

VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ V PRAZE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2008

ROMAN DANĚK

VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ V PRAZE

Fakulta informatiky a statistiky

Katedra ekonometrie

Hlavní specializace: Ekonometrie a operační výzkum



Název diplomové práce

**Matematická optimalizace rozvrhu
na střední škole**

Diplomant:

Bc. Roman Daněk

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jan Fábry, Ph. D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Matematická optimalizace rozvrhu na střední škole“ zpracoval samostatně. Veškerou použitou literaturu a další podkladové materiály uvádím v přiloženém seznamu použité literatury.

V Praze, dne 12.5.2008

Roman Daněk

Poděkování:

Rád bych touto cestou mnohokrát poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Janu Fábrymu, Ph. D. za metodickou pomoc, cenné připomínky a nesmírnou vstřícnost při zpracovávání této diplomové práce. Dále pak řediteli Střední školy Kostka, s.r.o. PaedDr. Karlu Kostkovi za svolení ke zpracování reálných dat a zástupci ředitele Mgr. Karlu Sívkovi za odborné rady v oblasti sestavování reálného rozvrhu na střední škole. V neposlední řadě pak společnosti Dash Optimization, Ltd. za poskytnutí akademické licence programu Xpress.

Obsah

1. Úvod	6
2. Základní informace	8
2.1 Obecné informace o škole	8
2.2 Stručná historie školy	9
2.3 Studijní obory	10
2.4 Základní pojmy	12
3. Ekonomický model	13
3.1 Třídy	13
3.2 Hodiny	15
3.3 Učebny	16
3.4 Předměty	18
3.5 Učitelé	29
4. Matematický model	31
4.1 Dělicí problém	32
4.2 Úplná úloha	33
4.3 Formulace modelu	34
4.4 Řešení úplné úlohy	39
5. Výpočetní experimenty v programu Lingo	40
5.1 Zjednodušená úloha	40
5.2 Formulace modelu	41
5.3 Data modelu	43
5.4 Matematický model	46
5.5 Interpretace výsledků z programu Lingo	49
5.6 Výsledný rozvrh	53

6.	Výpočetní experimenty v programu Xpress	54
6.1	Úloha jednoho dne	54
6.2	Formulace modelu	56
6.3	Data modelu.....	57
6.4	Matematický model.....	61
6.5	Interpretace výsledků z programu Xpress	64
6.6	Výsledný rozvrh.....	67
7.	Závěr	68
	Seznam použité literatury	70
	Internetové zdroje	71
	Seznam příloh	72

1. Úvod

V České republice absolvuje středoškolské vzdělání 75 % obyvatelstva¹. Málodko si ale představí, kolik práce stálo sestavení, studenty tak neoblíbeného, rozvrhu. V současné době technologického pokroku již existuje řada programových produktů, které umožňují sestavení takového rozvrhu v relativně krátké době. Využívání těchto programů je však pro mnoho škol finančně nedostupné, a proto školy obvykle sestavují rozvrh i nadále ručně, za pomoci různých pokusných metod a na základě zkušeností z minulých let. Tento způsob však mnohdy vyžaduje týdenní usilovnou práci kantorů, kteří se snaží vyhovět všem daným požadavkům, učebním plánům, pracovním úvazkům jednotlivých učitelů a využít co možná nejefektivněji disponibilní učebny.

Zvažme tedy, zda by bylo možné matematicky naformulovat všechna omezení, která jsou pro sestavení rozvrhu na reálné škole nutná a zda je možné tuto formulaci převést do některého z optimalizačních softwarů, který by požadovaný rozvrh na základě formulovaných omezení sestavil. Takovýto matematický model bychom poté opatřili účelovou funkcí, která by daný rozvrh optimalizovala pomocí požadovaného kritéria.

Vyjasňeme si ale, co vlastně v rozvrhu můžeme optimalizovat a hlavně také, jak toho můžeme dosáhnout. Školy se v zásadě snaží optimalizovat počet svých zaměstnávaných učitelů, maximálně využít disponibilních učeben, dostatečně zajistit aprobované učitele, optimalizovat suplování a v neposlední řadě také to, aby třídní učitelé vyučovali co možná nejvíce předmětů ve svých třídách.

Existuje několik matematických aparátů, které by teoreticky bylo možno k optimalizaci rozvrhu použít. Jsou to například: teorie barvení grafu, modely rozvrhování, heuristické a metaheuristické algoritmy nebo diskrétní modely v oblasti celočíselného, či bivalentního programování, mezi které se mj. řadí také dělicí problém.

Tato práce si klade za cíl prošetřit, zda je možné použít k optimalizaci rozvrhu dělicí problém. Optimalizačním kritériem bylo zvoleno dosažení co možná největšího počtu hodin vyučovaných třídními učiteli ve svých třídách. Cílem této práce není vytvořit software, který by mohly školy používat k optimalizaci svých rozvrhů.

¹ Údaj byl vypočten jako podíl počtu všech obyvatel starších 15 let s dosaženým vzděláním minimálně středoškolským a celkového počtu všech obyvatel starších 15 let bez ohledu na dosažené vzdělání.^[14]

K dosažení výše uvedeného hlavního cíle práce a k názorné demonstraci byla vybrána skutečná střední škola a její reálná data, čímž se práce stává věrným obrazem reálného světa a neopírá se pouze o teoretické poznatky. Všechna specifická omezení byla konzultována s vedením školy, které se ochotně podílelo na spolupráci.

Tato diplomová práce je rozčleněna do 7 kapitol, z nichž první je úvod a poslední závěr.

Druhá kapitola se věnuje základním informacím o škole, jejíž data byla v práci použita. Čtenář se dozví, kde přesně škola sídlí, jakého je typu a také stručně něco o její historii. Nedílnou součástí jsou také učební plány a studijní obory, které se ve škole studují. Závěr této kapitoly se věnuje definici základních pojmů.

Třetí kapitola popisuje podrobně ekonomický model. Postupně prochází všechny důležité elementy, které jsou při formulaci nezbytné. Jsou to třídy, hodiny, učebny, předměty a také učitelé. Jedná se o přesný popis tzv. *úplné úlohy*.

Čtvrtá kapitola se zabývá dvěma způsoby formulace matematického modelu pomocí dělicího problému označovanými jako přístup A, či přístup B. Je zde přesně definován dělicí problém a následuje formulace a řešení matematického modelu *úplné úlohy* popsané v ekonomickém modelu ve třetí kapitole.

Pátá kapitola dokumentuje výpočetní experimenty v programu Lingo za použití matematického modelu formulovaném pomocí přístupu A na tzv. *zjednodušené úloze*. Obsahuje popis a formulaci této úlohy, data modelu a také interpretaci výsledků.

Šestá kapitola má totožnou strukturu, jako kapitola pátá. To hlavně proto, aby bylo možné jednotlivé kapitoly přehledně srovnávat. V tomto případě se nyní jedná o výpočetní experimenty v programu Xpress. Tyto experimenty byly provedeny na tzv. *úloze jednoho dne*. Kapitola rovněž obsahuje interpretaci výsledků a výsledný rozvrh.

Přesné formulace všech třech zmiňovaných úloh v optimalizačních programech Lingo a Xpress, které respektují syntax těchto programů, nalezne čtenář v přílohách této práce.

Problematika sestavování jakýchkoli rozvrhů, a to nejen na středních školách, je velmi obsáhlá a přirozeně ji nelze rozsahem této práce plně pokrýt. Jistě se dříve, či později najde další autor, který se bude touto problematikou dále zabývat. Nechť je mu tedy tato práce inspirací, či vodítkem, jakých výsledků může dosáhnout, rozhodne-li se jít cestou optimalizace rozvrhu pomocí dělicího problému.

2. Základní informace

V této diplomové práci jsou zpracována reálná data školního roku 2006/2007 Střední školy Kostka, s. r. o., se sídlem 75501 Vsetín, Pod Pecníkem 1666, zapsané v obchodním rejstříku KS Ostrava v oddíle C vložka 15908, IČO 25367692.

(Dále jen Střední škola Kostka, s. r. o. nebo pouze škola.)

Jakékoli informace o počtu tříd, učeben, učitelů, či o velikosti úvazků apod. se vztahují k výše uvedenému školnímu roku.

Pokud se v této práci hovoří o studentech, myslí se tím student středoškolský.

Po domluvě s vedením školy byla veškerá jména pozměněna na fiktivní. Pro interní účely byl však vytvořen seznam všech učitelů a jejich přidělených smyšlených jmen, který zpětně umožní zjistit pravá jména. Zmíněný seznam není součástí této diplomové práce ani jejích příloh.

2.1 Obecné informace o škole

Střední škola Kostka, s. r. o. je soukromou střední školou a svým zaměřením se řadí mezi odborné střední školy obchodního typu. Ředitelem školy je PaedDr. Karel Kostka, který je také zakladatelem školy. Prvotní zařazení školy do sítě škol bylo provedeno Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České Republiky (dále jen MŠMT ČR) dne 6.2.1992 pod č.j. 22691/92. Škola byla zařazena s platností od 2.9.1992. Zatím poslední novela zařazovací listiny je vydána v souvislosti s otevřením nových studijních oborů - novela č. j. 5749/2006-21 ze dne 12.5.2006 a s účinností od 1.9.2006.

Od samého počátku škola důsledně naplňuje vzdělávací filozofii, v rámci které na stejnou úroveň při vzdělávání a výchově studentů klade na jedné straně penzum teoretických a praktických znalostí absolventů, na straně druhé rozvoj jejich osobnostních postojů, názorů a charakteristik. Jedním z nejdůležitějších aspektů výchovné a vzdělávací činnosti školy je důsledná snaha vést studenty k vlastnímu názoru a ke schopnosti tento názor obhájit, případně provést korekci, pokud se názor v diskusi ukáže jako mylný, nepřesný či zkreslený.

2.2 Stručná historie školy

Původní „Střední podnikatelská škola“ byla založena v roce 1992, kdy také zahájila svoji činnost. První studenti nastoupili ke studiu v září roku 1992 do provizorních učeben v Domě kultury ve Vsetíně. V roce 1993 se stala největší soukromou školou v ČR. V září roku 1994, kdy byla již dostavena vlastní budova školy, začalo se vším všudy fungovat jedno z nejmodernějších školských zařízení vybavené kvalitní didaktickou technikou, učebnami informatiky a výpočetní techniky a také zázemím pro sportovní a kulturní vyžití.

V roce 2001 schválilo zastupitelstvo města Vsetína ve prospěch školy odprodej dalšího pozemku, na kterém škola ještě téhož roku vybudovala další budovu pro domov mládeže s kapacitou 105 míst, jídelnu s kapacitou 250 strážníků a velkoprostorovou sportovní halu s krytým tenisovým dvorcem. Protože zájem o studium na tehdejší Střední podnikatelské škole i o ubytování v domově mládeže stále převyšoval kapacitní možnosti školy, byla v roce 2003 vybudována další rozsáhlá přístavba domova mládeže, po které se zvedla kapacita domova na 160 míst.

V roce 2005 škola zpracovala projekty v rámci Evropského sociálního fondu. Po schválení projektů získala finanční podporu Evropské unie a České republiky, v rámci které zahájila nový program celoživotního vzdělávání pro širokou veřejnost.

V desítkách kurzů, školeních a přednášek se stovky klientů vzdělávacích aktivit vzdělávají v oblasti informatiky a výpočetní techniky, marketingu, cizích jazyků, rétoriky, psychologie, etikety a společenského chování, ekonomie a účetnictví, techniky administrativy, v základech komunikace apod.

Na jaře 2006 se završil schvalovací proces, v rámci kterého obdržela škola rozhodnutím MŠMT ČR souhlas s rozšířením oborů studia o humanitně zaměřené obory, kterými jsou 6-leté gymnázium a pedagogické lyceum. První studenti těchto oborů nastoupili do výuky v září roku 2007.²

Tato kapitola popisovala pro účely této práce pouze stručnou historii školy.³

² Vzhledem k tomu, že se tato práce zabývá rozvrhem školního roku 2006/2007 nejsou obory 6-letého gymnázia a pedagogického lycea z důvodu jejich neexistence v posuzovaném roce v modelu zahrnuty.

³ Komplettní historii školy je možné nalézt na internetových stránkách školy.^[1]

2.3 Studijní obory

Střední škola Kostka, s. r. o. provozuje čtyřleté denní studium (Kostka, 2007), které je určeno pro absolventy 9. ročníků základních škol a dvouleté nástavbové studium pro absolventy tříletých učebních oborů s výučním listem. Výuka ve školním roce 2006/2007 probíhala podle učebních plánů, schválených MŠMT ČR:

- pro čtyřleté denní studium dne 8. 10. 1998 pod č. j. 25834/98-23,
- pro dvouleté denní nástavbové studium dne 13. 3. 2000 pod č.j. 14757/2000-23.

Podrobný přehled studijních oborů a jejich zaměření je uveden v tab. 2-1.

Číselný kód oboru	Název oboru	Forma studia	Zaměření oboru	Č. j. schválení	Platnost
63-41-M/013	Podnikatel denní studium	denní čtyřleté s maturitou	01 na řízení firem	25834/98-23 8.10.1998	od 1.9.1999
		denní čtyřleté s maturitou	02 na cestovní ruch	25834/98-23 8.10.1998	od 1.9.1999
		denní čtyřleté s maturitou	03 kapitálový trh a bankovníctví	25834/98-23 8.10.1998	od 1.9.1999
		denní čtyřleté s maturitou	04 na řízení firem a informační technologie	25834/98-23 13.3.2000	od 1.9.2000
63-41-L/505	Podnikatel denní studium	denní dvouleté nástavbové s maturitou	01 na řízení firem	14757/2000-23 13.3.2000	od 1.9.2000

Tab. 2-1 Studijní obory

Studenti denního studia⁴ oboru „Podnikatel“ si volí ve třetím ročníku jedno ze čtyř možných zaměření oboru svého studia na střední škole, které prohloubí jejich znalosti v oblastech souvisejících s tímto zaměřením. Jsou to následující specializace oborů:

1. Podnikatel se zaměřením na řízení firem,
2. Podnikatel se zaměřením na cestovní ruch,
3. Podnikatel se zaměřením na kapitálový trh a bankovníctví,
4. Podnikatel se zaměřením na řízení firem a informační technologie.

Studenti nástavbového studia studují pouze první specializaci - řízení firem.

⁴ Pro zjednodušení budeme v dalším textu někdy označovat studenty čtyřletého denního studia jako studenty „denního studia“ a studenty dvouletého denního nástavbového studia jako studenty „nástavbového studia“. To platí analogicky pro označení „denní studium“ a „nástavbové studium“.

2.3.1 Podnikatel se zaměřením na řízení firem

Absolvent je schopen v praxi vykonávat činnosti spojené s řízením firem. Je připraven samostatně jednat, formulovat stanoviska, přijímat rozhodnutí. Orientuje se ve struktuře managementu firmy, zná styly řízení, obsah základních manažerských funkcí a jejich postavení v procesu řízení. Je také schopen se svými znalostmi marketingu, po získání praxe, provádět efektivní marketingové strategické plánování a jeho praktickou aplikaci. Ovládá právní problematiku, která se vztahuje k podnikání a k zakládání firem.

2.3.2 Podnikatel se zaměřením na cestovní ruch

Absolvent je schopen kreativně využívat znalosti problematiky cestovního ruchu v praktické činnosti. Je k tomu vybaven informacemi ze studia zeměpisu, dobře se orientuje na trhu služeb, má znalosti o působení vnějších vlivů na rozvoj cestovního ruchu, znalosti o mezinárodním měnovém systému, ovládá daňovou problematiku. V praxi umí pracovat s informacemi o hospodářských seskupeních Evropy, vztazích mezi zeměmi a také o konkurenci v těchto službách. Ovládá právní problematiku, která se vztahuje k podnikatelským aktivitám v oblasti cestovního ruchu.

2.3.3 Podnikatel se zaměřením na KTB

Absolvent má znalosti o kapitálovém trhu a bankovníctví se specializací na bankovní systém ČR. Orientuje se v problematice daní, je vybaven vědomostmi o burzovním systému, o vývoji a současném stavu finančního trhu. Ovládá problematiku bank, jejich legislativy, likvidity, úvěrových podmínek a ekonomiky. Je seznámen s vlivem státu na finanční trh, orientuje se v mezinárodním měnovém systému. Je připraven na právní a ekonomické aspekty podnikání, spojení firem a kapitálu. Je schopen zpracovávat ekonomické rozbor, analyzovat vývoj finančního trhu a podílet se na podkladech pro finanční plány, ekonomiku, management bank a dalších firem.

2.3.4 Podnikatel se zaměřením na řízení firem a IT

Absolvent je připravován na problematiku spjatou se zakládáním a řízením firem v tržní ekonomice s důrazem na marketing, management a informatiku. Učí se samostatnosti v jednání, řídicí činnosti, pohotové reakci na aktuální potřeby trhu, ovládá principy a techniku elektronického obchodu a zná problematiku tvorby firemního webu. Připravuje se na vedení účetnictví, seznámí se s ekonomikou a strukturou firmy.

2.4 Základní pojmy

Tato kapitola obsahuje vysvětlení základních pojmů, které se v souvislosti se zpracováním této práce vyskytují v textu.

- **Škola** – myslí se Střední škola Kostka, s. r. o., popsána na začátku 2. kapitoly.
- **Týden** – je myšlen školní týden od pondělí do pátku, každý den se vyučuje právě šest hodin. K dispozici je tak 30 vyučovacích hodin pro každou třídu.
- **Ročník** – pořadový rok studia. U denního studia 4, u nástavby 2 ročníky.
- **Třída** – studenti jednoho ročníku, kterým náleží právě jedna stabilní učebna. Každý ročník denního studia je rozdělen na třídy A, B, C. Nástavbové ročníky mají vždy pouze jednu třídu označovanou jako A.
- **Hodina** – v tomto případě se myslí vyučovací hodina, která trvá 45 minut. Mezi těmito hodinami jsou přestávky, které trvají 5 nebo 20 minut.
- **Místnost** – nadřazený pojem pojmu učebna. Jako místnost se rozumí jakýkoli uzavřený prostor v budově oddělený dveřmi. Místnosti mohou být tedy administrativního charakteru, úklidové, různé sklady, či toalety, kabinety učitelů a v neposlední řadě samozřejmě učebny k výuce.
- **Učebna** – je speciální místnost určená výhradně pro výuku. Zpravidla se rozlišují učebny buď velké a malé nebo obecné, či specializované. Velké učebny jsou určené pro maximálně 40 studentů, malé obvykle pro 20 studentů. Učebny specializované jsou především jazykové, počítačové a také tělocvična, všechny ostatní jsou učebny obecné, mezi něž také patří tzv. stabilní učebny.
- **Stabilní učebna** – je to taková učebna, která náleží příslušné třídě. Vyučuje se v ní většina předmětů pro celou třídu. Každá třída má právě jednu takovou stabilní učebnu. Více o tom v kapitole 3.3.
- **Předmět** – rozumí se předmět vyučovaný podle učebních plánů.
- **Učitel** – středoškolský učitel, který zabezpečuje výuku příslušného předmětu, na který musí mít aprobaci a který vyučuje v nějaké třídě a nějaké učebně.
- **Událost** – událostí se rozumí výuka nějakého předmětu, v nějaké třídě, nějakou hodinu, v nějaké učebně a vyučovaná některým učitelem.

3. Ekonomický model

Tato kapitola podrobně popisuje jednotlivé složky ekonomického modelu, pomocí něhož se vychází při formulování matematického modelu a při následných výpočetních experimentech. Bez tohoto ekonomického modelu by nebylo možné matematický model sestavit. Je proto velmi nezbytné podrobně popsat veškerá omezení.

Výuka je od roku 2001 realizována ve dvou budovách. První je označována jako budova A, druhá jako budova B (ilustrační foto obou budov zobrazuje příloha č. 6). Veškerá administrativa a vedení školy sídlí ve starší budově A. Každý student této školy se učí právě 6 hodin denně, celkem tedy 30 hodin týdně. Každý ročník má předepsaný počet předmětů a jejich hodinovou dotaci, což musí odpovídat učebním plánům popsaným v kapitole 2.3. Tyto učební plány byly schváleny MŠMT ČR.

3.1 Třídy

Ve školním roce 2006/2007 existovalo ve škole celkem 14 tříd, které zde zastupují čtyři ročníky čtyřletého denního studia a dva ročníky dvouletého nástavbového studia. Každý ročník denního studia je navíc rozdělen do třech tříd s označením A, B nebo C. Ročníky nástavbového studia mají vždy jednu třídu označenou jako A. Celkem tedy máme 12 tříd denního studia a 2 třídy nástavbového studia.

3.1.1 Čtyřleté denní studium

Každá třída čtyřletého denního studia má přiřazené jednoznačné označení. Způsob tohoto třímístného kódu je následující:

1. na první pozici je uváděn stupeň ročníku,
2. na druhé se uvádí oddělovací znak, kterým je tečka,
3. třetí pozice označuje velkým písmenem třídu (A, B, C),

výsledný formát (zde uvedený v uvozovkách) je např.: „1.A“.

Každá třída má svého třídního učitele, který zodpovídá za vedení třídní knihy a vyučuje pokud možno co nejvíce předmětů ve své třídě. Každý učitel může být třídním pouze jedné třídy.

Třídní učitelé ve školním roce 2006/2007 byli následující:

- 1.A Šenovská,
- 1.B Malinová,
- 1.C Modelová,
- 2.A Sychravý,
- 2.B Chytrá,
- 2.C Mikulenska,
- 3.A Fáberová,
- 3.B Táberský,
- 3.C Vimrová,
- 4.A Broučková,
- 4.B Žokej,
- 4.C Pospíšil.

V prvním ročníku studovalo celkem 96 studentů, ve druhém 84, ve třetím 98 a ve čtvrtém 91 studentů. Údaje o počtu studentů jsou důležité hlavně proto, že kapacity učeben jsou omezeny. Viz kapitola 2.4.

3.1.2 Dvouleté nástavbové studium

Také třídy dvouletého denního nástavbového studia mají přiřazeno jednoznačné označení. Toto označení se od předchozího nepatrně liší. V tomto případě se jedná o čtyřmístný kód, který je následující:

1. na první pozici je uvedeno velké písmeno „N“, které znamená, že se jedná o třídu nástavbového studia,
2. na druhé pozici je opět uváděn stupeň ročníku,
3. na třetí je stejný oddělovací znak, kterým je tečka,
4. čtvrtá pozice označuje velkým písmenem třídu (v tomto případě pouze A),

výsledný formát (zde uvedený v uvozovkách) je např.: „N1.A“.

Třídní učitelé ve školním roce 2006/2007 byli následující:

- N1.A Zámecká,
- N2.A Gregorová.

V prvním ročníku studovalo celkem 39 studentů a v druhém 25 studentů.

3.2 Hodiny

Vyučovací hodinou se na střední škole rozumí přesně 45 minut. Mezi jednotlivými vyučovacími hodinami jsou vždy přestávky. Krátké přestávky trvají 5 minut, dlouhá, někdy také zvaná jako velká, trvá 20 minut.

Jednou z dalších výhod studia této školy je pouze šestihodinová výuka denně. Časový fond pro výuku povinných vzdělávacích předmětů je tedy celkem 30 hodin, což také odpovídá učebním plánům. Studenti tak nikdy nemají výuku těchto předmětů odpoledne a také nemají volná místa v rozvrhu. Tím je rozvrh plně kompaktní a odpolední výuka je vyhrazena výhradně pro návštěvu dobrovolně volitelných odborných seminářů.

3.2.1 Odborné semináře

Ve školním roce 2006/2007 to byly tyto semináře:

- státnicový seminář ZAV – příprava ke státní zkoušce z psaní všemi deseti,
- seminář z matematiky – intenzivní příprava k přijímacím zkouškám na VŠ,
- moderní dějiny – věnovaný historickému vývoji Evropy a světa po roce 1945,
- dějiny práva – pro zájemce o vývoj práva a státu od starověku po současnost,
- sportovní hry – v pondělí volejbal, v úterý basketbal a ve středu florbal,
- studentská společnost – řízení studentské firmy a realizace teoretických znalostí,
- německá konverzace – prohloubení schopnosti konverzovat v němčině,
- španělština – vyučována v začátečnické úrovni a úrovni středně pokročilé,
- ruština pro začátečníky – vyučována v začátečnické úrovni.

Výše zmíněné odborné semináře se vyučují vždy v odpoledních hodinách a nezasahují nikdy do výuky povinných vzdělávacích předmětů. Vzhledem k této skutečnosti nejsou volitelné semináře předmětem matematické optimalizace této diplomové práce.

3.2.2 Školní den

Běžný školní den trvá pro studenta povinných vzdělávacích předmětů od 8,00 do 13,10. První hodina začíná vždy v 8,00 a končí po 45 minutách, tedy v 8,45. Následuje první krátká pětiminutová přestávka. Druhá hodina začíná 8,50 a trvá do 9,35. Po druhé hodině je velká přestávka určená hlavně ke svačině. Tato přestávka trvá 20 minut. Po ní následuje třetí hodina, která začíná v 9,55 a končí v 10,40. Po velké přestávce už jsou pouze malé pětiminutové, takže čtvrtá hodina začíná 10,45 a končí 11,30, pátá probíhá od 11,35 do 12,20 a šestá od 12,25 do 13,10. Následuje prostor pro obědovou pauzu a poté začínají výše zmíněné odborné semináře a jiné studentské aktivity.

3.3 Učebny

Škola má pro výuku k dispozici celkem 24 plně vybavených učeben. Z těchto 24 učeben je 14 velkokapacitních pro jednotlivé třídy, kdy každé třídě náleží právě jedna stabilní učebna, ve které probíhá výuka většiny nedělených předmětů. Dále pak jednu sportovní halu pro výuku tělocviku, dvě učebny pro výpočetní techniku a taktéž dvě pro techniku administrativy. Zbylých pět menších učeben se využívá pro dělenou výuku jazyků.

Jak již bylo zmíněno na začátku 3. kapitoly, probíhá výuka ve dvou budovách. Starší budova, postavená v roce 1994, se označuje jako budova A, novější pak, sloužící od roku 2001, jako budova B. V budově A se vyučuje ve čtyřech podlažích – sklep, přízemí, první a druhé patro. Budova B poskytuje tři podlaží pro výuku – přízemí, první a druhé patro se sportovní halou. Kromě toho slouží budova B převážně jako internát a školní jídelna.

Číslování místností v obou budovách je vzestupné směrem od sklepa ke střeše. V číselných řadách není zohledněno příslušné patro, avšak každé označení místnosti obsahuje na první pozici písmeno A, či B, podle toho, ve které budově se místnost nachází. Vzhledem k tomu, že jsou pro zpracování rozvrhu potřeba výhradně učebny, zaměříme se především na ně, neboť popis jiných místností není pro optimalizaci rozvrhu relevantní.

3.3.1 Budova A

V této budově se nachází 2/3 všech učeben, tedy 16. První dvě z nich jsou umístěny ve sklepě. Jsou to učebny A1 a A2 a jedná se o dvě specializované učebny vybavené počítači. V obou se učí výhradně TEA⁵. Tyto učebny jsou k dispozici pouze pondělí, úterý a čtvrtek. Každou středu a pátek zde totiž probíhají rekvalifikační kurzy, zabezpečované pro Úřad práce Vsetín.

V přízemí se nachází celkem 5 učeben. Jsou to místnosti A17 až A21. Místnost A17 je malá učebna pro dělenou výuku jazyků. Zbýlé 4 jsou velké stabilní učebny: A18 pro třídu 2.A, A19 pro 2.B, A20 pro 3.A a konečně A21 pro 3.C.

V prvním patře máme k dispozici opět 5 učeben s označením A29 až A33. Místnost A29 je rovněž malou místností pro dělenou výuku jazyků jako učebna A17. Další 4 jsou opět velké stabilní učebny: A30 stabilně pro třídu 4.A, A31 pro 4.B, A32 pro 4.C a jako poslední v řadě A33 pro třídu N2.A.

V druhém patře jsou pouze 4 velké učebny s čísly A43 až A46. Místnost A43 je vyhrazena pro třídu 2.C a A46 pro 3.B. Mezi nimi se nachází dvě speciální počítačové učebny s označením A44 a A45, ve kterých se vyučuje výhradně VYT a INT.

3.3.2 Budova B

Zde se nachází zbylá 1/3 počtu učeben, tedy 8. Tato budova je převážně využívána pro první ročníky. V přízemí se nachází 3 učebny s označením B1 až B3. Místnost B1 náleží třídě 1.A, místnost B2 třídě 1.B a B3 je menší učebna k dělené výuce jazyků.

V prvním patře se nachází 4 učebny. Jsou vedeny pod označením B4 až B7, kde právě B4 a B7 jsou klasické menší učebny, sloužící k dělené výuce jazyků. Mezi nimi jsou učebny B5 pro třídu 1.C a B6 pro třídu N2.A.

V druhém a taky posledním patře této budovy se nachází velká sportovní hala, kterou je třeba taktéž zařadit mezi seznam učeben. Tato místnost má speciální označení TEL, které nesplňuje výše uvedený způsob číslování místností. Tato zkratka zastupuje pojmenování tělocvična (ilustrační foto tělocvičny uvádí příloha č. 6).

⁵ Vysvětlení k těmto i následujícím zkratkám jednotlivých předmětů popisuje blíže kapitola 3.4.

3.3.3 Přehled

Uspořádaný přehled učeben zobrazuje následující tab. 3-1. V její levé části je přehled pro budovu A, v pravé pak pro budovu B. První sloupec určuje patro, kde se učebna nachází, druhý její označení, třetí sloupec pak popisuje k čemu daná učebna slouží, v případě stabilních tříd, komu tato třída náleží.

Budova A		
Patro	Číslo:	Popis a využití
Sklep	A1	PC k výuce TEA
	A2	PC k výuce TEA
Přízemí	A17	Malá k výuce ANJ a NEJ
	A18	Třída 2.A
	A19	Třída 2.B
	A20	Třída 3.A
	A21	Třída 3.C
První patro	A29	Malá k výuce ANJ a NEJ
	A30	Třída 4.A
	A31	Třída 4.B
	A32	Třída 4.C
	A33	Třída N2.A
Druhé patro	A43	Třída 2.C
	A44	PC k výuce VYT a INT
	A45	PC k výuce VYT a INT
	A46	Třída 3.B
Celkem	16	učeben v budově A

Budova B		
Patro	Číslo:	Popis a využití
Přízemí	B1	Třída 1.A
	B2	Třída 1.B
	B3	Malá k výuce ANJ a NEJ
První patro	B4	Malá k výuce ANJ a NEJ
	B5	Třída 1.C
	B6	Třída N1.A
	B7	Malá k výuce ANJ a NEJ
Druhé patro	TEL	Tělocvična
Celkem	8	učeben v budově B

Celkový počet učeben		24
----------------------	--	----

Tab. 3-1 Přehled učeben

3.4 Předměty

Velmi důležitým předpokladem pro sestavování rozvrhů je podrobná skladba předmětů pro jednotlivé studijní obory, která se vždy liší ročníkem a také zvolenou specializací. Některé předměty se vyučují v běžných učebnách, jiné potřebují učebny speciální. Každý předmět vyžaduje aprobaci daného učitele. Při sestavování rozvrhu se školy řídí učebními plány, které schvaluje MŠMT ČR (viz kapitola 2.3).

Obecně lze říci, že v prvních dvou ročnících je studium zaměřeno na celoškolský základ a studenti studují povinné předměty bez ohledu na zvolenou specializaci. Mají také možnost v průběhu těchto dvou let specializaci změnit. Od třetího ročníku se ale jejich výuka liší. Studenti z celého ročníku, tedy ze tříd A, B, C se různě promíchají a vytvoří tak několik skupin k výuce předmětů, které přísluší jejich specializaci.

Z hlediska optimalizace je potřeba, aby tyto předměty probíhali v jeden okamžik. Nutno také podotknout, že jiný počet skupin je ve třetích ročnících a jiný ve čtvrtých. Více o této skutečnosti a jiných specifikacích bude popsáno níže (viz 3.4.1 - 3.4.23).

Každý předmět je označen jednoznačně odlišitelným třímístným kódem, který se skládá z velkých písmen a je bez diakritiky. Algoritmus pro přidělení kódu je zpravidla následující:

1. pokud je název předmětu jednoslovný, pak kód značí první tři písmena z názvu předmětu (např.: matematika – MAT, dějepis – DEJ, právo – PRA),
2. pokud se název předmětu skládá ze dvou slov, jsou první dvě písmena kódu z prvního slova názvu a třetí písmeno z druhého slova názvu (např.: technika administrativy – TEA, německý jazyk – NEJ, tělesná výchova – TEV),
3. pokud je název složen ze tří slov, je kódem vždy počáteční písmeno každého slova z názvu. Spojka „a“ se v tomhle pojetí přirozeně nepovažuje za slovo (např.: kapitálový trh a bankovníctví – KTB, český jazyk a literatura – CJL).

Ve škole se vyučuje celkem 22 různých předmětů. Každá třída denního i nástavbového studia absolvuje v průběhu svého studia blok základních jedenácti předmětů, které studují ve všech ročnících bez ohledu na specializaci. Těmito předměty jsou:

1. český jazyk a literatura,
2. anglický jazyk,
3. německý jazyk,
4. matematika,
5. zeměpis,
6. tělesná výchova,
7. právo,
8. účetnictví,
9. výpočetní technika,
10. technika administrativy,
11. občanská nauka.

Mimo těchto jedenáct základních předmětů se ve škole povinně studuje dalších opět jedenáct jiných předmětů. Podle typu oboru a ročníku je jejich počet nestejný a jejich skladba různá. Těmito předměty jsou:

12. dějepis,
13. podniková ekonomika,
14. základy ekologie,
15. marketing,
16. rétorika,
17. management,
18. psychologie,
19. cestovní ruch,
20. kapitálový trh a bankovníctví,
21. informační technologie,
22. reklama.

Nyní přistupme k podrobnějšímu popisu jednotlivých předmětů, který je nezbytný pro sestavení matematického modelu. Pořadí následujících podkapitol odpovídá výše uvedenému seznamu předmětů. Předměty jsou popsány ve stejném sledu, jako se s nimi setkávají studenti v průběhu studia jednotlivých ročníků.

3.4.1 Český jazyk a literatura

Český jazyk a literatura (CJL) je základním povinným předmětem na všech středních školách v České Republice. Je to také první ze čtyř povinných maturitních předmětů. Velký důraz se klade převážně na literaturu, ale také oblasti z mluvnice a slohu nejsou opomíjeny.

V prvním ročníku denního studia je tento předmět akreditován 3 hodinami týdně, ve druhém a třetím ročníku 2 hodinami a ve čtvrtém, stejně jako v obou ročnících nástavby, 3 hodinami týdně. K výuce není potřeba žádná speciální místnost, učí se její celá třída společně ve své stabilní třídě.

3.4.2 Anglický jazyk

Anglický jazyk (ANJ) je jedním ze dvou povinných jazyků na této střední škole. Studenti jsou rozdělení v závislosti na své pokročilosti do dvou skupin na skupinu začátečníků a skupinu pokročilých. Pro skupinu pokročilých je ANJ druhým ze čtyř povinných maturitních předmětů. Skupina začátečníků má tento jazyk jako druhý a obvykle maturuje ze svého jazyka prvního. Studenti mají ovšem možnost zařadit i druhý jazyk do maturitní zkoušky, jako svůj pátý, dobrovolný předmět.

Výše uvedené skutečnosti o anglickém jazyce se vztahují ke čtyřletému dennímu studiu. Pro studium návstavy platí odlišná pravidla. Tito studenti si volí pouze jeden ze dvou jazyků, který studují v pokročilé úrovni, a ze kterého také maturují. Druhý jazyk již pro ně není předmětem studia základních předmětů. Mají ovšem možnost studovat druhý, případně i další jazyk v odpoledních seminářích.

Ve všech čtyřech ročnících denního studia je předmět akreditován 4 hodinami týdně a v obou ročnících návstavy 3 hodinami týdně. Vzhledem k tomu, že se na výuku jazyků třídy dělí, potřebujeme k výuce dvě učebny. První z nich je vždy stabilní učebna třídy a druhou je jedna z menších jazykových učeben, popsanych v kapitole 3.3.

3.4.3 Německý jazyk

Německý jazyk (NEJ) je druhým povinným jazykem na této škole. Platí pro něj naprosto stejná pravidla jako pro ANJ, je rovněž stejně hodinově akreditován a vyučuje se pouze v době, kdy probíhá výuka ANJ.

V případě, že tedy probíhá výuka jednoho jazyka pro skupinu pokročilých, vyučuje se souběžně také druhý jazyk pro druhou skupinu taktéž na úrovni pokročilých. Toto platí analogicky také pro skupiny začátečníků. Neboť pokud by tomu tak nebylo, stávalo by se, že by v jednu a tu samou chvíli probíhala výuka dvou dělených předmětů pro jednu a tutéž skupinu, zatímco druhá skupina by neměla předmět žádný.

3.4.4 Matematika

Matematika (MAT) je standardním všeobecně vzdělávacím předmětem. Na středních školách obchodního typu není povinným maturitním předmětem a maturuje se z ní pouze jako z dobrovolného pátého předmětu. Ačkoli je matematika téměř vždy součástí přijímacích zkoušek na ekonomické vysoké školy není její hodinová dotace nikterak velká.

Požadavky vysokých škol na probíranou látku jsou dosti vysoké a přesahují obvykle rozsah učiva na středních školách negymnaziálního typu. Tuto nevýhodu oproti absolventům gymnázií řeší studenti této školy volbou volitelného semináře z matematiky, ve kterém si doplní znalosti především v těch oblastech, které se na běžných hodinách nestihnou probrat, případně také, již zmiňovanou, dobrovolnou maturitou z MAT.

V prvním ročníku denního studia se vyučují 3 hodiny týdně, ve zbylých třech ročnících pouze 2 hodiny týdně. V nábavbě se MAT studuje v obou ročnících 3 hodiny týdně. K výuce není zapotřebí žádné speciální učebny a tudíž probíhá výuka v stabilní učebně příslušné třídy.

3.4.5 Zeměpis

Zeměpis (ZEM) je další z řady všeobecně vzdělávacích předmětů. V dnešním světě globalizace a stále se rozšiřujících možností cestování získává znalost zeměpisu, jako takového, stále většího významu. Dnes již není výjimkou, že se jednotlivé hospodářské komodity importují z velmi vzdálených krajin, či exportují do cizích zemí. Vždy je znalost zeměpisu velkou výhodou, ne-li dokonce podmínkou.

V prvním ročníku se ZEM vyučuje 2 hodiny týdně, ve druhém a třetím 1 hodinu a ve čtvrtém opět 2 hodiny týdně. V obou ročnících nábavby jsou to 2 hodiny týdně. Rovněž k výuce ZEM není potřeba žádné speciální učebny.

3.4.6 Tělesná výchova

Tělesná výchova (TEV) je často pro většinu studentů velmi neoblíbeným předmětem. Tito studenti si ale neuvědomují, jak důležitý je pro ně fyzický rozvoj jejich těl. Pravidelný pohyb je pro zdravého člověka nepostradatelný.

Každá třída má povinně jednou týdně dvouhodinový blok TEV. Od roku 2003 probíhá tato výuka ve vlastní tělocvičně školy (tedy v učebně TEL). Celkem je v rámci školního týdne k dispozici 15 dvouhodinových bloků, přičemž je potřeba přiřadit pouze 14 tříd. Vedení školy rozhodlo, že se v pondělí první dvě hodiny tělesná výchova vyučovat nebude. Všichni studenti jedné třídy se účastní hodin TEV společně. Případné rozdělení během vyučovací hodiny na menší zájmové skupiny, chlapce, či dívky nemá vliv na požadovaný počet učitelů ani na počet místností.

3.4.7 Právo

Právo (PRA) je jak v podnikání, tak v běžném životě nezbytnou výbavou základních znalostí v podnikatelské společnosti. Jedná se o první zmiňovaný odborný předmět, který je navíc součástí třetího maturitního předmětu, označovaného jako „Soubor odborných předmětů“.

Hodinová dotace PRA je pro všechny čtyři ročníky 2 hodiny týdně. V prvním ročníku nastavby jsou to 3 hodiny, ve druhém opět 2 hodiny týdně. K výuce PRA se používá stabilní učebna příslušné třídy.

3.4.8 Účetnictví

Účetnictví (UCE) je předmět, který má za úkol seznámit studenty se způsobem účtování, sestavováním daňového přiznání a jiných praktických dovedností z oblasti financí.

V prvním ročníku se vyučuje 1 hodinu týdně, ve vyšších ročnících vždy 2 hodiny týdně. V nastavbě potom 2 hodiny v prvním ročníku a 3 hodiny ve druhém. Vzhledem k tomu, že se během základních hodin vyučuje hlavně podstata účtování a k tomu, že předmět není zaměřen na účtování v některém z mnoha programových produktů, postačuje naplno běžná stabilní učebna příslušné třídy.

3.4.9 Výpočetní technika

Výpočetní technika (VYT) zaujala v životě člověka podstatné místo. Ve strojírenství nahradily lidskou práci z velké části stroje, banky již plně používají internetové bankovníctví a každý člověk se dnes podílí na dění světa ovládaném pomocí výpočetní techniky. Studium VYT je tedy, již od školních let, velmi důležité.

V prvním a druhém ročníku se VYT vyučuje 2 hodiny týdně, ve třetím a čtvrtém 1 hodinu týdně. V nastavbovém studiu předmět s názvem výpočetní technika sice neexistuje, ale vyučuje se předmět práce s počítačem, který je téměř identický. Vzhledem k této podobnosti byl předmět pro tuto diplomovou práci zahrnut do VYT. Lze tedy psát, že se VYT v nastavbě vyučuje v obou ročnících 2 hodiny týdně.

Pro VYT je zcela nezbytné zajistit výuku v počítačových učebnách. K tomuto účelu byly vybrány vhodné učebny A44 a A45. Výuka VYT tedy probíhá výhradně v těchto dvou učebnách.

3.4.10 Technika administrativy

Technika administrativy (TEA) je pro školy obchodního typu velmi důležitý předmět. Studenti se zde naučí psát na počítači všemi deseti prsty. Mnozí z nich absolvují státní zkoušky z psaní na stroji všemi deseti. Pro hodiny TEA je rovněž nezbytné, aby výuka probíhala v počítačových učebnách. Těch je samozřejmě omezený počet. Vedení školy zvolilo k tomuto účelu počítačové místnosti A1 a A2.

V prvním ročníku se TEA vyučuje 1 hodinu týdně, v druhém 2 hodiny, ve třetím opět 1 hodinu a ve čtvrtém znovu 2 hodiny. V prvních třech ročnících jsou studenti rozdělení na dvě stejné skupiny. Ve čtvrtém ročníku, kdy již studenti dokáží bez větších problémů psát rozsáhlejší a náročnější texty se tento předmět věnuje obchodní korespondenci. Studenti se už nedělí na skupiny a celá třída se učí společně, a to tak, že 1 hodinu týdně se učí teorii ve své stabilní třídě a 1 hodinu týdně v počítačové učebně A1.

V obou ročnících nastavby probíhá výuka TEA 2 hodiny týdně, přičemž ve druhém ročníku se předmět věnuje převážně obchodnímu jednání. Analogicky k dennímu studiu se v prvním ročníku nastavby učí dvě skupiny v počítačových učebnách A1 a A2. V druhém ročníku pak všichni společně ve své stabilní třídě.

3.4.11 Občanská nauka

Občanská nauka (OBN) je poslední z předmětů studovaných po celou dobu studia ve všech ročnících, jak denního, tak nastavbového studia. V prvních ročnících se vyučuje zejména společenská výchova, ve vyšších ročnících pak již vlastní občanská nauka.

Ve všech ročnících denního studia a v prvním ročníku nastavby se OBN vyučuje 1 hodinu týdně, ve druhém ročníku nastavby 2 hodiny týdně. Není zapotřebí žádné speciální učebny.

3.4.12 Dějepis

Dějepis (DEJ) je prvním předmětem v pořadí, který se nevyučuje po celou dobu studia. Vzhledem k tomu, že se látka probíraného učiva věnuje zpravidla celému historickému vývoji Evropy a světa končícím však rokem 1945, mají studenti možnost navštěvovat seminář moderních dějin, který je zaměřen na historický vývoj po roce 1945. K výuce DEJ není zapotřebí žádné speciální místnosti a vyučuje se 2 hodiny týdně pouze v prvním a druhém ročníku denního studia a v prvním ročníku nastavbového studia.

3.4.13 Podniková ekonomika

Podniková ekonomika (POE) obsahuje základy z makroekonomie i mikroekonomie a specializuje se především na ekonomiku podniku. Předmět je součástí souboru odborných předmětů, ze kterých se skládá ústní maturitní zkouška.

Hodinová akreditace POE je v prvním a druhém ročníku 2 hodiny týdně, v návstavbě pak v prvním ročníku 1 hodina a ve druhém ročníku 2 hodiny týdně. Předmět nevyžaduje žádnou speciální učebnu.

3.4.14 Základy ekologie

Základy ekologie (ZAE) se studují pouze v prvním ročníku denního studia. Součástí absolvování předmětu je mj. vypracování seminární práce na příslušné ekologické téma. Tato seminární práce bývá obvykle první, která studenty na jejich cestě studiem potkává. Předmět se vyučuje pouze 1 hodinu týdně a nevyžaduje žádnou speciální učebnu.

3.4.15 Marketing

Marketing (MAR) je dalším předmětem ze souboru odborných předmětů, ze kterých se skládá ústní maturitní zkouška. Nevyučuje se pouze v prvním ročníku denního studia. Ve druhém ročníku pak 1 hodinu týdně, ve třetím a čtvrtém, stejně tak jako v obou ročnících návstavy 2 hodiny týdně. Předmět nemá žádné speciální nároky na učebnu, vyučuje se celá třída najednou a vždy je to ve stabilní učebně příslušné třídy.

3.4.16 Rétorika

Rétorika (RET) je ve světě podnikání neodmyslitelnou disciplínou. Schopnost vyjadřování je pro mnohé profese zcela stěžejní záležitostí. Studenti se tak setkávají s touto disciplínou již na střední škole. Tento předmět se vyučuje pouze ve druhém a třetím ročníku denního studia vždy 1 hodinu týdně, v návstavně se nevyučuje a neklade žádné speciální nároky na učebnu, takže ho lze vyučovat v běžné stabilní učebně.

3.4.17 Management

Management (MAN) je z hlediska výuky speciální předmět. V prvním a druhém ročníku denního studia se nevyučuje. Dříve se MAN vyučoval pouze v rámci volitelné specializace řízení firem. Nyní se však stal povinným předmětem pro celou třídu.

Ve školním roce 2006/2007 se ale nacházíme přesně v přechodném období, kdy třetí ročník už má MAN jako povinný předmět pro celou třídu vyučovaný 2 hodiny týdně a ve specializaci má místo toho PSY, zatímco čtvrtý ročník se MAN učí pouze jedna skupina, která si zvolila specializaci řízení firem. Pro tuto skupinu probíhá MAN 2 hodiny týdně a MAN je pro ně čtvrtým maturitním předmětem.

Výuka MAN ve čtvrtém ročníku probíhá tak, že se studenti ze všech třech tříd shromáždí do jedné ze stabilních učeben jedné z těchto třech tříd čtvrtého ročníku. Pro ostatní ročníky probíhá zcela normálně ve stabilní učebně.

Pro nástavbové studium je situace mnohem snazší, protože se zde nestudují různé specializace. Všichni studenti nástavbového studia jsou ve specializaci řízení firem a mají MAN povinně v prvním ročníku 1 hodinu týdně a ve druhém ročníku 2 hodiny týdně.

3.4.18 Psychologie

Psychologie (PSY) je předmět, který studují pouze studenti se zvolenou specializací řízení firem a na závěr studia je čtvrtým maturitním předmětem. Jak již bylo částečně popsáno v předešlé podkapitole, studují tento předmět v rámci své specializace pouze třetí ročníky, a to 3 hodiny týdně, přičemž se navíc dělí na dvě skupiny. Vzhledem k velkým skupinám je pro výuku PSY zapotřebí dvou velkých stabilních učeben.

3.4.19 Cestovní ruch

Cestovní ruch (CER) je opět hlavní předmět stejnojmenné zvolené specializace. Je rovněž čtvrtým maturitním předmětem studentů této specializace. Ve třetím ročníku se vyučuje pouze v jedné skupině 3 hodiny týdně a je pro něj potřeba velká stabilní učebna. Pro čtvrtý ročník se vyučuje ve dvou skupinách 2 hodiny týdně a je pro něj potřeba zajistit dvě velké stabilní učebny.

3.4.20 Kapitálový trh a bankovníctví

Kapitálový trh a bankovníctví (KTB) je již třetím čistě oborově specializovaným předmětem. Taktéž je čtvrtým maturitním předmětem studentů stejnojmenné specializace. Ve třetím i čtvrtém ročníku se vyučuje pouze jedna skupina, která nemá zvláštní požadavky na učebnu. Ve třetím ročníku jsou to 3 hodiny týdně, ve čtvrtém 2 hodiny týdně.

3.4.21 Informační technologie

Informační technologie (INT) je předmět čtvrté a zároveň nejnovější specializace řízení firem a informační technologie. Studenti z něj skládají na závěr studia ústní maturitní zkoušku a vyučuje se vždy ve dvou souběžných skupinách. Hodinová dotace je stejná jako ve všech předchozích specializovaných předmětech, tedy 3 hodiny ve třetím ročníku a 2 hodiny ve čtvrtém.

3.4.22 Reklama

Reklama (REK) je posledním předmětem v pořadí, který se na této škole vyučuje. Je tomu tak pouze ve čtvrtém ročníku čtyřletého denního studia a v prvním ročníku nástavby. Vždy 1 hodinu týdně bez nároku na speciální učebnu.

3.4.23 Přehled všech předmětů

Pro lepší orientaci a kompletní přehled slouží níže uvedené tabulky. V záhlaví každé z nich je ročník a typ studia. V prvním sloupci se nachází číslo předmětu, ve druhém celý jeho název, ve třetím používaná zkratka a ve čtvrtém počet hodin týdně. Ve spodní části každé tabulky je zobrazen celkový počet předmětů a kontrolní suma vyučovaných hodin týdně. Vzhledem k tomu, že máme k dispozici šest hodin denně, pět dní v týdnu, musí se tato suma vždy rovnat 30 hodinám týdně.

1. ročník - nástavba				2. ročník - nástavba			
1	Český jazyk a literatura	CJL	3	1	Český jazyk a literatura	CJL	3
2	Anglický jazyk	ANJ	3	2	Anglický jazyk	ANJ	3
3	Německý jazyk	NEJ	3	3	Německý jazyk	NEJ	3
4	Matematika	MAT	3	4	Matematika	MAT	3
5	Zeměpis	ZEM	2	5	Zeměpis	ZEM	2
6	Tělesná výchova	TEV	2	6	Tělesná výchova	TEV	2
7	Právo	PRA	3	7	Právo	PRA	2
8	Účetnictví	UCE	2	8	Účetnictví	UCE	3
9	Výpočetní technika	VYT	2	9	Výpočetní technika	VYT	2
10	Technika administrativy	TEA	2	10	Technika administrativy	TEA	2
11	Občanská nauka	OBN	1	11	Občanská nauka	OBN	2
12	Dějepis	DEJ	2	13	Podniková ekonomika	POE	2
13	Podniková ekonomika	POE	1	15	Marketing	MAR	2
15	Marketing	MAR	2	17	Management	MAN	2
17	Management	MAN	1				
22	Reklama	REK	1				
16 Předmětů celkem				14 Předmětů celkem			
30 Vyučovacích hodin				30 Vyučovacích hodin			

Tab. 3-2 Dvouleté nástavbové studium

1. ročník - denní			2. ročník - denní		
1	Český jazyk a literatura	CJL 3	1	Český jazyk a literatura	CJL 2
2	Anglický jazyk	ANJ 4	2	Anglický jazyk	ANJ 4
3	Německý jazyk	NEJ 4	3	Německý jazyk	NEJ 4
4	Matematika	MAT 3	4	Matematika	MAT 2
5	Zeměpis	ZEM 2	5	Zeměpis	ZEM 1
6	Tělesná výchova	TEV 2	6	Tělesná výchova	TEV 2
7	Právo	PRA 2	7	Právo	PRA 2
8	Účetnictví	UCE 1	8	Účetnictví	UCE 2
9	Výpočetní technika	VYT 2	9	Výpočetní technika	VYT 2
10	Technika administrativy	TEA 1	10	Technika administrativy	TEA 2
11	Občanská nauka	OBN 1	11	Občanská nauka	OBN 1
12	Dějepis	DEJ 2	12	Dějepis	DEJ 2
13	Podniková ekonomika	POE 2	13	Podniková ekonomika	POE 2
14	Základy ekologie	ZAE 1	15	Marketing	MAR 1
14 Předmětů celkem			16	Rétorika	RET 1
30 Vyučovacích hodin			15 Předmětů celkem		
			30 Vyučovacích hodin		

3. ročník - denní			4. ročník - denní		
1	Český jazyk a literatura	CJL 2	1	Český jazyk a literatura	CJL 3
2	Anglický jazyk	ANJ 4	2	Anglický jazyk	ANJ 4
3	Německý jazyk	NEJ 4	3	Německý jazyk	NEJ 4
4	Matematika	MAT 2	4	Matematika	MAT 2
5	Zeměpis	ZEM 1	5	Zeměpis	ZEM 2
6	Tělesná výchova	TEV 2	6	Tělesná výchova	TEV 2
7	Právo	PRA 2	7	Právo	PRA 2
8	Účetnictví	UCE 2	8	Účetnictví	UCE 2
9	Výpočetní technika	VYT 1	9	Výpočetní technika	VYT 1
10	Technika administrativy	TEA 1	10	Technika administrativy	TEA 2
11	Občanská nauka	OBN 1	11	Občanská nauka	OBN 1
15	Marketing	MAR 2	15	Marketing	MAR 2
16	Rétorika	RET 1	18	Psychologie	PSY 2
17	Management	MAN 2	17	Management	MAN 2
18	Psychologie	PSY 3	20	Kapitálový trh a bankovníctví	KTB 2
19	Cestovní ruch	CER 3	21	Informační technologie	INT 2
20	Kapitálový trh a bankovníctví	KTB 3	22	Reklama	REK 1
21	Informační technologie	INT 3	17 Předmětů celkem		
18 Předmětů celkem			30 Vyučovacích hodin		
30 Vyučovacích hodin					

Tab. 3-3 Čtyřleté denní studium

Výše uvedené tabulky nám tedy přehledně shrnuly to nejpodstatnější, co bylo v kapitole 3.4 o předmětech popsáno. Veškeré informace vycházejí z učebních plánů zmíněných v kapitole 2.3.

3.5 Učitelé

V předešlých kapitolách jsme se seznámili s různými skutečnostmi a také důležitými zdroji, bez kterých nelze středoškolský rozvrh sestavit. Nyní se zaměříme podrobněji na poslední z těchto hlavních zdrojů, a to na učitelé.

Ve školním roce 2006/2007 působilo ve škole celkem 35 učitelů. Někteří z nich, již byli zmíněni v kapitole 3.1, kdy jsme hovořili o třídních učitelích. Pro pořádek si ale uvedeme jména všech učitelů působících ve škole v daném školním roce a jejich aprobace. Jednotlivá jména jsou seřazena vzestupně podle abecedy. Jsou to:

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Beranová (TEA, UCE), | 19. Rybářová (MAT), |
| 2. Broučková (MAT, POE, REK, TEA), | 20. Sedláčková (ANJ), |
| 3. Divišová (ANJ), | 21. Sova (DEJ), |
| 4. Fáberová (MAN, MAR, REK, TEA), | 22. Stejskalová (NEJ, OBN), |
| 5. Gregorová (KTB, PRA, TEA, UCE), | 23. Stolař (ANJ, TEV), |
| 6. Chytrá (NEJ, TEA), | 24. Sychravý (MAT, VYT), |
| 7. Juránová (ANJ), | 25. Šenovská (CJL, NEJ, PSY), |
| 8. Kovářová (RET), | 26. Šiška (CER), |
| 9. Lukasová (CJL, DEJ, NEJ, ZAE), | 27. Táberský (NEJ, OBN), |
| 10. Malinová (CJL, PSY), | 28. Tomčík (INT, VYT), |
| 11. Mikulenka (TEV, VYT), | 29. Vanišová (PRA), |
| 12. Modelová (POE, TEA), | 30. Vařák (INT, OBN, VYT), |
| 13. Navrátil (VYT), | 31. Vašková (CER), |
| 14. Novotná (NEJ), | 32. Vimrová (CJL), |
| 15. Orság (ANJ), | 33. Vrbová (ANJ), |
| 16. Pelíšková (NEJ), | 34. Zámecká (MAR, REK, TEA, UCE), |
| 17. Pospíšil (MAT, TEV, VYT), | 35. Žokej (TEV, ZEM). |
| 18. Ptáčková (ANJ), | |

Každý učitel může vyučovat pouze takový předmět, na který má aprobaci. Je proto nezbytné zajistit výuku každého předmětu jen aprobovanými učiteli. Aprobace učitelů je uvedena ve zkratkách předmětů za jmény učitelů v předchozím seznamu.

Učitelé mají z hlediska počtu vyučovaných hodin také omezení. Základní velikost úvazku je 21 hodin. Záleží ale na osobní domluvě každého učitele, zda je ochoten učit nadúvazek, či zda není v jeho možnostech základní úvazek splnit. To bývá obvykle v případě různých externistů, v případě částečného pracovního úvazku nebo pokud učitel vyučuje na více školách zároveň. Záleží také na politice každé školy, nakolik povoluje práci nad základní úvazek. Celá úvazková politika je velmi složitou problematikou. Například učitelé vyučující pouze jazyky dosáhnou při výuce 4 tříd přesně 20 hodin, neboť jak již víme z kapitoly 3.4 o předmětech, učí se v každém ročníku právě 4 hodiny jazyka. Problém je ten, že při 20 hodinách týdně daný učitel nesplnil základní úvazek a nemá tedy ani nárok na plnou mzdu. Pro učitele jazyků, aby splnil tuto podmínku, je nutné, aby učil ještě další jednu třídu, ale tím bude vyučovat již 24 hodin, a to znamená, že vyučuje nadúvazek.

Další, již částečně zmíněnou problematikou je třídnictví jednotlivých učitelů. Škola se samozřejmě musí snažit sestavit rozvrh tak, aby třídní učitelé vyučovali ve svých třídách co možná nejvíce hodin. Třídnictví příslušné třídy se zpravidla zahajuje v prvním ročníku a končí po čtyřech letech slavnostním vyřazením absolventů ze školy po úspěšném složení maturitních zkoušek na konci čtvrtého ročníku. Při sestavování matematického modelu musíme tuto skutečnost zohlednit.

4. Matematický model

Přistupme nyní k formulaci matematického modelu úlohy popsané ve 3. kapitole. K formulaci modelu využijeme známého matematického aparátu - dělicího problému. Dělicí problém, který je popsán v kapitole 4.1 je jednou z mnoha možností, kterou by se dal rozvrh na střední škole optimalizovat. V této diplomové práci se zaměříme na dva možné přístupy k formulaci matematického modelu pomocí dělicího problému. Označme je tedy jako přístup A, či přístup B.

Přístup A

Stanovíme-li $x_{klm}^{ij} = 1$, jestliže probíhá výuka v i -té třídě, v j -tou hodinu, v k -té učebně, l -tého předmětu, vyučovaná m -tým učitelem ($i = 1, 2, \dots, 14$; $j = 1, 2, \dots, 30$; $k = 1, 2, \dots, 24$; $l = 1, 2, \dots, 23$; $m = 1, 2, \dots, 33$) a $x_{klm}^{ij} = 0$ jinak, obsahuje výsledný model celkem 7 650 720 binárních proměnných x .

Tento přístup je dobře interpretovatelný, ale vhodný spíš pro formulaci menších modelů. Jeho nevýhodou je totiž velmi vysoký počet celočíselných proměnných, který nedovoluje možnost aplikovat tuto formulaci na úlohu tak velkých rozměrů, jako je *úplná úloha* popsaná v kapitole 3. Omezíme se proto na zjednodušení původní úlohy, na které lze alespoň ukázat, jak by daný model pracoval. Tato úloha bude obsahovat rozvrh 3 tříd prvního ročníku jednoho dne. *Zjednodušenou úlohou* se zabývá kapitola 5.

Přístup B

Stanovíme-li $x_k^{ij} = 1$, jestliže probíhá výuka v i -té třídě, v j -tou hodinu, v k -té učebně ($i = 1, 2, \dots, 14$; $j = 1, 2, \dots, 30$; $k = 1, 2, \dots, 24$) a $x_k^{ij} = 0$ jinak, $y_l^{ij} = 1$, jestliže probíhá výuka v i -té třídě, v j -tou hodinu, l -tého předmětu ($i = 1, 2, \dots, 14$; $j = 1, 2, \dots, 30$; $l = 1, 2, \dots, 23$) a $y_l^{ij} = 0$ jinak, $z_m^{ij} = 1$, jestliže probíhá výuka v i -té třídě, v j -tou hodinu, vyučovaná m -tým učitelem ($i = 1, 2, \dots, 14$; $j = 1, 2, \dots, 30$; $m = 1, 2, \dots, 33$) a $z_m^{ij} = 0$ jinak, zredukujeme celkový počet binárních proměnných na 33 600.

Tato redukce počtu binárních proměnných je velmi významná a proto matematický model *úplné úlohy* v této kapitole a rovněž matematický model *úlohy jednoho dne* v kapitole 6 budeme formulovat pomocí přístupu B.

4.1 Dělicí problém

Dělicí problém⁶ je matematickou disciplínou, která se řadí mezi diskrétní modely. Jak uvádí Pelikán (2001), je jeho formulace následující.

Mějme konečnou množinu $M = \{1, 2, \dots, m\}$ a určitý systém podmnožin $\{M_j\}_{j=1}^n$ množiny M , tj. $M_j \subset M$, $j = 1, 2, \dots, n$. Z těchto podmnožin vybereme systém podmnožin určený množinou indexů F , $F \subset \{1, 2, \dots, n\}$.

Systém podmnožin F je rozkladem, dělením množiny M , jestliže je pokrytím⁷ a platí $M_i \cap M_j = \emptyset$, $i, j \in F$, $i \neq j$.

Označme $A = \{a_{ij}\}$ incidenční matici, která obsahuje informace, zda prvek $i \in M$ je prvkem podmnožiny M_j či nikoli. Je tedy $a_{ij} = 1$, jestliže $i \in M_j$ a $a_{ij} = 0$, pokud $i \notin M_j$. Matice A je typu $m \times n$ a obsahuje pouze nuly a jedničky a vyplývá z daného systému podmnožin $\{M_j\}_{j=1}^n$

Úloha dělicího problému spočívá ve výběru podmnožin M_j do systému F . Pro sestavení matematického modelu zvolíme bivalentní proměnné x_j tak, že $x_j = 1$, je-li množina M_j v systému F a $x_j = 0$, pokud M_j není v systému F . Vektor $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ představuje systém F podmnožin M , který je dělením množiny M , jestliže platí $A_x = 1$.

Danou úlohu lze doplnit účelovou funkcí, jestliže v původní úloze ještě ke každé podmnožině M_j přiřadíme cenu c_j , pak hodnocením systému F nazveme součet $\sum_{j=1}^n c_j x_j$. Toto hodnocení – účelová funkce se optimalizuje (minimalizuje či maximalizuje) a v tomto případě jde o optimální rozklad množiny M .

⁶ Ve světové literatuře znám jako „set-partitioning problem“.

⁷ Systém podmnožin F se nazývá pokrytí množiny M , jestliže $\bigcup_{j \in F} M_j = M$.

4.2 Úplná úloha

Vzhledem k značné velikosti modelu a jeho složitosti bylo v rámci redukce počtu indexů a tím i celkového počtu binárních proměnných rozhodnuto, že budou odborné předměty všech specializací pro třetí a čtvrté ročníky stanoveny napevno. Tím bylo dosaženo redukce počtu předmětů o deset (musíme totiž zohlednit dělené hodiny) a počtu učitelů o dva. Předměty stanovené napevno a veškeré matice a vektory modelu vzhledem k rozsáhlosti těchto dat uvádí příloha č. 2.

Následující tab. 4-1 nám přehledně zobrazuje všechny indexy i jejich význam, dále pak jakých hodnot nabývají a co přesně tyto hodnoty indexů znamenají.

Index <i>i</i> Třída		Index <i>j</i> Hodina		Index <i>k</i> Učebna		Index <i>l</i> Předmět		Index <i>m</i> Učitel	
Hodnota	Zastupuje	Hodnota	Zastupuje	Hodnota	Zastupuje	Hodnota	Zastupuje	Hodnota	Zastupuje
1	1.A	1	Pondělí 1.	1	A1	1	ANJ1	1	Beranová
2	1.B	2	Pondělí 2.	2	A2	2	ANJ2	2	Broučková
3	1.C	3	Pondělí 3.	3	A17	3	CJL	3	Divišová
4	2.A	4	Pondělí 4.	4	A18	4	DEJ	4	Fáberová
5	2.B	5	Pondělí 5.	5	A19	5	MAN	5	Gregorová
6	2.C	6	Pondělí 6.	6	A20	6	MAR	6	Chytrá
7	3.A	7	Úterý 1.	7	A21	7	MAT	7	Jurášková
8	3.B	8	Úterý 2.	8	A29	8	NEJ1	8	Kovářová
9	3.C	9	Úterý 3.	9	A30	9	NEJ2	9	Lukasová
10	4.A	10	Úterý 4.	10	A31	10	OBN	10	Malinová
11	4.B	11	Úterý 5.	11	A32	11	POE	11	Mikulenka
12	4.C	12	Úterý 6.	12	A33	12	PRA	12	Modelová
13	N1.A	13	Středa 1.	13	A43	13	REK	13	Navrátil
14	N2.A	14	Středa 2.	14	A44	14	RET	14	Novotná
		15	Středa 3.	15	A45	15	TEA	15	Orság
		16	Středa 4.	16	A46	16	TEA1	16	Pelíšková
		17	Středa 5.	17	B1	17	TEA2	17	Pospíšil
		18	Středa 6.	18	B2	18	TEV	18	Ptáčková
		19	Čtvrtek 1.	19	B3	19	UCE	19	Rybářová
		20	Čtvrtek 2.	20	B4	20	VYT1	20	Sedláčková
		21	Čtvrtek 3.	21	B5	21	VYT2	21	Sova
		22	Čtvrtek 4.	22	B6	22	ZAE	22	Stejskalová
		23	Čtvrtek 5.	23	B7	23	ZEM	23	Stolař
		24	Čtvrtek 6.	24	TEL			24	Sychravý
		25	Pátek 1.					25	Šenovská
		26	Pátek 2.					26	Táborský
		27	Pátek 3.					27	Tomčík
		28	Pátek 4.					28	Vanišová
		29	Pátek 5.					29	Vařák
		30	Pátek 6.					30	Vimrová
								31	Vrbová
								32	Zámecká
								33	Žokej
Celkový počet binárních proměnných $x(i,j,k,l,m)$:				7 650 720					
Celkový počet binárních proměnných $x(i,j,k)$:				10 080					
Celkový počet binárních proměnných $y(i,j,l)$:				9 660					
Celkový počet binárních proměnných $z(i,j,m)$:				13 860					
Celkový počet binárních proměnných x, y a z :				33 600					

Tab. 4-1 Přehled použitých indexů

4.3 Formulace modelu

Mějme matici $\mathbf{A}$ rozměru $m \times l$ ($m = 1, 2, \dots, 33$; $l = 1, 2, \dots, 23$), která zobrazuje jednotlivé aprobace učitelů. Prvek $a_{ml} = 1$, jestliže učitel m má aprobaci na předmět l , $a_{ml} = 0$ jinak.

Nechť matice $\mathbf{B}^{(1)}$ a $\mathbf{B}^{(2)}$ rozměru $i \times l$ ($i = 1, 2, \dots, 14$; $l = 1, 2, \dots, 23$) zobrazují učební plány tříd. Prvek $b_{il}^{(1)} = 1$, jestliže pro třídu i je v učebním plánu výuka předmětu l , $b_{il}^{(1)} = 0$ jinak. Prvek $b_{il}^{(2)}$ pak udává počet vyučovaných událostí předmětu l pro příslušnou třídu i .

Mějme matici $\mathbf{C}$ rozměru $m \times i$ ($m = 1, 2, \dots, 33$; $i = 1, 2, \dots, 14$) zobrazující třídnictví jednotlivých učitelů. Nechť prvek $c_{mi} = 1$, jestliže je učitel m třídním učitelem třídy i , $c_{mi} = 0$ jinak.

Nechť matice $\mathbf{D}$ rozměru $k \times l$ ($k = 1, 2, \dots, 24$; $l = 1, 2, \dots, 23$) udává, zda se v dané učebně může, či nemůže vyučovat daný předmět tak, že $d_{kl} = 1$, jestliže je učebna k vhodná k výuce předmětu l , $d_{kl} = 0$ jinak.

Označme vektor $\mathbf{e}$ s prvky e_l ($l = 1, 2, \dots, 23$) jako koeficient párování dělených hodin. Koeficienty tohoto vektoru jsou celočíselné hodnoty z množiny prvků Q , kde $Q = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$. Každý předmět má přidělen právě jeden prvek z množiny Q tak, aby se součet párových koeficientů dvou společně vyučovaných dělených hodin rovnal 8. Nedělené hodiny mají tento koeficient logicky roven 8 proto, aby probíhala právě jedna událost.

Mějme dále matici $\mathbf{F}$ rozměru $i \times k$ ($i = 1, 2, \dots, 14$; $k = 1, 2, \dots, 24$), která nám udává, která učebna je pro danou třídu stabilní. Prvek $f_{ik} = 1$, jestliže je učebna k stabilní učebnou třídy i , $f_{ik} = 0$ jinak.

Nechť vektor $\mathbf{g}^{(1)}$ s prvky $g_i^{(1)}$ ($i = 1, 2, \dots, 14$) značí počet vyučovaných hodin ve stabilní učebně třídy i .

Uřčeme písmena P_x, P_y, P_z jako kontrolní sumy všech dílčích událostí.

Formulace matematického modelu *úplné úlohy* je následující:

$$\sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^{30} \sum_{m=1}^{33} z_m^{ij} c_{mi} \rightarrow \max, \quad (4.1)$$

$$\sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^{30} \sum_{k=1}^{24} x_k^{ij} = P_x \leq 570, \quad (4.2)$$

$$\sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^{30} \sum_{l=1}^{23} y_l^{ij} = P_y \leq 570, \quad (4.3)$$

$$\sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^{30} \sum_{m=1}^{33} z_m^{ij} = P_z \leq 570, \quad (4.4)$$

$$1 \leq \sum_{k=1}^{24} x_k^{ij} \leq 2, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 30, \end{array} \quad (4.5)$$

$$1 \leq \sum_{l=1}^{23} y_l^{ij} \leq 2, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 30, \end{array} \quad (4.6)$$

$$1 \leq \sum_{m=1}^{33} z_m^{ij} \leq 2, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 30, \end{array} \quad (4.7)$$

$$\sum_{k=1}^{24} x_k^{ij} = \sum_{l=1}^{23} y_l^{ij}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 30, \end{array} \quad (4.8)$$

$$\sum_{k=1}^{24} x_k^{ij} = \sum_{m=1}^{33} z_m^{ij}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 30, \end{array} \quad (4.9)$$

$$\sum_{l=1}^{23} y_l^{ij} = \sum_{m=1}^{33} z_m^{ij}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 30, \end{array} \quad (4.10)$$

$$\sum_{i=1}^{14} x_k^{ij} \leq 1, \quad \begin{array}{l} j = 1, 2, \dots, 30, \\ k = 1, 2, \dots, 24, \end{array} \quad (4.11)$$

$$\sum_{i=1}^{14} z_m^{ij} \leq 1, \quad \begin{array}{l} j = 1, 2, \dots, 30, \\ m = 1, 2, \dots, 33, \end{array} \quad (4.12)$$

$$\sum_{m=1}^{33} z_m^{ij} a_{ml} \geq y_l^{ij}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 30, \\ l = 1, 2, \dots, 23, \end{array} \quad (4.13)$$

$$\sum_{l=1}^{23} y_l^{ij} a_{ml} \geq z_m^{ij}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 30, \\ m = 1, 2, \dots, 33, \end{array} \quad (4.14)$$

$$\sum_{k=1}^{24} x_k^{ij} d_{kl} \geq y_l^{ij}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 30, \\ l = 1, 2, \dots, 23, \end{array} \quad (4.15)$$

$$\sum_{l=1}^{23} y_l^{ij} d_{kl} \geq x_k^{ij}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 30, \\ k = 1, 2, \dots, 24, \end{array} \quad (4.16)$$

$$\sum_{j=1}^{30} y_l^{ij} b_{il}^{(1)} = b_{il}^{(2)}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ l = 1, 2, \dots, 23, \end{array} \quad (4.17)$$

$$y_l^{ij} \leq b_{il}^{(1)}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 30, \\ l = 1, 2, \dots, 23, \end{array} \quad (4.18)$$

$$\sum_{l=1}^{23} y_l^{ij} e_l = 8, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 30, \end{array} \quad (4.19)$$

$$x_k^{ij} \leq x_k^{i,j-1} + x_k^{i,j+1} \leq 1, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, \\ \quad 14, 15, 16, 17, 20, 21, \\ \quad 22, 23, 26, 27, 28, 29, \\ k = 3, 8, 19, 20, 23, \end{array} \quad (4.20)$$

$$x_k^{ij} \leq x_k^{i,j+1}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 7, 13, 19, 25, \\ k = 3, 8, 19, 20, 23, \end{array} \quad (4.21)$$

$$x_k^{ij} \leq x_k^{i,j-1}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 6, 12, 18, 24, 30, \\ k = 3, 8, 19, 20, 23, \end{array} \quad (4.22)$$

$$y_l^{ij} \leq y_l^{i,j-1} + y_l^{i,j+1} \leq 1, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, \\ \quad 14, 15, 16, 17, 20, 21, \\ \quad 22, 23, 26, 27, 28, 29, \\ l = 1, 2, 8, 9, 18, \end{array} \quad (4.23)$$

$$y_l^{ij} \leq y_l^{i,j+1}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 7, 13, 19, 25, \\ l = 1, 2, 8, 9, 18, \end{array} \quad (4.24)$$

$$y_l^{ij} \leq y_l^{i,j-1}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 6, 12, 18, 24, 30, \\ l = 1, 2, 8, 9, 18, \end{array} \quad (4.25)$$

$$\sum_{j=1}^{30} \sum_{k=1}^{24} x_k^{ij} f_{ik} = g_i^{(1)}, \quad i = 1, 2, \dots, 14, \quad (4.26)$$

$$\sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^{30} z_m^{ij} \leq 26, \quad m = 1, 2, \dots, 33, \quad (4.27)$$

$$\sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^2 x_{24}^{ij} = 0, \quad (4.28)$$

$$\sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^2 y_{18}^{ij} = 0, \quad (4.29)$$

$$\sum_{i=1}^{14} x_k^{ij} = 0, \quad \begin{array}{l} j = 13, 14, \dots, 18, \\ 25, 26, \dots, 30, \\ k = 1, 2, \end{array} \quad (4.30)$$

$$\sum_{i=1}^{14} y_l^{ij} = 0, \quad \begin{array}{l} j = 13, 14, \dots, 18, \\ 25, 26, \dots, 30, \\ l = 16, 17, \end{array} \quad (4.31)$$

$$\sum_{i=1}^{14} x_k^{i,15} = 0, \quad k = 8, 14, 15, \quad (4.32)$$

$$\sum_{i=1}^{14} \sum_{j=13}^{15} z_m^{ij} = 0, \quad m = 5, 10, 25, \quad (4.33)$$

$$\sum_{i=1}^{14} \sum_{j=17}^{18} z_m^{ij} = 0, \quad m = 4, 5, \quad (4.34)$$

kde účelová funkce (4.1) maximalizuje počet událostí, které vyučují třídní učitelé ve svých třídách. Tato účelová funkce je maximalizována za podmínek (4.2) - (4.34).

Omezení (4.2) - (4.4) určují výpočet kontrolních hodnot P_x , P_y a P_z rovněž omezují model shora na maximálně 570 událostí za týden. Nerovnice (4.5) - (4.7) stanovují základní omezení, že každou hodinu musí probíhat minimálně jedna událost, ale maximálně dvě a rovnice (4.8) - (4.10) zabezpečí, že počet těchto událostí bude pro každou třídu a každou hodinu stejný. Jinak by se totiž mohlo stát, že se budou vyučovat například dva předměty ve dvou učebnách, ale přiřazen bude pouze jeden učitel.

Omezení (4.11) zabezpečí, že každá učebna bude každou hodinu využita maximálně jednou, neboť nelze vyučovat dvě třídy v jedné učebně. Analogicky také omezení (4.12) stanoví, že každý učitel může učit každou hodinu maximálně jednou. Kombinace nerovnic (4.13) a (4.14) navíc zabezpečí, že jednotlivé předměty budou vyučovat pouze aprobovaní učitelé, a to pouze ve vhodných učebnách, což zajistí kombinace omezení (4.15) a (4.16). Vyučovat se budou jen předměty podle učebního plánu, což zajistí omezení (4.17) a (4.18).

Rovnice (4.19) určí, že se dělené hodiny budou vyučovat spolu tak, jak mají a nedělené nebudou mít už žádnou další událost. Není totiž přípustné mít v jednu hodinu dělený předmět s celotřídním předmětem.

V jazykových učebnách se vždy učí dvě po sobě následující hodiny, těmito dvěmi hodinami se rozumí hodiny v jednom dni, není tudíž přípustné, aby jedna z nich byla poslední hodinu jedno dne a druhá první hodinu dne následujícího. Tyto skutečnosti zajistí pro učebny omezení (4.20) - (4.22) a pro předměty (4.23) - (4.25).

Rovnice (4.26) zabezpečí, aby se třídy vyučovaly celotřídní předměty ve svých stabilních učebnách. Omezení (4.27) je maximální výše úvazku každého učitele stanovená vedením školy, které také stanovilo, že se v pondělí první dvě hodiny nebude učit TEV. Rovnice (4.28) značí, že se nebude využívat tělocvična a (4.29), že se nebude vyučovat TEV.

Další omezení (4.30) - (4.31) znamenají to, že ve středu a v pátek nelze kvůli kurzům využívat počítačové učebny A1 a A2, rovněž v tu dobu neprobíhá výuka TEA.

V souvislosti s redukcí počtu učitelů a počtu předmětů jsou zde na závěr omezení (4.32) - (4.34), které hlídají, aby učitelé učící předměty stanovené napevno a stejně tak učebny stanovené napevno, nebyly v danou dobu využívány.

4.4 Řešení úplné úlohy

K řešení modelu *úplné úlohy* byl zvolen program Xpress (více o tomto programu je uvedeno v kapitole 6). Kompletní formulaci modelu *úplné úlohy* uvádí příloha č. 2.

Ačkoli byl pomocí přístupu B zredukován počet binárních proměnných o 7 617 120, nebylo možné nalézt celočíselné řešení, a to ani tehdy, pokud model běžel více než dva dny. To je zřejmě způsobeno výpočetní složitostí této úlohy, která je NP-obtížná⁸.

Current optimization statistics. Auto Hide			
Matrix:		Presolved:	
Rows(constraints):	56524	Rows(constraints):	40965
Columns(variables):	33600	Columns(variables):	26349
Nonzero elements:	587512	Nonzero elements:	350272
Global entities:	33600	Global entities:	26349
Sets:	0	Sets:	0
Set members:	0	Set members:	0
Overall status: Finished global search.			
LP relaxation:		Global search:	
Algorithm:	Simplex dual	Current node:	1
Simplex iterations:	41286	Depth:	0
Objective:	90	Active nodes:	-1
Status:	LP Optimal	Best bound:	90
Time:	524.5s	Best solution:	-1e+040
		Gap:	1e+042%
		Status:	Searching for first integer solution...
		Time:	172 677.7s
Time overheads:			
Progress graphs:	1.0s		
Writing output:	0.0s		
Pausing:	0.0s		
Updating status:	1.0s		
Output/Input Stats Matrix Objective MIP search BB tree User graph			

Obr. 4-1 Optimalizační statistiky

Jak uvádí optimalizační statistiky na obr. 4-1 počet binárních proměnných je 33 600 a řešení této úlohy je LP optimální. Nicméně pouhá lineární relaxace běžela více než 8 minut a ani po 172 677,7 sekund program nenalezl celočíselné řešení.

Je tedy bohužel zřejmé, že k řešení takto obsáhlé úlohy není vhodné použít dělicího problému. Formulace modelu ale bezproblémově funguje na úlohy menších rozměrů, což bude demonstrováno v následujících kapitolách 5 a 6.

⁸ Definici NP-obtížných, či NP-těžkých úloh uvádí Pelikán (2001).

5. Výpočetní experimenty v programu Lingo

Program Lingo je produktem firmy Lindo Systems, Inc. se sídlem 1415 North Dayton Street, IL 60622 Chicago^[IV]. Jedná se o profesionální optimalizační systém, který v praxi patří k nejčastěji používaným optimalizačním programům. Plná verze tohoto programu již dnes umožňuje neomezený počet proměnných i omezujících podmínek.

Studenti studijních oborů z katedry ekonometrie bakalářského oboru *Statistika a ekonometrie*, pětiletého oboru *Matematické metody v ekonomii* a v neposlední řadě také studenti navazujícího magisterského studia *Ekonometrie a operační výzkum* pracují během svého studia na Vysoké škole ekonomické v Praze^[VIII] s programem Lingo již od prvních odborných předmětů.

Tento program je mezi studenty velmi oblíbený. Je k dispozici ve všech počítačových učebnách po přihlášení k výukovému projektu *modely*. Rozsah studentské verze je limitován maximálním počtem 100 proměnných a 50 omezujících podmínek. Rovněž množství celočíselných proměnných je limitováno počtem 50, což je sice pro běžnou studentskou práci plně vyhovující, avšak pro optimalizaci takto rozměrného modelu, jako je rozvrh střední školy, je naprosto nedostačující.

5.1 Zjednodušená úloha

Mějme rozvrh uvedený v tab. 5-1. Tento rozvrh byl sestaven tak, aby splňoval primární podmínky modelu, ale není optimální, neboť třídní učitelé neučí ve svých třídách ani jeden předmět. Je to tedy jen jedno z mnoha přípustných řešení, které budeme optimalizovat. Všechny zkratky a popisky odpovídají ekonomickému modelu, který je popsán v kapitole 3. Některé nepatrné skutečnosti byly upraveny tak, aby bylo možno poukázat na specifika modelu.

Zvonění	8:00 - 8:45		8:50 - 9:35		9:55 - 10:40		10:45 - 11:30		11:35 - 12:20		12:25 - 13:10	
Hodina Třída	1		2		3		4		5		6	
Novotná	B7	B1	B7	B1	B1		A1	A2	B1		B1	
1.A	NEJ	ANJ	NEJ	ANJ	ZEM		TEA1	TEA2	CJL		OBN	
	Táborský	Vrbová	Táborský	Vrbová	Žokej		Broušková	Zámecká	Vrbová		Táborský	
Táborský	B2		A1	A2	B7	B2	B7	B2	B2		B2	
1.B	CJL		TEA1	TEA2	NEJ	ANJ	NEJ	ANJ	OBN		ZEM	
	Vímrová		Broušková	Zámecká	Novotná	Divišová	Novotná	Divišová	Vařák		Žokej	
Vrbová	B5		B5		B5		B5		B5	B7	B5	B7
1.C	ZEM		MAT		MAT		CJL		NEJ	ANJ	NEJ	ANJ
	Žokej		Vařák		Vařák		Vímrová		Novotná	Divišová	Novotná	Divišová

Tab. 5-1 Přípustné řešení

V řádcích jsou uvedeny třídy, ve sloupcích pak vyučovací hodiny. V každém takto určeném poli pak mohou probíhat dvě události v případě, že se jedná o dělenou výuku nebo jedna událost, v případě celotřídních předmětů. V prvním poli shora je uvedena učebna, v druhém předmět a ve třetím jméno učitele. Nad názvem každé třídy je uveden jejich třídní učitel (úmyslně se liší od popisu v kapitole 3.1).

Optimalizačním kritériem je sestavit rozvrh tak, aby splnil všechna omezení, a aby třídní učitelé vyučovali ve svých třídách co nejvíce předmětů.

Následující tab. 5-2 zobrazuje jednotlivé indexy proměnné x a jakých hodnot tyto indexy nabývají. Ve spodní části tabulky je uvedeno, kolik binárních proměnných bude model obsahovat.

Index i Třída		Index j Hodina		Index k Učebna		Index l Předmět		Index m Učitel	
Hodnota	Zastupuje	Hodnota	Zastupuje	Hodnota	Zastupuje	Hodnota	Zastupuje	Hodnota	Zastupuje
1	1.A	1	Pondělí 1.	1	A1	1	ANJ	1	Broučková
2	1.B	2	Pondělí 2.	2	A2	2	CJL	2	Divišová
3	1.C	3	Pondělí 3.	3	B1	3	MAT	3	Novotná
		4	Pondělí 4.	4	B2	4	NEJ	4	Táborský
		5	Pondělí 5.	5	B5	5	OBN	5	Vařák
		6	Pondělí 6.	6	B7	6	TEA1	6	Vimrová
						7	TEA2	7	Vrbová
						8	ZEM	8	Zámecká
								9	Žokej
Počet binárních proměnných $x(i,j,k,l,m)$:				7776					
Počet binárních proměnných $w(i,l,m)$:				216					
Celkový počet binárních proměnných				7992					

Tab. 5-2 Přehled použitých indexů

5.2 Formulace modelu

Jak již bylo uvedeno v kapitole 4, budeme se nyní zabývat formulací modelu s použitím přístupu A. Vzhledem k tomu, že model není nikterak obsáhlý, můžeme si tento způsob formulace dovolit, neboť celkový počet binárních proměnných této formulace je 7992, z toho 7776 připadá na hlavní proměnnou x a 216 na proměnnou w .

Stanovme tedy $x_{klm}^{ij} = 1$, jestliže probíhá výuka v i -té třídě, v j -tou hodinu, v k -té učebně, l -tého předmětu, vyučovaná m -tým učitelem ($i = 1, 2, 3$; $j = 1, 2, \dots, 6$; $k = 1, 2, \dots, 6$; $l = 1, 2, \dots, 8$; $m = 1, 2, \dots, 9$) a $x_{klm}^{ij} = 0$ jinak, dále pak $w_{ilm} = 1$, jestliže třídě i byl na předmět l přidělen učitel m ($i = 1, 2, 3$; $l = 1, 2, \dots, 8$; $m = 1, 2, \dots, 9$) a $w_{ilm} = 0$ jinak.

Mějme matici $\mathbf{A}$ rozměru $m \times l$ ($m = 1, 2, \dots, 9; l = 1, 2, \dots, 8$), která zobrazuje jednotlivé aproby učitelů. Prvek $a_{ml} = 1$, jestliže učitel m má aprobaci na předmět l , $a_{ml} = 0$ jinak.

Nechť matice $\mathbf{B}^{(1)}$ a $\mathbf{B}^{(2)}$ rozměru $i \times l$ ($i = 1, 2, 3; l = 1, 2, \dots, 8$) zobrazují učební plány tříd. Prvek $b_{il}^{(1)} = 1$, jestliže pro třídu i je v učebním plánu výuka předmětu l , $b_{il}^{(1)} = 0$ jinak. Prvek $b_{il}^{(2)}$ pak udává počet vyučovaných událostí předmětu l pro příslušnou třídu i .

Mějme matici $\mathbf{C}$ rozměru $i \times m$ ($i = 1, 2, 3; m = 1, 2, \dots, 9$) zobrazující třídnictví jednotlivých učitelů. Nechť prvek $c_{im} = 1$, jestliže je učitel m třídním učitelem třídy i , $c_{im} = 0$ jinak.

Nechť matice $\mathbf{D}$ rozměru $k \times l$ ($k = 1, 2, \dots, 6; l = 1, 2, \dots, 8$) udává, zda se v dané učebně může, či nemůže vyučovat daný předmět tak, že $d_{kl} = 1$, jestliže je učebna k vhodná k výuce předmětu l , $d_{kl} = 0$ jinak.

Označme vektor $\mathbf{e}$ s prvky e_l ($l = 1, 2, \dots, 8$) jako koeficient párování dělených hodin. Koeficienty tohoto vektoru jsou celočíselné hodnoty z množiny prvků Q , kde $Q = \{1, 2, 3, 4, 5\}$. Každý předmět má přidělen takový jednoznačný prvek, aby se součet koeficientů dvou společně vyučovaných dělených hodin rovnal 5. Nedělené hodiny mají tento koeficient logicky roven 5, aby probíhala právě jedna událost.

Mějme dále matici $\mathbf{F}$ rozměru $i \times k$ ($i = 1, 2, 3; k = 1, 2, \dots, 6$), která nám udává, která učebna je pro danou třídu stabilní. Prvek $f_{ik} = 1$, jestliže je učebna k stabilní učebnou třídou i , $f_{ik} = 0$ jinak.

Nechť vektor $\mathbf{g}^{(1)}$ s prvky $g_i^{(1)}$ ($i = 1, 2, 3$) značí počet vyučovaných hodin ve stabilní učebně třídy i a vektor $\mathbf{g}^{(2)}$ s prvky $g_i^{(2)}$ ($i = 1, 2, 3$) pak počet všech událostí probíhajících ve třídě i .

Uřčeme písmeno P jako kontrolní sumu všech událostí.

5.3 Data modelu

V této kapitole jsou obsaženy veškeré matice a vektory, popsané v předešlé kapitole, které jsou potřeba pro výpočet modelu *zjednodušené úlohy*. Každá matice nebo vektor má v levém horním rohu své označení, které respektuje standardní značení matic velkými tučnými písmeny a vektorů malými tučnými písmeny. V druhém sloupci druhého řádku se nachází stručný název matice, či vektoru. Sloupce i řádky jsou vždy očíslovány příslušnými hodnotami indexů. V druhém řádku, či druhém sloupci jsou uvedeny popisky jednotlivých hodnot indexů. Data každé matice nebo vektoru jsou uvedena v rámečku tak, aby byla snadno odlišitelná od případných součtů, či jiných hodnot. Pro lepší přehlednost jsou vždy hodnoty různé od nuly za pomoci podmíněného formátování v programu Excel zvýrazněny v odlišném poli.

A		1	2	3	4	5	6	7	8	
Aprobace		ANJ	CJL	MAT	NEJ	OBN	TEA1	TEA2	ZEM	suma
1	Broučková	0	0	0	0	0	1	1	0	2
2	Divišová	1	0	0	0	0	0	0	0	1
3	Novotná	0	0	0	1	0	0	0	0	1
4	Táborský	0	0	0	1	1	0	0	0	2
5	Vařák	0	0	1	0	1	0	0	0	2
6	Vimrová	0	1	0	0	0	0	0	0	1
7	Vrbová	1	1	0	0	0	0	0	0	2
8	Zámecká	0	0	0	0	0	1	1	0	2
9	Žokej	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Suma		2	2	1	2	2	2	2	1	

Tab. 5-3 Matice A

Matice **A** zobrazuje jednotlivé aprobace učitelů. Jsou zde uvedeny také součty přes učitele a hlavně přes předměty. Součet každého učitele musí být větší roven 1, jinak by nemělo smysl zaměstnávat učitele, který nemá aprobaci na žádný předmět, který se ve škole vyučuje. Stejně tak součty přes předměty musí být větší rovny 1. Pokud by tomu tak nebylo, neměla by škola k výuce tohoto předmětu žádného aprobovaného učitele a nemohla by tento předmět vyučovat. Pokud je součet některého předmětu větší než 1, znamená to, že škola disponuje více než jedním učitelem na daný předmět, což je výhodné hlavně z hlediska suplování.

B⁽¹⁾		1	2	3	4	5	6	7	8	
Učební plán		ANJ	CJL	MAT	NEJ	OBN	TEA1	TEA2	ZEM	suma
1	1.A	1	1	0	1	1	1	1	1	7
2	1.B	1	1	0	1	1	1	1	1	7
3	1.C	1	1	1	1	0	0	0	1	5

B⁽²⁾		1	2	3	4	5	6	7	8	
Učební plán		ANJ	CJL	MAT	NEJ	OBN	TEA1	TEA2	ZEM	suma
1	1.A	2	1	0	2	1	1	1	1	9
2	1.B	2	1	0	2	1	1	1	1	9
3	1.C	2	1	2	2	0	0	0	1	8
										26

Tab. 5-4 Matice B⁽¹⁾ a B⁽²⁾

Matice **B⁽¹⁾** zobrazuje učební plán každé třídy. Sumy na konci každého řádku uvádí počet vyučovaných předmětů a sumy v matici **B⁽²⁾** počet událostí. Celkem je tedy počet všech událostí probíhajících v této úloze 26.

C		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Třídnictví		Brouč.	Diviš.	Novot.	Tábor.	Vařák	Vimr.	Vrb.	Zám.	Žokej	suma
1	1.A	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
2	1.B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
3	1.C	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Suma		0	0	1	1	0	0	1	0	0	3

Tab. 5-5 Matice C

Matice **C** udává, kdo je třídním učitelem. Sumy za každou třídu se musí rovnat právě 1. Není možné, aby třída neměla přiděleného třídního učitele a stejně tak není možné, aby jich některá třída měla víc než 1. Jeden učitel může být třídním maximálně jedné třídy, ale není povinnost, aby každý učitel byl třídním nějaké třídy.

D		1	2	3	4	5	6	7	8	
Vhodné učebny		ANJ	CJL	MAT	NEJ	OBN	TEA1	TEA2	ZEM	suma
1	A1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2	A2	0	0	0	0	0	0	1	0	1
3	B1	1	1	1	1	1	0	0	1	6
4	B2	1	1	1	1	1	0	0	1	6
5	B5	1	1	1	1	1	0	0	1	6
6	B7	1	0	0	1	0	0	0	0	2
Suma		4	3	3	4	3	1	1	3	

Tab. 5-6 Matice D

Matice **D** určuje rozmístění předmětů. Suma za každou místnost musí být větší rovna 1, jinak by byla místnost v modelu zbytečná. Stejně tak suma za jednotlivé předměty musí být větší rovna 1, neboť je potřeba mít alespoň jednu místnost, ve které lze příslušný předmět vyučovat.

e		1	2	3	4	5	6	7	8
Společné předměty		ANJ	CJL	MAT	NEJ	OBN	TEA1	TEA2	ZEM
		1	5	5	4	5	2	3	5

Tab. 5-7 Vektor e

Vektor **e** určuje, které předměty se budou vyučovat společně. Tento vektor se zajistí, že se budou vyučovat jazyky, tj. ANJ a NEJ, společně, neboť $1+4=5$. Stejně tak zabezpečí, že výuka TEA1 (jednička značí první skupinu) a TEA2 (dvojka značí druhou skupinu) bude probíhat v jednu hodinu společně, zde analogicky $2+3=5$. Ostatní předměty mají hodnotu rovnu 5, což odpovídá popisu předmětů v kapitole 3.4.

F		1	2	3	4	5	6	
Stabilní učebny		A1	A2	B1	B2	B5	B7	suma
1 1.A		0	0	1	0	0	0	1
2 1.B		0	0	0	1	0	0	1
3 1.C		0	0	0	0	1	0	1
Suma		0	0	1	1	1	0	3

Tab. 5-8 Matice F

Matice **F** zobrazuje stabilní učebny. Sumy po řádcích se musí rovnat právě 1. Každá třída musí mít přidělenou právě jednu stabilní učebnu. Sumy ve sloupcích musí být menší rovny 1. Není totiž možné, aby některou učebnu mělo více tříd jako stabilní. Některé učebny nejsou jako stabilní pro žádnou třídu. Celkový součet hodnot v matici pro tři třídy je tedy roven 3.

$g^{(1)}$		1	2	3	
Počet stabilních		1.A	1.B	1.C	
		5	5	6	

$g^{(2)}$		1	2	3	
Počet událostí		1.A	1.B	1.C	suma
		9	9	8	26

Tab. 5-9 Vektory $g^{(1)}$ a $g^{(2)}$

Vektor $g^{(1)}$ zobrazuje kolik hodin se vyučuje ve stabilní učebně.

Vektor $g^{(2)}$ naproti tomu značí, kolik událostí se vyučuje celkem za každou třídu. Vzhledem k tomu, že tento vektor je roven řádkovým sumám z matice $B^{(2)}$ musí se také celková suma všech probíhajících událostí rovnat 26.

5.4 Matematický model

Formulace matematického modelu *zjednodušené úlohy* je následující:

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^6 \sum_{l=1}^8 \sum_{m=1}^9 x_{klm}^{ij} c_{im} \rightarrow \max, \quad (5.1)$$

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^6 \sum_{l=1}^8 \sum_{m=1}^9 x_{klm}^{ij} = P, \quad (5.2)$$

$$\sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^6 \sum_{l=1}^8 \sum_{m=1}^9 x_{klm}^{ij} a_{ml} = g_i^{(2)}, \quad (5.3)$$

$$x_{klm}^{ij} \leq a_{ml}, \quad \begin{aligned} i &= 1, 2, 3, \\ j &= 1, 2, \dots, 6, \\ k &= 1, 2, \dots, 6, \\ l &= 1, 2, \dots, 8, \\ m &= 1, 2, \dots, 9, \end{aligned} \quad (5.4)$$

$$\sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^6 \sum_{l=1}^8 \sum_{m=1}^9 x_{klm}^{ij} d_{kl} = g_i^{(2)}, \quad i = 1, 2, 3, \quad (5.5)$$

$$x_{klm}^{ij} \leq d_{kl}, \quad \begin{aligned} i &= 1, 2, 3, \\ j &= 1, 2, \dots, 6, \\ k &= 1, 2, \dots, 6, \\ l &= 1, 2, \dots, 8, \\ m &= 1, 2, \dots, 9, \end{aligned} \quad (5.6)$$

$$1 \leq \sum_{k=1}^6 \sum_{l=1}^8 \sum_{m=1}^9 x_{klm}^{ij} \leq 2, \quad \begin{aligned} i &= 1, 2, 3, \\ j &= 1, 2, \dots, 6, \end{aligned} \quad (5.7)$$

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{l=1}^8 \sum_{m=1}^9 x_{klm}^{ij} \leq 1, \quad \begin{aligned} j &= 1, 2, \dots, 6, \\ k &= 1, 2, \dots, 6, \end{aligned} \quad (5.8)$$

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{k=1}^6 \sum_{l=1}^8 x_{klm}^{ij} \leq 1, \quad \begin{aligned} j &= 1, 2, \dots, 6, \\ m &= 1, 2, \dots, 9, \end{aligned} \quad (5.9)$$

$$\sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^6 \sum_{m=1}^9 x_{klm}^{ij} b_{il}^{(1)} = b_{il}^{(2)}, \quad \begin{aligned} i &= 1, 2, 3, \\ l &= 1, 2, \dots, 8, \end{aligned} \quad (5.10)$$

$$x_{klm}^{ij} \leq b_{il}^{(1)}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, 3, \\ j = 1, 2, \dots, 6, \\ k = 1, 2, \dots, 6, \\ l = 1, 2, \dots, 8, \\ m = 1, 2, \dots, 9, \end{array} \quad (5.11)$$

$$\sum_{k=1}^6 \sum_{l=1}^8 \sum_{m=1}^9 x_{klm}^{ij} e_l = 5, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, 3, \\ j = 1, 2, \dots, 6, \end{array} \quad (5.12)$$

$$\sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^6 \sum_{l=1}^8 \sum_{m=1}^9 x_{klm}^{ij} f_{ik} = g_i^{(1)}, \quad i = 1, 2, 3, \quad (5.13)$$

$$\sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^6 x_{klm}^{ij} \leq w_{ilm} b_{il}^{(2)}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, 3, \\ l = 1, 2, \dots, 8, \\ m = 1, 2, \dots, 9, \end{array} \quad (5.14)$$

$$\sum_{m=1}^9 w_{ilm} = 1, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, 3, \\ l = 1, 2, \dots, 8, \end{array} \quad (5.15)$$

$$x_{klm}^{ij} \leq x_{klm}^{i,j-1} + x_{klm}^{i,j+1} \leq 1, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, 3, \\ j = 2, 3, 4, 5, \\ k = 1, 2, \dots, 6, \\ l = 1, 3, 4, \\ m = 1, 2, \dots, 9, \end{array} \quad (5.16)$$

$$x_{klm}^{ij} \leq x_{klm}^{i,j+1}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, 3, \\ j = 1, \\ k = 1, 2, \dots, 6, \\ l = 1, 3, 4, \\ m = 1, 2, \dots, 9, \end{array} \quad (5.17)$$

$$x_{klm}^{ij} \leq x_{klm}^{i,j-1}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, 3, \\ j = 6, \\ k = 1, 2, \dots, 6, \\ l = 1, 3, 4, \\ m = 1, 2, \dots, 9, \end{array} \quad (5.18)$$

kde účelová funkce (5.1) maximalizuje počet událostí, které vyučují třídní učitelé ve svých třídách. Tato účelová funkce je maximalizována za podmínek (5.3) – (5.18). Rovnice (5.2) určuje výpočet písmene P , které zobrazuje pro kontrolu celkový počet vyučovaných událostí.

Omezení (5.3) značí, že každá třída má právě tolik událostí, jak určuje příslušný vektor $\mathbf{g}^{(2)}$, v nějaké učebně a učí je aprobovaný učitel podle matice $\mathbf{A}$. Omezení (5.4) slouží k tomu, že pokud daný učitel na příslušný předmět aprobaci nemá, neprobíhá pro tento předmět a učitele žádná událost. Bez tohoto omezení by se totiž mohlo stát, že probíhají události nějakého předmětu, který vyučuje neaprobovaný učitel, neboť předešlé omezení samostatně by tuto možnost připouštělo.

Rovnice (5.5) nám udává, že každá třída má právě tolik událostí, kolik určuje daný vektor $\mathbf{g}^{(2)}$. Avšak to jen v takové učebně, kde lze příslušný předmět vyučovat, což zajistí matice $\mathbf{D}$. Nerovnice (5.6) pak opět zajistí, že pokud se v dané učebně předmět nevyučuje, nesmí taky probíhat žádná událost pro tuto učebnu a předmět.

Následuje omezení (5.7), které říká, že pro každou třídu probíhá každou hodinu minimálně jedna událost, ale maximálně dvě. Důležitými podmínkami modelu je jednak (5.8), která nám říká, že každou hodinu může být v každé učebně maximálně jedna událost a rovněž (5.9), že každý učitel může učit každou hodinu maximálně jeden předmět v jedné učebně. Podmínky týkající se učebního plánu je jednak (5.10), která udává, že každá třída má každý předmět v takovém počtu, jak určuje učební plán a (5.11), která zabezpečí, že pokud se daný předmět ve třídě nevyučuje, tak pro tuto třídu a předmět neprobíhá žádná událost.

Velmi důležitým omezením, které definitivně vyřeší problém dělených hodin je (5.12). Toto omezení za pomoci vektoru $\mathbf{e}$ zajistí, že se dělené hodiny vyučují spolu tak jak mají a nedělené sami bez další události.

Rovnice (5.13) způsobí to, že každá třída má ve stabilní učebně právě tolik předmětů, jak určuje vektor $\mathbf{g}^{(1)}$. Matice $\mathbf{F}$ zabezpečí, že se sčítají pouze předměty vyučované ve stabilní učebně. Tím dosáhneme, že třídy plně využívají svých stabilních učeben.

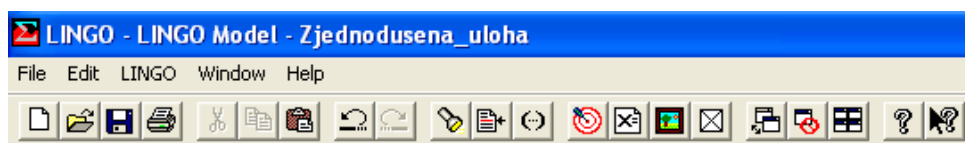
Nerovnice (5.14) značí, že součet všech událostí přes všechny hodiny a učebny pro každou třídu, předmět a učitele je menší roven počtu předmětů každé třídy vynásobené učitelem, který byl na tento předmět pro danou třídu přidělen. V kombinaci s rovnicí (5.15) pak zabezpečí, aby v jedné třídě neučilo jeden předmět více učitelů.

Výuka ANJ, NEJ a MAT probíhá vždy dvě po sobě bezprostředně následující hodiny, což zabezpečí pro prostřední hodiny podmínka (5.16), pro spodní krajní hodnotu omezení (5.17) a pro horní krajní hodnotu omezení (5.18).

5.5 Interpretace výsledků z programu Lingo

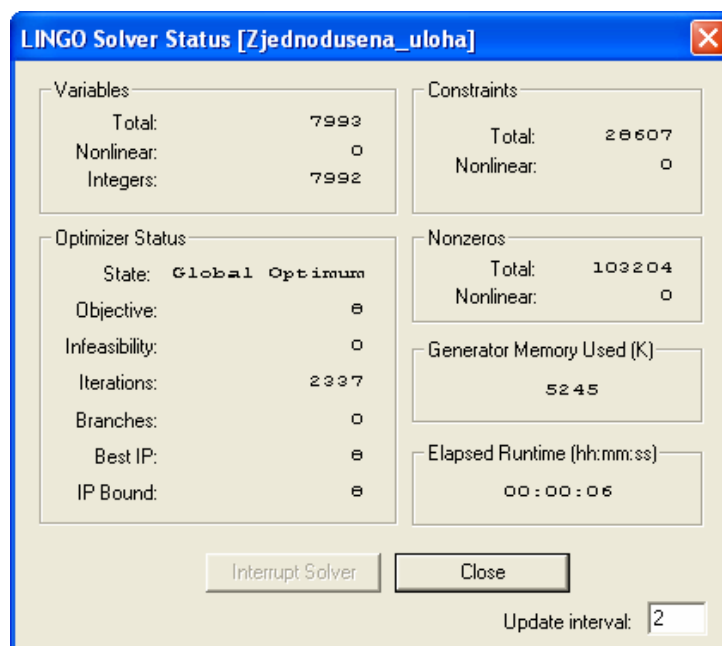
Vzhledem k tomu, že kompletní výstup výsledkové zprávy již pro tuto *zjednodušenou úlohu* obsahuje 36 819 řádků a při velikosti písma 8 a dvou sloupcích na každé stránce by zaplnil více než 242 stran příloh, není tento výstup v přílohách uveden. Pro ukázkou slouží alespoň část výsledkové zprávy na obr. 5-3 uvedené na následující straně.

Po úspěšném naformulování matematického modelu a jeho důsledného přepisu, tak abychom splnili syntax programu Lingo, nám již nic nebrání spustit výpočet. To se provádí přes nabídku LINGO na hlavním panelu a spuštěním první možnosti „Solve“, pomocí 13. tlačítka zleva s terčem nebo pomocí klávesové zkratky Ctrl+S.



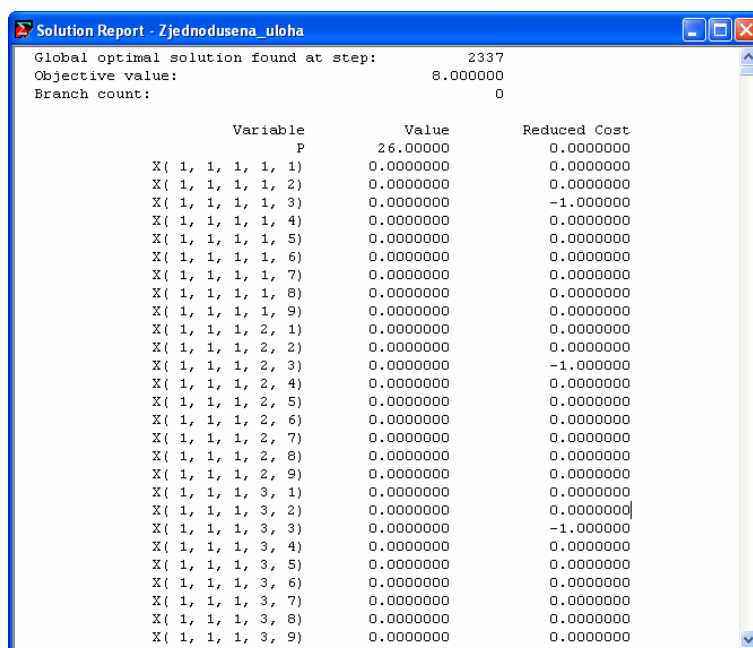
Obr. 5-1 Hlavní panel

O průběhu výpočtů a také o jiných skutečnostech informuje „LINGO Solver Status“ uvedený na obr. 5-2. Udává počet proměnných, což je v našem případě 7992, to také odpovídá počtu uvedenému v tab. 5-2. Po přičtení písmene *P* (kontrolní hodnoty) je celkový počet 7993. Program našel globální optimum po 2337 iteracích. Při řešení této úlohy bylo také potřeba rozšířit paměť pro generování, neboť defaultní limit 8 MB byl nedostatečný. Globálního optimum bylo nalezeno během 6 sec.



Obr. 5-2 Výsledný status řešení

Když výpočet skončí zobrazí se následující výsledková zpráva uvedená na obr. 5-3.



Variable	Value	Reduced Cost
P	26.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 1, 2)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 1, 3)	0.000000	-1.000000
X(1, 1, 1, 1, 4)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 1, 5)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 1, 6)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 1, 7)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 1, 8)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 1, 9)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 2, 2)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 2, 3)	0.000000	-1.000000
X(1, 1, 1, 2, 4)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 2, 5)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 2, 6)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 2, 7)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 2, 8)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 2, 9)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 3, 1)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 3, 2)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 3, 3)	0.000000	-1.000000
X(1, 1, 1, 3, 4)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 3, 5)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 3, 6)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 3, 7)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 3, 8)	0.000000	0.000000
X(1, 1, 1, 3, 9)	0.000000	0.000000

Obr. 5-3 Výsledková zpráva programu Lingo

Již z této části výstupu lze interpretovat některé důležité skutečnosti: globální optimum při řešení této úlohy bylo nalezeno po 2337 krocích, hodnota účelové funkce je 8, což znamená, že celkem 8 událostí z 26 všech událostí (udává písmeno *P*) vyučují třídní učitelé ve svých třídách.

Ve výstupu dále následuje kompletní výpis všech existujících proměnných *x*. Tyto proměnné jsou pro interpretaci výsledků klíčové. Při malých úlohách není bezesporu žádný problém prošetřit všechny výsledné hodnoty. V případě naší úlohy, kdy již máme 7776 proměnných *x* a pouze 26 z nich je rovno 1 se objevuje technický problém, jak v co možná nejrychlejším čase a co možná nejefektivněji získat ty proměnné *x*, které nabývají hodnoty 1.

Pro tuto úlohu byla zvolena metoda exportu dat z programu Lingo a následného importu do programu MS Excel, kde za pomoci některých standardních funkcí bylo možné rychle a efektivně získat dané hodnoty. Zmiňované vzorce funkcí platí pro uvedená políčka. Pro ostatní políčka je třeba tyto vzorce analogicky posunout, či upravit.

Nejprve je tedy potřeba z výstupu programu Lingo okopírovat všechny řádky týkající se hlavní proměnné *x*. Ostatní údaje z výstupu již nejsou v tento okamžik relevantní.

Takto okopírovaná data se poté vloží do buněk A2:A7777. Pole G2 obsahuje funkci se vzorcem „ČÁST(A2;15;17)“, tím získáme pouze potřebné údaje z textového řetězce buňky A, které zobrazují proměnnou x se všemi indexy. Pole H2 zobrazí za pomoci funkce „ČÁST(A2;40;1)“ pouze hodnotu proměnné x . Pro $x_{klm}^{ij} = 1$ zobrazí jedničku, pro $x_{klm}^{ij} = 0$ zobrazí desetinnou tečku. Závisí na verzi programu Lingo, novější verze, např. verze 9.0, již zobrazují ve výsledkové zprávě hodnotu 1 na stejné pozici, jako hodnotu 0. Sloupce I, J, K, L, M zobrazují ze sloupce G hodnoty indexů i, j, k, l, m .

Pro index i pomocí funkce „ČÁST(\$G2;4;1)“, pro j „ČÁST(\$G2;7;1)“, pro k „ČÁST(\$G2;10;1)“, pro l „ČÁST(\$G2;13;1)“ a pro m „ČÁST(\$G2;16;1)“. Tyto hodnoty jsou relevantní pouze pro 26 hodnot, zbývá už jen seřadit data podle sloupce H.

Výsledkem celé této procedury je rychlé a efektivní získání těch proměnných x , které jsou rovny 1. Následující obr. 5-4 zobrazuje výsledný stav při získávání nenulových hodnot proměnných x pro naši zjednodušenou úlohu. V oblasti I2:M27 jsou veškerá důležitá data, která už jen zbývá patřičně interpretovat. K interpretaci těchto hodnot slouží popis na následující stránce.

Microsoft Excel - Zjednodušená uloha.xls

SouborÚpravyZobrazitVložitFormátNástrojeDataOknoNápověda

Arial10B I U

H2=ČÁST(A2;40;1)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
								Proměnná	i	j	k	l	m
1								1	1	1	3	8	9
2	X(1, 1, 3, 8, 9)	1.000000	0.000000				X(1, 1, 3, 8, 9)	1	1	2	1	6	8
3	X(1, 2, 1, 6, 8)	1.000000	0.000000				X(1, 2, 1, 6, 8)	1	1	2	2	7	1
4	X(1, 2, 2, 7, 1)	1.000000	0.000000				X(1, 2, 2, 7, 1)	1	1	3	3	2	6
5	X(1, 3, 3, 2, 6)	1.000000	0.000000				X(1, 3, 3, 2, 6)	1	1	4	3	5	4
6	X(1, 4, 3, 5, 4)	1.000000	0.000000				X(1, 4, 3, 5, 4)	1	1	5	3	4	3
7	X(1, 5, 3, 4, 3)	1.000000	-1.000000				X(1, 5, 3, 4, 3)	1	1	5	6	1	2
8	X(1, 5, 6, 1, 2)	1.000000	0.000000				X(1, 5, 6, 1, 2)	1	1	6	3	4	3
9	X(1, 6, 3, 4, 3)	1.000000	-1.000000				X(1, 6, 3, 4, 3)	1	1	6	6	1	2
10	X(1, 6, 6, 1, 2)	1.000000	0.000000				X(1, 6, 6, 1, 2)	1	2	1	4	4	4
11	X(2, 1, 4, 4, 4)	1.000000	-1.000000				X(2, 1, 4, 4, 4)	1	2	1	6	1	2
12	X(2, 1, 6, 1, 2)	1.000000	0.000000				X(2, 1, 6, 1, 2)	1	2	2	4	4	4
13	X(2, 2, 4, 4, 4)	1.000000	-1.000000				X(2, 2, 4, 4, 4)	1	2	2	6	1	2
14	X(2, 2, 6, 1, 2)	1.000000	0.000000				X(2, 2, 6, 1, 2)	1	2	3	4	5	4
15	X(2, 3, 4, 5, 4)	1.000000	-1.000000				X(2, 3, 4, 5, 4)	1	2	4	4	8	9
16	X(2, 4, 4, 8, 9)	1.000000	0.000000				X(2, 4, 4, 8, 9)	1	2	5	4	2	7
17	X(2, 5, 4, 2, 7)	1.000000	0.000000				X(2, 5, 4, 2, 7)	1	2	6	1	6	1
18	X(2, 6, 1, 6, 1)	1.000000	0.000000				X(2, 6, 1, 6, 1)	1	2	6	2	7	8
19	X(2, 6, 2, 7, 8)	1.000000	0.000000				X(2, 6, 2, 7, 8)	1	3	1	5	3	5
20	X(3, 1, 5, 3, 5)	1.000000	0.000000				X(3, 1, 5, 3, 5)	1	3	2	5	3	5
21	X(3, 2, 5, 3, 5)	1.000000	0.000000				X(3, 2, 5, 3, 5)	1	3	3	5	4	3
22	X(3, 3, 5, 4, 3)	1.000000	0.000000				X(3, 3, 5, 4, 3)	1	3	3	6	1	7
23	X(3, 3, 6, 1, 7)	1.000000	-1.000000				X(3, 3, 6, 1, 7)	1	3	4	5	4	3
24	X(3, 4, 5, 4, 3)	1.000000	0.000000				X(3, 4, 5, 4, 3)	1	3	4	6	1	7
25	X(3, 4, 6, 1, 7)	1.000000	-1.000000				X(3, 4, 6, 1, 7)	1	3	5	5	8	9
26	X(3, 5, 5, 8, 9)	1.000000	0.000000				X(3, 5, 5, 8, 9)	1	3	6	5	2	7
27	X(3, 6, 5, 2, 7)	1.000000	-1.000000				X(3, 6, 5, 2, 7)	1	3	6	5	2	7
28	X(1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	0.000000				X(1, 1, 1, 1, 1)	.	.	.	.	.	.
29	X(1, 1, 1, 1, 2)	0.000000	0.000000				X(1, 1, 1, 1, 2)	.	.	.	.	.	.
30	X(1, 1, 1, 1, 3)	0.000000	-1.000000				X(1, 1, 1, 1, 3)	.	.	.	.	.	.
31	X(1, 1, 1, 1, 4)	0.000000	0.000000				X(1, 1, 1, 1, 4)	.	.	.	.	.	.
32	X(1, 1, 1, 1, 5)	0.000000	0.000000				X(1, 1, 1, 1, 5)	.	.	.	.	.	.

Obr. 5-4 Získávání nenulových proměnných

Microsoft Excel - Zjednodusena_uloha.xls

SouborÚpravyZobrazitVložitFormátNástrojeDataOknoNápověda

Arial10B I U

B4=SVYHLEDAT(B16;'Původní rozvrh a indexy'!\$F\$18:\$G\$23;2)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Interpretace hodnot do rozvrhu hodin												
2	Zvonění	8:00 - 8:45		8:50 - 9:35		9:55 - 10:40		10:45 - 11:30		11:35-12:20		12:25-13:10	
3	Hodina	1		2		3		4		5		6	
4	Třída	B1		B7		B1		B7		B1		B7	
5	Novotná	NEJ	ANJ	NEJ	ANJ	ZEM	#N/A	CJL	#N/A	OBN	#N/A	TEA1	TEA2
6	1.A	Novotná	Divišová	Novotná	Divišová	Zámecká	#N/A	Vimrová	#N/A	Vařák	#N/A	Zámecká	Broučková
7	Táborský	B2	#N/A	A1	A2	B2	#N/A	B2	#N/A	B2	B7	B2	B7
8	1.B	OBN	#N/A	TEA1	TEA2	CJL	#N/A	ZEM	#N/A	NEJ	ANJ	NEJ	ANJ
9	Táborský	#N/A	Broučková	Zámecká	Vimrová	#N/A	Zámecká	#N/A	Táborský	Divišová	Táborský	Divišová	Divišová
10	Vrbová	B5	#N/A	B5	#N/A	B5	B7	B5	B7	B5	#N/A	B5	#N/A
11	1.C	MAT	#N/A	MAT	#N/A	ANJ	NEJ	ANJ	NEJ	ZEM	#N/A	CJL	#N/A
12	Vařák	#N/A	Vařák	#N/A	Vrbová	Novotná	Vrbová	Novotná	Zámecká	#N/A	Vrbová	#N/A	#N/A
13													
14	i	1	1	1	1	1		1		1		1	1
15	j	1	1	2	2	3		4		5		6	6
16	k	3	6	3	6	3		3		3		1	2
17	l	4	1	4	1	8		2		5		6	7
18	m	3	2	3	2	9		6		5		8	1
19													
20	i	2		2	2	2		2		2	2	2	2
21	j	1		2	2	3		4		5	5	6	6
22	k	4		1	2	4		4		4	6	4	6
23	l	5		6	7	2		8		4	1	4	1
24	m	4		1	8	6		9		4	2	4	2
25													
26	i	3		3		3	3	3	3	3		3	
27	j	1		2		3	3	4	4	5		6	
28	k	5		5		5	6	5	6	5		5	
29	l	3		3		1	4	1	4	8		2	
30	m	5		5		7	3	7	3	9		7	

Obr. 5-5 Interpretace hodnot

Data z buněk I2:M27 předešlého listu je třeba vložit jinak, jako hodnoty a transponovat, do listu zobrazeného na obr. 5-5. Všechny tyto hodnoty je potřeba ještě náležitě uspořádat tak, aby podle indexů *i* a *j* byly zobrazeny ve správné oblasti pod interpretační tabulkou.

Každá buňka této interpretační tabulky rozvrhu hodin pak obsahuje vzorec, který za pomoci funkce „=SVYHLEDAT(B16;'Původní rozvrh a indexy'!\$F\$18:\$G\$23;2)“ (příklad pro zobrazené pole B4) interpretuje hodnotu příslušného čísla pod tabulkou.

Na výše uvedeném obrázku jsou také zobrazeny závislosti vzorců. Funkce se odkazuje na tabulku indexů tab. 5-2, kde nalezne příslušnou hodnotu indexu a do políčka s funkcí vrátí hodnotu tohoto indexu. Pokud není číslo pro interpretaci k dispozici, což se stává jen u celotřídních předmětů, je v příslušném políčku zobrazena hodnota #N/A.

Takovýmto způsobem lze rychle a efektivně interpretovat hodnoty výstupu z programu Lingo a již dále není potřeba sledovat všechny hodnoty zdlouhavým manuálním hledáním v původním výstupu z programu Lingo.

5.6 Výsledný rozvrh

Výsledný rozvrh splňuje všechna omezení a je z hlediska účelové funkce optimální.

Zvonění	8:00 - 8:45		8:50 - 9:35		9:55 - 10:40		10:45 - 11:30		11:35-12:20		12:25-13:10	
Hodina Třída	1		2		3		4		5		6	
Novotná	B1		A1	A2	B1		B1		B1	B7	B1	B7
1.A	ZEM		TEA1	TEA2	CJL		OBN		NEJ	ANJ	NEJ	ANJ
	Žokej		Zámecká	Broučková	Vimrová		Táborský		Novotná	Divišová	Novotná	Divišová
Táborský	B2	B7	B2	B7	B2		B2		B2		A1	A2
1.B	NEJ	ANJ	NEJ	ANJ	OBN		ZEM		CJL		TEA1	TEA2
	Táborský	Divišová	Táborský	Divišová	Táborský		Žokej		Vrbová		Broučková	Zámecká
Vrbová	B5		B5		B5	B7	B5	B7	B5		B5	
1.C	MAT		MAT		NEJ	ANJ	NEJ	ANJ	ZEM		CJL	
	Vařák		Vařák		Novotná	Vrbová	Novotná	Vrbová	Žokej		Vrbová	

Tab. 5-10 Výsledný rozvrh

Oproti původnímu přípustnému řešení (tab. 5-1) vyučují třídní učitelé ve svých třídách maximum možných předmětů, na které mají aprobaci. Každá třída má jen takové předměty, které podle učebního plánu má mít. Každý předmět se vyučuje v takové učebně, která je k tomu vhodná a třídy maximálně využívají svou stabilní učebnu. Bylo by velmi nelogické, pokud by se třídy musely na každý předmět stěhovat.

Všechny předměty vyučují aprobovaní učitelé a nikdy se nestává, že by jeden učitel měl učit v jednu hodinu předměty ve dvou nebo více třídách. Dělené hodiny se vyučují spolu tak, jak mají a celotřídní předměty se vyučují samostatně. Výuka matematiky a jazyků probíhá vždy dvě po sobě bezprostředně navazující hodiny.

Rovněž podmínka, že pokud už nějaký předmět ve třídě vyučuje jeden učitel a tento předmět se vyučuje vícekrát, nestává se, že by pro jednu třídu učilo tentýž předmět více učitelů. Nikdy také nedojde k situaci, že by do jedné učebny přišly dvě třídy.

Na této *zjednodušené úloze* bylo tedy možno demonstrovat, jak pracuje optimalizační model formulovaný pomocí přístupu A. Bohužel tato formulace je pro větší modely kvůli velkému počtu binárních proměnných nepoužitelná. Nicméně takto naformulovaná *zjednodušená úloha* byla úspěšně vyřešena a tyto výsledky také uzavírají celou kapitolu věnovanou výpočetním experimentům v programu Lingo.

6. Výpočetní experimenty v programu Xpress

Program Xpress^{MP} je produktem mezinárodní prestižní firmy Dash Optimization, Ltd. se sídly ve Velké Británii, Blisworth House, Church Lane, Northants NN7 3BX, dále pak v USA, Německu a Japonsku^[V]. Tato firma působí v oblasti matematického modelování a mezi její partnery se řadí rovněž Katedra ekonometrie fakulty Informatiky a statistiky na Vysoké školy ekonomické v Praze.

Samotný program Xpress využívá několik výpočetních modulů, jako jsou například Xpress-Optimizer, Xpress-Mosel, Xpress-BCL, Xpress-IVE, Xpress-SLP, Xpress-SP, Xpress-Kalis, Xpress-App Developer. Každý z těchto modulů slouží k modelování různých matematických disciplín, jako jsou lineární a nelineární programování, celočíselné, či smíšené celočíselné programování, stochastické programování apod.

6.1 Úloha jednoho dne

Řekněme, že původní *úplnou úlohu* zredukujeme na *úlohu jednoho dne*, abychom mohli poukázat na specifika modelu. Tato redukce je zobrazena v následující tab. 6-1.

Index <i>i</i> Třída		Index <i>j</i> Hodina		Index <i>k</i> Učebna		Index <i>l</i> Předmět		Index <i>m</i> Učitel	
Hodnota	Zastupuje	Hodnota	Zastupuje	Hodnota	Zastupuje	Hodnota	Zastupuje	Hodnota	Zastupuje
1	1.A	1	Pondělí 1.	1	A1	1	ANJ2	1	Broučková
2	1.B	2	Pondělí 2.	2	A2	2	CJL	2	Fáberová
3	1.C	3	Pondělí 3.	3	A17	3	DEJ	3	Gregorová
4	2.A	4	Pondělí 4.	4	A18	4	MAR	4	Chytrá
5	2.B	5	Pondělí 5.	5	A19	5	MAT	5	Lukasová
6	2.C	6	Pondělí 6.	6	A20	6	NEJ1	6	Malinová
7	3.A			7	A21	7	POE	7	Mikulenka
8	3.B			8	A29	8	TEA1	8	Modelová
9	3.C			9	A30	9	TEA2	9	Orság
10	4.A			10	A31	10	TEV	10	Pospíšil
11	4.B			11	A32	11	UCE	11	Rybářová
12	4.C			12	A33	12	VYT1	12	Sychravý
13	N1.A			13	A43	13	VYT2	13	Šenovská
14	N2.A			14	A44	14	ZEM	14	Táborský
				15	A45			15	Vimrová
				16	A46			16	Vrbová
				17	B1			17	Zámecká
				18	B2			18	Žokej
				19	B5				
				20	B6				
				21	TEL				
Celkový počet binárních proměnných $x(i,j,k,l,m)$:					444528				
Celkový počet binárních proměnných $x(i,j,k)$:					1764				
Celkový počet binárních proměnných $y(i,j,l)$:					1176				
Celkový počet binárních proměnných $z(i,j,m)$:					1512				
Celkový počet binárních proměnných x, y a z :					4452				

Tab. 6-1 Přehled použitých indexů

Oproti původní *úplné úloze* tedy došlo k redukci počtu hodin ze 30 na 6, počtu učeben z 24 na 21, počtu předmětů z 23 na 14 a počtu učitelů z 33 na 18. Počet tříd zůstal nezměněn. Celkový počet binárních proměnných je namísto původních 33 600 v *úplné úloze* pouze 4 452 (to je dokonce méně, než při formulaci modelu *zjednodušené úlohy* pomocí přístupu A). Vycházejme tedy z předpokladu, že pro takto zredukovanou *úlohu jednoho dne* existuje přípustné řešení, kde jedno z takových přípustných řešení zobrazuje tab. 6-2. Toto přípustné řešení není ale optimální, a proto ho budeme za pomoci účelové funkce a za podmínek matematického modelu optimalizovat. Model respektuje všechny předpoklady uvedené v kapitole 3 včetně uvedených třídních učitelů. Počet vyučovaných předmětů musel být přirozeně z původních učebních plánů redukován na *úlohu jednoho dne*.

Zvonění	8:00 - 8:45		8:50 - 9:35		9:55 - 10:40		10:45 - 11:30		11:35-12:20		12:25-13:10	
Hodina	1		2		3		4		5		6	
Třída												
Šenovská	A1	A2	A1	A2	B1		B1		B1		B1	
1.A	TEA1	TEA2	TEA1	TEA2	CJL		MAT		POE		DEJ	
	Broučková	Chytrá	Broučková	Chytrá	Malinová		Rybářová		Modelová		Lukasová	
Malinová	B2		B2		A1	A2	A1	A2	B2		B2	
1.B	MAT		CJL		TEA1	TEA2	TEA1	TEA2	DEJ		POE	
	Rybářová		Malinová		Broučková	Chytrá	Broučková	Chytrá	Lukasová		Modelová	
Modelová	B5		B5		B5		B5		A1	A2	A1	A2
1.C	CJL		POE		MAT		DEJ		TEA1	TEA2	TEA1	TEA2
	Malinová		Modelová		Rybářová		Lukasová		Broučková	Chytrá	Broučková	Chytrá
Sychravý	A44	A45	A44	A45	A18		A18		A18		A18	
2.A	VYT1	VYT2	VYT1	VYT2	DEJ		POE		MAT		CJL	
	Mikulenka	Sychravý	Mikulenka	Sychravý	Lukasová		Modelová		Rybářová		Malinová	
Chytrá	A19		A19		A44	A45	A44	A45	A19		A19	
2.B	POE		DEJ		VYT1	VYT2	VYT1	VYT2	CJL		MAT	
	Modelová		Lukasová		Mikulenka	Sychravý	Mikulenka	Sychravý	Malinová		Rybářová	
Mikulenka	A43		A43		A43		A43		A44	A45	A44	A45
2.C	DEJ		MAT		POE		CJL		VYT1	VYT2	VYT1	VYT2
	Lukasová		Rybářová		Modelová		Malinová		Mikulenka	Sychravý	Mikulenka	Sychravý
Fáberová	A20	A29	A20	A29	A20		A20		A20		A20	
3.A	NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	CJL		MAR		UCE		ZEM	
	Táborský	Vrbová	Táborský	Vrbová	Vimrová		Fáberová		Gregorová		Žokej	
Táborský	A46		A46		A46	A29	A46	A29	A46		A46	
3.B	MAR		CJL		NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	ZEM		UCE	
	Fáberová		Vimrová		Táborský	Vrbová	Táborský	Vrbová	Žokej		Gregorová	
Vimrová	A21		A21		A21		A21		A21	A29	A21	A29
3.C	CJL		UCE		MAR		ZEM		NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2
	Vimrová		Gregorová		Fáberová		Žokej		Táborský	Vrbová	Táborský	Vrbová
Broučková	TEL		TEL		A30		A30		A30		A30	
4.A	TEV		TEV		ZEM		UCE		MAR		CJL	
	Pospíšil		Pospíšil		Žokej		Gregorová		Fáberová		Vimrová	
Žokej	A31		A31		TEL		TEL		A31		A31	
4.B	UCE		ZEM		TEV		TEV		CJL		MAR	
	Gregorová		Žokej		Pospíšil		Pospíšil		Vimrová		Fáberová	
Pospíšil	A32		A32		A32		A32		TEL		TEL	
4.C	ZEM		MAR		UCE		CJL		TEV		TEV	
	Žokej		Fáberová		Gregorová		Vimrová		Pospíšil		Pospíšil	
Zámecká	B6		B6		B6	A17	B6	A17	B6		B6	
N1.A	UCE		UCE		NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	MAR		MAR	
	Zámecká		Zámecká		Šenovská	Orság	Šenovská	Orság	Zámecká		Zámecká	
Gregorová	A33	A17	A33	A17	A33		A33		A33		A33	
N2.A	NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	UCE		UCE		CJL		CJL	
	Šenovská	Orság	Šenovská	Orság	Zámecká		Zámecká		Šenovská		Šenovská	

Tab. 6-2 Přípustné řešení

6.2 Formulace modelu

Mějme matici aprobací $\mathbf{A}$ rozměru $m \times l$ ($m = 1, 2, \dots, 18$; $l = 1, 2, \dots, 14$). Prvek $a_{ml} = 1$, jestliže učitel m má aprobaci na předmět l , $a_{ml} = 0$ jinak.

Nechť matice $\mathbf{B}^{(1)}$ a $\mathbf{B}^{(2)}$ rozměru $i \times l$ ($i = 1, 2, \dots, 14$; $l = 1, 2, \dots, 14$) zobrazují učební plány tříd. Prvek $b_{il}^{(1)} = 1$, jestliže pro třídu i je v učebním plánu výuka předmětu l , $b_{il}^{(1)} = 0$ jinak. Prvek $b_{il}^{(2)}$ pak udává počet vyučovaných událostí předmětu l pro příslušnou třídu i .

Mějme třídnickou matici $\mathbf{C}$ rozměru $m \times i$ ($m = 1, 2, \dots, 18$; $i = 1, 2, \dots, 14$). Nechť prvek $c_{mi} = 1$, jestliže je učitel m třídním učitelem třídy i , $c_{mi} = 0$ jinak.

Nechť matice $\mathbf{D}$ rozměru $k \times l$ ($k = 1, 2, \dots, 21$; $l = 1, 2, \dots, 14$) udává, zda se v dané učebně může, či nemůže vyučovat daný předmět tak, že $d_{kl} = 1$, jestliže je učebna k vhodná k výuce předmětu l , $d_{kl} = 0$ jinak.

Označme vektor $\mathbf{e}$ s prvky e_l ($l = 1, 2, \dots, 14$) jako koeficient párování dělených hodin. Koeficienty tohoto vektoru jsou celočíselné hodnoty z množiny prvků Q , kde $Q = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$. Každý předmět má přidělen právě jeden prvek z množiny Q tak, aby se součet párových koeficientů dvou společně vyučovaných dělených hodin rovnal 6. Nedělené hodiny mají tento koeficient logicky roven 6.

Mějme dále matici $\mathbf{F}$ rozměru $i \times k$ ($i = 1, 2, \dots, 14$; $k = 1, 2, \dots, 21$), která nám udává, která učebna je pro danou třídu stabilní. Prvek $f_{ik} = 1$, jestliže je učebna k stabilní učebnou třídy i , $f_{ik} = 0$ jinak.

Nechť vektor $\mathbf{g}^{(1)}$ s prvky $g_i^{(1)}$ ($i = 1, 2, \dots, 14$) značí počet vyučovaných hodin ve stabilní učebně třídy i .

Označme vektor $\mathbf{h}$ s prvky h_m ($m = 1, 2, \dots, 18$) jako koeficient párování učitelů. Koeficienty tohoto vektoru jsou celočíselné hodnoty z množiny prvků N , kde $N = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$. Každý učitel má přidělen právě jeden prvek z množiny N tak, aby se součet párových koeficientů dvou společně učících učitelů rovnal 6. Učitelé nevyučující dělené hodiny mají tento koeficient logicky roven 6.

Uřčeme písmena P_x, P_y, P_z jako kontrolní sumy všech dílčích událostí.

6.3 Data modelu

Podobně jako v kapitole 5.3 si nyní vyobrazíme všechny potřebné matice a vektory, které jsou v modelu použity. Vzhledem k tomu, že se jedná o matice stejných označení, nebudou již podrobně popisovány. Pokud čtenář sledoval až doposud chronologický vývoj práce, jistě je již s těmito maticemi a vektory obeznámen a není již tedy potřeba všechny vlastnosti vysvětlovat znovu. Bude tedy poukázáno hlavně na některá specifika, či odlišnosti.

A		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Apropace		ANJ2	CJL	DEJ	MAR	MAT	NEJ1	POE	TEA1	TEA2	TEV	UCE	VYT1	VYT2	ZEM	suma
1 Broučková	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4
2 Fáberová	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3
3 Gregorová	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	3
4 Chytrá	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3
5 Lukasová	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
6 Malinová	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7 Mikulenska	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	3
8 Modelová	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3
9 Orság	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10 Pospíšil	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	4
11 Rybářová	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
12 Sychravý	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3
13 Šenovská	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
14 Tábořský	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
15 Vimrová	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
16 Vrbová	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
17 Zámecká	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	4
18 Žokej	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
suma		2	4	1	2	4	4	2	6	6	3	2	3	3	1	

Tab. 6-3 Matice A

Formulace matice **A** zůstává ve stejné podobě, pouze je rozšířena o příslušný počet učitelů a předmětů.

B⁽¹⁾		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Učební plán		ANJ2	CJL	DEJ	MAR	MAT	NEJ1	POE	TEA1	TEA2	TEV	UCE	VYT1	VYT2	ZEM	suma
1 1.A	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	6
2 1.B	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	6
3 1.C	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	6
4 2.A	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	6
5 2.B	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	6
6 2.C	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	6
7 3.A	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	6
8 3.B	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	6
9 3.C	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	6
10 4.A	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	5
11 4.B	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	5
12 4.C	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	5
13 N1.A	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4
14 N2.A	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4

Tab. 6-4 Matice B⁽¹⁾

Rovněž matice **B⁽¹⁾** se až na její rozšíření nemění.

B⁽²⁾		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Učební plán		ANJ2	CJL	DEJ	MAR	MAT	NEJ1	POE	TEA1	TEA2	TEV	UCE	VYT1	VYT2	ZEM	suma
1 1.A	0	1	1	0	1	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	8
2 1.B	0	1	1	0	1	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	8
3 1.C	0	1	1	0	1	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	8
4 2.A	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	2	2	0	0	8
5 2.B	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	2	2	0	0	8
6 2.C	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	2	2	0	0	8
7 3.A	2	1	0	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	8
8 3.B	2	1	0	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	8
9 3.C	2	1	0	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	8
10 4.A	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	6
11 4.B	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	6
12 4.C	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	6
13 N1.A	2	0	0	2	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	8
14 N2.A	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	8
																106

Tab. 6-5 Matice B⁽²⁾

Celkový počet událostí je pro *úlohu jednoho dne* 106. Každá třída s výjimkou 4. ročníků má právě 8 událostí, to je způsobeno hlavně tím, že 4. ročníky nemají dělené hodiny. Místo toho mají TEV a využívají tedy tělocvičnu. Zde abstrahujeme od podmínky, že první dvě hodiny v pondělí se TEV nevyučuje, neboť v této úloze není zřejmé, o který den se jedná. Rovněž výuka TEA tím není ovlivněna.

C		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Třídnictví		1.A	1.B	1.C	2.A	2.B	2.C	3.A	3.B	3.C	4.A	4.B	4.C	N1.A	N2.A	suma
1 Broučková	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
2 Fáberová	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
3 Gregorová	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
4 Chytrá	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5 Lukasová	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 Malinová	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7 Mikulanka	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
8 Modelová	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9 Orság	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 Pospíšil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
11 Rybářová	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 Sychravý	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
13 Šenovská	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14 Tábořský	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
15 Vimrová	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
16 Vrbová	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 Zámecká	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
18 Žokej	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
suma		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14

Tab. 6-6 Matice C

V matici **C** došlo oproti formulaci v kapitole 5 k jejímu transponování. Důvodem pro to byla hlavně grafická úspora. Tuto skutečnost bylo rovněž potřeba zohlednit při formulaci modelu. Jak vidíme ze součtů má každá třída přiděleného právě jednoho třídního učitele. Ne každý učitel je třídním učitelem nějaké třídy a zároveň žádný učitel není třídním učitelem více než jedné třídy. Celkem je tedy 14 třídních učitelů.

D		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	Vhodné učebny	ANJ2	CJL	DEJ	MAR	MAT	NEJ1	POE	TEA1	TEA2	TEV	UCE	VYT1	VYT2	ZEM	suma
1	A1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
2	A2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
3	A17	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
4	A18	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	9
5	A19	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	9
6	A20	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	9
7	A21	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	9
8	A29	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
9	A30	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	9
10	A31	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	9
11	A32	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	9
12	A33	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	9
13	A43	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	9
14	A44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
15	A45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
16	A46	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	9
17	B1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	9
18	B2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	9
19	B5	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	9
20	B6	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	9
21	TEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
	suma	16	14	14	14	14	16	14	1	1	1	14	1	1	14	

Tab. 6-7 Matice D

V matici **D** přibýly další učebny. Nyní máme k výuce jazyků k dispozici dvě jazykové učebny (model *úplné úlohy* jich obsahuje 5). Přibyla také učebna TEL (tělocvična), což je vlastně netypická učebna, ale z hlediska matematického modelu vykazuje stejné vlastnosti, jako kterákoli jiná učebna.

E		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Dělené hodiny	ANJ2	CJL	DEJ	MAR	MAT	NEJ1	POE	TEA1	TEA2	TEV	UCE	VYT1	VYT2	ZEM
1	Vektor	1	6	6	6	6	5	6	2	4	6	6	3	3	6

Tab. 6-8 Vektor e

Ve vektoru **e** došlo k zásadní změně, a sice takové, že součet společných předmětů má být podle nynější formulace roven 6. Ve vektoru musela být totiž zohledněna výuka dalších dvou předmětů. Společně se tedy vyučuje pokročilá ANJ2 (dvojka značí druhou skupinu) s pokročilou NEJ1 (jednička pro němčinu značí první skupinu), neboť $1+5=6$, obě TEA1 i TEA2, analogicky $2+4=6$ a stejně tak i VYT1 a VYT2, kde $3+3=6$. Ostatní celotřídní předměty mají hodnotu rovnu 6 a vyučují se tedy pouze samostatně, což je přesně to, co od modelu potřebujeme.

F		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
	Stabilní učebny	A1	A2	A17	A18	A19	A20	A21	A29	A30	A31	A32	A33	A43	A44	A45	A46	B1	B2	B5	B6	TEL	suma
1	1.A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
2	1.B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
3	1.C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
4	2.A	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5	2.B	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6	2.C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	3.A	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
8	3.B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
9	3.C	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10	4.A	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11	4.B	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
12	4.C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
13	N1.A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
14	N2.A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	suma	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	14

Tab. 6-9 Matice F

Matice **F** zůstává opět až na její značné rozšíření v nezměněné podobě. Všimněme si, že každá třída má přiřazenou právě jednu stabilní učebnu a že žádná učebna není stabilní pro více tříd. Rovněž je důležité, že žádné třídě nebyla přiřazena jako stabilní učebna některá ze specializovaných učeben typu tělocvičny, jazykové, či počítačové učebny.

$g^{(1)}$		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Počet stabilních		1.A	1.B	1.C	2.A	2.B	2.C	3.A	3.B	3.C	4.A	4.B	4.C	N1.A	N2.A
1 Vektor		4	4	4	4	4	4	6	6	6	4	4	4	6	6

Tab. 6-10 Vektor $g^{(1)}$

Vektor $g^{(1)}$ zobrazuje opět kolik předmětů se vyučuje ve stabilních učebnách. Za zmínku možná stojí, že v této formulaci se omejdeme bez dřívějšího vektoru $g^{(2)}$, který zobrazoval kolik událostí celkem se vyučuje.

h		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Párování		1	6	6	5	6	6	2	6	0	6	6	4	6	3	6	3	6	6

Tab. 6-11 Vektor **h**

Vektor **h** je pro tento model zmíněn poprvé a v předešlých modelech nebyl použit. Tento vektor zobrazuje koeficienty párování učitelů a vystihuje možnost, kdy při sestavování rozvrhu jsou vytvořeny společní učitelé, kteří zabezpečují výuku dělených předmětů. Tato úvaha bývá v praxi často používána, je ale velmi problematické tuto skutečnost matematicky vystihnout, neboť pro větší modely by tato formulace použít nešla. To hlavně z toho důvodu, že jsou učitelé, kteří sice učí dělené hodiny, ale učí rovněž hodiny nedělené. Takovým učitelům není možné přiřadit jednoznačný koeficient. V našem modelu je tímto učitelem paní Šenovská ($m=13$), které bylo možno přiřadit hodnotu 6, neboť existuje učitel Orság ($m=9$), který učí pouze dělené hodiny, má tedy přiřazenu hodnotu 0. Šenovská může tedy učit sama celotřídní předmět, nebo ve dvojici dělený předmět, Orság učit sám nemůže.

6.4 Matematický model

Formulace matematického modelu úlohy jednoho dne je následující:

$$\sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^6 \sum_{m=1}^{18} z_m^{ij} c_{mi} \rightarrow \max, \quad (6.1)$$

$$\sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^{21} x_k^{ij} = P_x \leq 106, \quad (6.2)$$

$$\sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^6 \sum_{l=1}^{14} y_l^{ij} = P_y \leq 106, \quad (6.3)$$

$$\sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^6 \sum_{m=1}^{18} z_m^{ij} = P_z \leq 106, \quad (6.4)$$

$$1 \leq \sum_{k=1}^{21} x_k^{ij} \leq 2, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 6, \end{array} \quad (6.5)$$

$$1 \leq \sum_{l=1}^{14} y_l^{ij} \leq 2, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 6, \end{array} \quad (6.6)$$

$$1 \leq \sum_{m=1}^{18} z_m^{ij} \leq 2, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 6, \end{array} \quad (6.7)$$

$$\sum_{k=1}^{21} x_k^{ij} = \sum_{l=1}^{14} y_l^{ij}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 6, \end{array} \quad (6.8)$$

$$\sum_{k=1}^{21} x_k^{ij} = \sum_{m=1}^{18} z_m^{ij}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 6, \end{array} \quad (6.9)$$

$$\sum_{l=1}^{14} y_l^{ij} = \sum_{m=1}^{18} z_m^{ij}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 6, \end{array} \quad (6.10)$$

$$\sum_{i=1}^{14} x_k^{ij} \leq 1, \quad \begin{array}{l} j = 1, 2, \dots, 6, \\ k = 1, 2, \dots, 21, \end{array} \quad (6.11)$$

$$\sum_{i=1}^{14} z_m^{ij} \leq 1, \quad \begin{array}{l} j = 1, 2, \dots, 6, \\ m = 1, 2, \dots, 18, \end{array} \quad (6.12)$$

$$\sum_{m=1}^{18} z_m^{ij} a_{ml} \geq y_l^{ij}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 6, \\ l = 1, 2, \dots, 14, \end{array} \quad (6.13)$$

$$\sum_{l=1}^{14} y_l^{ij} a_{ml} \geq z_m^{ij}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 6, \\ m = 1, 2, \dots, 18, \end{array} \quad (6.14)$$

$$\sum_{k=1}^{21} x_k^{ij} d_{kl} \geq y_l^{ij}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 6, \\ l = 1, 2, \dots, 14, \end{array} \quad (6.15)$$

$$\sum_{l=1}^{14} y_l^{ij} d_{kl} \geq x_k^{ij}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 6, \\ k = 1, 2, \dots, 21, \end{array} \quad (6.16)$$

$$\sum_{j=1}^6 y_l^{ij} b_{il}^{(1)} = b_{il}^{(2)}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ l = 1, 2, \dots, 14, \end{array} \quad (6.17)$$

$$y_l^{ij} \leq b_{il}^{(1)}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 6, \\ l = 1, 2, \dots, 14, \end{array} \quad (6.18)$$

$$\sum_{l=1}^{14} y_l^{ij} e_l = 6, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 6, \end{array} \quad (6.19)$$

$$\sum_{m=1}^{18} z_m^{ij} h_m = 6, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, 2, \dots, 6, \end{array} \quad (6.20)$$

$$\sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^{21} x_k^{ij} f_{ik} = g_i^{(1)}, \quad i = 1, 2, \dots, 14, \quad (6.21)$$

$$\sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^6 x_k^{ij} = 6, \quad k = 3, \quad (6.22)$$

$$\sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^6 x_k^{ij} = 4, \quad k = 8, \quad (6.23)$$

$$x_k^{ij} \leq x_k^{i,j-1} + x_k^{i,j+1} \leq 1, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 2, 3, 4, 5, \\ k = 3, 8, \end{array} \quad (6.24)$$

$$x_k^{ij} \leq x_k^{i,j+1}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, \\ k = 3, 8, \end{array} \quad (6.25)$$

$$x_k^{ij} \leq x_k^{i,j-1}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 6, \\ k = 3, 8, \end{array} \quad (6.26)$$

$$y_l^{ij} \leq y_l^{i,j-1} + y_l^{i,j+1} \leq 1, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 2, 3, 4, 5, \\ l = 1, 6, 8, 9, 10, 12, 13, \end{array} \quad (6.27)$$

$$y_l^{ij} \leq y_l^{i,j+1}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 1, \\ l = 1, 6, 8, 9, 10, 12, 13, \end{array} \quad (6.28)$$

$$y_l^{ij} \leq y_l^{i,j-1}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 14, \\ j = 6, \\ l = 1, 6, 8, 9, 10, 12, 13, \end{array} \quad (6.29)$$

kde účelová funkce (6.1) maximalizuje počet událostí, které vyučují třídní učitelé ve svých třídách. Tato účelová funkce je maximalizována za podmínek (6.2) - (6.29).

Omezení (6.2) - (6.19) jsou formulovány analogicky s omezeními (4.2) - (4.19) proto není potřeba tyto rovnice znovu blíže popisovat.

Rovnice (6.20) zajistí párování učitelů, (6.21) plné využití stabilních učeben a (6.22) s rovnicí (6.23) plné využití jazykových učeben.

Nerovnice (6.24) - (6.29) jsou rovněž formulovány analogicky k nerovnicím *úplné úlohy* (4.20) - (4.25).

Podrobnější popis těchto omezení je uveden v kapitole 4.3.

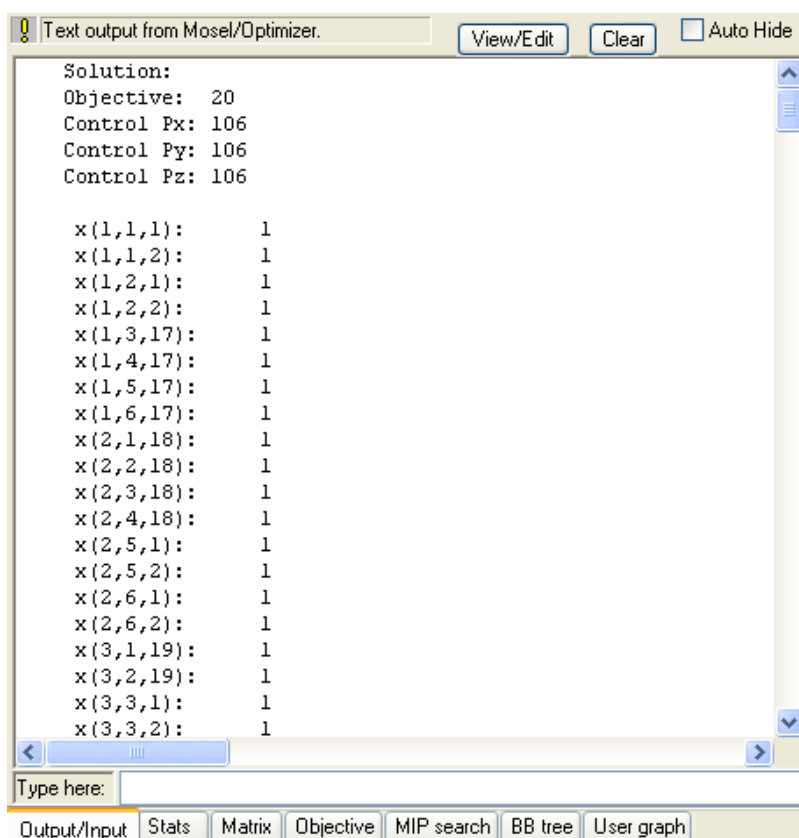
6.5 Interpretace výsledků z programu Xpress

Program Xpress umožňuje narozdíl od programu Lingo zvolit si způsob výstupu. Jako výstup byly nadefinovány hodnoty jen těch proměnných, které jsou rovny jedné. Proměnné rovny nule se ve výstupu nezobrazují. Po spuštění modelu, nejlépe zeleným trojúhelníkem pod slovem Modules na hlavním panelu, který zobrazuje obr. 6-1 nebo volbou z nabídky „Build“ a poté „Run“, se zobrazí výsledková zpráva na obr. 6-2 v záložce „Output/Input“.



Obr. 6-1 Hlavní panel

Následující výsledková zpráva zobrazuje hodnoty všech proměnných x , y , z , které jsou rovny jedné. Hodnota účelové funkce je 20, což znamená, že existuje celkem 20 událostí, ve kterých učí třídní učitelé ve své třídě. Kontrolní počet celkových událostí je pro všechny hodnoty stejný, což je rovněž správně.

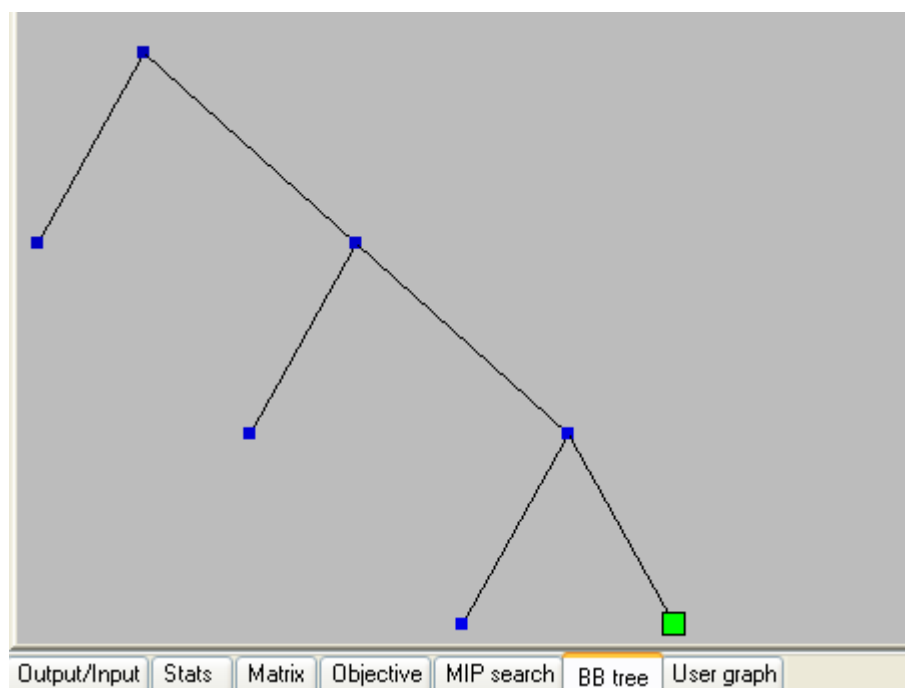


Obr. 6-2 Výsledková zpráva programu Xpress

Current optimization statistics. Auto Hide			
Matrix:		Presolved:	
Rows(constraints):	8142	Rows(constraints):	1780
Columns(variables):	4452	Columns(variables):	1788
Nonzero elements:	67410	Nonzero elements:	7788
Global entities:	4452	Global entities:	1788
Sets:	0	Sets:	0
Set members:	0	Set members:	0
Overall status: Finished global search.			
LP relaxation:		Global search:	
Algorithm:	Simplex dual	Current node:	7
Simplex iterations:	1847	Depth:	3
Objective:	20	Active nodes:	3
Status:	LP Optimal	Best bound:	20
Time:	1.0s	Best solution:	20
		Gap:	1.77636e-014%
		Status:	Solution is optimal.
		Time:	6.1s
Time overheads:			
Progress graphs:	0.2s		
Writing output:	0.0s		
Pausing:	0.0s		
Updating status:	0.2s		
Output/Input Stats Matrix Objective MIP search BB tree User graph			

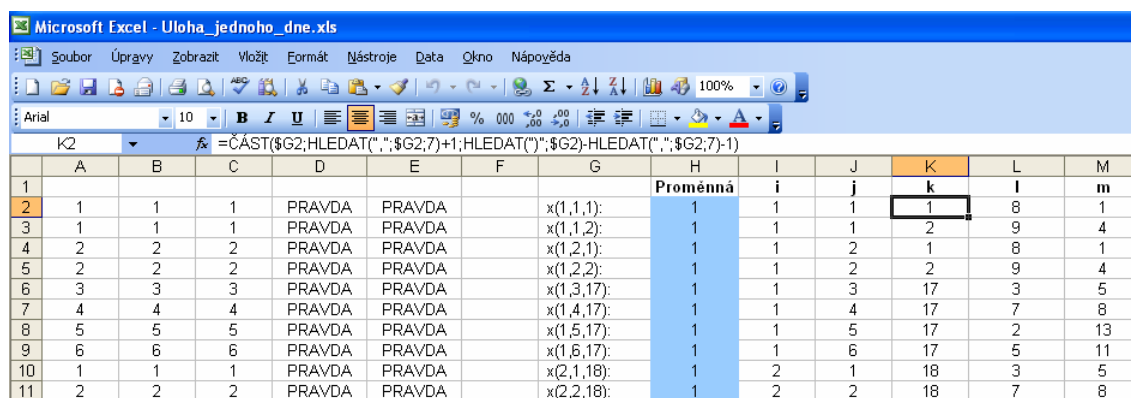
Obr. 6-3 Optimalizační statistiky

O průběhu výpočtu informují optimalizační statistiky, které ukazuje obr. 6-3. Jak je vidět, bylo nalezeno optimální řešení úlohy za 7,1 sekund (1.0s trvala lineární relaxace, 6.1s pak hledání celočíselného řešení). Řešení je optimální a bylo nalezeno v 7. uzlu. Program Xpress umožňuje rovněž zobrazit prohledávaný strom, který ukazuje obr. 6-4.



Obr. 6-4 Prohledávaný strom řešení

K získání indexů byl opět zvolen program Excel. Nyní již ale není potřeba získávat hodnoty binárních proměnných rovny 1, neboť toto už zabezpečil výstup programu Xpress. Stačí proto pouze okopírovat hodnoty výstupu a vložit je do sloupce G. Vznikly ale nové problémy při interpretaci, které dříve nebylo potřeba ošetřit. Nyní je totiž model obsáhlejší a je potřeba z textové buňky ve sloupci G dynamicky získávat hodnoty indexů. Není už totiž nadále možné se odkazovat pevnou délkou znaků, rovněž počáteční pozice není statická. Tento problém je složitější a proto je zde pouze pro demonstraci uveden vzorec pro získání hodnoty indexu k v buňce K2 „=ČÁST(\$G2;HLEDAT("";\$G2;7)+1;HLEDAT("";\$G2)-HLEDAT("";\$G2;7)-1)“ na obr. 6-5, ostatní vzorce jsou utvořeny analogicky. Navíc bylo potřeba pro celý model zkontrolovat, zda opravdu existuje stejný počet událostí pro každou třídu a každou hodinu, protože pomocí přístupu B, již není jen jedna proměnná se všemi hodnotami indexů, ale tři proměnné a proto je při přenosu hodnot nutné kontrolovat i tuto skutečnost.. Logická podmínka porovnává tyto hodnoty a vrátí pravdu, či nepravdu, v závislosti na rovnosti hodnot ve sloupcích A, B, C.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
								Proměnná	i	j	k	l	m
1													
2	1	1	1	PRAVDA	PRAVDA		x(1,1,1):	1	1	1	1	8	1
3	1	1	1	PRAVDA	PRAVDA		x(1,1,2):	1	1	1	2	9	4
4	2	2	2	PRAVDA	PRAVDA		x(1,2,1):	1	1	2	1	8	1
5	2	2	2	PRAVDA	PRAVDA		x(1,2,2):	1	1	2	2	9	4
6	3	3	3	PRAVDA	PRAVDA		x(1,3,17):	1	1	3	17	3	5
7	4	4	4	PRAVDA	PRAVDA		x(1,4,17):	1	1	4	17	7	8
8	5	5	5	PRAVDA	PRAVDA		x(1,5,17):	1	1	5	17	2	13
9	6	6	6	PRAVDA	PRAVDA		x(1,6,17):	1	1	6	17	5	11
10	1	1	1	PRAVDA	PRAVDA		x(2,1,18):	1	2	1	18	3	5
11	2	2	2	PRAVDA	PRAVDA		x(2,2,18):	1	2	2	18	7	8

Obr. 6-5 Získání indexů

K interpretaci hodnot indexů bylo z hlediska časové úspory vytvořeno makro v jazyce „Visual Basic“, které rychle a spolehlivě přesune výstupy indexů do interpretační oblasti a rozřídí je podle tříd a hodin, přesně tak, jak je k interpretaci těchto výsledků potřeba. Vzhledem k dynamičnosti těchto dat musí makro obsahovat stromovou strukturu logických podmínek „If“. Tuto strukturu a část kódu makra uvádí příloha č. 5. Takto přenesená a rozříděná data už automaticky vyhodnotí interpretační tabulka, která je analogickým rozšířením tabulky uvedené na obr. 5-5.

6.6 Výsledný rozvrh

Po interpretaci hodnot a úpravy do graficky přijatelné hodnoty, lze snadno zjistit, že výsledný rozvrh, zobrazený v tab. 6-12 splňuje všechna omezení modelu a je z hlediska účelové funkce optimální.

Zvonění	8:00 - 8:45		8:50 - 9:35		9:55 - 10:40		10:45 - 11:30		11:35-12:20		12:25-13:10	
Hodina Třída	1		2		3		4		5		6	
Šenovská	A1	A2	A1	A2	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1
1.A	TEA1	TEA2	TEA1	TEA2	DEJ	POE	CJL	POE	CJL	POE	MAT	MAT
	Broučková	Chytrá	Broučková	Chytrá	Lukasová	Modelová	Modelová	Modelová	Šenovská	Modelová	Rybářová	Rybářová
Malinová	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	A1	A2	A1	A2
1.B	DEJ	POE	POE	POE	CJL	MAT	MAT	MAT	TEA1	TEA2	TEA1	TEA2
	Lukasová	Modelová	Modelová	Modelová	Malinová	Rybářová	Rybářová	Rybářová	Broučková	Chytrá	Broučková	Chytrá
Modelová	B5	B5	B5	B5	A1	A2	A1	A2	B5	B5	B5	B5
1.C	CJL	MAT	MAT	MAT	TEA1	TEA2	TEA1	TEA2	DEJ	POE	POE	POE
	Vimrová	Rybářová	Rybářová	Rybářová	Broučková	Chytrá	Broučková	Chytrá	Lukasová	Modelová	Modelová	Modelová
Sychravý	A18	A18	A18	A18	A18	A18	A18	A18	A44	A45	A44	A45
2.A	POE	DEJ	DEJ	DEJ	MAT	CJL	CJL	CJL	VYT1	VYT2	VYT1	VYT2
	Modelová	Lukasová	Lukasová	Lukasová	Rybářová	Malinová	Malinová	Malinová	Mikulenka	Sychravý	Mikulenka	Sychravý
Chytrá	A44	A45	A44	A45	A19	A19	A19	A19	A19	A19	A19	A19
2.B	VYT1	VYT2	VYT1	VYT2	POE	DEJ	DEJ	DEJ	MAT	MAT	CJL	CJL
	Mikulenka	Sychravý	Mikulenka	Sychravý	Modelová	Lukasová	Lukasová	Lukasová	Rybářová	Šenovská	Šenovská	Šenovská
Mikulenka	A43	A43	A43	A43	A44	A45	A44	A45	A43	A43	A43	A43
2.C	MAT	CJL	CJL	CJL	VYT1	VYT2	VYT1	VYT2	POE	POE	DEJ	DEJ
	Rybářová	Vimrová	Vimrová	Vimrová	Mikulenka	Sychravý	Mikulenka	Sychravý	Modelová	Lukasová	Lukasová	Lukasová
Fáberová	A20	A29	A20	A29	A20	A20	A20	A20	A20	A20	A20	A20
3.A	ANJ2	NEJ1	ANJ2	NEJ1	UCE	MAR	MAR	MAR	ZEM	CJL	CJL	CJL
	Vrbová	Táborský	Vrbová	Táborský	Zámecká	Fáberová	Fáberová	Fáberová	Žokej	Vimrová	Vimrová	Vimrová
Táborský	A46	A46	A46	A46	A46	A46	A46	A46	A17	A46	A17	A46
3.B	CJL	MAR	MAR	MAR	ZEM	UCE	UCE	UCE	ANJ2	NEJ1	ANJ2	NEJ1
	Malinová	Fáberová	Fáberová	Fáberová	Žokej	Gregorová	Gregorová	Gregorová	Vrbová	Táborský	Vrbová	Táborský
Vimrová	A21	A21	A21	A21	A21	A29	A21	A29	A21	A21	A21	A21
3.C	UCE	ZEM	ZEM	ZEM	ANJ2	NEJ1	ANJ2	NEJ1	CJL	MAR	MAR	MAR
	Gregorová	Žokej	Žokej	Žokej	Vrbová	Táborský	Vrbová	Táborský	Vimrová	Fáberová	Fáberová	Fáberová
Broučková	A30	A30	A30	A30	A30	A30	A30	A30	TEL	TEL	TEL	TEL
4.A	MAR	CJL	CJL	CJL	UCE	ZEM	ZEM	ZEM	TEV	TEV	TEV	TEV
	Fáberová	Malinová	Malinová	Malinová	Gregorová	Žokej	Žokej	Žokej	Pospíšil	Pospíšil	Pospíšil	Pospíšil
Žokej	A31	A31	A31	A31	TEL	TEL	TEL	TEL	A31	A31	A31	A31
4.B	ZEM	UCE	UCE	UCE	TEV	TEV	TEV	TEV	MAR	CJL	CJL	CJL
	Žokej	Gregorová	Gregorová	Gregorová	Pospíšil	Pospíšil	Pospíšil	Pospíšil	Fáberová	Malinová	Malinová	Malinová
Pospíšil	TEL	TEL	TEL	TEL	A32	A32	A32	A32	A32	A32	A32	A32
4.C	TEV	TEV	TEV	TEV	MAR	UCE	UCE	UCE	CJL	ZEM	ZEM	ZEM
	Pospíšil	Pospíšil	Pospíšil	Pospíšil	Fáberová	Zámecká	Zámecká	Zámecká	Malinová	Žokej	Žokej	Žokej
Zámecká	B6	B6	B6	B6	A17	B6	A17	B6	B6	B6	B6	B6
N1.A	UCE	UCE	UCE	UCE	ANJ2	NEJ1	ANJ2	NEJ1	MAR	MAR	MAR	MAR
	Zámecká	Zámecká	Zámecká	Zámecká	Orság	Šenovská	Orság	Šenovská	Zámecká	Zámecká	Zámecká	Zámecká
Gregorová	A17	A33	A17	A33	A33	A33	A33	A33	A33	A33	A33	A33
N2.A	ANJ2	NEJ1	ANJ2	NEJ1	CJL	CJL	CJL	CJL	UCE	UCE	UCE	UCE
	Orság	Šenovská	Orság	Šenovská	Vimrová	Vimrová	Vimrová	Vimrová	Gregorová	Gregorová	Gregorová	Gregorová

Tab. 6-12 Výsledný rozvrh

Takto sestavený rozvrh by již bylo možno reálně použít pro skutečnou výuku, neboť skutečně postihuje reálné požadavky na sestavení rozvrhu této školy. Bohužel ani formulací modelu pomocí přístupu B nebylo možno optimalizovat *úplnou úlohu*. Model tedy funguje pouze na rozměr typu *úlohy jednoho dne*. Úlohu takového rozměru je tedy možno pomocí dělicího problému optimalizovat. K úlohám větších rozměrů je však již nutné nalézt odlišný způsob optimalizace volbou jiných matematických disciplín.

7. Závěr

Tato práce zabývající se matematickou optimalizací rozvrhu na střední škole si kladla za cíl prošetřit, zda je vhodné použít k optimalizaci středoškolského rozvrhu dělicí problém. K tomuto účelu byla vybrána skutečná střední škola, na které byly dané optimalizační výpočty demonstrovány.

K úspěšnému sestavení rozvrhu bylo potřeba zohlednit mnoho omezení, mezi kterými bychom mohli zdůraznit omezení základního rozměru úlohy, kdy se pro každou třídu a každou hodinu vždy vyučuje minimálně jeden předmět, ale maximálně dva, že v jednu hodinu může každý učitel učit maximálně jednu třídu a že každá učebna může být v rámci jedné hodiny využita rovněž maximálně jednou. Bylo potřeba zajistit výuku pouze aprobovanými učiteli a předměty vyučovat ve vhodných učebnách, dělené hodiny vyučovat spolu tak, jak je požadováno a respektovat to, že některé předměty je z praktických důvodů lépe vyučovat dvě po sobě bezprostředně následující hodiny. To vše ale tak, abychom splnili požadavky učebních plánů, aby třídy maximálně využívaly svých stabilních učeben a škola zase svých jazykových učeben. Rovněž bylo potřeba respektovat úvazkovou politiku školy a některá jiná speciální omezení.

Po podrobném popsání ekonomického modelu byl sestaven matematický model pro *úplnou úlohu* a dále pak pro výpočetní experimenty *zjednodušené úlohy* a *úlohy jednoho dne*. Tyto modely respektovaly všechny skutečnosti uvedené v ekonomickém modelu.

Úplná úloha obsahovala rozvrh 14 tříd vyučovaných během celého týdne, pro 24 disponibilních učeben, 23 předmětů a pro celkem 33 učitelů. K formulaci matematického modelu byl využit přístup B.

V případě *zjednodušené úlohy* se jednalo o rozvrh jednoho ročníku (tzn. 3 tříd) během jednoho dne formulované pomocí přístupu A. Aby bylo možné poukázat na některá specifika modelu byly některé nepatrné skutečnosti pro tuto úlohu poupraveny. Vše bylo důsledně popsáno v příslušné kapitole.

Dále jsme se zabývali řešením *úlohy jednoho dne*, kdy jsme za pomoci formulace pomocí přístupu B optimalizovali rozvrh již všech 14 tříd během jednoho dne. Veškeré skutečnosti opět vycházely z popisu v ekonomickém modelu, pouze učební plány bylo potřeba přizpůsobit na rozměr jednoho dne.

Z optimalizačních softwarů byly použity programy Lingo a Xpress. K interpretaci výsledků a k přehlednému vytváření matic, či jiných sestav byl použit program MS Excel 2003. Pro vytvoření interpretačního makra doplněk MS Visual Basic (VBA). Během výpočetních experimentů byl testován také program Ilog^[VI], který v této práci z kapacitních důvodů již není uveden.

Ačkoli byly podrobně prošetřeny dva možné přístupy k formulaci dělicího problému, nepodařilo se pro *úplnou úlohu* nalézt optimální celočíselné řešení. Počet binárních proměnných této úlohy je zřejmě příliš velký a ani při redukci těchto proměnných pomocí přístupu B nebylo možné celočíselné řešení nalézt. Rovněž velký počet omezení tuto úlohu značně komplikuje.

Závěrem lze tedy říci, že použití dělicího problému, jako jedné z možných formulací celočíselného, resp. bivalentního programování na úlohy větších rozměrů, jako je např. zmíněná *úplná úloha*, není vhodné.

Navzdory tomu všemu byl naplněn hlavní cíl práce. Zbývá jen dodat, že i když nebylo možné dělicí problém použít na optimalizaci středoškolského rozvrhu, jistě může být analogická formulace použita například při různých seminářích, či vědeckých konferencích, kdy je potřeba rozmístit jednotlivé přednášky do disponibilních poslucháren, kdy stejně tak jeden přednášející nemůže přednášet ve více posluchárnách nejednou. Takováto a jí podobné úlohy menších rozměrů by se daly pomocí dělicího problému snadno vyřešit. Důkazem pro to je úspěšné vyřešení *úlohy jednoho dne*.

Vlastní přínos této práce je tedy především ve zmapování oblasti optimalizace středoškolského rozvrhu pomocí dělicího problému, v ukázce formulace složitějších matematických modelů v programu Xpress, který není oproti běžně ve škole dostupnému programu Lingo studenty obvykle využíván a v inspiraci ke způsobu interpretace hodnot výstupů z programů Lingo a Xpress za pomoci MS Excel a VBA.

Nechť je tedy tato práce návodem na možný způsob optimalizace úloh ne příliš velkých rozměrů a také inspirací pro další autory, kteří se budou v budoucnu dále zabývat optimalizací různých typů rozvrhů.

Seznam použité literatury

- [1] Dash Optimization Ltd.: Xpress-Kalis Reference manual. Dash Associates and Artelys SA. 2007.
- [2] Dash Optimization Ltd.: Xpress-Kalis User guide. Dash Associates and Artelys SA. 2007.
- [3] Dash Optimization Ltd.: Xpress-Mosel User guide. Dash Associates. 2007.
- [4] Dash Optimization Ltd.: Xpress-MP Getting started. Dash Associates. 2007.
- [5] Fábry, J., Pelikán, J.: Integer Programming and Logic-Based Modeling. MME'03 Matematické metody v ekonomii, ČZU, Praha 2003.
- [6] Fiala, P.: Modely rozvrhování. VŠE, Praha 2002.
- [7] Fiala, P.: Projektové řízení – modely, metody, analýzy. Professional Publishing, Praha 2003.
- [8] Jablonský, J., Lagová, M.: Lineární programování. VŠE, Praha 1999.
- [9] Jablonský, J., Lagová, M.: Lineární modely. Oeconomia, VŠE, Praha 2004.
- [10] Jablonský, J.: Operační výzkum. Professional Publishing, Praha 2002.
- [11] Kostka, K.: Výroční zpráva za školní rok 2006/2007. Vsetín 2007.
- [12] Lauber, J., Jablonský, J.: Programy pro matematické modelování II. VŠE, Praha 1997. ISBN 80-7079-213-2.
- [13] Pelikán, J.: Diskrétní modely v operačním výzkumu. Professional Publishing, Praha 2001. ISBN 80-86419-17-7.
- [14] Růžková, J., a kol.: Demografická příručka 2006, 1-16 Nejvyšší ukončené vzdělání obyvatel starších 15 let podle výsledků sčítání lidu v letech 1950 – 2001. Kód: 4032-06.
- [15] Sívek, K.: Rozvrh hodin, 2. pololetí školního roku 2006/2007. Vsetín 2007.
- [16] Synek, M., Sedláčková, H., Vávrová, H.: Jak psát diplomové a jiné písemné práce. VŠE, Praha 2002.

Internetové zdroje

- [I] <http://www.kostka-skola.cz> (Střední škola Kostka, s.r.o., 13.10.2007)
- [II] <http://tk.kostka-skola.cz> (Intranetové stránky školy, 14.2.2008)
- [III] <http://www.czso.cz> (Český statistický úřad, 5.12.2007)
- [IV] <http://www.lindo.com> (Lingo 7.0, 15.9.2007)
- [V] <http://www.dashoptimization.com> (Xpress^{MP} 22.3.2007)
- [VI] <http://www.ilog.com> (ILOG OPL Development Studio, 20.1.2008)
- [VII] http://en.wikipedia.org/wiki/Graph_coloring (Teorie barvení grafu, 16.12.2007)
- [VIII] <http://www.vse.cz> (Vysoká škola ekonomická v Praze, 18.11.2007)
- [IX] <http://ekonometrie.vse.cz> (Katedra ekonometrie VŠE v Praze, 15.3.2008)

Seznam příloh

- Příloha č. 1 Původní rozvrh podle kterého se učilo ve školním roce 2006/2007^[15]
- Příloha č. 2 Zápis matematického modelu 4.2 v programu Xpress
- Příloha č. 3 Zápis matematického modelu 5.4 v programu Lingo
- Příloha č. 4 Zápis matematického modelu 6.3 v programu Xpress
- Příloha č. 5 Schéma a zápis makra používaného k interpretaci hodnot
- Příloha č. 6 Ilustrační foto školy
- Příloha č. 7 Schéma přiloženého CD

Příloha č. 1

PONDĚLÍ

rozvrvh hodin a přidělení učeben - 2. pololetí 2006/2007

Zvonění	8:00 - 8:45		8:50 - 9:35		9:55 - 10:40		10:45 - 11:30		11:35-12:20		12:25-13:10	
Hodina Třída	1		2		3		4		5		6	
1.A	Šenovská	B7	B1	B7	B1	B1	A1	A2	B1	B1	B1	B1
		NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	ZEM	TEA1	TEA2	CJL	OBN	OBN	OBN
		Táborský	Vrbová	Táborský	Vrbová	Žokej	Broučková	Zámecká	Šenovská	Vařák	Vařák	Vařák
1.B	Malinová	B2	A1	A2	B7	B2	B7	B2	B2	B2	B2	B2
		CJL	TEA1	TEA2	NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	OBN	DEJ	DEJ	DEJ
		Vimrová	Broučková	Zámecká	Novotná	Vrbová	Novotná	Vrbová	Vařák	Lukasová	Lukasová	Lukasová
1.C	Modelová	A1	A2	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B7	B5	B7
		TEA1	TEA2	MAT	OBN	CJL	NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2
		Broučková	Zámecká	Pospíšil	Vařák	Vimrová	Pelišková	Divišová	Pelišková	Divišová	Pelišková	Divišová
2.A	Sychravý	A44	A45	A44	A45	A19	A18	A19	A18	A18	A18	A18
		VYT1	VYT2	VYT1	VYT2	ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2	UCE	MAR	MAR
		Mikulenka	Vařák	Mikulenka	Vařák	Stolař	Šenovská	Stolař	Šenovská	Gregorová	Zámecká	Zámecká
2.B	Chytrá	A18	A19	A18	A19	A44	A45	A44	A45	A19	A19	A19
		ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2	VYT1	VYT2	VYT1	VYT2	DEJ	ZEM	ZEM
		Sedláčková	Chytrá	Sedláčková	Chytrá	Mikulenka	Sychravý	Mikulenka	Sychravý	Lukasová	Žokej	Žokej
2.C	Mikulenka	A43	A43	A43	A29	A43	A29	A43	A29	A44	A45	A44
		DEJ	CJL	ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2	VYT1	VYT2	VYT1	VYT2	VYT1
		Lukasová	Šenovská	Sedláčková	Pelišková	Sedláčková	Pelišková	Mikulenka	Sychravý	Mikulenka	Sychravý	Sychravý
3.A	Fáberová	A20	A20	A20	A20	A20	A20	A20	A20	A20	A20	A20
		CJL	MAN	MAR	UCE	ZEM	PRA	ZEM	PRA	PRA	PRA	PRA
		Malinová	Fáberová	Fáberová	Gregorová	Žokej	Gregorová	Žokej	Gregorová	Gregorová	Gregorová	Gregorová
3.B	Táborský	A46	A29	A46	A29	A46	A46	A46	A46	A46	A46	A46
		NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	CJL	ZEM	MAN	MAR	MAN	MAR	MAR
		Stejskalová	Orság	Stejskalová	Orság	Vimrová	Žokej	Fáberová	Fáberová	Fáberová	Fáberová	Fáberová
3.C	Vimrová	A21	A17	A21	A17	A21	A21	TEL	TEL	TEL	TEL	TEL
		NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	PRA	OBN	TEV	TEV	TEV	TEV	TEV
		Novotná	Divišová	Novotná	Divišová	Vanišová	Táborský	Pospíšil	Pospíšil	Pospíšil	Pospíšil	Pospíšil
4.A	Broučková	A30	A30	A30	A30	A30	A30	A30	A29	A30	A29	A30
		ZEM	CJL	MAR	PRA	NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	ANJ2
		Žokej	Malinová	Zámecká	Vanišová	Novotná	Stolař	Novotná	Stolař	Novotná	Stolař	Stolař
4.B	Žokej	A31	A31	TEL	TEL	TEL	TEL	A31	A21	A31	A21	A31
		TEA	CJL	TEV	TEV	TEV	TEV	ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2	NEJ2
		Gregorová	Vimrová	Pospíšil	Pospíšil	Pospíšil	Pospíšil	Orság	Táborský	Orság	Táborský	Táborský
4.C	Pospíšil	A32	A32	A31	A32	A31	A32	A32	A32	A32	A32	A32
		REK	ZEM	ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2	CJL	CJL	CJL	PRA	PRA
		Fáberová	Žokej	Orság	Stejskalová	Orság	Stejskalová	Vimrová	Vanišová	Vanišová	Vanišová	Vanišová
N1.A	Zámecká	B6	B6	B6	B6	B6	B6	A1	A2	A1	A2	A1
		MAT	CJL	PRA	DEJ	TEA1	TEA2	TEA1	TEA2	TEA1	TEA2	TEA2
		Pospíšil	Lukasová	Gregorová	Lukasová	Broučková	Chytrá	Broučková	Chytrá	Broučková	Chytrá	Chytrá
N2.A	Gregorová	A33	A33	A33	A33	A33	A33	A33	A33	A33	A33	A33
		CJL	PRA	TEA	MAR	UCE	OBN	UCE	OBN	OBN	OBN	OBN
		Šenovská	Gregorová	Broučková	Fáberová	Zámecká	Stejskalová	Zámecká	Stejskalová	Stejskalová	Stejskalová	Stejskalová

ÚTERÝ

rozdělí hodin a přidělení učeben - 2. pololetí 2006/2007

Zvonění	8:00 - 8:45		8:50 - 9:35		9:55 - 10:40		10:45 - 11:30		11:35-12:20		12:25-13:10	
Hodina Třída	1		2		3		4		5		6	
Šenovská	B3	B1	B3	B1	B1		B1		B1		B1	
1.A	ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2	PRA		POE		CJL		ZEM	
	Vrbová	Chytrá	Vrbová	Chytrá	Vanišová		Broučková		Šenovská		Žokej	
Malinová	B2		B2		B2		B2		B5	B2	B5	B2
1.B	CJL		DEJ		UCE		PRA		ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2
	Vimrová		Lukasová		Zámecká		Vanišová		Orság	Novotná	Orság	Novotná
Modelová	B5	A17	B5	A17	B5		B5		A44	A45	A44	A45
1.C	ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2	DEJ		ZEM		VYT1	VYT2	VYT1	VYT2
	Divišová	Pelišková	Divišová	Pelišková	Lukasová		Žokej		Vařák	Mikulenka	Vařák	Mikulenka
Sychravý	A18		A18		A18		A18		A18		A2	A1
2.A	CJL		POE		MAT		DEJ		DEJ		TEA1	TEA2
	Šenovská		Modelová		Sychravý		Sova		Sova		Modelová	Fáberová
Chytrá	A19		A19		A1	A2	A19		A19	A32	A19	A32
2.B	POE		CJL		TEA1	TEA2	MAR		NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2
	Modelová		Vimrová		Beranová	Broučková	Zámecká		Chytrá	Sedláčková	Chytrá	Sedláčková
Mikulenka	A43		A43		A29	A43	A29	A43	A1	A2	A43	
2.C	PRA		MAT		NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	TEA1	TEA2	DEJ	
	Vanišová		Broučková		Šenovská	Vrbová	Šenovská	Vrbová	Fáberová	Modelová	Lukasová	
Fáberová	A20		A20		A17	A20	A17	A20	A20		A20	
3.A	PRA		RET		NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	MAT		UCE	
	Gregorová		Kovářová		Pelišková	Sedláčková	Pelišková	Sedláčková	Broučková		Gregorová	
Táborský	TEL		TEL		A46		A46		A46		A46	
3.B	TEV		TEV		RET		MAN		PRA		OBN	
	Žokej		Žokej		Kovářová		Fáberová		Vanišová		Táborský	
Vimrová	A1	A2	A21		A21		A21		A21		A21	
3.C	TEA1	TEA2	MAR		MAN		RET		ZEM		UCE	
	Beranová	Zámecká	Fáberová		Fáberová		Kovářová		Žokej		Beranová	
Broučková	A30		A30		TEL		TEL		A30		A30	
4.A	MAT		TEA		TEV		TEV		OBN		REK	
	Broučková		Beranová		Pospíšil		Pospíšil		Táborský		Broučková	
Žokej	A32	A31	A32	A31	A31		A45	A44	A31		A31	
4.B	NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	OBN		VYT1	VYT2	UCE		MAT	
	Táborský	Stolař	Táborský	Stolař	Táborský		Mikulenka	Vařák	Beranová		Sychravý	
Pospíšil	A45	A44	A1		A32	A30	A32	A30	TEL		TEL	
4.C	VYT1	VYT2	TEA		NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	TEV		TEV	
	Mikulenka	Pospíšil	Gregorová		Chytrá	Orság	Chytrá	Orság	Pospíšil		Pospíšil	
Zámecká	B6	B7	B6	B7	B6		B6		B6		B6	
N1.A	ANJ2	NEJ1	ANJ2	NEJ1	ZEM		PRA		CJL		MAR	
	Ptáčková	Novotná	Ptáčková	Novotná	Žokej		Gregorová		Lukasová		Zámecká	
Gregorová	A33		A45	A44	A45	A44	B2	A33	A33		A33	
N2.A	MAN		VYT1	VYT2	VYT1	VYT2	ANJ2	NEJ1	PRA		CJL	
	Fáberová		Mikulenka	Vařák	Mikulenka	Vařák	Ptáčková	Lukasová	Gregorová		Šenovská	

STŘEDA

rozděl hodín a přídělení učebn - 2. pololetí 2006/2007

Zvonění	8:00 - 8:45		8:50 - 9:35		9:55 - 10:40		10:45 - 11:30		11:35-12:20		12:25-13:10	
Hodina Třída	1		2		3		4		5		6	
1.A	Šenovská		TEL		TEL		B1		B1		B7	
	TEV		TEV		MAT		DEJ		NEJ1		ANJ2	
	Pospíšil		Pospíšil		Rybářová		Lukasová		Táborský		Vrbová	
1.B	Malinová		B2		B7		B2		B2		B2	
	ZEM		MAT		NEJ1		ANJ2		NEJ1		ANJ2	
	Žokej		Rybářová		Novotná		Vrbová		Novotná		Vrbová	
1.C	Modelová		B1		B5		B5		B5		B5	
	NEJ1		ANJ2		NEJ1		ANJ2		POE		PRA	
	Pelišková		Divišová		Pelišková		Divišová		Lukasová		Broučková	
2.A	Sychravý		A18		B7		A18		B7		A18	
	NEJ1		ANJ2		NEJ1		ANJ2		TEL		TEV	
	Stejskalová		Juráňová		Stejskalová		Juráňová		Pospíšil		Pospíšil	
2.B	Chytrá		A19		A17		A19		A19		TEL	
	ANJ1		NEJ2		ANJ1		NEJ2		MAT		TEV	
	Sedláčková		Chytrá		Sedláčková		Chytrá		Broučková		Beranová	
2.C	Mikulenka		A43		A43		A43		A43		A43	
	MAT		MAT		UCE		UCE		OBN		MAR	
	Broučková		Broučková		Beranová		Beranová		Táborský		Zámecká	
3.A	Fáberová		A44		A45		A44		A20		A20	
	INT1		INT2		INT1		INT2		OBN		OBN	
	Tomčík		Vařák		Tomčík		Vařák		Táborský		Pelišková	
3.B	Táborský		A46		A21		A46		A21		B3	
	PSY1		PSY2		PSY1		PSY2		UCE		B3	
	Malinová		Šenovská		Malinová		Šenovská		Gregorová		Orság	
3.C	Vimrová		A29		A20		A29		A20		A21	
	KTB		CER		KTB		CER		KTB		CER	
	Gregorová		Vašková		Gregorová		Vašková		Gregorová		Vašková	
4.A	Broučková		B4		A30		B4		A30		A44	
	NEJ1		ANJ2		NEJ1		ANJ2		ZEM		VYT1	
	Novotná		Stolař		Novotná		Stolař		Žokej		Mikulenka	
4.B	Žokej		A31		B3		A31		B3		A31	
	ANJ1		NEJ2		ANJ1		NEJ2		PRA		ZEM	
	Orság		Táborský		Orság		Táborský		Vanišová		Žokej	
4.C	Pospíšil		A32		A32		A17		A32		A17	
	UCE		MAR		ANJ1		NEJ2		ANJ1		NEJ2	
	Beranová		Zámecká		Orság		Stejskalová		Orság		Stejskalová	
N1.A	Zámecká		B6		B6		B6		B6		B6	
	DEJ		MAN		POE		OBN		UCE		REK	
	Lukasová		Fáberová		Modelová		Vařák		Zámecká		Zámecká	
N2.A	Gregorová		A33		A33		A33		A33		A33	
	MAR		ZEM		UCE		MAN		POE		TEA	
	Fáberová		Žokej		Zámecká		Fáberová		Modelová		Broučková	

ČTVRTEK

rozdvrh hodin a přidělení učeben - 2. pololetí 2006/2007

Zvonění	8:00 - 8:45		8:50 - 9:35		9:55 - 10:40		10:45 - 11:30		11:35-12:20		12:25-13:10	
Hodina Třída	1		2		3		4		5		6	
Šenovská 1.A	B1		B1		A44	A45	A44	A45	B1		B1	
	CJL		POE		VYT1	VYT2	VYT1	VYT2	MAT		PRA	
	Šenovská		Broučková		Vařák	Navrátil	Vařák	Navrátil	Rybářová		Vanišová	
Malinová 1.B	B2		B2		TEL		TEL		A44	A45	A44	A45
	CJL		MAT		TEV		TEV		VYT1	VYT2	VYT1	VYT2
	Vimrová		Rybářová		Mikulenska		Mikulenska		Vařák	Sychravý	Vařák	Sychravý
Modelová 1.C	TEL		TEL		B5	B7	B5	B7	B5		B5	
	TEV		TEV		ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2	MAT		CJL	
	Stolař		Stolař		Divišová	Pelišková	Divišová	Pelišková	Pospíšil		Vimrová	
Sychravý 2.A	A18		A18		A17	A18	A17	A18	A2	A1	A18	
	PRA		RET		ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2	TEA1	TEA2	UCE	
	Vanišová		Kovářová		Stolař	Šenovská	Stolař	Šenovská	Modelová	Fáberová	Gregorová	
Chytrá 2.B	A17	A19	A17	A19	A1	A2	A19		A19		A19	
	NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	TEA1	TEA2	PRA		RET		MAT	
	Chytrá	Sedláčková	Chytrá	Sedláčková	Beranová	Broučková	Vanišová		Kovářová		Broučková	
Mikulenska 2.C	A1	A2	A43		A43		A43		A17	A43	A17	A43
	TEA1	TEA2	POE		PRA		RET		ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2
	Fáberová	Modelová	Modelová		Vanišová		Kovářová		Sedláčková	Pelišková	Sedláčková	Pelišková
Fáberová 3.A	A20		A1	A2	A20		A20		A20	B2	A20	B2
	CJL		TEA1	TEA2	MAN		MAT		ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2
	Malinová		Gregorová	Zámecká	Fáberová		Broučková		Juráňová	Novotná	Juráňová	Novotná
Táborský 3.B	A46	A29	A46	A29	A46		A46		A46		A1	A2
	NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	MAT		CJL		PRA		TEA1	TEA2
	Stejskalová	Orság	Stejskalová	Orság	Rybářová		Vimrová		Vanišová		Beranová	Zámecká
Vimrová 3.C	A21		A21		A21	B1	A21	B1	A21		A21	
	MAT		CJL		ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2	UCE		MAN	
	Rybářová		Malinová		Juráňová	Stejskalová	Juráňová	Stejskalová	Beranová		Fáberová	
Broučková 4.A	A30		A30		A30		A30		A30	A29	A30	A29
	MAT		PRA		UCE		CJL		ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2
	Broučková		Vanišová		Gregorová		Malinová		Stolař	Chytrá	Stolař	Chytrá
Žokej 4.B	A31		A31		A31		A1		A31		A31	
	UCE		REK		MAR		TEA		CJL		ZEM	
	Beranová		Fáberová		Zámecká		Gregorová		Vimrová		Žokej	
Pospíšil 4.C	A32		A32		A29	A32	A29	A32	A32		A32	
	MAT		CJL		NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	TEA		OBN	
	Pospíšil		Vimrová		Chytrá	Orság	Chytrá	Orság	Gregorová		Táborský	
Zámecká N1.A	A45	A44	A45	A44	B2	B6	B6		TEL		TEL	
	VYT1	VYT2	VYT1	VYT2	ANJ2	NEJ1	MAT		TEV		TEV	
	Mikulenska	Vařák	Mikulenska	Vařák	Ptáčková	Novotná	Pospíšil		Mikulenska		Mikulenska	
Gregorová N2.A	A33		A33		A33		B7	A33	B7	A33	A33	
	UCE		MAT		MAT		ANJ2	NEJ1	ANJ2	NEJ1	OBN	
	Zámecká		Pospíšil		Pospíšil		Ptáčková	Lukasová	Ptáčková	Lukasová	Stejskalová	

PÁTEK

rozvřh hodin a přidělení učeben - 2. pololetí 2006/2007

Zvonění	8:00 - 8:45		8:50 - 9:35		9:55 - 10:40		10:45 - 11:30		11:35-12:20		12:25-13:10	
Hodina Třída	1		2		3		4		5		6	
Šenovská	B3	B1	B3	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1
1.A	ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2	ZAE	UCE	UCE	DEJ	DEJ	MAT	MAT	MAT
	Vrbová	Chytrá	Vrbová	Chytrá	Lukasová	Beranová	Beranová	Lukasová	Lukasová	Rybářová	Rybářová	Rybářová
Malinová	B2	B7	B2	B7	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2
1.B	ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2	MAT	ZAE	ZAE	ZEM	ZEM	POE	POE	POE
	Orság	Novotná	Orság	Novotná	Rybářová	Lukasová	Lukasová	Žokej	Žokej	Broučková	Broučková	Broučková
Modelová	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B5
1.C	PRA	PRA	CJL	CJL	UCE	MAT	MAT	POE	POE	ZEM	ZEM	ZEM
	Vanišová	Vanišová	Vimrová	Vimrová	Zámecká	Pospíšil	Pospíšil	Broučková	Broučková	Žokej	Žokej	Žokej
Sychravý	A18	A20	A18	A20	A18	A18	A18	A18	A18	A18	A18	A18
2.A	NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	POE	CJL	CJL	PRA	PRA	OBN	OBN	OBN
	Stejskalová	Juráňová	Stejskalová	Juráňová	Modelová	Šenovská	Šenovská	Vanišová	Vanišová	Táborský	Táborský	Táborský
Chytrá	A19	A19	A19	A19	A19	A19	A19	A19	A19	A19	A19	A19
2.B	DEJ	DEJ	POE	POE	UCE	CJL	CJL	OBN	OBN	PRA	PRA	PRA
	Lukasová	Lukasová	Modelová	Modelová	Beranová	Vimrová	Vimrová	Táborský	Táborský	Vanišová	Vanišová	Vanišová
Mikulenka	A43	A43	A43	A43	TEL	TEL	TEL	A29	A43	A29	A43	A43
2.C	CJL	CJL	UCE	UCE	TEV	TEV	TEV	NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	ANJ2
	Šenovská	Šenovská	Beranová	Beranová	Mikulenka	Mikulenka	Mikulenka	Šenovská	Vrbová	Šenovská	Vrbová	Vrbová
Fáberová	TEL	TEL	TEL	TEL	B7	A20	B7	A20	A44	A45	A20	A20
3.A	TEV	TEV	TEV	TEV	ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2	VYT1	VYT2	MAR	MAR
	Mikulenka	Mikulenka	Mikulenka	Mikulenka	Juráňová	Novotná	Juráňová	Novotná	Vařák	Tomčík	Fáberová	Fáberová
Táborský	A44	A45	A46	A46	A43	A46	A43	A46	A46	A46	A46	A46
3.B	VYT1	VYT2	MAT	MAT	ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2	MAR	MAR	UCE	UCE
	Vařák	Tomčík	Rybářová	Rybářová	Orság	Stejskalová	Orság	Stejskalová	Fáberová	Fáberová	Gregorová	Gregorová
Vimrová	A21	A21	A44	A45	A21	A21	A21	A21	A21	A33	A21	A33
3.C	CJL	CJL	VYT1	VYT2	MAR	MAT	MAT	MAT	ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2
	Malinová	Malinová	Vařák	Tomčík	Fáberová	Rybářová	Rybářová	Rybářová	Juráňová	Stejskalová	Juráňová	Stejskalová
Broučková	A30	A30	A30	A30	A30	A29	A30	A29	A30	A30	A45	A45
4.A	MAR	MAR	CJL	CJL	ANJ1	NEJ2	ANJ1	NEJ2	UCE	UCE	TEA	TEA
	Zámecká	Zámecká	Malinová	Malinová	Stolař	Chytrá	Stolař	Chytrá	Gregorová	Gregorová	Beranová	Beranová
Žokej	A29	A31	A29	A31	A31	A31	A31	A31	A31	A31	A31	A31
4.B	NEJ1	ANJ2	NEJ1	ANJ2	PRA	MAR	MAR	MAR	CJL	CJL	MAT	MAT
	Táborský	Stolař	Táborský	Stolař	Vanišová	Zámecká	Zámecká	Zámecká	Vimrová	Vimrová	Sychravý	Sychravý
Pospíšil	A32	A32	A32	A32	A32	A32	A32	A32	A32	A32	A32	A32
4.C	CJL	CJL	MAR	MAR	ZEM	PRA	PRA	PRA	UCE	UCE	MAT	MAT
	Vimrová	Vimrová	Zámecká	Zámecká	Žokej	Vanišová	Vanišová	Vanišová	Beranová	Beranová	Pospíšil	Pospíšil
Zámecká	B6	B6	B6	B6	B6	B6	B6	B6	B6	B6	B6	B6
N1.A	MAT	MAT	CJL	CJL	PRA	ZEM	ZEM	ZEM	MAR	MAR	UCE	UCE
	Pospíšil	Pospíšil	Lukasová	Lukasová	Gregorová	Žokej	Žokej	Žokej	Zámecká	Zámecká	Zámecká	Zámecká
Gregorová	A33	A33	A33	A33	A33	A33	A33	A33	TEL	TEL	TEL	TEL
N2.A	ZEM	ZEM	CJL	CJL	MAT	POE	POE	POE	TEV	TEV	TEV	TEV
	Žokej	Žokej	Šenovská	Šenovská	Pospíšil	Modelová	Modelová	Modelová	Mikulenka	Mikulenka	Mikulenka	Mikulenka

[illegible]


```
!Celkem 33 600 binárních proměnných. Z toho x-10 080, y-9 660 a z-13 860
forall(i in trida,j in hodina,k in ucebna) x(i,j,k) is_binary
forall(i in trida,j in hodina,l in predmet) y(i,j,l) is_binary
forall(i in trida,j in hodina,m in ucitel) z(i,j,m) is_binary
```

```
UF:= sum(i in trida,j in hodina,m in ucitel) z(i,j,m)*C(m,i)
```

$$Px := \sum_{i \text{ in } trida, j \text{ in } hodina, k \text{ in } ucebna} x(i, j, k) \quad ; Px \leq 570$$

```
Pz:= sum(i in trida,j in hodina,m in ucitel)  z(i,j,m) ;Pz<=570
```

```
forall(i in trida,j in hodina) sum(k in ucebna) x(i,j,k)>=1
```

```
forall(i in trida, j in hodina) sum(k in ucebna) x(i, j, k) <= 2
```

```
forall(i in trida, j in hodina) sum(l in predmet) y(i, j, l) >= 1
```

```
forall(i in trida, j in hodina) sum(l in predmet) y(i, j, l) <= 2
```

```
forall(i in trida, j in hodina) sum(m in ucitel) z(i, j, m) >= 1
```

```
forall(i in trida, j in hodina) sum(m in ucitel) z(i, j, m) <= 2
```

```

!(4.8)-(4.10)Počet událostí je každou hodinu pro každou třídu stejný.
forall(i in trida,j in hodina) sum(k in ucebna) x(i,j,k)=sum(l in predmet)
  y(i,j,l)
forall(i in trida,j in hodina) sum(k in ucebna) x(i,j,k)=sum(m in ucitel)
  z(i,j,m)
forall(i in trida,j in hodina) sum(l in predmet)y(i,j,l)=sum(m in ucitel)
  z(i,j,m)
!(4.11)-(4.12)V jednu hodinu jsou učebny i učitelé all_different
forall(j in hodina,k in ucebna) sum(i in trida) x(i,j,k)<=1
forall(j in hodina,m in ucitel) sum(i in trida) z(i,j,m)<=1
!(4.13-4.14)Předměty učí jen aprobovaní učitelé
forall(i in trida,j in hodina,l in predmet) y(i,j,l)<=sum(m in ucitel)
  z(i,j,m)*A(m,l)
forall(i in trida,j in hodina,m in ucitel) z(i,j,m)<=sum(l in predmet)
  y(i,j,l)*A(m,l)
!(4.15-4.16)Předměty se učí ve vhodných učebnách
forall(i in trida,j in hodina,l in predmet) y(i,j,l)<=sum(k in ucebna)
  x(i,j,k)*D(k,l)
forall(i in trida,j in hodina,k in ucebna) x(i,j,k)<=sum(l in predmet)
  y(i,j,l)*D(k,l)
!(4.17)-(4.18)Předměty y jsou podle učebního plánu
forall(i in trida,l in predmet) sum(j in hodina) y(i,j,l)*B1(i,l)=B2(i,l)
forall(i in trida,j in hodina,l in predmet) y(i,j,l)<=B1(i,l)
!(4.19)Dělené hodiny spolu tak, jak mají
forall(i in trida,j in hodina) sum(l in predmet) y(i,j,l)*E(l)=8
!(4.20)Učebny po sobě - středové omezení
forall(i in trida,j in hodina|
  j>1 and j<6 or j>7 and j<12 or j>13 and j<18 or j>19 and j<24 or j>25 and
  j<30,
  k in ucebna|k=3 or k=8 or k=19 or k=20 or k=23)
  x(i,j,k)<=x(i,j-1,k)+x(i,j+1,k)
forall(i in trida,j in hodina|
  j>1 and j<6 or j>7 and j<12 or j>13 and j<18 or j>19 and j<24 or j>25 and
  j<30,
  k in ucebna|k=3 or k=8 or k=19 or k=20 or k=23)
  x(i,j-1,k)+x(i,j+1,k)<=1
!(4.21)Učebny po sobě - dolní omezení
forall(i in trida,j in hodina|j=1 or j=7 or j=13 or j=19 or j=25,
  k in ucebna|k=3 or k=8 or k=19 or k=20 or k=23)
  x(i,j,k)<=x(i,j+1,k)
!(4.22)Učebny po sobě - horní omezení
forall(i in trida,j in hodina|j=6 or j=12 or j=18 or j=24 or j=30,
  k in ucebna|k=3 or k=8 or k=19 or k=20 or k=23)
  x(i,j,k)<=x(i,j-1,k)
!(4.23)Předměty po sobě - středové omezení
forall(i in trida,j in hodina|
  j>1 and j<6 or j>7 and j<12 or j>13 and j<18 or j>19 and j<24 or j>25 and
  j<30,
  l in predmet|l=1 or l=2 or l=8 or l=9 or l=18)
  y(i,j,l)<=y(i,j-1,l)+y(i,j+1,l)
forall(i in trida,j in hodina|
  j>1 and j<6 or j>7 and j<12 or j>13 and j<18 or j>19 and j<24 or j>25 and
  j<30,
  l in predmet|l=1 or l=2 or l=8 or l=9 or l=18)
  y(i,j-1,l)+y(i,j+1,l)<=1
!(4.24)Předjetý po sobě - dolní omezení
forall(i in trida,j in hodina|j=1 or j=7 or j=13 or j=19 or j=25,
  l in predmet|l=1 or l=2 or l=8 or l=9 or l=18)
  y(i,j,l)<=y(i,j+1,l)
!(4.25)Předjetý po sobě - horní omezení
forall(i in trida,j in hodina|j=6 or j=12 or j=18 or j=24 or j=30,
  l in predmet|l=1 or l=2 or l=8 or l=9 or l=18)
  y(i,j,l)<=y(i,j-1,l)
!(4.26)Počet předmětů vyučovaných ve stabilní učebně
forall(i in trida) sum(j in hodina,k in ucebna) x(i,j,k)*F(i,k)=G1(i)
!(4.27)Úvazky
forall(m in ucitel) sum(i in trida, j in hodina) z(i,j,m)<=26

```

```

!(4.28-4.29)V pondělí první 2 hod. se tělocvična nevyužívá, ani neprobíhá TEV.
sum(i in trida,j in hodina|j>=1 and j<=2) x(i,j,24)=0
sum(i in trida,j in hodina|j>=1 and j<=2) y(i,j,18)=0
!(4.30-4.31)Neprobíhá výuka TEA1 a TEA2, protože není k dispozici PC učebna.
forall(j in hodina|j>=13 and j<=18 or j>=25 and j<=30,k in ucebna|k=1 or k=2)
  sum(i in trida) x(i,j,k)=0
forall(j in hodina|j>=13 and j<=18 or j>=25 and j<=30,l in predmet|l=16 or
  l=17)
  sum(i in trida) y(i,j,l)=0
!(4.32)Učebny přiřazené napevno už v tu dobu nelze použít
forall(k in ucebna|k=8 or k=14 or k=15)
  sum(i in trida) x(i,15,k)=0
!(4.33)-(4.34)Učitelé vyučující předměty napevno už neučí v tu dobu nic
jiného.
forall(m in ucitel|m=5 or m=10 or m=25)
  sum(i in trida,j in hodina|j>=13 and j<=15) z(i,j,m)=0
forall(m in ucitel|m=4 or m=5)
  sum(i in trida,j in hodina|j>=17 and j<=18) z(i,j,m)=0
!Odborné předměty napevno (pro třetáky)
x(7,13,14)=1; y(7,13,20)=1; z(7,13,27)=1
x(7,13,15)=1; y(7,13,21)=1; z(7,13,29)=1
x(7,14,14)=1; y(7,14,20)=1; z(7,14,27)=1
x(7,14,15)=1; y(7,14,21)=1; z(7,14,29)=1
x(7,15,16)=1; y(7,15,10)=1; z(7,15,29)=1
x(8,13,16)=1; y(8,13, 1)=1; z(8,13,18)=1
x(8,13, 7)=1; y(8,13, 9)=1; z(8,13,16)=1
x(8,14,16)=1; y(8,14, 1)=1; z(8,14,18)=1
x(8,14, 7)=1; y(8,14, 9)=1; z(8,14,16)=1
x(8,15, 6)=1; y(8,15,19)=1; z(8,15,32)=1
x(9,13, 8)=1; y(9,13, 1)=1; z(9,13, 7)=1
x(9,13, 6)=1; y(9,13, 9)=1; z(9,13,26)=1
x(9,14, 8)=1; y(9,14, 1)=1; z(9,14, 7)=1
x(9,14, 6)=1; y(9,14, 9)=1; z(9,14,26)=1
x(9,15, 7)=1; y(9,15,12)=1; z(9,15,28)=1
!Odborné předměty napevno (pro čtvrtáky)
x(10,17,14)=1; y(10,17,20)=1; z(10,17,27)=1
x(10,17,15)=1; y(10,17,21)=1; z(10,17,29)=1
x(10,18,14)=1; y(10,18,20)=1; z(10,18,27)=1
x(10,18,15)=1; y(10,18,21)=1; z(10,18,29)=1
x(11,17, 9)=1; y(11,17, 1)=1; z(11,17,18)=1
x(11,17,11)=1; y(11,17, 9)=1; z(11,17,16)=1
x(11,18, 9)=1; y(11,18, 1)=1; z(11,18,18)=1
x(11,18,11)=1; y(11,18, 9)=1; z(11,18,16)=1
x(12,17,10)=1; y(12,17, 1)=1; z(12,17, 7)=1
x(12,17, 5)=1; y(12,17, 9)=1; z(12,17,26)=1
x(12,18,10)=1; y(12,18, 1)=1; z(12,18, 7)=1
x(12,18, 5)=1; y(12,18, 9)=1; z(12,18,26)=1
maximize(UF)
!Způsob tisku řešení
writeln("Solution:\nObjective: ", getobjval,
  "\nControl   Px: ",Px.sol,"\nControl   Py: ",Py.sol,"\nControl   Pz:
  ",Pz.sol,"\n")
forall(i in trida,j in hodina,k in ucebna)
  if x(i,j,k).sol = 1 then
    writeln(" x(",i,",",j,",",k,"):\t",x(i,j,k).sol)
  end-if
writeln
forall(i in trida,j in hodina,l in predmet)
  if y(i,j,l).sol = 1 then
    writeln(" y(",i,",",j,",",l,"):\t",y(i,j,l).sol)
  end-if
writeln
forall(i in trida,j in hodina,m in ucitel)
  if z(i,j,m).sol = 1 then
    writeln(" z(",i,",",j,",",m,"):\t",z(i,j,m).sol)
  end-if

end-model

```

Příloha č. 3

```

Model:
Sets:
trida/1..3/;
hodina/1..6/;
ucebna/1..6/;
predmet/1..8/;
ucitel/1..9/;
udalost(trida,hodina,ucebna,predmet,ucitel):x;
pridelucit(trida,predmet,ucitel):w;
aprobace(ucitel,predmet):a;
ucebniplan(trida,predmet):b1,b2;
tridnictvi(trida,ucitel):c;
rozmisteni(ucebna,predmet):d;
spolecnepredmety(predmet):e;
stabilniucebny(trida,ucebna):f;
vektor(trida):g1,g2;
endsets
Data:
A=
0      0      0      0      0      1      1      0
1      0      0      0      0      0      0      0
0      0      0      1      0      0      0      0
0      0      0      1      1      0      0      0
0      0      1      0      1      0      0      0
0      1      0      0      0      0      0      0
1      1      0      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      1      1      0
0      0      0      0      0      0      0      1;
B1=
1      1      0      1      1      1      1      1
1      1      0      1      1      1      1      1
1      1      1      1      0      0      0      1;
B2=
2      1      0      2      1      1      1      1
2      1      0      2      1      1      1      1
2      1      2      2      0      0      0      1;
C=
0      0      1      0      0      0      0      0      0
0      0      0      1      0      0      0      0      0
0      0      0      0      0      0      1      0      0;
D=
0      0      0      0      0      1      0      0
0      0      0      0      0      0      1      0
1      1      1      1      1      0      0      1
1      1      1      1      1      0      0      1
1      1      1      1      1      0      0      1
1      0      0      1      0      0      0      0;
e=
1      5      5      4      5      2      3      5;
f=
0      0      1      0      0      0
0      0      0      1      0      0
0      0      0      0      1      0;
g1=
5      5      6;
g2=
9      9      8;
enddata

```

```

@for(udalost:@bin(x)); @for(pridelucit:@bin(w));
!(5.1);
max=@sum(trida(i):@sum(hodina(j):@sum(ucebna(k):@sum(predmet(l):@sum(ucitel(m):x(i,j,k,l,m)*c(i,m))))));
!(5.2);
@sum(trida(i):@sum(hodina(j):@sum(ucebna(k):@sum(predmet(l):@sum(ucitel(m):x(i,j,k,l,m))))))=P;
!(5.3);
@for(trida(i):@sum(hodina(j):@sum(ucebna(k):@sum(predmet(l):@sum(ucitel(m):x(i,j,k,l,m)*a(m,l)))))=g2(i));
!(5.4);
@for(trida(i):@for(hodina(j):@for(ucebna(k):@for(predmet(l):@for(ucitel(m):x(i,j,k,l,m)<=a(m,l))))));
!(5.5);
@for(trida(i):@sum(hodina(j):@sum(ucebna(k):@sum(predmet(l):@sum(ucitel(m):x(i,j,k,l,m)*d(k,l)))))=g2(i));
!(5.6);
@for(trida(i):@for(hodina(j):@for(ucebna(k):@for(predmet(l):@for(ucitel(m):x(i,j,k,l,m)<=d(k,l))))));
!(5.7);
@for(trida(i):@for(hodina(j):@sum(ucebna(k):@sum(predmet(l):@sum(ucitel(m):x(i,j,k,l,m))))>=1));@for(trida(i):@for(hodina(j):@sum(ucebna(k):@sum(predmet(l):@sum(ucitel(m):x(i,j,k,l,m))))<=2));
!(5.8);
@for(hodina(j):@for(ucebna(k):@sum(trida(i):@sum(predmet(l):@sum(ucitel(m):x(i,j,k,l,m))))<=1));
!(5.9);
@for(ucitel(m):@for(hodina(j):@sum(trida(i):@sum(ucebna(k):@sum(predmet(l):x(i,j,k,l,m))))<=1));
!(5.10);
@for(trida(i):@for(predmet(l):@sum(hodina(j):@sum(ucebna(k):@sum(ucitel(m):x(i,j,k,l,m)*b1(i,l))))=b2(i,l));
!(5.11);
@for(trida(i):@for(hodina(j):@for(ucebna(k):@for(predmet(l):@for(ucitel(m):x(i,j,k,l,m)<=b1(i,l))))));
!(5.12);
@for(trida(i):@for(hodina(j):@sum(ucebna(k):@sum(predmet(l):@sum(ucitel(m):x(i,j,k,l,m)*e(l))))=5));
!(5.13);
@for(trida(i):@sum(hodina(j):@sum(ucebna(k):@sum(predmet(l):@sum(ucitel(m):x(i,j,k,l,m)*f(i,k))))=g1(i));
!(5.14);
@for(trida(i):@for(predmet(l):@for(ucitel(m):@sum(hodina(j):@sum(ucebna(k):x(i,j,k,l,m))<=w(i,l,m)*b2(i,l)))));
!(5.15);
@for(trida(i):@for(predmet(l):@sum(ucitel(m):w(i,l,m))=1));
!(5.16);
@for(trida(i):@for(hodina(j)|j#gt#1#and#j#lt#6:@for(ucebna(k):@for(predmet(l)|l#eq#1#or#l#eq#3#or#l#eq#4:@for(ucitel(m):x(i,j,k,l,m)<=x(i,j-1,k,l,m)+x(i,j+1,k,l,m)))));@for(trida(i):@for(hodina(j)|j#gt#1#and#j#lt#6:@for(ucebna(k):@for(predmet(l)|l#eq#1#or#l#eq#3#or#l#eq#4:@for(ucitel(m):x(i,j-1,k,l,m)+x(i,j+1,k,l,m)<=1)))));
!(5.17);
@for(trida(i):@for(hodina(j)|j#eq#1:@for(ucebna(k):@for(predmet(l)|l#eq#1#or#l#eq#3#or#l#eq#4:@for(ucitel(m):x(i,j,k,l,m)<=x(i,j+1,k,l,m)))));
!(5.18);
@for(trida(i):@for(hodina(j)|j#eq#6:@for(ucebna(k):@for(predmet(l)|l#eq#1#or#l#eq#3#or#l#eq#4:@for(ucitel(m):x(i,j,k,l,m)<=x(i,j-1,k,l,m))))));
end

```

Příloha č. 4

```

model "Úloha jednoho dne"
uses "mmxprs"

declarations
  trida    = 1..14
  hodina   = 1..6
  ucebna   = 1..21
  predmet  = 1..14
  ucitel   = 1..18
!Proměnné
  x: array(trida,hodina,ucebna) of mpvar
  y: array(trida,hodina,predmet) of mpvar
  z: array(trida,hodina,ucitel) of mpvar
!Matice a vektory
  A: array(ucitel,predmet) of integer
  B1: array(trida,predmet) of integer
  B2: array(trida,predmet) of integer
  C: array(ucitel,trida) of integer
  D: array(ucebna,predmet) of integer
  E: array(predmet) of integer
  F: array(trida,ucebna) of integer
  G1: array(trida) of integer
  H: array(ucitel) of integer
end-declarations

!Data
A:: [
0, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0,
0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0,
0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1]
B1:: [
0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0,
0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0,
1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1,
1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1,
1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1,
0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1,
0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1,
0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1,
1, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0,
1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0]

```

```

B2:: [
0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 2, 2, 0, 0, 0, 0,
0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 2, 2, 0, 0, 0, 0,
0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 2, 2, 0, 0, 0, 0,
0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 2, 2, 0,
0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 2, 2, 0,
0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 2, 2, 0,
2, 1, 0, 1, 0, 2, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1,
2, 1, 0, 1, 0, 2, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1,
2, 1, 0, 1, 0, 2, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1,
0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 2, 1, 0, 0, 1,
0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 2, 1, 0, 0, 1,
0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 2, 1, 0, 0, 1,
2, 0, 0, 2, 0, 2, 0, 0, 0, 0, 2, 0, 0, 0,
2, 2, 0, 0, 0, 2, 0, 0, 0, 0, 2, 0, 0, 0]
C:: [
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1,
0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0]
D:: [
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0,
1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1,
1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0]
E:: [
1, 6, 6, 6, 6, 5, 6, 2, 4, 6, 6, 3, 3, 6]

```

```

F:: [
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0,
0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
G1:: [
4, 4, 4, 4, 4, 4, 6, 6, 6, 4, 4, 4, 6, 6]
H:: [
1, 6, 6, 5, 6, 6, 2, 6, 0, 6, 6, 4, 6, 3, 6, 3, 6, 6]
!end-data

```

```

!Celkem 4452 binárních proměnných. Z toho x-1764, y-1176 a z-1512
forall(i in trida,j in hodina,k in ucebna) x(i,j,k) is_binary
forall(i in trida,j in hodina,l in predmet) y(i,j,l) is_binary
forall(i in trida,j in hodina,m in ucitel) z(i,j,m) is_binary
!(6.1)Účelová fce
UF:= sum(i in trida,j in hodina,m in ucitel) z(i,j,m)*C(m,i)
!(6.2)-(6.4)Kontrolní sumy pro x,y,z
Px:= sum(i in trida,j in hodina,k in ucebna) x(i,j,k) ;Px<=106
Py:= sum(i in trida,j in hodina,l in predmet) y(i,j,l) ;Py<=106
Pz:= sum(i in trida,j in hodina,m in ucitel) z(i,j,m) ;Pz<=106
!(6.5)-(6.7)V každém okénku je minimálně jedna událost, maximálně dvě
forall(i in trida,j in hodina) sum(k in ucebna) x(i,j,k)>=1
forall(i in trida,j in hodina) sum(k in ucebna) x(i,j,k)<=2
forall(i in trida,j in hodina) sum(l in predmet)y(i,j,l)>=1
forall(i in trida,j in hodina) sum(l in predmet)y(i,j,l)<=2
forall(i in trida,j in hodina) sum(m in ucitel) z(i,j,m)>=1
forall(i in trida,j in hodina) sum(m in ucitel) z(i,j,m)<=2
!(6.8)-(6.10)Počet událostí je každou hodinu pro každou třídu stejný.
forall(i in trida,j in hodina) sum(k in ucebna) x(i,j,k)=sum(l in
predmet) y(i,j,l)
forall(i in trida,j in hodina) sum(k in ucebna) x(i,j,k)=sum(m in
ucitel) z(i,j,m)
forall(i in trida,j in hodina) sum(l in predmet) y(i,j,l)=sum(m in
ucitel) z(i,j,m)
!(6.11)-(6.12)V jednu hodinu jsou učebny i učitelé all_different
forall(j in hodina,k in ucebna) sum(i in trida) x(i,j,k)<=1
forall(j in hodina,m in ucitel) sum(i in trida) z(i,j,m)<=1
!(6.13-6.14)Předměty učí jen aprobovaní učitelé
forall(i in trida,j in hodina,l in predmet) y(i,j,l)<=sum(m in ucitel)
z(i,j,m)*A(m,l)
forall(i in trida,j in hodina,m in ucitel) z(i,j,m)<=sum(l in predmet)
y(i,j,l)*A(m,l)
!(6.15-6.16)Předměty se učí ve vhodných učebnách
forall(i in trida,j in hodina,l in predmet) y(i,j,l)<=sum(k in ucebna)
x(i,j,k)*D(k,l)
forall(i in trida,j in hodina,k in ucebna) x(i,j,k)<=sum(l in predmet)
y(i,j,l)*D(k,l)

```

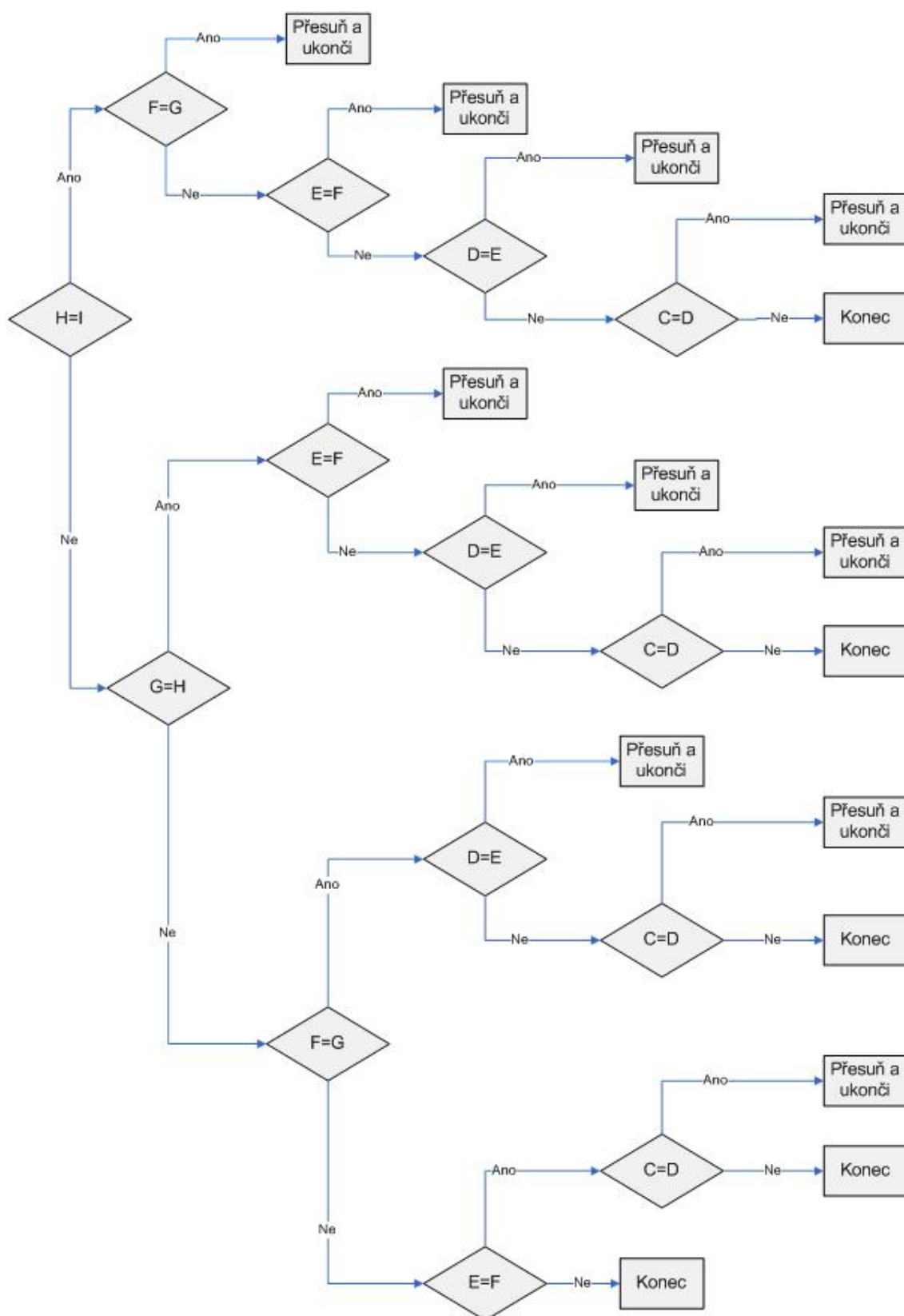
```

!(6.17)-(6.18)Předměty y jsou podle učebního plánu
forall(i in trida,l in predmet) sum(j in hodina)
y(i,j,l)*B1(i,l)=B2(i,l)
forall(i in trida,j in hodina,l in predmet) y(i,j,l)<=B1(i,l)
!(6.19)-(6.20)Dělené hodiny spolu tak, jak mají, rovněž párování
učitelů
forall(i in trida,j in hodina) sum(l in predmet) y(i,j,l)*E(l)=6
forall(i in trida,j in hodina) sum(m in ucitel) z(i,j,m)*H(m)=6
!(6.21)-(6.22)Běžné předměty se vyučují ve stabilních učebnách
forall(i in trida) sum(j in hodina,k in ucebna) x(i,j,k)*F(i,k)=G1(i)
!(6.22)Plné využití jazykových učeben
forall(k in ucebna|k=3) sum(i in trida, j in hodina) x(i,j,k)=6
forall(k in ucebna|k=8) sum(i in trida, j in hodina) x(i,j,k)=4
!(6.24)Učebny po sobě - středové omezení
forall(i in trida,j in hodina|j>1 and j<6,k in ucebna|k=3 or k=8)
x(i,j,k)<=x(i,j-1,k)+x(i,j+1,k)
forall(i in trida,j in hodina|j>1 and j<6,k in ucebna|k=3 or k=8)
x(i,j-1,k)+x(i,j+1,k)<=1
!(6.25)Učebny po sobě - dolní omezení
forall(i in trida,j in hodina|j=1,k in ucebna|k=3 or k=8)
x(i,j,k)<=x(i,j+1,k)
!(6.26)Učebny po sobě - horní omezení
forall(i in trida,j in hodina|j=6,k in ucebna|k=3 or k=8)
x(i,j,k)<=x(i,j-1,k)
!(6.27)Předměty po sobě - středové omezení
forall(i in trida,j in hodina|j>1 and j<6,l in predmet|
l=1 or l=6 or l=8 or l=9 or l=10 or l=12 or l=13)
y(i,j,l)<=y(i,j-1,l)+y(i,j+1,l)
forall(i in trida,j in hodina|j>1 and j<6,l in predmet|
l=1 or l=6 or l=8 or l=9 or l=10 or l=12 or l=13)
y(i,j-1,l)+y(i,j+1,l)<=1
!(6.28)Předměty po sobě - dolní omezení
forall(i in trida,j in hodina|j=1,l in predmet|
l=1 or l=6 or l=8 or l=9 or l=10 or l=12 or l=13)
y(i,j,l)<=y(i,j+1,l)
!(6.29)Předměty po sobě - horní omezení
forall(i in trida,j in hodina|j=6,l in predmet|
l=1 or l=6 or l=8 or l=9 or l=10 or l=12 or l=13)
y(i,j,l)<=y(i,j-1,l)
maximize(UF)
! Způsob tisku řešení
writeln("Solution:\nObjective: ", getobjval,
"\nControl Px: ",Px.sol,"\nControl Py: ",Py.sol,"\nControl Pz:
",Pz.sol,"\n")
forall(i in trida,j in hodina,k in ucebna)
if x(i,j,k).sol = 1 then
writeln(" x(",i,",",j,",",k,"):\t",x(i,j,k).sol)
end-if
writeln
forall(i in trida,j in hodina,l in predmet)
if y(i,j,l).sol = 1 then
writeln(" y(",i,",",j,",",l,"):\t",y(i,j,l).sol)
end-if
writeln
forall(i in trida,j in hodina,m in ucitel)
if z(i,j,m).sol = 1 then
writeln(" z(",i,",",j,",",m,"):\t",z(i,j,m).sol)
end-if

end-model

```

Příloha č. 5



```

Sub Presun()
'
' Presun Makro
' Makro zaznamenané 24.4.2008, Roman Daněk

' Nejprve si makro vyčistí všechna políčka, kam se budou hodnoty vkládat
  Sheets("Interpretace hodnot").Select
  Range("B131:M213").Select
  Selection.ClearContents
  Range("B46:M129").Select
  Selection.ClearContents
  Range("A215").Select

' Přenese data z listu Xpress do listu Interpretace hodnot a rozhodí je podle tříd
  Sheets("Xpress").Select
  Range("I2:M107").Select
  Selection.Copy
  Range("I2").Select
  Sheets("Interpretace hodnot").Select
  Range("B131").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=True
  Range("J131:Q135").Select
  Application.CutCopyMode = False
  Selection.Cut Destination:=Range("B137:I141")
  Range("R131:Y135").Select
  Selection.Cut Destination:=Range("B143:I147")
  Range("B143:I147").Select
  Range("Z131:AG135").Select
  Selection.Cut Destination:=Range("B149:I153")
  Range("B149:I153").Select
  Range("AH131:A0135").Select
  Selection.Cut Destination:=Range("B155:I159")
  Range("B155:I159").Select
  Range("AP131:AW135").Select
  Selection.Cut Destination:=Range("B161:I165")
  Range("B161:I165").Select
  Range("AX131:BE135").Select
  Selection.Cut Destination:=Range("B167:I171")
  Range("B167:I171").Select
  Range("BF131:BM135").Select
  Selection.Cut Destination:=Range("B173:I177")
  Range("B173:I177").Select
  Range("BN131:BU135").Select
  Selection.Cut Destination:=Range("B179:I183")
  Range("B179:I183").Select
  Range("BV131:CA135").Select
  Selection.Cut Destination:=Range("B185:G189")
  Range("B185:G189").Select
  Range("CB131:CG135").Select
  Selection.Cut Destination:=Range("B191:G195")
  Range("B191:G195").Select
  Range("CH131:CM135").Select
  Selection.Cut Destination:=Range("B197:G201")
  Range("B197:G201").Select
  Range("CN131:CU135").Select
  Selection.Cut Destination:=Range("B203:I207")
  Range("B203:I207").Select
  Range("CV131:DC135").Select
  Selection.Cut Destination:=Range("B209:I213")
  Range("B209:I213").Select

' Změní text na čísla
  Range("A130").Select
  Selection.Copy
  Range("B131:I213").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteAll, Operation:=xlMultiply, _
    SkipBlanks:=False, Transpose:=False

```

```

' Mazání nulových hodnot v mezerách a po stranách
Range( _

"B136:I136,B142:I142,B148:I148,B154:I154,B160:I160,B166:I166,B172:I172,B178:I178,B184:I1
84,B190:I190,B196:I196,B202:I202,B208:I208" _
).Select
Range("B208").Activate
Application.CutCopyMode = False
Selection.ClearContents
Range("H185:I201").Select
Selection.ClearContents

' Nyní následuje třídění a přesun všech hodnot do interpretační oblasti v listu
interpretace
Sheets("Interpretace hodnot").Select

' Struktura if roztrídí hodnoty třídy (poprvé pro N2.A) podle hodiny

' Začátek třídícího makra
If Range("H210") = Range("I210") Then
Range("H209:I213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("L209:M213")
If Range("F210") = Range("G210") Then
Range("F209:G213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("J209:K213")
Range("E209:E213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("H209:H213")
Range("D209:D213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("F209:F213")
Range("C209:C213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("D209:D213")
Else
Range("G209:G213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("J209:J213")
If Range("E210") = Range("F210") Then
Range("E209:F213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("H209:I213")
Range("D209:D213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("F209:F213")
Range("C209:C213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("D209:D213")
Else
Range("F209:F213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("H209:H213")
If Range("D210") = Range("E210") Then
Range("D209:E213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("F209:G213")
Range("C209:C213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("D209:D213")
Else
Range("E209:E213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("F209:F213")
If Range("C210") = Range("D210") Then
Range("C209:D213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("D209:E213")
Else
End If
End If
End If
End If
Else
Range("I209:I213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("L209:L213")
If Range("G210") = Range("H210") Then
Range("G209:H213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("J209:K213")
If Range("E210") = Range("F210") Then
Range("E209:F213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("H209:I213")
Range("D209:D213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("F209:F213")
Range("C209:C213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("D209:D213")
Else
Range("F209:F213").Select
Selection.Cut Destination:=Range("H209:H213")

```

```

If Range("D210") = Range("E210") Then
    Range("D209:E213").Select
    Selection.Cut Destination:=Range("F209:G213")
    Range("C209:C213").Select
    Selection.Cut Destination:=Range("D209:D213")
Else
    Range("E209:E213").Select
    Selection.Cut Destination:=Range("F209:F213")
    If Range("C210") = Range("D210") Then
        Range("C209:D213").Select
        Selection.Cut Destination:=Range("D209:E213")
    Else
        End If
    End If
End If
Else
    Range("H209:H213").Select
    Selection.Cut Destination:=Range("J209:J213")
    If Range("F210") = Range("G210") Then
        Range("F209:G213").Select
        Selection.Cut Destination:=Range("H209:I213")
        If Range("D210") = Range("E210") Then
            Range("D209:E213").Select
            Selection.Cut Destination:=Range("F209:G213")
            Range("C209:C213").Select
            Selection.Cut Destination:=Range("D209:D213")
        Else
            Range("E209:E213").Select
            Selection.Cut Destination:=Range("F209:F213")
            If Range("C210") = Range("D210") Then
                Range("C209:D213").Select
                Selection.Cut Destination:=Range("D209:E213")
            Else
                End If
            End If
        End If
    End If
Else
    Range("G209:G213").Select
    Selection.Cut Destination:=Range("H209:H213")
    If Range("E210") = Range("F210") Then
        Range("E209:F213").Select
        Selection.Cut Destination:=Range("F209:G213")
        If Range("C210") = Range("D210") Then
            Range("C209:D213").Select
            Selection.Cut Destination:=Range("D209:E213")
        Else
            End If
        End If
    Else
        End If
    End If
End If
End If
' Konec třídícího makra

' Roztříděnou třídu N2.A přesune do interpretační oblasti a vyjme
    Range("B209:M213").Select
    Selection.Copy
    Range("B125").Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
    Range("B209:M213").Select
    Application.CutCopyMode = False
    Selection.ClearContents

' Takto určený proces se opakuje pro všechny třídy (není již dále uveden)

' Nakonec vybere buňku A1 k okamžitému náhledu
Range("A1").Select

End Sub

```

Příloha č. 6



I. Logo školy



II. Budova A (léto)



III. Budova A (zima)



IV. Budova B



V. Tělocvična

Příloha č. 7

