtu zásilek podávaných jedním odesílatelem (v modelovém příkladu uvažováno průměrně 10 zásilek se směrodatnou odchylkou 5 a Gaussovým rozdělením).



Zdroj: autoři

Obr. 4 - Náklady na jednotlivé fáze přepravy

Výpočet tržeb

Při výběru tarifní sazby je zohledňována pouze hmotnost zásilky, nikoli přepravní vzdálenost. To odpovídá uvažované situaci při generování přepravních požadavků - ani tam přepravní vzdálenost nehrála žádnou roli. Pokud by měla být přepravní vzdálenost v tarifu promítnuta, bylo by vhodné tento fakt při generování přepravních požadavků také zohlednit (formou vhodného stanovení dopravního odporu a pravděpodobnosti uskutečnění přepravy).

V modelovém příkladu uvažovaná hmotnostní pásma a odpovídající sazby tarifu jsou uvedeny v tabulce 7.

Tab. 7 - Uvažovaný tarif

Hmotnost do [kg]	1	2	5	7	10	12	15	20	25	30	35	40	50
Sazba (Kč)	100	105	110	120	130	140	150	165	175	185	240	320	420

Zdroj: autoři

Výše nezdaněných tržeb dle daného tarifu činí v modelovém příkladu 1 007 605 Kč. S výší tarifu je možné experimentovat – důležitá data o přepravách (hmotnost, místo odeslání, místo doručení) jsou ukládána do souboru a snadno lze přepočítat výši tržeb pro jiný tarif. Např. v uvedeném modelovém příkladu budou při plošném snížení sazby o 10 % tržby činit 908 106 Kč, při plošném zvýšení sazby o 10 % dopravce utrží 1 109 627 Kč (změna velikosti poptávky po službách dopravce uvažována není).

Porovnání výše nákladů a tržeb

Reálná výše celkových nákladů bude samozřejmě vyšší. K uvedené částce celkových provozních nákladů ve výši 506 849 Kč je třeba připočítat další nákladové položky. Nejsou zde například zohledněny náklady na provoz, resp. pronájem skladovacích prostor a mzdy zaměstnanců zajišťujících provoz ve skladu (administrativní pracovníci a skladníci); bohužel dokonce i jen hrubý odhad těchto nákladů je problematický. Dále nejsou započteny poplatky za telefonické hovory řidičů zákazníkům při avizování příjezdu se zásilkou apod.

Z utržené částky 1 007 605 Kč je dopravce povinen odvést DPH, případný zisk je rovněž nutné zdanit.

Objem přepravy v uvažovaném modelovém příkladu je zřejmě příliš nízký na to, aby byl systém provozován s daným počtem dep a hubů. Nicméně poměr velikosti tržeb ku velikosti provozních nákladů zůstane přibližně zachován i v případě daleko vyššího objemu přepravy.

Provádění svozu a rozvozu zásilek současně

Dosud bylo uvažováno s úplným oddělením svozní části procesu od části rozvozní. Prováděním svozu současně s rozvozem je možné dosáhnout znatelné úspory. Nicméně je třeba brát zřetel na to, že v případě svozu zákazníci často požadují dodržení nějakého časového okna. Pokud bude typickým zákazníkem zásilkový obchod, bude toto časové okno umístěno někdy v odpoledních hodinách, kdy zákazník odesílá objednávky došlé v průběhu

dne (např. 15 – 17 hodin). Existence velkého počtu takových časových požadavků koncentrovaných do krátkého časového úseku přirozeně navyšuje potřebný počet tras. Program GA-GED Vehicle Routing dokáže takovéto požadavky (tedy dodržení časových oken při uvažování současného svozu a rozvozu) zpracovat, jedná se však o velmi složitou úlohu a pokud má být dosaženo kvalitního řešení, bude výpočet trvat relativně dlouho (což je výsledek velkého počtu generací v genetickém algoritmu).

V modelovém příkladu nejsou časová okna definována. Dalším zjednodušením je uvažování pouze jediné časové periody – současně se svozem jsou tedy rozváženy zásilky, které mají být rozvezeny až následující den. Vzhledem k účelu celé simulace (ověření výše tarifu) však tato nelogičnost není na závadu, protože se předpokládá, že se celá situace v daném obvodu příliš nemění.

Při provádění svozu a rozvozu současně je v modelovém příkladu zapotřebí vykonat 126 jízd v případě obsluhy zákazníků, čemuž odpovídá celkově najetá vzdálenost 28 234 km a čas 917,2 hodiny. Celkové náklady na zajištění současného svozu a rozvozu tedy vycházejí na:

$$(28\,234 * 6,40) + (917,2 * 238) = 180\,698 + 218\,283 = 398\,981 \text{ Kč.}$$

V případě současného svozu z dep do hubu a rozvozu do dep z hubu je zapotřebí vykonat 6 jízd o celkové délce 1 395 km a době trvání 21,3 hodiny. Tomu odpovídají celkové náklady ve výši:

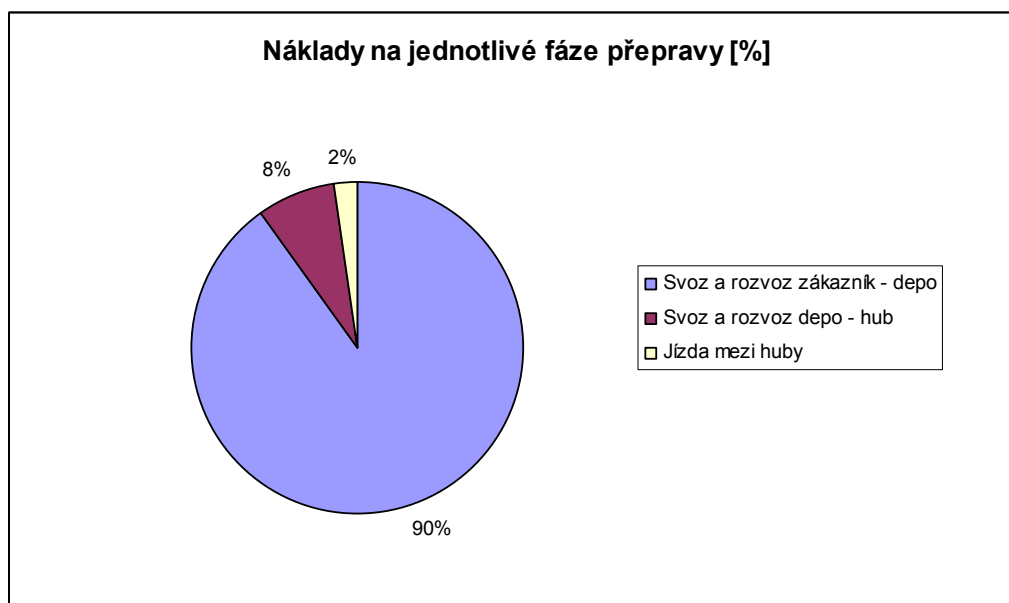
$$(1\,395 * 15,80) + (21,3 * 570) = 22\,035 + 12\,134 = 34\,169 \text{ Kč.}$$

Poslední fáze procesu, tedy přímé jízdy mezi huby, zůstává nezměněna. Zavedením současného svozu a rozvozu bez uvažování časových oken lze tedy docílit úspory ve výši 13 % z celkových nákladů. V tabulce 3-8 jsou oba případy porovnány, z obr. 3-5 je patrná skladba provozních nákladů dle jednotlivých fází přepravy.

Tab. 8 - Srovnání současného svozu a rozvozu s původní technologií

	Svoz a rozvoz odděleně	Současný svoz a rozvoz	Úspora
Počet jízd zákazník – depo	152	126	17 %
Délka jízd zákazník – depo [km]	31 904	28 234	12 %
Trvání jízd zákazník – depo [h]	964,4	917,2	5 %
Náklady na jízdy zákazník – depo [Kč]	433 666	398 981	8 %
Počet jízd depo – hub	10	6	40 %
Délka jízd depo – hub [km]	2 745	1 395	49 %
Trvání jízd depo – hub [h]	35,2	21,3	39 %
Náklady na jízdy depo – hub [Kč]	63 435	34 169	46 %
Celkové náklady (včetně přímých jízd) [Kč]	506 849	442 898	13 %

Zdroj: autoři



Zdroj: autoři

Obr. 5 - Náklady na jednotlivé fáze přepravy

ZÁVĚR

Autoři se domnívají, že se podařilo připravit prostředí pro řešení úloh VRP, které umožňuje jednoduše sestavit funkční model dopravní sítě z v současné době snadno dostupných geodat a v reálném čase si poradí s hledáním nejkratších cest i ve značně rozsáhlých sítích. Implementované algoritmy na řešení CVRP a VRT-TW podávají velice uspokojivé výsledky. Program GA-GED je využíván pro ověření adekvátnosti navržené výše tarifu. Celý postup lze zhruba popsat takto: Na základě znalosti počtu obyvatel v jednotlivých obcích jsou s daným rozdělením pravděpodobnosti náhodně generovány objednávky na rozvoz resp. svoz. Výsledkem jsou tak velké množství objednávek, které jsou na daném území víceméně reálně rozmístěny. Pro tyto objednávky jsou pak sestaveny trasy vozidel a

podle kalkulačního vzorce spočítány náklady na tyto trasy. Výsledné náklady jsou pak porovnány s příjmy utrženými při účtování dle daného tarifu.

*Příspěvek vznikl za podpory projektu Institucionálního výzkumu MSM 0021627505
„Teorie dopravních systémů“.*

POUŽITÁ LITERATURA

- (1) Široký, J., Slivoně, M. Optimalizace svozu a rozvozu kusových zásilek, Elektronický odborný časopis o technologii, technice a logistice v dopravě „Perner’s Contacts“, Univerzita Pardubice, DFJP, Katedra technologie a řízení dopravy, Pardubice, č. I, ročník V., duben 2010, str. 255-269, ISSN 1801-674X, dostupné z <<http://pernerscontacts.upce.cz/>>.
- (2) Slivoně, M., Rathouský, B., Císařová, H., Široký, J., GA-GED VR: software pro sestavu okružních jízd, Elektronický odborný časopis o technologii, technice a logistice v dopravě „Perner’s Contacts“, Univerzita Pardubice, DFJP, Katedra technologie a řízení dopravy, Pardubice, č. III, ročník V., listopad 2010, str. 305-314, ISSN 1801-674X, dostupné z <<http://pernerscontacts.upce.cz/>>.
- (3) Hall, R., Partyka, J. On the Road to Mobility – 2008 survey of vehicle routing software. Dostupné z <<http://www.lionhrtpub.com/orms/orms-2-08/vrss.html>>.
- (4) Janáček J. Optimalizace na dopravních sítích. Žilina. Žilinská univerzita v Žiline, 2006, ISBN 80-8070-586-0.
- (5) Pereira, F.B., Tavares, J., Machado, p. Costa, E. GVR: A New Genetic Representation for the Vehicle Routing Problem. In: Proceedings of the 13th Irish Conference on Artificial Intelligence and Cognitive Science, Springer-Verlag, 2002.
- (6) Pereira, F.B., Tavares, J., Machado, p. Costa, E. GVR: On the Influence of GVR in Vehicle Routing. In: Proceedings of the 2003 ACM Symposium on Applied Computing, ACM Press, 2003.
- (7) Pereira, F.B., Tavares, J., Machado, p. Costa, E. GVR: GVR Delivers It on Time. In: SEAL02 4th Asia-Pacific Conference on Simulated Evolution And Learning, 2002.
- (8) Dostupné z <<http://www.branchandcut.org/VRP/data>>.
- (9) Dostupné z <<http://web.cba.neu.edu/~msolomon/problems.htm>>.
- (10) Dostupné z <<http://shapelib.maptools.org/>>.
- (11) Dostupné z <<http://www.triplexware.huckfinn.de/shpapi.html>>.
- (12) Dostupné z <<http://www.rsd.cz/doc/Silnicni-a-dalnicni-sit/Silnicni-databanka-Ostrava/vyuziti-informacni-zakladny>>.
- (13) Dostupné z <<http://grass.fsv.cvut.cz/gwiki/FreeGeodataCZ>>.
- (14) Ertl, G.: Shortest Path Calculation in Large Road Networks. OR Spectrum, Springer-Verlag, 1998.