

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Počítačová podpora výpočtu poplatku za užití dopravní cesty  
Bc. Michal Telenský

Diplomová práce  
2013

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal Telenský**  
Osobní číslo: **D09780**  
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**  
Studijní obor: **Aplikovaná informatika v dopravě**  
Název tématu: **Počítačová podpora výpočtu poplatku za užití dopravní cesty**  
Zadávající katedra: **Katedra informatiky v dopravě**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Rozšířit počítačovou aplikaci pro výpočet poplatků za užití dopravní cesty, zpracovávanou v rámci bakalářské práce, o

- algoritmus vyhledání nejlevnější cesty;
- možnost uživatelské definice výpočetního vzorce;
- možnost modelování poplatků v závislosti na nastavených koeficientech výpočtu;
- možnost výpočtu poplatku dávkově (z údajů zadaných tabulkově/ze souboru, mimo grafické rozhraní).

Provést úplnou analýzu problému a následně navrhnout aplikaci nejprve pomocí UML. Implementovat aplikaci s částečným využitím již existujícího kódu z bakalářské práce (zejména grafické rozhraní, datové struktury apod.).

V textové části popsat implementované algoritmy a datové struktury. Dále zformulovat pracovní postupy pro použití aplikace, zejména syntaxi zápisu vlastního vzorce a možnosti modelování koeficientů. Uvést výsledky experimentování s koeficienty a jejich zhodnocení.

Vývojové prostředí Delphi (jazyk Object Pascal).

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **50 normostran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. *Prohlášení o dráze celostátní a regionální. Praha : SŽDC, 2010.*

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Viktor Patras**

Katedra informatiky v dopravě

Datum zadání diplomové práce: **23. listopadu 2011**

Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2012**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



doc. Ing. Josef Volek, CSc.

vedoucí katedry

V Pardubicích dne 18. listopadu 2011

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 2. ledna 2013

Michal Telenský



Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Viktoru Patrasovi Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, připomínky a trpělivost v průběhu zpracování této práce. Dále mé poděkování patří rodině za podporu v průběhu celého studia.

## ANOTACE

Práce se zaměřuje na problematiku poplatků za užití železniční dopravní cesty v České republice. Provádí shrnutí legislativy v této oblasti. Hlavním cílem práce je vytvoření softwarového nástroje za použití UML. Nástroj slouží pro výpočet poplatků s možností úpravy hodnot vstupujících do výpočtu a zadání vlastního kalkulačního vzorce. Aplikace také umí spočítat výsledky pro více zadaných nastavení výpočtu zároveň.

## KLÍČOVÁ SLOVA

poplatek za železniční dopravní cestu, UML, Dijkstrův algoritmus, matematický vzorec v datové struktuře

## TITLE

Computer aided calculation of the fee for use of infrastructure

## ANNOTATION

The work focuses on the issue of the fees for use of a railway infrastructure in the Czech Republic. It performs a summary of legislation in this area. The main objective of this thesis is creation of software tool using UML. This tool is used to calculate the fees with optional editing of input values and entering a custom calculation formula. Application can also calculate the results for more specific calculation settings simultaneously.

## KEYWORDS

the fee for use of a railway infrastructure, UML, Dijkstra's algorithm, mathematical formula in the data structure

# Obsah

<b>Seznam obrázků</b>	8
<b>Seznam tabulek</b>	9
<b>Seznam zkratk</b>	10
<b>Úvod</b>	11
<b>1 Cíle práce</b>	12
<b>2 Problematika zpoplatnění železniční dopravní cesty</b>	13
2.1 Legislativa v Evropské unii	13
2.2 Legislativa v České republice	14
2.2.1 SŽDC a její vznik	15
2.2.2 Prohlášení o dráze celostátní a regionální pro jízdní řád 2011/2012	16
2.2.3 Výměr Ministerstva financí č. 01/2012	17
2.2.4 Výnos SŽDC Ceny za použití železniční dopravní cesty v roce 2012	18
2.3 Spor SŽDC a dopravců v roce 2012	20
<b>3 Analýza vytvářené aplikace</b>	24
3.1 Požadavky kladené na systém	25
3.2 Případy užití systému	26
3.3 Analytické třídy	29
<b>4 Návrh aplikace</b>	32
4.1 Dopravní síť	32
4.1.1 Mapové zobrazení dopravní sítě	32
4.1.2 Dijkstrův algoritmus	34
4.2 Vlak a jeho trasa	39
4.3 Výpočet poplatku a jeho parametry	41
4.4 Uživatelsky definovaný výpočetní vzorec	42
4.5 Vyhledání nejlevnější cesty na dopravní síti	46
4.6 Návrhový model tříd	46
<b>5 Realizace</b>	48
5.1 Specifikace vstupních souborů	49
5.2 Zásady práce s programem	50
<b>6 Experimentování s výstupy programu</b>	56
<b>Závěr</b>	59
<b>Vlastní přínosy práce</b>	60
<b>Soupis bibliografických citací</b>	61
<b>Obsah přiloženého CD-ROM</b>	66

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Fáze metodiky Unified Process .....	24
Obrázek 2: Diagram nalezených nefunkčních požadavků .....	25
Obrázek 3: Diagram nalezených funkčních požadavků .....	26
Obrázek 4: Diagram případů užití .....	28
Obrázek 5: Grafické vyjádření relací v diagramu tříd.....	29
Obrázek 6: Model analytických tříd vyvíjeného systému .....	31
Obrázek 7: Znázornění přepočítávání souřadnic mezi USS a SSZ.....	33
Obrázek 8: Vývojový diagram DFS algoritmu pro barvení grafu .....	35
Obrázek 9: Vývojový diagram Dijkstrova algoritmu pro hledání nejkratší cesty.....	37
Obrázek 10: Stromové uspořádání haldy .....	38
Obrázek 11: Uspořádání haldy v poli indexovaném od nuly .....	38
Obrázek 12: Symbolické vyjádření matematické výrazu pomocí binárního stromu .....	42
Obrázek 13: Vývojový diagram algoritmu pro převod matematického výrazu zapsaného v infixové notaci na binární strom .....	44
Obrázek 14: Ukázka z návrhového modelu tříd.....	47
Obrázek 15: Výřez základní obrazovky programu s nadefinovanými vlaky na síti.....	50
Obrázek 16: Dialogové okno na nastavení parametrů vlaku.....	51
Obrázek 17: Okno pro zadávání vzdáleností ujetých vlakem mimo síť .....	52
Obrázek 18: Dialogové okno s detailním výpočtem ceny pro daný vlak a nastavení.....	53
Obrázek 19: Mapové zobrazení trasy v dopravní síti .....	54
Obrázek 20: Výřez z formuláře s informacemi o trase vlaku v síti.....	55
Obrázek 21: Porovnání výsledků na zkušební množině vlaků pro různá nastavení.....	57

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Maximální ceny za použití železniční dopravní cesty .....	17
Tabulka 2: Ceny za použití železniční dopravní cesty osobními vlaky v 1. pol. 2012.....	19
Tabulka 3: Maximální ceny za použití železniční dopravní cesty v roce 2012 dle přílohy „D“ PoD 2012 ve znění dle rozhodnutí Drážního úřadu.....	22
Tabulka 4: Nabídkové ceny za použití železniční dopravní cesty v roce 2012 dle článku 6.3.1.2 PoD 2012 ve znění dle rozhodnutí Drážního úřadu .....	22
Tabulka 5: Příklad scénáře případu užití nalezeného v systému.....	27
Tabulka 6: Přehled implementací haldy i s časovými složitostmi klíčových operací .....	38
Tabulka 7: Předdefinované sady nastavení v programu a rozdíly mezi nimi .....	42
Tabulka 8: Proměnné představující vzdálenost a jejich závislosti .....	43
Tabulka 9: Proměnné, které mohou vstupovat do kalkulačního vzorce .....	43
Tabulka 10: Podíly vybraných druhů výkonů na celkovém provozu řešeného fiktivního dopravce.....	56
Tabulka 11: Vyhodnocení výsledků pro zkušební množinu vlaků .....	57

## Seznam zkratek

CRC	Class Responsibility Collaborator třída odpovědnost spolupracovník
ČD	České dráhy
ČR	Česká republika
DFS	Depth-first Search prohledávání do hloubky
ES	Evropské společenství
EHS	Evropské hospodářské společenství
EURO2	emisní norma spalovacích motorů
HV	hnací vozidlo
hrtkm	hrubý tunový kilometr
IS SENA	informační systém Sestava nákresného jízdního řádu výpočetní technikou
LIFO	Last In First Out poslední dovnitř první ven
MF	Ministerstvo financí
PoD	Prohlášení o dráze
PTV	Přepravní a tarifní věstník
OLE	Object Linking and Embedding spojování a vkládání objektů
Sb.	Sbírka zákonů České republiky
SSZ	souřadnicový systém zařízení
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty
UC	Use Case případ užití
UML	Unified Modelling Language unifikovaný modelovací jazyk
UP	Unified Process unifikovaný proces
USS	uživatelský souřadnicový systém
vlkm	vlakový kilometr
ZDO	základní dopravní obslužnost
ŽSR	Železnice Slovenskej republiky

## Úvod

V České republice se v posledních dvou letech rozhořel boj zavedeného státního železničního dopravce se dvěma novými soukromými konkurenty o cestující na trase mezi Prahou a Ostravou. Je to tedy snad jediná trať v Evropě, možná i na světě, kde svoje služby nabízí hned tři dopravci, a to bez koordinace či peněz státu, případně regionu. Je jen málo věcí na světě, o kterých můžeme jako občané České republiky říci, že jsme v nich tak průkopníci.

V konkurenčním boji jednotlivých dopravců hraje roli mimo jiné úspěšná ekonomika provozu. Důležitou nákladovou položkou v účetnictví každého železničního dopravce představuje poplatek za železniční dopravní cestu. Ten se objevuje prakticky v každém obchodním případě. Například pro nákladní dopravce při realizaci přeprav zboží může mít poplatek za užití dopravní cesty natolik klíčový význam, že při volbě trasy mezi výchozím a cílovým místem přepravy mohou být právě výhodnější podmínky zpoplatnění použití infrastruktury rozhodujícím jazyčkem na misce vah, který zapříčiní volbu vedení takové trasy, která je v jiných parametrech, jako například vzdálenost, nebo sklonové poměry, naopak méně příznivá. Při opravdu dlouhých transevropských přepravách pak může docházet dokonce k porovnání cenových nabídek různých provozovatelů dráhy, což v evropských podmínkách obvykle znamená i různé státy.

Správné nastavení výše zpoplatnění je tedy důležité i pro správce infrastruktury. Vybrané poplatky by měly pokud možno z co největší části pokrývat náklady na provozování dráhy, ale přitom zároveň motivovat dopravce k co největším objemům výkonů. Jak bylo nastíněno, z hlediska provozovatele dráhy totiž například tranzitní nákladní doprava nemusí mít konkurenci jen v silniční dopravě, ale i v kolejích jiného provozovatele.

# 1 Cíle práce

Tato práce se zabývá právě problematikou poplatku za užití železniční dopravní cesty v podmínkách České republiky, přičemž navazuje na autorovu bakalářskou práci. Představuje legislativní rámec zpoplatnění železniční dopravní cesty vycházející z evropského práva a uvádí systém výpočtu poplatků užívaný v ČR. Dále se zabývá sporem dopravců a správce infrastruktury o platnost či neplatnost užívané metodiky.

Hlavním cílem práce je vytvořit softwarovou aplikaci za použití programovacího jazyka Object Pascal umožňující výpočet poplatku dle uživatelsky zadané metodiky na české železniční síti. Vývoj aplikace je dokumentován pomocí jazyka UML, přičemž jsou využity zejména diagramy, které nabízí.

Dále se snaží blíže popsat při vývoji užití či objevené algoritmy a datové struktury a jejich přesné využití v samotném systému. A priori známým cílem tohoto typu je popsání a realizace algoritmu vyhledávajícího takovou cestu mezi dvěma body na dopravní síti, o které lze říci, že je z hlediska poplatku nad ní spočítaného nejvýhodnější a neexistuje žádná jiná, pro kterou by byla cena poplatku levnější.

Motivací při tvorbě samotné aplikace je zejména vytvoření nástroje s možností co nejširšího nastavení samotného výpočtu poplatku za dopravní cestu vycházejícího ze skutečného stavu zpoplatnění drážní infrastruktury v ČR užívaného v letech 2011 až 2013 a porovnávání výsledků více jednotlivých nastavení v závislosti na sazbách cen a parametrech výpočtu. Jednou z nejdůležitějších měnitelných vstupních položek výpočtu je samotný výpočetní vzorec poskytující konečné výsledky.

Po vytvoření nástroje ještě dojde k vzorové demonstraci jeho možného použití nad zvolenou množinou dat a ukázkovému vyhodnocení výsledků nástrojem vypočítaných tak, aby byly pokud možno co nejširším způsobem nastíněny přínosy programu i celé práce.



## 2 Problematika zpoplatnění železniční dopravní cesty

Jelikož se stejnou problematikou zabírala i autorova bakalářská práce [30], bude se na ni i tato práce v případě relevantnosti odkazovat.

### 2.1 Legislativa v Evropské unii

Česká republika se vstupem do Evropské unie zavázala řídit se její legislativou. Problematiku železniční dopravy v Evropské unii řeší takzvané železniční balíčky. Tak bývají označovány souhrny návrhů nové a novelizací stávající legislativy Evropské unie, případně další opatření, iniciované Evropskou komisí v rámci svých pravomocí s vlivem na evropský železniční trh. Vůbec I. železniční balíček byl přijat v roce 2001, obsahuje čtyři směrnice Evropského parlamentu upravující oblast rozvoje železnic společenství, přidělování kapacity železniční infrastruktury, vybírání poplatků za její užívání a ověřování bezpečnosti, interoperability konvenční železniční sítě a vydávání licencí železničním podnikům [14].

Směrnice Evropského parlamentu je právní akt, který ukládá členským státům Evropské unie ve stanovené lhůtě implementovat její obsah do vlastního právní řádu pomocí příslušného vnitrostátního právního aktu, kdežto nařízení Evropské komise je akt s přímým účinkem a stává se součástí právního řádu členské země hned po svém přijetí na úrovni EU a po vstupu v platnost publikací v úředním věstníku [12].

Oblasti poplatků za železniční dopravní cestu se z tohoto balíčku týká Směrnice evropského parlamentu a rady 2001/14/ES ze dne 26. února 2001 o přidělování kapacity železniční infrastruktury a zpoplatnění železniční infrastruktury v pozdějším znění [2]. Tato směrnice v kapitole I článku 3 nazvaném Zpráva o síti ukládá provozovateli infrastruktury tuto zprávu vypracovat a zveřejnit, a to v určeném termínu, nejméně čtyři měsíce před konečným termínem pro podání žádosti o přidělení kapacity infrastruktury. Zpráva o síti popisuje infrastrukturu nabízenou dopravním podnikům a určuje podmínky přístupu na ní. Povinný obsah zprávy o síti je přesně popsán v příloze I této směrnice. Ta také obsahuje kapitolu II s názvem Zpoplatnění infrastruktury, která definuje principy a možnosti samotného zpoplatnění železniční infrastruktury. Důležitým prvkem je, že členské státy buďto mohou zavést specifická pravidla zpoplatnění na národní úrovni nebo delegovat tuto pravomoc na provozovatele infrastruktury působící ve státě. Stanovení výše poplatků a jejich vybírání pak vždy zajišťuje provozovatel infrastruktury.

II. železniční balíček z roku 2004 a zatím poslední, III. z roku 2007, už oblast zpoplatnění železniční infrastruktury nijak konkrétněji neupravovaly, respektive další směrnice, týkající se novelizace Směrnice EP 2001/14/ES, výše uvedený článek a kapitolu II neměnily. V současné době ještě Evropský parlament připravuje návrh IV. železničního balíčku a také celkovou novelizaci I. balíčku.

Významná pro tuto práci a pro železnice v EU vůbec je i Směrnice rady ze dne 29. července 1991 o rozvoji železnic společenství 91/440/EHS ve znění pozdějších předpisů [1]. Ta v oddíle III, nazvaném Oddělení správy infrastruktury od poskytování dopravních služeb, článku 6 ukládá členským státům přijmout opatření o oddělení

účetnictví pro poskytování drážní dopravy a pro správu železniční infrastruktury a zakazuje převádět podpory z jedné oblasti do druhé. Obě činnosti se mohou vykonávat v oddělených divizích v rámci jednoho podniku, nebo v úplně oddělených subjektech.

## 2.2 Legislativa v České republice

Základním právním předpisem týkajícím se železniční dopravy vůbec je v České republice Zákon č. 266/1994 Sb., známý také jako zákon o drahách [5]. Základní pojmy definované tímto zákonem (dráha, provozovatel dráhy, provozovatel drážní dopravy) popisuje autorova bakalářská práce v podkapitole 1.1 [30]. V předchozích odstavcích se objevoval i pojem provozovatel infrastruktury, což je jenom jiné pojmenování pro provozovatele dráhy.

Implementaci I. železničního balíčku do českého práva zajistila novela zákona o drahách, vydaná pod č. 103/2004 Sb. [7]. Ta v § 34c zavedla termín Prohlášení o dráze, což není nic jiného, než Směrnicí EP 2001/14/ES vyžadovaná Zpráva o síti. Ve stejném paragrafu je vyjmenováno, co vše musí Prohlášení o dráze obsahovat. V odstavci 2 písmenu g) tohoto paragrafu je uvedena jako nezbytná náležitost „informace o ceně za přidělení kapacity dopravní cesty a stanovení ceny za užití dopravní cesty“. Tato práce se poplatky za přidělení kapacity dopravní cesty zabývat nebude a bude se věnovat výhradně poplatkům za užití dopravní cesty. Paragraf určuje vydat prohlášení o dráze nejpozději dvanáct měsíců před platností jízdního řádu daného prohlášení o dráze, což splňuje i podmínku ze směrnice EP, která požaduje vydání alespoň čtyři měsíce před uzavřením přijímání žádostí o trasy do jízdního řádu. Pokud je tato uzávěrka alespoň osm měsíců před začátkem platnosti jízdního řádu, což je v českých podmínkách dodržováno, pak je vše v pořádku i dle náhledu evropského práva.

Pro zpoplatnění užití dopravní cesty u nás je pak ještě velmi důležitá role ministerstva financí ČR, jakožto regulátora maximálních cen ve věci užití železniční dopravní cesty. Tuto pravomoc mu dává zákon 265/1991 Sb. o působnosti orgánů České republiky v oblasti cen [4], který v § 2 přiznává ministerstvu působnost cenového orgánu při uplatňování, regulaci a kontrole cen a umožňuje mu vydávat právní předpisy v této oblasti. Blíže upřesňuje povinnosti Ministerstva financí v této oblasti ještě zákon 526/1990 Sb. o cenách [3]. Na základě tohoto předpisu, konkrétně § 10, ministerstvo vydává cenová rozhodnutí, kterými reguluje ceny. Tato rozhodnutí musí vydávat v Cenovém věstníku.

V tomto věstníku tedy vychází tzv. Výměr, kterým se vydává seznam zboží s regulovanými cenami. Poslední, týkající se zpoplatnění užití železniční dopravní cesty, s číslem 01/2012 vyšel 5. prosince 2011 [16]. Jako příloha č. 1 tohoto výměru jsou pak uvedeny ceny a podmínky za použití vnitrostátní železniční dopravní cesty celostátních a regionálních drah při provozování drážní dopravy. Ceny v něm uvedené jsou označeny jako maximální, dle zákona o cenách se tedy jedná o úředně stanovené ceny o maximální výši, kterou není přípustné překročit. To tedy znamená, že provozovatel dráhy nesmí na poplatcích vybírat více, či jinak řečeno, v prohlášení o dráze se nesmí objevit vyšší částky než ve výměru. Z výše uvedeného také vyplývá, že český stát možnost delegování pravomocí pro stanovování pravidel zpoplatnění na provozovatele dráhy, kterou mu

dává směrnice EP 2001/14/ES, nevyužil a pravidla stanovil prostřednictvím ministerstva financí sám.

### **2.2.1 SŽDC a její vznik**

Dalším důležitým právním normativem je pro účely této práce zákon č. 77/2002 Sb. o akciové společnosti České dráhy a státní organizaci Správa železniční dopravní cesty [6]. Tento zákon upravuje způsob zřízení a činnost akciové společnosti České dráhy a státní organizace Správa železniční dopravní cesty, jakožto nástupnických subjektů státní organizace České dráhy. Ty byly do té doby unitární železniční společnostmi fungující jednak jako dopravce (provozovatel drážní dopravy) a zároveň jako provozovatel dráhy. Základním cílem této transformace dle požadavků Směrnice 91/440/EHS bylo institucionální oddělení výkonu funkcí vlastníka dráhy od provozování těchto drah a provozování drážní dopravy na nich. Státní organizace SŽDC vznikla dle tohoto zákona k 1. 1. 2003 a byla na ni převedena povinnost hospodařit s majetkem státu, který tvoří železniční dopravní cestu. Provozovatelem dráhy celostátní a regionální zůstaly ale i nadále ČD.

Toto uspořádání se z hlediska požadavků na transparentnost prostředí v oblasti drah a drážní dopravy jeví jako nesystémové. Na základě usnesení vlády č. 1352 ze dne 4. prosince 2007, pozměněným usnesením vlády České republiky č. 795 ze dne 27. června 2008 [10], byla od 1. 7. 2008 na SŽDC převedena působnost provozovatele dráhy v oblastech zabezpečení dráhy a organizování drážní dopravy na železničních tratích vlastněných státem, a to bez obsluhy dráhy. Zaměstnanci řízení provozu (dispečeri, výpravčí, ...) tedy nadále zůstali zaměstnanci Českých drah, a.s. To se změnilo až dalším usnesením vlády ČR ze dne 22. června 2011 č. 486 o změně usnesení vlády ze dne 9. února 2011 č. 100 [11], které zajistilo převod těchto zaměstnanců (bylo jich zhruba 9500) a nezbytný movitý majetek pod SŽDC, s. o. k 1. 9. 2011. Tím byl definitivně dokončen převod činností obsluhy dráhy, neboli takzvané „živé dopravní cesty“, čímž došlo k definitivnímu a jednoznačnému oddělení činností provozovatele dráhy od činností dopravce, což je i základním předpokladem plně liberalizovaného železničního trhu včetně osobní železniční dopravy tak, jak to vyplývalo z požadavků Evropské unie. Oddělení provozování dráhy a drážní dopravy tedy bylo v ČR provedeno rozpuštěním původní unitární železnice do dvou zcela samostatných složek. V současné době se ale v politických kruzích mluví o vytvoření železničního holdingu, který by sdružoval jak národního dopravce, tak i správce infrastruktury, jak je tomu například v Německu či Rakousku. Mělo by to dle zastánců vést k posílení jejich rolí na liberalizovaném trhu.

Správa železniční dopravní cesty je majoritní provozovatel dráhy v České republice spravující naprostou většinu tratí a na to bude reagovat i tato práce a zaměří se na zpoplatnění železniční dopravní cesty v České republice především jejím pohledem.

### 2.2.2 Prohlášení o dráze celostátní a regionální pro jízdní řád 2011/2012

SŽDC tedy každoročně vydává Prohlášení o dráze [17][18], ve kterém stanovuje podmínky pro přístup na dopravní cestu jím provozovanou a metodiku a výši zpoplatnění jejího užívání.

Prohlášení o dráze sestává z 6 kapitol nazvaných Obecné informace, Podmínky přístupu, Infrastruktura, Přidělení kapacity dráhy, Služby a Poplatky a 8 příloh. Další text se bude blíže zabývat kapitolou 6 Poplatky a Přílohou D nazvanou zkráceně Regulace.

Jak již bylo dříve zmíněno, tento text se zabývá pouze poplatky za užití dopravní cesty, bude tedy ignorovat další poplatky SŽDC vybírané, a to poplatky za přidělení kapacity dráhy, za přístup dopravců k servisním zařízením a za služby poskytované SŽDC dopravcům v souvislosti s jízdou vlaku.

Jak uvádí Prohlášení o dráze v kapitole Poplatky, výše poplatku za užití dopravní cesty je závislá na:

- a) parametrech pojižděné dopravní cesty, k nimž patří:
  - kategorie trati (E, C, R)<sup>1</sup>,
  - vybavení trati pevnými zařízeními elektrické trakce,
- b) parametrech vlaku, k nimž patří:
  - kategorie vlaku (osobní, nákladní),
  - hmotnost vlaku,
  - vlastnosti činného hnacího vozidla z hlediska ovlivňování životního prostředí (vozidlo závislé trakce, vozidlo nezávislé trakce s motorem splňujícím vyhlášené emisní limity, vozidlo nezávislé trakce s motorem nesplňujícím vyhlášené emisní limity),
  - technická charakteristika vozidel zařazených ve vlaku (vozidla s naklápěcím zařízením, speciální hnací vozidla),
- c) projeté vzdálenosti,
- d) použité ceně (regulovaná maximální cena, nabídková cena).

Metoda kalkulace poplatku za užití dopravní cesty zohledňuje:

- regulačním úřadem stanovená specifická pravidla výpočtu,
- náklady na řízení provozu – měřítkem jsou výkony ve vlakových kilometrech,
- přímé náklady na zajištění provozuschopnosti dopravní cesty skutečně vzniklé provozováním vlakové dopravy – měřítkem jsou výkony v hrubých tunových kilometrech,
- zvýšené přímé náklady při specifickém užití dopravní cesty,

---

<sup>1</sup> Železniční dráhy se z hlediska významu, účelu a technických podmínek člení do jednotlivých kategorií. Zařazení dráhy do příslušné skupiny podle charakteru tratě uvede provozovatel dráhy v prohlášení o dráze. Kategoriemi železničních drah pro účely Prohlášení o dráze SŽDC jsou dráha celostátní (označeny „C“) a dráha regionální („R“). Dráhy regionální jsou vyjmenovány v usnesení Vlády ČR č. 766 ze dne 20. prosince 1995 [9]. Případně může o kategorii dráhy rozhodnout drážní správní úřad. Součástí dráhy celostátní jsou na území České republiky i tratě vyjmenované ve sdělení Ministerstva dopravy č.111/2004 Sb. [13], o výčtu železničních drah zařazených do evropského železničního systému. Tyto tratě jsou označovány písmenem „E“.

- trend minimalizovat výkony hnacích vozidel nezávislé trakce, se spalovacími motory nesplňujícími vyhlášené emisní limity, na traťových úsecích, vybavených pevnými zařízeními elektrické trakce.

Výše poplatků za užití dopravní cesty se stanoví výpočtem, vycházejícím ze skutečného rozsahu výkonů dopravců na železniční dopravní cestě v daném zúčtovacím období. Pod pojmem výkony se rozumí ujeté vlakové kilometry a hrubé tunové kilometry vypočtené součinem vlakových kilometrů a hrubé váhy vlaku včetně hnacích vozidel.

Samotné ceny a vzorce pro výpočet jsou pak umístěny ve zmíněné příloze D o názvu Regulačním úřadem stanovená specifická pravidla a rámec zpoplatnění užití vnitrostátní železniční dopravní cesty dráhy celostátní a regionálních drah při provozování drážní dopravy, což je vlastně příloha č. 1 Výměru MF 01/2012.

### 2.2.3 Výměr Ministerstva financí č. 01/2012

V tomto oddílu se tedy budu zabývat tímto výměrem, který je v podstatě zdrojem pro prohlášení o dráze a který má celý název Výměr Ministerstva financí č. 01/2012 ze dne 28. listopadu 2011, kterým se vydává seznam zboží s regulovanými cenami [16].

K tomuto výměru vydanému v Cenovém věstníku náleží příloha č. 1, která je jedinou částí z výměru zajímavá pro tuto práci a jejíž úplný název je Maximální ceny a určené podmínky za použití vnitrostátní železniční dopravní cesty celostátních a regionálních drah při provozování drážní dopravy.

Obecně se ceny a podmínky měnily jen kosmeticky od stavu popsaného v [30], proto se následující text bude zaměřovat především na rozdíly oproti stavu podrobně popsanému tamtéž. Znatelným rozdílem zejména pro dopravce je zvýšení maximálních cen za užití dopravní cesty, zvláště poté, co mezitím došlo i ke snížení těchto cen oproti stavu zmiňovanému v [30].

Kromě samotného zdražení poplatků byla zavedena i nová kategorie tratí pro zpoplatnění, označovaná písmeny E,C,R v indexu označení cen. Jedná se o tratě, na kterých není celoročně provozována drážní doprava k zajištění dopravní obslužnosti. Seznam těchto tratí má zveřejnit přídělc, tj. provozovatel dráhy v Přepравním a tarifním věstníku Ministerstva dopravy. Jednotlivé ceny pro jednotlivé druhy dopravy a kategorie zpoplatnění jsou shrnuty v následující tabulce.

**Tabulka 1: Maximální ceny za použití železniční dopravní cesty**

	Provozování dráhy (Řízení provozu)		Zajištění provozuschopnosti dráhy (Infrastruktura dopravní cesty)	
Vlaky nákladní dopravy	S <sub>1E,C,R</sub>	43,63 Kč / vlkm	S <sub>2E,C,R</sub>	57,81 Kč / 1000 hrtkm
	S <sub>1E</sub>	43,63 Kč / vlkm	S <sub>2E</sub>	57,81 Kč / 1000 hrtkm
	S <sub>1C</sub>	39,66 Kč / vlkm	S <sub>2C</sub>	48,17 Kč / 1000 hrtkm
	S <sub>1R</sub>	35,69 Kč / vlkm	S <sub>2R</sub>	36,13 Kč / 1000 hrtkm
Vlaky osobní dopravy	S <sub>1E,C,R</sub>	43,63 Kč / vlkm	S <sub>2E,C,R</sub>	57,81 Kč / 1000 hrtkm
	S <sub>1E</sub>	7,56 Kč / vlkm	S <sub>2E</sub>	43,34 Kč / 1000 hrtkm
	S <sub>1C</sub>	6,28 Kč / vlkm	S <sub>2C</sub>	34,45 Kč / 1000 hrtkm
	S <sub>1R</sub>	5,32 Kč / vlkm	S <sub>2R</sub>	29,20 Kč / 1000 hrtkm

Zdroj: [16]

Vzorce pro samotný výpočet poplatku zůstaly naprosto stejné, pro přehlednost budou uvedeny i zde, vysvětlení a popis jednotlivým položkám musí čtenář hledat v odkazovaných materiálech.

$$C_m = C_1 + C_2$$

$$C_1 = S_{1E} \times L_E + S_{1C} \times L_C + S_{1R} \times L_R$$

$$C_2 = \frac{Q}{1000} \times (S_{2E} \times L_E + S_{2C} \times L_C + S_{2R} \times L_R) \times n \times e$$

Samotný výměr používá 2 různé vzorce pro položku  $C_2$ , kde ve druhé variantě chybí  $e$  pro tratě bez trakčního vedení.

Používané hodnoty koeficientu  $e$ , zohledňujícího jízdy hnacích vozidel se spalovacím motorem po elektrizovaných tratích, se také změnil. Použití činných hnacích vozidel nezávislé trakce s motory, které nesplňují emisní normu EURO2 a vyšší znamená použití hodnoty  $e = 1,25$ , pokud činná hnací vozidla na vlaku jsou vybaveny spalovacími motory tyto normy splňující, je uvažována hodnota koeficientu  $e = 1,06$  a ve všech ostatních případech  $e = 1,00$ . Dopravce jezdící po elektrizované trati s dieselovou lokomotivou tedy bude „potrestán“ vyšší cenou vždy, výše přírážky pak závisí na ekologičnosti lokomotivy.

Část s podmínkami je vlastně metodickým výkladem používaných pojmů. Důležitá je definice rozdělení vlaků na nákladní a osobní. Za osobní vlaky se považují vlaky jedoucí z důvodu zajištění dopravcem poskytovaných služeb souvisejících výhradně s přepravou osob ve veřejné nebo neveřejné drážní dopravě, který je složen pouze z vozidel sloužících k přepravě osob a služeb tím spojených a hnacích vozidel nezbytných pro dopravu vlaku, za nákladní pak všechny ostatní, tj. vlaky jedoucí z důvodu zajištění dopravcem poskytovaných služeb souvisejících s přepravou věcí a živých zvířat ve veřejné nebo neveřejné drážní dopravě a ostatní vlaky jedoucí z důvodu provozních potřeb dopravce.

Při neplánované jízdě odklonem, z příčin na straně provozovatele příslušné dráhy, se ujetá vzdálenost stanovuje podle původně přidělené trasy dopravní cesty. Pokud přidělcce projedná s dopravcem odklonovou trasu nejméně 60 dnů před plánovanou jízdou, může dopravci účtovat cenu spočítanou podle délky odklonové trasy.

Maximální ceny stanovené výměrem jsou uvedeny bez daně z přidané hodnoty. Její aktuální hodnota v nesnížené sazbě je v České republice pro rok 2012 20 %. Pro rok 2013 je plánováno její zvýšení o jeden procentní bod, vzhledem k nejisté politické situaci je však možné i to, že uvedený záměr nestihnou politici převést včas do účinnosti a že se sjednotí se sazbou sníženou na hodnotě 17,5 %, což je už dříve schválený záměr vládnoucích stran, který později přehodnotily.

#### 2.2.4 Výnos SŽDC Ceny za použití železniční dopravní cesty v roce 2012

Kromě přílohy D prohlášení o dráze s vyhlášenými maximálními cenami a podmínkami ministerstva financí vydává SŽDC ještě vlastní výnos upravující ceny a podmínky pro zpoplatnění dopravní cesty. Výnos o úplném názvu Ceny za použití železniční dopravní cesty ve vlastnictví České republiky a podmínky jejich uplatnění od

1. 1. 2012 do 31. 12. 2012 [20] byl zveřejněný 9. prosince 2011 na webových stránkách SŽDC, zákon však vyžaduje jeho zveřejnění v Přepравním a tarifním věstníku, k čemuž došlo v částce PTV č. 1-2/2012, oddíl G, který vyšel až 4. ledna 2012.

Výnos přiznává ceny za osobní vlaky i soupravovým vlakům, které slouží jako návoz nebo odvoz soupravy pro vlaky osobní dopravy.

Pokud je vlak veden více hnacími vozidly se spalovacím motorem, jimž by příslušely rozdílné hodnoty koeficientu  $e$ , použije se vždy vyšší hodnota.

Vlaky osobní dopravy se dle výnosu rozdělují na:

- pravidelné vlaky osobní dopravy vedené k zajištění dopravní obslužnosti kraje v souladu se zněním Zákona č. 194/2010 Sb. o veřejných službách v přepravě cestujících a o změně dalších zákonů, v platném znění [8],
- ostatní vlaky osobní dopravy.

Zatímco pro ostatní vlaky osobní dopravy jsou použité maximální ceny a nezměněné podmínky z výměru MF, pro pravidelné vlaky osobní dopravy vedené k zajištění dopravní obslužnosti kraje jsou vyhlášené ceny nižší, konkrétně takové, že pro tyto vlaky na všech kategoriích dráhy platí, jakoby jely po dráze regionální, tudíž za nižší cenu. Navíc je v kalkulačním vzorci vždy používána hodnota koeficientu  $e = 1,00$ . Tyto výhody mají ale jen v období od 1. 1. 2012 do 30. 6. 2012. Ve druhém pololetí už se vlaky osobní dopravy nerozdělují a pro všechny platí stejné podmínky. Ceny osobních vlaků v prvním pololetí přehledně shrnuje tabulka 2. Pro druhé pololetí roku 2012 už platí jen její spodní polovina.

**Tabulka 2: Ceny za použití železniční dopravní cesty osobními vlaky v 1. pol. 2012**

	Provozování dráhy (Řízení provozu)		Zajištění provozuschopnosti dráhy (Infrastruktura dopravní cesty)	
Vlaky pro dopravní obslužnost kraje	$S_{1E,C,R}$	–	$S_{2E,C,R}$	–
	$S_{1E}$	5,32 Kč / vlkm	$S_{2E}$	29,20 Kč / 1000 hrtkm
	$S_{1C}$	5,32 Kč / vlkm	$S_{2C}$	29,20 Kč / 1000 hrtkm
	$S_{1R}$	5,32 Kč / vlkm	$S_{2R}$	29,20 Kč / 1000 hrtkm
Ostatní vlaky osobní dopravy	$S_{1E,C,R}$	43,63 Kč / vlkm	$S_{2E,C,R}$	57,81 Kč / 1000 hrtkm
	$S_{1E}$	7,56 Kč / vlkm	$S_{2E}$	43,34 Kč / 1000 hrtkm
	$S_{1C}$	6,28 Kč / vlkm	$S_{2C}$	34,45 Kč / 1000 hrtkm
	$S_{1R}$	5,32 Kč / vlkm	$S_{2R}$	29,20 Kč / 1000 hrtkm

Zdroj: [20]

Ceny  $S_{1E,C,R}$  a  $S_{2E,C,R}$  používané pro zpoplatnění vlaků na všech tratích, na kterých není provozována drážní doprava k zajištění dopravní obslužnosti, a jejich použití jsou výnosem také upřesněny, respektive je odkazováno na samostatný výnos publikovaný v Přepравním a tarifním věstníku [21], který obsahuje seznam těchto tratí.

Velmi významnou součástí výnosu je i část upravující nabídkové ceny. K těmto patří i snížení cen pro vlaky vedené k zajištění dopravní obslužnosti kraje, které již bylo zmíněné.

Další nabídkovou cenou je cena „J“ pro vlaky nákladní dopravy, dopravující jednotlivé vozové zásilky, tj. pravidelné manipulační a vlečkové vlaky a relační vlaky

mezi seřad'ovacími stanicemi uvedenými v platném prohlášení o dráze. Nabídková cena „J“ činí 55 % z celkového poplatku za vlak, tzn. sleva je ve výši 45 %.

Nabídková cena „K“ může být uplatňována výhradně pro vlaky složené z vozů pro intermodální přepravní jednotky vedené mezi terminály kombinované dopravy. Cena „K“ činí také 55 % z celkového vypočteného poplatku za daný vlak, sleva je tedy též ve výši 45 %.

Přiznání nabídkové ceny „N“ je možné vlakům, které jedou v souvislosti s oslavami výročí zahájení provozu na jednotlivých tratích, oslavami dne Železnice, výročí podniků zaměřených na železnici nebo zahájení či ukončení sezóny ve stálém železničním muzeu. Výše ceny „N“ je 50 % z poplatku vypočteného dle obvyklých pravidel. Sleva je tedy poloviční.

Poslední nabídková cena se označuje „C“ a je míněna jako podpora neziskových charitativních akcí. Tato cena je ve výši 25 % z poplatku pro konkrétní vlak, jinak řečeno je poskytována sleva 75 %.

Aby byla dopravci přiznána jakákoli z nabídkových cen ve výnosu uvedená, musí splnit všechny metodické podmínky a procedurální omezení, které jsou ve výnosu pro konkrétní nabídkovou cenu uvedeny.

V závěru ještě výnos shrnuje změny ve zpoplatnění oproti předchozímu roku.

## **2.3 Spor SŽDC a dopravců v roce 2012**

Ihned po zveřejnění cen platných na rok 2012 proti nim začali protestovat dopravci [24]. Oproti cenám platným v roce 2011 se totiž jednalo o značné zdražení. Zejména to vadilo menším dopravcům, kteří se specializují na nostalgické jízdy. Nově zavedená kategorizace zpoplatnění tratí, na kterých není provozována drážní doprava k zajištění dopravní obslužnosti, by pro ně při neuplatnění jiných slev znamenala ve složce ceny za provozování dráhy až osminásobné zdražení poplatku! Ve složce zajištění provozuschopnosti dráhy pak až dvojnásobné. Proti zdražení se ozvaly také kraje, které objednávají dopravní obslužnost a na základě nového výnosu by od pololetí 2012 vlaky jimi objednávané přišly o přiznané slevy na neuplatňování koeficientu  $e$  a na nerozlišování kategorií dráhy.

V lednu 2012 se pak někteří dopravci rozhodli podat stížnost na konání SŽDC u drážního správního úřadu, jímž je v ČR Drážní úřad [25]. Dopravci se přitom odvolávali především na zákon o drahách, který ve výše popisovaném paragrafu 34c prikazuje vydat prohlášení o dráze alespoň 12 měsíců předem. K čemuž sice došlo, ale část týkající se poplatků byla vydána jako příloha později, a to dokonce se zpětnou platností.

Tato legislativa sice platila už i v předchozích letech, kdy také docházelo k vydávání Výměru MF na konci kalendářního roku a jeho rychlému promítnutí do Prohlášení o dráze a Výnosu SŽDC o poplatcích, nikdy však nedošlo k tak zásadním změnám v systému zpoplatnění nebo tak rapidnímu zdražení pro některé druhy vlaků. Dopravci se zřejmě proto tímto právním nesouladem nezabývali a tuto obvyklou praxi nenapadali.



Drážní úřad pak v březnu rozhodl o neplatnosti nového systému zpoplatnění. Rozhodnutí se však nestalo pravomocným, protože SŽDC podala rozklad k odvolacímu orgánu, kterým je Ministerstvo dopravy. To pak v červenci vrátilo případ zpět Drážnímu úřadu k novému projednání, ale především kvůli procedurálním chybám v postupu úřadu, ne kvůli samotnému jádru věci [26].

Mezitím například České dráhy, jako dopravce s největšími výkony, si na SŽDC vynutil výpočet zpoplatnění výkonů dle postupu z roku 2011. I dle sdělení mluvčího ministerstva dopravy zůstala výše plateb zachována dle starého modelu [27].

To, že SŽDC udělala chybu, připustil v rozhovorech pro média i nový generální ředitel [28]. To se pak potvrdilo i tím, že SŽDC v červnu 2012 vydala aktualizované Prohlášení o dráze na rok 2013 [18], které už přímo jako přílohu I obsahuje výnos o zpoplatnění s platností od 1. 7. 2013, tedy více jak rok dopředu.

Drážní úřad pak 10. září 2012 vydal znovu rozhodnutí, kterým vydaný výnos Ceny za použití železniční dopravní cesty ve vlastnictví České republiky a podmínky jejich uplatnění od 1. 1. 2012 do 31. 12. 2012 zrušil a nahradil článkem přímo v Prohlášení o dráze [23]. Stejně tak nahradil novým zněním i přílohu D Prohlášení o dráze.

Ve zdůvodnění svého rozhodnutí Drážní úřad poukazuje především na to, že vydání výměru s nabídkovými cenami je v podstatě úpravou samotného Prohlášení o dráze 2011/2012, i když je vydáno v jiném dokumentu a pod jiným názvem. Navíc v době vydání prohlášení v něm byl pouze odkaz na další, ještě neexistující dokumenty, což je dle DÚ nedostatečné. Dle zákona má přidělcce kapacity povinnost zveřejnit stanovené ceny za užití dopravní cesty přímo v prohlášení.

Dle DÚ bylo samo o sobě důvodem ke zrušení výnosu zveřejnění změny prohlášení o dráze v dvanáctiměsíční lhůtě před jeho účinností. Podobně se vyjadřuje k možnosti změn z hlediska smluvního vztahu mezi dopravcem a přidělcem. Tento smluvní vztah je dvojstranný, a to včetně sjednaných cen za užití dopravní cesty, zákon navíc stanovuje dvanáctiměsíční ochrannou lhůtu pro dopravce ohledně změn podmínek přístupu. Přidělcce tedy není oprávněn jednostranně měnit tyto sjednané smlouvy.

Pro stanovování nově platných cen bral Drážní úřad v potaz dokumenty, které byly platné k datu zveřejnění Prohlášení o dráze 2011/2012. To je jen a pouze Příloha č. 1 k výměru MF č. 01/2010, který byl vydán v Cenovém věstníku, nazvaná Maximální ceny a určené podmínky za použití vnitrostátní železniční dopravní cesty celostátních a regionálních drah při provozování drážní dopravy, z kterého byly vzaty ceny, podmínky a vzorce pro stanovení nabídkových cen [15].

Drážní úřadem stanovená pravidla zpoplatnění z roku 2011 jsou ale v mnohém podobná jako ta v roce 2009, a tedy jsou popsána v [30]. Oproti pravidlům popisovaných na předchozích stránkách se tedy liší v následujících bodech:

- je zrušena kategorie tratí pro zpoplatnění, označovaná písmeny E,C,R v indexu označení cen. Jedná se o tratě, na kterých není celoročně provozována drážní doprava k zajištění dopravní obslužnosti,

- nižší ceny pro pravidelné vlaky osobní dopravy vedené k zajištění dopravní obslužnosti kraje jsou vyhlášeny na celý rok, jejich výše je odvozena od ceny za regionální trať, která je ale použita i na tratích celostátních a zařazených do evropského železničního systému,
- nabídková cena „J“ činí 85 % z celkové hodnoty poplatku, sleva je tedy 15 %,
- nabídková cena „K“ činí 60 % z celkové hodnoty poplatku, sleva je tedy 40 %,
- koeficient  $e$  je použit vždy pro jízdu činných hnacích vozidel se spalovacím motorem po elektrizovaných tratích a nabývá hodnoty  $e = 1,075$ ,
- v příloze „D“ jsou stanoveny následující maximální ceny za použití železniční dopravní cesty:

**Tabulka 3: Maximální ceny za použití železniční dopravní cesty v roce 2012 dle přílohy „D“ PoD 2012 ve znění dle rozhodnutí Drážního úřadu**

	Provozování dráhy (Řízení provozu)		Zajištění provozuschopnosti dráhy (Infrastruktura dopravní cesty)	
Vlaky nákladní dopravy	S <sub>1E</sub>	42,65 Kč / vlkm	S <sub>2E</sub>	56,51 Kč / 1000 hrtnm
	S <sub>1C</sub>	38,77 Kč / vlkm	S <sub>2C</sub>	47,09 Kč / 1000 hrtnm
	S <sub>1R</sub>	34,89 Kč / vlkm	S <sub>2R</sub>	35,32 Kč / 1000 hrtnm
Ostatní vlaky osobní dopravy	S <sub>1E</sub>	7,39 Kč / vlkm	S <sub>2E</sub>	42,37 Kč / 1000 hrtnm
	S <sub>1C</sub>	6,14 Kč / vlkm	S <sub>2C</sub>	33,68 Kč / 1000 hrtnm
	S <sub>1R</sub>	5,20 Kč / vlkm	S <sub>2R</sub>	28,54 Kč / 1000 hrtnm

Zdroj: [23]

- v novém znění článku 6.3.1.2 jsou nově stanoveny následující nabídkové ceny, dle kterých mají být jízdy vlaků skutečně zpoplatňovány:

**Tabulka 4: Nabídkové ceny za použití železniční dopravní cesty v roce 2012 dle článku 6.3.1.2 PoD 2012 ve znění dle rozhodnutí Drážního úřadu**

	Provozování dráhy (Řízení provozu)		Zajištění provozuschopnosti dráhy (Infrastruktura dopravní cesty)	
Vlaky nákladní dopravy	S <sub>1E</sub>	37,95 Kč / vlkm	S <sub>2E</sub>	51,75 Kč / 1000 hrtnm
	S <sub>1C</sub>	37,14 Kč / vlkm	S <sub>2C</sub>	46,12 Kč / 1000 hrtnm
	S <sub>1R</sub>	34,89 Kč / vlkm	S <sub>2R</sub>	35,32 Kč / 1000 hrtnm
Vlaky pro dopravní obslužnost kraje	S <sub>1E</sub>	5,20 Kč / vlkm	S <sub>2E</sub>	28,54 Kč / 1000 hrtnm
	S <sub>1C</sub>	5,20 Kč / vlkm	S <sub>2C</sub>	28,54 Kč / 1000 hrtnm
	S <sub>1R</sub>	5,20 Kč / vlkm	S <sub>2R</sub>	28,54 Kč / 1000 hrtnm
Ostatní vlaky osobní dopravy	S <sub>1E</sub>	7,39 Kč / vlkm	S <sub>2E</sub>	42,37 Kč / 1000 hrtnm
	S <sub>1C</sub>	6,14 Kč / vlkm	S <sub>2C</sub>	33,68 Kč / 1000 hrtnm
	S <sub>1R</sub>	5,20 Kč / vlkm	S <sub>2R</sub>	28,54 Kč / 1000 hrtnm

Zdroj: [23]

Toto rozhodnutí drážního úřadu se však ještě v listopadu 2011 nestalo vzhledem k dalšímu odvolání pravomocné. Souběžně drážní úřad stále řeší i další podané stížnosti od dopravců ke stejnému tématu.

SŽDC v té době ještě vydala Oznámení o způsobu stanovení ceny za použití železniční dopravní cesty od 9. 12. 2012 [22]. V něm stanovuje, že od 1. 1. 2013 bude pro koeficient  $e$  používat hodnotu 1,075 pro hnací vozidla nezávislé trakce nevybavené spalovacím motorem splňujícím normu EURO 2 a vyšší a hodnotu 1,000 pro vozidla

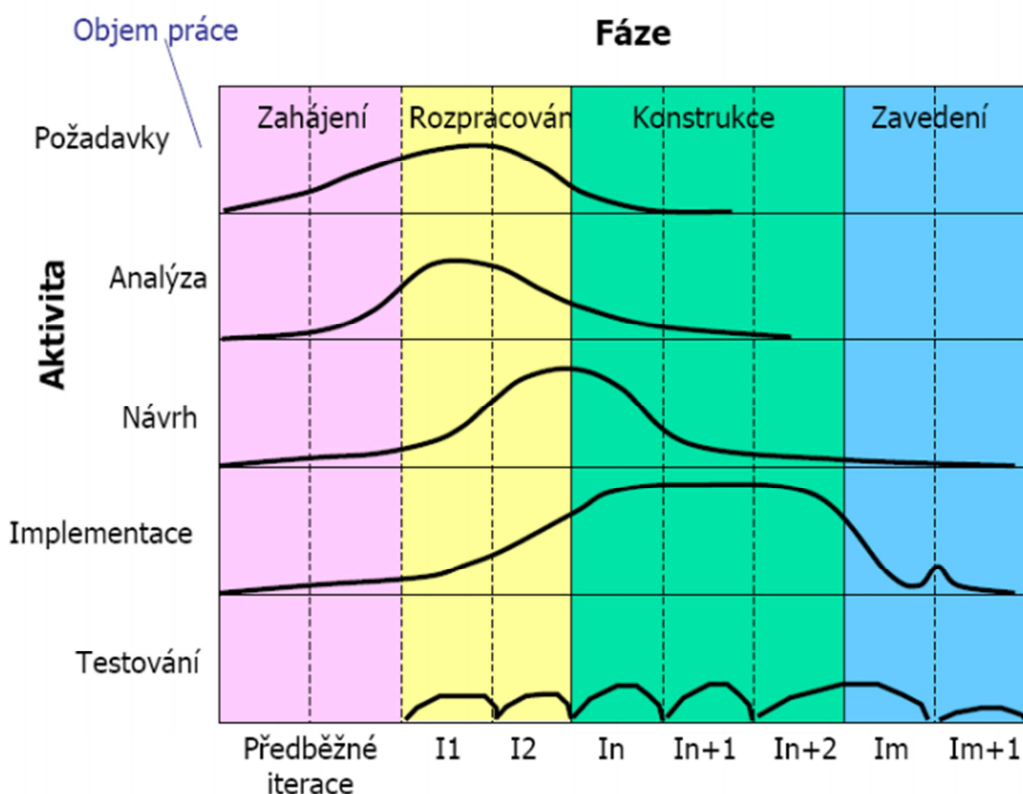
vybavená motorem splňujícím tuto normu. Pro koeficient  $n$  bude používat hodnotu 1,000 i u vlaků s vozidly umožňujícími naklápění. Navíc zaniká kategorie tratí, na kterých není celoročně provozována drážní doprava k zajištění dopravní obslužnosti. Rozhodující pro výpočet poplatku bude pouze druh vlaku a kategorie tratě. V tomto případě už dvanáctiměsíční ochranná lhůta neplatí, protože změna podmínek vyhlášená jednou smluvní stranou, tedy SŽDC, nejde k tíži druhé strany, tedy dopravců, jako v předchozím případěch.

Tato práce bude v dalších kapitolách a ve vyvíjené aplikaci dále operovat se zjednodušenými termíny jako Zpoplatnění 2011 nebo Zpoplatnění 2012-2. pololetí dle dokumentů vydaných SŽDC a v této kapitole popsanych a nebude brát ohled na jejich hrozící případnou neplatnost.

### 3 Analýza vytvářené aplikace

Nosným bodem této práce má být především vytvoření počítačové aplikace pro podporu výpočtu poplatku za dopravní cestu. Ta bude vycházet z aplikace vytvořené v rámci [30] a doplní ji o některé další funkcionality. Vývoj aplikace bude využívat možností jazyka UML (Unified Modeling Language) určeného pro vizuální modelování systémů. UML je pouze jazyk definující syntaxi modelů, ale neposkytuje žádný postup, jak modelů dosáhnout. To definuje metodika.

Metodik používaných při vývoji softwarových systémů je celá řada, tato práce se bude řídit dle jedné z nejznámějších a nejpoužívanějších, metodiky UP (Unified Process). Ta definuje 4 základní fáze životního cyklu projektu: zahájení, rozpracování, konstrukce a zavedení. Každá fáze je ukončena tzv. milníkem a může obsahovat jednu nebo více iterací. Iterace je malá část projektu, která se může provádět opakovaně. V každé iteraci může být obsaženo až pět základních pracovních postupů: požadavky, analýza, návrh, implementace a testování. V každé fázi projektu je kladen důraz na jiné pracovní postupy [31]. Každá fáze a každý pracovní postup by měl následovat po fázi nebo postupu předcházejícím a využívat artefakty z nich vzniklé.



Obrázek 1: Fáze metodiky Unified Process

Zdroj: [31]

Logické členění kapitol této práce nebude zcela odpovídat UP, ale členění vývoje informačních systémů do tří různých úrovní abstrakce dle [32]. Jsou to:

- analytické modelování,
- návrh designu
- kódování.

Tyto úrovně však dají analogicky přirovnat k životním fázím a pracovním postupům známým z UP, přičemž jsou jen jednodušším vyjádřením celého procesu. Abstrakce je v tomto případě vztažena k míře implementační podrobnosti, např. v konkrétním programovacím jazyku.

Při analytickém modelování, zkráceně jen analýze, je míra abstrakce nejvyšší. Analytických prací se mohou zúčastnit i lidé jinak neznalí vývoje softwaru, protože se pouze pracuje s pojmy vyskytujícími se v systému a popisuje se, co se s těmito pojmy děje.

Návrh designu aplikace už musí znát cílové implementační prostředí a artefakty v této úrovni vzniklé s ním musí počítat. Převádí totiž vysoce abstraktní modely z části analýzy do modelů konkrétnějších a poplatnějších cílovému prostředí.

V nejnižší úrovni abstrakce se realizuje zadání z předchozích úrovní samotným psaním zdrojového kódu. Teprve výstupem této poslední úrovně je samotný informační systém.

Tato kapitola se zaměří na analýzu aplikace, tedy na tu část vývoje, která zkoumá problémy v doméně dané aplikace, snaží se porozumět prostředí, v kterém má fungovat a odhalit požadované procesy v programu a vztahy s jeho okolím. Analýza systému má odpovědět na otázku, co má systém dělat. Nezabývá se metodami, jak toho dosáhnout.

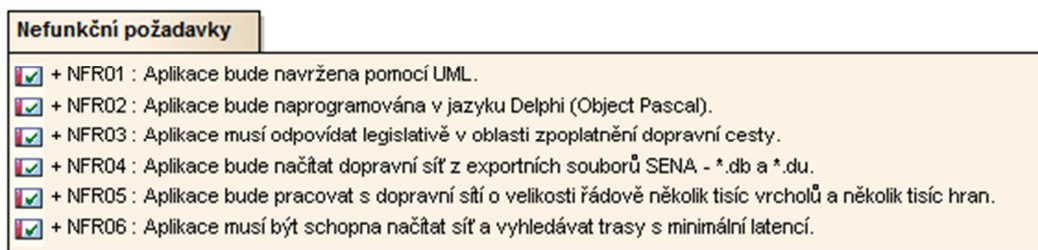
### 3.1 Požadavky kladené na systém

Pro psaní požadavků neexistuje žádný standard, pouze doporučení, které ukládá psát požadavky v podobě stručných popisů. Požadavky by měly mít i jednoznačný identifikátor, a pro snazší orientaci mohou být děleny do tematických skupin.

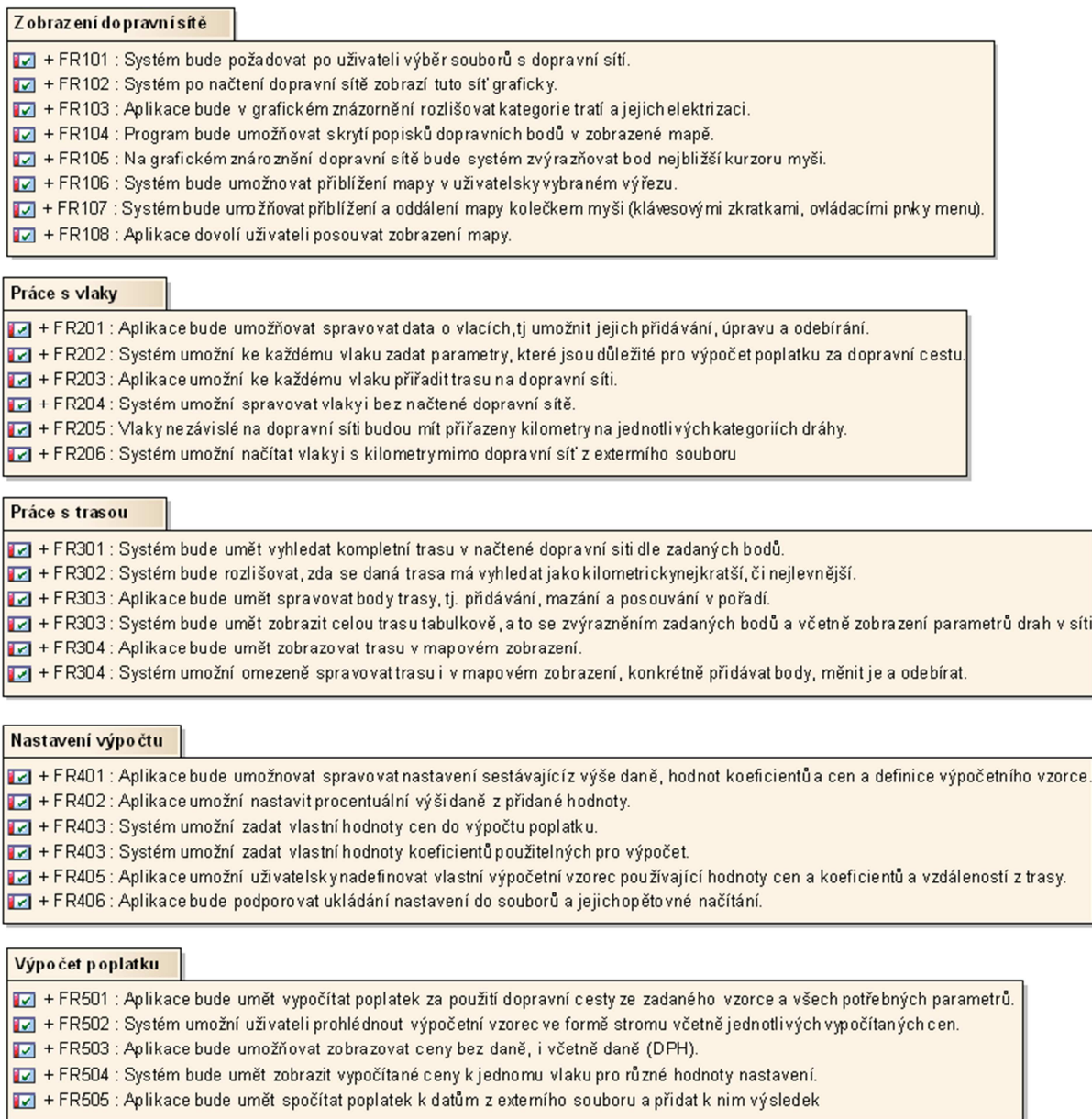
Základní dělení požadavků je na funkční, které mají přesně ukládat systému, co má dělat, a nefunkční, které nastaví systému omezující podmínky, které musí splnit.

Požadavky vytvořené pro systém vyvíjený v této práci vycházely z autorovy předchozí aplikace PZDC [30]. Její používání přineslo nápady na další možný rozvoj, který je definován právě v požadavcích. Velikou inspirací pro další vývoj byla i kalkulačka poplatků ŽSR [29]. Aplikace samozřejmě musí odpovídat i legislativě široce popsané ve druhé kapitole.

Základní požadavky na aplikaci také samozřejmě definuje zadání pro tuto práci.



Obrázek 2: Diagram nalezených nefunkčních požadavků



Obrázek 3: Diagram nalezených funkčních požadavků

### 3.2 Případy užití systému

Další částí analytického modelování systému je hledání případů užití (use case) systému. Jeden případ užití představuje jednu základní funkcionalitu systému, když jej někdo „užije“. Každý případ užití by měl v ideálním stavu přinést ve výsledku nějakou přidanou hodnotu. Případy užití jsou spouštěny buď tzv. aktéry stojícími mimo systém (uživatelé, jiné systémy či čas), nebo podněty uvnitř systému (jiné případy užití).

Jednotlivé případy užití by měly vzejít především z funkčních požadavků. Oproti nim však navíc obsahují takzvané scénáře, které detailněji popisují, co má daná konkrétní funkcionalita provádět. Scénáře se obvykle píšou ve strukturované slovní formě, v jednotlivých krocích se pak uvádějí konkrétní činnosti aktéra, který daný případ užití spustil a obsluhuje jej, a systému. Ve scénářích lze používat i pokročilejší techniky, jako

jsou omezující podmínky, předpoklady, větvení a rozhodování, nebo cykly. Příklad scénáře nalezeného případu užití v systému je v tabulce 5.

Tabulka 5: Příklad scénáře případu užití nalezeného v systému

<b>Jméno případu užití:</b> UC 402 Nalezení trasy
<b>Krátký popis:</b> Nalezení nejkratší cesty v dopravní síti dle zadaných bodů
<p><b>Scénář:</b>          Předpoklad: Je načtena dopravní síť.          Předpoklad: Je vybraný vlak.</p> <p>1. Systém ze zadaných uživatelsky definovaných bodů spočítá kompletní trasu na dopravní síti mezi dvojicemi po sobě následujících bodů. Dle příznaku u vlaku se bude vyhledávat buďto trasa nejkratší, dle vzdáleností mezi body, případně nejlevnější, dle ceny za daný vlak mezi body, v tom případě se pro každou hranu v síti musí spočítat výše poplatku pro daný vlak =&gt; UC 601 Výpočet poplatku.</p> <p>2. Systém aktualizuje zobrazení trasy =&gt; UC 301 Zobrazení trasy tabulkově.</p>

Uvedený případ užití ve slovním scénáři obsahuje jednu podmínku, jeden cyklus a dva odkazy na jiné případy užití. Odkaz je slovním vyjádřením relací mezi jednotlivými případy užití, které se ale užívají především graficky.

Notace UML rozeznává následující typy relací mezi případy užití:

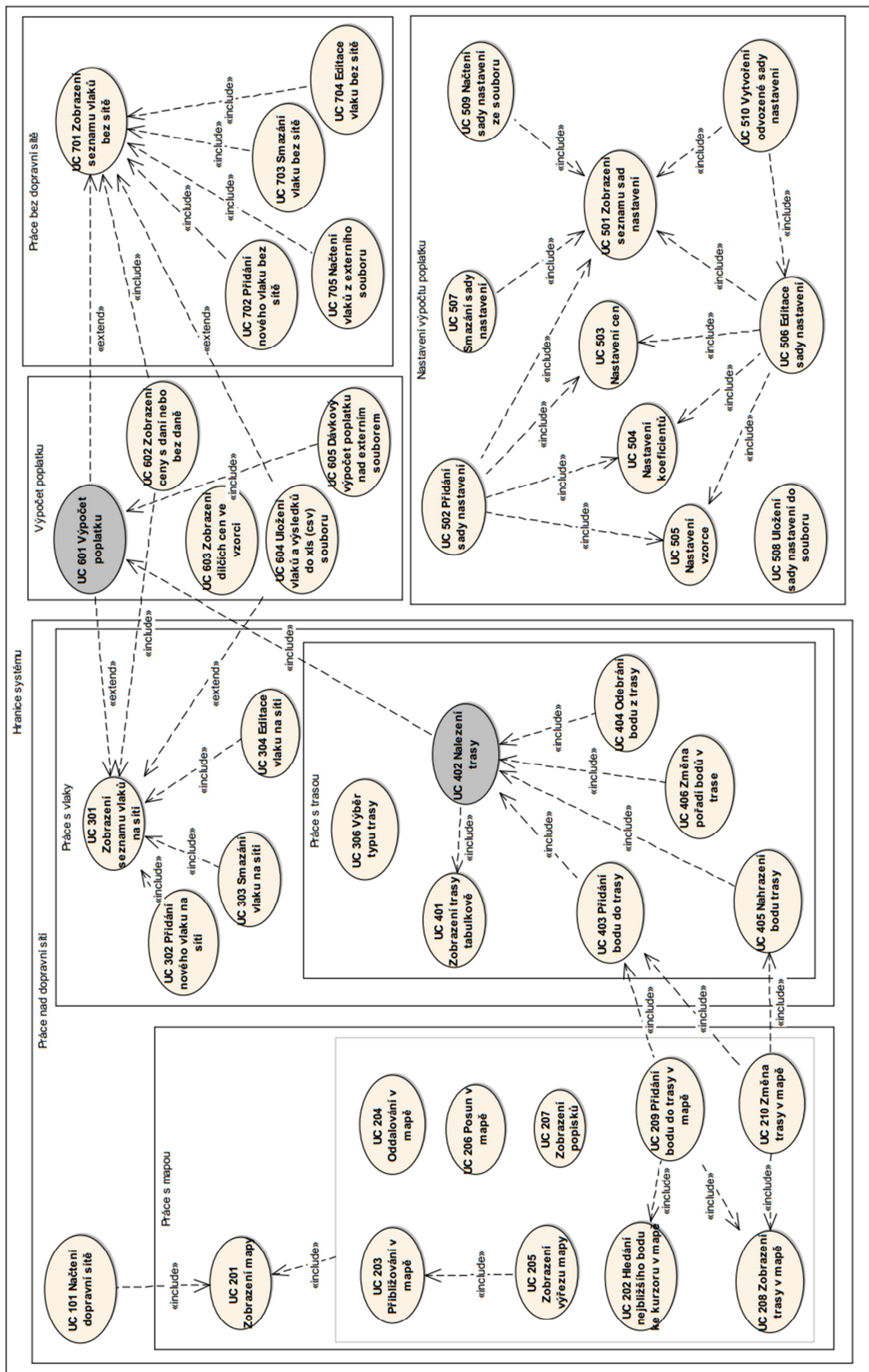
- relace <<include>> – umožňuje z jednoho případu užití volat jiný konkrétní případ užití, což je i případ příkladu výše.
- relace <<extend>> – rozšiřuje původní případ užití o nové chování, původní případ užití o rozšiřujícím případu nic neví,
- generalizace případů užití – tzv. dědění, kdy lze více pro podobných případů užití najít společné chování, jež lze vytknout do zobecňujícího případu užití.

Případ užití uvedený v příkladu je navíc zvláštní ještě jednou věcí, a sice tím, že ho uživatel nemůže spustit napřímo, ale jen přes jiné případy užití. Tento případ užití je totiž pro systém sám o sobě tak důležitý, že má smysl jej přesunout do samostatného případu užití.

Pro systém vytvářený v této práci byly nalezeny případy užití z obrázku 4. Podobně jako u požadavků jsou rozděleny do tematicky příbuzných celků a mají jednoznačné identifikátory. Na tomto diagramu případů užití není zobrazen žádný aktér, a to proto, že vyvíjený systém je desktopová aplikace, se kterou by měl pracovat vždy jen jeden uživatel. Zobrazení aktéra by tedy bylo nadbytečné. Uživatelsky přímo nespustitelné případy užití jsou podbarveny šedě.

Scénáře ke všem případům užití jsou dostupné v příloze v souboru s příponou *eap*. K jejich prohlížení je nutné použít software Enterprise Architect.





Obrázek 4: Diagram případů užití



### 3.3 Analytické třídy

Dalším nezbytným krokem v analýze vyvíjeného systému je vytvoření diagramu analytických tříd. Ten se používá pro zobrazení statické struktury systému a ke znázornění toho, co má daný systém evidovat. Zavádí proto tzv. analytické třídy, které reprezentují jednotlivé evidované pojmy. Třídy bývají většinou virtuálním obrazem nějakého prvku či objektu z reálného světa, např. vlak, dopravní bod, síť nebo poplatek za dopravní cestu. Jednotlivé třídy se vyhledávají dvěma základními způsoby, kterými jsou [31]:

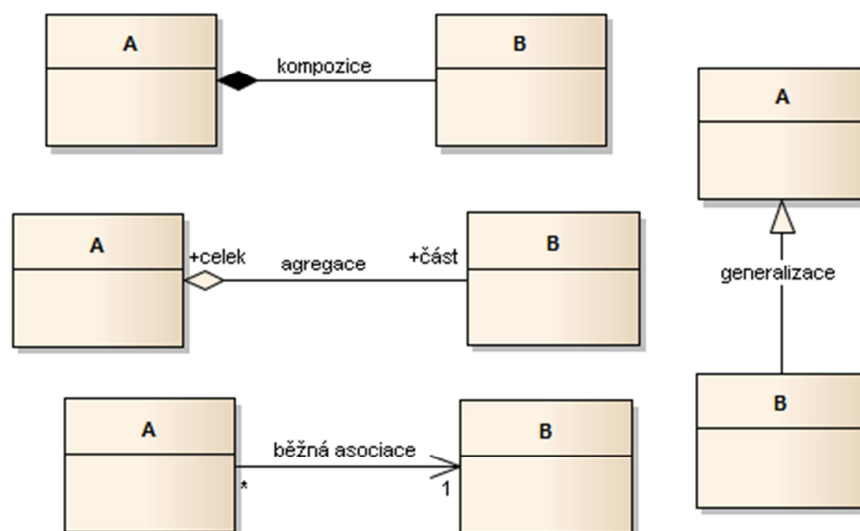
- analýza podstatných jmen a sloves – provádí se nad analytickými dokumenty (zadání, scénáře případů užití, ...),
- metoda CRC štítků – brainstorming se zapisováním všech nápadů na štítky.

Oba uvedené způsoby se často navzájem doplňují. Třídy se vyhledávají jen v doméně řešeného problému, proto se také často hovoří o doménovém modelu tříd. Zřídka se používá i název diagram statické struktury.

Model analytických tříd tedy odpovídá především na otázky typu: S jakými informacemi má systém pracovat? Jaké vlastnosti mají evidované prvky? Co mají umět řešené výskyty tříd? V jakém vzájemném vztahu jsou jednotlivé prvky?

Vlastnosti prvků se řeší za pomoci tzv. atributů tříd, tedy jejich atomických vlastností, pro které nemá smysl zavádět vlastní třídy. Funkčnost tříd vystihují jejich metody. U analytických tříd se obvykle uvádí jen klíčové atributy a důležité metody specifikující jen základní služby. U metod se pak uvádí jen prostý název bez parametrů a případného návratového typu, ty se pak doplňují až v pozdějších fázích návrhu.

Vztahy mezi třídami a jejich vzájemnou komunikaci zobrazují relace. Základní dělení relací dle [32] spočívá v tom, zda relace vyjadřuje vztah jen mezi třídami jakožto vzory pro vznik instancí, anebo vztah mezi jejich instancemi vzniklých v systému dle těchto vzorů. Vztahy mezi instancemi popisuje asociace, vztahy mezi třídami pak generalizace. Oba základní typy relací jsou ale v diagramu tříd znázorněny jako vztahy mezi třídami, jen se liší analytickým významem.



Obrázek 5: Grafické vyjádření relací v diagramu tříd

U asociace rozlišujeme další vztahy:

- agregace – vyjadřuje vazbu majitelství jedné instance druhou (na obrázku 5 je v roli majitele třída A),
- kompozice – silnější forma agregace, vlastněná instance (část) nemůže existovat bez vlastníci (celku),
- běžná asociace – používání nebo volání instance instancí jiné třídy (na obrázku 5 třída A využívá třídu B).

Generalizace jako vztah mezi třídami specifikuje pravidla pro dědičnost, kdy jedna třída využívá definice jiné třídy, ke které přidává další informace. Na příkladu z obrázku 5 třída B dědí z třídy A.

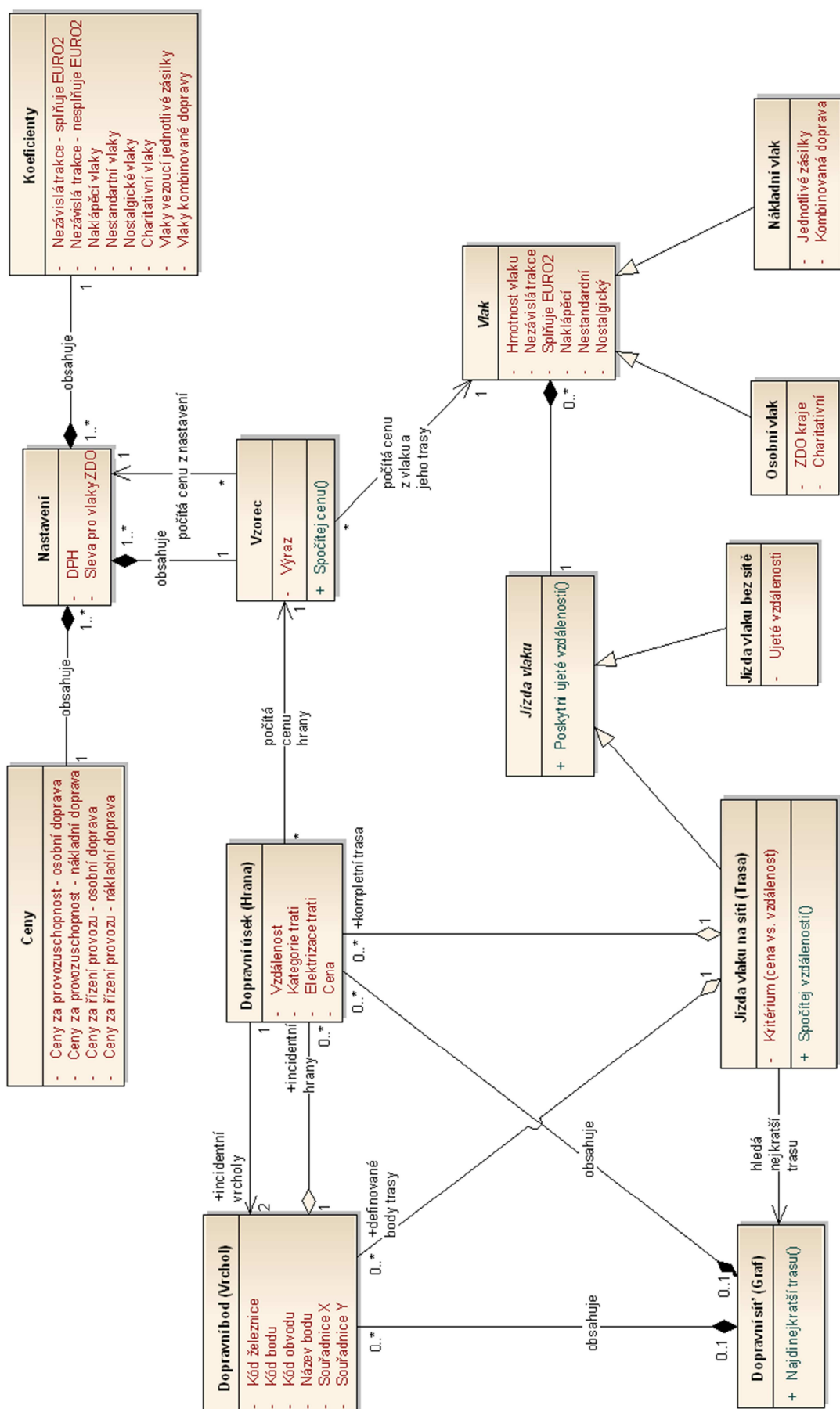
Jednotlivé relace mohou být pro větší názornost pojmenované, název pak vyjadřuje význam vztahu, a jméno se umísťuje doprostřed relace. Slova umístěná na koncích relací znamenají název role dané třídy v relaci. Na obrázku 5 u relace nazvané agregace vystupuje třída A ve vztahu jako celek, třída B jako část.

Posledním prvkem rozšiřujícím diagram tříd je tzv. kardinalita nebo také násobnost či multiplicita. Ta určuje počet instancí dané třídy, které mohou vstoupit do daného vztahu. Na příkladu z obrázku 5 u vztahu běžná asociace můžeme vyčíst, že v systému se může vyskytnout  $n$  instancí třídy A, z nichž každá může používat právě jednu instanci třídy B.

Na obrázku 6 je diagram analytických tříd pro systém vyvíjený v této práci. Z něj vyplývá, že v systému by se měla vyskytovat maximálně jedna dopravní síť obsahující  $n$  vrcholů a  $m$  hran, mezi kterými jsou vzájemné vazby. Vrchol agreguje hranu proto, že hrana bez vrcholu nemůže samostatně existovat. Příímým „majitelem“ hrany je však samotná dopravní síť, proto se nejedná o kompozici.

Další klíčovou třídou v systému je Vlak, shromažďující informace o parametrech vlaku a jeho jízdě. Název třídy Vlak je v modelu napsaný kurzívou, jedná se tedy o třídu abstraktní, ze které nemohou vznikat instance. Na jejím místě díky zástupnosti tříd zespoda nahoru v generalizačním stromě bude vždy buď přímo instance vzniklá ze třídy Osobní vlak, anebo Nákladní vlak. Každý vlak potom povinně ponese informace o své jízdě, což reprezentuje opět abstraktní třída Jízda vlaku. Jejím potomky jsou třídy Jízda vlaku bez sítě, která uchovává pouze kilometry ujeté na jednotlivých kategoriích dráhy, a Jízda vlaku na síti, což je vlastně trasa na dopravní síti. Trasa je určena body z dopravní sítě, vede po hranách dopravní sítě a nad nimi počítá vzdálenosti potřebné pro výpočet poplatku.

Zbylou klíčovou oblastí je nastavení parametrů pro výpočet sestávající z výše DPH, konkrétních pravidel, výše cen, hodnot koeficientů a matematického vzorce poskytujícího výslednou cenu. Vzorec je sice pevnou součástí nastavení, ale z nastavení také čerpá informace nutné k výpočtu, zbylé informace dodává vlak a jeho jízda.



Obrázek 6: Model analytických tříd vyvíjeného systému

## 4 Návrh aplikace

Nezbytným prvkem vývoje každého softwarového systému je jeho návrh. Ten vychází z analýzy, která zjišťuje a popisuje, co má vyvíjený systém dělat. Návrh už posouvá práce o krok dále v tom, že by po svém dokončení měl zodpovědět na otázky obsahující slovo jak. Tedy jak systém pracuje? Jakým způsobem provádí danou operaci? Jak by měl být implementován? Návrh aplikace je sice stále jen modelem, ale už pracuje i s konkrétními prvky danými prostředím, ve kterém má být nakódován.

V této kapitole popíši složitější datové struktury a algoritmy navržené, vytvořené a použité při návrhu a prvotních fázích implementace aplikace.

### 4.1 Dopravní síť

Pro práci s dopravní sítí jsou k dispozici stejná data jako pro původní aplikaci PZDC vyvíjenou v [30], tedy export popisu sítě z IS SENA. Tamtéž nechť čtenář hledá také podrobný popis struktury těchto zdrojových dat.

Vzhledem k vývoji a změnám v pravidlech zpoplatnění však v těchto datech zcela chybí příznak pro kategorii tratí, na kterých není celoročně provozována drážní doprava k zajištění dopravní obslužnosti a na kterých jsou jízdy všech vlaků zpoplatněny nejdražšími sazbami, tj. jako pro nákladní vlak na kategorii dráhy E. Aplikace tedy tuto speciálně pro účely zpoplatnění zavedenou kategorii tratí nebude vůbec uvažovat. Vzhledem k tomu, že SŽDC dle [22] deklarovala záměr tuto kategorii od roku 2013 znovu neuvažovat, nebudou tedy ve vyvíjeném systému naplno zohledněny možnosti pravidel zpoplatnění pouze z roku 2012.

Jak již bylo napsáno v analytické části, dopravní síť jakožto datová struktura bude obsahovat dvě množiny heterogenních prvků, vrcholů a hran, které budou navzájem propojeny objektovými referencemi. Množiny budou realizovány pomocí generických seznamů nabízených vyšším programovacím jazykem. Vrchol bude obsahovat referenci na další seznam, ve kterém budou umístěny odkazy na všechny incidenční hrany. Každá hrana pak bude obsahovat dvě povinné zpětné reference na incidenční vrcholy. Dopravní síť bude po svém vytvoření z načtených souborů představovat statickou strukturu, tedy nebude možno přidávat, měnit ani odebírat její prvky.

Dopravní síť ještě navíc zapouzdřuje strukturu označující maximální a minimální souřadnice v síti se vyskytující, to kvůli jejímu mapovému zobrazení.

#### 4.1.1 Mapové zobrazení dopravní sítě

Z požadavků kladených na program vyplývá nutnost kvalitního návrhu nejen v oblasti práce s daty, ale i jejich zobrazení. Konkrétně celé dopravní sítě, aktuálně zpracovávané trasy vlaku v dopravní síti včetně uživatelsky zadaných bodů a bodu dopravní sítě nacházejícího se nejbližše kurzoru myši. Trasa bude vždy představovat podmnožinu ze seznamů vrcholů a hran dopravní sítě, proto se na její zobrazení budou vztahovat stejná pravidla jako na celou síť.

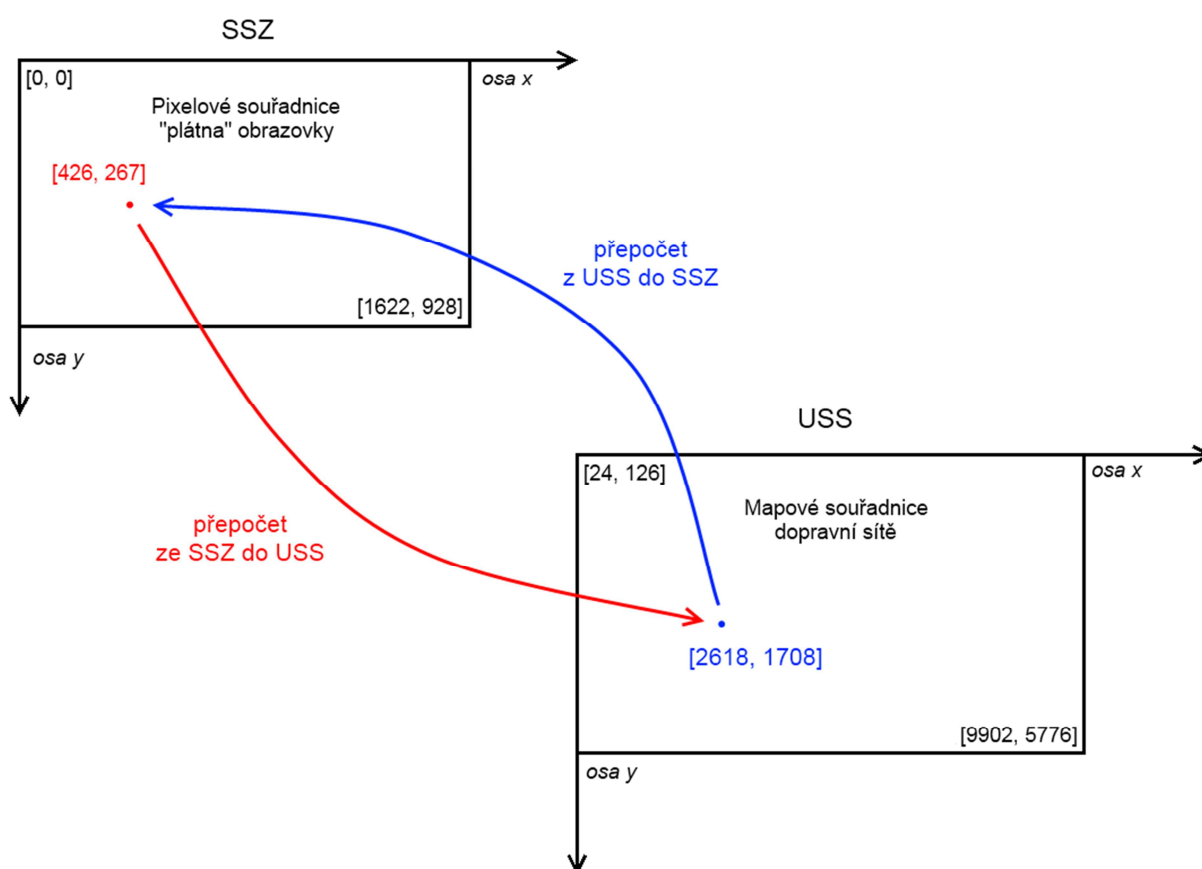
Pro vykreslení jednotlivých prvků na obrazovku slouží souřadnice uchovávané ve třídě dopravního bodu neboli vrcholu. Vykreslovat se mají dva typy prvků, vrcholy

a hrany. Vrchol obsahuje souřadnice přímo, pro vykreslení hran se musí použít souřadnice z incidenčních vrcholů.

Aby bylo vůbec možné zobrazit dopravní síť v grafické podobě, je nutné vytvořit převodní funkce pro přepočítání souřadnic z uživatelského souřadnicového systému (USS) do souřadnicového systému zařízení (SSZ). Souřadnice uvedené ve zdrojových souborech mají totiž vlastní jednotku pro souřadnice, kdy například „nejzápadnější“ vrchol v síti (tedy ten, co má být ve výsledku zobrazen nejvíce nalevo) má x-ovou souřadnici rovnou 224 a „nejvýchodnější“ (první zprava) 9502. Při vykreslování na obrazovku je však třeba počítat v pixelových souřadnicích tzv. plátna, na které se bude vykreslovat. To je obvykle proměnná, případně komponenta z vyššího programovacího jazyka.

Pro potřeby programu ale bude nutné znát i obrácený vztah, tedy přepočítání pixelových souřadnic na uživatelské. Ten najde využití při hledání bodu dopravní sítě nejméně vzdáleného od kurzoru myši.

Jak již bylo zmíněno, třída dopravní sítě obsahuje i strukturu uchovávající nejvyšší a nejnižší souřadnice bodů v celé síti se vyskytující. Ve skutečnosti ale kvůli tomu, aby tyto krajní body nebyly vykresleny vždy na samém okraji obrazovky, jsou maximální souřadnice zvětšeny a analogicky minimální zmenšeny o konstantu vyjadřující okraj obrazovky. Na pravé straně je tato konstanta dvojnásobná kvůli vypisování názvů dopravních bodů právě na pravou stranu od bodů.



Obrázek 7: Znázornění přepočítávání souřadnic mezi USS a SSZ

Zdroj: autor na základě [33]

Samotné přepočítávací vztahy mezi jednotlivými souřadnicovými systémy pak mají následující tvar:

$$Sour_{SSZ} = Zaokrouhlit \left( Velikost_{SSZ} * \frac{Sour_{USS} - Osa_{USS}}{Velikost_{USS}} \right) + Osa_{SSZ},$$

$$Sour_{USS} = Zaokrouhlit \left( Velikost_{USS} * \frac{Sour_{SSZ} - Osa_{SSZ}}{Velikost_{SSZ}} \right) + Osa_{USS},$$

kde *Sour* znamená souřadnici, *Velikost* je rozměr souřadnicového systému (tedy rozdíl maximální a minimální souřadnice) a *Osa* představuje počáteční, tj. minimální souřadnici. Jde tedy o převedení poměru souřadnice ku velikosti souřadnicového systému posunutého počátkem souřadnicového systému do druhého souřadnicového systému.

Na rozdíl od obrázku 7 a uvedených vztahů ale bývá časté to, že v uživatelském souřadnicovém systému bývá osa *y* rostoucí směrem nahoru, a ne dolů, jako v tomto případě, pak by bylo nutné přepočítávací vztahy pro svislou osu upravit.

Aby nedocházelo k nežádoucím deformacím obrazu, je nutné navíc ještě zajistit správný poměr stran obrazovkového plátna dle poměru velikosti stran mapy. To je zajištěno při načítání dopravní sítě, kdy navíc dojde k inicializaci velikosti plátna dle velikosti obrazovky a nastavení standardního zoomu, neboli přiblížení. Mapu je tedy možno přibližovat a oddalovat, kromě toho i posouvat.

Samotné vykreslování mapy probíhá do plátna v paměti, které je vždy tak velké, aby se do něj vešla celá mapa. Při případném zoomování nebo posouvání je pak ta část mapy, která má být zobrazena, zkopírována na plátno komponenty, která samotná už zajišťuje zobrazení směrem k uživateli.

Při pohybu kurzorem nad mapou je zvýrazňován bod, který je kurzoru nejbližší, obdobně je vždy zvýrazňována trasa vlaku, s kterým se právě pracuje. Pro zvýšení přehlednosti si ještě uživatel může vypnout zobrazování názvů bodů sítě. Bod nejbližší ke kurzoru myši a definované body trasy mají pak název zobrazen stále.

#### 4.1.2 Dijkstrův algoritmus

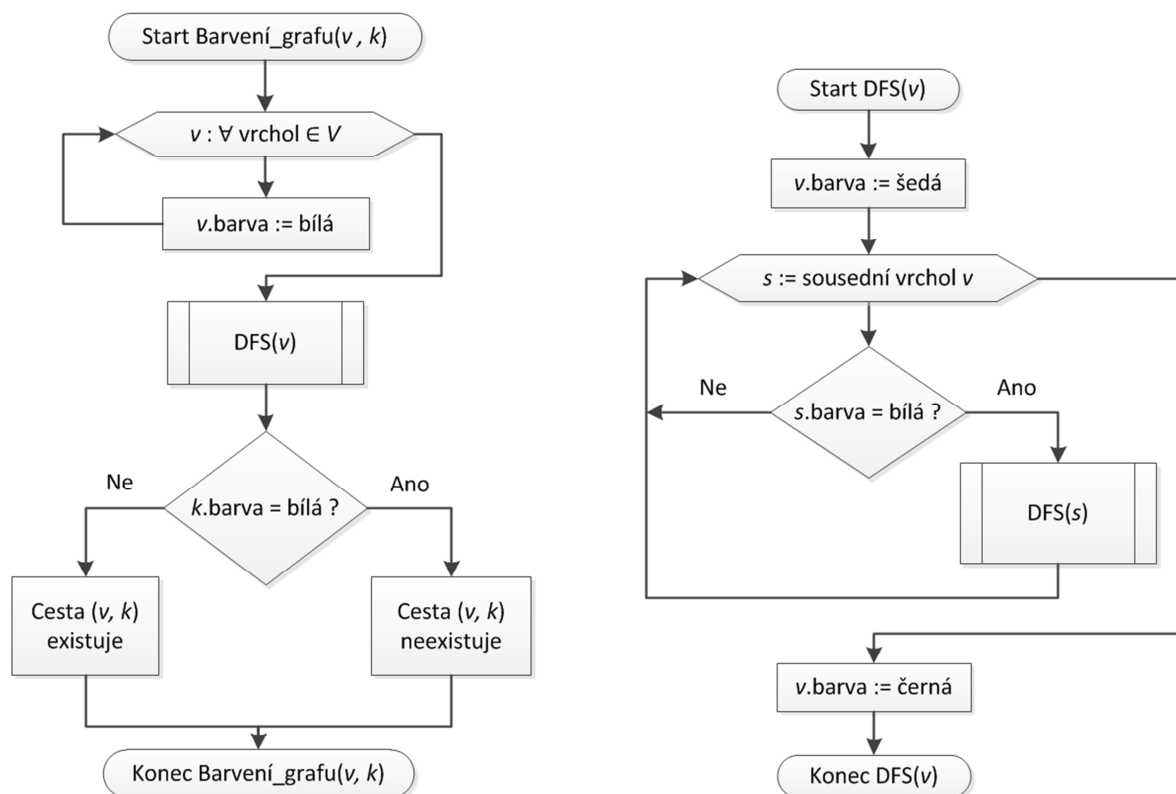
Strukturu v předchozích řádcích popisovanou jako dopravní síť si lze jednoduše představit i jako graf z disciplíny teorie grafů. Konkrétně pak graf neorientovaný a hranově ohodnocený. Jednou ze základních úloh vykonávanou nad grafy je hledání minimální cesty mezi dvěma jeho vrcholy. V [30] byla minimální (nejkratší) cesta mezi vrcholy v trase vyhledávána pomocí Floydova algoritmu, což sebou však neslo nutnost vypočítání distanční a směrovací matice, což trvalo řádově desítky sekund. I případné pouhé načítání už jednou spočítaných matic pak vyžadovalo minimálně sekundy, to ovšem nebylo zcela uživatelsky příjemné. Z požadavků na nový program ale vyplývá, že by načítání sítě a vyhledávání v ní nemělo přinést nijak výraznou latenci. Dotazem na autora aplikace Kalkulačka pre výpočet úhrady za použitie železničnej dopravnej cesty [29] jsem zjistil, že k vyhledávání spojení mezi dvěma body v síti používá Dijkstrův algoritmus. Na základě toho jsem se rozhodl jej implementovat i v programu vyvíjeném v rámci této práce.

Dijkstrův algoritmus byl vymyšlen nizozemským informatikem Edsgerem Dijkstrou v roce 1959. Slouží k nalezení minimální cesty mezi dvěma uzly grafu,

respektive k nalezení minimálních cest z daného grafu do všech ostatních. Tyto dva typy úloh mají i stejnou časovou složitost, pro účely této práce je však zajímavý pouze první typ, tedy hledání cesty mezi dvěma body. Dijkstrův algoritmus je konečný a správně pracující za předpokladů, že graf, ve kterém se vyhledává má nezáporně ohodnocené hrany a je souvislý. Délka hrany v používané síti je vždy nezáporná, takže první podmínka je splněna. Graf na řešené dopravní síti se však skládá z několika komponent, jak bylo zjištěno již v [30], takže jej nelze považovat za souvislý.

K tomu, aby tedy bylo možno vyhledat minimální cestu Dijkstrovým algoritmem mezi dvěma vrcholy grafu, je nutné nejprve vědět, zda mezi těmito vrcholy vůbec existuje cesta, respektive zda náleží do stejného podgrafu, respektive komponenty grafu. K tomu poslouží princip barvení grafu využívající algoritmu prohledávání grafu do hloubky (DFS – Depth First Search). Prohledávání grafu začíná ve výchozím vrcholu a pomocí navštěvování všech sousedních vrcholů se šíří grafem, přičemž se zaznamenává, které vrcholy už byly navštíveny. Barvení grafu pracuje se třemi stavy (barvami) vrcholů v grafu:

- bílé vrcholy – výchozí barva, nenavštívené vrcholy,
- šedé vrcholy – navštívené vrcholy, ale ještě neprozkoumané všechny cesty z nich vedoucí,
- černé vrcholy – navštívené vrcholy, prozkoumány všechny cesty z nich.



Obrázek 8: Vývojový diagram DFS algoritmu pro barvení grafu

Zdroj: autor na základě [35]

Inicializační část algoritmu označí všechny vrcholy v grafu jako bílé. Poté se na výchozí vrchol z dvojice těch, pro které se hledá cesta, zavolá metoda na obarvení jeho

a jeho sousedů. Ta nastaví barvu prohledávaného vrcholu na šedou a pro všechny své ještě nenavštívené, tedy bílé sousedy následně opět rekurzivně<sup>2</sup> volá tuto metodu. Pokud vrchol žádné nenavštívené sousedy nemá, sám se označí jako černý. Pokud má po skončení obarvení grafu z výchozího vrcholu černou barvu i koncový vrchol cesty, pak mezi těmito dvěma existuje cesta, jinak cesta neexistuje a nemá smysl ji ani hledat pomocí Dijkstrova algoritmu.

Zmíněná rekurzivnost je rovnocennou náhradou zásobníku, tedy datové struktury, uchovávající posloupnost dat a definující pořadí práce s nimi. Data uložená jako poslední jsou vždy čtena jako první. Pro zásobník se také používá výraz LIFO. Prohledávání grafu do hloubky musí projít všechny vrcholy a všechny hrany v grafu právě jednou, má proto asymptotickou časovou složitost<sup>3</sup>  $O(n + m)$ , kde  $n$  je počet vrcholů a  $m$  počet hran v grafu.

Pokud je tedy jisté, že mezi dvěma vrcholy existuje cesta, což bylo právě zjištěno, lze mezi nimi pomocí Dijkstrova algoritmu hledat cestu nejkratší. Algoritmus pracuje tak, že si pro každý vrchol  $v$  z grafu pamatuje délku nejkratší cesty z výchozího vrcholu  $s$ , kterou se k němu dá dostat. Označíme si tuto hodnotu jako  $d[v]$ . Na počátku se tyto vzdálenosti pro všechny vrcholy inicializují hodnotou  $d[v] = \infty$ . Nekonečno znamená neznámou cestu k vrcholu. Pouze výchozí vrchol  $s$  má vzdálenost k sobě nulovou:  $d[s] = 0$ . V algoritmu je dále udržována množina  $N$  obsahující ještě nenavštívené vrcholy, na počátku stejná jako množina všech vrcholů v grafu. Při každém průběhu algoritmu je z této množiny odebrán vrchol, který má nejmenší hodnotu  $d[v]$ , dokud není množina  $N$  prázdná. Pro vybraný vrchol se následně zjišťuje, zda vzdálenost do jeho sousedů je menší přes vybraný vrchol než doposud známá vzdálenost do nich, pokud ano, vzdálenost se zaktualizuje. Při tom se ještě označí předchůdce souseda na nejkratší cestě od výchozího vrcholu, tedy vybraný vrchol, jako  $p[v]$ . Algoritmus lze ukončit, pokud se z množiny  $N$  vybere cílový vrchol cesty. Na konci algoritmu je ještě potřeba zrekonstruovat návratovou cestu z cílového vrcholu do startovního. To se provádí pomocí předchůdců  $p$  směrem od cílového vrcholu ke startovnímu, tyto vrcholy v definovaném pořadí pak tvoří nejkratší cestu mezi oběma definovanými vrcholy. Popis algoritmu ve formě vývojového diagramu je na obrázku 9.

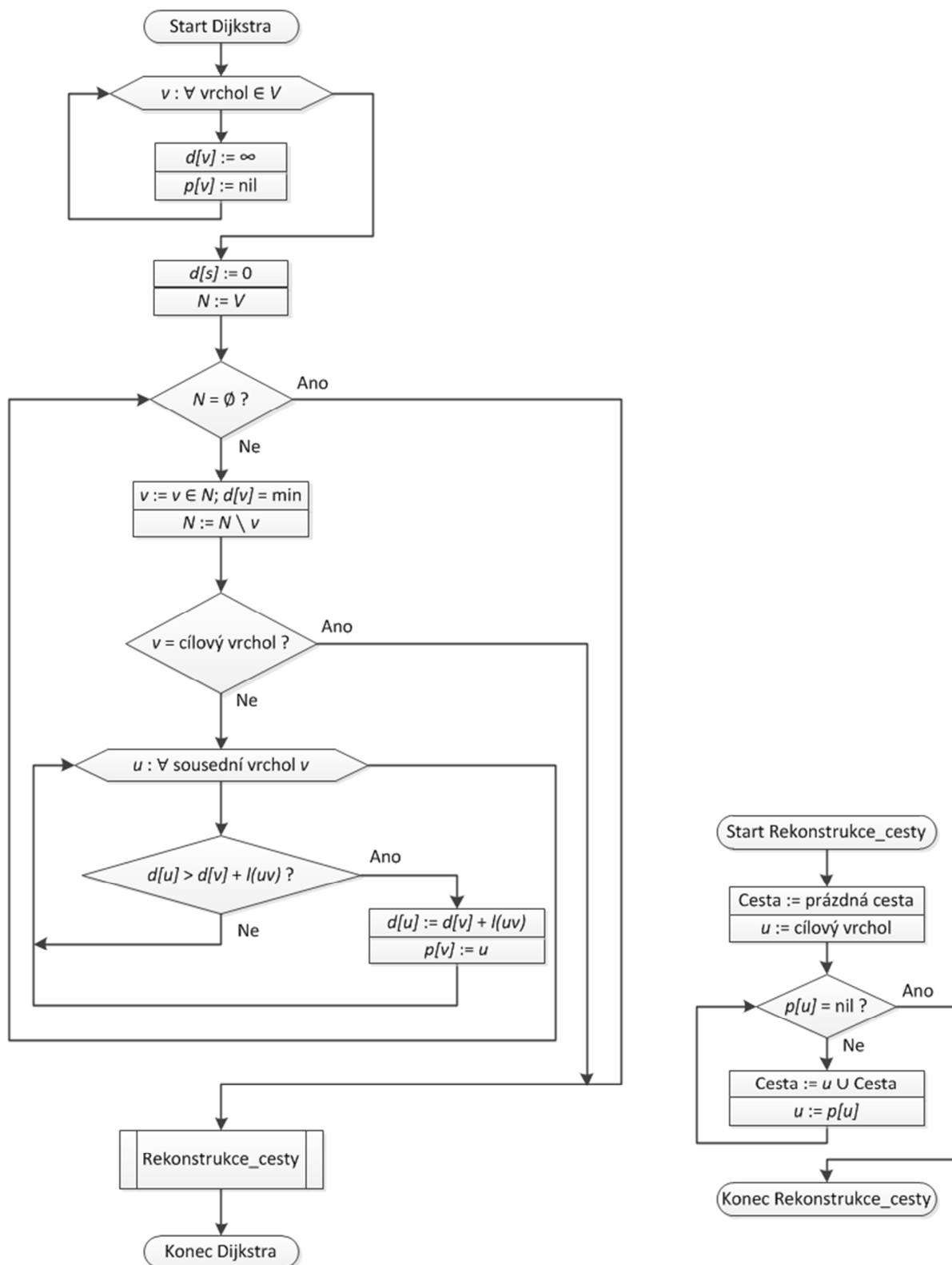
Složitost Dijkstrova algoritmu záleží především na uspořádání množiny  $N$ , z které je extrahován vrchol s dosud nejmenším známým ohodnocením a ve které jsou aktualizovány ohodnocení pro netrvalé vrcholy. Při úplném průchodu algoritmem by bylo třeba  $n$  vyhledání a odebrání vrcholu z  $N$  a  $m$  aktualizací ohodnocení. Pro lineární uspořádání množiny, například pole, je tedy asymptotická časová složitost  $O(n^2 + m)$ . Jak však bylo zjištěno při samotném kódování, je tato možnost vzhledem k době trvání algoritmu nepřijatelná. Blíže viz kapitola 5 realizace programu. Jako ideální datová struktura pro tyto potřeby se ukázala být halda, což je datová struktura používaná právě pro rychlé nalezení minima v množině prvků.

---

<sup>2</sup> Rekurse v programování znamená volání funkce z jedné a té samé funkce ještě před jejím dokončením, jen s jinými parametry.

<sup>3</sup> Asymptotická časová složitost představuje horní odhad výpočetní náročnosti algoritmu v závislosti na množství vstupních dat.





Obrázek 9: Vývojový diagram Dijkstrova algoritmu pro hledání nejkratší cesty

Zdroj: autor na základě [35]

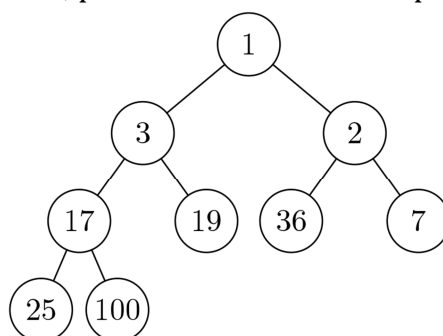
Haldu jako takovou lze však implementovat několika způsoby, jejich přehled je uveden v tabulce 6 i se složitostmi klíčových operací pro potřeby Dijkstrova algoritmu.

**Tabulka 6: Přehled implementací haldy i s časovými složitostmi klíčových operací**

	Odstranění prvku s minimálním ohodnocením	Aktualizace ohodnocení
pole	$O(n)$	$O(1)$
binární halda	$O(\log n)$	$O(\log n)$
d-regulární halda	$O(d \times \log n / \log d)$	$O(d \times \log n / \log d)$
Fibonacciho halda	$O(\log n)$	$O(1)$

Zdroj: [35]

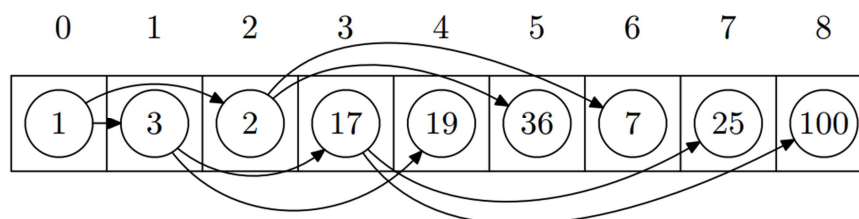
Jako kompromis mezi rychlostí a složitostí struktury jsem vybral k implementaci binární haldu, což je vlastně speciální typ binárního stromu<sup>4</sup>. Ten je však ještě možno realizovat dvěma základními způsoby, a to buď dynamicky v paměti anebo pomocí pole. Zvolena byla druhá možnost. Speciálnost haldy jakožto binárního stromu spočívá ve dvou omezeních, a to sice perfektní vyváženosti stromu (pouze s tou výjimkou, že když je poslední úroveň stromu nekompletní, jsou prvky ukládány do haldy zleva) a haldovým uspořádáním, tedy že prvky stromu mají vždy nižší hodnotu klíče než jejich potomci (to platí pro min-haldu, pro max-haldu musí mít prvky vyšší hodnotu klíče).



**Obrázek 10: Stromové uspořádání haldy**

Zdroj: [35]

Implementace binární haldy v poli je vhodná kvůli zjednodušení přístupu mezi prvky haldy. Halda je totiž vždy kompletní binární strom, a tak lze v indexovaném poli zvolit implicitní vztahy mezi rodiči a potomky. Pokud totiž je pole  $a$  v daném programovacím jazyce indexované od nuly, lze pak vždy snadno najít potomky prvku  $a[i]$  jako  $a[2i + 1]$  a  $a[2i + 2]$ . Index otce prvku  $a[i]$  je pak vždy  $a[(i - 1) / 2]$  (je nutno dělit celočíselně!).



**Obrázek 11: Uspořádání haldy v poli indexovaném od nuly**

Zdroj: [35]

<sup>4</sup> Binární strom je stromová datová struktura, kde každý prvek má nejvýše dva potomky.

Jaké složitosti svých operací tedy nabízí binární halda? Vyhledání minima znamená pouhý přístup k vrcholu stromu haldy, respektive prvnímu prvku v poli, a tedy nejhorší časovou složitost  $O(1)$ . Odstranění tohoto minima z haldy už znamená jeho nahrazení novým minimem. V praxi se používá následující postup:

- odstraněné minimum se nahradí posledním prvkem z haldy,
- zjistí se, který potomek nového prvního prvku má menší klíč,
- pokud syn s menším klíčem má menší hodnotu klíče než nový první prvek, prohodí se s ním,
- takto se pokračuje s „propadajícím se“ prvkem dále, dokud není splněno haldové uspořádání.

Tento postup se často označuje jako „probublávání“ prvku. Těchto jednotlivých probublání může být maximálně tolik, kolik je výška binárního stromu a to je  $\log(n)$ , což je i horní odhad časové složitosti této operace.

Podobně funguje i operace snížení ohodnocení pro daný prvek:

- vybranému prvků aktualizujeme ohodnocení, tzn. zmenšíme jej (v našem případě nemůžeme zvýšit minimální známou vzdálenost),
- vybraný prvek porovnáme dle velikosti ohodnocení s jeho otcem,
- pokud má menší ohodnocení než jeho otec, prohodí se s ním,
- takto se pokračuje s probubláváním prvku směrem nahoru, dokud není splněno haldové uspořádání.

I v tomto případě může být jednotlivých opakování maximálně tolik, kolik činí výška stromu. To znamená i stejný odhad asymptotické složitosti operace.

Pokud zapracujeme tyto haldové operace do složitosti celého Dijkstrova algoritmu, dostaneme složitost  $O((n + m)\log n)$ , což je řádově lepší, než původní varianta se sekvenčním vyhledáváním minima v neuspořádané množině.

## 4.2 Vlak a jeho trasa

Jak bylo uvedeno v oddílu 1.2.2, výsledná výše poplatku za užití dopravní cesty pro jízdu konkrétního vlaku je dána mimo jiné zejména parametry vlaku a parametry dopravní cesty, kterou vlak projel, a ujetou vzdáleností na této dopravní cestě. Proto je vlak klíčovou třídou pro správný návrh aplikace.

Základními atributy každého vlaku z hlediska zpoplatnění je příslušnost k druhu dopravy (osobní nebo nákladní) a dopravní hmotnost vlaku, zaokrouhlená na celé tuny nahoru. Vlak může být další atributy různého charakteru určující konkrétní částku vyjadřující, kolik stála jízda vlaku, například technické, dopravní nebo technologické. Všechny tyto již byly popsány v kapitole zabývající se legislativou. Takové parametry ve formě logických hodnot musí jít nastavit i vlakům zpracovávaným aplikací. Pouze je nutné zmínit, že některé parametry se navzájem vylučují. Například jako vlak objednaný krajem pro dopravní obslužnost a vlak pro podporu charitativních akcí lze označit pouze vlak vedený v osobní dopravě a podobně slevu na převoz vozových zásilek a intermodálních jednotek kombinované dopravy mohou získat pouze vlaky nákladní.

Důležitou položkou každého vlaku, pro který má být spočtena výše poplatku za projetí dopravní cesty, je trasa vlakem projetá. Určuje parametry a vzdálenost projížděných drah, které mají zásadní vliv na výši poplatku.

Protože je v požadavcích na program zmíněna možnost zadat pouze vzdálenosti ujeté vlakem bez znalosti konkrétní trasy, bude nutno zadávání trasy vlaku umožnit dvěma naprosto různými způsoby.

Jeden tedy nebude vůbec vyžadovat načtenou dopravní síť a bude požadovat pouze zadání vzdálenosti ujeté vlakem. Aby ale nedošlo ke ztrátě informací o parametrech projížděné dopravní cesty s vlivem na poplatek, bude nutné rozdělit zadávání ujeté vzdálenosti do více složek určujících, kolik jednotlivých kilometrů vlak ujel na konkrétní kategorii dráhy, tedy E, C nebo R a zda byla dráha elektrifikována. To činí při vzájemné kombinaci obou parametrů a hodnot, které mohou nabývat, celkem šest dílčích vzdáleností.

Druhá možnost zadání trasy vlaku vychází z původního programu PZDC realizovaným v [30] a pokládá trasu vlaku na dopravní síť popisovanou výše. Trasa tak vlastně představuje cestu v síti. Vyhledání cesty, popsané v kapitole o Dijkstrově algoritmu, ale pracuje na vstupu i na výstupu s body ze sítě, podobně i uživatelská logika zadání začátku a konce trasy si vynucuje volbu bodů, kdežto trasu vlaku si lze mnohem snáze představit pomocí hranového pohledu na síť. Po vyhledání nejkratší cesty mezi dvěma zadanými body bude tedy nutné převést cestu získanou jako posloupnost vrcholů do posloupnosti hran. Díky strukturám navrženým v analýze to není nic složitého. Vrcholy totiž znají své sousední hrany a naopak.

Trasu vlaku je možno definovat nejen výchozím a cílovým bodem, ale i požadovanými průjezdními body. Pak se vyhledá cesta pro každou dvojici následných bodů z posloupnosti všech definovaných bodů v cestě a pro získání kompletní cesty se jednotlivé cesty „spojí“ složením posloupností všech vrcholů za sebe. Nutné bude jenom vynechat u za sebou navazujících cest vždy jeden z dvojice shodných vrcholů, kdy jeden představuje konec předcházející cesty a druhý začátek té následující. Zmiňovaný převod do hranového pohledu se převede až po tomto spojení do kompletní trasy.

Trasa má dle analytických výstupů umět poskytnout ujeté vzdálenosti, optimálně ještě rozdělené dle atributů hran s vlivem na poplatek podobně jako u zadání trasy vlaku mimo síť. Nad získanou posloupností hran to je už snadné, vzdálenost ujetá na dopravní cestě s požadovanými atributy se získá jako součet délek všech hran v cestě, které podmínku daných atributů splňují.

Uživatel bude mít možnost dvojího zadání bodů do trasy, jednak alfanumericky výběrem ze seznamu bodů, řazeného podle názvu bodu, případně podle jeho čísla. V seznamu bude možno vyhledávat. Druhou možností bude zadávání pomocí zobrazení užívané dopravní sítě v mapě. Ta už z předchozího návrhu má umět zvýraznit bod, na který aktuálně ukazuje kurzor myši. Nyní bude nutné tuto možnost rozšířit o přidání tohoto bodu do trasy vlaku, pokud na něj uživatel klikne myší.

### 4.3 Výpočet poplatku a jeho parametry

Pro výpočet samotného poplatku za železniční dopravní cestu je nutné správně převést metodiku a legislativní pravidla z kapitoly 2 až do samotného kódu programu.

Vlastnosti vlaku i jeho trasy jakožto položky ovlivňující výsledek výpočtu poplatku již byly popsány, zbývá jenom samotný poplatek spočítat. K tomu je ještě potřeba znát užívané ceny, koeficienty a přesný postup získání hodnoty poplatku ve formě výpočetního vzorce a pravidel užití.

Aby bylo možno splnit požadavek ze zadání na možnost modelování poplatku pro různé koeficienty, bude v aplikaci umožněno uchovávat různé hodnoty koeficientů, ale i cen a dalších příznaků zpoplatnění a pravidel. Tyto hodnoty a příznaky se budou souhrnně označovat jako „Nastavení“, případně „Sada nastavení“ a umožní se jejich správa ze strany uživatele. Pro jeden vlak pak bude možno nechat spočítat cenu pro různá nastavení. Několik sad nastavení bude v programu předdefinováno na základě analýzy zpoplatnění užívaného ve sledovaném období let 2011 až 2013.

Ceny používané pro zpoplatnění byly popsány v úvodní kapitole o legislativě. Skládají se vždy ze dvou složek, ceny za provozování dopravní cesty a za zajištění provozuschopnosti dopravní cesty a jsou dále děleny dle osobní a nákladní dopravy a kategorie tratě. Ceny užívané SŽDC se změnily na počátku roku 2012, a to směrem nahoru.

Užívané koeficienty, taktéž blíže popsané v úvodu, se liší především v tom, zda se objevují jako prvek ve výpočtu, nebo je jimi upravována až finální cena. V roce 2012 došlo ke změně v používání koeficientu  $e$ , kdy došlo k penalizaci všech jízd vlaků s hnacím vozidlem nezávislé trakce na elektrizované trati a také k úpravě nabídkových koeficientů znamenající zlevnění dopravy pro vlaky nákladní dopravy přepravující jednotlivé vozové zásilky nebo vlaky kombinované dopravy. Pro rok 2013 pak došlo k navrácení k původnímu stavu u koeficientu  $e$  a k faktickému zániku významu koeficientu  $n$  pro vlaky s naklápěcí skříní.

Specifikace pravidel zpoplatnění zůstává stejná pro všechny analyzované roky a k nim příslušící Prohlášení o dráze, až na jedinou výjimku. A tou je zvláštní cena pro vlaky osobní dopravy vedené k zajištění dopravní obslužnosti kraje, která skončila k polovině roku 2012. Znamená to tedy, že vlak zajišťující dopravní obslužnost kraje má nárok na „slevu“. Ta je určena rozdílem ve výši cen mezi kategorií dráhy regionální a ostatními kategoriemi dráhy. Zvýhodnění je stanoveno i pro koeficientu  $e$ , který má pevnou hodnotu  $e = 1,00$ . Ale obě tyto výjimky platí pouze pro pravidla zpoplatnění platící do poloviny roku 2012, později už ne. Dále bude s takovými vlaky zacházeno jako s jinými vlaky osobní dopravy.

Sady nastavení definují ještě navíc výši daně z přidané hodnoty, i když se nejedná přímo o součást poplatku a ceny se uvádějí bez ní, ale svým velmi dynamickým vývojem k nastavení závislému na době užití zcela jistě logicky patří.

Na základě výše uvedeného došlo k vytvoření předdefinovaných nastavení z tabulky 7, kde jsou ve zjednodušené podobě uvedeny i zásadní rozdíly mezi nimi.

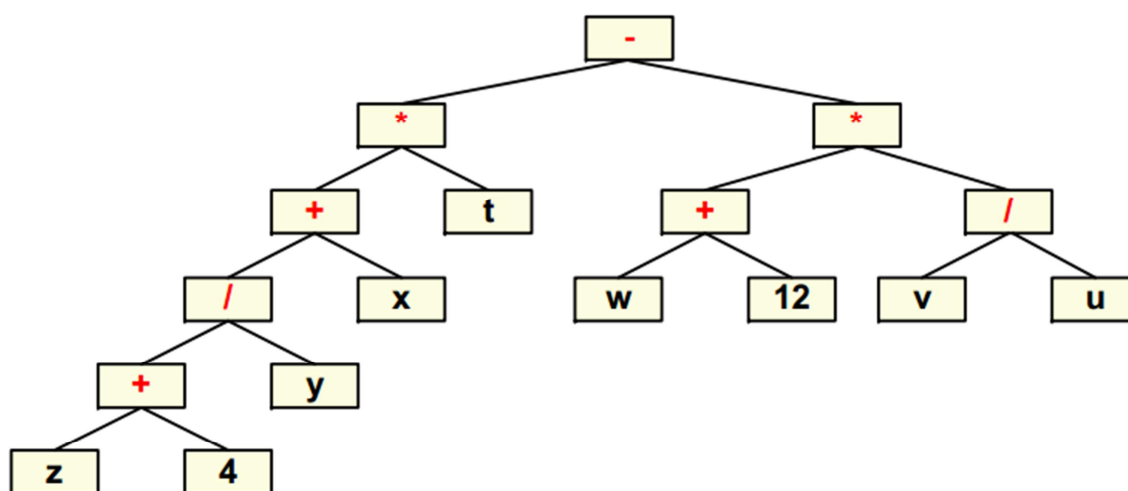
Tabulka 7: Předdefinované sady nastavení v programu a rozdíly mezi nimi

Název sady nastavení	Ceny osobní	Ceny nákladní	Koeficienty	Sleva ZDO	DPH
Poplatky 2011	$S_{1E} = 7,38 \text{ Kč}$ $S_{1C} = 6,14 \text{ Kč}$ $S_{1R} = 5,20 \text{ Kč}$ ...	... $S_{2E} = 56,50 \text{ Kč}$ $S_{2C} = 47,09 \text{ Kč}$ $S_{2R} = 35,32 \text{ Kč}$	$e_1 = 1,00$ $e_2 = 1,075$ $n = 1,25$	Ano	20 %
Poplatky 2012-1.pololetí	$S_{1E} = 7,56 \text{ Kč}$ $S_{1C} = 6,28 \text{ Kč}$ $S_{1R} = 5,32 \text{ Kč}$ ...	... $S_{2E} = 57,81 \text{ Kč}$ $S_{2C} = 48,17 \text{ Kč}$ $S_{2R} = 36,13 \text{ Kč}$	$e_1 = 1,06$ $e_2 = 1,25$ $n = 1,25$	Ano	20 %
Poplatky 2012-2.pololetí	$S_{1E} = 7,56 \text{ Kč}$ $S_{1C} = 6,28 \text{ Kč}$ $S_{1R} = 5,32 \text{ Kč}$ ...	... $S_{2E} = 57,81 \text{ Kč}$ $S_{2C} = 48,17 \text{ Kč}$ $S_{2R} = 36,13 \text{ Kč}$	$e_1 = 1,06$ $e_2 = 1,25$ $n = 1,25$	Ne	20 %
Poplatky 2013	$S_{1E} = 7,56 \text{ Kč}$ $S_{1C} = 6,28 \text{ Kč}$ $S_{1R} = 5,32 \text{ Kč}$ ...	... $S_{2E} = 57,81 \text{ Kč}$ $S_{2C} = 48,17 \text{ Kč}$ $S_{2R} = 36,13 \text{ Kč}$	$e_1 = 1,00$ $e_2 = 1,075$ $n = 1,00$	Ne	21 %

#### 4.4 Uživatelsky definovaný výpočetní vzorec

Protože požadavky na program v zadání specifikují možnost uživatelské definice výpočetního vzorce, bylo nutné si nejprve vyjasnit, jak bude tato část nastavení výpočtu pojata. Ve [34] je uveden jako příklad konkrétního užití datové struktury binární strom vyjádření matematického výrazu. Rozhodl jsem proto o aplikaci tohoto přístupu.

$$t * (x + y / (z + 4)) - (u / v) * (w + 12)$$



Obrázek 12: Symbolické vyjádření matematické výrazu pomocí binárního stromu

Zdroj: [34]

Ten tedy představuje matematický výraz ve formě stromové struktury, konkrétně binárního stromu, kdy uzly stromu (prvky, které mají potomky) vyjadřují operátory z výrazu a listy stromu (prvky bez potomků) pak jeho operandy. Výsledek výrazu v jednotlivých prvcích stromu se dá vždy získat pomocí tohoto prvku a jeho potomků,

takto se lze postupně dopracovat až k výsledku pro celý strom. To sebou ale nese i omezení. Použití binárního stromu totiž omezuje i použití matematických operátorů na maximálně binární, v tomto případě pak pro zjednodušení na pouze binární. Jelikož však všechny základní matematické operátory jsou binární, příliš to nevadí.

Dále bylo nutné vyspecifikovat, které operátory a operandy vůbec budou podporovány a především to, jak a z jakých vstupních dat samotný strom vybudovat. Použité a podporované matematické operátory sestávají pouze ze čtyř nejzákladnějších operací, tedy sčítání, odčítání, násobení a dělení. Žádné další se v existujících a používaných vzorcích pro výpočet poplatku za dopravní cestu ani neobjevují.

Stejně kalkulační vzorce z Výměru MF byly použity i jako podklad pro pokrytí všech nutných hodnot proměnných jakožto operandů, které se ve vzorci mohou objevit. To jsou ceny, vzdálenosti, hmotnost vlaku a koeficienty. U vzdáleností byly na základě textové poznámky z Výměru, která hovoří o tom, že koeficient  $e$  se uplatňuje pouze na tratích s trakčním vedením, rozšířeny možnosti zadání vzdáleností nejen dle kategorie tratí, ale také dle toho, zda jsou elektrifikovány. Navíc je možno zadat i vzájemné kombinace těchto dvou možností. To spolu se vzdáleností obecnou a všezahrnující dává dohromady dvanáct různých typů vzdáleností použitelných ve vzorci. Přesné závislosti ukazuje tabulka číslo 8, kde je zobrazeno šest základních a šest odvozených vzdáleností.

**Tabulka 8: Proměnné představující vzdálenost a jejich závislosti**

Tratě	Elektrifikované (E)	Neelektrifikované (D)	Celkem
Evropské (E)	$L_{EE}$	$L_{ED}$	$L_E = L_{EE} + L_{ED}$
Celostátní (C)	$L_{CE}$	$L_{CD}$	$L_C = L_{CE} + L_{CD}$
Regionální (R)	$L_{RE}$	$L_{RD}$	$L_R = L_{RE} + L_{RD}$
Celkem	$L_{_E} = L_{EE} + L_{CE} + L_{RE}$	$L_{_D} = L_{ED} + L_{CD} + L_{RD}$	$L = L_E + L_C + L_R$

Zadat bude samozřejmě možné i libovolné kladné (desetinné) číslo. Nezáporné kvůli tomu, že není podporován operátor unární mínus. Toto omezení se ovšem dá jednoduše nahradit odečtením záporné hodnoty od nuly. Shrnutí použitelných proměnných je v tabulce 9.

Zdrojem hodnot pro proměnné jsou v případě cen a koeficientů parametry v nastavení (do operandu  $e$  se mohou na základě zvoleného nastavení vkládat dvě hodnoty, buď  $e1$  nebo  $e2$ , to potom záleží na zadaném parametru ekologičnosti vlaku), hmotnost je brána z konkrétního zadaného vlaku a vzdálenosti jsou spočítány z jeho trasy, případně místo ní zadány.

**Tabulka 9: Proměnné, které mohou vstupovat do kalkulačního vzorce**

Ceny	$S_{1E}, S_{1C}, S_{1R}, S_{2E}, S_{2C}, S_{2R}$
Koeficienty	$e, n$
Hmotnost vlaku	$Q$
Ujeté vzdálenosti	$L_E, L_C, L_R, L_{EE}, L_{ED}, L_{CE}, L_{CD}, L_{RE}, L_{RD}, L_{_E}, L_{_D}, L$
Číslo	Libovolné nezáporné číslo





Pro samotné vytvoření kalkulačního vzorce ve formě binárního stromu byla zvolena metoda převodu z takzvané infixové notace, tedy nejběžnějšího způsobu zápisu matematických výrazů. Operátory se v něm zapisují mezi operandy, se kterými pracují. Pro určení pořadí vyhodnocování operací mimo standartní matematická pravidla je nutné použít závorky.

Pro algoritmus převodu infixové notace výrazu do binárního stromu je nutné pro dočasné ukládání dat použít datovou strukturu zásobník. Ten pracuje tak, že data uložená jako poslední vrací vždy jako první, proto se často používá i označení LIFO. Základní zásobníkové operace jsou vložení a vyjmutí dat, případně jenom zpřístupnění naposledy uložených dat. V algoritmu se použijí dva zásobníky, jeden pro odkládání operandů, tedy takových prvků stromu, o kterých už se ví, jak by se pro ně měl spočítat výsledek, tzn. mohou to být buď osamocené operandy, případně operátory, které znají své potomky, a jeden pro odkládání operátorů, tj. prvků stromu obsahujících výhradně operátory, které ještě neznají své potomky.

Dalším problémem k vyřešení je rozdělení výrazu na části tak, aby byly správně zachovány všechny operátory i operandy. Dělení výrazu probíhá vždy „odpředu“ tak, že se nalezne první podporovaný operátor (včetně závorek), pokud je tento na začátku výrazu, oddělí se od výrazu a pokračuje se dále stejně se zbytkem výrazu, pokud není na začátku, oddělí se část výrazu před ním, která se považuje za operand a následně se porovnává se seznamem známých proměnných, případně se ověřuje, zda je to číslo, pokud ne, jedná se o neznámý operátor a vzorec nelze vytvořit. Poslední možností při hledání prvního operátoru ve výrazu je ta, že už žádný operátor neobsahuje, v tom případě se zbytek výrazu považuje za operand a dále se postupuje obdobně jako v předchozím případě. Ve vývojovém diagramu celého procesu převodu výrazu do binárního stromu na obrázku 13 je tento pomocný algoritmus zobrazen jako podproces nazvaný „Odděl\_první\_člen“.

Ve všech předdefinovaných sadách nastavení v programu se bude používat shodný kalkulační vzorec, protože se v čase, který je sledován a porovnáván, nemění. Jak už bylo zmíněno, od vzorce z Výměru MF se liší přesnější specifikací výpočtu tam, kde je užíváno koeficientu  $e$ . Konkrétně se používají přesnější specifikace vzdáleností dle parametrů projížděné tratě a případným použitím koeficientu  $e$ , samotný vzorec se tedy ve složce za provozuschopnost dráhy rozdělí na dva členy, z nichž jeden zahrnuje výkony vlaku na elektrifikovaných a druhý na neelektrifikovaných tratích. Aplikovaný kalkulační vzorec pak vypadá následovně:

$$C = (S_{1E} \times L_E + S_{1C} \times L_C + S_{1R} \times L_R) + \\ + \left( \left( \frac{Q}{1000} \times (S_{2E} \times L_{EE} + S_{2C} \times L_{CE} + S_{2R} \times L_{RE}) \times n \times e \right) + \right. \\ \left. + \left( \frac{Q}{1000} \times (S_{2E} \times L_{ED} + S_{2C} \times L_{CD} + S_{2R} \times L_{RD}) \times n \right) \right)$$

## 4.5 Vyhledání nejlevnější cesty na dopravní síti

Dalším dosud neprobíraným požadavkem ze zadání této práce je definování algoritmu vyhledání nejlevnější cesty mezi zadanými body na dopravní síti. Nejlevnější cestou se v tomto případě rozumí taková, při jejímž projetí by konkrétní vlak zaplatil nejmenší částku na poplatcích za užití dopravní cesty.

Jelikož se ale jedná jenom o variaci již uváděného vyhledání minimální cesty v síti (jen s jiným kritériem hledání), použije se proto právě dříve používaný Dijkstrův algoritmus, ale to se neobejde bez dalších vynucených úprav.

Abychom vůbec mohli spočítat poplatek pro nějaký vlak na dopravní síti, potřebujeme pro to znát nejen parametry toho vlaku, ale i způsob výpočtu poplatku. Pokud toto všechno máme k dispozici, lze pak poplatek vypočítat. Pro vyhledání nejlevnější cesty na síti ale potřebujeme znát cenové ohodnocení sítě. Jak ho ale můžeme získat? Cenové ohodnocení trasy je totiž známo až po průjezdu vlaku danou trasou a výpočtu poplatku nad touto trasou. Pomůžeme si tak, že necháme daný vlak pro dané nastavení fiktivně projet všechny hrany sítě a nad každou hranou spočítáme poplatek podle vzorce, cen a koeficientů z nastavení a s parametry tohoto vlaku zvlášť. Vzdálenostní proměnné se berou standardně z trasy, kterou ale v tomto případě představuje vždy právě jedna konkrétní hrana, která je právě fiktivně projížďena, aby bylo známo její cenové ohodnocení.

Nad takto cenově ohodnocenou sítí je potom možno aplikovat klasický Dijkstrův algoritmus pro vyhledání minimální trasy mezi body, který ovšem jako kritérium ohodnocení vrcholů neuvažuje vzdálenost v kilometrech, ale cenu v korunách.

Pokud se ale změní cokoli v parametrech vlaku nebo jakákoli hodnota proměnné v sadě nastavení, je nutno celé cenové ohodnocení pro hrany v síti provést znovu s aktuálními hodnotami parametrů vlaku, cen a koeficientů z nastavení a s aplikací zadaného kalkulačního vzorce.

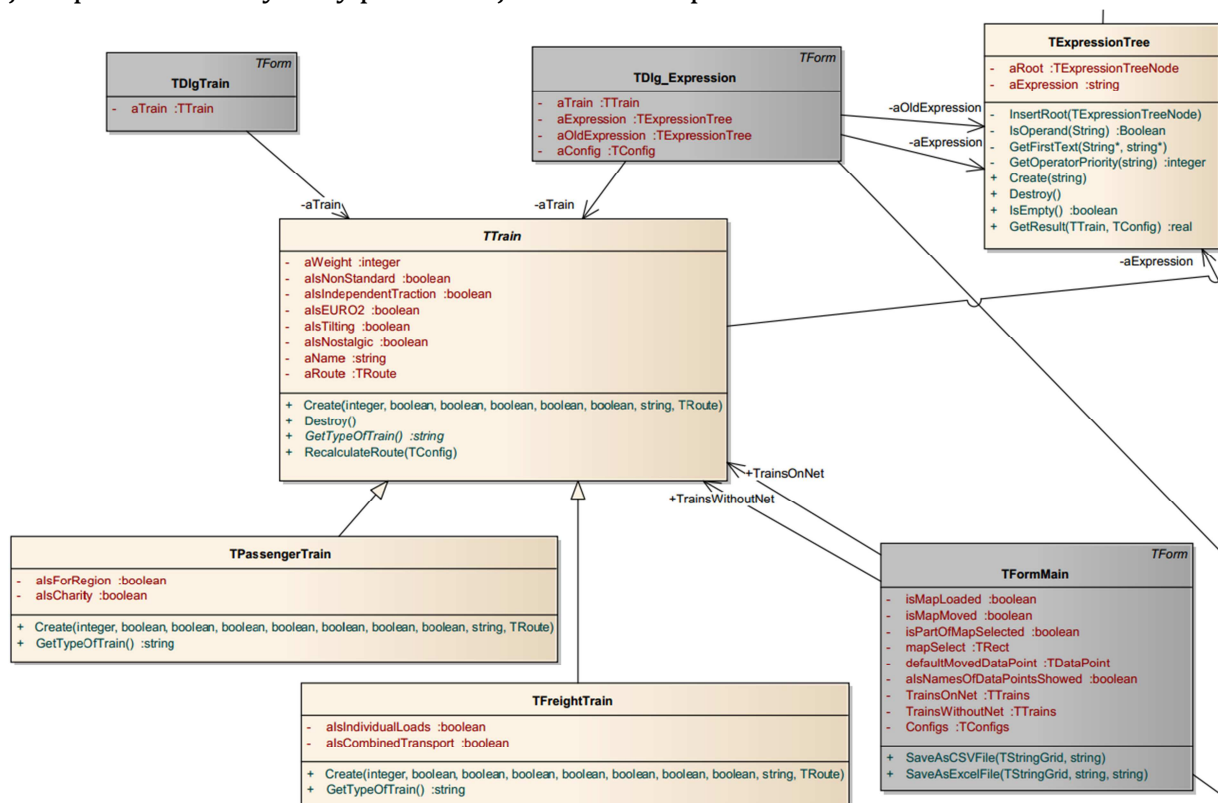
I když se možná výpočet ceny pro každou hranu v síti zvlášť může zdát jako velmi náročná operace, stále má podstatně nižší nároky na časovou složitost než samotné následné použití Dijkstrova algoritmu. Výpočet ceny pro každou hranu má totiž pouze konstantní časovou složitost, pro všechny hrany má pak výraz popisující složitost vždy lineární charakter, Dijkstrův algoritmus se svou lineární závislostí náročnosti na velikosti vstupních dat je tedy stále řádově složitější.

## 4.6 Návrhový model tříd

Výstupem celé kapitoly o návrhu aplikace má být návrhový model tříd. Ten se získá aktualizací analytického modelu o implementační podrobnosti poplatné vývojovému prostředí a programovacímu jazyku, o další atributy a operace a o další třídy a datové struktury nalezené při modelování designu aplikace. To tedy znamená, že oproti modelu tříd z analytické části přibudou třídy popisující binární haldu, binární strom alias výrazový strom nebo zásobník. Navíc jsou do návrhového modelu tříd zahrnuty třídy představující jednotlivé formuláře z vizuální části aplikace. V tomto modelu už nejsou rozlišeny jednotlivé různé typy vazeb u asociací. Zda jde o agregaci, lze

rozlišit dle toho, zda třída, která má vazbu na jinou třídu, obsahuje vázanou třídu jako svůj atribut nebo je název tohoto atributu uveden jako název role na konci asociace. Běžné asociace pak mají pouze pojmenovány pouze relace, nikoliv však role v nich.

Návrh celé aplikace z důvodu zjednodušení a chybějícího požadavku v zadání neoddděloval pevně do uzavřených modulů jednotlivé části systému týkající se zpracovávaných dat nebo jejich zobrazení uživateli dle paradigmat vícevrstvé architektury. To tedy například znamená, že operace týkající se logiky dat mohou být vykonávány i ve třídách určených původně k zobrazení dat. V návrhovém modelu tříd jsou pouze odlišeny třídy představující formuláře podbarvením šedou barvou.



Obrázek 14: Ukázka z návrhového modelu tříd

Vzhledem k velkému rozsahu je zde v textu zobrazena jen ukázka modelu. Celý návrhový model tříd je dostupný v příloze. K jeho otevření je zapotřebí softwaru Enterprise Architect od společnosti Sparx Systems.

Návrhový model tříd je stejně jako implementační část systému veden kompletně v anglické terminologii.

## 5 Realizace

Když už je vyvíjený systém z předchozích kapitol analyticky namodelovaný a navržený, může se přistoupit k samotné implementaci, tedy přepsání designu do zdrojového kódu. To jsem provedl ve vývojovém prostředí Embarcadero Delphi XE2, které podporuje vyšší programovací jazyk Object Pascal, jehož použití bylo specifikováno zadáním. V této kapitole budou dále popsána některá implementační řešení, specifikace vstupů a především bude ukázán vzhled aplikace s důrazem na její ovládání.

Vytvořený program jsem nazval PZDC 2.0. Zkratka vznikla ze sousloví Poplatky za Železniční Dopravní Cestu. Číselné označení evokuje druhou verzi, ta první, ze které program volně vychází, byla vytvořena v rámci [30]. Aplikace vytvořené kompilátorem uvedeného vývojového prostředí jsou poskytovány ve formátu *exe* a lze je spustit v operačních systémech Windows bez dodatečného programového vybavení. Jediná výjimka je operace exportu dat do *xls* souboru, který vyžaduje nainstalované komponenty z balíku Microsoft Office.

Samotný export do formátu MS Excel je proveden přes technologii OLE, která umožňuje různým programům navzájem poskytovat své služby. Pro náš případ vytvoření souboru ve formátu *xls* tedy stačí vytvořit objekt typu Excel a využívat jeho popsaných metod, aniž bychom přímo znali strukturu souboru. Pro případy, kdy by byl program spouštěn na počítači bez instalovaného Excelu, byla ještě vytvořena alternativní možnost exportu dat do textového formátu *csv*, ve kterém jsou data oddělena středníkem.

Velkým implementačním problémem bylo nalezení efektivního provádění Dijkstrova algoritmu. Jak již bylo naznačeno v oddíle 4.1.2, prvotní pokusy byly provedeny s lineárním uspořádáním množiny *N*. Praktické hledání výsledné cesty však ukázalo, že tato varianta nebude schůdná. Doba potřebná na vyhledání cesty z Hranic v Čechách do Mostů u Jablunkova (na používané síti zřejmě nejdelší cesta) byla zhruba 40,5 sekundy. Změna struktury množiny *N* na binární haldu dokázala stlačit čas hluboko pod 1 sekundu a některé další použité optimalizace datových struktur (jako například to, že vrchol zná index svého pořadí v nadřížené struktuře nebo že lze ukončit algoritmus po vyjmutí cílového vrcholu z množiny *N*) ještě dokázaly srazit dobu potřebnou na vyhledání stejné cesty až na 0,02 s. Uváděné hodnoty jsou vždy zaokrouhleným průměrem ze tří různých měření. Ta byla prováděna na počítači s procesorem Intel Core i7 2720QM o frekvenci 2,2 GHz.

V otázce vzhledu aplikace bylo využito grafického motivu nabízeného vývojovým prostředím. Tento motiv dodá v novějších verzích operačního systému Windows s povolenou podporou grafických motivů aplikaci lepší vzhled. Jak však bylo zjištěno, pokud je tato podpora vypnuta nebo je aplikace s motivem spuštěna na starších verzích Windows, může tento motiv způsobit v některých případech naopak zhoršení vzhledu programu. Proto jsou v příloze jako výstupy práce přiloženy obě verze, jak s motivem, tak bez motivu.

## 5.1 Specifikace vstupních souborů

Při načítání předdefinovaných nastavení bylo použito techniky načítání zdrojů (resources). Ta se používá tak, že se soubory s daty (může jít o text, obrázky, ...) samostatným kompilátorem převedou do podoby binárního souboru s příponou *res*. Tento soubor potom v případě, že ve zdrojovém kódu najde odpovídající direktivu jazyka, překladač vývojového prostředí spojí spolu se zdrojovým kódem do výsledného spustitelného souboru. Zdroje takto načtené lze pak využívat kdekoliv ve zdrojovém kódu, pokud je znám název původního souboru se zdrojem samotným. Sady nastavení ve stejném formátu lze ale v programu i uživatelsky načítat z externího souboru a stejně tak je i ukládat. Soubor s nastavením je v textovém tvaru, má příponu *dat* a musí mít jednotlivé informace na 24 samostatných řádcích v následujícím pořadí:

1. *název sady nastavení,*
2. *výše DPH v procentech,*
3. *zda se má uplatňovat sleva na vlaky vedené v ZDO kraje („1“ = ano, „0“ = ne),*
4. *cena S1E pro nákladní vlaky,*
5. *cena S1C pro nákladní vlaky,*
6. *cena S1R pro nákladní vlaky,*
7. *cena S2E pro nákladní vlaky,*
8. *cena S2C pro nákladní vlaky,*
9. *cena S2R pro nákladní vlaky,*
10. *cena S1E pro osobní vlaky,*
11. *cena S1C pro osobní vlaky,*
12. *cena S1R pro osobní vlaky,*
13. *cena S2E pro osobní vlaky,*
14. *cena S2C pro osobní vlaky,*
15. *cena S2R pro osobní vlaky,*
16. *koeficient pro vlaky přepravující vozové zásilky (poměrná hodnota celkové ceny),*
17. *koeficient pro vlaky kombinované dopravy (poměrná hodnota celkové ceny),*
18. *koeficient e pro vlaky splňující normu EURO2,*
19. *koeficient e pro vlaky nesplňující normu EURO2,*
20. *koeficient pro nostalgické vlaky (poměrná hodnota celkové ceny),*
21. *koeficient pro charitativní vlaky (poměrná hodnota celkové ceny),*
22. *koeficient n pro vlaky s aktivním nakládáním,*
23. *koeficient pro nestandardní vlaky (poměrná hodnota celkové ceny),*
24. *výpočetní vzorec v infixové notaci.*

Pro možnost dávkového zpracování výpočtu poplatků za dopravní cestu pro vlaky z externího zdroje bylo nutné zvolit strukturu souboru tak, aby obsahoval všechny informace, které se jinak zadávají ručně v programu, to znamená všechny informace o vlaku a počty kilometrů ujetých na jednotlivých kategoriích tratí. Dávkové zpracování či načtení externího souboru je dostupné pouze pro vlaky mimo dopravní síť, právě kvůli případnému obtížnému navázání externí struktury dopravní sítě k vlakům uloženým mimo program. Byla tedy nadefinována podoba souboru, který musí mít příponu *csv* a který musí obsahovat na jednotlivých řádcích vždy 16 hodnot oddělených středníky. Celý řádek nese informace právě o jednom vlaku. Jednotlivé hodnoty pak představují následující informace, kde logická hodnota znamená, že informace je

uložená buďto jako nula, v tom případě jde o pravdivou informaci, nebo jednička, pak se jedná o nepravdu:

1. *uživatelské pojmenování vlaku,*
2. *druh dopravy („0“ = osobní, „1“ = nákladní) ,*
3. *vlak s aktivním naklápěním (logická hodnota),*
4. *vlak nezávislé trakce (logická hodnota),*
5. *vlak vyhovuje normě EURO2 (logická hodnota),*
6. *nostalgický vlak (logická hodnota),*
7. *nestandardní vlak (logická hodnota),*
8. *záleží na hodnotě položky 2, pokud ta představuje osobní dopravu, pak jde o vlak jedoucí v režimu ZDO kraje (logická hodnota), pokud položka 2 představuje nákladní dopravu, pak jde o vlak přepravující vozové zásilky (logická hodnota),*
9. *záleží na hodnotě položky 2, pokud ta představuje osobní dopravu, pak jde o charitativní vlak (logická hodnota), pokud položka 2 představuje nákladní dopravu, pak jde o vlak kombinované dopravy (logická hodnota),*
10. *hmotnost vlaku v tunách,*
11. *vzdálenost  $L_{EE}$  v kilometrech,*
12. *vzdálenost  $L_{ED}$  v kilometrech,*
13. *vzdálenost  $L_{CE}$  v kilometrech,*
14. *vzdálenost  $L_{CD}$  v kilometrech,*
15. *vzdálenost  $L_{RE}$  v kilometrech,*
16. *vzdálenost  $L_{RD}$  v kilometrech,*

Co představují uvedené vzdálenosti, lze dohledat v tabulce 8.

O požadovaném formátu souborů s dopravní sítí již bylo pojednáno dříve, konkrétně v podkapitole 4.1, respektive v [30].

## 5.2 Zásady práce s programem

V tomto oddíle si představíme základy ovládání výsledné aplikace. Ta je po spuštění vždy roztažena na celou pracovní plochu. Základní ovládací prvky jsou v horní části okna. Jsou to tři základní záložkové karty nazvané Vlaky na síti, Vlaky bez sítě a Nastavení. V kartě Vlaky na síti lze spravovat vlaky na načtené dopravní síti, v kartě Vlaky bez sítě můžeme pracovat s informacemi o vlacích, o jejichž konkrétním pohybu na síti nemáme informace a v kartě nastavení lze ovlivňovat podobu pravidel, vzorců a výši cen jednotlivých sad nastavení, pro která chceme spočítat poplatky.

Uživatelský název	Druh dopravy	Příznaky	Hmotnost	Trasa
Os 25601	Osobní doprava	dopravní obslužnost kraje	24	Nejkratší: Nymburk hl.n. - Poříčany
Os 25602	Osobní doprava	dopravní obslužnost kraje	24	Nejkratší: Poříčany - Nymburk hl.n.

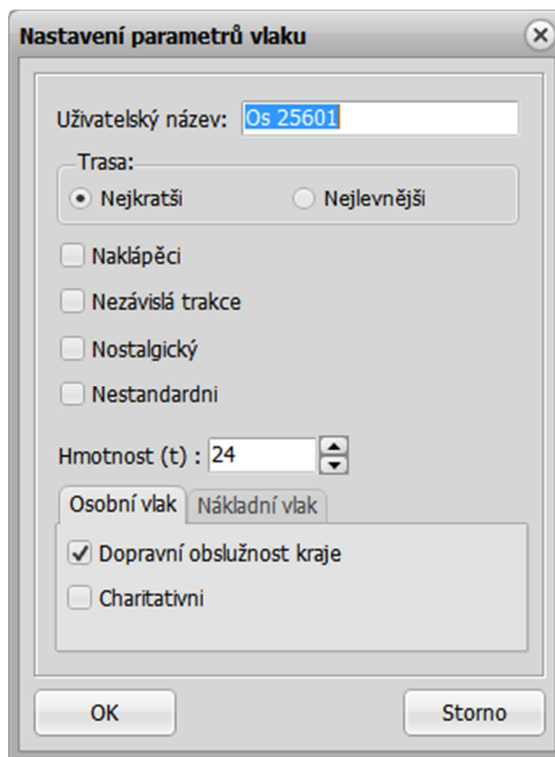
Obrázek 15: Výřez základní obrazovky programu s nadefinovanými vlaky na síti

Na kartě Vlaky na síti je další záložkové rozdělení, kde jsou jednotlivé podkarty pojmenovány Vlaky, Mapa a Trasa. Na první podkartě je uveden tabulkový přehled vlaků

s jejich parametry, na druhé podkartě se graficky zobrazuje dopravní síť, případně trasa vybraného vlaku a na třetí subkartě jsou uvedeny detaily o trase, kterou konkrétní vlak projíždí.

Základní ovládání subkarty Vlaky, konkrétně tabulkového přehledu v něm, je shodné s ovládáním tabulek v kartách Vlaky bez sítě a nastavení. V řádcích tabulky jsou vždy uvedeny jednotlivé záznamy, které představují buďto jednotlivé vlaky, nebo sady nastavení. Ve sloupečcích jsou potom uvedeny jejich atributy. Nové záznamy lze přidat buď přes kliknutí na příslušné tlačítko, nebo přes aktivní výběr posledního řádku, který je vždy prázdný. Aktivním výběrem se míní buďto poklepání levým tlačítkem myši nebo použití klávesy Enter. Obdobně lze provádět úpravu záznamů, tedy výběrem příslušného řádku a jeho aktivním výběrem nebo kliknutím na příslušné tlačítko. Dle vybraného sloupečku se vyvolá dialogové okno pro úpravu příslušných parametrů. I pro mazání záznamů z množin vlaků nebo nastavení si lze vybrat mezi stisknutím tlačítka a klávesou Delete. V kartě nastavení musí ale vždy alespoň jedna sada nastavení zůstat, to znamená, že poslední zbývajících nelze ani smazat.

Řádky z tabulky nastavení představují v kartě Vlaky bez sítě a v subkartě Vlaky sloupečky představující jednotlivá nastavení, pro která má být počítán poplatek za dopravní cestu. Když se tedy přidá sada nastavení v kartě nastavení, v ostatních kartách se to projeví tak, že přibude jeden sloupec pojmenovaný dle příslušné řady nastavení. Opačně při smazání sady nastavení z programu v ostatních kartách tento příslušný sloupec také zmizí.



Obrázek 16: Dialogové okno na nastavení parametrů vlaku

Výběr buněk v tabulkách, které představují příslušné řádky nebo sloupce, ovlivňuje i to, který vlak, nebo které nastavení je aktuálně v programu považováno za aktivní. Tedy pro příslušné vybrané nastavení se v ostatních kartách zvýrazní sloupec

s tímto nastavením. Obdobně to platí i pro vlaky na síti, jejichž výběr se přenáší do karet s mapou a trasou vlaku a obráceně. Pouze pokud před přechodem na jinou kartu se vybere poslední prázdný řádek v tabulce s jednotlivými nastaveními, bude stále považováno za aktivní to nastavení, které mělo tento status naposledy.

Na obrázku 16 je dialogové okno pro vytvoření nebo úpravu parametrů nového vlaku na síti, pro vlak bez sítě se pak liší pouze tím, že je skryt výběr parametru pro trasu. Toto dialogové okno se zobrazí po stisknutí tlačítek pro vytvoření nového vlaku, aktivním výběru prázdného řádku nebo při aktivním výběru prvních čtyř sloupců a neprázdného řádku s vlakem.

	Elektrifikované:	Neelektrifikované:	Celkem:
Evropské tratě:	LEE: 23	LED: 0	LE: 23
Celostátní tratě:	LCE: 0	LCD: 11,3	LC: 11,3
Regionální tratě:	LRE: 0	LRD: 0	LR: 0
Celkem:	L_E: 23	L_D: 11,3	L: 34,3

OK Storno

Obrázek 17: Okno pro zadávání vzdáleností ujetých vlakem mimo síť

Po poklepání do sloupečku trasa se ze subkarty Vlaky přepneme do karty Trasa. V kartě Vlaky bez sítě je sloupeček obdobného významu pojmenován Ujeté vzdálenosti a data v něm zobrazená se zadávají pomocí dialogového okna z obrázku 17.

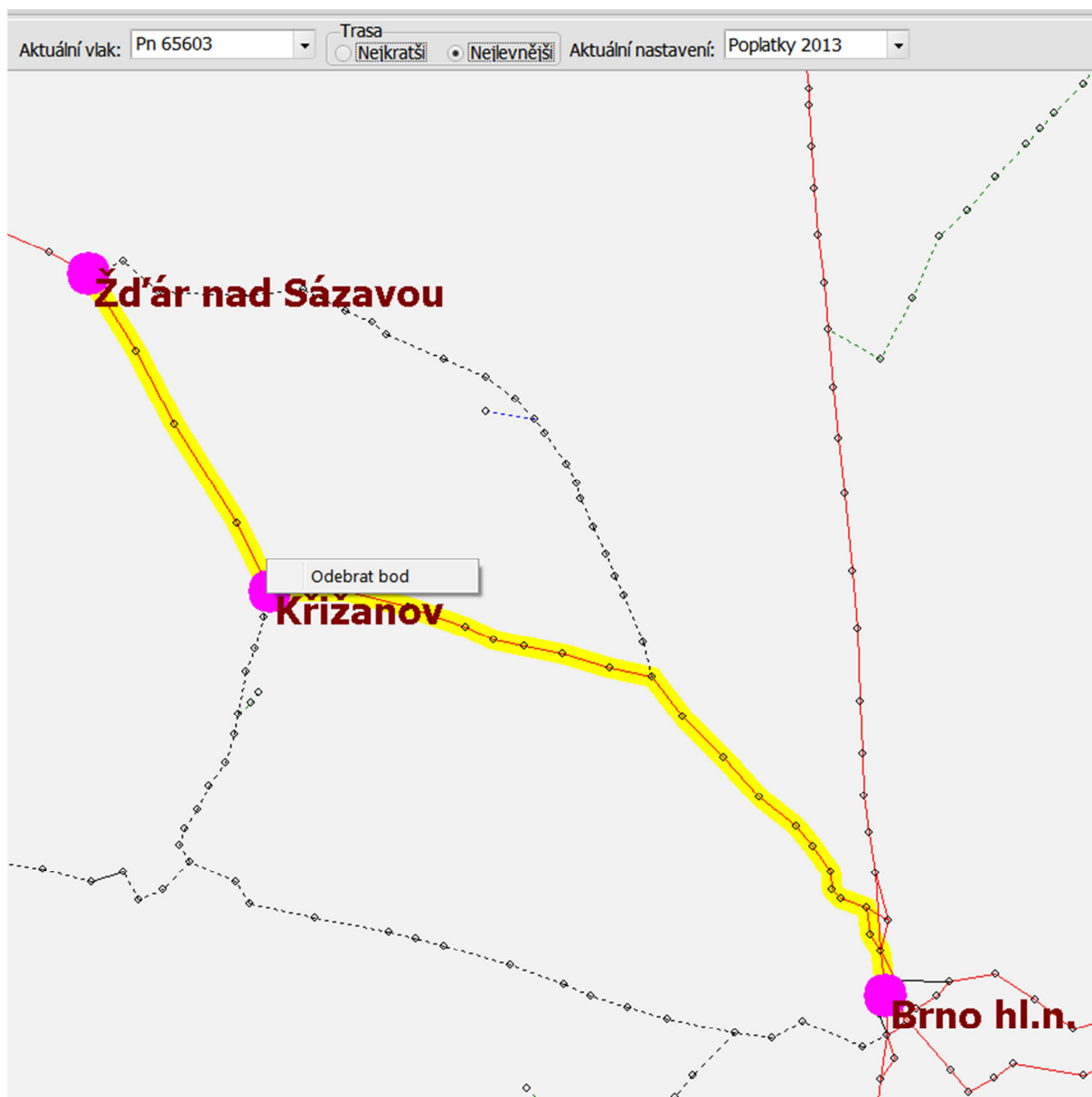
Pokud je momentálně pro vlak možné vypočítat poplatky, což nejde pouze pokud vlak na síti nemá vyplněnou trasu, je v buňce tabulky zobrazena hodnota poplatku pro odpovídající vlak a nastavení. Cenu lze zobrazit s DPH nebo bez ní, lze o tom rozhodovat pomocí zaškrťovacího políčka na pravé straně okna. Po aktivním výběru takové buňky v libovolném sloupci představujícím nějakou sadu nastavení a v libovolném řádku představujícím vlak se zobrazí dialogové okno s detailním výpočtem ceny. Ve stromovém zobrazení je ukázán použitý výpočet a u jeho jednotlivých členů jsou zobrazeny hodnoty, které odpovídají hodnotě výpočtu pro tento člen binárního stromu po dosazení hodnot z nastavení a parametrů vlaku a trasy. Na obrázku 18 je příklad zobrazeného detailu výpočtu.

Velice podobné dialogové okno slouží i pro zadávání uživatelského výpočetního vzorce na kartě Nastavení. Stromová struktura vzorce je tam zobrazena bez výsledných číselných hodnot a slouží čistě jako podpora představivosti a kontrola správnosti zadaného vzorce. Další dialogová okna na kartě Nastavení, která lze vyvolat, slouží pro intuitivní nastavení hodnot DPH, používaných cen a koeficientů.





Pokud je vybrán nějaký vlak, lze klikáním levým tlačítkem myši do mapy volit poslední body trasy. Obdobně lze tažením se stisknutím levého tlačítka přesouvat existující body trasy do jejich nové pozice. Nakonec umožňuje aplikace v mapovém zobrazení zvolené body trasy i odstraňovat pomocí stisku pravého tlačítka myši a případně vyvolaného kontextového menu, pokud je odstranění bodu z trasy umožněno. Pokud ano, pak je dostupná volba odebrání bodu z trasy tak jako na obrázku 19.



Obrázek 19: Mapové zobrazení trasy v dopravní síti

Subkarta Trasa poskytuje větší možnosti definování trasy vlaku v síti, například vyhledání bodu dle názvu nebo čísla, volbu definování pořadí bodu v trase nebo jeho přesouvání v seznamu bodů definovaných jako průjezdných. V horní části okna jsou stejně jako v subkartě Mapa zobrazeny ovládací prvky sloužící k výběru vlaků, případně nastavení, pro tyto platí i stejná pravidla jako pro ty nad mapovým zobrazením.

Zbytek plochy na formuláři je vyplněn informacemi o trase, ať už souhrnnými počty kilometrů na jednotlivých kategoriích tratí, nebo naopak detailními v podobě

jednotlivých hran z trasy a informacemi o jejich parametrech. Definované body jsou zvýrazněny tučným písmem i v tomto tabulkovém pohledu.

Aktuální vlak: R 844 Trasa  
☒ Nejkratší ☐ Nejlevnější

Body řadit podle:  
☒ jména  
☐ čísla z SR70

Přidat jako výchozí  
Přidat jako koncový  
Přidat před  
Přidat za  
Odebrat  
Nahradit  
Posunout nahoru  
Posunout dolů

Haviřov, 334540-00  
Ostrava-Kunčice, 344143-00  
Ostrava uhelné n., 380345-00  
Olomouc hl.n., 343624-00

Elektrifikované:  
Evropské tratě: LEE: 112,1  
Celostátní tratě: LCE: 9  
Regionální tratě: LRE: 0  
Celkem: L\_E: 121,1

Číslo bodu z	Název bodu z	Číslo bodu do	Název bodu do	Délka v km	Kategorie tra
<b>334540-00</b>	<b>Haviřov</b>	334649-00	Šenov z	3,5	E
334649-00	Šenov z	344242-00	Ostrava-Bartovice	2,3	E
344242-00	Ostrava-Bartovice	<b>344143-00</b>	<b>Ostrava-Kunčice</b>	4,3	E
<b>344143-00</b>	<b>Ostrava-Kunčice</b>	343749-00	Ostrava-Kunčičky z	2,2	C
343749-00	Ostrava-Kunčičky z	343947-00	Ostrava střed	2,7	C
343947-00	Ostrava střed	343939-00	Ostrava-Stodolní z	0,7	C
343939-00	Ostrava-Stodolní z	380444-00	Ostrava bář.n.VOK	0,7	C
380444-00	Ostrava bář.n.VOK	<b>380345-00</b>	<b>Ostrava uhelné n.</b>	1,5	C
<b>380345-00</b>	<b>Ostrava uhelné n.</b>	380147-00	Ostrava levé n.	1,2	C

Obrázek 20: Výřez z formuláře s informacemi o trase vlaku v síti

## 6 Experimentování s výstupy programu

Pro demonstraci možností provádění vyhodnocování výsledků poskytovaných vyvinutým systémem byla nasimulována množina 3829 vlaků, pro kterou se budou výsledky porovnávat. Jako základ posloužil fiktivní jednodenní vzorek výkonů vlaků dopravce zabývajícího se především osobní dopravou. Do vzorku byly doplněny všechny běžně se vyskytující možnosti zohledňující realie v České republice a popisující, jak může vypadat vlak a jak trať, po které jede. Naopak byly naprosto vynechány provozní vzácnosti jako například nostalgické nebo charitativní vlaky. Tato data byla převedena do podoby souboru vyžadovaného k načtení, tak jak jej specifikuje podkapitola 5.1.

Celkový součet posuzovaných výkonů tohoto fiktivního dopravce je 122 461,1 km a 25 090 244,7 hrtkm. To mimochodem pro představu čtenáře velmi zhruba odpovídá asi třetině vykonaných výkonů v železniční osobní dopravě v ČR za jeden pracovní den. Tohoto dopravce by zajímalo, jak se při jeho ustálených výkonech projeví změny v metodice a výši zpoplatnění do celkové výše nákladů na užití dopravní cesty.

**Tabulka 10: Podíly vybraných druhů výkonů na celkovém provozu řešeného fiktivního dopravce**

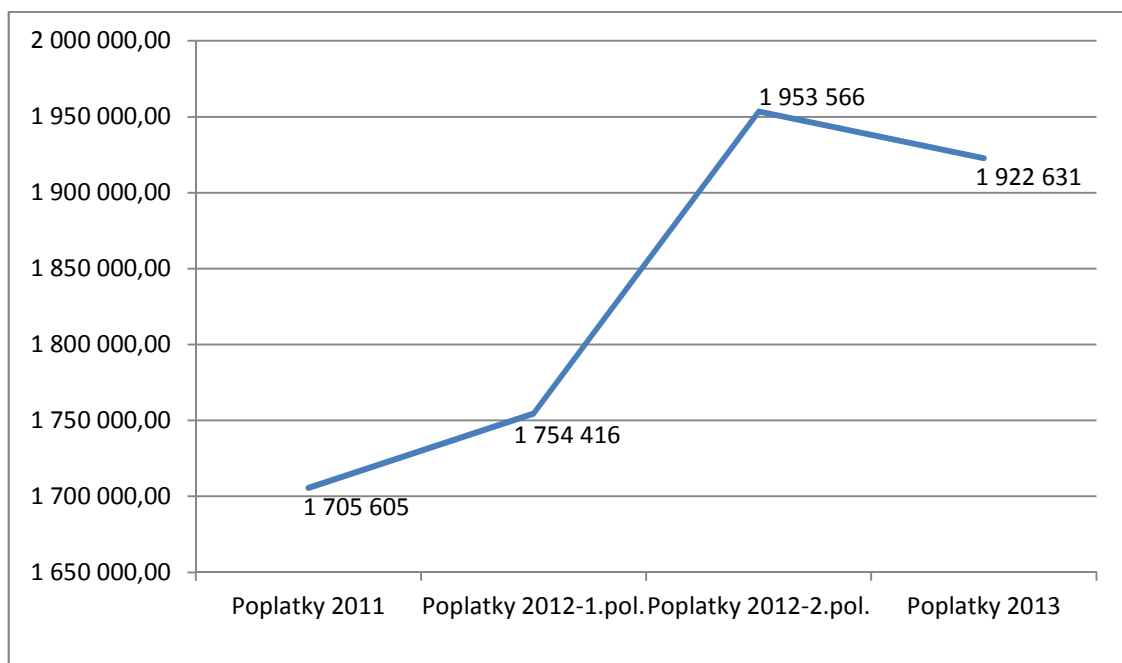
Druh výkonů	Podíl na výkonech v km	Podíl na výkonech v hrtkm
Vlaky osobní dopravy	98,9 %	98,1 %
Vlaky osobní dopravy jedoucí jako ZDO kraje	65,4 %	38,9 %
Naklápěcí vlaky	2,9 %	5,8 %
Vlaky nezávislé trakce na elektrifikovaných tratích	47,9 %	46,1 %
Vlaky nezávislé trakce na elektrifikovaných tratích s HV nesplňujícími normu EURO2	1,1 %	1,8 %
Vlaky na „evropských“ tratích	54,5 %	80,6 %
Vlaky na celostátních tratích	31,7 %	17,2 %
Vlaky na regionálních tratích	9,8 %	2,2 %

Podíly vybraných specifických druhů výkonů v kilometrech a hrubých tunových kilometrech na celkových výkonech, jako hlavní charakteristiky skladby provozu řešeného smyšleného dopravce, jsou shrnuty v tabulce 10.

Druhá část definice výpočtu je specifikace pravidel, pro která mají být počítány a porovnávány výsledky. Pravidla a nastavení byla v tomto případě ponechána ve výchozím nastavení tak, jak je popisuje tabulka 7.

Připravený soubor byl tedy v programu načten do tabulky vlaky bez sítě, kde byly k jednotlivým vlakům doplněny výsledky výpočtu poplatku pro různá nastavení. Odtud byl exportován do formátu *xls* kvůli lepším možnostem zpracování výsledků v programu MS Excel. Po sečtení sum poplatků za jednotlivé sady nastavení došlo k rozdílným zachyceným na obrázku 21.

Pro kontrolu správnosti výpočtu bylo několik různých vlaků přepočítáno i ručně, obě metody se ve výsledcích sešly. Výstupy programu lze tedy považovat za věrohodné.



**Obrázek 21: Porovnání výsledků na zkušební množině vlaků pro různá nastavení**

Pro lepší přehled jsou souhrnné výsledky z aplikace včetně procentuálních změn oproti předchozímu i výchozímu nastavení zobrazeny také v tabulce 11. Za výchozí nastavení se považuje to první, v tomto případě konkrétně tedy pravidla zpoplatnění z roku 2011.

Jak vidno, na modelového osobního dopravce z našeho příkladu by mělo mnohem drastičtější vliv než samotné zdražení cen v roce 2012 oproti roku 2011 až zrušení slevy pro vlaky jedoucí v závazku dopravní obslužnosti kraje platné od poloviny roku 2012. Relativně značný příznivý vliv má i úprava hodnot koeficientů  $e$  a  $n$  směrem dolů v roce 2013.

**Tabulka 11: Vyhodnocení výsledků pro zkušební množinu vlaků**

Sada pravidel	Poplatky 2011	Poplatky 2012-1.pol.	Poplatky 2012-2.pol.	Poplatky 2013
Vypočítaná cena	1 705 605,49	1 754 416,12	1 953 566,41	1 922 631,41
Rozdíl oproti předchozím pravidlům	100 %	102,86 %	111,35 %	98,42 %
Rozdíl oproti výchozím pravidlům	100 %	102,86 %	114,54 %	112,72 %

Výsledky prezentované v této kapitole mají ale skutečně jen velmi orientační charakter. Například nákladních dopravců by se vůbec nedotkla změna pravidel v polovině roku 2012, která by měla na výši plateb poplatků fiktivního osobního dopravce z příkladu největší negativní vliv. Skutečný dopad nebo přínos změn cen či úprav pravidel pro zpoplatnění na železniční dopravce nebo provozovatele dráhy totiž vždy záleží hlavně na konkrétních podmínkách, parametrech, vozidlech nebo charakteru

provozu. Pro zachycení výše změn poplatků hrazených každým dopravcem, případně i inkasovaných provozovatelem dráhy, by tedy bylo nutné najít optimální skladbu testovacích dat, na kterých by tyto změny byly věrohodně zachyceny.

Vzhledem k tomu, že změny v systému zpoplatnění často dělí dlouhá doba, nelze se stoprocentně spoléhat ani na srovnání různých výší poplatků získaných z jedněch vzorových výkonových dat na jedné konkrétní síti, jelikož za tu dobu mohlo dojít i k různým změnám v síti, které z těchto dat nelze postihnout. Typicky je to například zkrácení tratě vlivem výstavby přeložek, elektrizace tratě nebo úřední změna kategorie dráhy.

Kromě potřeby znalosti dopadu změn cen nebo pravidel systému zpoplatnění infrastruktury do ekonomiky existujícího provozu určitě existují i další případy, kdy by výstupy z programu PZDC mohly být užitečné. Je to například řešení nového obchodního případu u libovolného dopravce, kdy tento potřebuje znát částku, kterou bude muset vynaložit za poplatky. Nebo může dopravce chtít vědět, jak se z hlediska cen za dopravní cestu projeví změna náležitostí vozby, tedy například změna soupravy nebo hnacího vozidla.

Vliv konkrétních změn na celkové ceny by pak jistě zajímal i správce infrastruktury nebo „normotvůrce“ nastavujícího pravidla zpoplatnění na národní úrovni. V těchto případech by cesta k cíli vedla přes experimentování s nastavením tak, aby se výsledná výše vybraných poplatků pro dané výkony co nejvíce blížila zadání, což může být kupříkladu zdražení (případně zlevnění) o několik procentních bodů.

Změna systému zpoplatnění by však musela být spíše jen parametrická, aby si s ní program v současné podobě dokázal poradit. Na radikální systémové změny (například počítání poplatků dle úplně jiných kritérií) totiž není, a z principu ani snadno nemůže být připraven.

## Závěr

Při řešení práce se ukázalo, že celá problematika zpoplatnění železniční infrastruktury rozhodně není jednoduchá. Navíc v řešeném období podléhala velmi turbulentním změnám v legislativní oblasti. Těsně před dokončením práce bylo vydáno ještě další Prohlášení o dráze SŽDC, konkrétně pro rok 2014 [19], které už v samotné práci z časových důvodů není vůbec popsáno. Nicméně změny v oblasti zpoplatnění v něm uvedené oproti prohlášením předchozím jsou minimální a tak je možno jej s vyvinutím jen minimální námahy aplikovat do vyvinutého programu.

Jak autor během svých pracovních zkušeností zjistil, systém pro porovnání výpočtu různých metodik zpoplatnění by si své místo v praxi jistě našel. Největším problémem bránícím zavedení by však zřejmě byly strach či neochota potenciálních uživatelů měnit své zaběhlé zvyky a učit se nové věci. Dalším úskalím je získání kvalitních výchozích výkonových dat pro samotnou komparaci.

Důležitým nástrojem pro tvorbu informačních systémů jsou dnes vizualizační pomůcky, jako třeba UML a metodiky určující pracovní postupy při vývoji, například konkrétně UP. Tyto však někdy až příliš optimisticky předpokládají velmi jemné dělení rolí mezi pracovníky v samotném vývojovém týmu a velice konkrétní výstupy jejich práce. Pro menší tým s překryvem jednoho pracovníka přes více rolí, nebo dokonce jednotlivce, pak může být velice obtížné využít výhod, které by mu tyto nástroje měly poskytovat a které očekává.

V samotné práci byl v návaznosti na autorovu bakalářskou práci popsán legislativní rámec týkající se oblasti zpoplatnění užití železniční dopravní cesty v České republice, ve kterém se zohledňují i právní předpisy Evropské unie. Dále byly shrnuty změny v systému zpoplatnění, ke kterým v poslední době došlo a byl popsán spor železničních dopravců a provozovatele dráhy o zákonnou platnost dokumentů, které nastavují výši a metodiku výpočtu poplatků.

Na základě toho byla dále rozpracována analýza a návrh systému, který je hlavním výstupem této práce. V analytické a návrhové části bylo využito jazyka UML a jeho diagramů. V návrhové části byly popsány složitější algoritmy a datové struktury užitá dále při implementaci systému, kdy byla naprogramována samostatně běžící aplikace, která splňuje všechny body definované v zadání.

Vyvinutý nástroj tedy umožňuje uživateli definovat vlastní výpočetní vzorec z dostupných operátorů a operandů. Dále může uživatel ovlivnit výši cen a koeficientů vstupujících do výpočtu a navrhopvat na sobě nezávislá nastavení celého výpočtu, pro která požaduje modelovat poplatek nad zadanými vlakovými výkony. V části programu pracující s dopravní sítí je dostupná krom vyhledání standardní nejkratší také alternativní možnost vyhledání nejlevnější cesty mezi zadanými body na této síti.

V závěru práce je stručně uveden příklad vyhodnocení výsledků poskytovaných aplikací a jsou uvedeny další možnosti, jak by výstupy programu mohly být dále smysluplně využívány.

Cíle práce, vytyčené v kapitole 1, tak byly splněny.

## **Vlastní přínosy práce**

Jelikož jsem se během vytváření práce dostal i profesně blízko řešené problematice, využil jsem informace nabyté při studiu této problematiky i v pracovním životě a naopak. Stejně tak jsem se i přesvědčil, že pro vývoj softwaru jako takového je nejdůležitější kvalitní nastudování konkrétního problému a dobře připravené zpracování výchozích analytických materiálů.

Obtížnějším úkolem se ale občas ukázalo být dodržování doporučovaných metodik vývoje softwaru. Zejména přechod od analýzy k návrhu se mi občas zdál jako příliš vysoký schod. Také se mi někdy obtížně dodržovalo oddělení práce na designu a implementaci. Ale obohacením je rozhodně vyzkoušení si více rolí a poznání všech nutných činností u vývoje v celém životním cyklu aplikace.

Za vlastní přínosy práce považuji komplexní zvládnutí celé problematiky vývoje aplikace od analýzy po realizaci, úspěšné dynamické zobrazení dopravní sítě v mapovém tvaru a především srozumitelné popisy algoritmů, tj. převodu matematického výrazu do tvaru binárního stromu a jeho smysluplné a využitě umístění v aplikaci, DFS algoritmu pro hledání podgrafů v síti a také způsob výpočtu nejlevnější trasy na dopravní síti.

Jako smysluplný se jednoznačně ukázal i samotný program a výsledky, které může poskytovat. Ty by mohly pomoci v rozhodování jak železničním dopravcům, tak i provozovatelům dráhy, případně i osobám či institucím zodpovědným za nastavení pravidel zpoplatnění.



## Soupis bibliografických citací

- [1] EVROPSKÁ UNIE. Směrnice rady 91/440/EHS ze dne 29. července 1991: o rozvoji železnic společenství, ve znění pozdějších směrnic. In: *Úř.věst. L 237, 24.8.1991*. 1991. Dostupné také z: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1991L0440:20100101:CS:PDF>>
- [2] EVROPSKÁ UNIE. Směrnice evropského parlamentu a rady 2001/14/ES ze dne 26. února 2001: o přidělování kapacity železniční infrastruktury a zpoplatnění železniční infrastruktury, ve znění pozdějších směrnic. In: *Úř.věst. L 75, 15.3.2001*. 2001. Dostupné také z: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2001L0014:20071204:CS:PDF>>
- [3] ČESKO. Zákon č. 526 ze dne 27. listopadu 1990 o cenách, ve znění pozdějších zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1990, částka 86, s. 1946-1951. Dostupné také z: <<http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon?q=526/1990>>
- [4] ČESKO. Zákon č. 265 ze dne 18. června 1991 o působnosti orgánů České republiky v oblasti cen, ve znění pozdějších zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1991, částka 50, s. 1162-1163. Dostupné také z: <<http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon?q=265/1991>>
- [5] ČESKO. Zákon č. 266 ze dne 14. prosince 1994 o drahách, ve znění pozdějších zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1994, částka 79, s. 3041-3054 Dostupné také z: <<http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon?q=266/1994>>
- [6] ČESKO. Zákon č. 77 ze dne 5. února 2002 o akciové společnosti České dráhy, ve znění pozdějších zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2002, částka 34, s. 1681-1713. Dostupné také z: <<http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon?q=77/2002>>
- [7] ČESKO. Zákon č. 103 ze dne 11. února 2004, změna zákona o drahách a dalších zákonů, ve znění pozdějších zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2004, částka 32, s. 1546-1558. Dostupné také z: <<http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon?q=103/2004>>
- [8] ČESKO. Zákon č. 194 ze dne 20. května 2010 o veřejných službách v přepravě cestujících a o změně dalších zákonů, ve znění pozdějších zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2010, částka 65, s. 2210-2223. Dostupné také z: <<http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon?q=194/2010>>
- [9] Usnesení vlády ČR ze dne 20. prosince 1995 č. 766 o vyčlenění regionálních drah z dráhy celostátní. *Vláda České republiky* [online]. © 2009-2012 [cit. 2012-10-10]. Dostupné z: <<http://racek.vlada.cz/usneseni/usnweb.nsf/0/97531C8254B32166C12571B6006B7243>>

- [10] Usnesení vlády ČR ze dne 27. června 2008 č. 795, kterým se mění usnesení vlády ze dne 4. prosince 2007 č. 1352, k převodu funkce provozovatele drah ve vlastnictví státu. *Vláda České republiky* [online]. © 2009-2012 [cit. 2012-10-10]. Dostupné z: <[http://racek.vlada.cz/usneseni/usnweb.nsf/0/1F3EE063C3529B2DC1257482003E6651/\\$FILE/795%20uv080627.0795.pdf](http://racek.vlada.cz/usneseni/usnweb.nsf/0/1F3EE063C3529B2DC1257482003E6651/$FILE/795%20uv080627.0795.pdf)>
- [11] Usnesení vlády ČR ze dne 22. června 2011 č. 486 o změně usnesení vlády ze dne 9. února 2011 č. 100, o převedení zbývajících činností obsluhy dráhy ze společnosti České dráhy, a. s., na státní organizaci Správa železniční dopravní cesty. *Vláda České republiky* [online]. © 2009-2012 [cit. 2012-10-10]. Dostupné z: <[http://racek.vlada.cz/usneseni/usneseni\\_webtest.nsf/468a25824715779dc1257107003089de/c118508ccecfc4d9c12578b70020bf21/\\$FILE/uv110622.0486.pdf](http://racek.vlada.cz/usneseni/usneseni_webtest.nsf/468a25824715779dc1257107003089de/c118508ccecfc4d9c12578b70020bf21/$FILE/uv110622.0486.pdf)>
- [12] ČR a evropská legislativa. *Euroskop.cz: Věcně o Evropě* [online]. © 2005-12 [cit. 2012-10-10]. Dostupné z: <<https://www.euroskop.cz/9017/sekce/cr-a-evropska-legislativa/>>
- [13] Sdělení Ministerstva dopravy ze dne 25. února 2004 o výčtu železničních drah zařazených do evropského železničního systému. *Ministerstvo dopravy* [online]. © 2006 [cit. 2012-10-10]. Dostupné z: <<http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/E3EAB380-85B5-480A-85DF-1E6CC1695572/0/s11104.rtf>>
- [14] I. železniční balíček. *Ministerstvo dopravy* [online]. © 2006 [cit. 2012-10-10]. Dostupné z: <[http://www.mdcr.cz/cs/Drazni\\_doprava/Evropska\\_unie\\_na\\_zeleznici/legislativa/1.htm](http://www.mdcr.cz/cs/Drazni_doprava/Evropska_unie_na_zeleznici/legislativa/1.htm)>
- [15] MINISTERSTVO FINANCÍ. Příloha č. 1 k výměru MF č. 01/2010: Maximální ceny a určené podmínky za použití vnitrostátní železniční dopravní cesty celostátních a regionálních drah při provozování drážní dopravy. In: *Cenový věstník, Ročník XXXVII*. Praha: Ministerstvo financí, 2009. Částka 13, s. 16-19. Dostupné také z: <[http://www.mfcr.cz/cps/rde/xbcr/mfcr/CenovyVestnik\\_13\\_2009.pdf](http://www.mfcr.cz/cps/rde/xbcr/mfcr/CenovyVestnik_13_2009.pdf)>
- [16] MINISTERSTVO FINANCÍ. Příloha č. 1 k výměru MF č. 01/2012: Maximální ceny a určené podmínky za použití vnitrostátní železniční dopravní cesty celostátních a regionálních drah při provozování drážní dopravy. In: *Cenový věstník, Ročník XXXIX*. Praha: Ministerstvo financí, 2011. Částka 13, s. 17-20. Dostupné také z: <[http://www.mfcr.cz/cps/rde/xbcr/mfcr/cenovy\\_vestnik\\_2011\\_c-13.pdf](http://www.mfcr.cz/cps/rde/xbcr/mfcr/cenovy_vestnik_2011_c-13.pdf)>
- [17] Prohlášení o dráze 2012. *Správa železniční dopravní cesty* [online]. © 2009-2012 [cit. 2012-12-03]. Dostupné z: <<http://www.szdc.cz/provozovani-drahy/pristup-na-zdc/prohlaseni-11-12.html>>
- [18] Prohlášení o dráze 2013. *Správa železniční dopravní cesty* [online]. © 2009-2012 [cit. 2012-12-03]. Dostupné z: <<http://www.szdc.cz/provozovani-drahy/pristup-na-zdc/prohlaseni-2013.html>>

- [19] Prohlášení o dráze 2014. *Správa železniční dopravní cesty* [online]. © 2009-2012 [cit. 2012-12-29]. Dostupné z: <<http://www.szdc.cz/provozovani-drahy/pristup-na-zdc/prohlaseni-2014.html>>
- [20] Ceny za použití železniční dopravní cesty ve vlastnictví České Republiky a podmínky jejich uplatnění od 1. ledna 2012 do 31. prosince. *Správa železniční dopravní cesty* [online]. © 2009-2012 [cit. 2012-12-03]. Dostupné z: <<http://provoz.szdc.cz/portal/ViewArticle.aspx?oid=608683>>
- [21] Seznam tratí, kde není celoročně provozována drážní doprava k zajištění dopravní obslužnosti. *Správa železniční dopravní cesty* [online]. © 2009-2012 [cit. 2012-12-03]. Dostupné z: <<http://provoz.szdc.cz/PORTAL/ViewArticle.aspx?oid=761772>>
- [22] Oznámení SŽDC o způsobu stanovení ceny za použití železniční dopravní cesty od 9.12.2012. *Správa železniční dopravní cesty* [online]. © 2009-2012 [cit. 2012-12-03]. Dostupné z: <<http://provoz.szdc.cz/PORTAL/ViewArticle.aspx?oid=861123>>
- [23] DRÁŽNÍ ÚŘAD. Rozhodnutí Drážního úřadu z 10. září 2012. Č. j.: DUCR-46093/12/Kj. Sp. Zn.: OU-JOU0008/12. Praha: Drážní úřad, 2012. 34 s.
- [24] Další rána pro lokální železniční dopravce: SŽDC zvyšuje poplatek. *Česká televize* [online]. Praha, © 1996–2012 [cit. 2012-10-17]. Dostupné z: <<http://www.ceskatelevize.cz/ct24/domaci/159520-dalsi-rana-pro-lokalni-zeleznicni-dopravce-szdc-zvysuje-poplatek/>>
- [25] Lednové zvýšení poplatku za koleje se možná zruší. *Dopravní noviny: Týdeník pro dopravu a logistiku* [online]. Praha, © 2004 - 2012 [cit. 2012-10-17]. Dostupné z: <<http://www.dnoviny.cz/dopravni-politika/drazni-urad-zrusil-lednove-zdrazeni-poplatku-za-pouziti-koleji>>
- [26] Drážní úřad musí znovu posoudit plán SŽDC na zvýšení poplatku za koleje. *Dopravní noviny: Týdeník pro dopravu a logistiku* [online]. Praha, © 2004 - 2012 [cit. 2012-10-17]. Dostupné z: <<http://www.dnoviny.cz/infrastruktura/drazni-urad-musi-znovu-posoudit-plan-szdc-na-zvyseni-poplatku-za-koleje>>
- [27] Zdražení poplatku za koleje se zatím odkládá. *Dopravní noviny: Týdeník pro dopravu a logistiku* [online]. Praha, © 2004 - 2012 [cit. 2012-10-17]. Dostupné z: <<http://www.dnoviny.cz/zeleznicni-doprava/zdrazeni-poplatku-za-koleje-se-zatim-odklada>>
- [28] VV ztrácejí vliv na železnici. *E15.cz* [online]. © 2007-2012 [cit. 2012-10-17]. Dostupné z: <<http://zpravy.e15.cz/byznys/doprava-a-logistika/vv-ztracaji-vliv-na-zeleznici-761137>>
- [29] Kalkulačka pre výpočet úhrady za použitie železničnej dopravnej cesty. *Železnice Slovenskej republiky* [online]. © 2008 [cit. 2012-11-09]. Dostupné z: <[http://www.zsr.sk/slovensky/zeleznicna-dopravna-cesta/marketing/cena-za-dopravnu-cestu/vnutrostatna-doprava.html?page\\_id=367](http://www.zsr.sk/slovensky/zeleznicna-dopravna-cesta/marketing/cena-za-dopravnu-cestu/vnutrostatna-doprava.html?page_id=367)>

- [30] TELENSKÝ, Michal. *Aplikace pro výpočet poplatků za užití dopravní cesty*. Bakalářská práce. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2009. 35 s., 1 CD-ROM. Vedoucí práce Viktor Patras. Dostupné také z: <<http://dspace.upce.cz/handle/10195/33773>>
- [31] ARLOW, Jim a Ila NEUSTADT. *UML 2 a unifikovaný proces vývoje aplikací: Objektově orientovaná analýza a návrh prakticky*. Brno: Computer Press, 2007. 568 s. ISBN 978-80-251-1503-9.
- [32] KRAVAL, Ilja. *Analytické modelování informačních systémů pomocí UML v praxi*. Valašské Klobouky: Object Consulting, 2010. 140 s. ISBN 978-80-254-6986-6.
- [33] VESELÝ, Petr. *Počítačová grafika*. Elektronické sylaby k předmětu. Univerzita Pardubice. 2007.
- [34] KAVIČKA, Antonín. *Datové struktury*. Elektronické sylaby k předmětu. Univerzita Pardubice. 2008.
- [35] Základní grafové algoritmy. *Jakub Černý* [online]. Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy [cit 2012-11-15]. Dostupné z: <<http://kam.mff.cuni.cz/~kuba/ka/>>
- [36] CSci 131 -- Data Structures. *Prof. Michael B. Feldman* [online]. The George Washington University © 1996 [cit. 2012-11-15]. Dostupné z: <[http://www.seas.gwu.edu/~csci131/fall96/exp\\_to\\_tree.html](http://www.seas.gwu.edu/~csci131/fall96/exp_to_tree.html)>

# PŘÍLOHY

## **Obsah přiloženého CD-ROM**

- Tato práce ve formátu PDF.
- Diagramy UML z této práce ve formátu EAP.
- Zdrojové kódy programu PZDC 2.0.
- Program PZDC 2.0 ve dvou verzích – s grafickým motivem a bez něj.