

VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ V PRAZE
FAKULTA INFORMATIKY A STATISTIKY

Disertační práce

2007

Mgr. Vít Cimburek

Vysoká škola ekonomická v Praze
Fakulta informatiky a statistiky
katedra ekonometrie

Plánování posádek v aerolinkách: Manpower Planning

doktorská disertační práce

Doktorand : Mgr. Vít Cimburek
Školitel : prof. Ing. Josef Jablonský, CSc.
Obor : Ekonometrie a operační výzkum

© 2007 Vít Cimburek
vtec@centrum.cz

při citaci uvádějte odkaz:
*Cimburek, V.: Plánování posádek v aerolinkách: Manpower Planning, disertační práce,
VŠE-FIS, Praha, 2007*

Praha, září, 2007

Prohlášení k disertační práci

Prohlašuji, že doktorskou práci na téma „Plánování posádek v aerolinkách: Manpower Planning” jsem vypracoval samostatně. Použitou literaturu a ostatní zdroje uvádím v přiloženém seznamu literatury.

V Praze dne 25. září 2007

.....

Podpis

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval především svému školiteli Prof. Ing. Josefu Jablonskému, CSc. za cenné připomínky a rady. Dále bych rád poděkoval Dr. Jířímu Volfovi za cenné náměty a doporučení.

ABSTRACT

The crew planning at the airlines: Manpower Planning

Just behind the fuel costs, the crew costs at the airline are the second biggest. The aim of each airline is to ensure safe operations with minimum crew numbers. The study describes a methodology of the crew numbers estimation within a year. We use an assignment that assigns each day of the crew an activity, executed by the crew member. The study presents a nonlinear model, that uses the assignment and aggregates working days of the crew to get the total crew number. The model is solved in Premium Solver Platform and in Lingo 7.

Keywords:

Crew Pairing, Crew Assignment, Manpower Planning.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Crewplanung bei Flugesellschaften: Personalplanung

Für Fluggesellschaften stellen die Ausgaben für das Flugpersonal den zweithöchsten Kostenfaktor nach den Treibstoffausgaben dar. Das Ziel jeder Fluggesellschaft ist es deshalb, die geltenden Sicherheitsstandards mit minimalem Aufwand an Flugpersonal zu gewährleisten. Diese Studie beschreibt eine Methode, die es ermöglicht die nötige Anzahl an Flugpersonal während des laufenden Jahres zu bestimmen. Dabei wird eine Methode angewendet, die jedem Crewmitglied für jeden Tag eine bestimmte Aufgabe zuordnet. Mit einem nichtlinearen Modell, das diese Zuordnungen und die Gesamtzahl der Arbeitstage verwendet, wird die nötige Anzahl an Flugpersonal errechnet. Die Modellierung wurde mit der Premium Solver Plattform und Lingo 7 erstellt.

Schlagwörter:

Crew Pairing, Crew Assignment, Manpower Planning, Personalplanung.

Obsah

1 Úvod.....	9
1.1 Struktura práce.....	9
1.2 Proč plánování posádek.....	10
1.3 Plánování posádek v aerolinkách.....	11
1.4 Přiřazení den-činnost.....	13
1.5 Počet FC/CC v měsíci.....	15
1.6 Roční plán FC/CC.....	19
1.7 Dosažení plánovaného počtu FC/CC.....	20
1.8 Současný stav plánování posádek.....	21
1.9 Cíle práce.....	22
2 Crew Pairing.....	23
2.1 Definice a vlastnosti Crew Pairing.....	23
3 Crew Rostering.....	30
3.1 Definice a vlastnosti Crew Rostering.....	30
4 Manpower Planning: Teoretická část.....	38
4.1 Definice a vlastnosti problému.....	38
4.2 Odhad vstupních parametrů.....	47
5 Manpower Planning: Případová studie v Českých aeroliniích.....	52
5.1 Odhad činností závislých na letovém řádu.....	53
5.2 Model pro FO B737 AEA2 počet.....	56
5.3 Řešení modelu FO B737 AEA2 počet v Premium Solver Platform.....	60
5.4 Řešení modelu FO B737 AEA2 počet v Lingo 7.....	61
5.5 Model pro CP B737 AEA2 počet.....	62
5.6 Řešení modelu CP B737 AEA2 počet v Premium Solver Platform.....	65

5.7 Řešení modelu CP B737 AEA2 počet v Lingo 7.....	66
5.8 Komentáře a pozorování.....	66
6 Závěr.....	68
7 Literatura.....	70
8 Dodatek 1: Slovník zkratk.....	72
9 Dodatek 2: Historická data.....	73
10 Dodatek 3: Model FO B737 v Lingo 7.....	74
11 Dodatek 4: Model CP B737 v Lingo 7.....	80
12 Dodatek 5: Počáteční a lokálně optimální řešení.....	87

1 Úvod

1.1 Struktura práce

V celé práci se používají cizojazyčné názvy pro jednotlivé úlohy a názvy z oboru letectví. U názvů z oboru letectví jsem vycházel z praxe, kde se cizojazyčné názvy standardně používají. Pro názvy úloh a problémů operačního výzkumu se domnívám, že je opět výhodnější používat anglické názvy a to hlavně proto, že většina publikací, která se zabývá problematikou, je cizojazyčná. Práce je rozdělena do pěti kapitol. Úvodní kapitola popisuje tři fáze plánování posádek v aerolinkách a poukazuje na problém počtu posádek v měsíci. Druhá kapitola obecně popisuje fázi Crew Pairing, třetí kapitola fázi Crew Rostering. Čtvrtá kapitola se zabývá první fází plánování posádek - Manpower Planning. Kapitola popisuje z teoretického hlediska model, jehož výstupem je počet posádek pro daný rok. Pátá kapitola se zabývá případovou studií v Českých aeroliniích. Model ze čtvrté kapitoly se zde používá pro odhad počtu kapitánů a druhých pilotů na typu B737 v roce 2006. V dodatku 1 jsou uvedeny používané zkratky a jejich význam.

1.2 Proč plánování posádek?

S příchodem nízkonákladových leteckých přepravců se z letecké dopravy stává standardní dopravní prostředek dostupný široké veřejnosti. Pomineme-li katastrofy typu 11. září, lze trend nárůstu a rozvoje očekávat i v budoucnosti. Aktuální zprávy agentury ACI (Airports Council International) z konce roku 2006 přináší odhady objemů přepravy pro období 2006-2025. Zpráva uvádí, že v příštích 20 letech se počet přepravených cestujících zdvojnásobí. Předpokládá se meziroční 4% nárůst pro příštích 20 let, který povede k 9 miliardám přepravených cestujících v roce 2025, oproti 4,2 miliardám v roce 2005. S nárůstem letecké dopravy lze očekávat i zvýšené nároky na systémové zabezpečení provozu a efektivitu procesů a to jak ze strany letišť tak i ze strany aerolinek. Operační výzkum nachází v letecké dopravě mnoho úloh a aplikací. Z pohledu letišť jsou důležité pohyby jednotlivých letadel a přiřazování k jednotlivým stojánkům (gates) viz [1]. Strategie ziskového působení aerolinek je založena na maximalizaci obsazenosti letadel a minimalizaci nákladů spojených s provozem. Mezi největší náklady aerolinek se řadí náklady na palivo, druhé největší jsou náklady na posádky. Výroční zprávy hlavních evropských aerolinek a aerolinek ve Spojených státech amerických tvrdí, že jejich náklady na posádky představují 1 000 000 000 dolarů ročně. Představme si situaci, kdy je na každý provozní den aerolinky k dispozici takový počet posádek, aby byl zabezpečen bezpečný provoz a posádky byly maximálně využity. Dosažení této situace je pro aerolinku jedním z hlavních strategických cílů.

1.3 Plánování posádek v aerolinkách

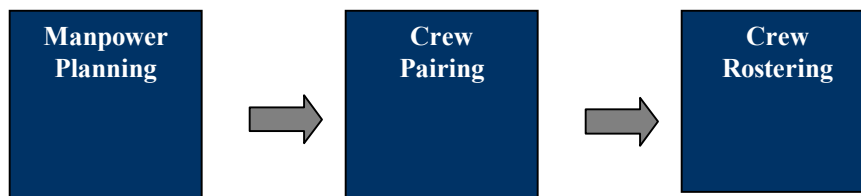
Plánování procesů v aerolinkách je obecně velmi komplexní problém. Právě velikost procesu plánování ho rozděluje na několik subprocessů, u kterých je výstup jednoho procesu vstupem procesu druhého. Zaměříme se na procesy, které vedou k plánování posádek. Na obrázku 1.1 je uvedena posloupnost jednotlivých procesů.



Obr 1.1- Procesy vedoucí k plánování posádek

Vstupem pro tvorbu letového řádu jsou odhady počtu pasažérů, resp. kilogramů carga, přepravovaných z jedné destinace do druhé. Cílem je vytvoření letového řádu tak, aby co nejlépe pokryl odhady s dostupným letovým parkem. Letový řád musí splňovat omezení daná přidělenými sloty, časovými údaji, které společnosti zaručují přístup na daná letiště. Výstupem letových řádů je množina tzv. legů, nonstop letů z jedné destinace do druhé. Letový řád je vstupem pro Fleet Assignment - přiřazení jednotlivých letek letadel ke konkrétním legům. Fleet Assignment Problem resp. Fleet Assignment Model je známý problém operačního výzkumu viz [20]. Cílem je přiřazení letek ke konkrétním legům tak, aby náklady byly minimální. Nelze-li letový řád pokrýt letadly, je nutno ho revidovat. Fleet Assignment Problem se používá u větších společností, kde je možná variabilita letek (skupina letadel stejného typu).

Plánování posádek lze rozdělit do tří základních fází. První je strategická a určuje, kolik posádek je třeba pro zkoumané období. U aerolinek s pravidelnou přepravou se všeobecně používá období letního letového řádu, které začíná poslední sobotu v březnu a končí poslední sobotu v říjnu, a období zimního letového řádu, které je vymezeno zbylou částí roku.



Obr 1.2- Plánování posádek

Většina evropských posádek má svůj plat rozdělen na fixní a variabilní složku. Tento fakt je velmi důležitý pro strategické rozhodování o cíleném počtu. Pro aerolinku by bylo nejvýhodnější, kdyby mohla vyplácet posádky pouze za odvedenou činnost, bez fixního platu. V této situaci by odhad počtu posádek byl jednoduchý, protože cílený počet by nemusel být minimální. Další možností, jak řešit problém s určováním počtu posádek, je agenturní zaměstnávání posádek. Aerolinka si vyžádá od agentury potřebný počet posádek, které pak využívá ve sjednaném období. Pro aerolinku je tato možnost výhodná po operativní stránce. Odpadají komplikace spojené s výcvikem a školením posádek, agentura dodá přesně požadovaný typ posádky. První nevýhodou mohou být zvýšené náklady, které vycházejí z faktu, že agentura generuje zisk. Druhou nevýhodou je otázka bezpečnosti provozu. I přes to, že agenturní posádky mají rovnocenné kvalifikace, může se úroveň výcviku ve společnosti a v agentuře lišit. Agenturní zaměstnávání a postup, který vede k snižování fixní složky platu posádek, není populární především u aerolinek se silnými odbory. Cílem odborů je maximalizovat fixní složku mzdy a udržet standard kvality výcviku. Odhadování počtu personálu se v literatuře nazývá Manpower Planning. Po zajištění potřebného počtu posádek na plánované období a po pokrytí legů letadly je dalším krokem Crew Pairing. Pairing je sekvence legů, která začíná a končí v jedné destinaci. Pairing se skládá nejen z jednotlivých legů, ale i z návozů, kdy se posádka převáží z jedné destinace do druhé a nepodílí se na řízení letounu (deadheading). Dále se skládá z pobytů, kdy posádka zůstává na nedomácím letišti (lay-overs). Celý pairing je

většinou realizován členem resp. členy posádky. Pairing je tvořen tak, aby splňoval omezení daná bezpečnostní normou¹, která vychází z požadavků národního ÚCL, interní kolektivní smlouvy a zákoníku práce. Norma je obecně různá společnost od společnosti. Po vytvoření pairings je dalším krokem přiřazení pairings ke konkrétním členům posádky (Crew Assignmet/Rostering Problem) tak, aby byly zachovány požadavky na dovolené, výcvik apod. Změny letového řádu jsou velmi časté, přidávání charterových letů, změna typu na lince apod., a proto je třeba výsledný plán neustále aktualizovat. Konečné úpravy probíhají v den realizace jednotlivých letů.

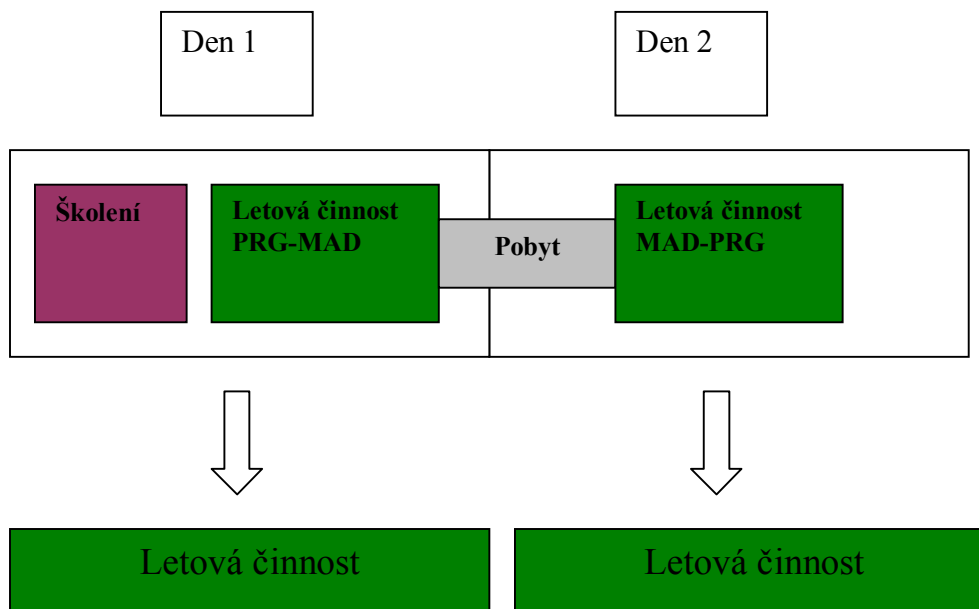
Plánování posádek je ve většině leteckých společností na měsíční bázi, po dokončení plánu na budoucí měsíc začíná plánovač pracovat na dalším měsíci. Měsíční plán se vytváří u pilotů (FC) pro každou funkci tj. kapitán (CP), druhý pilot (FO) a typ (např. B737, A320 atd.) samostatně. U palubních průvodčích (CC) se měsíční plán vytváří pro každou funkci purser (PS) resp. vedoucí kabiny (VK), řadový steward (PP), také samostatně. Hlavním důvodem pro toto rozdělení u FC je jednotypovost. CP na B737 nemůže být CP na A320 apod. U stewardů platí vícetypovost, standardně může CC pracovat na 2-3 typech.

1.4 Přiřazení den-činnost

Měsíční plán FC/CC se skládá z různých činností, které připadají na každý den v měsíci. Na jeden den připadá více činností, FC/CC může od 10:00-12:00 absolvovat školení, poté od 15:00-18:00 odletět do Madridu a od 18:30-23:59 být na pobytu, protože se linka vrací zpět v 8:00 následujícího dne. FC/CC v daný den vykonával tři různé činnosti. Počet všech možných činností (objektů) záleží na konkrétním Crew Manegment Systému (CMS) a interních regulích společnosti. Měsíční plán rozdělíme na člověkodny tak, aby každému dnu, kdy FC/CC vykonává nějakou činnost (činnosti) připadla právě jedna

¹ Normou rozumíme soubor pravidel a omezení pro letecké posádky. Pravidla a omezení se týkají doby letu, doby služby, doby nuceného odpočinku apod. Parametry modelu v kapitole 6 vychází z kolektivní smlouvy ze 31.3.2005, podepsané představenstvem ČSA a odborovou organizací CZ ALPA.

činnost. Činnosti seřadíme absolutně od nejvýše preferované po nejnižše preferované. Toto pořadí jednoznačně určí, která činnost je člověkodnu přiřazena. Druhá možnost je preference na základě délky činnosti ve zkoumaný den. Člověkodnu je přiřazena ta činnost, která má ve zkoumaný den největší délku (v čase). Přiřazení ilustruje následující obrázek.



Obr 1.3 - Přiřazení činnosti ke dni

Při obsazování jednotlivých linek (Crew Assignment) mohou nastat dva extrémní případy. V prvním případě je pro danou kombinaci funkce/typ (FC), resp. funkce (CC) nedostatek FC/CC a linky letového řádu nelze pokrýt. Problém se většinou řeší přesouváním neletových činností, dovolených a dní volna na jiná období. Tato opatření nejsou ze strany FC/CC populární a nemusí být v souladu s pravidly pro plánování posádek ve společnosti. Druhý extrém nastává při nadbytku FC/CC v daném měsíci. Problém se může řešit opačně, přesouváním neletových činností, dovolených a dnů volna do daného měsíce, to však může být opět v rozporu s pravidly pro plánování posádek ve společnosti.

Nadbytek doprovází snížený nálet a výsledně snížená produktivita. Vzhledem k faktu, že náklady na FC/CC jsou po nákladech na palivo druhé největší, je odhad počtu FC/typ/funkce/měsíc, resp. CC/funkce/měsíc, zásadní problém.

1.5 Počet FC/CC v měsíci

Při strategickém plánování letecké společnosti v horizontu několika let se pro určení potřebného počtu vychází z koeficientu na letadlo. Koeficient určuje, kolik je třeba posádek na jedno letadlo jednoho typu. Získává se z historie a je možno ho porovnávat s koeficienty ostatních společností. Koeficient získáme tak, že počet FC/typ vydělíme počtem letadel daného typu. Jedná se o „nejhrubší“ odhad, který se většinou používá ve společnostech s pevným letovým řádem a stabilním letovým parkem. Samotný pojem počet je nutné definovat resp. kategorizovat. V extrémním případě, kdy k prvnímu dnu v měsíci nastoupí všichni CP/B737 na mateřskou dovolenou, nebude plánovač schopen obsadit ani jednu linku. Pro oddělení, jehož úkolem je obsazování linek FC/CC, jsou FC/CC na mateřské dovolené, dlouhodobě nemocní apod., nepodstatní. Obecně definovat počet FC/CC v daném měsíci je problém. Záleží opět na CMS a regulích konkrétní společnosti.

Skupinu činností rozdělíme na ty, na které společnost vynakládá finanční prostředky, a na ty, na které nevynakládá žádné finanční prostředky. Skupina všech člověkodní se rozdělí na dvě části. Člověkodny, na které vynakládá společnost náklady, sečteme a vydělíme počtem dní v měsíci. Získáme tak průměrný počet FC/CC, na které společnost vynakládá prostředky. Podobně lze definovat počet FC/CC tak, že zvolíme koeficient např. 0,5. FC/CC započítáme do stavu, jestliže je počet dní zkoumaného FC/CC, na které společnost vynakládá finanční prostředky, větší nebo roven součinu $0,5 \cdot \text{počtu dní}$ v měsíci. Když je menší, FC/CC nezapočítáváme. Obecně definujeme libovolný počet tak, že z celkového počtu člověkodní vymežíme určitou podmnožinu člověkodní, kterou následně vydělíme počtem dní v měsíci.

$$P = \frac{\sum \text{člověkodny}}{p}, \quad (1.1)$$

kde p je počet dní v měsíci.

Takto definovaný počet je možno použít nejen na měsíční bázi. Při srovnávání výkonů FC/CC v různých společnostech se jako porovnávací kritéria používají různě definované nálety. Náletem se rozumí podíl odlétaných hodin (blokohodin) a počtu FC/CC. Pro ilustraci uvádíme definice náletů sdružení AEA (Airlines European Association) viz [24].

Definice FC

Cockpit Crew Numbers (1): is the monthly average (over the whole year) of all line flight deck crew **physically available** for flying duties, whether temporary or permanent, on the payroll of the reporting airline in the year under review, **but excluding trainees, upgrading crew members** and **duty time on the ground**.

Počet pilotů(1): je měsíční průměr (počítaný za celý rok) všech pilotů **fyzicky disponibilních** pro letovou službu, kteří jsou (dočasně nebo trvale) na výplatí pásce aerolinky. Mezi tyto piloty se nezapočítávají piloti, kteří jsou ve **vstupním výcviku, piloti ve výcviku za účelem zvýšení kvalifikace a piloti vykonávající službu na zemi**.

Total Revenue Cockpit Crew Hours Flown (2): is the total „block hours“ effectively flown on revenue services by flight deck crew personnel as reported. It excludes „deadhead“ hours and any duty time before commencement of aircraft block time (chock off) and after termination of aircraft block time (chock on).

Celkové odlétané blokohodiny pilotů (2): jsou celkové blokové hodiny odlétané piloty na linkách provozovaných aerolinkou. Do blokohodin se nezapočítávají návozy pilotů a všechen čas před a po pohybu letadla.

Revenue Hours Flown per Crew Member: (2)/(1)

Průměrný nálet člena posádky: (2)/(1)

Definice CC

Total Number of Cabin Attendants and Purser (1): is the monthly average over year, whether temporary or permanent, on the payroll of the reporting carrier, but excluding trainees and duty time on the ground.

Počet palubních průvodčích(1): je měsíční průměr (počítaný za celý rok) všech palubních průvodčích, kteří jsou (dočasně nebo trvale) na výplatní pásce aerolinky. Mezi tyto palubní průvodčí se nezapočítávají palubní průvodčí, kteří jsou ve **vstupním výcviku a palubní průvodčí vykonávající službu na zemi.**

Total Revenue Cabin Crew Hours Flown (2): is the total „block hours“ effectively flown on revenue services by cabin crew personnel as reported. It excludes „deadhead“ hours and any duty time before commencement of aircraft block time (chock off) and after termination of aircraft block time (chocks on).

Celkové odlétané blokohodiny palubních průvodčích (2): jsou celkové blokové hodiny odletěné palubními průvodčími na linkách provozovaných aerolinkou. Do blokohodin se nezapočítávají návozy palubních průvodčích a všechen čas před a po pohybu letadla.

Av Crew Utilization Hrs: (2)/(1)

Průměrný nálet člena posádky: (2)/(1)

Metodický nedostatek, který je zřejmý na první pohled, je rozdíl v definicích pro FC a CC. V definice pro FC se požaduje fyzická disponibilita. Pro další použití budeme vycházet z definice FC. Definice FC dává návod jak vymezit z celkové množiny člověkodní dny, z kterých získáme počet *Cockpit Crew Numbers* (1). Nejprve získáme dny „*physically available*“ tak, že z množiny všech dnů vyloučíme dny, ve kterých je FC/CC práce neschopný, na mateřské dovolené, na neplaceném volnu apod. Dny „*but excluding trainees, upgrading crew members*“ jsou dny, ve kterých je FC/CC v libovolném výcviku, dny „*duty time on the ground*“ jsou dny, ve kterých vykonává FC/CC neletovou činnost (školení, letová záloha, simulátor apod.). Po odečtení těchto dnů zbývají letové dny, dny nuceného volna a dny pobytu. Počet FC/CC v měsíci definovaný podle AEA získáme pomocí (1.1) a značíme ho jako P_{AEA} . Definice počtu AEA je určena pro všechny členy asociace, proto je velmi obecná a ve svém důsledku nepřesná, protože se činnosti členů asociace liší.

Bloko hodiny *Total Revenue Cockpit Crew Hours Flown* (2) je doba, kterou stráví FC/CC aktivně v letounu vymezená nahozením motoru letounu v místě odletu a vypnutím motoru v místě příletu. Do této doby se nezapočítává doba tzv. „*deadheads*“.

„*Deadheads*“ je doba návozu, při které je FC/CC v letounu pasivně jako cestující. Tuto dobu označujeme dále v textu jako BLK.

Nálet AEA potom definujeme jako

$$N_{AEA} = \frac{\sum P_{AEA} BLK}{P_{AEA}} \quad (1.2)$$

Obecně lze definovat libovolný nálet N vymezením množiny člověkodní, ze které získáme počet P_N .

$$N = \frac{\sum_{P_N} BLK}{P_N} \quad (1.3)$$

Pro další účely je výhodné definovat počet AEA2. Pro libovolné období získáme AEA2 počet tak, že sečteme všechny letové a pobytové dny v dané skupině letových posádek a součet vydělíme počtem dní v období.

$$P_{AEA2} = \frac{\sum_{FC} \text{letové dny} + \text{pobytové dny}}{p_1} \quad (1.4)$$

Nálet AEA2 potom definujeme

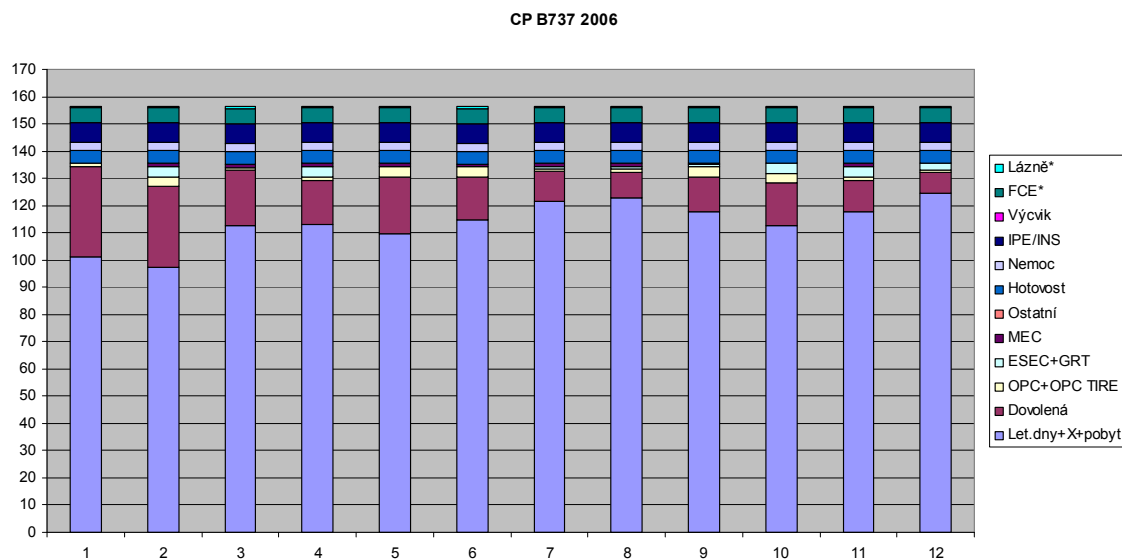
$$N_{AEA2} = \frac{\sum_{P_{AEA2}} BLK}{P_{AEA2}} \quad (1.5)$$

1.6 Roční plán FC/CC

Roční plán FC/CC je při sestavování finančního plánu na budoucí rok jedním z nejdůležitějších prvků. Plánovaný počet FC/CC indikuje předpokládané náklady. V ročním plánu je kromě plánovaného počtu FC/CC důležité rozložení jednotlivých činností FC/CC v roce. Počet FC/CC, potřebný k letovým službám (P_{AEA2}) je většinou přímo úměrný blokohodinám. Nárůst blokohodin je v letních měsících způsoben větší poptávkou po letecké přepravě. Další nárůst resp. pokles blokohodin je způsoben

nárůstem resp. poklesem počtu provozovaných letadel. Při tvorbě ročního plánu je třeba tato strategická rozhodnutí respektovat a zakomponovat do plánu.

Činnosti podléhají interním pravidlům společnosti, která jsou většinou definována v kolektivní smlouvě s odbory. Obsahují požadavky na množství činností v měsících roku. Činnosti převedeme pomocí (1.1) na jednotky „počet“ a počty výsledně agregujeme do jednotlivých měsíců v roce. Cílem při vytváření ročního plánu je minimalizace počtu FC/CC při zabezpečení provozu a dodržení těchto pravidel.



Obr 1.5- Roční plán CP B737

Počet FC/CC je v ročním plánu viz obr 1.5. v každém měsíci stejný. Ke skutečným činnostem lze dodefinovat prázdnou činnost. Prázdná činnost slouží jako pomůcka pro „zarovnání“ ročního plánu. Přítomnost prázdné činnosti indikuje neefektivnost rozložení činností v plánu.

1.7 Dosažení plánovaného počtu FC/CC

Po vytvoření ročního plánu pro jednotlivé Typ/Funkce u FC resp. funkce u CC je dalším krokem uskutečnění plánovaných počtů. Aktuální počty FC/CC nemusí být shodné

s plánovanými počty. Nástroje k dosažení jednotlivých počtů jsou jednotlivé přechody mezi typ/funkce u FC, funkce u CC, dále nábor nových FC/CC, odchod do důchodu nebo nucený odchod. Na každý z možných přestupů vynakládá společnost různé finanční prostředky. Cílem je nalézt množinu přestupů tak, aby náklady na dosažení plánovaného počtu byly minimální. Konkrétní požadovaný výstup je počet přestupů na typ/funkce u FC a na funkce u CC. Přestupy (konkrétní výcvik) jsou poté opět implementovány jako činnosti do ročního plánu. Tento postup sebou přináší dva nedostatky. První je ten, že úlohu nelze ve skutečnosti takto definovat. Většina národních přepraveců vypisuje výběrová řízení, do kterých se může přihlásit každý člen FC/CC. Nelze určit kdo a kam půjde a kdo projde výběrovým řízením. Náklady po dosažení plánovaného počtu potom nejsou minimální.

Druhý nedostatek je v tom, že nejprve definujeme úlohu, jejíž výstupy jsou plánované počty. Potom definujeme úlohu, která určuje, jak tyto počty získat. Tuto realizaci přeneseme zpět do první úlohy, kterou opět řešíme. Správně by tedy první úloha měla druhou úlohu implicitně obsahovat. Pro ilustraci uvedeme příklad. Plánovaný počet CP B737 je 100, aktuální 95, z druhé úlohy zjistíme, že optimální je přechod z CP A320. Do úlohy 1 musíme zakomponovat 5 výcviků (činností) tak, aby výsledný počet byl 100.



Obr 1.6- Postup při odvození plánovaného počtu

1.8 Současný stav plánování posádek

Crew Pairing Problem a Crew Assignment Problem patří mezi problémy operačního výzkumu již několik desítek let. K problémům existuje řada článků a odborných publikací.

V literatuře se odhad počtu personálu označuje jako Manpower Planning. Pro letové posádky se název úlohy určení optimálního počtu liší společnost od společnosti. Setkáváme se s pojmy Air Crew Manpower Planning, Crew Capacity Planning. Vlastním problémem se komerčně zabývají především společnosti Carmen Systems AB viz [25], Sabre Airline Solution viz [26], Lufthansa Systems [27], Kite [28]. Všechny čtyři společnosti se zabývají vývojem CMS, který z pohledu operačního výzkumu zastřešuje především Crew Pairings Problem a Crew Assignmet/Rostering Problem. Carmen Systems, Sabre Airline Solution nabízí konkrétní modul ve svém CMS, který problematiku řeší. Odborné publikace a články týkající se tématu Crew Manpower Planning se nepodařilo získat.

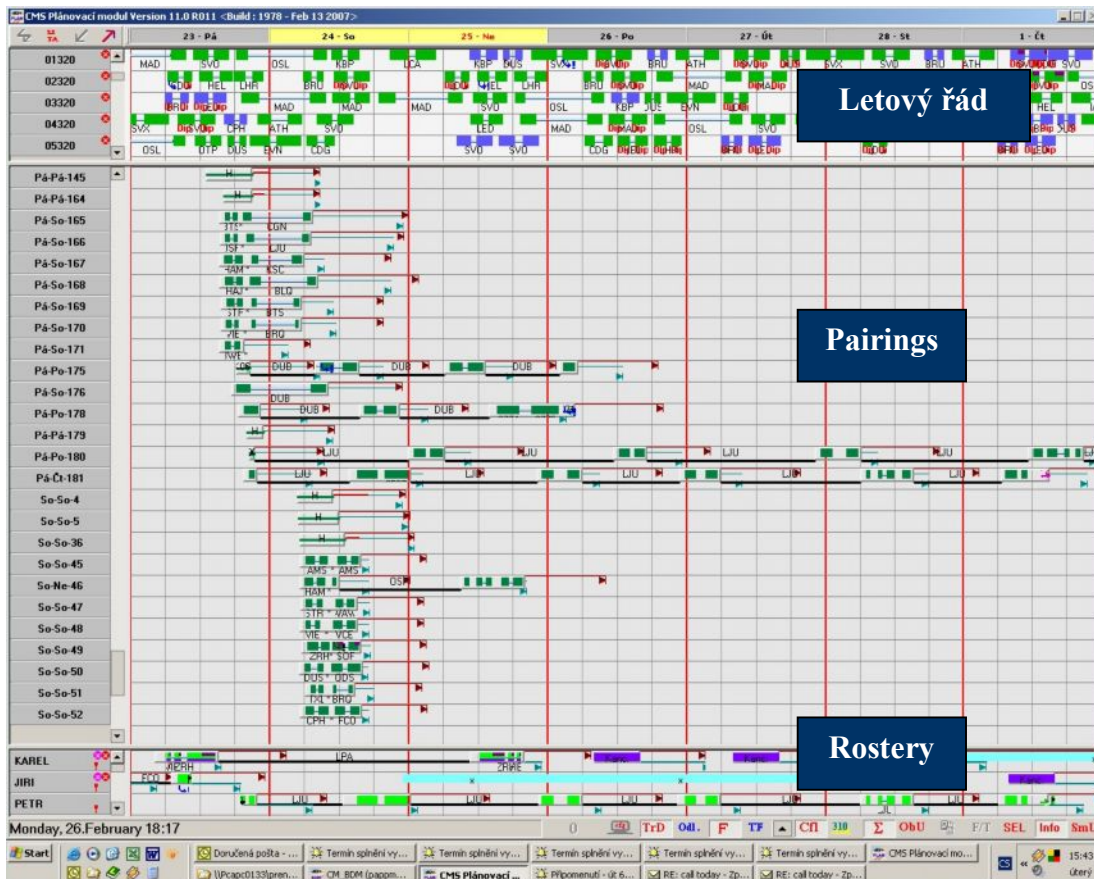
1.9 Cíle práce

Prvním z cílů této publikace je seznámení s problematikou plánování posádek v aerolinkách a jeho jednotlivých fází. Články a odborné publikace týkající se této problematiky jsou cizojazyčné a jsou zaměřeny na jednotlivé fáze plánování posádek. Cílem je vytvořit ucelený náhled na problematiku. Druhým z cílů této práce je nalezení metodiky odhadu počtu FC/CC (Manpower Planning) pro dané období. Metodika by měla sloužit jako návod pro vytvoření vhodné aplikace, kterou lze využít v praxi. Hlavním omezením hledané metodiky je časová náročnost získání odhadu. Omezení vychází přímo z požadavků praxe leteckého průmyslu, kdy se podmínky ovlivňující řešení, mění často ze dne na den.

2 Crew Pairing

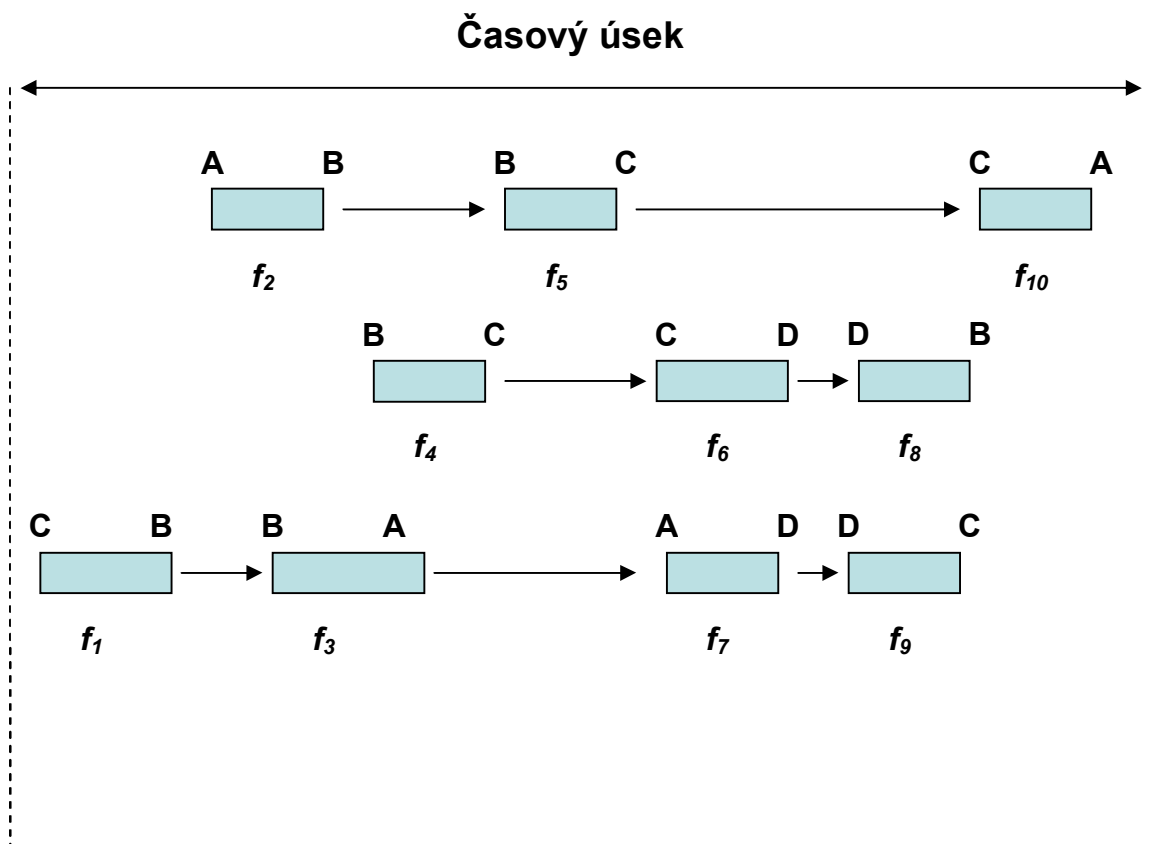
2.1 Definice a vlastnosti Crew Pairing

Problém nazývaný Crew Scheduling Problem je pro aerolinky z hlediska nákladů velmi důležitý. Tento problém je často rozdělován na dva menší problémy: Crew Pairing Problem (CPP) a Crew Rostering Problem (CRP). Vstupem pro Crew Pairing Problem jsou plánované lety, které tvoří letový řád. Cílem je přiřadit posádkám plánované legy tak, aby byly všechny legy pokryty a zároveň byla hodnota kritériální funkce minimální. Legy jsou seskupovány do menších skupin, které se nazývají pairings nebo rotations.



Obr. 2.1-Ukázka CMS společnosti Kite, který se používá v Českých aeroliniích

Tyto sekvence legů musí začínat a končit na domácím letišti. Pairings obsahují obvykle několik legů. Pairings jsou anonymní, nejsou přiřazovány konkrétním posádkám a jsou generovány pro určitý časový úsek. Na obrázku 2.1 je znázorněn náhled na aplikaci CMS společnosti Kite. Prostřední část znázorňuje okno, kde se vytváří jednotlivé pairings. Některé pairings jsou pouze jednodenní, některé naopak trvají několik dní.



Obr 2.2 Příklad Crew Pairing Problem

Na obr. 2.2 je znázorněna část letového řádu. Na tomto příkladě budeme ilustrovat Crew Pairing Problem. Tři řádky znamenají, že se jedná o tři letadla. Cílem je najít „dobrou“ množinu pairings tak, aby byly pokryty všechny legy v letovém řádu v daném časovém úseku. Předpokládáme, že časový úsek se periodicky opakuje. Jednoduchá pravidla daná aerolinkami pro tvorbu pairings mohou být následující:

- Pravidlo 1: Pairing nemůže mít více než čtyři legy.
- Pravidlo 2: Pairing musí začínat a končit na letišti A nebo B
- Pravidlo 3: Pairing nemůže být delší než časový úsek.
- Pravidlo 4: Doba mezi dvěma následujícími legy nemůže být kratší než 40 min.

Předpokládejme, že doba mezi legy f_9 a f_{10} je 25 minut. Mezi všemi ostatními legy, které se nepřekrývají, je vždy větší než 40 minut. Podle uvedených pravidel získáme výčtem množinu P všech přípustných pairings pro daný letový řád:

- $p_1: f_2 \longrightarrow f_5 \longrightarrow f_{10}$
 $p_2: f_2 \longrightarrow f_4 \longrightarrow f_{10}$
 $p_3: f_3 \longrightarrow f_7 \longrightarrow f_9 \longrightarrow f_1$
 $p_4: f_3 \longrightarrow f_7 \longrightarrow f_8$
 $p_5: f_4 \longrightarrow f_6 \longrightarrow f_8$
 $p_6: f_4 \longrightarrow f_6 \longrightarrow f_9 \longrightarrow f_1$
 $p_7: f_4 \longrightarrow f_{10} \longrightarrow f_2$
 $p_8: f_4 \longrightarrow f_1$
 $p_9: f_5 \longrightarrow f_{10} \longrightarrow f_2$
 $p_{10}: f_5 \longrightarrow f_6 \longrightarrow f_8$
 $p_{11}: f_5 \longrightarrow f_6 \longrightarrow f_9 \longrightarrow f_1$
 $p_{12}: f_5 \longrightarrow f_1$
 $p_{13}: f_7 \longrightarrow f_9 \longrightarrow f_1 \longrightarrow f_3$
 $p_{14}: f_7 \longrightarrow f_8 \longrightarrow f_3$

Dvě přípustná řešení crew pairing problem jsou $\{p_1, p_3, p_5\}$, $\{p_1, p_4, p_6\}$. Jestliže definujeme kriteriální funkci, můžeme z přípustných řešení vybrat optimální řešení.

Množina P všech přípustných pairings neobsahuje pairing

$$f_1 \longrightarrow f_2 \longrightarrow f_4 \longrightarrow f_6 \longrightarrow f_9.$$

Pairing totiž porušuje první a druhé pravidlo. Množina P všech přípustných pairings dále neobsahuje pairing

$$f_7 \longrightarrow f_9 \longrightarrow f_{10},$$

protože doba mezi legy f_9 a f_{10} je 25 minut a je tím porušeno čtvrté pravidlo.

Vlastnosti Crew Pairing Problem

- Druh posádky a typ letky (typ letadla): Posádka se často skládá z různých skupin, např. piloti a stewardi. Každá skupina posádky má v aerolinkách různá pravidla a omezení a je placen jinou sazbou. Proto se problém dělí pro jednotlivé skupiny posádek. The Crew Pairing Problem je pro stewardy „větší“ než pro piloty, naopak pro náklady to platí obráceně. Náklady na piloty jsou větší než na stewardy. U pilotů je většinou vícetypovost nemožná, mohou obsluhovat pouze jeden typ letadla. Naopak u stewardů je povolena vícetypovost (2-3 typy). Z těchto důvodů rozdělujeme problém podle druhu posádky a typu letadla.
- Pravidelnost letového řádu: Pravidelnost letového řádu je úzce spjata s jeho velikostí. V publikacích [2], [3] nalezneme informace o pravidelnosti letových řádů hlavních aerolinek ve Spojených Státech. Provozují denní letové řády s velkým množstvím legů. Evropští dopravci používají týdenní letové řády. Po vytvoření pairings pro toto období (den, týden,...) používáme pairings pro Crew Assignment Problem pro vytvoření konkrétního plánu pro konkrétního člena posádky.
- Struktura sítě: Struktura sítě je dalším důležitým aspektem. Vlastní síť je definována požadavky trhu a kapacitou aerolinek. Ovlivňuje také tvorbu pairings. Z operačních důvodů je výhodné provozovat tzv. hub and spoke síť. Hub and spoke síť znamená, že spojení dvou spoke destinací tj. destinací, které nejsou hub,

je realizováno jako spoke-hub-spoke. Výhody tohoto uspořádání jsou ekonomické, aerolinka může minimalizovat náklady s provozováním pracovišť na dalších letištích. Z operačního hlediska je toto uspořádání také výhodné v tom, že využívá letové zálohy v hubu. Technické problémy, počasí, hustota letového provozu mohou způsobovat zpoždění a následné omezení pracovní činnosti posádky. V případě, že posádka již nemůže dál pokračovat ve službě, použijí se letové zálohy z hubu.

- Pravidla a omezení: Každá aerolinka má svá pravidla a omezení, která definují přípustnost daného pairing. Vycházejí z nadnárodních pravidel (FAA-Severní amerika, EASA-Evropa), Národních pravidel (Ústav Civilního letectví-Česká republika) a konkrétní normou vydanou společností. Často se přidávají omezení, která zmenšují množinu přípustných pairings. U národních dopravců vycházejí především z požadavků odborů. Pravidla a omezení jsou velmi složitá a problém značně komplikují.
- Struktura nákladů: Struktura nákladů je různá společnost od společnosti. Některé aerolinky používají pevnou sazbu za odpracovanou hodinu. Některé vyplácejí fixní měsíční mzdu s garancí minimálního počtu hodin. Některé rozdělují mzdu na fixní a variabilní část. Velikost variabilní složky se odvíjí od odletěných hodin. Cena pairings obsahuje kromě letové doby také náklady spojené s pobytem posádky mimo své domovské letiště (ubytování, transport), deadheading (návoz - posádka se přepravuje v letadle jako cestující).

Matematický model

Nechť je dán aerolinkami letový řád, který každému letadlu přiřadí konkrétní leg. Cílem Crew Pairing Problem je vytvořit sekvence legů tak, aby byly všechny legy pokryty a celkové náklady na posádky byly minimální.

Crew Pairing Problem je často definován jako Set Partitioning Problem,

$$\begin{aligned} \min \quad & c^T x \\ \text{s.t.} \quad & Ax = e \\ & x \in \{0,1\}^n, \end{aligned} \tag{2.1}$$

kde A je matice typu (m,n) .

Počet legů, které je třeba pokrýt je m , počet všech přípustných pairings je n . Každý sloupec matice A představuje přípustný pairing a každá řádka matice A představuje leg, který má být provozován. Vektor e je jednotkový vektor. Jeho význam spočívá v tom, že každý let musí být pokryt právě jedním pairingem. Někdy je e nahrazen celočíselným vektorem, který vyjadřuje, kolik členů posádky je třeba pro daný leg (podrobněji viz [3]). Jestliže je $A_{ij}=1$, pairing j pokrývá leg i . Opačně, jestliže $A_{ij}=0$, pairing j nepokrývá leg i . Cena pairingu j je daná c_j . Proměnná x_j určuje, zda je či není daný pairing v optimálním řešení. Cena c_j pairingu obsahuje náklady na posádku včetně nákladů na ubytování.

Příklad ze začátku odstavce teď můžeme formulovat jako celočíselný problém:

$$\begin{aligned}
\min \quad & \sum_{j=1}^{14} c_j x_j \\
s.t. \quad & x_3 + x_6 + x_8 + x_{11} + x_{12} + x_{13} = 1 \\
& x_1 + x_2 + x_7 + x_9 = 1 \\
& x_3 + x_4 + x_{13} + x_{14} = 1 \\
& x_2 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 = 1 \\
& x_1 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} = 1 \\
& x_5 + x_6 + x_{10} + x_{11} = 1 \\
& x_3 + x_4 + x_{13} + x_{14} = 1 \\
& x_4 + x_5 + x_{10} + x_{14} = 1 \\
& x_3 + x_6 + x_{11} + x_{13} = 1 \\
& x_1 + x_2 + x_7 + x_9 = 1 \\
& x_j \in \{0,1\}^n, \quad j = 1, \dots, 14
\end{aligned} \tag{2.2}$$

Častým jevem při plánování posádek je používání návozů (deadheading) k přesunutí posádky z jednoho letiště na druhé. Návoz sebou přináší další vícenáklady pro pairing, který tento návoz obsahuje. Ze Set Partitioning Problem se stává Set Covering Problem, což znamená, že každý leg je pokryt minimálně jedním pairingem [3], [19]

Generace pairingů

Při generaci pairingů se nepostupuje tak, že se generují všechny pairingsy pro celý časový úsek. V práci [21] autor uvádí, že 297 legů generuje řádově miliony pairingů. Proto se postupuje podle dvou možných variant: generovat všechny pairingsy pro podmnožiny legů nebo generovat omezenou množinu pairingů pro všechny legy. Pro detailní rozbor prvního postupu odkazujeme na [2], [19], [7], [8], [9], [23].

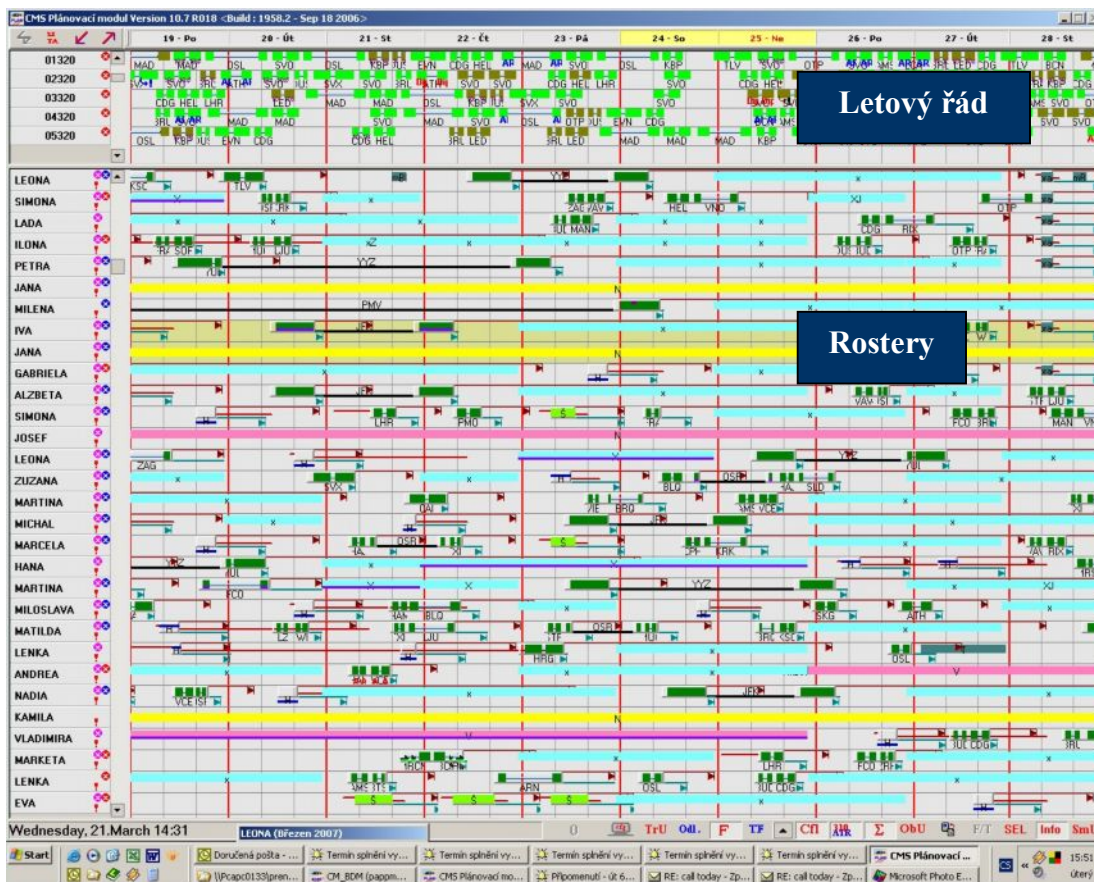
Pro detailní rozbor druhého postupu odkazujeme na [16], [5], [22], [10].

3 Crew Rostering

3.1 Definice a vlastnosti Crew Rostering

V odstavci Crew Pairing se zmiňujeme o tom, že problém Crew Scheduling rozdělujeme na dvě části: Crew Pairing Problem a Crew Rostering Problem. V této části se budeme zabývat Crew Rostering Problem.

Crew Rostering Problem je fáze plánování posádek, ve které jsou posádkám přiřazovány konkrétní činnosti. Členům posádky se přiřazují letové činnosti, dny volna, dny dovolené apod. a vytváří se jejich konkrétní plán. Protože se jedná o přiřazování, označuje se problém také jako Crew Assignment Problem.



Obr 3.1- Ukázka CMS společnosti Kite, který se používá v Českých aeroliniích

Na rozdíl od Crew Pairing Problem, kde jsou jednotlivé pairings anonymní, přiřazujeme v Crew Rostering Problem konkrétní činnosti konkrétním posádkám.

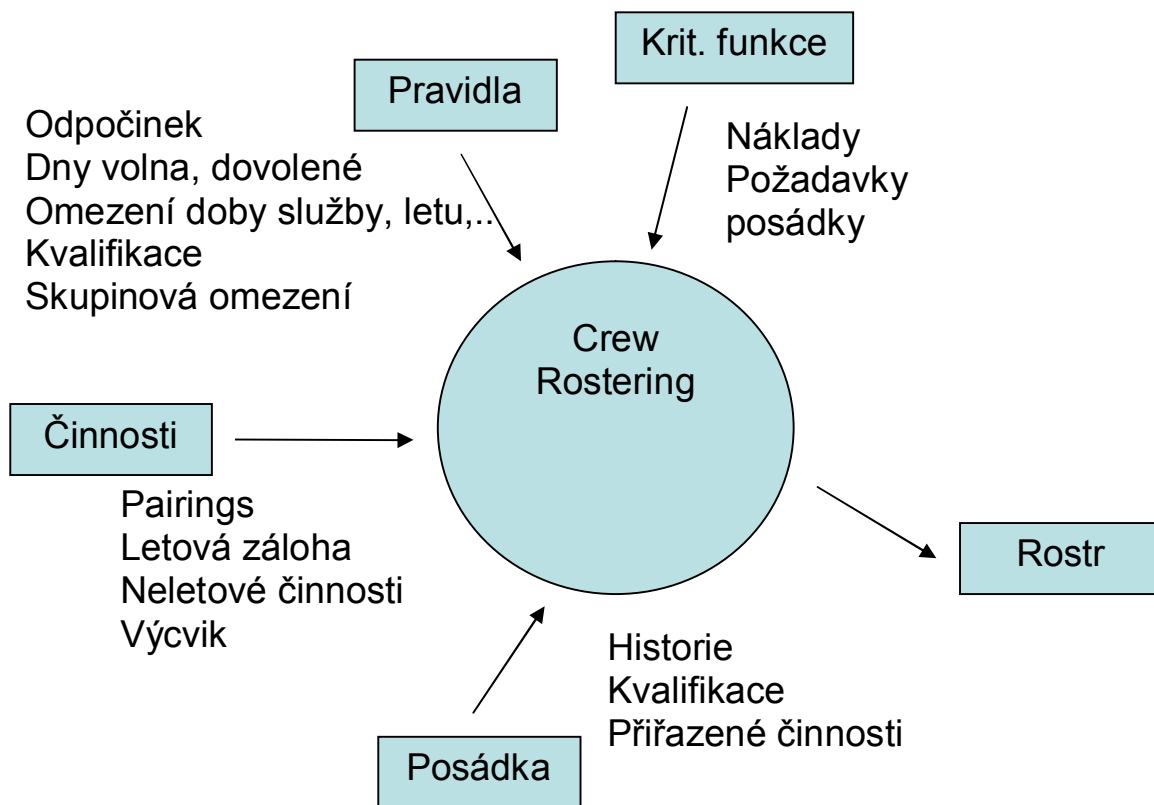
Řádek (roster) je plán činností konkrétního člena posádky na určité období. Rostery se vytváří samostatně pro piloty (FC) a pro palubní průvodčí (CC). U pilotů se dále rostery rozdělují podle typů letadel (např. B737, A310) a funkcí (kapitán-CP, druhý pilot-FO). U palubních průvodčích se rostery dělí podle funkcí (purser-PS, vedoucí kabiny-VK, palubní průvodčí-PP). Na obrázku 3.1 je znázorněna aplikace společnosti Kite, která se používá v Českých aeroliniích. Horní část zobrazuje letový řád tvořený jednotlivými legy. Dolní část zobrazuje konkrétní rostery (řádky) posádek s naplánovanými činnostmi. Princip tvorby rosteru je v jednotlivých aerolinkách různý. V severní Americe se roster vytváří ve dvou krocích. Nejprve se vytvoří anonymní rostery (podobně jako u Crew Pairing Problem). Tyto anonymní řádky činností se nazývají „bidlines“ a jsou následně přiřazeny konkrétním posádkám v závislosti na jejich požadavcích (bidlines approach).

V evropských aerolinkách jsou konkrétní rostery vytvořeny přímo pro konkrétního člena posádky. Tento přístup je založen na takovém principu, že každý z rostrů splňuje různá kritéria, která platí pro všechny rostery resp. posádky. Pravidla vychází z předpokladu spravedlivého rozdělování činností mezi posádky. Protože součástí mezd posádek jsou například i cestovní náhrady, jsou tato pravidla důležitá (personalized rostering).

Porovnáním těchto dvou přístupů zjistíme, že první přístup je pro posádky výhodnější. Člen posádky si vybere konkrétní řádek a je tak zřejmé, jak bude jeho plán vypadat.

Kombinací těchto dvou přístupů je tzv. preferential bidding. Člen posádky si vybírá pouze určité činnosti do svého rosteru např. dny volna, dovolené apod. Roster je potom vyplněn ostatními činnostmi. Preferential bidding je v aerolinkách velmi populární, (využívá se např. v ČSA). Posádky získávají na čerpání požadavků určitý kredit, z kterého potom čerpají, požadavek stojí určitý počet kreditů. Pro detailní rozbor prvního přístupu odkazujeme na [4], [13]. Pro detailní rozbor druhého přístupu odkazujeme [6], [15].

Vstupem pro Crew Rostering Problem jsou obecně informace o posádkách, činnosti, které mají být přiřazeny, pravidla a omezení, kritériální funkce resp. její koeficienty. Na obrázku 3.2 jsou znázorněny jednotlivé vstupy pro Crew Rostering Problem.



Obr.3.2- Vstupy do Crew Rostering Problem

U přístupu „bidlines approach“ tj. vytváření anonymních rostrů nezvažujeme individuální požadavky. Při tvorbě „personalized rostering“ jsou naopak dány informace o každém členu posádky. Historie většinou obsahuje informace o ročních hodnotách jako je např. doba letu, doba služby, počet nočních linek, počet dálkových linek apod. Informace o kvalifikaci je také velmi důležitá. Pro získání kvalifikace dopravního pilota je třeba složit mnoho dílčích zkoušek. Úspěšně složená zkouška má svoji dobu platnosti, po jejím vypršení je třeba ji znovu obnovit. U pilotů platí většinou jednotypovost, pilot má kvalifikaci pro řízení jednoho typu letadla. U stewardů platí vícetypovost (2-3 typy). Ta je důležitá při tvorbě rostrů palubních průvodčích u aerolinky, která má více než 3 typy letadel. Je třeba brát zřetel na kvalifikace pro jednotlivé typy letadel. Do kvalifikace zahrnujeme také jazykové schopnosti stewardů. Pro některé linky (charterové, dálkové) jsou vyžadovány specifické jazykové požadavky.

Činnosti, které nejsou anonymní, ale vážou se na konkrétního člena posádky, tj. výcvik, zdravotní prohlídky, kancelářská činnost apod., můžeme zařadit mezi přiřazené činnosti. Mezi anonymní činnosti, které je třeba přiřadit, zahrnujeme pairings, letové zálohy. Principy hlavních pravidel jsou popsány v následujícím odstavci.

Typická pravidla a omezení

Pravidla a omezení vyjadřují množinu podmínek, za kterých můžeme považovat plán člena posádky (roster) za přípustný. Množina podmínek je určena nadnárodními pravidly (FAA - Federal Aviation Administration v Severní Americe, EASA – European Aviation Safety Agency v Evropě), dále národními pravidly, která jsou daná státní normou (Ústav civilního letectví – Česká republika) a nakonec pravidly, která jsou daná společností. Tato pravidla vycházejí především z dohod mezi společnostmi a odbory. Pravidla a omezení fungují tak, že pravidla daná společností musí splňovat národní normu a zákoník práce, národní norma potom splňuje nadnárodní normu danou asociací. V tomto odstavci se zaměříme především na popis typických pravidel, která se používají v aerolinkách. Ke klasifikaci pravidel použijeme rozdělení uvedené v publikaci [14]. Pravidla se rozdělují na horizontální, vertikální a umělá. Rostery jsou jednotlivé řádky členů posádky, a proto jsou pravidla, závisující pouze na jednom rosteru, nazývaná horizontální. Vertikální pravidla kombinují informace z několika řádků, tj. z několika rosterů. Umělá pravidla mohou být jak vertikální tak horizontální a představují další omezení týkající se kvality rosteru. V následujícím odstavci popíšeme některá horizontální a vertikální pravidla. Podrobnější popis pravidel nalezneme v publikaci [14].

Horizontální pravidla

Tato pravidla se používají pouze pro jednotlivé rostery, na ostatní rostery se při jejich aplikaci nebere zřetel. Většina pravidel a omezení v Crew Rostering Problem patří do této kategorie. Velké evropské aerolinie mají více než 100 těchto pravidel. Je téměř nemožné

vytvořit srozumitelný seznam těchto pravidel, proto uvádíme obecné typy těchto pravidel a některé příklady.

- *Člen posádky, činnost, čas- kompatibilita:* Tato pravidla vyjadřují přípustnost libovolné kombinace člen posádky, činnost, čas. Členu posádky nemůže být přiřazena činnost např. dálková linka, protože nemá na daný typ letadla dostatečnou kvalifikaci. Zajímavá je také situace, kdy člen posádky mění kvalifikaci během plánovaného období. V první části je jeho kvalifikace např. palubní průvodčí (PP), v druhé části purser (PS). Činnosti tohoto člena se v každé části rosteru liší. Podobně, členu posádky nemůže být přiřazena linka, protože má v daný čas naplánovanou jinou činnost, při tvorbě rosteru přístupem „bidlines approach“ toto pravidlo nezvažujeme (nejsou zde žádné „předpřiřazené“ činnosti)
- *Doba odpočinku mezi činnostmi:* Tato pravidla určují, zda mohou dvě činnosti následovat jedna po druhé. Vlastní výpočet doby odpočinku např. po pairingu je komplikovaný a záleží na mnoha faktorech (doba letu, doba služby, noční služba, změna časových pásem, apod.).
- *Dny volna:* pairings a ostatní činnosti jsou seskupovány do tzv. turnusů, pracovních period. U „short a medium hauls“ se turnusy skládají z několika činností, u „long hauls“ tvoří turnus většinou jenom jeden pairing. Turnusy jsou vždy limitovány svojí délkou. U „short a medium hauls“ trvají 4- 8 dní, u „long hauls“ jsou většinou delší. Po turnusech následují vždy povinné dny volna (většinou 2). Často není do dnů volna zahrnován odpočinek po poslední činnosti v turnusu a tím je celková doba odpočinku po turnusu prodloužena. V některých aerolinkách se dny volna započítávají tak, že se počítají pouze pevné lokální dny a ne plovoucích 24 hodin. Výsledně to znamená, že doba odpočinku po turnusu může být výrazně delší než 24 hodin. Pravidla plánování posádek některých aerolinií také vyžadují, aby člen posádky měl v plánovaném období dny volna v rámci víkendu a souvislé 4 dny volna.

- *Kumulované hodnoty:* Všechny aerolinie mají omezení doby letu, často na měsíční, čtvrtletní a roční bázi. Časový úsek nemusí být pevný, jedná se často o plovoucí období. Člen posádky tak má omezenou dobu letu, která je průběžně sledována. V [6] se uvádí, že měsíční doba letu v AirCanada se pohybuje mezi 70-78 hodinami. U ČSA je doba letu omezena 100 hodinami v průběhu 28 kalendářních dní. Pravidla tohoto typu také zaručují měsíční, čtvrtletní resp. roční počet dnů volna. Existuje mnoho dalších pravidel, která se týkají kumulovaných hodnot (doba služby, počet nočních linek, počet dálkových linek, počet pobytových linek, apod.).
- *Ostatní horizontální pravidla:* K horizontálním pravidlům uvedeme také příklad, týkající se dálkových linek (long hauls). Cestování přes časová pásma je náročné a vyčerpávající, a proto je důležité, aby posádka měla dostatek odpočinku na aklimatizaci. Při tvorbě rosteru pro dálkové linky to znamená, že po pairingu, který je na východ od domácího letiště a překračuje několik časových pásem, následuje např. povinných *a* dní odpočinku. Teprve po uplynutí této doby může člen posádky realizovat pairing na západ od mateřského letiště, který opět překračuje několik časových pásem.

Vertikální pravidla

Vertikální pravidla se aplikují na více než jeden roster. Ve většině případů se aplikují na část rosterů, ale některá se aplikují na celý plán. Stejně jako u horizontálních pravidel rozdělíme vertikální pravidla do několika skupin:

- *Nadbytečná posádka:* Přestože je crew rostering problem rozdělen podle typu posádky, vyžadují některé činnosti nadbytečnou posádku. Například při nedálkových linkách je standardně přiřazen jeden CP a jeden FO. Některé linky však vyžadují tzv. zesílenou resp. zdvojenou posádku a tedy člena posádky-CP nebo FO navíc. Stejně tak výcvik na simulátoru vyžaduje, kromě přezkušovaných, také zkoušejícího instruktora. Při traťovém výcviku (výcvik v letadle) se první

fáze výcviku absolvuje ve třech, přezkušovaný pilot je zálohován řadovým pilotem.

- *Kvalifikační omezení:* Některé činnosti vyžadují, aby členové posádky měli určitou kvalifikaci. Tento problém se týká především palubních průvodců (CC), ale také pilotů (FC). Vlastní omezení se týká celé činnosti, např. pairingu, nebo je vázáno na linku. Jestliže jsou kvalifikační požadavky definovány pro celý pairing, je výhodné s ním pracovat na úrovni činnosti. Následující rozdělení ukazuje některé příklady kvalifikačních omezení.
- *Zkušenost člena posádky:* Počet nezkušených členů posádky na určitém pairingu je omezen. U pilotů (FC) může být maximálně jeden nezkušený pilot. U ČSA se například rozlišuje zkušenost podle počtu odletěných hodin. Piloti se rozdělují do dvou skupin. Na legu resp. pairingu může být pouze kombinace zkušený, zkušený nebo nezkušený, zkušený.
- *Musí letět dohromady:* V mnoha případech je určitá činnost přiřazována dvěma členům posádky společně. Omezení se týká manželských párů, kdy je zaručen určitý počet společných služeb v měsíci.
- *Nesmí letět společně:* Často se stává, že dva členové posádky nemohou pracovat společně z osobních důvodů. Jedná se především o problém pilotů a to pilotů dálkových linek, kdy spolu tráví několik hodin v pilotní kabině.
- *Jazyková kvalifikace:* Některé linky vyžadují, aby členové posádky měli určitou jazykovou kvalifikaci. Toto omezení se týká především palubních průvodců.

Matematický model

V tomto odstavci popíšeme matematický model pro Crew Assignment v nejjednodušší formě. Necht' je dána množina činností A , která obsahuje přiřazované činnosti jako pairings, letové zálohy, neletové služby apod. Dále je dána množina členů posádky C . Předpokládejme dále, že množina A má m_A prvků a množina C m_C prvků. Problém v nejjednodušší formě znamená získat množinu přípustných rosterů $R_k \subset A$, pro každého člena posádky $k(1 \leq k \leq m_C)$ tak, aby platilo

$$A = R_1 \cup R_2 \cup \dots \cup R_{m_C}$$

a zároveň byla minimální kriteriální funkce na každém z rosterů c_k . Roster považujeme za přípustný v případě, že splňuje všechna horizontální pravidla. V ideálním případě by se postupovalo tak, že se vygenerují všechny možné přípustné rostery. Z této množiny se potom vybírá optimální kombinace na základě definované kriteriální funkce. V reálných případech je tento postup nemožný, protože počet všech možných rosterů je enormní. Postupuje se tak, že se vygeneruje menší množina rosterů n . Crew Rostering Problem definujeme jako Set Partitioning Problem:

$$\begin{aligned} \min \quad & c^T x \\ \text{s.t.} \quad & Ax = e, \\ & x \in \{0,1\}^n. \end{aligned} \tag{3.1}$$

kde e je jednotkový vektor, A je matice typu $(m_A + m_C) \times n$. Každý sloupec matice A představuje generovaný roster. J -tý sloupec matice A má v i -tém řádku 1, jestliže obsahuje roster pro i -tého člena posádky a 1 v řádku $k \in \{m_C + 1, \dots, m_A + m_C\}$ v případě, že je činnost $k - m_C$ obsažena v rosteru. Význam jednotkového vektoru spočívá v tom, že každému členu posádky je přiřazen roster a každá činnost je pokryta. Pro detailní rozbor včetně příkladů odkazujeme na [14].

4 Manpower Planning: Teoretická část

V následujícím odstavci se budeme obecně zabývat modelem pro odhad počtu posádek.

K obecnému modelu budeme přidávat další omezení vycházející z pozorování.

Postupným přidáváním dalších omezení dospějeme k modelu, který použijeme na případovou studii v Českých aeroliniích, viz kapitola 5. Výstupem je model matematického programování s lineární kriteriální funkcí a s nelineárními omezeními.

Kriteriální funkce v bodě optima určuje hledaný počet posádek.

Všechny modely tohoto odstavce vycházejí z přiřazení den-činnost. Kapitola 1 uvádí, jakým způsobem lze jednoznačně přiřadit činnostem dny a dále ze dnů získat počet FC/CC. Z ekonomického hlediska je cílem modelů získání optimálního počtu FC/CC a s ním spojenou optimalizaci nákladů na posádky. V modelech označujeme počet FC/CC na jednotlivé činnosti jako a_{ij} resp. e_{ij} . Horní a dolní meze počtů v jednotlivých měsících (obecně může být období různé, den, týden atd.) označujeme jako d_{ij} resp. h_{ij} . Roční limit (obecně limit za zkoumané období) označujeme jako r_i .

4.1 Definice a vlastnosti problému

$$\sum_i^n a_{i1} \rightarrow \min \quad (4.1)$$

$$\sum_i^n a_{i1} = \sum_i^n a_{ik} \quad k = 1, \dots, m. \quad (4.2)$$

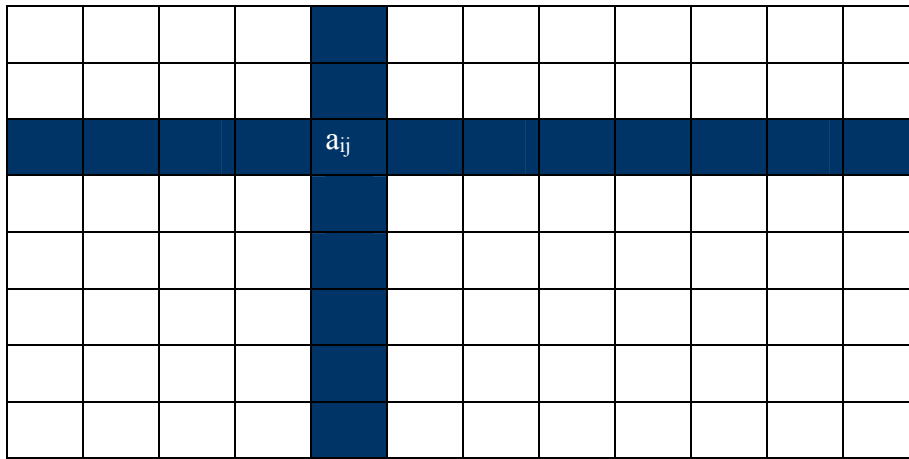
$$d_{ij} \leq a_{ij} \leq h_{ij} \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, m \quad (4.3)$$

$$\sum_j^m a_{ij} = r_i \quad i = 1, \dots, n \quad (4.4)$$

$$a_{ij} \in \mathbb{N}, \quad d_{ij}, h_{ij}, r_i \in \mathbb{R}^+ \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, m \quad (4.5)$$

Úlohu (4.1)-(4.5) nazveme Úloha 1 a ilustrujeme ji obrázkem 4.1. Úloha minimalizuje součet n řádků v prvním sloupci viz (4.1). Rovnice (4.2) zaručí, že tato suma je v každém sloupci stejná. Rovnice (4.3) jsou horní a dolní meze pro prvek a_{ij} . Rovnice (4.4) jsou

horizontální součty. Graficky si lze úlohu představit jako obdélník, který je složen z m sloupců. Jednotlivé sloupce jsou složeny z n prvků a_{ij} , výška každého sloupce je dána součtem prvků a_{ij} . Cílem Úlohy 1 je minimalizovat výšku obdélníku při dodržení limitů (4.3), (4.4). Úloha 1 je definována jako celočíselná (4.5).



Obr 4.1- Grafické znázornění Úlohy 1

Pro další zkoumání vlastností Úlohy 1 upustíme od podmínek celočíselnosti pro a_{ij} .
V úloze 1 přibudou podmínky nezápornosti:

$$a_{ij}, d_{ij}, h_{ij}, r \in R^+ \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, m. \quad (4.6)$$

Úlohu (4.1)- (4.4), (4.6) lineárního programování nazveme Úloha 2. Definujeme dále Úlohu 3 jako úlohu (4.1), (4.2), (4.4), (4.6) (Úloha 2 bez horních a dolních mezí). Platí následující lemma:

Lemma 4.1: Úloha 3 má vždy optimální řešení.

Důkaz 4.1:

a) Hledejme nejprve přípustné řešení. Za a_{ij} zvolme $\frac{r_i}{m}$. Rovnosti (4.4), (4.2) jsou splněny, řešení je přípustné.

b) Předpokládejme, že existuje přípustné řešení a_{ij}^* různé od $\frac{r_i}{m}$. Platí

$$\sum_i^n \sum_j^m a_{ij}^* = \sum_i^n r_i .$$

Dále platí

$$\sum_i^n \sum_j^m a_{ij}^* = m \sum_i^n a_{ij}^* ,$$

tedy

$$m \sum_i^n a_{ij}^* = \sum_i^n r_i ,$$

po úpravě

$$\sum_i^n a_{ij}^* = \sum_i^n \frac{r_i}{m} . \tag{4.7}$$

Rovnost (4.7) platí pro každé přípustné řešení, každé přípustné řešení je tedy řešením optimálním s hodnotou kriteriální funkce $\sum_i^n \frac{r_i}{m}$.

U Úlohy 3 stačí najít přípustné řešení, které vždy existuje. Toto řešení je již optimální. Lemma 4.1 ukazuje, že při hledání optimálního rozložení činností můžeme použít rovnoměrné rozložení, které vychází z „průměrů“ jednotlivých činností. Úloha 2 obsahuje navíc horní a dolní meze (4.3) pro proměnné a_{ij} . Pro Úlohu 2 platí následující lemma:

Lemma 4. 2: Jestliže má Úloha 2 přípustné řešení, je toto řešení řešením optimálním.

Důkaz 4.2: Protože přípustné řešení splňuje (4.2), (4.3), (4.4), (4.6), platí také rovnost (4.7). Z rovnosti (4.7) získáme hodnotu kriteriální fce (4.1). Rovnost (4.7) platí pro libovolné přípustné řešení, pravá strana (4.7) je konstanta, přípustné řešení je optimální.

U Úlohy 2 nemáme zaručenou existenci přípustného a tedy ani optimálního řešení. Z definice Úlohy 2 přímo plynou nutné podmínky pro existenci přípustného řešení:

$$\sum_j^m d_{ij} \leq r_i \quad i = 1, \dots, n \quad (4.8)$$

$$\sum_j^m h_{ij} \geq r_i \quad i = 1, \dots, n \quad (4.9)$$

Úlohy 1-3 jsou pro praktické využití příliš obecné, neobsahují konkrétní omezení, která popisují praxi. Počty a_{ij} z úloh 1-3 dále rozdělíme na a_{ij} a na e_{ij} . Za a_{ij} považujeme proměnné, za e_{ij} parametry vstupující do modelu. Index n z úloh 1-3 se analogicky rozdělí na N_1 a N_2 , index n_1 určuje počet omezení (4.14), index n_2 počet omezení (4.15). Pro zápis ročního limitu, který se týká náletu, viz rovnice (4.13) využijeme nálet AEA. Definujme úlohu 4, která vychází přímo z praxe a kterou využijeme v případové studii v kapitole 5:

$$\sum_i^{N_1} a_{i1} + \sum_r^{N_2} e_{r1} \rightarrow \min \quad (4.10)$$

$$\sum_i^{N_1} a_{ij} + \sum_r^{N_2} e_{rj} = \sum_i^{N_1} a_{ik} + \sum_r^{N_2} e_{rk} \quad k \neq j; \quad k, j = 1, \dots, m \quad (4.11)$$

$$d_{ij} \leq a_{ij} \leq h_{ij} \quad i = 1, \dots, N_1 \quad j = 1, \dots, m \quad (4.12)$$

$$\sum_j^m \frac{BLK_j}{a_{oj} + a_{pj} + a_{kj}} = r \quad (4.13)$$

a_{oj} ... počet FC/CC pro letovou činnost

a_{pj} ... počet FC/CC pro pobyt

a_{kj} ... počet FC/CC pro dny volna

$$\sum_j^m v_j a_{ij} = K_i \left(\sum_t^{N_1} a_{tk} + \sum_r^{N_2} e_{rk} + \sum_s^{N_3} k_s \left(\sum_t^{N_1} a_{tk} + \sum_r^{N_2} e_{rk} \right) \right) \quad (4.14)$$

$i = 1, \dots, n_1 \quad k \in \{1, \dots, m\} \text{ lib.}$

$$\sum_j^m a_{ij} = K_i \left(\sum_t^{N_1} a_{tk} + \sum_r^{N_2} e_{rk} + \sum_s^{N_3} k_s \left(\sum_t^{N_1} a_{tk} + \sum_r^{N_2} e_{rk} \right) \right) \quad (4.15)$$

$i = n_1 + 1, \dots, n_1 + n_2 \quad k \in \{1, \dots, m\} \text{ lib.}$

$$a_{ij}, d_{ij}, h_{ij}, r_i, K_i, v_j, k_s, e_{rj} \in R^+ \quad (4.16)$$

Jmenovatel u omezení (4.13) může být obecně tvořen součtem různých činností a_{ij} . Pro roční období volíme $m=12$. Každý sloupec potom představuje měsíc v roce. I -tý řádek vyjadřuje i -tou činnost, j -tý sloupec vyjadřuje j -tý měsíc v roce. Proměnné a_{ij} a parametry e_{rj} vyjadřují počet FC/CC vykonávající i -tou (r -tou) činnost v j -tém měsíci. Úlohu 4 ilustruje obrázek 4.2.

Parametr K_i vyjadřuje potřebný počet dní na i -tou činnost na jednoho FC/CC v roce. Konstanta představuje např. počet dní dovolené, dní simulátoru apod. Pravá strana omezení (4.14) je počet potřebných člověkodní na i -tou činnost v roce.

3) k_s

Parametr k_s vyjadřuje procento (desetinné číslo) nemocnosti, mateřské dovolené apod. Hodnota této činnosti je po celý rok konstantní. Index N_3 vyjadřuje počet těchto navýšení.

4) e_{rj}

Parametry e_{rj} , jak již bylo zmíněno, mají stejný význam jako proměnné a_{ij} - vyjadřují počet FC/CC vykonávající t -tou (r -tou) činnost v j -tém měsíci. Řadíme je mezi parametry, protože do modelu vstupují externě. Parametry e_{rj} vyjadřují navýšení počtu o manažerské funkce, počet FC/CC ve výcviku, navýšení o hotovosti a navýšení počtu o IPE/INS. O odhadu e_{rj} se zmíníme v následujícím odstavci.

5) BLK_j

Parametr BLK_j vyjadřuje blokové hodiny pro danou skupinu FC/CC. Rovnice (4.13) vyjadřuje roční nálet AEA2. Obecně lze použít i jiné nálety (například nálet AEA) viz kapitola 1.

V Úloze 4 se roční omezení rozdělí na tři skupiny. První skupinu tvoří nelineární omezení, druhou omezení s nekonstantní pravou stranou. Při praktickém řešení úlohy 4, musíme počítat s lokálními extrémy.

Celkový hledaný počet FC/CC získáme jako

$$P_{celk} = \sum_i^{N_1} a_{ik} + \sum_r^{N_2} e_{rk} + \sum_s^{N_3} k_s \left(\sum_i^{N_1} a_{ik} + \sum_r^{N_2} e_{rk} \right) \quad k \in \{1, \dots, m\} \text{ lib.} \quad (4.18)$$

Při reálném plánování ročních činností FC/CC jsou jedním z nejdůležitějších ukazatelů celkové roční náklady a jejich distribuce v roce. V úloze 4 definujeme kritériální funkci:

$$\sum_j^m \left(c \left(\sum_i^{N_1} a_{ij} + \sum_r^{N_2} e_{rj} \right) + \sum_s^{N_3} k_s c_s \left(\sum_i^{N_1} a_{ij} + \sum_r^{N_2} e_{rj} \right) \right) \rightarrow \min \quad (4.19)$$

Úlohu (4.19), (4.11) - (4.15) nazveme Úloha 5. Kritériální funkce (4.19) je lineární transformací (4.10). Intuitivně je zřejmé, že jestliže existuje optimální řešení úlohy 4, je toto řešení také optimálním řešením úlohy 5 a opačně. Tuto hypotézu dokážeme následujícím lemmatem:

Lemma 4.3: Úloha 4 má optimální řešení právě tehdy, když má optimální řešení úloha 5.

Důkaz 4.3: Důkaz implikace \Rightarrow provedeme sporem. Množinou A rozumíme množinu přípustných řešení úlohy 4 resp. 5. Předpokládejme nejprve, že existuje optimální řešení úlohy 4.

$$a_{ij}^{opt4}, e_{rj}^{opt4} \quad a_{ij}^{opt4}, e_{rj}^{opt4} \in A \Rightarrow \left(\sum_i^{N_1} a_{ij}^{opt4} + \sum_r^{N_2} e_{rj}^{opt4} \right) \text{ je minimální.}$$

Platí

$$\sum_j^m \left(\sum_i^{N_1} a_{ij}^{opt4} + \sum_r^{N_2} e_{rj}^{opt4} \right) = m \left(\sum_i^{N_1} a_{ij}^{opt4} + \sum_r^{N_2} e_{rj}^{opt4} \right)$$

a proto

$$\sum_j^m \left(\sum_i^{N_1} a_{ij}^{opt4} + \sum_r^{N_2} e_{rj}^{opt4} \right) \text{ je minimální.} \quad (4.20)$$

Dále

$$\exists \left(\sum_i^{N_1} a_{ij}^* + \sum_r^{N_2} e_{rj}^* \right) \in A \text{ tak, že}$$

$$\begin{aligned} \sum_j^m c \left(\sum_i^{N_1} a_{ij}^* + \sum_r^{N_2} e_{rj}^* \right) + \sum_s^{N_3} k_s c_s \left(\sum_i^{N_1} a_{ij}^* + \sum_r^{N_2} e_{rj}^* \right) &< \sum_j^m c \left(\sum_i^{N_1} a_{ij}^{opt4} + \sum_r^{N_2} e_{rj}^{opt4} \right) \\ + \sum_s^{N_3} k_s c_s \left(\sum_i^{N_1} a_{ij}^{opt4} + \sum_r^{N_2} e_{rj}^{opt4} \right) \end{aligned}$$

po úpravě

$$\sum_j^m \left(\sum_i^{N_1} a_{ij}^* + \sum_r^{N_2} e_{rj}^* \right) \left(c + \sum_s^{N_3} c_s k_s \right) < \sum_j^m \left(\sum_i^{N_1} a_{ij}^{opt4} + \sum_r^{N_2} e_{rj}^{opt4} \right) \left(c + \sum_s^{N_3} c_s k_s \right)$$

$$\sum_j^m \left(\sum_i^{N_1} a_{ij}^* + \sum_r^{N_2} e_{rj}^* \right) < \sum_j^m \left(\sum_i^{N_1} a_{ij}^{opt4} + \sum_r^{N_2} e_{rj}^{opt4} \right) \quad (4.21)$$

což je spor s (4.20).

Analogicky lze postupovat i při důkazu implikace \Leftarrow .

V kriteriální funkci (4.18) vystupuje jednotná cena c pro všech $N_1 + N_2$ činností. Ceny lze přiřadit jednotlivě ke každé z $N_1 + N_2$ činností. Kriteriální funkce má potom tvar

$$\sum_j^m \left(\sum_i^{N_1} c_i a_{ij} + \sum_r^{N_2} c_r e_{rj} \right) + \sum_s^{N_3} k_s c_s \left(\sum_i^{N_1} a_{ij} + \sum_r^{N_2} e_{rj} \right) + \sum_t^{N_4} c_t e_{tj} \rightarrow \min \quad (4.22)$$

Úlohu (4.22), (4.12)-(4.17) nazveme Úloha 6. Tvrzení obdobné tvrzení lemma 4.3 se nepodařilo dokázat, zůstává jako hypotéza. Problém spočívá v nelineárnosti (4.13) a v skalárním součinu vektoru v s a_{wj} v (4.14).

4.2 Odhad vstupních parametrů

V předchozím odstavci jsme vysvětlili význam parametrů, které vstupují do úloh 2 - 5.

V tomto odstavci představíme jejich odhady, které lze využít v konkrétních aplikacích.

Parametr e_{rj} představuje kromě jiného počet FC/CC ve výcviku za účelem změny kvalifikace (typ/funkce). Úkolem při tvorbě ročního plánu výcviků je vytvoření optimálních interních rotací, přestupů z typu na typ, funkce FO na funkci CP, apod. Každé zvýšení kvalifikace je charakterizováno konkrétním výcvikem. Definujme úlohu, jejíž výstupy jsou právě e_{rj} .

$$\begin{aligned} & \sum_i^n \sum_j^n (c_{ij}^1 x_{ij}^1 + c_{ij}^2 x_{ij}^2 + c_{ij}^3 x_{ij}^3 + c_{ij}^4 x_{ij}^4) + (c_{i,n+1}^5 x_{i,n+1}^5 + c_{i,n+1}^6 x_{i,n+1}^6) \\ & + (c_{n+1,j}^7 x_{n+1,j}^7 + c_{n+1,j}^8 x_{n+1,j}^8) + (c_{n+2,j}^9 x_{n+2,j}^9 + c_{n+2,j}^{10} x_{n+2,j}^{10}) \rightarrow \min \end{aligned} \quad (4.24)$$

(cena všech možných přechodů je minimální)

$$\sum_j^n x_{ij}^1 + x_{ij}^2 + x_{i,n+1}^5 + d_i^1 = p_i^1 \quad i = 1, \dots, n \quad (4.25)a$$

(z pozice CP na i -tém typu může odejít maximálně tolik CP, kolik je aktuálně k dispozici (p_i^1), přestup z CP na CP na typu má nulovou cenu).

$$\sum_j^n x_{ij}^3 + x_{ij}^4 + x_{i,n+1}^6 + d_i^2 = p_i^2 \quad i = 1, \dots, n \quad (4.25)b$$

(z pozice FO na i -tém typu může odejít maximálně tolik FO, kolik je aktuálně k dispozici (p_i^2), přestup z FO na FO na typu má nulovou cenu).

$$\sum_i^n (x_{ij}^1 + x_{ij}^3) + x_{n+1,j}^7 + x_{n+2,j}^9 = v_j^1 \quad j = 1, \dots, n \quad (4.26)a$$

(na pozici CP na j -tý typ může přijít maximálně tolik CP, kolik je vyžadováno (v_j^1), přestup z CP na CP na typu má nulovou cenu).

$$\sum_i^n (x_{ij}^2 + x_{ij}^4) + x_{n+1,j}^8 + x_{n+2,j}^{10} = v_j^2 \quad j = 1, \dots, n \quad (4.27)b$$

(na pozici FO na j -tý typ může přijít maximálně tolik FO, kolik je vyžadováno (v_j^1), přestup z FO na FO na typu má nulovou cenu).

$$d_i^1 \leq p_i^1, \quad d_i^2 \leq p_i^2 \quad i = 1, \dots, n \quad (4.28)$$

(d_i^1 je parametr, který vyjadřuje počty CP, kteří odcházejí z typu do důchodu, parametr nemůže být větší než aktuální počet).

$$x_{ij}^1, x_{ij}^2, x_{ij}^3, x_{ij}^4, x_{i,n+1}^5, x_{i,n+1}^6, x_{n+1,j}^7, x_{n+1,j}^8, x_{n+2,j}^9, x_{n+2,j}^{10}, p_i^1, p_i^2, v_j^1, v_j^2, d_i^1, d_i^2 \in N \quad (4.29)$$

Úlohu (4.24)-(4.29) nazveme Úloha 7. Úlohu 7 ilustruje následující obrázek.

		n				1	1	
n								
			x_{ij}^1	x_{ij}^2		$x_{i,n+1}^5$	d_i^1	p_i^1
			x_{ij}^3	x_{ij}^4		$x_{i,n+1}^6$	d_i^2	p_i^2
1			$x_{n+1,j}^7$	$x_{n+1,j}^8$				
1			$x_{n+2,j}^9$	$x_{n+2,j}^{10}$				
			v_j^1	v_j^2				

Obr 4.3- Grafické znázornění Úlohy 7

Proměnná x_{ij}^1 znamená přechod z CP *i-tého* na CP *j-tého* typu, proměnná x_{ij}^2 z CP *i-tého* na FO *j-tého* typu, proměnná x_{ij}^3 z FO *i-tého* na CP *j-tého* typu, proměnná x_{ij}^4 z FO *i-tého* na FO *j-tého* typu. Proměnná $x_{i,n+1}^5$ znamená nucený odchod z CP *i-tého* typu, proměnná $x_{i,n+1}^6$ znamená nucený odchod z FO *i-tého* typu. Proměnná $x_{n+1,j}^7$ resp. $x_{n+1,j}^8$ znamená nový nástup na funkci CP resp. FO *j-tého* typu bez jakékoli předešlé typové kvalifikace. Proměnná $x_{n+2,j}^9$ resp. $x_{n+2,j}^{10}$ znamená nový nástup na funkci CP resp. FO *j-tého* typu s typovou kvalifikací různou od typů letadel ve společnosti. Analogické vysvětlení platí pro ceny jednotlivých výcviků. Parametry d_i^1, d_i^2 vyjadřují předpokládaný odchod do důchodu z CP resp. FO *i-tého* typu v plánovaném roce. Parametry p_i^1, p_i^2 vyjadřují aktuální počet CP resp. FO na *i-tém* typu. Parametry v_j^1, v_j^2 vyjadřují požadovaný počet CP resp. FO na *i-tém* typu v plánovaném roce. Dimenze n je počet typů letadel ve společnosti.

Úloha 7 je modifikace dopravního problému viz [18] str.188. Platí následující lemma:

Lemma 4.4: Úloha 7 má vždy přípustné řešení.

Důkaz 4.4: Pro horizontální součty volíme maximální počet nucených odchodů

$$x_{i,n+1}^5 = p_i^1 - d_i^1 \quad i = 1, \dots, n$$

$$x_{i,n+1}^6 = p_i^2 - d_i^2 \quad i = 1, \dots, n$$

a pro vertikální součty volíme maximální počet nástupů

$$x_{n+1,j}^7 = v_j^1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$x_{n+1,j}^8 = v_j^2 \quad j = 1, \dots, n.$$

Lemma 4.5: Úloha 7 má vždy optimální řešení.

Důkaz 4.5: Množina přípustných řešení je neprázdná, omezená, uzavřená. Celočíselných přípustných řešení je konečný počet.

Pro uživatele je výhodné přidat do modelu horní a dolní meze obdobné (4.12) v Úloze 4.

$$d_{ij}^k \leq x_{ij}^k \leq h_{ij}^k \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, n \quad k = 1, \dots, 10 \quad (4.29)$$

$$d_{ij}^k, h_{ij}^k \in \mathbb{N}$$

Úlohu (4.23) - (4.28) nazveme Úloha 8. Přestupy z funkce/typ na jinou funkce/typ jsou v každé letecké společnosti rozděleny na možné a „zakázané“ přestupy. Tyto množiny jsou většinou určeny platovými podmínkami funkce/typ. Přestupy mezi skupinami funkce/typ lze „zakázat“ c_{ij}^k , za které v modelu volíme řádově vyšší číslo. Ceny c_{ij}^1, c_{ij}^3 $i = j$ jsou zřejmě nulové, protože pro přechod CP→CP resp. FO→FO není třeba výcvik. Horní a dolní meze (4.28) můžeme obdobně využít k zakázání přestupu nebo k regulaci počtu jednotlivých výcviků.

Počty (4.18) jsou vstupní parametry Úlohy 8, v_j^1 je požadovaný počet CP na j -tém typu v plánovaném roce, v_j^2 je požadovaný počet FO na j -tém typu v plánovaném roce.

Požadované parametry e_{rj} odhadneme jako optimální proměnné Úlohy 8.

Parametry e_{rj} představují také navýšení počtu FC/CC o manažerské funkce a o IPE/INS.

Zaměříme se na navýšení v případě manažerských funkcí. Toto navýšení označme e_{1j}

Každý FC/CC z této skupiny má omezený nálet N_m (roční, měsíční) na

$$N_m = M * N_p,$$

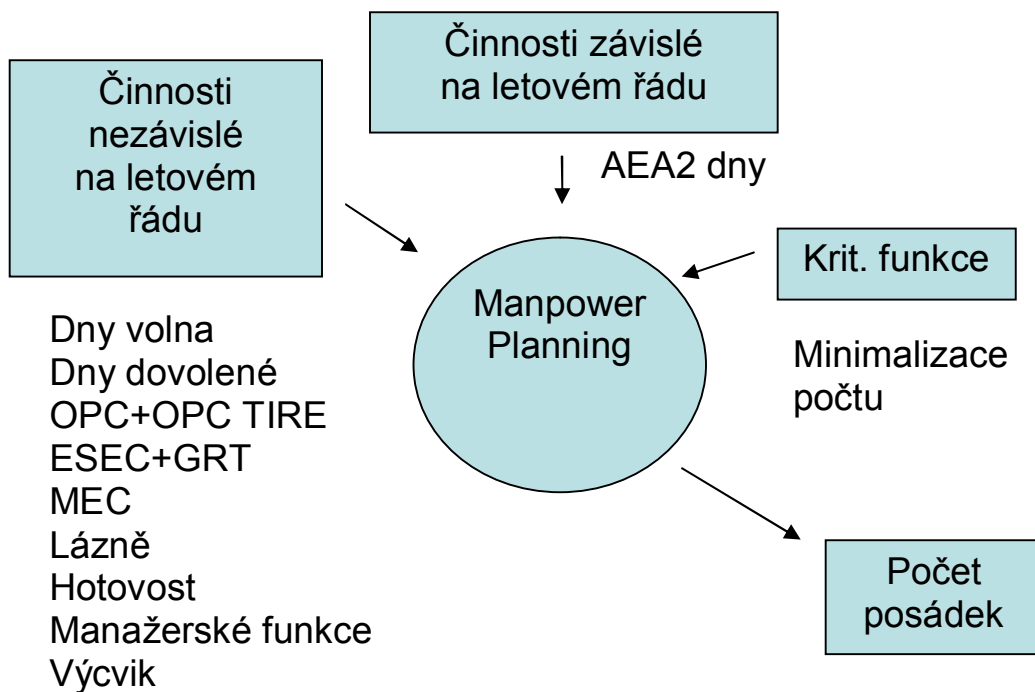
kde $M \in \langle 0,1 \rangle$ a N_p je průměrný (roční, měsíční) nálet ve skupině funkce/typ. Fyzický počet manažerů ve skupině označme P , počet funkcí p . Počet FC/CC, který připadá na jednu funkci (např. zástupce vedoucího letky apod.) označme s_i .

Nárůst odhadneme

$$e_{1j} = P - \sum_i^p s_i M . \quad (4.30)$$

5 Manpower Planning: Případová studie v Českých aeroliniích

Základní rozdělení rosterů (řádků) je v Českých aeroliniích stejné jako u ostatních aerolinií. Rostery rozdělujeme v plánovacím systému podle toho, zda člen posádky je pilot nebo palubní průvodčí. U pilotů se rostery dále rozdělují podle typu letadla a podle funkce, kterou zastává na palubě (kapitán-CP, druhý pilot-FO). České aerolinie provozují v současnosti 4 typy letadel. Jedná se o dálkovou flotilu A310, střednětraťovou flotilu A320 a B737 a flotilu ATR na krátké úseky. Pro určení počtu posádek rozdělujeme piloty do kategorií typ/funkce. Získáme tak 8 kategorií, pro které je třeba vytvořit odhad. U palubních průvodčí existuje v Českých aeroliniích 3-typovost. Palubní průvodčí může obsluhovat na 3 ze 4 typů letadel. Pro určení počtu palubních průvodčí je rozdělujeme pouze podle funkce purser-PS, vedoucí kabiny-VK, palubní průvodčí-PP.



Obr 5.1- Vstupy do Manpower Planning pilotů v ČSA

V kapitole 4 jsme se zabývali několika matematickými modely, jejichž výstupem byl hledaný počet posádek. Cílem bylo získat úlohu, která se nejvíce přibližuje reálnému problému.

V tomto odstavci využijeme úlohu 4 z kapitoly 4 k odhadu počtu kapitánů CP na typu B737 resp. počtu druhých pilotů FO na typu B737 a vytvoříme jejich roční plán 2006. Na obrázku 5.1 jsou znázorněny vstupy do problému pro piloty. Činnosti nezávislé na letovém řádu vycházejí z normy pro plánování posádek v Českých aeroliniích. Jedná se o celkové roční nároky (roční nárok na dny volna, dny dovolené, apod.). Činnosti závislé na letovém řádu jsou zastoupeny AEA2 dny - dny, ve kterých člen posádky vykonává letovou činnost nebo je na pobytu (viz kapitola 1). Pro odhad ex ante AEA2 dny v roce 2006 používáme data z CMS Českých aerolinií (2003-2005). Přepočtení mezi AEA2 dny a AEA2 počtem je závislé na počtu dní v měsíci. Například v měsíci s 31 dny, je 31 AEA2 dnů totožných z jedním AEA2 pilotem.

Vlastní výpočet provádíme v optimalizačním softwaru Premium solver platform, který je nadstavbou standardního solveru v doplňcích MS Excel a v softwaru Lingo 7.

5.1 Odhad činností závislých na letovém řádu

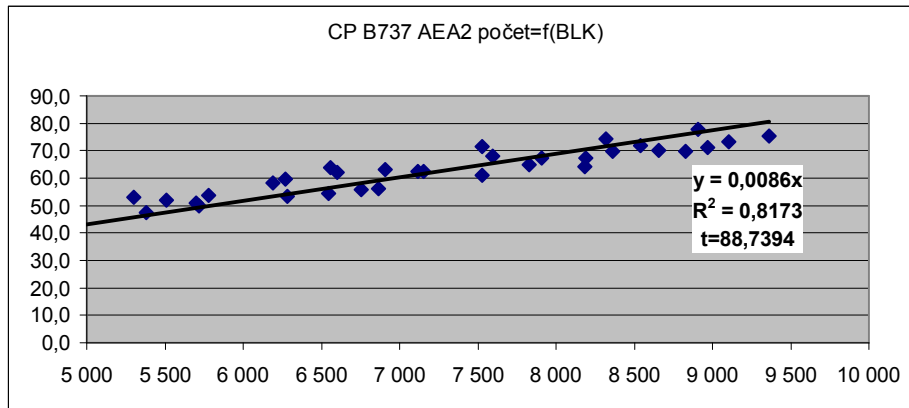
Základním vstupem při tvorbě ročního plánu je činnost, která je úměrná plánované produkci, tedy blokohodinám. V počtu AEA2 jsou zahrnuty letové dny, jejichž počet je úměrný počtu blokohodin. Jedná se o hypotézu, kterou je třeba potvrdit. Teoreticky však může nastat situace, kdy budou AEA2 dny nezávislé na blokohodinách. Při zvětšení balíku blokohodin se v letových dnech pouze prodlouží délka letu a jejich počet zůstane stejný. Na tomto faktu se nic nezmění, když k letovým dnům přičteme dny pobytu.

Obecně je závislost mezi blokohodinami a počtem dnů AEA2 velmi komplikovaná a závisí na konkrétním letovém řádu. Letový řád společnosti v horizontu jednoho roku je většinou stabilní. Stabilní znamená, že se zvětšuje množina destinací, na které jsou nasazována letadla stejného typu. Letadla jednoho typu mají omezený dolet a tudíž i dobu letu. V letovém řádu se také mění frekvence letů do jednotlivých destinací. Tato

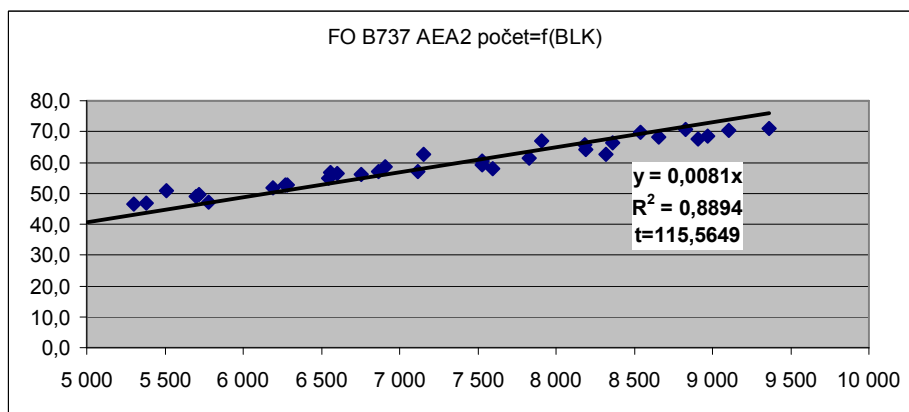
„definice stability letového řádu“ není přesná a vychází především ze zkušeností. Předpokládáme, že u stabilního letového řádu se AEA2 dny navyšují úměrně s nárůstem legů v letovém řádu a tedy úměrně s nárůstem blokohodin.

Činnosti, které jsou závislé na letovém řádu, se odhadují dvěma způsoby. První je odhad vycházející přímo z konstrukce crew pairings, viz kapitola 2. Postupujeme jednoduše tak, že pro zkoumané období vytvoříme pairings. Dny tvořené pairings „vysčítáme“ a získáme tak na každý den období počet dnů, ve kterých vykonává člen posádky letovou službu nebo je na pobytu. Z takto získaných dnů AEA2 získáme průměrný počet členů posádky na období. Tento postup je nejpřesnější a využívá se také v některých CMS. Nedostatek tohoto postupu je v tom, že reálně nejsou k dispozici pairings na např. půl roku dopředu. Tato situace je standardní nejen v Českých aeroliniích, ale i v ostatních aerolinkách. U dopravce, který provozuje pravidelnou přepravu, je tento způsob ideální. Letový řád je víceméně neměnný, pairings lze vytvořit na celý letový řád dopředu. České aerolinie patří mezi dopravce, který kromě pravidelné přepravy provozuje také charterovou přepravu, přepravu s ad hoc lety. Produkce této přepravy je plánována pouze blokohodinami, konkrétní destinace nejsou známy. Tvorba pairings je proto nemožná.

Druhý možný odhad činností závislých na letovém řádu vychází z historických dat a z předpokladu, že daný letový řád je stabilní. Pro odhad AEA2 počtu (viz. (1.1)) v případové studii použijeme druhou možnost. K určení AEA2 počtu využijeme závislost skutečných blokohodin na počtu AEA2 dnů. Grafy 5.1 a 5.2 obsahují odhadnuté závislosti dnů AEA2 na blokohodinách pro kategorie CP B737, FO B737. Dále obsahují příslušné t poměry a koeficient determinace R^2 .



Graf 5.1 - Závislost AEA2 počet na BLK u CP B737



Graf 5.2 - Závislost AEA2 počet na BLK u FO B737

Rovnice křivek jsme získali metodou nejmenších čtverců. Za regresní funkce jsme volili přímky procházející počátkem. Přímou úměrnost jsme volili na základě předpokladu, že v extrémním případě, kdy jsou blokohodiny nulové, je počet AEA2 dnů také nulový. Nulovou hypotézu, kdy $b=0$ pro hladinu významnosti 5 % a $n-1$ stupňů volnosti u obou regresí odmítneme, protože t je výrazně větší než 2. Můžeme konstatovat, že BLK jsou z hlediska svého vlivu na AEA2 počet významnou proměnou na hladině významnosti 5% a při 35 stupních volnosti.

Pro odhad ex ante AEA2 počtu v požadovaném roce využijeme bodový odhad individuální hodnoty viz. [12] str. 204. Do regresních rovnic dosazujeme měsíční blokohodiny zkoumaného roku. Pro CP B737 AEA2 počet dostaneme

$$AEA2_{leden} = 0,0088 * BLK_{leden} \quad (5.1)$$

Analogicky pro ostatní kategorie. Proměnné AEA2, resp. AEA, počet jsou závislé na letovém řádu, v úloze 4 nás zajímají horní a dolní odhady těchto proměnných. Horní odhad CP B737 AEA2 počet získáme jednoduše jako:

$$h(AEA2_{leden}) = (1 + p_1) * 0,0088 * BLK_{leden} \quad (5.2)$$

dolní

$$d(AEA2_{leden}) = (1 - p_2) * 0,0088 * BLK_{leden} \quad (5.3)$$

kde $p_1, p_2 \in \langle 0;1 \rangle$. Analogicky pro ostatní kategorie. Při výpočtu horních a dolních mezí je možné vycházet z intervalů spolehlivosti předpovědi individuální hodnoty AEA2 počet. Pro požadovanou spolehlivost $(1 - \alpha)100\%$ získáme intervaly stability, jejichž krajní hodnoty použijeme jako horní a dolní odhady. Horní a dolní odhady získané způsobem (5.1), (5.2) volíme především pro nenáročnost výpočtu a s ohledem na smysluplnou přesnost. Data použitá pro odhad AEA2 počtu jsou uvedena v dodatku 2.

5.2 Model pro FO B737 AEA2 počet

Model pro odhad počtu FO B737 vychází z úlohy 4 z kapitoly 4. V úloze volíme $N_1=9$, $N_2=3$, $N_3=1$, $n_1=5$, $n_2=1$. Cílem je získat minimální počet posádek při zachování ročních limitů a dosažení plánované produktivity.

V modelu vystupuje každý měsíc 9 činností jako proměnné a_{ij} , celkově za 12 měsíců 108 proměnných a_{ij} . Činnosti (závislé, nezávislé na letovém řádu) jsou uvedeny v tabulce 5.1. spolu s horními a dolními odhady. Kriteriaální funkce (5.4) nám zaručuje, že počet druhých pilotů FO je v prvním měsíci minimální. Rovnice (5.5) nám zaručují, že tento počet bude zachován i v ostatních měsících. Dodržení roční produktivity AEA náletu (viz kapitola 1) nám zaručí rovnice (5.6). Levá strana rovnice (5.6) je v jednotkách blokohodina/počet, stejně tak pravá strana rovnice, která vyjadřuje průměrný roční nálet AEA. Ostatní rovnice vždy charakterizují dosažení ročního nároku činnosti. Například člen posádky má v současné době v Českých aeroliniích garantováno 134 dnů volna (křížků), 35 dnů dovolené a podobně. Koeficient 0,02 charakterizuje průměrnou nemocnost a následné navýšení o 2%. Parametry e_{ij} (hotovost, manažerské funkce, výcvik) volíme pro každý měsíc stejně. Krátký komentář s vysvětlením jednotlivých rovnic je uveden v závorce pod omezeními.

$$\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1} \rightarrow \min \quad (5.4)$$

$$\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1} = \sum_i^9 a_{ik} + \sum_r^3 e_{rk} \quad k = 1, \dots, 12 \quad (5.5)$$

(rovnosti, které zaručí, že počet FO je v každém měsíci stejný)

$$\begin{aligned} & \frac{7209}{a_{11} + a_{21} + a_{71}} + \frac{6387}{a_{12} + a_{22} + a_{72}} + \frac{7442}{a_{13} + a_{23} + a_{73}} + \frac{7076}{a_{14} + a_{24} + a_{74}} + \\ & + \frac{7551}{a_{15} + a_{25} + a_{75}} + \frac{7809}{a_{16} + a_{26} + a_{76}} + \frac{8270}{a_{17} + a_{27} + a_{77}} + \frac{8338}{a_{18} + a_{28} + a_{78}} + \\ & \frac{7931}{a_{19} + a_{29} + a_{79}} + \frac{7404}{a_{1,10} + a_{2,10} + a_{7,10}} + \frac{6410}{a_{1,11} + a_{2,11} + a_{7,11}} + \frac{6640}{a_{1,12} + a_{2,12} + a_{7,12}} = 850 \end{aligned} \quad (5.6)$$

(roční limit AEA, který obsahuje počet AEA 2, počet křížky, počet dny beze všeho)

$$31a_{21} + 28a_{22} + 31a_{23} + 30a_{24} + 31a_{25} + 30a_{26} + 31a_{27} + 31a_{28} + 30a_{29} + 31a_{2,10} + 30a_{2,11} + 31a_{2,12} =$$

$$= 134\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1} + 0,02\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1}\right)\right)$$

(roční nárok křížky)

$$31a_{31} + 28a_{32} + 31a_{33} + 30a_{34} + 31a_{35} + 30a_{36} + 31a_{37} + 31a_{38} + 30a_{39} + 31a_{3,10} + 30a_{3,11} + 31a_{3,12} =$$

$$= 35\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1} + 0,02\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1}\right)\right)$$

(roční nárok dovolená)

$$31a_{41} + 28a_{42} + 31a_{43} + 30a_{44} + 31a_{45} + 30a_{46} + 31a_{47} + 31a_{48} + 30a_{49} + 31a_{4,10} + 30a_{4,11} + 31a_{4,12} =$$

$$= 5\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1} + 0,02\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1}\right)\right)$$

(roční nárok OPC+OPC TIRE)

$$31a_{51} + 28a_{52} + 31a_{53} + 30a_{54} + 31a_{55} + 30a_{56} + 31a_{57} + 31a_{58} + 30a_{59} + 31a_{5,10} + 30a_{5,11} + 31a_{5,12} =$$

$$= 4\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1} + 0,02\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1}\right)\right)$$

(roční nárok ESEC+GRT)

$$31a_{61} + 28a_{62} + 31a_{63} + 30a_{64} + 31a_{65} + 30a_{66} + 31a_{67} + 31a_{68} + 30a_{69} + 31a_{6,10} + 30a_{6,11} + 31a_{6,12} =$$

$$= 1,5\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1} + 0,02\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1}\right)\right)$$

(roční nárok MEC)

$$a_{81} + a_{82} + a_{83} + a_{84} + a_{85} + a_{86} + a_{87} + a_{88} + a_{89} + a_{8,10} + a_{8,11} + a_{8,12} =$$

$$= 0,02\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1} + 0,02\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1}\right)\right)$$

(roční nárok lázně)

$$e_{1j} = 5$$

(hotovost)

$$e_{2j} = 0,5$$

(manažerské funkce)

$$e_{3j} = 0$$

(výcvik neuvažujeme)

Směrnice regresní přímky

$$b = 0,0081$$

Parametry p_1 , p_2 volí analytik interaktivně, při volbě parametrů vycházíme z předpokladu, že čím je parametr bližší nule, tím je odhad AEA2 počtu přesnější. V modelu volíme:

$$p_1, p_2 = 0,05.$$

AEA2	55,48	49,15	57,26	54,45	58,11	60,09	63,64	64,16	61,03	56,97	49,33	51,09
	61,32	54,32	63,29	60,18	64,22	66,42	70,34	70,91	67,45	62,97	54,52	56,47
X	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
DOV.	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
OPC+OPC TIRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ESEC+GRT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
MEC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
LÁZNĚ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Tab 5.1 - Horní a dolní odhad proměnných a_{ij} v modelu FO B737 AEA2 počet

5.3 Řešení modelu FO B737 AEA2 počet v Premium Solver Platform

Při výběru nejvhodnějšího optimalizačního softwaru jsme vycházeli ze dvou předpokladů:

- 1) Software slouží pouze jako ověření smysluplnosti metodiky odhadu počtu
- 2) Problém je interaktivní a vyžaduje neustálé změny ve vstupních parametrech

Pro řešení problému jsme na základě předpokladů vybrali nastavbu standardního excelovského řešitele-Premium Solver Platform. Jelikož Premium Solver Platform používáme pouze pro ověření smysluplnosti metodiky, zmíníme se pouze o základním nastavení parametrů solveru.

Premium solver platform nabízí několik možných „solver engines“. Model FO B737 AEA2 počet je nelineární a proto volíme GRG Nonlinear Solver. GRG Nonlinear Solver je založen na gradientní metodě viz např.[17].

Nastavení v GRG Nonlinear Solver Options

Precision: 0,000001

Convergence: 0,00001

Assume non-negative: zapnuto

Use Automatic Scaling: zapnuto

Estimates: Tangent

Derivates: Forward

Search: Newton

K nalezení globálního minima modelu z odstavce 5.2 volíme 20 počátečních řešení. Počáteční řešení a přípustná řešení v lokálních minimech jsou uvedena v dodatku 2. Z dvaceti počátečních řešení jsme v 19 případech dospěli k hodnotě kritériální funkce 125,66. V jednom případě jsme dospěli k hodnotě 125,83. Doba nalezení řešení je v Premium Solver Platform řádově desítky sekund (Intel Pentium M 740 processor, 2 MB

L2 cache, 1,73 GHz, 533MHz FSB). Hodnotu 125,66 považujeme za globální minimum, hledaný počet je 128,17, po zaokrouhlení 128 FC FO B737.

5.4 Řešení modelu FO B737 AEA2 počet v Lingo 7

Optimalizační software Lingo 7 využíváme pro ověření výpočtu z předcházejícího odstavce. Při zápisu modelu v Lingo 7 nevyužíváme modelový jazyk, ale model rozepisujeme do jednotlivých rovnic. Stejně tak jako v Premium Solver Platform získáme hodnotu 125, 66. Řešení v Lingo 7 trvá řádově sekundy (Intel Pentium M 740 processor, 2 MB L2 cache, 1,73 GHz, 533MHz FSB). Zápis modelu je uveden v dodatku 3.

5.5 Model pro CP B737 AEA2 počet

Model pro odhad počtu CP B737 vychází stejně jako model pro FO B737 z úlohy 4 z kapitoly 4. Cílem je získat minimální počet posádek při zachování ročních limitů a dosažení plánované produktivity.

Charakteristika modelu je stejná jako u FO B737. Liší se v počtu parametrů e_{ij} , v modelu CP B737 je navíc parametr, který charakterizuje navýšení o letové instruktory a inspektory (IPE/INS), kteří nejsou u FO standardně zastoupeni. Horní a dolní odhady AEA2 počtů se samozřejmě také liší, protože směrnice regresních přímk jsou různé.

$$\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^4 e_{r1} \rightarrow \min \quad (5.7)$$

$$\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^4 e_{r1} = \sum_i^9 a_{ik} + \sum_r^4 e_{rk} \quad k = 1, \dots, 12 \quad (5.8)$$

$$\begin{aligned} & \frac{7209}{a_{11} + a_{21} + a_{71}} + \frac{6387}{a_{12} + a_{22} + a_{72}} + \frac{7442}{a_{13} + a_{23} + a_{73}} + \frac{7076}{a_{14} + a_{24} + a_{74}} + \\ & + \frac{7551}{a_{15} + a_{25} + a_{75}} + \frac{7809}{a_{16} + a_{26} + a_{76}} + \frac{8270}{a_{17} + a_{27} + a_{77}} + \frac{8338}{a_{18} + a_{28} + a_{78}} + \\ & \frac{7931}{a_{19} + a_{29} + a_{79}} + \frac{7404}{a_{1,10} + a_{2,10} + a_{7,10}} + \frac{6410}{a_{1,11} + a_{2,11} + a_{7,11}} + \frac{6640}{a_{1,12} + a_{2,12} + a_{7,12}} = 855 \end{aligned} \quad (5.9)$$

(roční limit AEA, který obsahuje počet AEA 2, počet křížky, počet dny beze všeho)

$$\begin{aligned} & 31a_{21} + 28a_{22} + 31a_{23} + 30a_{24} + 31a_{25} + 30a_{26} + 31a_{27} + 31a_{28} + 30a_{29} + 31a_{2,10} + 30a_{2,11} + 31a_{2,12} = \\ & = 134 \left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1} + 0,02 \left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1} \right) \right) \end{aligned}$$

(roční nárok křížky)

$$31a_{31} + 28a_{32} + 31a_{33} + 30a_{34} + 31a_{35} + 30a_{36} + 31a_{37} + 31a_{38} + 30a_{39} + 31a_{3,10} + 30a_{3,11} + 31a_{3,12} =$$

$$= 35\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1} + 0,02\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1}\right)\right)$$

(roční nárok dovolená)

$$31a_{41} + 28a_{42} + 31a_{43} + 30a_{44} + 31a_{45} + 30a_{46} + 31a_{47} + 31a_{48} + 30a_{49} + 31a_{4,10} + 30a_{4,11} + 31a_{4,12} =$$

$$= 5\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1} + 0,02\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1}\right)\right)$$

(roční nárok OPC+OPC TIRE)

$$31a_{51} + 28a_{52} + 31a_{53} + 30a_{54} + 31a_{55} + 30a_{56} + 31a_{57} + 31a_{58} + 30a_{59} + 31a_{5,10} + 30a_{5,11} + 31a_{5,12} =$$

$$= 4\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1} + 0,02\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1}\right)\right)$$

(roční nárok ESEC+GRT)

$$31a_{61} + 28a_{62} + 31a_{63} + 30a_{64} + 31a_{65} + 30a_{66} + 31a_{67} + 31a_{68} + 30a_{69} + 31a_{6,10} + 30a_{6,11} + 31a_{6,12} =$$

$$= 1,5\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1} + 0,02\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1}\right)\right)$$

(roční nárok MEC)

$$a_{81} + a_{82} + a_{83} + a_{84} + a_{85} + a_{86} + a_{87} + a_{88} + a_{89} + a_{8,10} + a_{8,11} + a_{8,12} =$$

$$= 0,02\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1} + 0,02\left(\sum_i^9 a_{i1} + \sum_r^3 e_{r1}\right)\right)$$

(roční nárok lázně)

$$e_{1j} = 5$$

(hotovost)

$$e_{2j} = 5,61$$

(manažerské funkce)

$$e_{3j} = 0$$

(výcvik)

$$e_{4j} = 7$$

(IPE/INS)

Směrnice regresní přímky

$$b = 0,0086$$

Parametry p_1 , p_2 volí analytik interaktivně, při volbě parametrů vycházíme z předpokladu, že čím je parametr bližší nule, tím je odhad AEA2 počtu přesnější. V modelu volíme:

$$p_1 = 0,01$$

$$p_2 = 0,2$$

AEA2	49,6	43,9	51,2	48,7	52,0	53,7	56,9	57,4	54,6	50,9	44,1	45,7
	62,6	55,5	64,6	61,5	65,6	67,8	71,8	72,4	68,9	64,3	55,7	57,7
X	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
DOV.	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
OPC+OPC TIRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ESEC+GRT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
MEC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
LÁZNĚ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Tab 5.2 - Horní a dolní odhad proměnných a_{ij} v modelu CP B737 AEA2 počet

5.6 Řešení modelu CP B737 AEA2 počet v Premium Solver Platform

Model pro CP B737 je téměř totožný s modelem pro FO B737, a proto jsme pro řešení využili opět Premium solver platform. Stejně jako u modelu FO B737 AEA2 volíme GRG Nonlinear Solver s nastavením:

Nastavení v GRG Nonlinear Solver Options

Precision: 0,000001

Convergence: 0,0000001

Assume non-negative: zapnuto

Use Automatic Scaling: zapnuto

Estimates: Tangent

Derivates: Forward

Search: Newton

K nalezení globálního minima volíme 20 počátečních řešení. Počáteční řešení a přípustná řešení v lokálních minimech jsou uvedena v dodatku 2. Hodnota kritériální funkce v lokálních minimech je ve všech dvaceti případech různá. Hodnoty (po zaokrouhlení na 3 desetinná místa) náleží intervalu 138,811-139,273. Doba nalezení řešení v Premium Solver Platform je řádově desítky sekund (Intel Pentium M 740 processor, 2 MB L2 cache, 1,73 GHz, 533MHz FSB). Z dosažených řešení nelze udělat závěr o globálním minimu. Za „globální“ minimum považujeme lokální minimum s minimální hodnotou kritériální funkce 138,811, hledaný počet je 141,588, po zaokrouhlení 142 FC CP B737.

5.7 Řešení modelu CP B737 AEA2 počet v Lingo 7

Optimalizační software Lingo 7 využíváme, stejně tak jako u modelu FO B737 AEA2, pro ověření výpočtu v Premium Solver Platform. Při zápisu modelu v Lingo 7 opět nevyužíváme modelový jazyk, ale model rozepisujeme do jednotlivých rovnic. Hodnoty kritériální funkce se v Premium Solver Platform pohybovaly v intervalu 138,811 - 139,273 , při řešení v Lingo 7 jsme dospěli k hodnotě 138,676. Řešení v Lingo 7 trvá řádově sekundy (Intel Pentium M 740 processor, 2 MB L2 cache, 1,73 GHz, 533MHz FSB). Zápis modelu je uveden v dodatku 4.

5.8 Komentáře a pozorování

Řešení získaná výše vycházejí z horních a dolních mezí proměnných. Tyto meze jsou konstantní po celý rok. Při získávání počtu a výsledného rozložení činností v roce postupuje analytik tak, že se snaží vyhovět předpokládaným požadavkům pomocí horních a dolních mezí. Uvažujme například, že pro společnost je výhodné, aby všichni FC na typu vykonali simulátorový výcvik OPC+OPC TIRE v měsících listopad a prosinec. Jelikož jsou celkové nároky na OPC+OPC TIRE (celkový objem dnů) implicitně funkcí celkového počtu nemůžeme požadované horní a dolní meze okamžitě určit. Postupujeme tak, že nejprve odhadneme počet CP resp. FO. Použijeme model, ve kterém jsou dolní meze 0 a horní číslo >100 . Z výsledku zjistíme celkový nárok na OPC+OPC TIRE. Z tohoto nároku odhadneme horní mez pro OPC+OPC TIRE v listopadu a prosinci. Dolní mez ponecháme 0. Ve zbylých měsících volíme horní a dolní meze OPC+OPC TIRE 0. Výpočet opakujeme. Analogicky postupujeme při určování horních a dolních mezí ostatních činností. Model nám garantuje, že při daném nastavení horních a dolních mezí je hledaný počet FC minimální.

Při řešení modelu CP B737 vycházíme z předpokladu, že BLK, vstupující do rovnice (5.9), jsou totožné s plánovanými BLK. Roční hodnota AEA (pravá strana rovnice (5.9)),

vychází ze skutečnosti minulých let. Počítá se jako podíl doby letu a AEA počtu. Nepřesnost nastává, pokud CMS společnosti neumožňuje oddělit dobu letu CP, kteří letí v základní posádce od doby letu, kdy CP letí v jiné než základní posádce (trojčlenka apod.). Například v trojčlence, ve které je přezkušován FO, jsou dva CP. Doba letu CP se započítává dvakrát. Plánované BLK jsou spočteny z jednotlivých linek letového řádu. Pro odstranění této nepřesnosti je třeba v modelu pro CP navýšit BLK. Cílem modelu je získání potřebného počtu FC a optimální rozložení činností v průběhu roku. V modelu celočíselnost neuvažujeme a to i přes to, že se jedná o počet. Při zadání podmínek celočíselnosti jsme z 20 počátečních řešení nenašli žádné přípustné řešení. V praktickém využití používáme neceločíselný model, ve kterém zaokrouhlujeme na nejbližší celé číslo.

6 Závěr

Fáze plánování posádek Manpower Planning hraje v leteckých společnostech z pohledu nákladů významnou roli. Ve většině leteckých společnostech tvoří většinu platu posádek fixní položka. Zjednodušeně lze říci, že posádky jsou vlastně placeny za to, jestli jsou nebo nejsou u společnosti zaměstnány. Pokud je třeba strategicky rozhodnout o plánovaném počtu posádek na další období, je toto rozhodnutí zcela zásadní. Při nadhodnoceném počtu posádek jsou posádky neefektivně využity. I přes kvalitní tvorbu (která není v případě nadbytku důležitá) pairings a následnou tvorbu rosterů budou nálety některých, nebo všech členů posádky výrazně pod hranicí dovolenou normou společnosti. Společnost tak zbytečně vynakládá prostředky na nevyužité posádky. Naopak při podhodnoceném počtu posádek nevyřeší nedostatek ani kvalitní tvorba pairings a rosterů. Nálety posádek budou naopak přesahovat limity dané normou. Cílem pro management letecké společnosti je snížit fixní (nevýkonovou) složku na minimum. Základní myšlenka metody Manpower Planning prezentovaná v této práci je založena na vzájemně jednoznačném přiřazení den-činnost. Dny se poté agregují do jednotlivých měsíců. Myšlenku člověkodnů by bylo výhodné rozšířit z měsíční agregované báze na denní. V grafickém znázornění bychom získali pro každý den jeden „sloupec“. Princip odhadů činností, které nesouvisí s produkcí, by zůstal stejný. Roční hodnota těchto činností by byla funkcí celkového počtu. Pro odhad činností, které závisí na produkci (AEA2 dny) vzniká otázka, zda je možné smysluplně využít statistický odhad. Využití závislosti $\text{AEA2 počet} = f(\text{BLK})$ v jednotlivých dnech může být obecně velmi zkreslující. Jeden čtyřhodinový let generuje jeden AEA2 den, naopak 4 hodinové lety (ve stejný čas) generují 4 dny AEA2.

Pro odhad AEA2 dnů v jednotlivých dnech v roce by bylo výhodné využívat pairings. Jednoduchým součtem přes jednotlivé pairings získáme počet AEA2 dnů v jednotlivých dnech roku. Vstupem pro tvorbu pairings je letový řád. Zásadní problém odhadu AEA2 dnů pomocí pairings je ovšem skutečnost, že letový řád na rok dopředu není k dispozici. Využití období, kratší než rok, ve kterém je letový řád k dispozici, nevyhovuje parametrům činností nezávislých na produkci. Pro dovolenou standardně používáme parametr 35 dní, což je roční nárok 1 FC/CC. Kdybychom použili období půl roku,

museli bychom nárok 35 dní rozdělit na dvě části. Klíč k tomu jak 35 dní rozdělit na dvě části není jednoznačný.

Další komplikací modelu na denní bázi je nastavení horních a dolních mezí činností.

Například pro 10 činností na každý den v roce generuje 3650 horních a 3650 dolních mezí.

Prvním cílem práce je popis jednotlivých fází plánování posádek v aerolinkách. Práce popisuje fáze Crew Pairing a Crew Rostering, které jsou nejčastěji studovány operačním výzkumem. Druhým cílem práce je nalezení metodiky pro odhad počtu posádek (Manpower Planning). Práce navrhuje postup, jehož výstupem je úloha matematického programování. Je zřejmé, že se nejedná o metodiku, ze které by vzešlo magické a neměnné číslo určující optimální počet posádek. Jedná se o další aplikaci matematického programování, která se snaží namodelovat reálnou situaci.

Z pohledu operačního výzkumu je hlavním přínosem práce vytvoření modelu pro odhad počtu posádek a popis jeho základních vlastností. Z praktického hlediska spočívá hlavní přínos práce především v rozvoji softwarové aplikace Manpower Planning, pro kterou lze využít model prezentovaný v práci.

8 Literatura

[1] Cimburek, V. (2003): Kvadratický přiřazovací problém a jeho aplikace. Sborník prací účastníků vědeckého semináře doktorandského studia Fakulty informatiky a statistiky VŠE v Praze, *Oeconomica Praha*, 181-190

[2] Anbil, R., Gelman, E., Patty, B., Tanga, R. (1991a): Recent Advances in Crew-pairing Optimization at American Airlines. *Interfaces*, 21(1):62-74.

[3] Andersson, E., Housos, E., Kohl, N., Wedelin, D. (1997): Operations Research in the Airline Industry, chapter Crew Pairing Optimization. Kluwer Scientific Publishers.

[4] Campbell, K.W., Durfee, R.B., Hines, G.S. (1997): FedEx Generates Bid Lines Using Simulated Annealing. *Interfaces* 27(2), 1–16.

[5] Desaulniers, G., Desrosiers, J., Dumas, Y., Marc, S., Rioux, B., Solomon, M., Soumis, F. (1997): Crew Pairing at Air France. *European Journal of Operational Research*, 97:245-259.

[6] Gamache, F., Soumis, F., Villeneuve, D., Desrosiers, J., Gélinas, E. (1998): The Preferential Bidding System at Air Canada. *Transportation Science* 32(3), 246–255.

[7] Gerbracht, R (1978): A New Algorithm for Very Large Crew Pairing Problems. In 18th AGIFORS Symposium, Vancouver, British Columbia, CA.

[8] Gershkoff, I (1989): Optimizing Flight Crew Schedules. *Interfaces*, 19:29-43.

[9] Graves, G. W., McBride, R. D., Gershkoff, I. (1993): Flight Crew Scheduling. *Management Science*, 39(6):736-745

[10] Gustafsson, T. (1999): A Heuristic Approach to Column Generation for Airline Crew Scheduling. *Disertační práce*, Chalmers University of Technology.

[11] Hamala, M. (1972): *Nelineárne programovanie*, Alfa, Bratislava.

[12] Hušek, R. (1999): *Ekonometrická analýza*, Ekopress, Praha.

[13] Jarrah, A.I.Z., Diamond, J.T. (1997): The Problem of Generating Crew Bidlines. *Interfaces* 27(4), 49–64.

[14] Kohl, S., Karish, S.E. (2004): Airline Crew Rostering: Problem Types, Modeling and Optimization. *Annals of Operations Research* 127, Kluwer Academic Publishers, 223–257.

- [15] Lasry, A., McInnis, D., Soumis, F., Desrosiers, J., Solomon, M.M. (2000): Air Transat Uses ALTITUDE to Manage Its Aircraft Routing, Crew Pairing, and Work Assignment. *Interfaces* 30(2), 41–53.
- [16] Lavoie, S., Minoux, M., Odier, E. (1988): A New Approach for Crew Pairing Problems by Column Generation with an Application to Air Transportation. *European Journal of Operational Research*, 35:45-58.
- [17] Maňas, M. (1979): *Optimalizační metody*, SNTL, Praha.
- [18] Plesník, J., Dupačová, J., Vlach, M. (1990): *Lineárne programovanie*, Alfa, Bratislava.
- [19] Rushmeier, R., Hoffman, K., Padberg, M. (1995): *Recent Advances in Exact Optimization of Airline Scheduling Problems*. Technical report, George Mason University.
- [20] Smith, Barry Craig (2004): *Robust Airline Fleet Assignment*, Disertační práce, Georgia Institute of Technology.
- [21] Van Hoai Tran (2005): *Solving Large Scale Crew Pairing Problems*, Disertační práce, Ruprecht-Karls-University, Heidelberg.
- [22] Vance, P.H., Atamturk, A., Barnhart, C., Gelman, E., Johnson, E.L., Krishna, A., Mahidhara, D., Nemhauser, G.L., Rebello, R. (1997): *A Heuristic Branch-and-Price Approach for the Airline Crew Pairing Problem*. Technical report, Georgia Institute of Technology.
- [23] Wedelin, D. (1995): An Algorithm for Large Scale 0-1 Integer Programming with Applications to Airline Crew Scheduling. *Annals of Operations Research*, 57:283-301.

[24] www.aea.be

[25] www.carmensystems.com

[26] www.sabre.com

[27] www.lhsystems.com

[28] www.kite.cz

8 Dodatek 1 - Slovník zkratek

ÚCL - Úřad civilního letectví

FC - Flight deck Crew, piloti

CC - Cabin Crew, palubní průvodčí, stewardi

CP - Captain, pilot s funkcí kapitán

FO - Flight Officer, co-pilot, pilot s funkcí druhý pilot

B737 - Letadlo Boeing typu B737

ATR - Letadlo ATR

A320 - Letadlo Airbus typu A320

A310 - Letadlo Airbus typu A310

PS - Člen CC, purser

VK - Člen CC, vedoucí kabiny

PP - Člen CC, palubní průvodčí

CMS - Crew Management System, robustní softwarová aplikace pro plánování posádek

IPE - Člen FC, inspektor, examinátor, pilot, který vyučuje a přezkušuje

INS - Člen FC, instruktor, pilot, který vyučuje

BLK - Blokohodiny, doba od nahození motorů letounu v místě startu do posledního pohybu letounu v cílové destinaci

KŘÍŽEK - Den nuceného volna FC/CC, vyplývající z kolektivní smlouvy

OPC+OPC TIRE - Povinný simulátorový trenažér pro FC, trénink krizových situací

ESEC+ESEC GRT - Povinné pozemní školení FC

MEC - Medical check, povinná lékařská prohlídka

HOTOVOST – Letová záloha, použitelná v případě absence FC/CC

9 Dodatek 2- Historická data

FO B737	dny	BLK	AEA2 dny	CP B737	dny	BLK	AEA2 dny
I.03	31	4 617	1223,00	I.03	31	4 617	1329,00
II.03	28	4 160	1088,00	II.03	28	4 160	1199,00
III.03	31	4 824	1299,00	III.03	31	4 824	1307,00
IV.03	30	5 378	1403,00	IV.03	30	5 378	1419,00
V.03	31	5 698	1522,00	V.03	31	5 698	1580,00
VI.03	30	6 270	1581,00	VI.03	30	6 270	1793,00
VII.03	31	6 752	1742,00	VII.03	31	6 752	1734,00
VIII.03	31	6 863	1765,00	VIII.03	31	6 863	1739,00
IX.03	30	6 549	1651,00	IX.03	30	6 549	1629,00
X.03	31	6 280	1635,00	X.03	31	6 280	1654,00
XI.03	30	5 512	1526,00	XI.03	30	5 512	1557,00
XII.03	31	5 719	1534,00	XII.03	31	5 719	1544,00
I.04	31	5 777	1463,00	I.04	31	5 777	1661,00
II.04	29	5 302	1345,00	II.04	29	5 302	1533,00
III.04	31	6 191	1604,00	III.04	31	6 191	1810,00
IV.04	30	6 602	1694,00	IV.04	30	6 602	1863,00
V.04	31	7 153	1937,00	V.04	31	7 153	1939,00
VI.04	30	7 906	2006,00	VI.04	30	7 906	2025,00
VII.04	31	8 655	2119,00	VII.04	31	8 655	2177,00
VIII.04	31	8 826	2192,00	VIII.04	31	8 826	2160,00
IX.04	30	8 184	1974,00	IX.04	30	8 184	1923,00
X.04	31	7 828	1908,00	X.04	31	7 828	2011,00
XI.04	30	7 598	1741,00	XI.04	30	7 598	2039,00
XII.04	31	7 530	1834,00	XII.04	31	7 530	1888,00
I.05	31	7 529	1870,00	I.05	31	7 529	2213,00
II.05	28	6 559	1592,00	II.05	28	6 559	1785,00
III.05	31	8 321	1938,00	III.05	31	8 321	2302,00
IV.05	30	8 362	1988,00	IV.05	30	8 362	2094,00
V.05	31	8 967	2125,00	V.05	31	8 967	2211,00
VI.05	30	8 910	2027,00	VI.05	30	8 910	2336,00
VII.05	31	9 365	2205,00	VII.05	31	9 365	2335,00
VIII.05	31	9 106	2183,00	VIII.05	31	9 106	2273,00
IX.05	30	8 542	2096,00	IX.05	30	8 542	2151,00
X.05	31	8 193	1986,00	X.05	31	8 193	2082,00
XI.05	30	6 907	1757,00	XI.05	30	6 907	1895,00
XII.05	31	7 114	1768,00	XII.05	31	7 114	1931,00

10 Dodatek 3 – Model FO B737 AEA2 v Lingu 7

$$\min = a_{11} + a_{21} + a_{31} + a_{41} + a_{51} + a_{61} + a_{71} + a_{81} + a_{91} + e_{11} + e_{21} + e_{31};$$

(kriteriální funkce, minimalizace počtu v prvním měsíci)

$$\begin{aligned} a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31} &= a_{12}+a_{22}+a_{32}+a_{42}+a_{52}+a_{62} \\ &+ a_{72}+a_{82}+a_{92}+e_{12}+e_{22}+e_{32}; \\ a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31} &= a_{13}+a_{23}+a_{33}+a_{43}+a_{53}+a_{63} \\ &+ a_{73}+a_{83}+a_{93}+e_{13}+e_{23}+e_{33}; \\ a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31} &= a_{14}+a_{24}+a_{34}+a_{44}+a_{54}+a_{64} \\ &+ a_{74}+a_{84}+a_{94}+e_{14}+e_{24}+e_{34}; \\ a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31} &= a_{15}+a_{25}+a_{35}+a_{45}+a_{55}+a_{65} \\ &+ a_{75}+a_{85}+a_{95}+e_{15}+e_{25}+e_{35}; \\ a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31} &= a_{16}+a_{26}+a_{36}+a_{46}+a_{56}+a_{66} \\ &+ a_{76}+a_{86}+a_{96}+e_{16}+e_{26}+e_{36}; \\ a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31} &= a_{17}+a_{27}+a_{37}+a_{47}+a_{57}+a_{67} \\ &+ a_{77}+a_{87}+a_{97}+e_{17}+e_{27}+e_{37}; \\ a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31} &= a_{18}+a_{28}+a_{38}+a_{48}+a_{58}+a_{68} \\ &+ a_{78}+a_{88}+a_{98}+e_{18}+e_{28}+e_{38}; \\ a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31} &= a_{19}+a_{29}+a_{39}+a_{49}+a_{59}+a_{69} \\ &+ a_{79}+a_{89}+a_{99}+e_{19}+e_{29}+e_{39}; \\ a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31} &= a_{110}+a_{210}+a_{310}+a_{410}+a_{51} \\ &0+a_{610}+a_{710}+a_{810}+a_{910}+e_{110}+e_{210}+e_{310}; \\ a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31} &= a_{111}+a_{211}+a_{311}+a_{411}+a_{51} \\ &1+a_{611}+a_{711}+a_{811}+a_{911}+e_{111}+e_{211}+e_{311}; \\ a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31} &= a_{112}+a_{212}+a_{312}+a_{412}+a_{51} \\ &2+a_{612}+a_{712}+a_{812}+a_{912}+e_{112}+e_{212}+e_{312}; \end{aligned}$$

(rovnosti, které zaručí, že počet FO je v každém měsíci stejný)

$$\begin{aligned} 7209/(a_{11}+a_{21}) + 6387/(a_{12}+a_{22}) + \\ 7442/(a_{13}+a_{23}) + 7076/(a_{14}+a_{24}) + 7551/(a_{15}+a_{25}) + \\ 7809/(a_{16}+a_{26}) + 8270/(a_{17}+a_{27}) + 8338/(a_{18}+a_{28}) + 7931/(a_{19}+a_{29}) + \\ 7404/(a_{110}+a_{210}) + \\ 6410/(a_{111}+a_{211}) + 6640/(a_{112}+a_{212}) = 850; \end{aligned}$$

(roční limit AEA, který obsahuje počet AEA 2, počet křížky, počet dny beze všeho)

$$\begin{aligned} 31*a_{21}+28*a_{22}+31*a_{23}+30*a_{24}+31*a_{25}+30*a_{26}+31*a_{27}+31*a_{28}+30*a_{29}+31*a_{210}+ \\ 30*a_{211}+31*a_{212}=134*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31})+0 \\ .02*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}); \end{aligned}$$

(roční nárok křížky)

$31*a_{31}+28*a_{32}+31*a_{33}+30*a_{34}+31*a_{35}+30*a_{36}+31*a_{37}+31*a_{38}+30*a_{39}+31*a_{310}+30*a_{311}+31*a_{312}=35*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31})+0.02*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31});$

(roční nárok dovolená)

$31*a_{41}+28*a_{42}+31*a_{43}+30*a_{44}+31*a_{45}+30*a_{46}+31*a_{47}+31*a_{48}+30*a_{49}+31*a_{410}+30*a_{411}+31*a_{412}=5*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31})+0.02*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31});$

(roční nárok OPC+OPC TIRE)

$31*a_{51}+28*a_{52}+31*a_{53}+30*a_{54}+31*a_{55}+30*a_{56}+31*a_{57}+31*a_{58}+30*a_{59}+31*a_{510}+30*a_{511}+31*a_{512}=4*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31})+0.02*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31});$

(roční nárok ESEC+GRT)

$31*a_{61}+28*a_{62}+31*a_{63}+30*a_{64}+31*a_{65}+30*a_{66}+31*a_{67}+31*a_{68}+30*a_{69}+31*a_{610}+30*a_{611}+31*a_{612}=1.5*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31})+0.02*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31});$

(roční nárok MEC)

$a_{81}+a_{82}+a_{83}+a_{84}+a_{85}+a_{86}+a_{87}+a_{88}+a_{89}+a_{810}+a_{811}+a_{812}=0.02*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31})+0.02*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31});$

(roční nárok lázně)

$e_{11}=5;$

$e_{12}=5;$

$e_{13}=5;$

$e_{14}=5;$

$e_{15}=5;$

$e_{16}=5;$

$e_{17}=5;$

$e_{18}=5;$

$e_{19}=5;$

$e_{110}=5;$

$e_{111}=5;$

$e_{112}=5;$

(hotovost)

$e_{21}=0.5;$

$e_{22}=0.5;$

e23=0.5;
e24=0.5;
e25=0.5;
e26=0.5;
e27=0.5;
e28=0.5;
e29=0.5;
e210=0.5;
e211=0.5;
e212=0.5;

(manažerské funkce)

e31=0;
e32=0;
e33=0;
e34=0;
e35=0;
e36=0;
e37=0;
e38=0;
e39=0;
e310=0;
e311=0;
e312=0;

(výcvik neuvažujeme)

55.48<=a11;
a11<=61.32;
49.15<=a12;
a12<=54.32;
57.26<=a13;
a13<=63.29;
54.45<=a14;
a14<=60.18;
58.11<=a15;
a15<=64.22;
60.09<=a16;
a16<=66.42;
63.64<=a17;
a17<=70.34;
64.16<=a18;
a18<=70.91;
61.03<=a19;
a19<=67.45;
56.97<=a110;
a110<=62.97;
49.33<=a111;
a111<=54.52;
51.09<=a112;
a112<=56.47;

(horní a dolní meze pro AEA2 počet)

46<=a21;
a21<=60;
46<=a22;
a22<=60;
46<=a23;
a23<=60;
46<=a24;
a24<=60;
46<=a25;
a25<=60;
46<=a26;
a26<=60;
46<=a27;
a27<=60;
46<=a28;
a28<=60;
46<=a29;
a29<=60;
46<=a210;
a210<=60;
46<=a211;
a211<=60;
46<=a212;
a212<=60;

(horní a dolní meze pro dny volna)

9<=a31;
a31<=20;
9<=a32;
a32<=20;
9<=a33;
a33<=20;
9<=a34;
a34<=20;
9<=a35;
a35<=20;
9<=a36;
a36<=20;
9<=a37;
a37<=20;
9<=a38;
a38<=20;
9<=a39;
a39<=20;
9<=a310;
a310<=20;
9<=a311;
a311<=20;
9<=a312;
a312<=20;

(horní a dolní meze pro dovolené)

a41<=4;
a42<=4;
a43<=4;
a44<=4;
a45<=4;
a46<=4;
a47<=4;
a48<=4;
a49<=4;
a410<=4;
a411<=4;
a412<=4;

(horní a dolní meze pro OPC+OPC TIRE)

1<=a51;
a51<=3;
1<=a52;
a52<=3;
1<=a53;
a53<=3;
1<=a54;
a54<=3;
1<=a55;
a55<=3;
1<=a56;
a56<=3;
1<=a57;
a57<=3;
1<=a58;
a58<=3;
1<=a59;
a59<=3;
1<=a510;
a510<=3;
1<=a511;
a511<=3;
1<=a512;
a512<=3;

(horní a dolní meze pro ESEC+GRT)

a61<=2;
a62<=2;
a63<=2;
a64<=2;
a65<=2;
a66<=2;
a67<=2;
a68<=2;
a69<=2;
a610<=2;
a611<=2;

a612<=2;

(horní a dolní meze pro MEC)

a71<=5;
a72<=5;
a73<=5;
a74<=5;
a75<=5;
a76<=5;
a77<=5;
a78<=5;
a79<=5;
a710<=5;
a711<=5;
a712<=5;

(horní a dolní meze pro dny beze všeho)

a81<=5;
a82<=5;
a83<=5;
a84<=5;
a85<=5;
a86<=5;
a87<=5;
a88<=5;
a89<=5;
a810<=5;
a811<=5;
a812<=5;

(horní a dolní meze pro lázně)

a91<=10;
a92<=10;
a93<=10;
a94<=10;
a95<=10;
a96<=10;
a97<=10;
a98<=10;
a99<=10;
a910<=10;
a911<=10;
a912<=10;

(horní a dolní meze pro ostatní)

11 Dodatek 4 – Model CP B737 AEA2 v Lingu 7

$$\min = a_{11} + a_{21} + a_{31} + a_{41} + a_{51} + a_{61} + a_{71} + a_{81} + a_{91} + e_{11} + e_{21} + e_{31} + e_{41};$$

(kriteriální funkce, minimalizace počtu v prvním měsíci)

$$a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41}=a_{12}+a_{22}+a_{32}+a_{42}+a_{52}+a_{62}+a_{72}+a_{82}+a_{92}+e_{12}+e_{22}+e_{32}+e_{42};$$

$$a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41}=a_{13}+a_{23}+a_{33}+a_{43}+a_{53}+a_{63}+a_{73}+a_{83}+a_{93}+e_{13}+e_{23}+e_{33}+e_{43};$$

$$a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41}=a_{14}+a_{24}+a_{34}+a_{44}+a_{54}+a_{64}+a_{74}+a_{84}+a_{94}+e_{14}+e_{24}+e_{34}+e_{44};$$

$$a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41}=a_{15}+a_{25}+a_{35}+a_{45}+a_{55}+a_{65}+a_{75}+a_{85}+a_{95}+e_{15}+e_{25}+e_{35}+e_{45};$$

$$a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41}=a_{16}+a_{26}+a_{36}+a_{46}+a_{56}+a_{66}+a_{76}+a_{86}+a_{96}+e_{16}+e_{26}+e_{36}+e_{46};$$

$$a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41}=a_{17}+a_{27}+a_{37}+a_{47}+a_{57}+a_{67}+a_{77}+a_{87}+a_{97}+e_{17}+e_{27}+e_{37}+e_{47};$$

$$a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41}=a_{18}+a_{28}+a_{38}+a_{48}+a_{58}+a_{68}+a_{78}+a_{88}+a_{98}+e_{18}+e_{28}+e_{38}+e_{48};$$

$$a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41}=a_{19}+a_{29}+a_{39}+a_{49}+a_{59}+a_{69}+a_{79}+a_{89}+a_{99}+e_{19}+e_{29}+e_{39}+e_{49};$$

$$a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41}=a_{110}+a_{210}+a_{310}+a_{410}+a_{510}+a_{610}+a_{710}+a_{810}+a_{910}+e_{110}+e_{210}+e_{310}+e_{410};$$

$$a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41}=a_{111}+a_{211}+a_{311}+a_{411}+a_{511}+a_{611}+a_{711}+a_{811}+a_{911}+e_{111}+e_{211}+e_{311}+e_{411};$$

$$a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41}=a_{112}+a_{212}+a_{312}+a_{412}+a_{512}+a_{612}+a_{712}+a_{812}+a_{912}+e_{112}+e_{212}+e_{312}+e_{412};$$

$$7209/(a_{11}+a_{21}+a_{71})+ 6387/(a_{12}+a_{22}+a_{72})+ 7442/(a_{13}+a_{23}+a_{73})+7076/(a_{14}+a_{24}+a_{74})+7551/(a_{15}+a_{25}+a_{75})+ 7809/(a_{16}+a_{26}+a_{76})+ 8270/(a_{17}+a_{27}+a_{77})+ 8338/(a_{18}+a_{28}+a_{78})+ 7931/(a_{19}+a_{29}+a_{79})+ 7404/(a_{110}+a_{210}+a_{710})+ 6410/(a_{111}+a_{211}+a_{711})+ 6640/(a_{112}+a_{212}+a_{712})=855;$$

(rovnosti, které zaručí, že počet CP je v každém měsíci stejný)

$$7209/(a_{11}+a_{21}+a_{71})+ 6387/(a_{12}+a_{22}+a_{72})+ 7442/(a_{13}+a_{23}+a_{73})+7076/(a_{14}+a_{24}+a_{74})+7551/(a_{15}+a_{25}+a_{75})+ 7809/(a_{16}+a_{26}+a_{76})+ 8270/(a_{17}+a_{27}+a_{77})+ 8338/(a_{18}+a_{28}+a_{78})+ 7931/(a_{19}+a_{29}+a_{79})+ 7404/(a_{110}+a_{210}+a_{710})+ 6410/(a_{111}+a_{211}+a_{711})+ 6640/(a_{112}+a_{212}+a_{712})=855;$$

(roční limit AEA, který obsahuje počet AEA 2, počet křížky, počet dny beze všeho)

$31*a_{21}+28*a_{22}+31*a_{23}+30*a_{24}+31*a_{25}+30*a_{26}+31*a_{27}+31*a_{28}+30*a_{29}+31*a_{210}+30*a_{211}+31*a_{212}=134*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41})+0.02*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41})$;

(roční nárok křížky)

$31*a_{31}+28*a_{32}+31*a_{33}+30*a_{34}+31*a_{35}+30*a_{36}+31*a_{37}+31*a_{38}+30*a_{39}+31*a_{310}+30*a_{311}+31*a_{312}=35*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41})+0.02*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41})$;

(roční nárok dovolená)

$31*a_{41}+28*a_{42}+31*a_{43}+30*a_{44}+31*a_{45}+30*a_{46}+31*a_{47}+31*a_{48}+30*a_{49}+31*a_{410}+30*a_{411}+31*a_{412}=5*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41})+0.02*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41})$;

(roční nárok OPC+OPC TIRE)

$31*a_{51}+28*a_{52}+31*a_{53}+30*a_{54}+31*a_{55}+30*a_{56}+31*a_{57}+31*a_{58}+30*a_{59}+31*a_{510}+30*a_{511}+31*a_{512}=4*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41})+0.02*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41})$;

(roční nárok ESEC+GRT)

$31*a_{61}+28*a_{62}+31*a_{63}+30*a_{64}+31*a_{65}+30*a_{66}+31*a_{67}+31*a_{68}+30*a_{69}+31*a_{610}+30*a_{611}+31*a_{612}=1.5*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41})+0.02*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41})$;

(roční nárok MEC)

$a_{81}+a_{82}+a_{83}+a_{84}+a_{85}+a_{86}+a_{87}+a_{88}+a_{89}+a_{810}+a_{811}+a_{812}=0.02*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41})+0.02*(a_{11}+a_{21}+a_{31}+a_{41}+a_{51}+a_{61}+a_{71}+a_{81}+a_{91}+e_{11}+e_{21}+e_{31}+e_{41})$;

(roční nárok lázně)

$e_{11}=5$;
 $e_{12}=5$;
 $e_{13}=5$;
 $e_{14}=5$;
 $e_{15}=5$;
 $e_{16}=5$;
 $e_{17}=5$;
 $e_{18}=5$;
 $e_{19}=5$;
 $e_{110}=5$;
 $e_{111}=5$;
 $e_{112}=5$;

(hotovost)

e21=5.61;
e22=5.61;
e23=5.61;
e24=5.61;
e25=5.61;
e26=5.61;
e27=5.61;
e28=5.61;
e29=5.61;
e210=5.61;
e211=5.61;
e212=5.61;

(manažerské funkce)

e31=0;
e32=0;
e33=0;
e34=0;
e35=0;
e36=0;
e37=0;
e38=0;
e39=0;
e310=0;
e311=0;
e312=0;

(výcvik neuvažujeme)

e41=7;
e42=7;
e43=7;
e44=7;
e45=7;
e46=7;
e47=7;
e48=7;
e49=7;
e410=7;
e411=7;
e412=7;

(navýšení o inspektory a instruktory)

49.6<=a11;
a11<=62.6;
43.9<=a12;
a12<=55.5;
51.2<=a13;

a13<=64.6;
48.7<=a14;
a14<=61.5;
52.0<=a15;
a15<=65.6;
53.7<=a16;
a16<=67.8;
56.9<=a17;
a17<=71.8;
57.4<=a18;
a18<=72.4;
54.6<=a19;
a19<=68.9;
50.9<=a110;
a110<=64.3;
44.1<=a111;
a111<=55.7;
45.7<=a112;
a112<=57.7;

(horní a dolní meze pro AEA2 počet)

46<=a21;
a21<=60;
46<=a22;
a22<=60;
46<=a23;
a23<=60;
46<=a24;
a24<=60;
46<=a25;
a25<=60;
46<=a26;
a26<=60;
46<=a27;
a27<=60;
46<=a28;
a28<=60;
46<=a29;
a29<=60;
46<=a210;
a210<=60;
46<=a211;
a211<=60;
46<=a212;
a212<=60;

(horní a dolní meze pro dny volna)

9<=a31;
a31<=20;

9<=a32;
a32<=20;
9<=a33;
a33<=20;
9<=a34;
a34<=20;
9<=a35;
a35<=20;
9<=a36;
a36<=20;
9<=a37;
a37<=20;
9<=a38;
a38<=20;
9<=a39;
a39<=20;
9<=a310;
a310<=20;
9<=a311;
a311<=20;
9<=a312;
a312<=20;

(horní a dolní meze pro dovolené)

a41<=4;
a42<=4;
a43<=4;
a44<=4;
a45<=4;
a46<=4;
a47<=4;
a48<=4;
a49<=4;
a410<=4;
a411<=4;
a412<=4;

(horní a dolní meze pro OPC+OPC TIRE, dolní meze jsou nulové)

1<=a51;
a51<=3;
1<=a52;
a52<=3;
1<=a53;
a53<=3;
1<=a54;
a54<=3;
1<=a55;
a55<=3;

1<=a56;
a56<=3;
1<=a57;
a57<=3;
1<=a58;
a58<=3;
1<=a59;
a59<=3;
1<=a510;
a510<=3;
1<=a511;
a511<=3;
1<=a512;
a512<=3;

(horní a dolní meze pro ESEC+GRT)

a61<=2;
a62<=2;
a63<=2;
a64<=2;
a65<=2;
a66<=2;
a67<=2;
a68<=2;
a69<=2;
a610<=2;
a611<=2;
a612<=2;

(horní a dolní meze pro MEC, dolní meze jsou nulové)

a71<=5;
a72<=5;
a73<=5;
a74<=5;
a75<=5;
a76<=5;
a77<=5;
a78<=5;
a79<=5;
a710<=5;
a711<=5;
a712<=5;

(horní a dolní meze pro dny beze všeho, dolní meze jsou nulové)

a81<=5;
a82<=5;
a83<=5;
a84<=5;
a85<=5;
a86<=5;

a87<=5;
a88<=5;
a89<=5;
a810<=5;
a811<=5;
a812<=5;

(horní a dolní meze pro lázně, dolní meze jsou nulové)

a91<=10;
a92<=10;
a93<=10;
a94<=10;
a95<=10;
a96<=10;
a97<=10;
a98<=10;
a99<=10;
a910<=10;
a911<=10;
a912<=10;

(horní a dolní meze pro ostatní, dolní meze jsou nulové)

12 Dodatek 5 - Počáteční a optimální řešení

Dodatek obsahuje celkem 80 tabulek. Prvních 40 jsou přílohou pro model FO AEA2, zbylých 40 pro model CP AEA2 počet. Na každé stránce jsou 4 tabulky. První a třetí z obsahuje počáteční řešení, druhá a čtvrtá lokálně optimální řešení. Pod druhou tabulkou je vždy uvedena hodnota kritériální funkce v bodě lokálního optima.

LET.+POBYT	29	79	99	80	92	39	74	81	93	53	50	23
X	32	35	33	91	7	44	15	3	95	17	33	12
DOV.	83	0	15	58	64	12	27	40	90	28	9	16
OPC+OPC TIRE	73	63	1	89	56	77	95	88	83	21	80	3
ESEC+GRT	53	63	60	59	23	7	6	32	7	34	72	78
MEC	27	58	35	85	11	18	21	68	35	50	24	51
DNY BEZE VŠEHO	1	77	43	46	75	28	36	92	28	27	27	76
LÁZNĚ	60	50	87	53	40	89	12	66	73	17	15	14
OSTATNÍ	73	93	32	41	65	5	70	87	24	62	23	48

LET.+POBYT	55	49	57	54	58	60	64	64	61	57	49	51
X	46	55	46	46	46	46	46	46	46	46	51	46
DOV.	16	10	15	11	12	9	9	9	9	16	10	20
OPC+OPC TIRE	1	4	1	3	0	4	1	0	2	0	4	2
ESEC+GRT	1	1	1	3	1	1	1	1	2	1	3	1
MEC	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	0
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

125,657

LET.+POBYT	34	44	70	33	78	67	87	37	98	75	95	87
X	42	2	83	8	72	7	4	85	40	61	31	31
DOV.	84	3	60	48	4	44	19	43	100	64	57	51
OPC+OPC TIRE	73	89	28	14	1	62	85	9	81	90	78	83
ESEC+GRT	99	74	5	97	30	54	69	93	75	40	64	21
MEC	67	59	84	59	23	1	45	10	18	96	18	57
DNY BEZE VŠEHO	39	35	5	51	72	67	13	60	38	35	97	49
LÁZNĚ	99	22	16	6	42	25	38	32	83	10	3	7
OSTATNÍ	40	45	87	41	4	25	61	53	2	18	69	14

LET.+POBYT	55	49	57	54	58	60	64	64	61	57	49	51
X	46	47	46	48	48	49	46	46	46	46	50	46
DOV.	13	20	9	13	9	9	9	9	12	9	19	18
OPC+OPC TIRE	0	1	4	4	4	0	1	0	0	4	0	4
ESEC+GRT	3	1	3	1	1	1	1	1	1	2	1	1
MEC	2	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0
DNY BEZE VŠEHO	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

125,657

LET.+POBYT	32	99	37	10	91	71	15	13	34	88	82	95
X	61	6	31	42	88	78	26	99	92	42	5	66
DOV.	52	11	10	33	32	27	77	96	88	89	81	36
OPC+OPC TIRE	26	79	18	23	98	90	15	41	62	83	10	61
ESEC+GRT	42	85	55	46	52	49	34	41	16	38	0	97
MEC	86	51	20	57	6	48	47	76	71	41	73	90
DNY BEZE VŠEHO	42	23	4	37	90	81	14	51	23	66	9	92
LÁZNĚ	23	40	57	35	50	76	68	55	68	56	70	18
OSTATNÍ	89	31	37	28	68	28	83	80	44	46	59	40

LET.+POBYT	55	50	57	54	58	60	64	64	61	57	49	51
X	46	48	49	46	46	46	46	46	46	46	48	51
DOV.	12	17	9	15	13	9	9	9	12	16	15	11
OPC+OPC TIRE	3	3	0	4	0	3	0	0	0	0	4	4
ESEC+GRT	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	3	1
MEC	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1
DNY BEZE VŠEHO	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

125,657

LET.+POBYT	54	46	85	98	74	87	83	49	84	26	6	45
X	79	70	62	55	2	23	73	60	34	17	26	7
DOV.	84	92	59	4	36	56	72	93	17	39	98	53
OPC+OPC TIRE	96	9	33	50	42	81	28	28	50	10	31	33
ESEC+GRT	37	34	60	37	46	7	99	85	42	39	53	21
MEC	77	86	7	66	96	43	14	70	54	92	24	59
DNY BEZE VŠEHO	55	56	24	73	78	11	34	0	63	71	18	84
LÁZNĚ	80	87	34	50	47	87	83	63	29	18	61	45
OSTATNÍ	41	49	65	32	20	94	59	70	70	8	55	45

LET.+POBYT	55	49	58	54	58	60	64	64	61	57	49	51
X	46	49	46	46	47	46	46	46	46	46	55	46
DOV.	13	15	9	16	12	12	10	9	12	12	12	15
OPC+OPC TIRE	3	4	4	2	0	0	0	0	0	4	0	4
ESEC+GRT	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	2
MEC	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2
DNY BEZE VŠEHO	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

125,657

LET.+POBYT	14	84	17	85	35	29	28	7	33	53	54	71
X	32	99	79	94	52	18	9	14	97	33	36	64
DOV.	59	93	62	65	65	95	54	3	2	67	10	55
OPC+OPC TIRE	20	28	7	41	2	27	22	90	76	39	29	18
ESEC+GRT	89	65	23	60	15	92	100	58	40	16	62	49
MEC	13	94	92	77	72	96	1	26	29	19	33	88
DNY BEZE VŠEHO	25	72	10	71	31	35	24	45	62	91	34	86
LÁZNĚ	68	85	88	52	76	55	50	83	73	82	8	49
OSTATNÍ	83	58	72	88	82	9	84	93	36	51	41	77

LET.+POBYT	55	49	57	54	58	60	64	64	61	57	49	51
X	46	54	49	46	46	47	46	46	46	46	46	46
DOV.	11	9	9	15	12	9	9	9	12	12	20	20
OPC+OPC TIRE	4	4	3	4	3	0	0	0	0	4	0	0
ESEC+GRT	2	1	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1
MEC	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
LÁZNĚ	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

125,657

LET.+POBYT	47	60	89	15	79	18	9	71	58	89	70	75
X	18	32	29	32	8	78	76	44	83	36	67	47
DOV.	6	65	51	47	62	27	51	9	66	53	69	82
OPC+OPC TIRE	67	29	17	11	16	10	81	62	63	45	13	39
ESEC+GRT	73	57	67	97	1	62	86	30	19	35	41	89
MEC	5	3	39	36	39	55	30	88	97	30	69	36
DNY BEZE VŠEHO	39	69	49	50	68	49	30	52	14	81	71	74
LÁZNĚ	56	78	59	39	9	100	98	95	77	65	45	77
OSTATNÍ	64	29	30	23	57	94	21	15	30	94	14	84

LET.+POBYT	55	49	57	54	58	60	64	64	61	57	49	51
X	46	46	46	46	49	46	47	46	48	49	46	50
DOV.	10	19	11	14	9	11	9	9	9	9	20	18
OPC+OPC TIRE	4	0	3	4	1	2	0	0	0	4	4	0
ESEC+GRT	3	1	3	1	1	1	1	1	2	1	1	1
MEC	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
DNY BEZE VŠEHO	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

125,657

LET.+POBYT	29	4	43	73	53	30	54	0	26	54	44	50
X	77	60	49	88	16	97	89	59	52	59	25	52
DOV.	2	92	85	95	53	2	14	91	65	96	38	5
OPC+OPC TIRE	20	83	88	89	27	98	3	24	77	86	50	28
ESEC+GRT	61	58	55	93	35	16	23	72	25	90	60	14
MEC	4	58	34	36	16	53	36	88	7	18	96	38
DNY BEZE VŠEHO	88	57	48	33	84	54	67	76	79	64	73	5
LÁZNĚ	89	79	17	62	77	13	20	74	91	49	28	44
OSTATNÍ	19	72	82	99	45	37	15	1	2	98	49	91

LET.+POBYT	55	49	57	54	58	60	64	64	61	57	49	51
X	46	47	46	49	52	49	46	46	46	46	46	46
DOV.	18	17	11	10	9	10	9	9	10	12	20	14
OPC+OPC TIRE	0	4	4	4	0	0	1	0	0	4	1	4
ESEC+GRT	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	2	3
MEC	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	1	2
DNY BEZE VŠEHO	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

125,657

LET.+POBYT	90	33	40	44	26	9	46	64	48	28	35	11
X	22	55	81	23	93	8	24	23	21	57	69	78
DOV.	74	42	41	55	97	83	98	62	48	62	16	49
OPC+OPC TIRE	7	17	70	54	15	31	23	60	99	96	50	75
ESEC+GRT	67	42	80	82	69	20	7	47	90	1	73	50
MEC	16	54	72	13	85	56	62	46	14	51	6	82
DNY BEZE VŠEHO	11	69	48	21	34	86	92	99	79	18	17	51
LÁZNĚ	54	21	18	6	13	21	75	68	36	40	70	51
OSTATNÍ	19	69	30	76	93	90	95	51	35	86	68	30

LET.+POBYT	55	49	57	54	58	60	64	64	61	57	49	51
X	51	46	46	48	46	46	46	46	49	49	46	46
DOV.	9	18	16	14	9	9	9	9	9	9	20	18
OPC+OPC TIRE	4	4	0	0	3	2	0	0	0	4	0	4
ESEC+GRT	1	1	1	1	1	3	2	1	1	2	3	1
MEC	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	0
DNY BEZE VŠEHO	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

125,657

LET.+POBYT	80	78	78	86	4	80	95	32	12	59	26	7
X	11	9	78	48	13	67	91	64	38	28	68	29
DOV.	92	17	72	0	42	7	39	16	47	51	82	35
OPC+OPC TIRE	78	59	41	7	68	16	66	80	81	1	74	63
ESEC+GRT	46	78	97	13	58	49	5	77	25	73	33	81
MEC	12	52	12	15	5	95	92	22	64	18	29	79
DNY BEZE VŠEHO	81	77	59	67	21	37	56	60	63	28	93	60
LÁZNĚ	61	98	2	45	51	71	60	12	36	33	31	34
OSTATNÍ	61	93	87	91	46	90	12	35	98	34	71	10

LET.+POBYT	55	49	57	55	58	60	64	64	61	57	49	51
X	46	52	46	46	46	46	46	46	46	46	54	46
DOV.	18	16	15	10	9	9	9	9	12	11	10	20
OPC+OPC TIRE	0	1	0	4	3	4	1	0	0	2	4	2
ESEC+GRT	1	1	1	3	2	1	1	1	1	3	1	1
MEC	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	0	0
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
LÁZNĚ	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

125,657

LET.+POBYT	32	99	70	15	59	29	26	14	61	80	4	60
X	41	58	76	45	92	73	64	34	14	18	81	96
DOV.	18	34	98	18	73	81	51	76	84	32	2	56
OPC+OPC TIRE	75	73	32	49	26	16	96	54	51	82	38	21
ESEC+GRT	15	2	23	57	83	42	38	55	36	44	16	21
MEC	6	25	23	14	44	28	57	66	87	79	92	78
DNY BEZE VŠEHO	6	95	14	69	85	37	62	77	5	0	30	59
LÁZNĚ	31	12	82	25	32	18	89	43	13	3	90	81
OSTATNÍ	58	80	30	32	28	98	52	67	2	19	23	9

LET.+POBYT	55	49	57	54	58	60	64	64	61	57	50	51
X	46	56	46	46	46	46	46	46	46	46	50	46
DOV.	14	12	15	17	10	9	10	9	9	15	12	16
OPC+OPC TIRE	2	0	0	0	4	4	0	0	3	0	4	4
ESEC+GRT	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
MEC	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

125,657

LET.+POBYT	24	43	4	0	76	80	56	90	93	25	68	37
X	65	34	4	77	81	38	81	9	42	99	90	58
DOV.	23	71	43	17	35	20	43	46	81	82	7	87
OPC+OPC TIRE	100	87	2	10	33	3	28	34	63	63	44	3
ESEC+GRT	21	62	62	15	88	60	61	60	85	20	30	9
MEC	33	74	80	60	89	97	90	23	97	8	43	64
DNY BEZE VŠEHO	71	43	27	42	24	23	79	94	100	53	92	83
LÁZNĚ	41	8	84	6	96	9	26	84	1	67	73	32
OSTATNÍ	80	77	44	45	34	41	100	23	47	86	65	29

LET.+POBYT	55	49	58	55	58	60	64	64	61	57	49	51
X	46	54	46	46	46	46	46	46	46	46	52	46
DOV.	18	16	9	15	11	9	9	9	11	14	11	16
OPC+OPC TIRE	0	0	4	0	4	4	1	0	0	0	4	4
ESEC+GRT	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	2	3
MEC	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	2	0
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

125,657

LET.+POBYT	35	74	68	3	46	13	16	5	38	61	84	52
X	92	6	43	4	41	57	25	60	61	0	15	79
DOV.	10	10	12	62	29	21	60	75	74	60	12	56
OPC+OPC TIRE	12	74	42	88	78	2	1	39	88	80	94	35
ESEC+GRT	79	39	36	75	65	49	61	6	53	1	57	86
MEC	6	77	67	85	93	32	31	42	21	17	32	43
DNY BEZE VŠEHO	46	59	30	31	26	63	15	4	34	95	90	50
LÁZNĚ	59	18	86	13	72	82	23	46	2	24	14	99
OSTATNÍ	48	82	37	66	77	9	45	47	95	57	65	68

LET.+POBYT	55	49	57	54	58	61	64	64	61	57	49	51
X	46	53	46	46	46	46	46	46	46	47	46	52
DOV.	9	10	10	18	15	12	9	9	12	14	20	9
OPC+OPC TIRE	4	4	4	0	0	0	0	0	0	1	4	4
ESEC+GRT	2	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	2
MEC	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

125,657

LET.+POBYT	73	21	76	88	28	65	55	61	25	85	2	30
X	64	92	48	4	25	57	82	25	23	95	7	52
DOV.	41	20	8	86	6	15	14	55	90	55	55	98
OPC+OPC TIRE	49	78	48	40	65	83	59	8	1	39	57	52
ESEC+GRT	79	9	63	77	27	43	65	46	66	55	62	24
MEC	18	12	80	35	57	52	38	9	92	83	54	9
DNY BEZE VŠEHO	81	28	21	34	5	52	60	35	72	41	87	57
LÁZNĚ	39	50	37	55	82	83	18	58	54	4	52	44
OSTATNÍ	92	4	98	13	42	57	22	34	93	67	18	65

LET.+POBYT	55	49	57	54	58	60	64	64	61	57	50	51
X	46	46	46	48	47	46	46	46	48	48	51	46
DOV.	18	20	9	9	9	13	9	9	9	9	17	18
OPC+OPC TIRE	0	4	4	4	4	0	0	0	1	4	0	0
ESEC+GRT	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	3	3
MEC	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2
DNY BEZE VŠEHO	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

125,657

LET.+POBYT	49	24	16	12	9	90	8	56	94	45	41	35
X	72	60	53	97	97	19	71	92	1	64	22	60
DOV.	38	84	14	23	78	46	23	16	35	22	1	20
OPC+OPC TIRE	59	54	54	19	26	90	3	4	62	46	81	67
ESEC+GRT	41	86	91	37	2	74	41	16	19	4	44	22
MEC	33	4	20	59	84	41	88	50	30	55	3	67
DNY BEZE VŠEHO	35	48	58	96	44	84	17	19	79	53	15	72
LÁZNĚ	40	4	89	65	5	41	76	69	68	84	50	93
OSTATNÍ	62	66	60	75	4	82	99	27	60	36	14	65

LET.+POBYT	55	49	57	54	58	60	64	64	61	57	49	51
X	46	49	46	53	46	46	46	46	46	46	49	46
DOV.	14	18	9	9	15	9	9	9	12	9	15	20
OPC+OPC TIRE	4	0	4	0	0	4	0	0	0	4	4	1
ESEC+GRT	1	2	3	1	1	1	1	1	1	3	1	1
MEC	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

125,657

LET.+POBYT	18	59	74	34	79	4	32	12	84	65	12	47
X	18	10	30	95	21	61	54	14	48	90	82	11
DOV.	28	82	19	42	75	98	43	65	30	9	29	78
OPC+OPC TIRE	5	0	15	84	46	96	52	56	32	11	79	58
ESEC+GRT	70	86	53	81	83	97	28	52	13	44	82	8
MEC	74	54	57	80	58	15	76	100	68	18	60	69
DNY BEZE VŠEHO	76	13	80	65	62	56	21	89	99	71	17	45
LÁZNĚ	14	70	31	4	40	74	84	32	65	46	18	51
OSTATNÍ	2	40	67	30	67	79	53	65	33	60	17	59

LET.+POBYT	55	49	57	54	58	61	64	64	61	57	49	51
X	50	49	46	51	46	46	46	46	46	47	46	46
DOV.	9	20	9	9	15	12	9	9	9	9	20	19
OPC+OPC TIRE	4	0	4	4	0	0	0	0	1	4	4	0
ESEC+GRT	1	1	2	1	1	1	1	1	1	3	1	3
MEC	0	0	2	0	0	1	0	0	2	0	0	1
DNY BEZE VŠEHO	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

125,657

LET.+POBYT	16	32	28	85	32	25	0	16	87	49	6	90
X	45	32	69	84	11	76	6	92	3	93	51	6
DOV.	96	43	92	12	32	7	88	43	28	93	38	80
OPC+OPC TIRE	83	54	93	28	88	43	35	72	41	70	65	66
ESEC+GRT	21	80	58	83	51	9	23	88	33	22	60	33
MEC	77	61	55	42	1	20	84	78	14	75	63	51
DNY BEZE VŠEHO	76	13	4	24	53	98	73	66	50	51	13	74
LÁZNĚ	74	56	81	7	74	41	80	78	46	88	93	49
OSTATNÍ	68	74	8	70	29	73	60	3	85	94	14	41

LET.+POBYT	56	49	57	54	58	60	64	64	61	57	49	51
X	46	48	53	46	46	50	46	46	46	46	46	46
DOV.	12	20	9	9	9	9	9	9	10	12	20	20
OPC+OPC TIRE	4	0	0	4	3	0	0	0	0	4	4	2
ESEC+GRT	1	2	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1
MEC	1	0	0	2	2	0	0	0	2	0	0	0
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
OSTATNÍ	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

125,834

LET.+POBYT	74	98	56	1	0	37	63	32	6	16	93	85
X	76	94	80	37	88	46	55	54	51	91	19	55
DOV.	56	70	69	10	84	47	87	45	97	94	29	72
OPC+OPC TIRE	60	40	56	48	86	57	5	70	59	67	2	29
ESEC+GRT	3	15	11	13	33	75	98	96	72	17	35	3
MEC	100	27	40	88	41	47	49	56	56	44	3	52
DNY BEZE VŠEHO	36	91	77	41	27	62	24	17	1	86	28	8
LÁZNĚ	6	12	100	76	58	44	49	57	37	67	80	4
OSTATNÍ	81	86	99	13	79	19	42	52	99	3	5	50

LET.+POBYT	55	49	57	54	59	60	64	64	61	57	49	51
X	46	49	46	46	46	46	46	46	46	48	54	46
DOV.	17	16	9	15	14	9	10	9	12	13	9	16
OPC+OPC TIRE	1	3	4	4	0	0	0	0	0	1	4	4
ESEC+GRT	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1	1	3
MEC	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	2	0
DNY BEZE VŠEHO	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

125,657

LET.+POBYT	93	41	75	25	61	83	54	84	44	36	84	56
X	46	76	61	65	87	86	69	19	65	12	50	51
DOV.	86	81	54	18	35	24	61	55	14	93	96	76
OPC+OPC TIRE	68	99	3	88	5	87	8	73	1	29	81	34
ESEC+GRT	87	81	53	100	76	84	43	72	45	12	36	74
MEC	85	44	24	65	78	39	19	98	89	23	40	19
DNY BEZE VŠEHO	85	49	46	22	31	98	65	55	8	80	69	28
LÁZNĚ	68	38	46	16	48	51	45	65	78	2	97	4
OSTATNÍ	10	20	39	62	71	7	67	78	59	55	77	52

LET.+POBYT	55	49	57	54	58	60	64	64	61	57	50	51
X	46	58	46	46	46	46	46	46	46	47	47	46
DOV.	17	9	12	19	11	13	9	9	11	9	14	15
OPC+OPC TIRE	0	0	4	0	4	0	1	0	1	3	4	4
ESEC+GRT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1
MEC	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
DNY BEZE VŠEHO	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

125,657

LET.+POBYT	6	85	32	11	32	38	42	5	11	46	89	99
X	52	77	81	67	24	9	98	4	36	39	19	25
DOV.	33	6	74	10	93	69	79	58	48	9	69	50
OPC+OPC TIRE	0	58	39	60	52	63	14	52	44	52	11	74
ESEC+GRT	21	50	31	45	67	64	84	24	73	93	90	90
MEC	19	9	42	24	81	86	12	9	2	31	39	84
DNY BEZE VŠEHO	33	39	64	98	30	26	59	50	22	95	34	51
LÁZNĚ	33	29	3	72	27	7	34	39	58	83	26	22
OSTATNÍ	50	73	63	90	58	18	57	32	62	18	32	88

LET.+POBYT	55	51	57	54	58	60	64	64	61	57	49	51
X	46	47	46	46	48	47	46	46	46	46	54	46
DOV.	17	14	15	12	9	12	9	9	9	16	9	16
OPC+OPC TIRE	0	3	0	4	4	0	1	0	1	0	4	4
ESEC+GRT	1	2	1	3	1	1	1	1	1	1	2	3
MEC	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

125,657

LET.+POBYT	9	71	81	11	60	38	14	90	23	83	76	54
X	96	24	55	96	63	23	80	34	28	9	72	9
DOV.	64	11	44	22	22	88	50	40	44	23	68	24
OPC+OPC TIRE	94	44	71	88	56	44	34	24	57	36	21	74
ESEC+GRT	15	61	88	72	22	37	63	87	72	26	89	30
MEC	22	31	12	78	68	82	64	91	3	40	7	4
DNY BEZE VŠEHO	89	28	88	84	5	30	7	76	62	70	96	6
LÁZNĚ	81	100	91	98	61	32	38	83	14	69	75	58
OSTATNÍ	28	2	4	52	58	7	70	11	74	47	35	79

LET.+POBYT	57	49	57	54	58	60	64	64	61	57	49	51
X	46	56	46	46	46	46	46	46	46	46	46	49
DOV.	16	9	14	16	11	13	9	9	9	12	17	13
OPC+OPC TIRE	0	4	0	3	2	0	0	0	0	4	4	4
ESEC+GRT	1	1	3	2	1	1	1	1	1	1	3	1
MEC	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	1	2
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

125,657

LET.+POBYT	23	60	91	33	71	40	70	48	91	69	92	63
X	17	10	24	74	77	81	30	9	43	66	65	56
DOV.	93	40	9	87	28	79	38	12	25	97	50	33
OPC+OPC TIRE	89	28	94	67	85	41	48	66	5	27	75	42
ESEC+GRT	86	99	54	7	1	6	62	1	81	60	47	22
MEC	80	51	46	80	81	79	23	93	81	77	68	49
DNY BEZE VŠEHO	72	56	95	73	3	85	13	65	10	23	80	88
LÁZNĚ	77	73	8	57	60	98	50	66	28	53	42	61
OSTATNÍ	47	82	75	16	46	47	32	3	32	85	98	79

LET.+POBYT	51	44	51	49	52	54	57	57	57	51	47	46
X	50	58	52	52	51	53	52	53	50	50	50	52
DOV.	19	18	9	12	17	9	9	10	9	19	15	17
OPC+OPC TIRE	0	0	4	3	0	4	0	0	4	0	4	4
ESEC+GRT	1	1	3	3	1	1	2	1	1	1	3	1
MEC	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	2	2
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

138,815	1											
---------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LET.+POBYT	70	82	11	13	33	58	25	14	58	91	43	41
X	28	72	81	81	50	53	25	53	89	53	63	73
DOV.	1	40	4	46	68	28	55	25	19	45	79	22
OPC+OPC TIRE	80	17	92	29	68	65	79	13	95	66	25	86
ESEC+GRT	71	35	21	11	3	83	6	18	44	52	89	20
MEC	32	15	24	83	64	94	76	62	88	51	16	25
DNY BEZE VŠEHO	87	83	11	53	85	74	89	43	34	70	88	61
LÁZNĚ	52	81	80	16	47	89	24	11	83	25	31	26
OSTATNÍ	69	35	37	72	11	67	32	68	47	96	74	18

LET.+POBYT	50	44	57	49	53	54	57	58	55	51	44	46
X	54	56	50	53	50	53	51	50	52	51	53	52
DOV.	9	15	9	18	13	13	9	9	14	18	17	20
OPC+OPC TIRE	4	3	4	0	3	0	2	3	0	0	4	0
ESEC+GRT	3	1	1	2	3	1	2	1	1	1	1	2
MEC	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

138,829	1											
---------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LET.+POBYT	67	65	77	75	93	78	51	68	93	43	75	51
X	18	50	69	29	36	49	39	63	83	21	28	43
DOV.	36	13	81	26	90	77	50	34	56	54	23	93
OPC+OPC TIRE	14	51	56	87	79	1	56	55	90	45	88	79
ESEC+GRT	32	48	85	96	39	97	57	59	91	25	33	92
MEC	60	70	13	54	95	94	58	35	83	85	18	43
DNY BEZE VŠEHO	89	27	97	60	82	68	44	27	59	76	11	98
LÁZNĚ	47	91	40	1	31	57	35	64	4	28	3	88
OSTATNÍ	34	26	94	53	57	27	40	45	54	50	9	71

LET.+POBYT	50	44	51	49	54	54	57	57	58	51	45	46
X	52	57	52	53	50	54	50	50	50	52	53	52
DOV.	14	17	9	17	12	9	13	13	12	12	19	17
OPC+OPC TIRE	4	0	4	0	4	1	0	0	0	4	2	4
ESEC+GRT	1	1	3	1	1	3	1	1	1	2	2	2
MEC	0	2	2	0	1	1	0	0	0	0	0	1
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

138,813	2	1										
----------------	----------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LET.+POBYT	29	17	60	18	90	29	75	20	88	74	4	45
X	32	11	60	53	12	13	35	37	32	9	78	63
DOV.	73	2	50	18	3	94	13	33	84	52	76	30
OPC+OPC TIRE	53	79	58	26	65	15	29	99	81	5	95	93
ESEC+GRT	1	25	57	14	97	38	81	6	3	87	3	96
MEC	50	7	35	77	49	20	55	83	6	14	1	13
DNY BEZE VŠEHO	69	90	4	78	60	0	42	61	60	75	47	21
LÁZNĚ	37	71	6	80	34	35	59	91	86	94	54	84
OSTATNÍ	93	65	72	59	74	45	73	6	39	16	86	4

LET.+POBYT	50	44	51	51	52	54	57	57	57	51	47	46
X	50	57	54	50	54	55	50	50	50	53	50	52
DOV.	18	11	9	17	13	9	13	9	13	13	20	18
OPC+OPC TIRE	3	3	4	0	0	3	0	2	0	4	2	3
ESEC+GRT	1	3	3	1	3	1	1	1	1	1	1	2
MEC	0	2	0	2	0	0	0	2	0	0	1	1
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

138,828	2	1										
----------------	----------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LET.+POBYT	36	98	53	60	13	43	19	54	49	26	43	12
X	69	4	63	35	63	82	24	97	86	14	10	85
DOV.	91	11	29	5	93	76	28	24	57	4	56	60
OPC+OPC TIRE	99	44	55	77	97	77	27	98	29	36	19	76
ESEC+GRT	16	83	29	15	75	32	81	56	17	54	51	53
MEC	69	68	9	63	92	54	35	52	74	5	22	53
DNY BEZE VŠEHO	17	64	95	73	39	0	1	76	35	23	4	56
LÁZNĚ	50	5	46	77	39	73	64	13	75	80	14	19
OSTATNÍ	17	10	63	98	74	73	77	76	89	53	46	41

LET.+POBYT	50	44	51	49	52	54	59	57	55	51	44	48
X	50	59	50	54	50	58	50	50	50	52	54	50
DOV.	20	9	18	18	15	9	9	9	9	9	19	19
OPC+OPC TIRE	1	4	0	0	4	0	3	3	0	4	1	4
ESEC+GRT	1	3	1	1	1	1	1	2	3	3	1	1
MEC	0	2	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0

139,273	3	1										
----------------	----------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LET.+POBYT	26	59	27	74	24	1	92	94	22	4	47	72
X	75	13	2	41	34	76	31	13	43	48	61	99
DOV.	82	21	12	31	33	65	64	98	59	1	99	92
OPC+OPC TIRE	54	24	6	4	64	49	75	10	46	79	88	96
ESEC+GRT	40	19	2	29	24	71	2	53	53	17	98	96
MEC	82	64	31	88	67	50	89	66	47	85	45	22
DNY BEZE VŠEHO	92	82	79	69	86	20	94	23	42	45	39	75
LÁZNĚ	51	89	8	40	76	81	30	30	11	22	5	78
OSTATNÍ	41	44	38	20	32	50	91	11	29	15	73	74

LET.+POBYT	50	44	51	49	52	54	57	57	61	51	44	46
X	50	56	58	50	50	53	54	50	50	50	52	51
DOV.	17	16	9	18	17	9	9	13	9	14	17	16
OPC+OPC TIRE	2	3	0	3	0	3	0	0	0	4	4	4
ESEC+GRT	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	2	3
MEC	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	2
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

138,879	2	1										
----------------	----------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LET.+POBYT	7	16	59	55	3	24	74	20	36	62	35	23
X	67	11	34	53	43	79	36	14	85	73	13	17
DOV.	84	81	32	24	46	7	50	41	85	57	7	5
OPC+OPC TIRE	73	33	2	56	54	46	97	64	32	48	47	48
ESEC+GRT	17	16	24	57	61	35	99	12	38	8	63	74
MEC	30	76	86	56	89	80	55	80	47	2	30	54
DNY BEZE VŠEHO	32	25	93	12	75	85	11	4	77	98	44	84
LÁZNĚ	24	77	94	7	83	31	17	32	97	90	64	58
OSTATNÍ	10	51	38	48	73	34	30	33	34	84	57	82

LET.+POBYT	51	44	51	49	53	54	57	57	55	51	48	46
X	50	56	52	53	50	53	50	52	54	52	50	52
DOV.	16	13	9	18	17	9	13	11	11	12	13	20
OPC+OPC TIRE	3	4	4	0	0	2	0	0	0	3	4	3
ESEC+GRT	1	3	3	1	1	2	1	1	1	1	3	1
MEC	0	0	2	0	0	1	0	0	0	2	2	0
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

138,811	1											
---------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LET.+POBYT	4	53	92	34	88	97	21	70	2	31	33	4
X	78	35	30	7	52	26	85	94	70	21	48	54
DOV.	75	3	9	15	24	89	59	62	67	89	48	9
OPC+OPC TIRE	18	86	59	10	3	41	25	12	76	13	92	5
ESEC+GRT	73	13	58	10	85	28	79	41	50	3	10	97
MEC	53	62	79	82	69	68	86	65	39	50	93	7
DNY BEZE VŠEHO	54	87	3	70	65	85	75	25	40	81	36	17
LÁZNĚ	74	2	8	12	84	13	36	80	62	6	47	8
OSTATNÍ	91	13	15	52	35	38	24	41	15	89	99	28

LET.+POBYT	51	44	51	49	54	54	57	57	57	51	44	47
X	50	56	53	54	50	54	50	52	52	50	53	50
DOV.	16	19	9	9	12	9	13	11	9	17	18	20
OPC+OPC TIRE	4	0	4	4	4	0	0	0	0	0	4	3
ESEC+GRT	1	1	3	3	1	1	1	1	1	3	2	1
MEC	0	0	1	2	0	2	0	0	2	0	0	0
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

138,816	2	1										
---------	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LET.+POBYT	99	90	42	49	66	37	18	3	55	89	54	43
X	46	84	96	56	60	32	13	69	10	35	43	94
DOV.	76	90	40	12	65	34	21	32	93	46	58	94
OPC+OPC TIRE	33	64	52	94	26	29	29	61	47	40	6	2
ESEC+GRT	3	5	72	79	93	16	58	21	35	39	34	15
MEC	22	14	84	69	56	26	49	38	84	41	28	98
DNY BEZE VŠEHO	33	99	92	16	49	12	7	56	50	23	73	98
LÁZNĚ	90	30	22	72	83	62	50	4	86	34	91	73
OSTATNÍ	16	79	6	81	62	91	63	9	73	47	91	41

LET.+POBYT	50	44	51	49	52	54	57	59	55	53	47	46
X	52	56	56	50	55	50	52	50	52	50	50	52
DOV.	17	13	9	20	9	13	9	10	9	17	19	19
OPC+OPC TIRE	0	2	0	2	4	4	0	0	4	0	4	4
ESEC+GRT	3	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1
MEC	0	2	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

138,858	2	1										
---------	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LET.+POBYT	68	8	0	47	6	27	84	5	59	4	96	32
X	23	98	92	21	24	75	9	36	31	90	17	3
DOV.	91	9	36	9	56	11	21	20	20	98	32	39
OPC+OPC TIRE	39	48	41	51	78	3	81	90	94	7	92	82
ESEC+GRT	10	69	27	41	14	21	4	46	83	94	68	13
MEC	62	41	16	77	87	79	55	41	65	96	77	32
DNY BEZE VŠEHO	95	49	35	45	62	22	95	52	67	31	48	51
LÁZNĚ	74	75	47	19	44	0	56	37	77	65	57	17
OSTATNÍ	25	58	36	12	92	19	36	65	19	23	56	12

LET.+POBYT	50	49	51	49	53	54	57	57	55	52	44	46
X	52	53	52	54	50	54	51	52	54	50	53	51
DOV.	19	9	13	9	15	9	9	9	12	19	20	20
OPC+OPC TIRE	0	4	2	4	3	0	3	2	0	0	2	3
ESEC+GRT	1	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	2
MEC	0	2	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

138,813	1											
---------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LET.+POBYT	62	67	85	20	5	35	75	60	18	98	21	27
X	99	15	23	14	9	48	53	19	26	40	87	63
DOV.	76	12	86	63	48	16	9	61	84	26	44	21
OPC+OPC TIRE	63	22	86	36	30	6	10	1	9	11	39	50
ESEC+GRT	21	67	74	36	25	76	54	24	9	51	17	22
MEC	95	97	19	66	83	85	54	39	85	24	37	47
DNY BEZE VŠEHO	65	87	82	93	61	63	14	56	89	41	24	62
LÁZNĚ	37	23	5	26	31	87	79	57	29	69	64	48
OSTATNÍ	27	6	3	48	13	79	93	95	18	80	2	58

LET.+POBYT	50	48	51	49	52	54	57	57	55	51	47	46
X	52	52	51	53	51	53	51	52	53	51	50	51
DOV.	11	19	12	15	16	11	9	10	9	18	14	20
OPC+OPC TIRE	4	0	4	0	1	2	3	1	2	0	4	2
ESEC+GRT	2	1	3	1	1	1	1	1	2	1	3	1
MEC	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	1
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

138,808	1											
----------------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LET.+POBYT	28	63	76	95	18	9	20	55	1	81	28	76
X	89	71	82	11	6	62	99	30	67	80	72	66
DOV.	58	0	20	79	27	42	45	86	19	12	20	2
OPC+OPC TIRE	45	68	78	57	69	30	32	28	60	81	78	92
ESEC+GRT	63	1	48	70	84	49	19	47	10	98	38	7
MEC	44	35	2	67	5	77	89	25	52	76	74	74
DNY BEZE VŠEHO	31	73	78	66	86	0	17	34	24	18	59	96
LÁZNĚ	68	95	88	48	87	43	45	24	16	25	92	64
OSTATNÍ	95	48	63	21	32	24	60	20	59	64	48	46

LET.+POBYT	50	44	51	51	53	54	57	57	57	51	44	46
X	52	58	50	50	50	54	53	50	50	50	54	54
DOV.	19	9	19	18	9	9	9	10	9	19	20	13
OPC+OPC TIRE	0	4	0	0	4	2	2	3	4	0	2	4
ESEC+GRT	1	3	1	2	3	1	1	1	1	1	1	3
MEC	0	2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

138,825	2	1										
----------------	----------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LET.+POBYT	42	20	73	25	34	93	68	47	11	100	32	33
X	29	85	36	1	82	98	90	88	38	20	66	21
DOV.	8	99	96	68	20	69	47	57	99	94	59	91
OPC+OPC TIRE	72	35	74	93	80	52	49	24	95	32	87	35
ESEC+GRT	28	2	83	18	52	99	75	41	41	52	28	64
MEC	67	98	93	99	70	33	21	68	0	75	69	65
DNY BEZE VŠEHO	64	99	5	22	79	82	31	81	54	36	67	87
LÁZNĚ	75	28	82	55	80	11	79	39	17	47	44	52
OSTATNÍ	65	41	58	52	86	39	34	47	91	48	51	79

LET.+POBYT	50	44	51	49	52	55	57	57	60	51	44	46
X	56	57	50	53	50	53	54	50	50	52	50	50
DOV.	9	13	16	17	18	9	9	9	9	14	20	19
OPC+OPC TIRE	4	3	1	0	0	3	0	0	1	4	4	4
ESEC+GRT	3	3	1	2	1	1	1	3	1	1	1	1
MEC	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	1	1
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

138,852	2	1										
----------------	----------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LET.+POBYT	59	68	10	16	28	48	2	43	71	81	46	39
X	70	56	27	76	10	58	54	14	92	69	72	34
DOV.	3	67	55	1	46	1	39	43	35	40	86	33
OPC+OPC TIRE	63	92	14	90	29	95	16	38	71	88	86	76
ESEC+GRT	8	42	76	44	52	28	67	86	54	35	83	56
MEC	83	8	56	89	63	74	68	74	89	44	42	15
DNY BEZE VŠEHO	23	49	15	2	18	25	13	61	88	95	33	36
LÁZNĚ	15	31	59	50	23	93	48	72	97	48	79	95
OSTATNÍ	87	41	43	15	23	89	31	58	88	9	58	81

LET.+POBYT	50	44	54	49	52	54	58	57	55	51	47	46
X	50	57	50	53	55	50	50	54	50	52	50	52
DOV.	15	16	12	18	9	12	9	9	15	14	16	20
OPC+OPC TIRE	4	0	4	0	4	4	2	0	0	0	4	0
ESEC+GRT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3
MEC	2	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

138,852	3	2	1									
----------------	----------	----------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LET.+POBYT	61	39	75	30	95	21	93	97	57	4	91	43
X	79	39	77	92	87	29	95	17	27	27	78	20
DOV.	20	37	46	60	81	2	52	93	60	78	9	32
OPC+OPC TIRE	75	96	87	24	48	22	72	66	15	67	46	47
ESEC+GRT	97	35	34	31	39	19	68	18	49	2	98	61
MEC	86	79	70	19	38	92	41	81	39	35	2	30
DNY BEZE VŠEHO	68	47	52	77	2	24	17	22	52	42	56	78
LÁZNĚ	7	13	24	32	57	99	69	34	79	63	9	76
OSTATNÍ	59	12	13	24	61	34	80	85	93	74	77	13

LET.+POBYT	50	44	51	49	52	59	57	57	55	53	44	46
X	50	50	53	55	53	50	50	50	54	51	58	50
DOV.	20	20	16	14	11	10	13	12	9	9	9	20
OPC+OPC TIRE	0	4	0	3	4	0	0	0	2	4	4	3
ESEC+GRT	1	2	1	1	1	2	1	2	1	3	3	1
MEC	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

138,899	2	1										
----------------	----------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LET.+POBYT	47	93	42	88	21	66	77	10	28	52	26	90
X	91	17	40	20	51	15	34	82	98	33	4	74
DOV.	92	13	34	2	61	37	87	98	48	75	47	84
OPC+OPC TIRE	77	26	29	4	3	62	65	37	26	47	70	9
ESEC+GRT	52	78	43	65	1	52	31	74	13	50	48	78
MEC	62	87	53	54	43	74	40	20	74	56	34	10
DNY BEZE VŠEHO	21	60	73	40	47	79	59	59	98	27	96	16
LÁZNĚ	97	47	15	43	38	45	99	12	91	51	19	12
OSTATNÍ	54	53	62	34	53	91	92	44	66	96	71	98

LET.+POBYT	54	44	51	49	52	54	57	60	55	51	44	46
X	50	58	50	55	50	50	50	50	50	53	55	53
DOV.	11	14	19	12	12	17	13	9	16	13	13	14
OPC+OPC TIRE	4	4	0	4	4	0	0	0	0	0	4	4
ESEC+GRT	1	1	1	1	3	1	1	2	1	1	3	3
MEC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	2
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

138,865	2	1										
----------------	----------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LET.+POBYT	53	28	9	16	79	64	18	96	20	88	2	69
X	84	28	36	25	31	15	54	73	20	73	63	14
DOV.	56	8	47	47	64	38	16	10	7	7	2	66
OPC+OPC TIRE	94	25	42	5	94	72	68	27	34	71	40	11
ESEC+GRT	22	80	30	26	47	91	32	55	3	95	10	47
MEC	93	8	5	12	35	14	90	3	5	26	16	45
DNY BEZE VŠEHO	70	1	35	57	45	86	73	25	92	58	69	74
LÁZNĚ	84	49	20	3	66	61	10	86	60	23	6	2
OSTATNÍ	84	41	16	62	29	4	83	12	84	93	61	75

LET.+POBYT	50	44	51	49	52	54	58	57	59	51	44	46
X	52	57	54	53	50	54	50	50	50	50	53	52
DOV.	19	17	9	14	15	13	9	9	9	18	14	19
OPC+OPC TIRE	0	0	4	4	1	0	3	2	0	1	4	4
ESEC+GRT	1	1	1	1	3	1	1	1	3	2	3	1
MEC	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	2	0
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

138,822	2	1										
----------------	----------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LET.+POBYT	87	97	6	14	36	3	80	13	44	65	74	46
X	26	48	28	25	21	86	58	92	18	11	5	97
DOV.	16	55	64	23	86	59	70	78	65	6	12	32
OPC+OPC TIRE	79	54	53	68	41	44	27	19	83	93	38	57
ESEC+GRT	35	47	18	31	62	73	39	58	6	80	81	50
MEC	11	2	58	84	84	35	14	37	19	6	47	30
DNY BEZE VŠEHO	40	17	98	22	45	66	45	13	43	22	23	41
LÁZNĚ	15	45	29	9	39	54	61	70	51	18	63	78
OSTATNÍ	59	18	74	95	93	57	85	37	10	0	26	89

LET.+POBYT	50	44	54	49	52	57	57	59	55	51	44	46
X	50	57	50	54	52	50	50	50	54	52	54	50
DOV.	19	16	13	16	16	9	13	9	10	11	15	16
OPC+OPC TIRE	1	0	4	2	0	2	0	2	0	4	4	4
ESEC+GRT	1	1	1	1	1	3	1	2	1	1	3	3
MEC	0	2	0	0	0	1	0	0	0	2	0	2
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

138,821	3	1										
----------------	----------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LET.+POBYT	52	73	41	37	14	21	55	3	16	43	50	45
X	34	5	59	17	35	13	31	61	38	71	39	54
DOV.	46	90	70	55	19	3	47	22	75	74	2	26
OPC+OPC TIRE	20	42	61	65	12	40	83	61	57	85	2	89
ESEC+GRT	7	79	22	37	79	1	11	8	31	60	33	22
MEC	31	86	14	62	36	39	47	45	69	31	83	97
DNY BEZE VŠEHO	41	54	78	91	2	80	24	21	95	96	38	63
LÁZNĚ	15	40	4	3	67	46	56	13	16	97	41	19
OSTATNÍ	90	21	58	49	86	83	23	24	40	52	69	91

LET.+POBYT	50	44	51	49	54	54	57	59	58	51	44	46
X	50	57	50	54	50	54	52	50	50	53	54	50
DOV.	19	14	19	10	9	12	9	9	9	17	16	20
OPC+OPC TIRE	0	4	0	4	4	0	0	1	3	0	4	4
ESEC+GRT	1	1	1	1	2	1	2	3	1	1	3	1
MEC	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	1
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

138,819	1											
----------------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LET.+POBYT	95	4	63	32	67	87	7	97	97	72	60	26
X	39	96	9	82	95	84	85	65	23	62	74	90
DOV.	14	34	4	64	87	34	55	99	55	38	26	35
OPC+OPC TIRE	27	35	16	97	12	72	74	33	9	15	51	37
ESEC+GRT	85	47	90	46	26	76	35	45	62	49	31	10
MEC	52	39	34	20	70	48	13	31	57	27	90	8
DNY BEZE VŠEHO	98	13	8	41	35	89	21	16	49	0	28	16
LÁZNĚ	94	25	87	98	85	14	62	95	59	55	40	24
OSTATNÍ	23	52	22	62	41	63	8	5	31	66	96	81

LET.+POBYT	51	44	51	49	52	54	58	59	55	51	47	46
X	50	57	52	53	52	54	50	50	54	50	50	52
DOV.	20	13	15	11	12	13	9	9	9	15	20	17
OPC+OPC TIRE	0	4	0	4	4	0	2	0	3	4	0	3
ESEC+GRT	1	1	2	3	1	1	3	1	1	1	1	3
MEC	0	2	1	0	0	0	0	2	0	0	2	0
DNY BEZE VŠEHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LÁZNĚ	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
OSTATNÍ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

138,812	1											
----------------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--