

**Vysoká škola logistiky o.p.s.**

**Optimalizace zimní údržby silnic  
ve vybrané lokalitě Pardubického kraje**

**(Diplomová práce)**

**Přerov 2022**

**Bc. Lukáš Mazuch**



**Vysoká škola  
logistiky**  
o.p.s.

# Zadání diplomové práce

student

**Bc. Lukáš Mazuch**

studijní program

Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Optimalizace zimní údržby silnic ve vybrané lokalitě  
Pardubického kraje**

Cíl práce:

Na základě analýzy současného stavu zimní údržby ve vybrané oblasti navrhnout řešení, které povede k optimalizaci činností a navrhované řešení technicko-ekonomicky zhodnotit.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Teoreticko-metodologická východiska řešeného problému
2. Analýza současného stavu zimní údržby ve vybrané oblasti
3. Návrhové řešení zimní údržby ve vybrané oblasti
4. Technicko-ekonomické zhodnocení

Závěr

Rozsah práce: 55 – 70 normostran textu

Seznam odborné literatury:

ČERNÝ, Jan. Operační výzkum pro managery I.: učební pomůcka pro studenty oboru Regionální management. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1993. ISBN 80-7040-088-9.

GROS, Ivan a kol. Velká kniha logistiky. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.

MELCHER, Karel. Posypové materiály pro zimní údržbu komunikací v ČR a v zemích EU [online]. Praha: BEZK(EkoList), c2021. [cit. 2021-10-20]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/posypove-materialy-pro-zimni-udrzbu-komunikaci-v-cr-a-v-zemich-eu>.

WEST, Douglas Brent. Introduction to graph theory. 2nd ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, c2001. ISBN 978-0130144003.

ČESKO. Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích. In: Sběrka zákonů. Praha: Parlament ČR, 1997, částka 3, číslo 13. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-13>.

ČESKO. Vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích. In: Sběrka zákonů. Praha: Ministerstvo dopravy a spojů ČR, 1997, částka 36, číslo 104. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-104>.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Rudolf Kampf, Ph.D.


Datum zadání diplomové práce:

31. 10. 2021

Datum odevzdání diplomové práce:

12. 5. 2022

Přerov 31. 10. 2021

  
Ing. Blanka Kalupová, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.  
rektor

## Čestné prohlášení

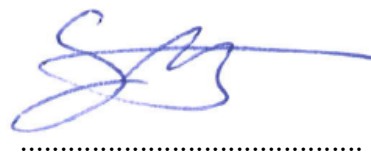
Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb.; o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat předtím o této skutečnosti prorektora pro vzdělávání Vysoké školy logistiky o.p.s.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze diplomové práce, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 12. 5. 2022



.....

podpis

## **Poděkování**

Rád bych tímto poděkoval panu doc. Ing. Rudolfu Kampfovi, Ph.D. za vedení diplomové práce, cenné rady i připomínky.

## **Anotace**

Diplomová práce se zabývá optimalizací zimní údržby silnic ve vybrané lokalitě Pardubického kraje pomocí metod operačního výzkumu. Čtenář je seznámen s problematikou legislativy zimní údržby a technologiemi zimní údržby pozemních komunikací. V rámci analýzy současného stavu zimní údržby je rozebrán Plán zimní údržby silnic Pardubického kraje. Návrhová část se věnuje optimalizaci vybraných okruhů zimní údržby silnic. Výsledky jsou následně vyhodnoceny a porovnány v závěru práce.

## **Klíčová slova**

optimalizace, Pardubický kraj, plán zimní údržby, pozemní komunikace, úloha čínského listonoše, zimní údržba

## **Annotation**

The thesis deals with the optimization of winter road maintenance in a selected locality of the Pardubice region using an operational research method. Reader is introduced to the issues of winter maintenance legislation and winter road maintenance technologies. The analysis of the current state of winter maintenance includes the Winter road maintenance plan of the Pardubice region. The practical part is devoted to the optimization of selected winter road maintenance circuits. The results are then evaluated and compared in the conclusion of the thesis.

## **Keywords**

Chinese postman problem, optimization, plan of winter maintenance, roads, the Pardubice region, winter maintenance

# Obsah

Úvod .....	9
1 Teoreticko-metodologická část .....	11
1.1 Vymezení základních pojmů .....	11
1.1.1 Logistika .....	11
1.1.2 Legislativa zimní údržby .....	12
1.1.3 Plán zimní údržby .....	14
1.2 Technologie zimní údržby pozemních komunikací.....	20
1.2.1 Opatření před zahájením zimní údržby .....	20
1.2.2 Lhůty pro zmírňování závad ve sjízdnosti.....	22
1.2.3 Mechanické odklízení sněhu.....	23
1.2.4 Odklízení sněhu a náledí s použitím chemických rozmrazovacích materiálů 24	
1.2.5 Vliv posypů na životní prostředí.....	27
1.2.6 Zdrsňování náledí nebo sněhových vrstev zdrsňovacím posypem .....	28
1.2.7 Odstraňování sněhu a náledí na místních komunikacích IV. třídy .....	29
1.2.8 Mechanismy pro zimní údržbu .....	29
1.3 Metodika práce .....	30
1.3.1 Operační výzkum .....	30
1.3.2 Eulerovský graf.....	30
1.3.3 Úloha čínského listonoše .....	31
2 Analýza současného stavu zimní údržby .....	33
2.1 Pardubický kraj.....	33
2.2 Správa a údržba silnic Pardubického kraje .....	34
2.3 Plán zimní údržby silnic Pardubického kraje .....	34
2.3.1 Odpovědnost za zimní údržbu, kompetence a další související záležitosti	

2.3.2	System komunikace a sběru dat o aktuálním stavu počasí a sjízdnosti ..	36
2.3.3	Odvoz sněhu z průtahů měst a obcí.....	36
2.3.4	Kalamitní plán.....	37
2.4	Mechanizační prostředky pro zimní údržbu provozního oddělení Pardubice.	38
3	Návrhová řešení zimní údržby .....	46
3.1	Okruh 45/1 – CHV.....	46
3.2	Okruh 45/3 – CHV.....	53
3.3	Okruh 45/4 – CHV.....	58
4	Technicko-ekonomické zhodnocení .....	63
4.1	Průměrné stáří mechanizačních prostředků pro ZÚ .....	63
4.2	Úspora ujetých vzdáleností netechnologických jízd.....	64
4.3	Přesunutí části pozemní komunikace II/333 pod okruh 45/1 .....	66
	Závěr.....	71
	Seznam zdrojů.....	73
	Seznam grafických objektů.....	76
	Seznam zkratk .....	78



# Úvod

V současné době je zimní údržba silnic velmi důležitou součástí silniční dopravy, protože odstraňuje závady ve sjízdnosti pozemních komunikací a předchází jejich vzniku. V zimním období často dochází na vozovkách ke vzniku náledí nebo napadnutí většího množství sněhu, což bývá příčinou dopravních nehod. Pro předcházení dopravním nehodám jsou využívány moderní technologie. Zabezpečení sjízdnosti vozovek je zajišťováno pluhováním, odklizením sněhu, posypem inertních nebo chemických materiálů.

Zimní údržba v Pardubickém kraji je prováděna každý rok organizací Správa a údržba silnic Pardubického kraje v období od 1.11. do 31.3. Pokud dojde ke zhoršení sjízdnosti a schůdnosti pozemních komunikací kvůli povětrnostním podmínkám, zimní údržba se koná i mimo uvedené období.

Cílem této diplomové práce je optimalizovat netechnologické jízdy u vybraných okruhů zimní údržby silnic ve vybrané lokalitě Pardubického kraje pomocí metod operačního výzkumu.

Díky optimalizaci dojde ke snížení netechnologických ujetých kilometrů vozidel zimní údržby a zároveň ke snížení nákladů na pohonné hmoty. Netechnologickými jízdami se rozumí přejezdy mezi technologickými úseky.

V zájmu naplnění cíle této diplomové práce je práce rozdělena do čtyř částí – teoreticko-metodologické, analytické, návrhové a hodnotící. První část práce charakterizuje základní pojmy jako logistika, legislativa zimní údržby a plán zimní údržby. Dále definuje technologie zimní údržby pozemních komunikací, kam spadají opatření před zahájením zimní údržby, lhůty pro zmírňování závad ve sjízdnosti, mechanické odklizení sněhu, odklizení sněhu a náledí s použitím chemických rozmrazovacích materiálů, vliv posypů na životní prostředí, zdrsňování náledí nebo sněhových vrstev zdrsňovacím posypem, odstraňování sněhu a náledí na místních komunikacích a mechanismy pro zimní údržbu.

V rámci teoreticko-metodologické části je rovněž vymezena metodika práce, která zahrnuje operační výzkum, Eulerovský graf a úlohu čínského listonoše. Operační výzkum se zabývá kvantitativními metodami, které obecně zahrnují alokaci a kontrolování limitovaných zdrojů. V této diplomové práci je používán Edmondův algoritmus.

Analytická část práce se zabývá analýzou současného stavu zimní údržby v Pardubickém kraji, proto jsou do jednotlivých podkapitol zařazeny mechanizační prostředky pro zimní údržbu provozního oddělení Pardubice, Správa a údržba silnic Pardubického kraje a Plán zimní údržby silnic Pardubického kraje.

Návrhová část předkládá řešení zimní údržby, konkrétně u tří okruhů. Jedná se o okruhy 45/1, 45/3 a 45/4, které se nachází severně od Pardubic.

Poslední část práce zahrnuje technicko-ekonomické zhodnocení, které rozebírá průměrné stáří mechanizačních prostředků pro zimní údržbu, úsporu ujetých vzdáleností netechnologických jízd a přesunutí části pozemní komunikace II/333 pod okruh 45/1.

V závěru práce jsou uvedeny hlavní zjištění a výsledky.

# 1 Teoreticko-metodologická část

Nedílnou součástí této diplomové práce je teoreticko-metodologická část, která vymezuje základní terminologii, technologii zimní údržby pozemních komunikací a metodiku práce.

## 1.1 Vymezení základních pojmů

K porozumění problematice je v této kapitole rozebrána logistika, legislativa zimní údržby a plán zimní údržby.

### 1.1.1 Logistika

Pojem logistika je definován různě. Logistiku v dnešní době nejlépe popisuje definice mezinárodní organizace CSCMP (Council of Supply Chain Management Professionals): „*Logistika je ta část řízení dodavatelského řetězce, která plánuje, realizuje a efektivně a účinně řídí dopředné i zpětné toky výrobků, služeb a příslušných informací od místa původu do místa spotřeby a skladování zboží tak, aby byly splněny požadavky konečného zákazníka.*“ [1, s. 25]

Mezi řízené aktivity patří:

- „*doprava a správa vozového parku,*
- *skladování,*
- *manipulace s materiály,*
- *plnění objednávek,*
- *návrhy logistické sítě,*
- *řízení zásob,*
- *plánování nabídky a poptávky,*
- *řízení poskytovatelů logistických služeb.*“ [1, s. 25]

V dnešní době není možné se při plánování a realizaci projektů obejít bez logistiky. Právě pomocí logistiky jsou vyhledávány a nakupovány zdroje, je plánována výroba, kompletace a balení zboží. Logistika dále optimalizuje a koordinuje všechny logistické činnosti a propojuje tyto činnosti s dalšími funkcemi (marketing, prodej, finance, informační technologie). [1]

Podle Cempírka a Kampfa je logistika proces, ve kterém dochází k fyzickému přesunu hmotných a nehmotných prostředků za účelem maximálního uspokojení klienta s co nejnižšími náklady. [2] Mezi hmotné prostředky jsou řazeny například suroviny, materiály, odpady, polotovary, hotové výrobky a obaly. K nehmotným prostředkům patří především informace. Pohyb zboží by měl být rychlý a bezproblémový. Autoři dále uvádí, že logistika zahrnuje prvky řízení z oblasti managementu, konkrétně formování systémů, analýzu, plánování, řízení a kontrolu. [2]

Cempírek a Kampf předkládají různé definice logistiky. Jednou z nich je, že logistika je „řízení všech činností, které zajišťují pohyb a koordinaci zásobování a spotřeby při tvorbě časové a místní užitnosti zboží“. [2, s. 8] Touto definicí se rozumí komplexní souhrn úloh, opatření a aktivit vztahujících se k distribuci zdrojů.

Hlavním cílem logistiky je maximální uspokojování přání a potřeb klientů, který je naplňován zpravidla „zvýšováním objemu prodeje, zkracováním dodacích lhůt, zlepšováním spolehlivosti a úplnosti dodávek a zlepšováním pružnosti logistických služeb“. [3, s. 41] Mezi další cíle patří například snižování nákladů na zásoby, dopravu, skladování, výrobu a řízení.

### **1.1.2 Legislativa zimní údržby**

Zimní údržba je legislativně upravována právními předpisy ČR a vyhláškami a nařízeními jednotlivých krajů a obcí. Mezi hlavní právní předpisy patří zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích a vyhláška č. 104/1997 Sb. Ministerstva dopravy, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích.

#### **Zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích**

Pozemní komunikace je dle zákona č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích definována jako „dopravní cesta určená k užití silničními vozidly a chodci, včetně pevných zařízení nutných pro zajištění tohoto užití a jeho bezpečnosti.“ [4, par. 2, odst. 1] Pozemní komunikace se dělí na dálnice, silnice, místní silnice a účelové komunikace.

Zimní údržbou se v tomto zákoně zabývají § 26 a § 27, které definují sjízdnost a zabezpečení pozemní komunikace.

§ 26 definuje sjízdnost následovně: „dálnice, silnice a místní komunikace jsou sjízdné, jestliže umožňují bezpečný pohyb silničních a jiných vozidel přizpůsobený stavebnímu

*stavu a dopravně technickému stavu těchto pozemních komunikací a povětrnostním situacím a jejich důsledkům.*“ [4, par. 26, odst. 1]

Dále je v § 26 definována schůdnost místních komunikací a průjezdných úseků v zastavěném území. Ty jsou schůdné, pokud je na nich umožněn bezpečný pohyb chodců vzhledem k dopravně technickému stavu, stavebnímu stavu a povětrnostním situacím. [4]

*„Dopravně technickým stavem dálnice, silnice nebo místní komunikace se rozumí jejich technické znaky (příčné uspořádání, příčný a podélný sklon, šířka a druh vozovky, směrové a výškové oblouky) a začlenění pozemní komunikace do terénu (rozhled, nadmořská výška).*“ [4, par. 26, odst. 4]

Důsledkem povětrnostních situací může být zhoršení nebo úplné přerušení sjízdnosti. Mezi povětrnostní situace jsou řazeny vánice, sněžení, námrazy, mrznoucí déšť, oblevy, mlhy, povodně a jiné obdobné situace a následky těchto situací. [4]

V § 26 je rovněž popsána závada ve sjízdnosti a schůdnosti. Pro účely tohoto zákona se závadou rozumí změna, která při přizpůsobení se dopravně technickému stavu, stavebnímu stavu a povětrnostní podmínkám nemůže být předvídána. [4]

§ 27 zákona č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích pojednává o pravidlech náhrad škod. V tomto zákoně je uvedeno, že pokud škoda vznikla ze stavebního nebo dopravně technického stavu pozemních komunikací, uživatelé těchto komunikací nemají nárok na náhradu škod. [4]

Vlastník dálnice, silnice, místní komunikace nebo chodníku je povinen podle tohoto paragrafu nahradit škodu uživatelům pozemních komunikací, jestliže příčinou byla závada ve sjízdnosti nebo schůdnosti. V případě, kdy vlastník prokáže, že nebylo v jeho mezích tuto závadu odstranit a na závady způsobené povětrnostními podmínky upozornil předepsaným způsobem, není povinen nahradit vzniklé škody. [4]

*„Úseky silnic, místních komunikací a chodníků, na kterých se pro jejich malý dopravní význam nezajišťuje sjízdnost a schůdnost odstraňováním sněhu a náledí, je vlastník nebo správce, je-li výkon správy pozemní komunikace zajišťován prostřednictvím správce, povinen označit podle zvláštního právního předpisu.“* [4, par. 27, odst. 5]

Tyto úseky stanovuje příslušný kraj a obec svými nařízeními.

Posledním bodem, kterým se § 27 zabývá, je stanovení způsobu a časových lhůt pro odstranění závad ve sjízdnosti a schůdnosti. Vymezení rozsahu, způsob a časové lhůty

pro dálnice, silnice a místní komunikace blíže vymezuje prováděcí předpis. Pro chodníky, místní komunikace a průjezdné úseky silnic tato nařízení stanovuje obec. [4]

### **Vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích**

Tato vyhláška má celkem 11 částí. O zimní údržbě pojednává část osmá – rozsah, způsob a časové lhůty pro odstraňování závad ve sjízdnosti.

V § 41 této vyhlášky jsou základní ustanovení. „*Zimní údržbou se podle pořadí důležitosti zmírňují závady vznikající povětrnostními vlivy a podmínkami za zimních situací ve sjízdnosti komunikací a ve schůdnosti místních komunikací a průjezdných úseků silnic.*“ [5, par. 41, odst. 1]

Tato údržba se provádí podle plánu zimní údržby od 1. listopadu do 31. března následujícího roku. „*V obvyklé zimní situaci vlastník (správce) komunikace odstraní nebo alespoň zmírní závady ve sjízdnosti (schůdnosti) komunikace v časových lhůtách stanovených plánem zimní údržby.*“ [5, par. 41, odst. 2] Vznikne-li situace, kde je potřeba provést zimní údržby i mimo toto období, zmírnění závad ve sjízdnosti nebo schůdnosti se provádí vhodně k vzniklé situaci. [5]

Dále tato vyhláška pojednává o plánu zimní údržby, způsobu údržby dálnic a ostatních silnic a lhůt pro zmírňování závad ve sjízdnosti.

#### **1.1.3 Plán zimní údržby**

Plánem zimní údržby se zabývá vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích, a jeho vzor je uveden v příloze číslo 6. Podle plánu zimní údržby se zimní údržba provádí od 1. listopadu do 31. března následujícího roku.

Pro účely zimního plánu jsou silnice rozděleny do čtyř skupin podle pořadí důležitosti:

- I. pořadí – silnice I. třídy + dopravně důležité silnice II. třídy,
- II. pořadí – úseky silnic II. třídy, které nebyly zařazeny do I. pořadí důležitosti + dopravně významné silnice III. třídy,
- III. pořadí – zbylé úseky silnic III. třídy, které nebyly zařazeny do II. pořadí důležitosti a udržované obvykle jen pluhováním,
- neudržované – „*silnice, na nichž není provozována osobní linková doprava a na nichž není nutno pro jejich nepatrný dopravní význam vykonávat zimní údržbu.*“ [5, par. 42, odst. 1]

Podle druhu komunikace existují dva typy plánů – plán zimní údržby dálnic a plán zimní údržby silnic. [5]

### **Plán zimní údržby dálnic**

Tento plán je zpracováván ve dvou stupních. Prvním stupněm je operační plán jednotlivých středisek správy a údržby dálnic (SSÚD) a druhým je operační plán organizace. [5]

**Plán SSÚD** obsahuje mapu dálničního úseku, která je v měřítku 1:50 000 a dále textovou část. V mapové části musí být vyznačeny následující položky:

- červenou barvou jsou vyznačeny dálniční úseky, které jsou udržovány posypem chemickými rozmrazovacími materiály,
- modrou barvou jsou vyznačeny dálniční úseky, které jsou udržovány pomocí postřiků chemickými roztoky,
- žlutou barvou jsou vyznačeny dálniční úseky, které jsou udržovány pomocí posypu zdrsňovacími materiály,
- hnědou barvou je vyznačeno rozmístění zásněžek,
- trasy pracovních okruhů a stanoviště mechanismů,
- úložiště posypových a chemických materiálů,
- písmenem T je označeno telefonní spojení,
- písmenem V jsou označeny radiotelefonní stabilní stanice,
- písmeny PH jsou označeny čerpací stanice pohonných hmot,
- písmeny HN je označeno umístění sond hlásičů náledí. [5]

V textové části poté musí být seznamy zaměstnanců podílejících se na zimní údržbě, včetně jejich bydliště a telefonního spojení. Dále nesmí chybět „*seznam důležitých telefonních a faxových spojení na vedoucí zaměstnance organizace, ostatní SSÚD, ústřední orgán státní správy, Policii ČR, zdravotnická zařízení apod.*“ [5, příloha 6] Tato část by měla také obsahovat seznam dálnic, křižovatek a odpočívek a materiál, kterým jsou jednotlivé komunikace udržovány.

Dále je popisována organizace zásahu zimní údržby, která zahrnuje:

- organizaci kontroly stavu sjízdnosti,

- vedení a plánování směn zaměstnanců,
- soupisy skladů pohonných hmot, posypových a kapalných materiálů,
- stanoviště mechanismů,
- ubytovací a stravovací zařízení,
- údaje o výpomoci a meteorologických zprávách. [5]

**Operační plán organizace** také obsahuje mapu v měřítku 1:50 000, ve které jsou vyznačeny udržované dálnice s vyznačením SSÚD a jednotlivých úseků. Poté se zabývá organizační stránkou zimní údržby dálnic. Je v něm zahrnut přehled o vybavenosti mechanismy, zařízeními, množstvím posypových a kapalných materiálů a počtem zaměstnanců pro zimní údržby. Součástí jsou také údaje o sjednaných výpomocích, předpokládaný způsob výpomoci jednotlivými SSÚS a v neposlední řadě režim zimní údržby provádějící se v oblasti zdroje pitných vod a v chráněné krajinné oblasti. [5]

### **Plán zimní údržby silnic**

*„Plán zimní údržby silnic předkládá správce silnic příslušnému správnímu úřadu k zaujetí stanoviska a do 30. září pracovišti pověřenému Ministerstvem dopravy a spojů.“* [5, příloha 6] Stejně jako plán zimní údržby dálnic se i tento plán dělí na mapovou a textovou část.

Mapová část obsahuje tři druhy map. První mapa je v měřítku 1:100 000 a je v ní vyznačeno pořadí důležitostí zimní údržby:

- I. pořadí – červená,
- II. pořadí – modrá,
- III. pořadí – žlutá,
- neudržované – bez označení. [5]

Druhá mapa je v měřítku 1:50 000. Jsou v ní vyznačeny trasy jízd posypových mechanismů a zpracovává se s přihlédnutím k pořadí důležitosti silnic. Každá trasa (okruh) sypače se v mapě zvýrazní jinou barvou, aby byly od sebe navzájem lehce rozeznatelné, a u každé trasy se vyznačí:

- CH – posyp chemickým rozmrazovacím materiálem,
- Z – zdrsňovací materiál,



- 1 - ... – číslo obvodu,
- V – provedení vlastní kapacitou,
- D – provedení kapacitou dodavatele. [5]

Jako další jsou v této mapě vyznačené silnice, které jsou udržovány pouze pluhováním (čerchovanou barevnou čarou) a neudržované silnice (bez označení). [5]

Třetí mapa slouží pouze pro určení tras pluhováním a zpracovává se měřítku 1:100 000 nebo 1:50 000. [5]

Textová část u plánu zimní údržby silnic je daleko rozsáhlejší než u plánu zimní údržby dálnic a dělí se na tři části. První část zahrnuje osoby, které jsou odpovědné za zimní údržbu. V organizačním řádu je vymezena odpovědnost, která se liší podle pracovní náplně zaměstnanců na vedoucích pozicích. Za výkon údržby odpovídá:

- celé spravované území – vedoucí zimní údržby, popř. směnový vedoucí,
- cestmistrovský obvod – cestmistr, popř. pověřený zaměstnanec (dispečer, vedoucí směny),
- trasy udržované z domácí pohotovosti – řidič, který má na dané trase pohotovost podle rozpisu služeb. [5]

V druhé části se nachází celkový seznam silnic pro dané území s kilometry údržby podle technologií. Silnice jsou v tomto seznamu rozděleny podle jejich třídy a u každé je napsána její celková délka a kolik kilometrů z celkové délky je udržováno chemickými rozmrazovacími materiály (bez zvlhčení, se zvlhčením), zdrsňovacími materiály (struska, škvára, drť a písek), jen pluhováním a taky kolik kilometrů je neudržováno. Tyto údaje jsou následně sečteny a rozděleny podle toho, kolik kilometrů údržby je obstaráváno vlastními zaměstnanci nebo jiným dodavatelem služby. [5] Tyto položky zobrazuje tabulka 1.1.

Tab. 1.1 Seznam silnic a kilometry údržby dle technologií

Třída silnice	Celkem km	Z toho					Neudržováno
		chem. rozmrazovací materiály		zdršňovací materiály		jen pluhováním	
		bez zvlhčení	se zvlhčením	struska, škvára	drť, písek		
I.							
II.							
III.							
Celkem							
Dodavatelysky							
Vlast. zaměst.							

Zdroj: vlastní zpracování dle [5].

Tabulka 1.2 znázorňuje seznam silnic rozdělený podle pořadí důležitosti. Každé pořadí důležitosti zahrnuje označení silnice, dále je určeno jejich staničení a celkový počet kilometrů. V tabulce je rovněž rozepsána vzdálenost, která je udržována buď posypem nebo jen pluhováním. U silnic III. třídy je poté uváděn i počet kilometrů, které jsou neudržované. [5]

Tab. 1.2 Seznam silnic dle pořadí důležitosti

Pořadí důlež.	Označ. silnice	Staničení		Celkem (km)	Posyp (km)	Pluh (km)
		od	do			
I.	silnice ř.: .....					
	silnice ř.: .....					
	I. pořadí celkem:					
II.	silnice ř.: .....					
	silnice ř.: .....					
	II. pořadí celkem:					
III.	silnice ř.: .....					
	silnice ř.: .....					
	III. pořadí celkem:					
	Silnice v zimním období neudržované					

Zdroj: vlastní zpracování dle [5].

Druhá část kromě seznamu silnic a kilometry údržby dle technologií a seznamu silnic dle pořadí důležitosti rovněž zahrnuje i seznam jednotlivých okruhů a časový plán jízd posypů. Pro každý okruh zde musí být uvedeno označení trasy, staničení, seznam zaměstnanců nebo externích dodavatelů, stanoviště, spojení, které může být buď telefonní nebo pomocí vysílačky, a rozepsané specifikace okruhů a prací. [5]

*Časový plán jízd posypu se „zpracovává pro jednotlivé trasy a stanoví časové pořadí jízd a dobu, za kterou při obvyklých zimních povětrnostních podmínkách provede mechanismus posyp vozovek. Časový plán se zpracuje tak, aby byly dodrženy časové limity pro jednotlivá pořadí důležitosti a přednostně ošetřena dopravně důležitá místa.“* [5, příloha 6]

V dalších částech jsou rozepsané mechanismy s rozdělením na vlastní a dodavatelské a na sypače pro posyp chemickými látkami, sypače pro zdrsňovací posyp a mechanismy pro pluhování. Nesmí chybět způsob spojení s nepřetržitou službou, seznam vedoucích zaměstnanců, úložiště posypového materiálu, sjednaná výpomoc, režim pro zimní údržbu v chráněné krajinné oblasti a doklady jako jsou např. záznamy z jednání a smlouvy o vzájemné spolupráci. [5]

### **Plán zimní údržby místních komunikací**

§ 42 odst. 2 vyhlášky pojednává o skutečnosti, že obce rozhodují o zpracování plánu zimní údržby podle velikosti obce a dopravního významu. [5]

Rozhodnou-li obce potřebu zimní údržby na silnicích I. až III. třídy, musí přihlédnout k následujícímu pořadí důležitosti:

- I. pořadí – *„rychlostní a sběrné místní komunikace s hromadnou veřejnou dopravou a s linkovou osobní dopravou, příjezdové místní komunikace ke zdravotnickým zařízením a další významné místní komunikace,“* [5, příloha 6]
- II. pořadí – *„sběrné místní komunikace nezařazené do I. pořadí a důležité obslužné místní komunikace,“* [5, příloha 6]
- III. pořadí – *„ostatní obslužné místní komunikace,“* [5, příloha 6]
- neudržované – *„místní komunikace, na nichž není třeba vykonávat zimní údržbu z důvodu dopravní bezvýznamnosti (na tuto skutečnost obec upozorní uživatele způsobem v místě obvyklým).“* [5, příloha 6]

## **Operační štáby zimní údržby**

Okresní operační štáby jsou pomocnými orgány správců silnic. Zřizuje a svolává je správce silnic a dálnic. Příloha č. 6 k vyhlášce č. 104/1997 Sb. vyjadřuje skutečnost, že „k účasti v operačním štábu přizve správce silnice zástupce referátu dopravy a referátu životního prostředí OKÚ, okresního ředitelství Policie ČR a právnických osob, které se rozhodujícím způsobem podílejí na materiální a technické spolupráci při zabezpečování zimní údržby silnic.“ [5, příloha 6]

Operační štáb také zřizuje Ministerstvo dopravy. Tento hlavní operační štáb zimní údržby silnic a dálnic mu slouží jako pomocný orgán a je zřizován za účelem operativního řešení mimořádných situací. Účastníky tohoto operačního plánu jsou zástupce Prezidia Policie ČR, Ministerstvo obrany a Ministerstvo životního prostředí. [5]

## **Zpravodajství**

V příloze číslo 6 vyhlášky 104/1997 Sb. je také stanovena povinnost informování o aktuálním stavu silnic a dálnic. Informovat veřejnost o sjízdnosti komunikací je povinno pracoviště pověřené Ministerstvem dopravy. To získává informace o sjízdnosti od správců silnic a dálnic ve stanovených termínech. [5]

Jedním ze sdělovacích prostředků může být dopravní portál [dopravniinfo.cz](http://dopravniinfo.cz), jehož poskytovatelem je Ředitelství silnic a dálnic ČR. Na tomto portále je možné si zobrazit aktuální dopravní události, stupně provozu, kamery, meteorologické informace a sjízdnost vozovek.

## **1.2 Technologie zimní údržby pozemních komunikací**

Tato kapitola pojednává o opatřeních před zahájením zimní údržby, lhůtách pro zmírňování závad ve sjízdnosti, mechanickém odklizení sněhu, odklizení sněhu a náledí s použitím chemických rozmrazovacích materiálů, vlivu posypů na životní prostředí, zdrsňování náledí nebo sněhových vrstev zdrsňovacím posypem, odstraňování sněhu a náledí na místních komunikacích IV. třídy a mechanismech pro zimní údržbu.

### **1.2.1 Opatření před zahájením zimní údržby**

Před zahájením zimního období je zapotřebí udělat řadu opatření kterými se zabývá příloha číslo 7 k vyhlášce 104/1997 Sb. Nejdříve se provede rozbor minulého zimního

období a vyřešení případných nedostatků, které nastaly. Pokud je vše vyhovující, je možné se v současném období řídit obdobím minulým. [5]

Vyhláška rovněž stanovuje, že do 15. října je zapotřebí zajistit připravenost všech mechanismů podílejících se na zimní údržbě a prověřit znalosti pracovníku ohledně technologií, předpisů pro obsluhu mechanismů a pravidel bezpečnosti práce. Jestliže je nutná výpomoc, smlouvy o této výpomoci musí být projednány do 31. října. Do 30. listopadu musí být projednány vstupy na přilehlé pozemky komunikací a možnost postavení zásněžek. [5]

### **Stavění zásněžek**

Zásněžky (nebo také protisněhové ploty) jsou tradiční zábranou proti závějím a sněhovým jazykům a staví se na návětrné straně v místech, kde hrozí opakované nebezpečí zavátí komunikace. *„Když návěj a závěj dosáhnou plné výšky zásněžek a povrch sněhu se pak nad jejich horní hranou úplně vyrovná, postaví se další řada zásněžek před první řadu proti převládajícímu směru větru na vzdálenost 12 až 25 metrů, a to podle hloubky zářezu.“* [5, příloha 7] Při umístění zásněžek je správce komunikace povinen je dostatečně zajistit proti povětrnostním podmínkám a aby nevznikly škody na dotčených pozemcích. [5]

### **Orientační sněhové tyče**

Orientační sněhové tyče slouží k lepší orientaci při pluhování v oblastech s velkými sněhovými srážkami. Délka tyčí se pohybuje mezi 1 až 3 m a osazuje se 50 cm od čištěné plochy. Vzdálenost mezi jednotlivými tyčemi je okolo 50 m, v místech s horší viditelností nebo v obloucích je tato vzdálenost přiměřeně zkracována. [5]

### **Označení neudržovaných komunikací**

Komunikace, u kterých se v zimním období neudrhuje sjízdnost, musí být před začátkem zimního období označeny dopravní značkou A22 (jiné nebezpečí) a doplňkovou tabulkou, na které je napsáno „Silnice se v zimě neudrhuje“. [5] Pokud by toto označení chybělo, veškeré způsobené škody z důsledku špatné sjízdnosti by poté musel řešit správce komunikace.

## **Označení změny technologie**

*„Tam, kde v jedné trase komunikace dochází ke změně technologie posypu, musí být osazena dopravní značka A 22 „Jiné nebezpečí“ s doplňkovou tabulkou, např. „Konec chemického posypu“.“ [5, příloha 7]*

## **Uzavření smluv**

Správce komunikace musí být s dostatečným předstihem uzavřeny smlouvy o výpomoci v kalamitních situacích, o vzájemné výměně udržovaných komunikací a dohody o jednotné údržbě silnic, které procházejí více územími. U těchto silnic by jejich správci měli dohodnout spolupráci, aby sjízdnost byla zajišťována nejlépe stejnou technologií. *„Nedojde-li k dohodě nebo není-li to technicky možné, musí být použita technologie schválena silničními správními úřady.“ [5, příloha 7]* Místo změny technologie musí být poté označeno.

## **Školení osob provádějící zimní údržbu**

Školení se týká všech osob provádějících zimní údržbu včetně těch, kteří tuto službu vykonávají dodavatelsky. Tyto osoby musí být řádně a prokazatelně proškoleny dle osnovy školení. Tato osnova zahrnuje technické a organizační pokyny, pravidla bezpečné práce v zimní údržbě a zásady ochrany životního prostředí. [5]

### **1.2.2 Lhůty pro zmírňování závad ve sjízdnosti**

*„Správci komunikací zabezpečují zimní údržbu tak, aby pokyn k zahájení příslušného zásahu byl vydán neprodleně po zjištění jeho potřeby a aby pluhování bylo prováděno již v průběhu spadu sněhu a podle potřeby i po jeho skončení.“ [5, par. 45, odst. 1]*

Doba od zjištění závady ve sjízdnosti do doby vyjetí prvního mechanismu ke zmírnění závady nesmí v zimním období překročit 30 minut. [5]

Od výjezdu mechanismů musí být sjízdnost zajištěna silnic a dálnic v následujících časech:

- na **dálnicích do 2 hodin,**
- na silnicích zařazených do **I. pořadí důležitosti do 3 hodin,**
- na silnicích zařazených do **II. pořadí důležitosti do 6 hodin,**
- na silnicích zařazených do **III. pořadí důležitosti do 12 hodin.** [5]

Sjízdnost místních komunikací I. až III. třídy musí být v následujících lhůtách:

- místní komunikace zařazené do **I. pořadí důležitosti do 4 hodin**,
- místní komunikace zařazené do **II. pořadí důležitosti do 12 hodin**,
- místní komunikace zařazené do **III. pořadí důležitosti do 48 hodin**. [5]

### 1.2.3 Mechanické odklizení sněhu

Jelikož posyp nebo postřik chemickými rozmrazovacími materiály do čerstvě napadaného sněhu vyššího než 3 cm je neúčinný, je tedy nejprve nutné silnici ošetřit pluhováním, což je nejčastější způsob odklizení sněhu. „*Sníh je za obvyklé zimní situace třeba odstraňovat tak, aby nedošlo k jeho ujetí provozem a přimrznutí k povrchu vozovky. Sněhovou břečku je třeba z vozovky odstranit.*“ [5, příloha 7]

V souladu se schváleným plánem zimní údržby se používá technologie, která je nejvíce vyhovující pro místní podmínky a pořadí důležitosti silnic:

- I. pořadí – udržuje se celá šířka a délka vozovky. Náledí a zbytková vrstva, která nesmí přesáhnout 3 cm, se nejdříve odstraňuje chemickými rozmrazovacími materiály. Při neúčinnosti chemických rozmrazovacích materiálů je poté použit zdrsňující posyp zdrsňovacím materiálem. [5]
- II. pořadí – „*shodné technologie jako v I. pořadí s tím, že v případě nutnosti se na silnicích ponechávají uježděné sněhové vrstvy, které se zdrsňují posypem zdrsňovacími materiály. Posyp je možno provádět pouze na místech, kde si to vyžaduje dopravně technický stav komunikace (křižovatky, velká stoupání, ostré oblouky, zastávky linkové osobní dopravy)*“, [5, par. 44]
- III. pořadí – udržuje se zásadně pluhováním. V místech, kde si to žádá dopravně technický stav komunikace je poté aplikován posyp zdrsňovacími materiály. [5]

Pro zachování bezpečného průjezdního prostoru a výhledu je zapotřebí rozšiřovat boční sněhové valy. Musí se také brát ohled na tání sněhu, a proto musí být zabezpečen odtok vody. [5]

Pokud je sníh odklizen z dvoupruhé obousměrné silnice, tak se postupuje směrem ze středu k pravému okraji. U vícepruhových silnic je poté vhodné na údržbu využít

pracovních sestav. Ve výjimečných případech je také možné odklízet sních jízdou v protisměru. Tato možnost samozřejmě podléhá bezpečnostním opatřením. [5]

Při odklizení sněhu na mostech je potřeba se nejdříve ujistit, zda se pod mostem nenachází jiné objekty či komunikace, které by tento sních ohrozil. Pokud není bezpečné shazovat sních dolu z mostu, je sních odvezen nebo přesouván v podélném směru. Sních na mostech se odklízí z celé jeho délky a šířky. [5]

*„K odklizení sněhu se běžně používají sněhové radlice. Vznikají-li při sněžení závěje nebo dosáhne-li výška sněhu cca 30-50 cm, nasazují se šípové pluhy. Vrstvy sněhu vyšší než 70 cm se odstraňují sněhovými frézami. Sněhové metače se používají k rozšíření průjezdního prostoru vozovky.“* [5, příloha 7] Po skončení pluhování by neměla zbytková vrstva přesáhnout 3 cm.

#### **1.2.4 Odklizení sněhu a náledí s použitím chemických rozmrazovacích materiálů**

Komunikace, na kterých se používají chemické rozmrazovací materiály, musí být předem určeny plánem zimní údržby. Posyp solí se může aplikovat jen do sněhu, který není vyšší než 3 cm a její dávkování se provádí na základě intenzity sněžení. Při malé intenzitě sněžení se používá dávka 10 g.m<sup>-2</sup>. Při větší intenzitě (sněžení 1,5 cm za hodinu a výše) se používá dvojitá dávka, tedy 20 g.m<sup>-2</sup>. Pokud by byla aplikována větší dávka, vznikla by sněhová břecha. *„Při mimořádně dlouhém sněžení nebo při mimořádné intenzitě spadu lze v průběhu sněžení posyp dávkou 10 g.m<sup>-2</sup> opakovat, ale vždy až po provedeném pluhování, aby se sůl dostala na povrch vozovky.“* [5, příloha 7]

Leží-li na komunikaci zbytková vrstva sněhu, která již nemůže být ponížena nebo odstraněna pluhováním, je také možné na ni aplikovat chemické rozmrazovací materiály. Do tloušťky 1-2 cm uježděného sněhu nebo 2 mm náledí stačí na rychlé a účinné odstranění tyto materiály. U vyšších vrstev jsou nutné opakované posypy společně se součinností mechanických prostředků. [5]

U tenkých vrstev náledí se posyp nechává působit 2 hodiny a u silnějších až do 5 hodin. Po tomto čase se plocha zpluhuje radlicí s ocelovým břitem a zůstala-li na ní ještě vrstva náledí, celý postup se opakuje. Celková denní dávka použitých chemických materiálů ale nesmí přesáhnout 60 g.m<sup>-2</sup>. [5]

**Chemické rozmrazovací materiály** jsou látky, jejichž hlavní vlastností je fyzikálně chemická změna ledu a sněhu, čímž dochází k jejich tání. *„Fyzikální vlastnosti solí svou*



*schopností umožňují snížit bod mrazu vody, a tak v podstatě zabránit vytvoření ledu, nebo rozpustit sníh. Čím vyšší je koncentrace solného roztoku, o to hlouběji leží bod jeho zmrznutí. Tento pokles však není nekonečný. Pro jednotlivé druhy posypových solí existují určité limity maximálních koncentrací.“ [6]*

Rozmrazovací látky tedy zabraňují vytváření ledu, snižují bod mrazu vody a rozpouští již vzniklý led. Nejrozšířenějšími látkami používanými se při zimní údržbě silnic jsou zejména chlorid sodný a chlorid vápenatý. Dále je také možné se setkat s chloridem hořečnatým, močovinou, alkoholy, glykoly a CMA (Calcium Magnesia Acetate).

### **Chlorid sodný (NaCl)**

Chlorid sodný je nejpoužívanějším chemickým rozmrazovací materiálem. Získává se těžbou v solných dolech nebo odpařováním z mořské vody. Pro účely zimní údržby se používá v pevném stavu nebo jako solankový roztok – ten oproti chloridu sodnému v pevném stavu začíná rychleji účinkovat. [6]

K chloridu sodnému se běžně ještě přidávají v malém množství další látky jako ferrokyanid draselný nebo ferrokyanid sodný. Tyto látky jsou takzvané protispékací přípravky a mají za úkol zpomalit tvrdnutí soli.

*„Pro účely zimní údržby komunikací účinkuje chlorid sodný optimálně do teploty zhruba -5 °C až maximálně -7 °C. Pod touto teplotou se již značně zpomaluje jeho tavicí schopnost a při teplotách pod -11 °C se v podstatě stává pro zimní posyp už neúčinným. Proto se v některých zemích chlorid sodný při poklesu teploty pod -7 °C běžně používá ve spojení s chloridem vápenatým.“ [6]* Chlorid vápenatý je ale několikanásobně dražší než chlorid sodný, a to je také poměrně dosti určujícím faktorem.

Jak již bylo zmíněno výše, chlorid sodný je endotermický, takže potřebuje externí tepelnou energii ke své účinnosti. Ta je nejčastěji dodávána dopravním provozem nebo slunečním zářením. [6]

### **Chlorid vápenatý (CaCl<sub>2</sub>)**

Chlorid vápenatý je dobře využitelný i při nízkých teplotách až do -35 °C a vzniká jako vedlejší produkt při výrobě soli. Jeho hlavní použití je v pevném stavu nebo jako solanka. Kvůli své vyšší ceně a negativním účinkům na betonové konstrukce se v zimní údržbě používá hlavně tehdy, pokud teploty klesnou pod -5 °C, a to jako příměs k chloridu sodnému. [6]

Vzhledem k jeho hygroskopicitě, je dodáván v dobře utěsněných 50 kg pytlech. Pokud nastane poškození pytle, z chloridu vápenatého se stane hexachlorid vápenatý, který nemá pro zimní údržbu využití a je tím celé balení znehodnoceno.

*„V protikladu k chloridu sodnému, je chlorid vápenatý exotermický. To znamená, že tepelnou energii naopak vydává. Také jeho velká hygroskopicitu mu umožňuje dříve získávat vlhkost ze vzduchu nebo ledu a tím také rychleji rozeběhnout vlastní tavící proces.“ [6]*

### **Chlorid horečnatý (MgCl<sup>2</sup>)**

Vzniká jako vedlejší látka při výrobě potaše (uhličitanu draselného) a používá se ve formě solného roztoku. Je více hygroskopický než chlorid vápenatý. Používá se hlavně při likvidačním posypu, protože pro potřeby preventivního posypu není vyhovující z důvodů, že může snížit přilnavost pneumatik k vozovce a tím dokonce celou bezpečnost dopravy zhoršit. [6]

Chlorid hořečnatý se používá při teplotách nižších než -9 °C ve formě solného roztoku. V této formě se také dováží přímo z výroby.

### **Močovina (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>)**

Močovina je další látkou, která se používá při zimní údržbě silnic. *„Je to krystalická substance dodávaná v zrnité formě o průměrné velikosti zrn cca 1-2 mm. Substance není žíravá, je však velmi lehká, a proto snadno odvanutelná větrem. Z tohoto důvodu pro účinnou aplikaci musí být používána ve směsi s vodou, nebo v některých případech ve směsi s pískem.“ [6]* Rozmrazovací schopnosti močoviny pod teplotou -7 °C rychle klesají a jejím nedostatkem je také schopnost „nadměrného hnojení“ způsobující růst nechtěné vegetace na okolních pozemcích a vodních plochách. Dalším negativem u tohoto materiálu je jeho cena. Cena močoviny je až osmkrát vyšší než cena chloridu sodného a z tohoto důvodu se používá jen v ojedinělých situacích. Výhodou močoviny je nízký korozivní účinek na okolní materiály. [6]

### **Alkoholy a glykoly**

Alkoholy a glykoly se v zimní údržbě silnic prakticky nikde nepoužívají kvůli jejich vysoké pořizovací ceně, slabé účinnosti a negativním účinkům na životní prostředí. Smíšené s vodou navíc spotřebovávají velké množství kyslíku, takže jsou nebezpečné

pro povrchové vody. Alkoholy navíc snižují povrchové napětí vody, ta se poté lehce dostane do trhlin na vozovce, alkohol se odpaří a zamrznutí zbylé vody způsobí zvětšení prasklin na vozovce. [6]

Jediné jejich použití je možné najít na letištních plochách, protože alkoholy a glykoly mají antikorozi vlastnosti a letištní plochy musí být budovány tak, aby i případný únik leteckého paliva neohrozil životní prostředí či spodní vody. [6]

### **CMA (Calcium Magnesia Acetate)**

Jedná se o novější výrobek ze Spojených států, který vznikl při procesu hledání nových chemických výrobků, jež by byly schopné nahradit chloridy. Z rozsáhlých zkoušek ale bylo zjištěno, že CMA způsobuje operátorům tohoto posypu dýchací problémy, má malou trvanlivost, nerozpouští led a sníh tak rychle jako sůl a jeho cena jeho neúměrně vysoká. Z těchto poznatků došlo k závěru, že s širším používáním CMA zatím nemůže být uvažováno. [6]

#### **1.2.5 Vliv posypů na životní prostředí**

Posypová sůl se ze silnic neodpařuje a ani nijak nemizí. Rozptyluje se tedy ze silnic dvěma způsoby. První způsob je, že je rozpuštěna ve vodě z tajícího ledu a proniká do potoků, rybníků a podzemních vod, čím přispívá k jejich znečištění. Druhým způsobem je rozptyl soli vzduchem, ke kterému dochází rozprášením soli projíždějícími auty. Značné množství soli lze nalézt i 100 m od silnic, a i za hranicí 200 m jsou pozorována měřitelná množství soli. [7]

Prosakování kontaminované vody do podzemních vod může po delší době ovlivňovat zdraví lidí, zvířat a vegetace. Stává se, že studny musí být opuštěny kvůli špatné kvalitě vody. Na vegetaci je možné znát poškození a odumření listů, které je běžně pozorováno podél silnic. Tyto účinky se mohou rozšířit do určité vzdálenosti. [7]

Posypová sůl má vliv i na vodní život. Sůl v rybnících a jezerech vytváří na dně vrstvu slané vody a uvěznuje tak živiny mimo vodní rostliny a živočichy. Zvýšené koncentrace soli ve sladké vodě mají navíc škodlivé účinky na růst, reprodukci a přežití velkého množství bezobratlých, ryb a obojživelníků. [7]

Pro savce a ptáky může pití slané vody vést k toxicitě solí. Malí ptáci si také pletou krystalky soli se zrním a požití malého množství může vést k akutní toxicitě a úhynu.

Velké savce přitahuje sůl podél vozovek, tím si zvykají na dopravu a zvyšují riziko nebezpečných kolizí. [7]

### **1.2.6 Zdrsňování náledí nebo sněhových vrstev zdrsňovacím posypem**

*„Posyp zdrsňovacími materiály se používá na pozemních komunikacích, které nejsou udržovány pomocí chemických rozmrazovacích materiálů. Může být prováděn pouze občasný posyp na dopravně důležitých místech nebo na místech, kde to vyžaduje dopravně technický stav komunikace (křižovatky, velká stoupání, ostré směrové oblouky, zastávky osobní linkové dopravy).“ [8] Na takových místech se poté zřizují samoobslužné nádoby se zdrsňovacím materiálem.*

Na náledí se jako posyp používá jemnozrnný materiál se zrny menšími než 2 mm. Ujeté sněhové vrstvy zase vyžadují hrubší frakce, používají se tedy zrna větší než 4 mm. V zastavěných oblastech je zakázáno používání posypových materiálů, které mají zrna větší než 8 mm. [5]

Klasické přímé úseky se sypou dávkou o velikosti 70 až 100 g.m<sup>-2</sup>, vyžaduje-li to dopravně-technický stav komunikace, zvyšuje se dávka na cca 300 g.m<sup>-2</sup>. Vzhledem k možnosti odmetení materiálu z povrchu vozovky se u frekventovaných komunikací zvyšuje dávka o 50 až 100 %. [5]

*„Posyp zdrsňovacími materiály se provádí v celé šířce komunikace, případně v celé šířce dopravního pruhu, tj. minimálně 3,5 m v jednom směru.“ [5, příloha 7]*

### **Inertní materiály**

Inertní materiály neboli zdrsňující posypové materiály jsou látky, které zvyšují součinitel tření na povrchu vozovky. Tyto materiály jsou šetrné k životnímu prostředí a dobře snesitelné člověkem a zvířaty.

Nabídka zdrsňovacích materiálů je velmi široká. Mezi nejpoužívanější patří písek a štěrk. Vhodnost jejich použití se odvíjí od aktuálního stavu vozovky. Je-li vozovka pokryta ledem, je vhodné použít písek pro jeho menší zrna. Leží-li na vozovce uježděný sníh, používá se štěrk, protože jeho zrna mají hrubší frakci. Nevýhodou těchto dvou látek je jejich nákladný, a ne zcela úspěšný zpětný sběr, který může končit i ucpanými kanalizacemi a jejich následným čištěním. [9]

Na posyp je dále možné použít piliny, popel a v menší míře se občas používají různé druhy strusky nebo škváry. Tyto materiály jsou spíše užívané jen v „domácnostech“ a na veřejných komunikacích se nepoužívají. [6]

Mezi další inertní materiály patří keramický štěrk Ekogrid s Liaporem. Ekogrid díky své lehké váze vzlíná, takže pokud ošetřená plocha začne tát, udrží se na povrchu a není potřeba ho dosypávat. „*Pokud zima už skončila, nemusí se lehký keramický štěrk nákladně odstraňovat. Na rozdíl od písků a drtí se náklady na čištění sníží až o 60 %. Ekogrit neucpává a nevydírá kanalizační systémy. Zametený zbytkový materiál lze nanést na záhony a zelené plochy, kde porézní materiál kypří půdu a zlepšuje provzdušňování kořenových systémů rostlin.*“ [10]

### **1.2.7 Odstraňování sněhu a náledí na místních komunikacích IV. třídy**

Schůdnost těchto komunikací má na starost obec a zajišťuje ji odmetením a odhrnutím sněhu nebo oškrábáním zmrazků a posypem zdrsňovacími materiály. Chemické rozmrazovací materiály se smí používat jen na ty chodníky, které v sobě nemají v sobě uložené inženýrské sítě nebo tyto sítě mají uzavřený kryt. Navíc také musí být v dostatečné vzdálenosti od zelených ploch, aby nedošlo k jejich znečištění. [5]

### **1.2.8 Mechanismy pro zimní údržbu**

**Sypače chemických rozmrazovacích materiálů** musí splňovat určité technické požadavky, aby je bylo možné v zimě použít. Musí být schopny udávat dávky v rozmezích 10 až 60 g.m<sup>-2</sup> s nejmenším možným nastavením u stupňovité regulace posypové dávky na 10, 20 a 40 g.m<sup>-2</sup>. Toto nastavení by mělo být automaticky dodržováno i při změnách rychlosti. „*Šířka posypu má být nastavitelná minimálně v mezích 2-9 m, u sypačů s konstantní šířkou posypu má být minimálně 2 m, maximálně 3,5 m.*“ [5, příloha 7]

**Sypače zdrsňovacích materiálů** musí mít nastavitelnou možnost dávkování mezi 70 – 500 g.m<sup>-2</sup>, minimálně alespoň do 300 m.g<sup>-2</sup>. Při použití stupňovité regulace posypové dávky by mělo být možné nastavit dávkování na 70, 100, 200 a 300 g.m<sup>-2</sup>. Stejně jako u sypačů chemických materiálů musí být i u těchto sypačů nastavená dávka posypu automaticky udržována i při změnách rychlosti. [5]

### 1.3 Metodika práce

V analytické části této diplomové je popsán současný stav ZÚ v Pardubickém kraji. Praktická část je zaměřena na optimalizaci netechnologických jízd pro vybrané okruhy v Pardubickém kraji.

V analytické a praktické části je pracováno s daty, které autorovi poskytla SÚS PK. Jedná se o informace o vozidlech provádějících ZÚ, seznamy pozemních komunikací, uspořádání okruhů, vzdálenosti úseků a povinnosti jednotlivých zaměstnanců.

V praktické části se postupuje pomocí operačního výzkumu, kde se pro optimalizaci pracuje s Eulerovským grafem.

#### 1.3.1 Operační výzkum

Operační výzkum nebo také operační analýza je aplikovaná věda zabývající se kvantitativními metodami, které obecně zahrnují alokaci a kontrolování limitovaných zdrojů. Takové situace mohou nastat například ve výrobě v průmyslových firmách, finančních institucích, zdravotnických organizacích, dopravních systémech, energetice nebo státní správě. V procesu operačního výzkumu jsou vyvíjeny a používány matematické a statistické modely, které pomáhají řešit problém s rozhodováním a analýzu a predikci důsledků alternativních způsobů fungování systému. Výzkum může zahrnovat techniky matematické optimalizace, pravděpodobností a statistické modely, experimenty a počítačové simulace. [11]

#### 1.3.2 Eulerovský graf

Eulerovský graf (někdy označován jako E-graf) je souvislý neorientovaný graf, který má všechny vrcholy sudého stupně – součet vstupujících a vystupujících hran do každého vrcholu je sudé číslo. V tomto grafu je možné najít uzavřený Eulerovský tah obsahující všechny jeho hrany. [12]

Pro aplikaci Eulerovského grafu je v práci používán Edmondův algoritmus:

- 1. krok:** V podgrafu  $F = (V, H)$  jsou určeny vrcholy lichého stupně v počtu  $2t$ ,  $t \geq 1$ ; kde  $t$  je počet dvojic vrcholů lichého stupně.
- 2. krok:** Je sestaven kompletní graf  $K_{2t}$  (jeho vrcholy tvoří vrcholy lichého stupně podgrafu  $F$ ).

**3. krok:** V  $K_{2t}$  jsou ohodnoceny hrany vzdáleností příslušných vrcholů v podgrafu F.

**4. krok:** Je určeno párování minimální délky, tj. vytvoření párů hran tak, aby neměly žádný společný vrchol a součet jejich ohodnocení byl minimální.

**5. krok:** Hrany minimálního párování jsou přidány do původního grafu sítě mezi příslušné vrcholy. [13]

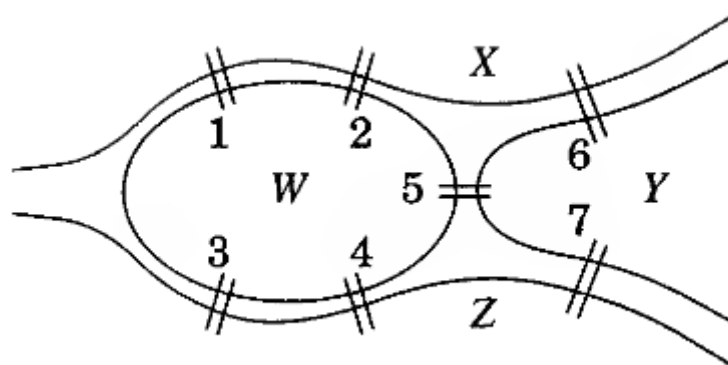
### Eulerovský tah

Eulerovský tah (někdy označován jako E-tah) je pojem v teorii grafů, jenž vyjadřuje uzavřený tah procházející všemi hranami Eulerovského grafu. [12]

Leonhard Euler tento pojem zavedl, když se snažil vyřešit úlohu sedmi mostů města Královce. Pruské město Královec se nacházelo na dvou ostrovech a březích okolo ostrova. Tyto oblasti byly propojeny sedmi mosty, jak je znázorněno na obrázku 1.1. Občané města si kladli otázku, zdali je možné vyjít z domovu, projít každý most jednou a vrátit se zpět domů. Pokaždé, když na jednu pevninu vstoupíme a následně ji opustíme, použijeme tak dva mosty, které ji propojují s okolím. [14]

Euler jako první dokázal, že projít všech sedm mostů tímto způsobem není možné, jelikož jejich počet není sudý, a tím pádem neexistuje Eulerovský tah a ani Eulerovský graf.

[15]



Obr. 1.1 Sedm mostů města Královce

Zdroj: [14].

### 1.3.3 Úloha čínského listonoše

Úloha čínské listonoše (správně ovšem čínský problém listonoše) je optimalizační úloha, kterou formuloval čínský vědec Kwan Mei-Ko v roce 1962.

V této optimalizační úloze je řešeno následující zadání: Listonoš musí ve své oblasti doručit poštu do všech ulic a vrátit se zase nazpátek na poštu odkud vycházel. Jaká bude nejkratší cesta, aby listonoš ušel co nejmenší vzdálenost a každou ulici prošel aspoň jednou? [16]

V neoptimálnějším řešení listonoš projde každou ulici jen jednou a rovnou svou cestu zakončí na poště (uzavřený tah). Jestliže takovéto řešení v úloze není možné a listonoš musí některou z ulic projít vícekrát, hledá se pak taková cesta, při které listonoš nachodí co nejmenší vzdálenost po ulicích, v kterých již doručoval, a nyní jimi jen prochází. [16]

Úloha čínského listonoše je úlohou okružních úloh z teorie grafů. V tomto grafu jsou poté jako vrcholy brány křižovatky. Hrany jsou ulice ohodnocené délkou. [16]



## 2 Analýza současného stavu zimní údržby

Analýza současného stavu zimní údržby zahrnuje stručnou charakteristiku Pardubického kraje, organizace Správa a údržba silnic Pardubického kraje a Plánu zimní údržby silnic Pardubického kraje.

### 2.1 Pardubický kraj

Pardubický kraj se nachází ve východní části Čech a sousedí s krajem Středočeským, Královehradeckým, Olomouckým, Jihomoravským a Vysočinou. Společně s Královehradeckým a Libereckým krajem tvoří region soudržnosti Severovýchod. Severní hranici kraje tvoří Kralický Sněžník, jižní část Orlických hor a západní část Hrubého Jeseníku. Jižní a jihovýchodní hranice je lemována oblastmi Žďárských vrchů a Železných hor. Západ a střed kraje je tvořen Polabskou nížinou. Kraj je pátý nejmenší v České republice, má rozlohu 4 519 km<sup>2</sup> a v roce 2021 měl 522 856 obyvatel. [17]

Pardubický kraj je složen ze čtyř okresů – Pardubice, Chrudim, Svitavy a Ústí nad Orlicí.

Podle dat Českého statistického úřadu bylo k 1.1.2021 na území Pardubického kraje 13 km dálnic, 442 km silnic I. třídy, 929 km silnic II. třídy a 2 206 silnic III. třídy. [18]

V prosinci 2021 byl uveden do provozu úsek dálnice D35 z Opatovic nad Labem do Časů, ten má délku 12,6 km. V roce 2022 by se dálnice měla prodloužit o 14,7 km do Ostrova.



**Pardubický  
kraj**

Obr. 2.1 Logo Pardubického kraje

Zdroj: [19].

## 2.2 Správa a údržba silnic Pardubického kraje

Správa a údržba silnic Pardubického kraje je příspěvkovou organizací Pardubického kraje jejíž hlavní činností je správa a údržba silnic II. a III. třídy, které jsou ve vlastnictví kraje.

Činnosti SÚS PK se dělí na tři části:

1. Vykonává předem stanovená vlastnická práva k silnicím, které patří Pardubickému kraji, a k dalšímu majetku, který slouží k zaručení činnosti.
2. Správa a údržba silnic, která zahrnuje evidenci, prohlídky, údržbu a opravy silnic a jejich příslušenství, mostů a nemovitostí. Dále také zajišťuje inženýrské a investorské činnosti.
3. Výše stanovené činnosti u silnic, které se nachází v Pardubickém kraji a zároveň jsou ve vlastnictví ČR. Tyto silnice musí být převedeny pod SÚS PK a ošetřeny smlouvou. [20]

SÚS PK spravuje celkem 3 649 km silnic, 809 mostů, 50 podjezdů a 1 tunel.



Obr. 2.2 Logo SÚS PK

Zdroj: [20].

## 2.3 Plán zimní údržby silnic Pardubického kraje

Pro zimní údržbu silnic II. a III. třídy je vypracován Plán zimní údržby silnic Pardubického kraje. Tento plán je průběžně konzultován a následně akceptován. Plán zimní údržby silnic Pardubického kraje vstupuje v platnost a účinnost v okamžiku splnění několik základních podmínek, které jsou následující: [21]

- Zimní údržba silnic napomáhá ke zmírnění a snížení počtu závad, které mohou nastat vlivem povětrnostních podmínek a vlivem situací zejména v zimním období v rámci sjízdnosti vozovek podle pořadí důležitosti,
- správce pozemní komunikace se podle sestaveného Plánu zimní údržby silnic Pardubického kraje snaží o redukci a odstranění vzniklých závad ve vymezeném časovém intervalu,
- podle legislativy je vymezeno, že Plán zimní údržby silnic Pardubického kraje je účinný od 1. listopadu do 31. března nadcházejícího roku. [21]

### **2.3.1 Odpovědnost za zimní údržbu, kompetence a další související záležitosti**

Odpovědnost za zimní údržbu silnic Pardubického kraje má organizace Správa a údržba silnic Pardubického kraje (dále jen SÚS PK), která je zastoupena ředitelem a náměstkem pro podnikovou strategii a řízení. Tato organizace zabezpečuje sjízdnost silniční komunikace. Odpovědnost za zimní údržbu silnic je vymezena v organizačním řádu SÚS PK, kde je také stanovena pracovní náplň vedoucích zaměstnanců. [21]

Za SÚS PK zodpovídá provozní náměstek ředitele, vedoucí ZÚ SÚS PK, který zodpovídá za organizaci jako takovou včetně kontroly ZÚ a zpravodajské služby. [21]

Směnoví vedoucí provozních oddělení ZÚ SÚS PK zodpovídají za organizaci, výkon a kontrolu ZÚ v rámci SÚS PK. Vedoucí provozních oddělení jsou rozděleni podle okresů následovně:

- Chrudimsko (území okresu Chrudim),
- Pardubicko (území okresu Pardubice),
- Ústecko-Orlicko (území okresu Ústí nad Orlicí),
- Svitavsko (území okresu Svitavy). [21]

V Pardubicích na krajském dispečerském pracovišti SÚS PK v mimopracovní době přebírá veškerou odpovědnost za výkon a kontrolu ZÚ silnic dispečer zimní údržby, krajský směnový vedoucí ZÚ SÚS PK. [21]

Za výkon a kontrolu ZÚ silnic v rámci svěřeného obvodu v pracovní době na cestmistrovstvích odpovídá cestmistr. V mimopracovní době přebírá odpovědnost za výkon a kontrolu ZÚ silnic dispečer (vedoucí ZÚ). [21]

### **2.3.2 Systém komunikace a sběru dat o aktuálním stavu počasí a sjízdnosti**

Systém komunikace a sběru dat o aktuálním stavu počasí a sjízdnosti je založen na aplikaci zimní zpravodajské služby, která je dostupná na webové stránce [dopravniinfo.cz](http://dopravniinfo.cz). Poskytovatelem tohoto sdělovacího prostředku je ŘSD ČR. V aplikaci jsou pravidelně zaznamenávány různé aktuálnosti týkající se provozu na silnicích, mezi které patří například dopravní události, stupně provozu, aktuální nasazení mechanizace, meteorologické informace, kamery a sjízdnost vozovek. Tyto skutečnosti jsou pak zadávány do aplikace jednotlivými dispečerskými pracovišti. Každý dispečer vlastní příslušné uživatelské jméno a heslo, kterým se přihlásí do elektronického deníku, kam čtyřikrát denně v přesně stanovených časech vloží zprávu za své cestmistrovství. Pokud dojde k jakékoliv mimořádné změně mimo stanovené časy, je stav silničního provozu aktualizován novou zprávou. Pokud nastanou komplikace s funkčností aplikace, dispečer informuje dispečink SÚS PK telefonicky a provede o této skutečnosti zápis do knihy. [21]

Meteorologické zprávy jsou zajišťovány od ČHMÚ v systémech JSMIS a MIS. Dispečeri vlastní přístupová oprávnění do těchto systémů, ze kterých čerpají informace. Veškerá meteorologická data meteostanic na území Pardubického kraje a přilehlých krajů, která zahrnují například teplotu vozovky, sílu nebo směr větru, jsou dostupná na MIS, na všech dispečincích a cestmistrovstvích SÚS PK. [21]

Za účelem informování zpravodajských médií o sjízdnosti vozovek jsou vloženy zprávy publikovány na webových stránkách ŘSD ČR ([www.rsd.cz](http://www.rsd.cz)), Pardubického kraje ([www.pardubickykraj.cz](http://www.pardubickykraj.cz)) a SÚS PK ([www.suspk.cz](http://www.suspk.cz)). [21]

### **2.3.3 Odvoz sněhu z průtahů měst a obcí**

Odvoz sněhu z průtahů měst a obcí je uskutečňován mezi SÚS PK a zástupci daných měst či obcí. Hlavní podmínkou je spoluúčast měst a obcí z finančního hlediska. Spoluúčast se vymezí podle poměru ploch vozovek a ostatních ploch jako jsou například chodníky a střechy. Kromě finanční spoluúčasti je také možná spoluúčast z hlediska technického, kdy jsou zajištěna vozidla pro odvoz sněhu nebo případně nakladači pro nakládku sněhu. Vzhledem k ochraně životního prostředí se musí organizace SÚS PK dohodnout se zástupci měst a obcí, kam budou dané skládky umístěny. [21]

Pro Pardubice jsou při projednání plánu zimní údržby konkrétně určeny následující místa pro svoz sněhu:

- Do řeky Chrudimky za Automatickými mlýny Pardubice (parkoviště na konci slepé městské komunikace). Zde je možno ukládat pouze do té doby, než Chrudimka zamrzne.
- Areál bývalých kasáren Hůrka. [21]

Pro případný odvoz sněhu z průtahu sil. č. II/324 městem Pardubice, je s ohledem na komplikovanou realizaci nakládky z důvodu parkujících vozidel vydáváno Odborem dopravy Magistrátu města Pardubic stanovení přechodného dopravního značení „Zákaz stání“ s dodatkovou tabulkou s textem „Odvoz sněhu“. [21]

Dalšími městy, která mají určené místo pro svoz sněhu, jsou Ústí nad Orlicí, Žamberk, Králíky, Vysoké Mýto, Svitavy, Polička, Moravská Třebová. Ostatní obce nemají určeno oficiální místo, kam má být sníh svážen. Nastane-li situace, že místo pro svoz je vyžadováno, hledá se operativně. [21]

#### **2.3.4 Kalamitní plán**

*„Zimní kalamita je takový stav silniční sítě, který není možno k zajištění sjízdnosti odstranit v časových limitech daných pro jednotlivá pořadí důležitosti silnic při nasazení kapacit určených rozpisem plánu zimní údržby a jestliže tento stav neumožňuje sjízdnost běžným dopravním prostředkům.“ [22]*

*„Povětrnostními situacemi a jejich důsledky, které mohou podstatně zhoršit nebo i přerušit sjízdnost jsou vánice, dlouhodobé sněžení, vznik souvislé námrazy, mlhy, oblevy, mrznoucí déšť, vichřice, povodně a přívalové vody a jiné obdobné povětrnostní situace.“ [4]*

Kvůli rozdílným povětrnostním podmínkám a rozloze Pardubického kraje jsou v případě vzniku kalamitní situace svoláváni pouze ti členové operačního štábu, jejichž správního územního celku se kalamitní situace týká. [21]

Operační štáb se každoročně schází, aby projednal plán ZÚ pro následující zimní období, přičemž na prvním zasedání projednává a vymezuje konkrétní postupy při vzniku kalamitních situací. Členové štábu diskutují například o odvozu sněhu nebo o provizorních skládkách sněhu. [21]

## Stupně kalamity

Stupně kalamity, jimiž se řídí následná ZÚ a odvíjí se z intenzity, doby a rozsahu kalamity, doporučuje ředitel SÚS PK nebo vedoucí ZÚ SÚS PK. Následně musí být schváleny operačním štábem, který je svolán mimořádně.

- I. stupeň – „*kalamita v rozsahu cca jednoho cestmistrovského obvodu. Udrží se přednostně silnice I. a II. pořadí důležitosti a III. pořadí pak jen dle možnosti a jen ty, kde projíždějí autobusové spoje,*“ [21]
- II. stupeň – „*kalamita v rozsahu rozšíření na více než polovinu území okresu. Udrží se sjízdnost především na silnicích I. pořadí důležitosti, na II. pořadí důležitosti se udržují jen dopravně nejzatiženější vozovky (selekcí stanoví operační štáb ZÚ),*“ [21]
- III. stupeň – „*kalamita působí minimálně na území celého okresu nebo i části území dalších okresů Pardubického kraje. Udrží se přednostně silnice zařazené v I. pořadí důležitosti. Mimořádný operační štáb, popřípadě stanoví prioritu pro nové trasy určené pro vedení objížděk.*“ [21]

## 2.4 Mechanizační prostředky pro zimní údržbu provozního oddělení Pardubice

Mechanizační prostředky, které jsou využívány pro ZÚ provozním oddělením Pardubice, se skládají ze 14 nákladních automobilů (přičemž každé je opatřeno sněhovou radlicí a sypací nástavbou) dále z 3 traktorů a 6 nakladačů.

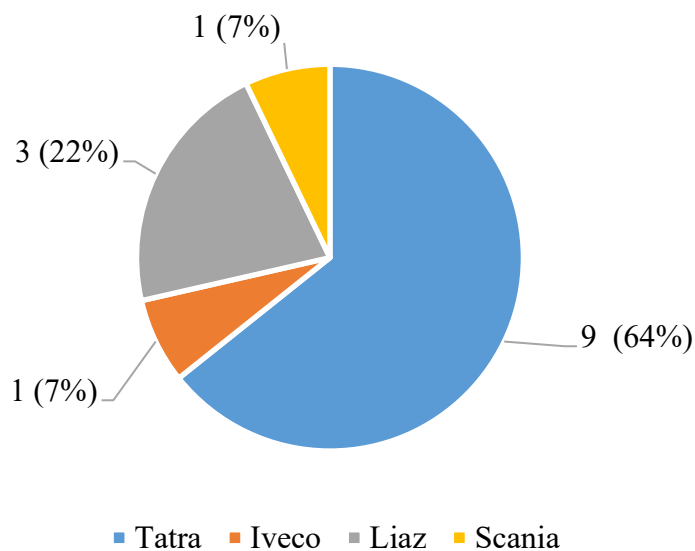
Z tabulky č. 2.1 je patrné, že nákladní automobily, které jsou používány jako sypače, jsou od 4 různých značek (Tatra, Iveco, Liaz, Scania). Tato rozmanitost vozového parku není pro provoz a údržbu výhodná a je dále rozebrána v kapitole 4 *Technicko-ekonomické zhodnocení*.

Tab. 2.1 Seznam mechanizačních prostředků ZÚ provozního oddělení Pardubice

Značka vozidla	Typ vozidla	Počet vozidel
Tatra	Nákladní automobil	9
Iveco	Nákladní automobil	1
Liaz	Nákladní automobil	3
Scania	Nákladní automobil	1
Zetor	Traktor	3
PAUS	Nakladač	2
HON	Nakladač	2
JCB	Rypadlo-nakladač	2

Zdroj: vlastní zpracování dle [23].

V grafu č. 2.1 je znázorněn podíl zastoupení značek vozidel ve flotile pro zimní údržbu silnic. Největší zastoupení mají nákladní automobily Tatra (9 vozidel), za nimi následuje značka Liaz (3 vozidla) a dále značky Iveco a Scania, které mají po 1 vozidle.



Graf 2.1 Podíl značek nákladních automobilů používaných pro ZÚ

Zdroj: vlastní zpracování.

V tabulce 2.2 jsou porovnány základní technické parametry vozidel používaných pro ZÚ. Největší rozdíl je v pohonu – vozidla Liaz, Tatra 815 a Scania mají pohon 4x4 a Tatra Phoenix s Iveco mají pohon 6x6.

Tab. 2.2 Základní technické parametry vozidel ZÚ

<b>Základní technické parametry</b>	<b>Liaz 400</b>	<b>Tatra 815</b>	<b>Tatra Phoenix</b>	<b>Scania P410</b>	<b>Iveco Trakker</b>
<b>Pohon</b>	4x4	4x4	6x6	4x4	6x6
<b>Výkon motoru [kW]</b>	330	170	340	310	330
<b>Celková délka [mm]</b>	6 040	7 800	7 760	7 720	7 700
<b>Celková šířka [mm]</b>	2 550	2 500	2 550	2 550	2 500
<b>Celková výška [mm]</b>	3 580	3 210	3 240	3 150	3 450
<b>Rozvor [mm]</b>	3 550	3 900	3 440	3 950	3 500
<b>Celková hmotnost max [kg]</b>	18 000	15 000	30 000	18 000	18 500
<b>Maximální rychlost [km/h]</b>	90	85	85	85	85

Zdroj: vlastní zpracování dle [23].



### **Nákladní automobily Tatra**

Tato značka je pro potřeby zimní údržby provozního oddělení Pardubice zastoupena staršími modely Tatra 815 a novějšími Tatra Phoenix. Pro účely zimní údržby je každé vozidlo doplněno o čelní sněžnou radlici a kombinovanou sypací nástavbu SYKO 5H od Jičínské společnosti Kobit. [23]



Obr. 2.3 Nákladní automobil Tatra Phoenix

Zdroj: [20].

### **Nákladní automobily Iveco**

Nákladní automobil Iveco je zastoupen modelem Iveco Trakker a to pouze v počtu 1 kusu. Pro účely zimní údržby je vozidlo doplněno o čelní sněžnou radlici a kombinovanou sypací nástavbu Epoke SH 3800. [23]



Obr. 2.4 Nákladní automobil Iveco  
Zdroj: [24].

### Nákladní automobily Liaz

Značka Liaz je zastoupena pro účely ZÚ modely Liaz 100 a Liaz 400. Vozidla jsou doplněna o čelní sněžnou radlici a kombinovanou sypací nástavbu Epoke nebo VSV. [23]



Obr. 2.5 Nákladní automobil Liaz  
Zdroj: [25].

## Nákladní automobil Scania

Tato značka nákladních automobilů je zastoupena modelem P410 a je doplněna o čelní sněžnou radlici a kombinovanou sypací nástavbu. [23]



Obr. 2.6 Nákladní automobil Scania

Zdroj: [20].

## Průměrné stáří mechanizačních prostředků pro ZÚ

Průměrné stáří mechanizačních prostředků lze vypočítat pomocí následujícího vzorce:

$$ps = \frac{\sum sv}{pv} [rok] \quad (2.1)$$

kde:  $ps$  – průměrné stáří [rok]

$sv$  – stáří vozidel [rok]

$pv$  – počet vozidel

Podle tohoto vzorce bylo vypočítáno průměrné stáří pro jednotlivé značky vozidel a následně porovnáno s průměrným stářím v ČR.

Tab. 2.3 Průměrné stáří mechanizačních prostředků používaných při ZÚ

Značka vozidla	Počet vozidel	Průměrné stáří <sup>1)</sup>
Tatra	9	8,9 let
Iveco	1	9 let
Liaz	3	28,3 let
Scania	1	6 let
Zetor	3	34,3 let

Pozn.: 1) Data vztažená k roku 2021

Zdroj: vlastní zpracování dle [23].

Podle Svazu dovozců automobilů bylo průměrné stáří nákladních automobilů v ČR k 31.12.2021 17,9 let a průměrné stáří traktorů v ČR 32,7 let. [26]

Hodnocení průměrného stáří vozidel probíhalo podle následující stupnice:

- Stáří 1–5 let – velmi dobrý stav,
- stáří 6–10 let – dobrý stav,
- stáří 10–18 let – vyhovující stav,
- stáří 19 let a více – nevhovující stav.

Z tabulky číslo 2.3 vyplývají následující skutečnosti:

- Nákladní automobily Tatra mají průměrné stáří 8,9 let, což je oproti průměrnému stáří v ČR (17,9 let) dobrý stav. Nutné je ale podotknout, že toto číslo je dosaženo postupným obnovováním flotily Tater. Ve flotile jsou nyní 3 Tatry 815 s průměrným věkem 17,3 let (vyhovující stav) a 6 novějších Tater Phoenix s průměrným věkem 4,7 let (velmi dobrý stav).
- Nákladní automobil Iveco má průměrné stáří 9 let, což je oproti průměrnému stáří v ČR (17,9 let) dobrý stav.

- Nákladní automobily Liaz mají průměrné stáří 28,3 let, což je oproti průměrnému stáří v ČR (17,9 let) nevyhovující stav.
- Nákladní automobil Scania má průměrné stáří 6 let, což je oproti průměrnému stáří v ČR (17,9 let) dobrý stav.
- Traktor Zetor má průměrné stáří 34,3 let, což je oproti průměrnému stáří v ČR (32,7 let) nevyhovující stav.

### 3 Návrhová řešení zimní údržby

V této části diplomové práce jsou optimalizovány netechnologické jízdy u třech okruhů nacházejících se severně od města Pardubice. Jedná se o okruhy s označením 45/1, 45/3 a 45/4. Všechny okruhy jsou ošetřovány chemickým rozmrazovacím materiálem bez využití dodavatelských služeb, a proto se u každého okruhu uvádí i zkratka CHV. Okruhy byly vybrány k optimalizaci na základě doporučení SÚS PK.

Výsledky provedené optimalizace jsou porovnány a zhodnoceny v kapitole 4 *Technicko-ekonomické zhodnocení*.

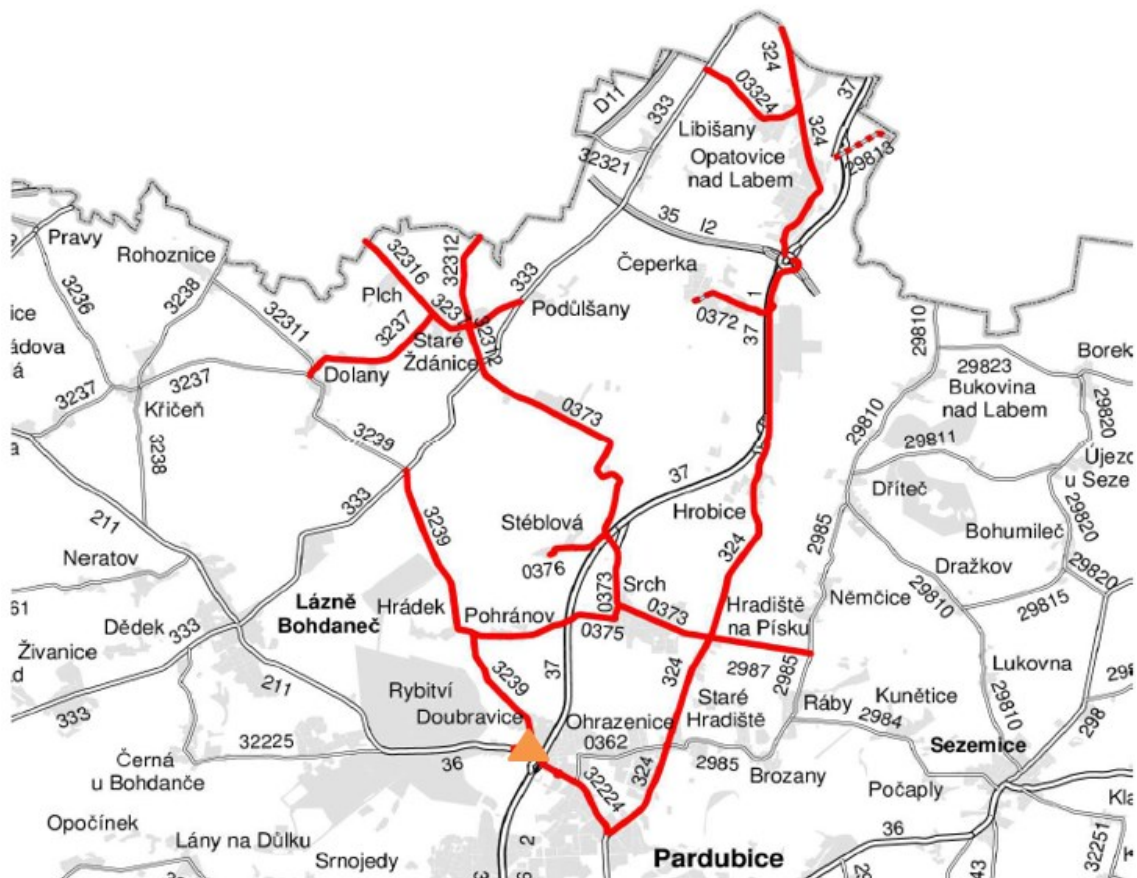
#### 3.1 Okruh 45/1 – CHV

Okruh 45/1 se nachází severně od města Pardubice a skládá se z pozemních komunikací II. (II. pořadí důležitosti) a III. třídy (III. pořadí důležitosti). [21]

Posyp je prováděn chloridem sodným se skrápěním na 45,003 km okruhu a na 1,261 se provádí ošetření komunikace pouze pluhováním. [21]

Obrázek 3.1 znázorňuje zmíněný okruh. Oranžovým trojúhelníkem je zvýrazněno sídlo SÚS PK, které je zároveň sídlem cestmistrovství Pardubice – to je výchozím a koncovým bodem jízdy vozidla údržby.





Obr. 3.1 Mapa okruhu 45/1 - CHV

Zdroj: [21].

Rozpis pozemních komunikací a v jakém pořadí jsou aktuálně obsluhovány, je uveden v tabulce 3.1.

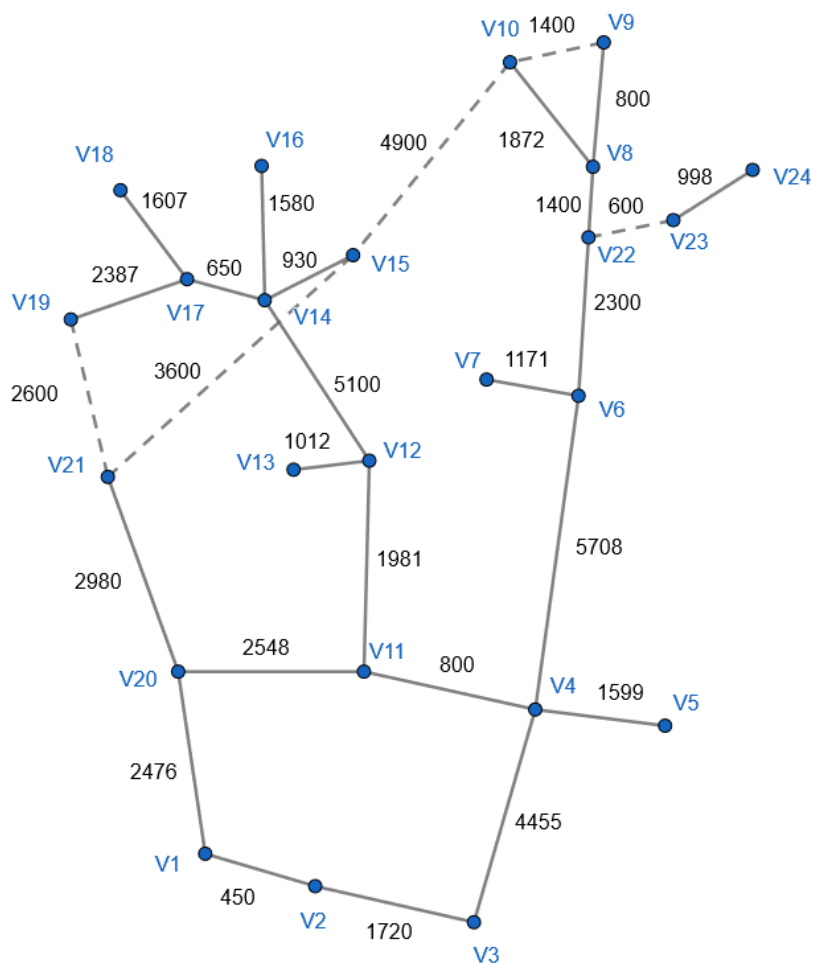
Tab. 3.1 Seznam pozemních komunikací pro okruh 45/1-CHV

Pořadí důlež.	Označení silnice	Úsek místopisně	Staničení		Celkem (km)	Posyp (km)	Pluh. (km)	Čas (min)	Spotř. mat. (t)
			od	do					
III.	III/32224	kř. I/36 Doubravice nadj. - kr. obj. Globus	0,000	0,292	0,292	0,292	0,292	5	0,02
III.	III/32224v	kruhový objezd Globus	0,000	0,000	0,160	0,160	0,160	6	0,01
III.	III/32224	kruh. obj. Globus - kř. II/324 Stavařov	0,292	1,561	1,269	1,269	1,269	10	0,10
II.	II/324	kř. III/32224 Stavařov - kř. III/2985 St. Hradiště	62,340	60,542	1,798	1,798	1,798	14	0,18
II.	II/324 vět	kruhový objezd Staré Hradiště, kř. s III/0362	0,000	0,000	0,080	0,080	0,080	15	0,01
II.	II/324	kř. III/2985 St. Hrad. - rondel R35 - hr. Kraje	60,542	47,784	12,758	12,758	12,758	45	1,24
III.	III/03324	kř. II/333 - Pohřebačka - kř. II/324 Opatovice	0,000	1,872	1,872	1,872	1,872	55	0,14
III.	III/0372	kř. II/324 nadjezd Čeperka - kř. MK u hospody	0,000	1,171	1,171	1,171	1,171	62	0,09
III.	III/2987	kř. III/2985 pod Kuňkou - kř. II/324 Hradiště	0,000	1,599	1,599	1,599	1,599	78	0,12
III.	III/0373	kř. II/324 Hradiště - kř. III/0376 nadj. Stěblová	2,781	0,000	2,781	2,781	2,781	83	0,21
III.	III/0373	kř. III/0376 nadj. Stěblová - kř. II/333 Ždánice	7,171	2,781	4,390	4,390	4,390	95	0,33
III.	III/0376	kř. III/0373 nadjezd - Stěblová konec obce	0,000	1,012	1,012	1,012	1,012	100	0,08
III.	III/0375	kř. III/0373 Srch - kř. III/3239 Pohráňov	0,000	2,548	2,548	2,548	2,548	112	0,19
III.	III/3237	kř. II/333 Podůlsany - kř. III/32312 Ždánice	8,797	7,867	0,930	0,930	0,930	52	0,07
III.	III/32312	kř. III/3237 Ždánice - hr. okr. HK (Krásnice)	0,663	2,243	1,580	1,580	1,580	56	0,12
III.	III/32312	kř. III/3237 Ždánice - kř. II/333 Ždánice	0,000	0,663	0,663	0,663	0,663	58	0,05
III.	III/32316	kř. III/3237 Ždánice - Plch - hr. okr. HK	0,000	1,607	1,607	1,607	1,607	63	0,12
III.	III/3237	kř. III/32312 Ždánice - kř. III/3239 Dolany	4,830	7,867	3,037	3,037	3,037	80	0,23
III.	III/3239	kř. II/333 - Hrádek - kř. s MK SÚS Doubravice	5,456	0,000	5,456	5,456	5,456	126	0,41
III.pluh	III/0372	kř. MK Čeperka hospoda - Čeperka žel. přej.	1,171	1,434	0,263	0,000	0,263	140	
III.pluh	III/29813	kř. I/37 - hr. okr. HK (most Vysoká/L)	0,000	0,998	0,998	0,000	0,998	147	
<b>Celkem</b>					<b>46,264</b>	<b>45,003</b>	<b>46,264</b>	<b>147</b>	<b>3,72</b>

Zdroj: vlastní zpracování dle [21].

Pro nalezení nové trasy je zapotřebí transformovat stávající silniční síť do síťového grafu. Vrcholy v tomto grafu tvoří křižovatky a místa, kde se přechází z netechnologické jízdy na technologickou jízdu a naopak. Hrany tvoří komunikace mezi jednotlivými vrcholy a jsou ohodnoceny vzdáleností podle tabulky 3.1 a podle mapových podkladů.





Graf 3.1 Síťový graf okruhu 45/1 - CHV

Zdroj: vlastní zpracování.

Graf 3.1 znázorňuje současnou trasu v síťovém grafu. Plné čáry jsou ošetřované úseky okruhu. Přerušované čáry znázorňují pozemní komunikace, které je možné využít pro přejezd mezi technologickými úseky. Vrchol V1 je počáteční i koncové místo jízdy.

Pro najítí co nejmenší ujeté vzdálenosti je zapotřebí postupovat podle Edmondova algoritmu a v grafu najít uzavřený E-tah. K sestrojení Eulerovského tahu musí být všechny vrcholy v grafu sudého stupně. Pro ulehčení výpočtu jsou vypuštěny slepé komunikace (V4 – V5, V6 – V7, V12 – V13, V14 – V16, V17 – V18, V22 – V24).

V grafu zůstane 10 vrcholů lichého stupně – V4, V8, V9, V10, V11, V14, V15, V19, V20, V21.

Dalším krokem je určení párování minimální délky mezi vrcholy lichého stupně. K tomuto je zapotřebí spočítat vzdálenosti mezi všemi vrcholy. Ve výpočtu je brán zřetel na pozemní komunikaci II/333, která prochází vrcholy V9, V10, V15 a V21 a mohla by být použita pro přejezd vozidel ZÚ mezi jednotlivými úseky.

Při párování minimální délky musí být nalezeny ty páry hran, které nemají žádný společný vrchol a jejichž součet je minimální.

Tab. 3.2 Matice přímých vzdáleností mezi vrcholy lichého stupně

	V4	V8	V9	V10	V11	V14	V15	V19	V20	V21
V4	-	9408	10208	11280	800	7881	8481	8928	3348	6328
V8	9408	-	800	1872	10208	7702	6772	10739	13352	10372
V9	10208	800	-	1400	11008	7230	6300	10267	12880	9900
V10	11280	1872	1400	-	12080	5830	4900	8867	11480	8500
V11	800	10208	11008	12080	-	7081	7681	8128	2548	5528
V14	7881	7702	7230	5830	7081	-	930	3037	5980	3000
V15	8481	6772	6300	4900	7681	930	-	3967	6580	3600
V19	8928	10739	10267	8867	8128	3037	3967	-	5580	2600
V20	3348	13352	12880	11480	2548	5980	6580	5580	-	2980
V21	6328	10372	9900	8500	5528	3000	3600	2600	2980	-

Zdroj: vlastní zpracování.

Párování minimální délky tvoří následující hrany:

$$(V4 - V11) = 800 \text{ m}$$

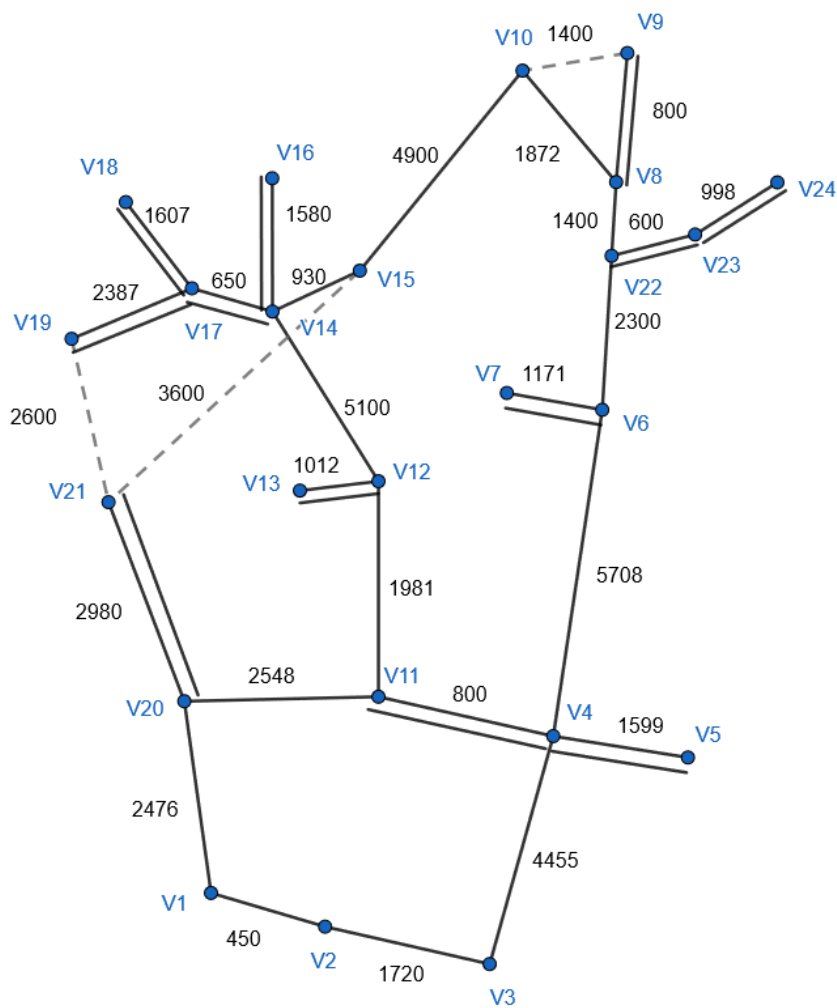
$$(V8 - V9) = 800 \text{ m}$$

$$(V10 - V15) = 4\,900 \text{ m}$$

$$(V14 - V19) = 3\,037 \text{ m}$$

$$(V20 - V21) = 2\,980 \text{ m}$$

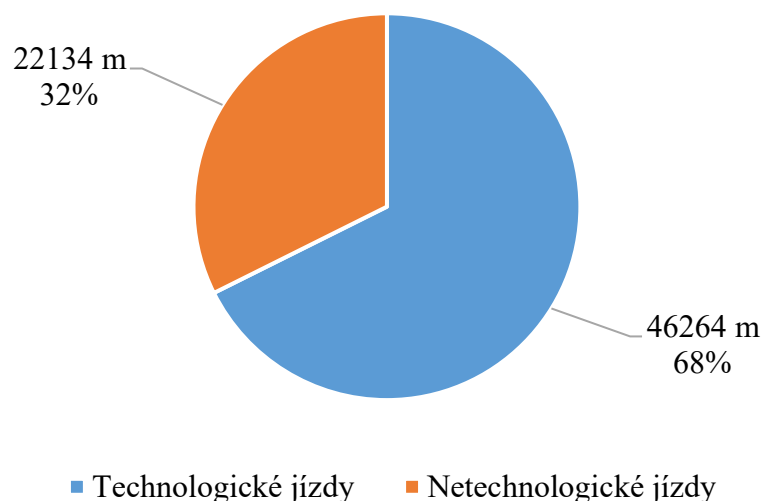
Součet délek hran minimálního párování je 12 517 m. Tyto hrany jsou společně s hranami slepých komunikací a komunikací určených pro přejezd jsou zakresleny plnou čarou do grafu 3.2 jako fiktivní hrany.



Graf 3.2 Síťový graf okruhu 45/1 – CHV doplněn o fiktivní hrany

Zdroj: vlastní zpracování.

Po sečtení délek hran minimálního párování (12 517 m) a ostatních komunikací, které se projíždějí netechnologickou jízdou (450 m, 1 599 m, 1 171 m, 600 m, 998 m, 600 m, 1 580 m, 1 607 m, 1 012 m), vyjde celková vzdálenost netechnologických jízd okruhu 22 134 m.



Graf 3.3 Poměr technologických a netechnologických jízd

Zdroj: vlastní zpracování.

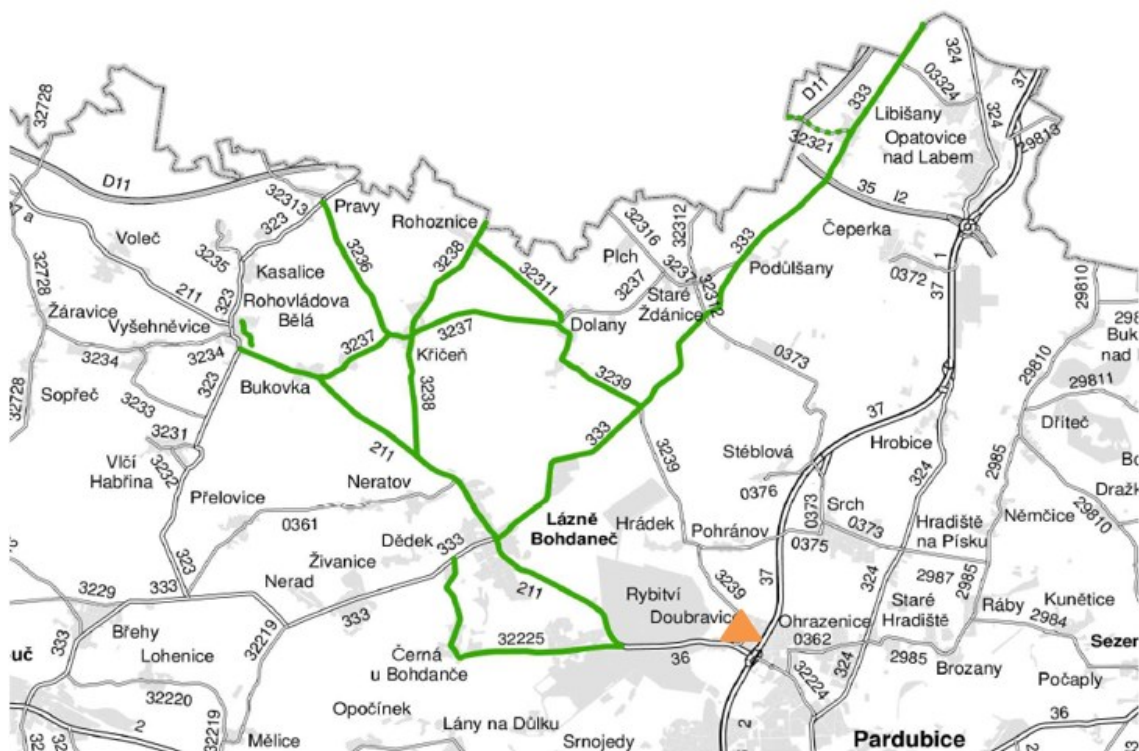
Nově navržená trasa vozidla zimní údržby pro okruh 45/1 bude vypadat následovně: V1 – V2 (netechnologická jízda), V2 – V3, V3 – V4, V4 – V5, V5 – V4 (netechnologická jízda), V4 – V11, V11 – V4 (netechnologická jízda), V4 – V6, V6 – V7, V7 – V6 (netechnologická jízda), V6 – V22, V22 – V23 (netechnologická jízda), V23 – V24, V24 – V22 (netechnologická jízda), V22 – V8, V8 – V9, V9 – V8 (netechnologická jízda), V8 – V10, V10 – V15 (netechnologická jízda), V15 – V14, V14 – V16, V16 – V14 (netechnologická jízda), V14 – V17, V17 – V18, V18 – V17 (netechnologická jízda), V17 – V19, V19 – V14 (netechnologická jízda), V14 – V12, V12 – V13, V13 – V12 (netechnologická jízda), V12 – V11, V11 – V20, V20 – V21, V21 – V20 (netechnologická jízda), V20 – V1.

### 3.2 Okruh 45/3 – CHV

Okruh 45/1 se nachází severozápadně od města Pardubice a skládá se z pozemních komunikací II. (II. pořadí důležitosti) a III. třídy (III. pořadí důležitosti). [21]

Posyp je prováděn chloridem sodným se skrápěním na 45,672 km okruhu a na 1,293 se provádí ošetření komunikace pouze pluhováním. [21]

Obrázek 3.2 znázorňuje zmíněný okruh. Oranžovým trojúhelníkem je zvýrazněno sídlo SÚS PK, které je zároveň sídlem cestmistrovství Pardubice – to je výchozím a koncovým bodem jízdy vozidla údržby.



Obr. 3.2 Mapa okruhu 45/3 - CHV

Zdroj: [21].

Rozpis pozemních komunikací a v jakém pořadí jsou aktuálně obsluhovány, je uveden v tabulce 3.3.

Tab. 3.3 Seznam pozemních komunikací pro okruh 45/3-CHV

Pořadí důlež.	Označení silnice	Úsek místopisně	Staničení		Celkem (km)	Posyp (km)	Pluh. (km)	Čas (min)	Spotř. mat. (t)
			od	do					
II.	II/211	kř. III/32225 Ryb. - kř. II/333, kr. obj. L. Bohd.	19,679	16,487	3,192	3,192	3,192	10	0,31
II.	II/211	kruhový objezd L. Bohdaneč, kř. s II/333	0,000	0,000	0,087	0,087	0,087	11	0,01
II.	II/211	kř. III/32225 Rybitví - kř. II/323 Roh. Bělá	16,487	10,347	6,140	6,140	6,140	23	0,60
II.	II/211	kř. II/323 R. Bělá (dole) - kř. II/323 R. Bělá	10,347	9,837	0,510	0,510	0,510	25	0,05
II.	II/333	kř. I/36 L. Bohdaneč- Ždánice - hr. okr. HK	10,283	23,516	13,233	13,233	13,233	65	1,29
III.	III/3239	kř. II/333 - kř. II/3237 Dolany	5,456	7,953	2,497	2,497	2,497	80	0,19
III.	III/3237	kř. III/3239 Dolany - Křičeň - kř. I/36 Bukovka	4,830	0,000	4,830	4,830	4,830	90	0,36
III.	III/3236	kř. III/3237 Křičeň - kř. II/323 Pravy	2,856	0,000	2,856	2,856	2,856	98	0,21
III.	III/3238	kř. III/3237 Křičeň - kř. I/36 (rybník Matka)	2,344	0,000	2,344	2,344	2,344	110	0,18
III.	III/3238	kř. III/3237 Křičeň - Rohoznice - hr. okr. HK	2,344	4,985	2,641	2,641	2,641	120	0,20
III.	III/32311	kř. III/3238 Rohoznice - kř. III/3237 Dolany	2,217	0,000	2,217	2,217	2,217	125	0,17
III.	III/32225	kř. II/333 Bohd. - Černá u B. - kř. I/36 Rybitví	5,087	0,000	5,087	5,087	5,087	144	0,38
III.	III/32225v	větve silnice Rybitví, kř. s I/36	0,000	0,000	0,038	0,038	0,038	145	0,00
III. pluh	III/32321	kř. II/333 Libišany - hr.okr. HK (u Sedlic)	4,745	3,452	1,293	0,000	1,293	165	
<b>Celkem</b>					<b>46,965</b>	<b>45,672</b>	<b>46,965</b>	<b>165</b>	<b>3,95</b>

Zdroj: vlastní zpracování dle [21].

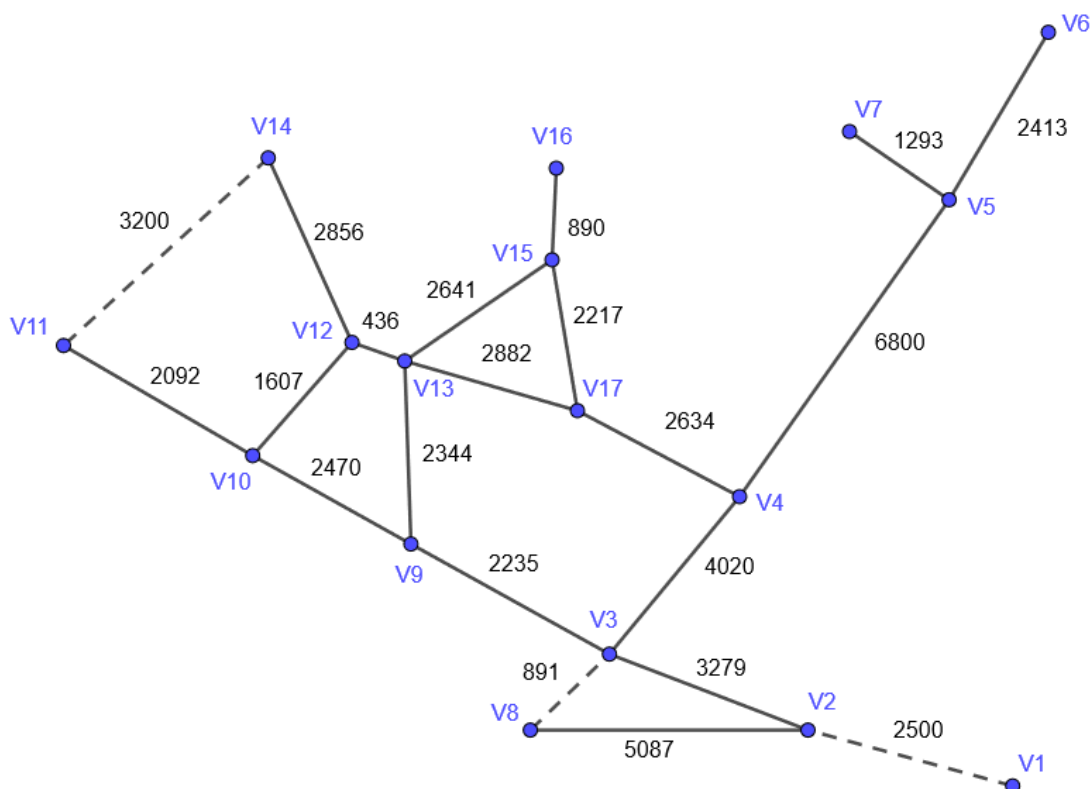
Pro najetí nové trasy je zapotřebí transformovat stávající silniční síť do síťového grafu. Vrcholy v tomto grafu tvoří křižovatky a místa, kde se přechází z netechnologické jízdy na technologickou jízdu a naopak. Hrany tvoří komunikace mezi jednotlivými vrcholy a jsou ohodnoceny vzdáleností podle tabulky 3.3 a mapových podkladů.

Graf 3.4 znázorňuje současnou trasu v síťovém grafu. Plné čáry jsou ošetřované úseky okruhu. Přerušované čáry znázorňují pozemní komunikace, které je možné použít pro přejezd mezi technologickými úseky. Vrchol V1 je počáteční i koncové místo jízdy.

Pro najetí co nejmenší ujeté vzdálenosti je zapotřebí postupovat podle Edmondova algoritmu a v grafu najít uzavřený E-tah. K sestrojení Eulerovského tahu musí být všechny vrcholy v grafu sudého stupně. Pro ulehčení výpočtu jsou vypuštěny slepé komunikace (V1 – V2, V2 – V3, V2 – V8, V5 – V6, V5 – V7, V15 – V16).

V grafu zůstane 8 vrcholů lichého stupně – V4, V5, V9, V10, V11, V12, V14, V17.

Dalším krokem je určení párování minimální délky mezi vrcholy lichého stupně. K tomuto kroku je zapotřebí spočítat vzdálenosti mezi všemi vrcholy. Ve výpočtu je brán zřetel na pozemní komunikaci II/323, která prochází vrcholy V11a V14 a pozemní komunikaci III/3237. Ty by mohly být použity pro přejezd vozidel ZÚ mezi jednotlivými úseky.



Graf 3.4 Síťový graf okruhu 45/3 - CHV

Zdroj: vlastní zpracování.

Při párování minimální délky musí být nalezeny ty páry hran, které nemají žádný společný vrchol, jejichž součet je minimální.

Tab. 3.4 Matice přímých vzdáleností mezi vrcholy lichého stupně

	V4	V5	V9	V10	V11	V12	V14	V17
V4	-	6800	6255	7559	9651	5952	8808	2634
V5	6800	-	13055	12125	14217	10518	13375	7200
V9	6255	13055	-	2470	4562	2780	5636	5226
V10	7559	12125	2470	-	2092	1607	4463	4925
V11	9651	14217	4562	2092	-	3699	3200	7017
V12	5952	10518	2780	1607	3699	-	2856	3318
V14	8808	13375	5636	4463	3200	2856	-	6174
V17	2634	7200	5226	4925	7017	3318	6174	-

Zdroj: vlastní zpracování.

Párování minimální délky tvoří následující hrany:

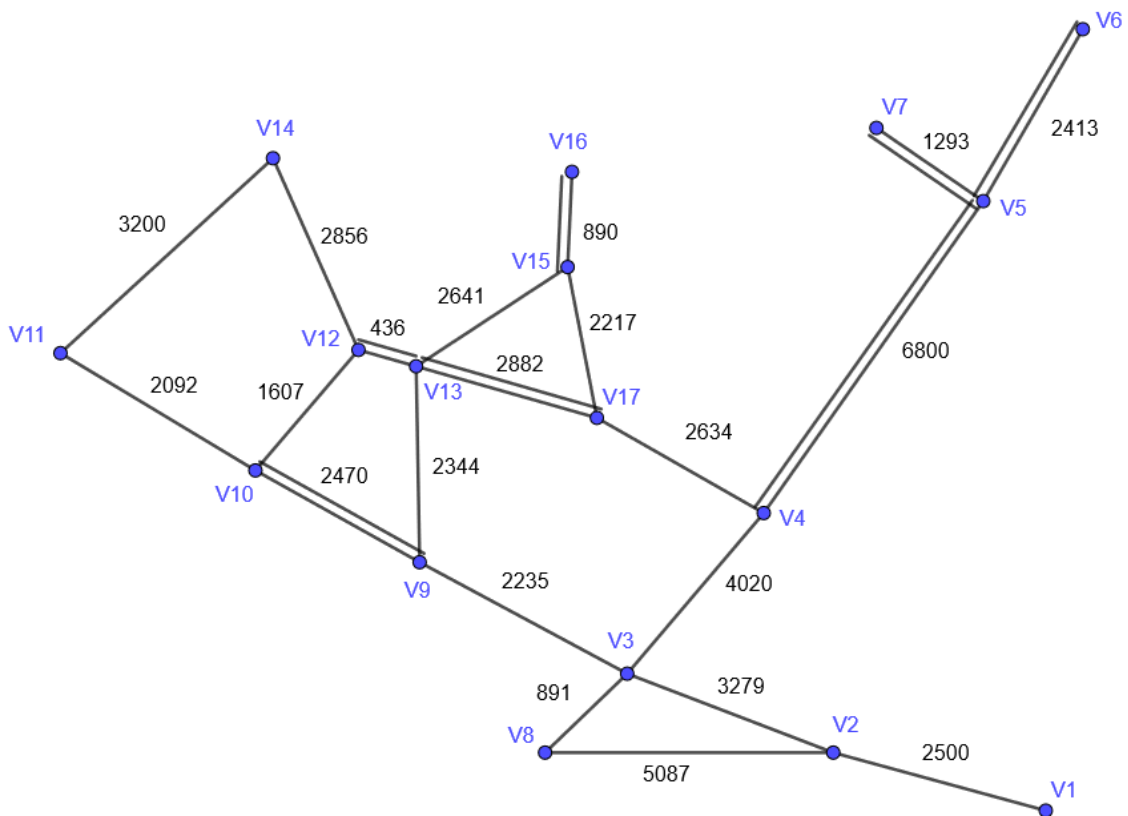
$$(V4 - V5) = 6\,800 \text{ m}$$

$$(V9 - V10) = 2\,470 \text{ m}$$

$$(V11 - V14) = 3\,200 \text{ m}$$

$$(V12 - V17) = 3\,318 \text{ m}$$

Součet délek hran minimálního párování je 15 788 m. Tyto hrany zakreslíme společně s hranami slepých komunikací a komunikací určených pro přejezd plnou čarou do grafu 3.5 jako fiktivní hrany.

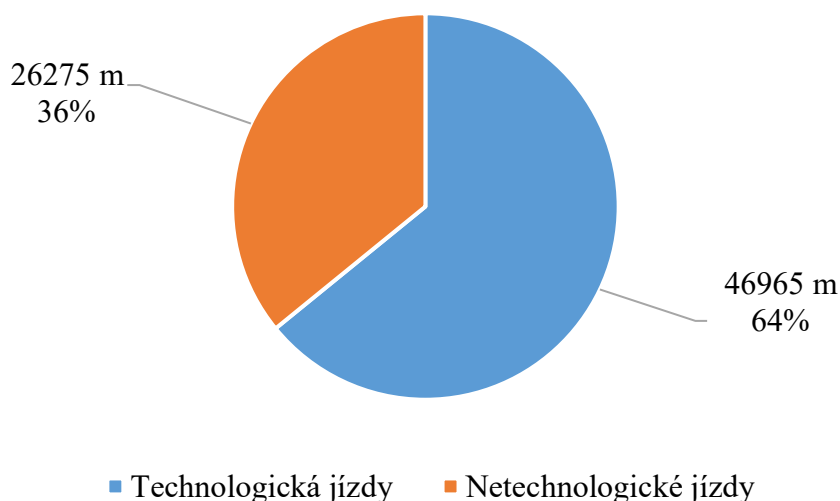


Graf 3.5 Síťový graf okruhu 45/3 – CHV doplněn o fiktivní hrany

Zdroj: vlastní zpracování.



Po sečtení délek hran minimálního párování (15 788 m) a ostatních komunikací, které se projíždějí netechnologickou jízdou (2 500 m, 2 413 m, 1 293 m, 890 m, 891 m, 2 500 m), vyjde celková vzdálenost netechnologických jízd okruhu 26 275 m.



Graf 3.6 Poměr technologických a netechnologických jízd

Zdroj: vlastní zpracování.

Nově navržená trasa vozidla zimní údržby pro okruh 45/3 bude vypadat následovně: V1 – V2 (netechnologická jízda), V2 – V3, V3 – V4, V4 – V5, V5 – V6, V6 – V5 (netechnologická jízda), V5 – V7, V7 – V5 (netechnologická jízda), V5 – V4 (netechnologická jízda), V4 – V17, V17 – V13, V13 – V15, V15 – V16, V16 – V15 (netechnologická jízda), V15 – V17, V17 – V13 (netechnologická jízda), V13 – V12, V12 – V14, V14 – V11 (netechnologická jízda), V11 – V10, V10 – V9, V9 – V13, V13 – V12 (netechnologická jízda), V12 – V10, V10 – V9 (netechnologická jízda), V9 – V3, V3 – V8 (netechnologická jízda), V8 – V2, V2 – V1 (netechnologická jízda).



Tab. 3.5 Seznam pozemních komunikací pro okruh 45/4-CHV

Pořadí důlež.	Označení silnice	Úsek místopisně	Staničení		Celkem (km)	Posyp (km)	Pluh. (km)	Čas (min)	Spotř. mat. (t)
			od	do					
III.	III/0362	kř. III/32224 Ohrazenice - kř. II/324 St. Hradiště	0,000	1,879	1,879	1,879	1,879	10	0,14
III.	III/2985	kř. II/324 St. Hradiště - kř. III/2984 Ráby	0,000	2,479	2,479	2,479	2,479	16	0,19
III.	III/2984	kř. III/2984 Ráby - Kunětice (po most)	3,767	1,694	2,073	2,073	2,073	21	0,16
III.	III/2985	kř. III/2984 Ráby - kř. III/29810 Dříteč	2,479	6,280	3,801	3,801	3,801	33	0,29
III.	III/29810	kř. III/2985 Dříteč - Bukovina - hr.okr. HK	5,503	9,360	3,857	3,857	3,857	42	0,29
III.	III/29823	kř. III/29810 Bukovina - kř. II/298 Hrachoviště	6,030	0,000	6,030	6,030	6,030	57	0,45
III.	III/29820	kř. III/29823 Borek - Bohumileč - kř. II/298	4,415	0,000	4,415	4,415	4,415	67	0,33
III.	III/29815	kř. III/29820 Bohumileč - kř. III/29810 Dražkov	1,800	0,000	1,800	1,800	1,800	72	0,14
III.	III/29810	kř. III/29815 Dražkov - kř. III/2985 Dříteč	2,960	5,503	2,543	2,543	2,543	76	0,19
III.	III/29811	kř. III/29810 Dříteč - kř. III/29820 Újezd u Sezem.	0,000	3,520	3,520	3,520	3,520	82	0,26
III.	III/29810	kř. III/29815 Dražkov - kř. II/298 Sezemice	2,960	0,000	2,960	2,960	2,960	90	0,22
III.	III/2984	kř. I/36 Sezemice - Kunětice (po most)	0,000	1,694	1,694	1,694	1,694	105	0,13
III.	III/2982	kř. I/36 Hůrka - Spojil konec sil. (kř. s MK)	0,000	1,086	1,086	1,086	1,086	117	0,08
<b>Celkem</b>					<b>38,137</b>	<b>38,137</b>	<b>38,137</b>	<b>117</b>	<b>2,87</b>

Zdroj: vlastní zpracování dle [21].

Pro nalezení nové trasy je zapotřebí transformovat stávající silniční síť do síťového grafu. Vrcholy v tomto grafu tvoří křižovatky a místa, kde se přechází z netechnologické jízdy na technologickou jízdu a naopak. Hrany tvoří komunikace mezi jednotlivými vrcholy a jsou ohodnoceny vzdáleností podle tabulky 3.5 a mapových podkladů.

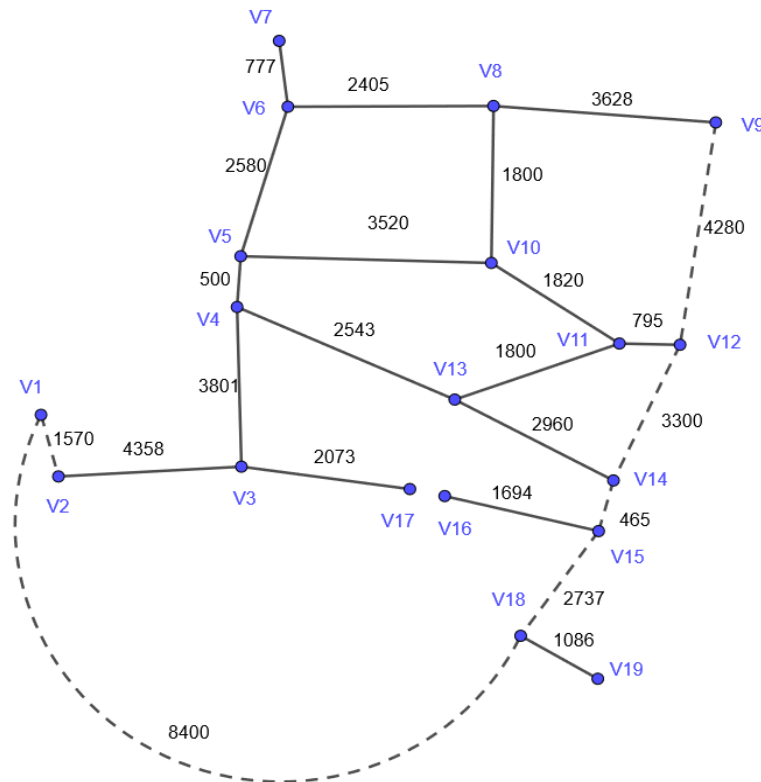
Graf 3.7 znázorňuje současnou trasu v síťovém grafu. Plné čáry jsou ošetřované úseky okruhu. Přerušované čáry znázorňují pozemní komunikace, které je možné použít pro přejezd mezi technologickými úseky. Vrchol V1 je počáteční i koncové místo jízdy.

Pro najítí co nejmenší ujeté vzdálenosti je zapotřebí postupovat podle Edmondova algoritmu a v grafu najít otevřený E-tah, jelikož je potřeba najít nejkratší cestu z vrcholu V4 do V13, odkud se vozidlo pohybuje již po přesně stanovené trase. K sestrojení Eulerovského tahu musí být všechny vrcholy v grafu sudého stupně. Pro ulehčení výpočtu jsou vypuštěny slepé komunikace (V1 – V2, V2 – V3, V3 – V17, V6 – V7, V15 – V6, V18 – V19).

V grafu zůstane 8 vrcholů lichého stupně – V4, V5, V8, V9, V10, V11, V12 a V13.

Dalším krokem je určení párování minimální délky mezi vrcholy lichého stupně. K tomuto je zapotřebí spočítat vzdálenosti mezi všemi vrcholy. Ve výpočtu je brán zřetel

na pozemní komunikaci II/298, která prochází vrcholy V9, V12, V14 a mohla by být použita pro přejezd vozidel ZÚ mezi jednotlivými úseky.



Graf 3.7 Síťový graf okruhu 45/4 - CHV

Zdroj: vlastní zpracování.

Při párování minimální délky se musí najít ty páry hran, které nemají žádný společný vrchol a jejichž součet je minimální.

Tab. 3.6 Matice přímých vzdáleností mezi vrcholy lichého stupně

	V4	V5	V8	V9	V10	V11	V12	V13
V4	-	500	5488	9108	4020	4343	5138	2543
V5	500	-	4985	8613	3520	4843	5638	3043
V8	5488	4985	-	3628	1800	3620	4415	5420
V9	9108	8613	3628	-	5420	5075	4280	6875
V10	4020	3520	1800	5420	-	1820	2615	3620
V11	4343	4843	3620	5075	1800	-	795	1800
V12	5138	5638	4415	4280	2615	795	-	2598
V13	2543	3043	5420	6875	3620	1800	2598	-

Zdroj: vlastní zpracování.

Párování minimální délky tvoří následující hrany:

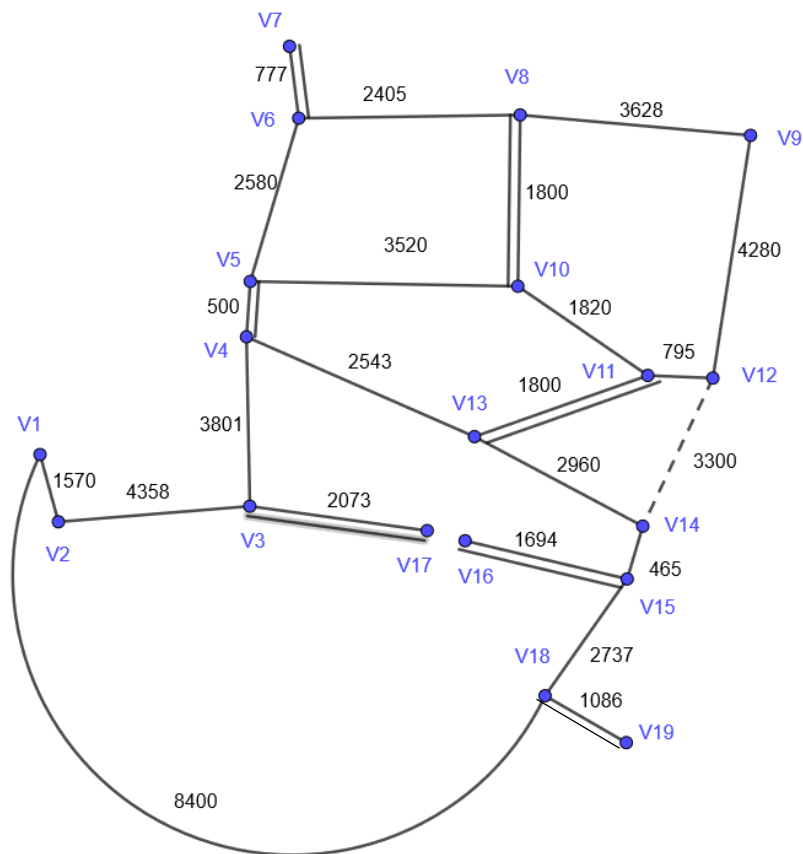
$$(V4 - V5) = 500 \text{ m}$$

$$(V8 - V10) = 1\,800 \text{ m}$$

$$(V9 - V12) = 4\,280 \text{ m}$$

$$(V11 - V13) = 1\,800 \text{ m}$$

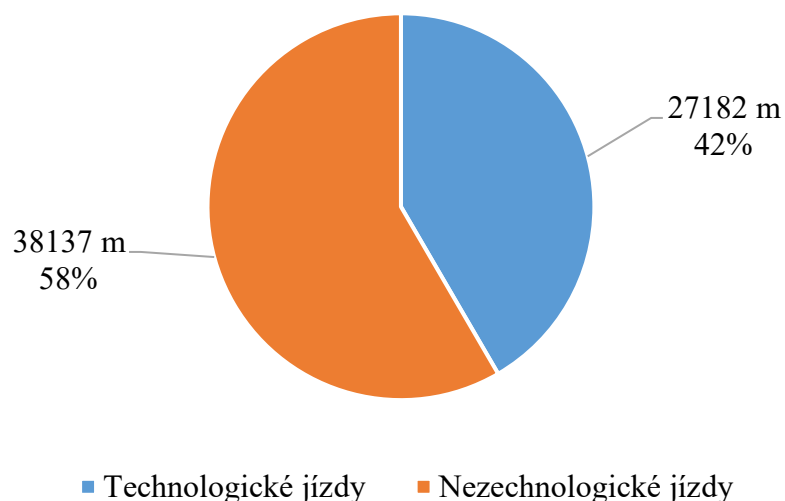
Součet délek hran minimálního párování je 8 380 m. Tyto hrany zakreslíme společně s hranami slepých komunikací a komunikací určených pro přejezd plnou čarou do grafu 3.8 jako fiktivní hrany.



Graf 3.8 Síťový graf okruhu 45/4 – CHV doplněn o fiktivní

Zdroj: vlastní zpracování.

Po sečtení délek hran minimálního párování (8 380 m) a ostatních komunikací, které se projíždějí netechnologickou jízdou (1 570 m, 2 073 m, 500 m, 465 m, 1 694 m, 2 737 m, 1 086 m, 8 400 m), vyjde celková vzdálenost netechnologických jízd okruhu 27 182 m.



Graf 3.9 Poměr technologických a netechnologických jízd

Zdroj: vlastní zpracování.

Nově navržená trasa vozidla zimní údržby pro okruh 45/4 bude vypadat následovně: V1 – V2 (netechnologická jízda), V2 – V3, V3 – V17, V17 – V3 (netechnologická jízda), V3 – V4, V4 – V5, V5 – V6, V6 – V7, V7 – V6 (netechnologická jízda), V6 – V8, V8 – V10, V10 – V11, V11 – V13, V13 – V4, V4 – V5 (netechnologická jízda), V5 – V10, V10 – V8 (netechnologická jízda), V8 – V9, V9 – V12 (netechnologická jízda), V12 – V11, V11 – V13 (netechnologická jízda), V13 – V14, V14 – V15 (netechnologická jízda), V15 – V16, V16 – V15 (netechnologická jízda), V15 – V18 (netechnologická jízda), V18 – V19, V19 – V18 (netechnologická jízda), V18 – V1 (netechnologická jízda).

## 4 Technicko-ekonomické zhodnocení

Na základě dat poskytnutých od SÚS PK a dat vypočítaných v této diplomové práci bylo zjištěno několik skutečností. Tato kapitola se věnuje průměrnému stáří mechanizačních prostředků pro zimní údržbu, úspoře ujetých vzdáleností netechnologických jízd a přesunutí části pozemní komunikace II/222 pod okruh 45/1.

### 4.1 Průměrné stáří mechanizačních prostředků pro ZÚ

Jak již bylo popsáno v kapitole 2.4, byl proveden výpočet průměrného stáří vozového parku a následně byl porovnán s daty průměrného stáří vozidel od Svazu dovozců automobilů. [26]

Nákladní automobily Iveco a Scania mají oproti průměrnému stáří v ČR dobrý stav.

Vozidla značky Tatra mají průměrné stáří 8,9 let, což je oproti průměrnému stáří v ČR (17,9 let) dobrý stav. Nutné je ale podotknout, že toto číslo je dosaženo postupným obnovováním flotily Tater. Ve flotile jsou nyní 3 Tetry 815 s průměrným věkem 17,3 let (vyhovující stav) a 6 novějších Tater Phoenix s průměrným věkem 4,7 let (velmi dobrý stav). Pro zachování provozuschopnosti a dobrého stavu vozidel je potřeba pokračovat s obnovou automobilů Tatra. Novější vozidla nejsou tolik poruchová a jejich provoz je po finanční stránce výhodnější kvůli menší spotřebě pohonných hmot.

Nákladní automobily Liaz mají průměrné stáří 28,3 let, což je oproti průměrnému stáří v ČR (17,9 let) nevyhovující stav. U této značky je doporučeno začít s obměnou vozidel nebo je zařadit mezi záložní vozidla.

Traktor Zetor má průměrné stáří 34,3 let, což je oproti průměrnému stáří v ČR (32,7 let) nevyhovující stav a mělo by se začít přemýšlet o novějším typu.

Po konzultaci s cestmistrem SÚS PK by po technické stránce bylo nejvýhodnější mít flotilu vozidel jedné značky. Snížily by se tím náklady na údržbu, objednávání náhradních dílů a zvýšila se všestrannost řidičů. Nyní má každý řidič přiřazeno jedno vozidlo a v případě poruchy ho musí vyměnit za vozidlo jiné značky, které může mít trochu jiné ovládání vedlejších systémů, což může řidiče rozptylovat při jízdě.

Jelikož se jedná o příspěvkovou organizaci, všechny zakázky se musí řídit zákonem č. 134/2016 Sb. - Zákon a zadávání veřejných zakázek, a tedy není možné si vybírat

konkrétní značky. „Zadavatel konkrétního dodavatele zvýhodňuje, pokud výslovně uvádí, co požaduje nebo vylučuje, a to nejen odkazy na konkrétní výrobky ve formě značky, ale také nastavením takových parametrů, které je schopen naplnit výrobek pouze jednoho dodavatele.“ [27]

## 4.2 Úspora ujetých vzdáleností netechnologických jízd

V tabulce 4.1 jsou shrnuty vzdálenosti u jednotlivých okruhů. První sloupec prezentuje název okruhu ZÚ. Ve druhém sloupci je zapsána nezměněná délka technologických jízd, protože se jedná o pozemní komunikace, které vozidlo ZÚ musí projet a které jsou technologicky upravovány. Ve třetím sloupci je souhrn původní délky netechnologických jízd, které jsou vypočítány z podkladů SÚS PK. Čtvrtý sloupec obsahuje celkový součet zoptimalizovaných netechnologických jízd vypočítaných ve 3. kapitole. Rozdíl mezi původními a novými netechnologickými jízdami se poté nachází v pátém sloupci.

Tab. 4.1 Přehled ujetých vzdáleností

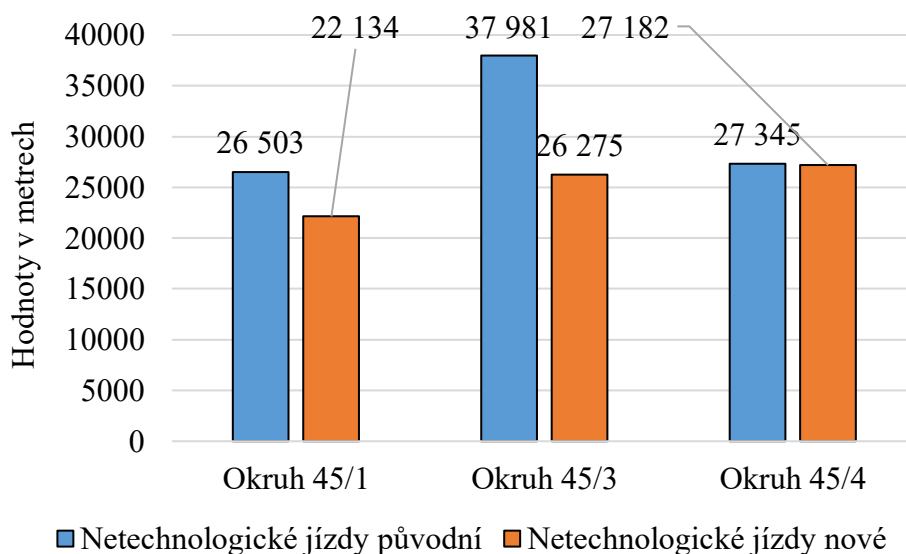
Okruh	Technologické jízdy	Netechnologické jízdy původní	Netechnologické jízdy nové	Rozdíl
45/1	46,264 km	26,503 km	22,134 km	- 4,369 km
45/3	46,965 km	37,981 km	26,275 km	- 11,706 km
45/4	38,137 km	27,345 km	27,182 km	- 0,163 km
<b>Celkem</b>	<b>130,696 km</b>	<b>91,829 km</b>	<b>75,591 km</b>	<b>- 16,238 km</b>

Zdroj: vlastní zpracování.

Je patrné, že u všech tří zkoumaných okruhů se povedlo najít optimalizaci v délce netechnologických jízd. Největší rozdíl je u okruhu 45/3, kde se povedlo ušetřit 11,706 km a nejmenší je u okruhu 45/4, kde se ušetřilo 0,163 m.

V grafu 4.1 je možné vidět rozdíl mezi původními a novými netechnologickými jízdami.





Graf 4.1 Porovnání netechnologických jízd původních a nových

Zdroj: vlastní zpracování.

Prostřednictvím vypočítané uspořené vzdálenosti je možno vypočítat finanční úsporu nákladů na PHM. Všechna vozidla provádějící ZÚ mají dieselové motory a podle dat od SÚS PK je průměrná spotřeba pohonných hmot 31 l/100 km.

Ve výpočtu byla použita průměrná cena nafty v ČR ze dne 30.3.2022, která činila 46,950 Kč/l. [28]

Tabulka 4.2 zobrazuje okruhy, původní netechnologické jízdy, nové netechnologické jízdy, rozdíly v kilometrech a jednotlivé ceny, které by byly ušetřeny při projetí jednotlivých okruhů novou trasou. Celková úspora za optimalizované okruhy by činila 236,4 Kč.

Tab. 4.2 Ušetřené ceny při projetí jednotlivých okruhů novou trasou

Okruh	Netechnologické jízdy původní	Netechnologické jízdy nové	Rozdíl	Cena
45/1	26,503 km	22,134 km	- 4,369 km	63,6 Kč
45/3	37,981 km	26,275 km	- 11,706 km	170,4 Kč
45/4	27,345 km	27,182 km	- 0,163 km	2,4 Kč
<b>Celkem</b>	<b>91,829 km</b>	<b>75,591 km</b>	<b>- 16,238 km</b>	<b>236,4 Kč</b>

Zdroj: vlastní zpracování.

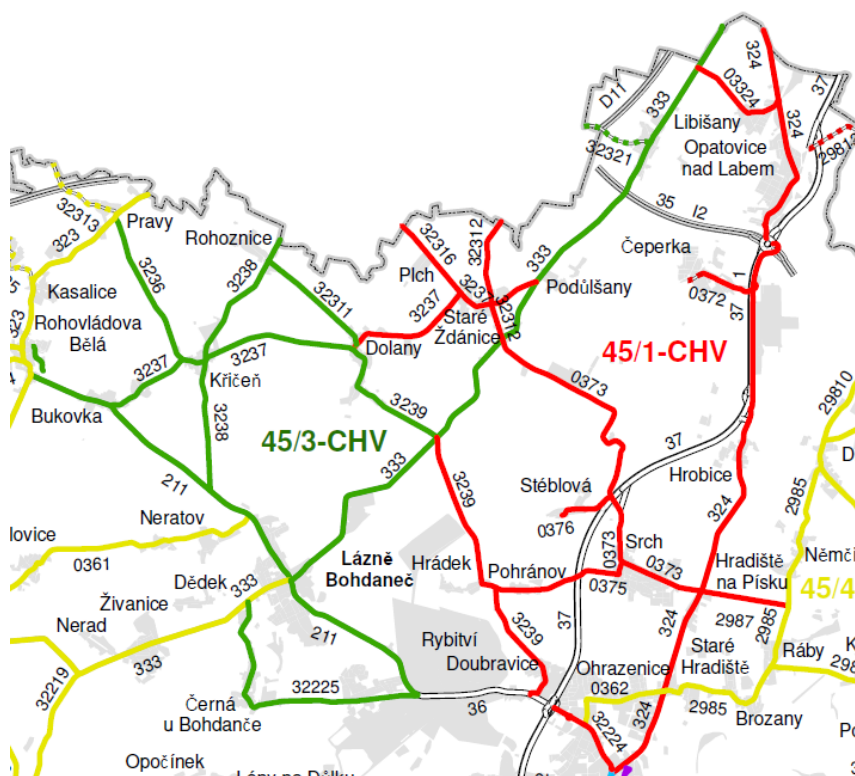
Podle dat SÚS PK vyjelo každé vozidlo ZÚ v zimní sezóně 2021/2022 celkem 29krát. Při tomto počtu výjezdů by bylo za jednu sezónu ušetřeno 6 855,6 Kč.

### 4.3 Přesunutí části pozemní komunikace II/333 pod okruh 45/1

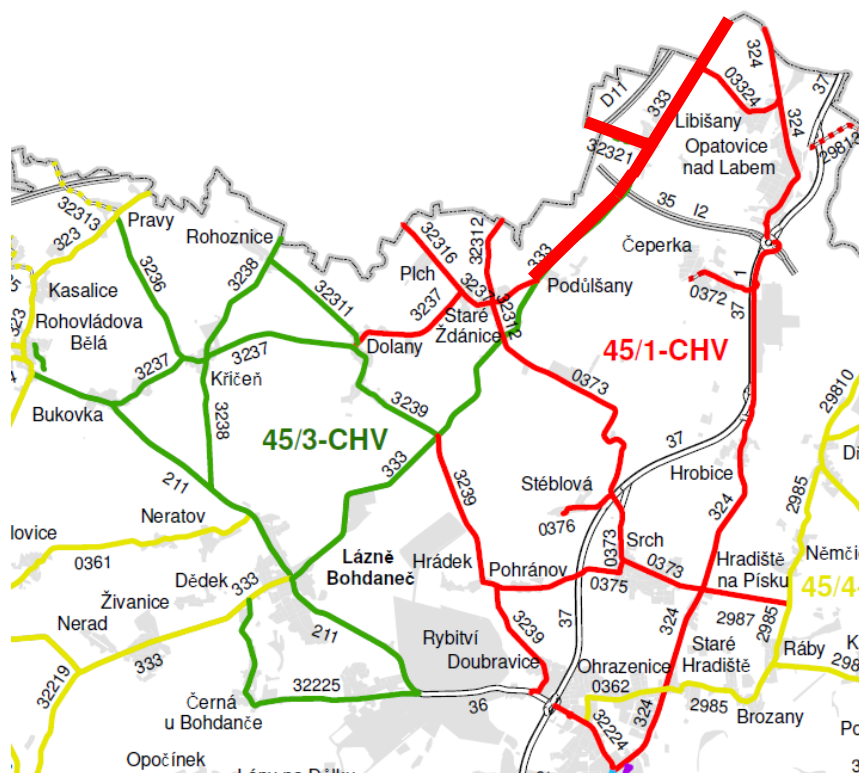
Na základě návrhu nových tras ve třetí kapitole bylo zjištěno, že by bylo možné provést i optimalizaci technologických jízd, a to přesunutím části pozemní komunikace II/333, která vede od Podůlšan až k hranicím s Královohradeckým krajem, pod okruh ZÚ 45/1.

Touto částí pozemní komunikace projíždí vozidlo ZÚ na okruhu 45/1 netechnologickou jízdou a mohlo by být využito, aby vozidlo ZÚ z okruhu 45/3 nemuselo po této komunikaci provádět technologickou jízdu až k hranicím s Královohradeckým krajem a otočilo se již v Podůlšanech.

Na obrázku 4.1 je možné vidět původní rozdělení pozemních komunikací mezi okruhy 45/1 a 45/3.



Obrázek 4.2 znázorňuje nové navrhované rozdělení pozemních komunikací, kde je již část komunikace II/333 převedena pod okruh 45/1. Společně s touto komunikací by byla



Obr. 4.2 Nové rozdělení mezi okruhy 45/1 a 45/3

převedena i komunikace III/32321, která vede z Libišan směrem na Sedlice k hranici s Královéhradeckým krajem.

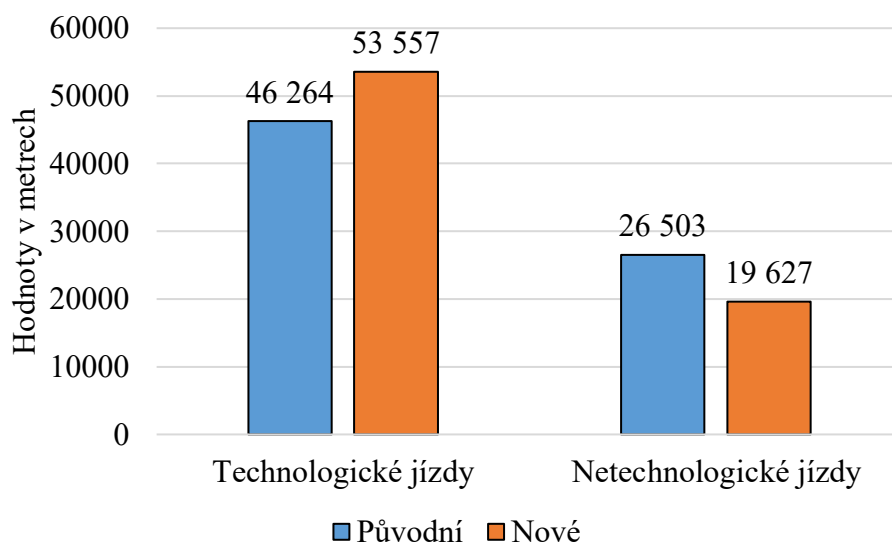
Zdroj: [21].

Z grafu 4.2 a tabulky 4.3 je patrné, že u okruhu 45/1 došlo ke zvýšení kilometrů technologických jízd a to o 7,293 km. Netechnologické jízdy se snížily o 6,876 km. Toto navýšení bylo zapříčiněno přesunutím výše zmíněných komunikací pod tento okruh.

Tab. 4.3 Porovnání původního a optimalizovaného stavu podle ujetých kilometrů

Okruh	Technologické jízdy původní	Technologické jízdy nové	Netechnologické jízdy původní	Netechnologické jízdy nové
45/1	46,264 km	53,557 km	26,503 km	19,627 km
45/3	46,965 km	39,672 km	37,981 km	18,982 km
45/4	38,137 km	38,137 km	27,345 km	27,345 km

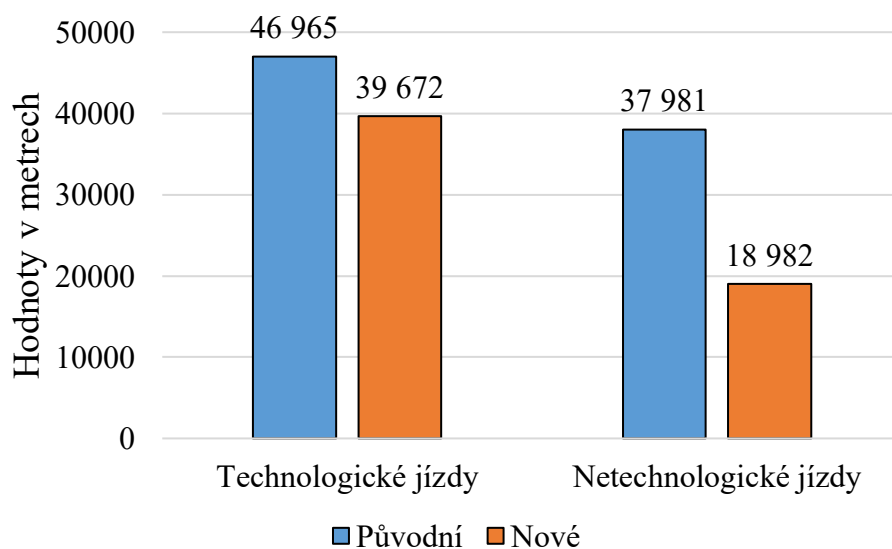
Zdroj: vlastní zpracování.



Graf 4.2 Porovnání původního a optimalizovaného stavu podle ujetých kilometrů u okruhu 45/1

Zdroj: vlastní zpracování.

Výše zmíněná optimalizace se projeví především na okruhu 45/3. U tohoto okruhu se technologické jízdy sníží o 7,293 km, což je vzdálenost přesunutých komunikací. Netechnologické jízdy se díky tomuto kroku sníží skoro o polovinu, a to o 18,999 km.



Graf 4.3 Porovnání původního a optimalizovaného stavu podle ujetých kilometrů u okruhu 45/3

Zdroj: vlastní zpracování.

Jelikož u okruhu 45/1 dojde k navýšení technologických jízd, je potřeba prověřit kapacitu zásobníku vozidla ZÚ. Z dat výrobce nákladních automobilů (Tatra Phoenix), které jsou používány organizací SÚS PK, vyplývá, že provozní hmotnost vozidla včetně radlice a nástavby je 10,12 t. [23] Podle vyhlášky č. 209/2018 Sb. o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel je maximální povolená hmotnost dvounápravového vozidla 18 t. [29] Po odečtení provozní hmotnosti vozidla od maximální povolené hmotnosti vychází, že maximální možná kapacita zásobníku vozidla je 7,88 t. Po optimalizaci okruhu 45/1 dojde ke zvýšení objemu posypového materiálu z 3,72 t na 4,24 t. Vozidlo Tatra Phoenix je tedy pro zoptimalizovaný okruh vyhovující.

Prostřednictvím vypočítané uspořené vzdálenosti je možno vypočítat finanční úsporu nákladů na PHM. Všechna vozidla provádějící ZÚ mají dieselové motory a podle dat od SÚS PK je průměrná spotřeba pohonných hmot 31 l/100 km.

Ve výpočtu byla použita průměrná cena nafty v ČR ze dne 30.3.2022, která činila 46,950 Kč/l. [28]

Do výpočtu je zahrnut i okruh 45/4, který je beze změny v původním stavu.

Jak je znázorněno v tabulce 4.4, původní náklady na PHM při jednom projetí činily u okruhu 45/1 1 059,1 Kč, u okruhu 45/3 1 236,4 Kč a u okruhu 45/4 953,1 Kč. Dohromady to bylo 3 248,6 Kč.

Tab. 4.4 Náklady na PHM při projetí původního okruhu

Okruh	Technologické jízdy původní	Netechnologické jízdy původní	Celkem	Cena
45/1	46,264 km	26,503 km	72,767 km	1059,1 Kč
45/3	46,965 km	37,981 km	84,946 km	1236,4 Kč
45/4	38,137 km	27,345 km	65,482 km	953,1 Kč
<b>Celkem</b>	<b>131,366 km</b>	<b>91,982 km</b>	<b>223,195 km</b>	<b>3248,6 Kč</b>

Zdroj: vlastní zpracování.

Po optimalizaci je největší rozdíl u okruhu 45/3, kde se cena za PHM snížila 382,7 Kč za jedno projetí. Cena u okruhu 45/1 se mírně zvedla o 6,1 Kč. Celkem za všechny tři okruhy to je 2 872 Kč.

Tab. 4.5 Náklady na PHM při projetí optimalizovaného okruhu

Okruh	Technologické jízdy nové	Netechnologické jízdy nové	Celkem	Cena
45/1	53,557 km	19,627 km	73,184 km	1065,2 Kč
45/3	39,672 km	18,982 km	58,654 km	853,7 Kč
45/4	38,137 km	27,345 km	65,482 km	953,1 Kč
<b>Celkem</b>	<b>131,366 km</b>	<b>65,954 km</b>	<b>197,320 km</b>	<b>2872 Kč</b>

Zdroj: vlastní zpracování.

Po odečtení optimalizovaných celkových cen za PHM od původních vychází, že za všechny tři okruhy dohromady by bylo ušetřeno 376,6 Kč.

Podle dat SÚS PK vyjelo každé vozidlo ZÚ v zimní sezóně 2021/2022 celkem 29krát. Při tomto počtu výjezdů by se jednalo o úsporu 10 921,4 Kč za sezónu.

## Závěr

Cílem této diplomové práce bylo optimalizovat netechnologické jízdy u vybraných okruhů zimní údržby silnic ve vybrané lokalitě Pardubického kraje pomocí metod operačního výzkumu.

První část práce se zabývala základní terminologií, zejména legislativními úpravami zimní údržby silnic, dále technologiemi zimní údržby, kam byla zařazena opatření před zahájením zimní údržby, lhůty pro zmírňování závad ve sjízdnosti, mechanické odklízení sněhu, odklízení sněhu a náledí s použitím chemických rozmrazovacích materiálů, vliv posypů na životní prostředí, zdrsňování náledí nebo sněhových vrstev zdrsňovacím posypem, odstraňování sněhu a náledí na místních komunikacích a mechanismy pro zimní údržbu. V této části práce byla rovněž popsána metodika práce.

Analytická část stručně charakterizovala Pardubický kraj, organizaci Správa a údržba silnic Pardubického kraje, Plán zimní údržby silnic Pardubického kraje a mechanizační prostředky pro zimní údržbu provozního oddělení Pardubice.

Dále bylo v analytické části práce vypočteno průměrné stáří vozidel využívaných pro zimní údržbu. Na základě komparace průměrného stáří vozidel s celorepublikovým průměrem bylo navrženo pokračovat s postupnou obnovou flotily Tater. U značky Liaz bylo doporučeno začít s obměnou vozidel nebo je zařadit mezi záložní vozidla. Dále bylo navrženo nahrazení traktoru značky Zetor novějším typem traktoru.

V zájmu naplnění cíle této práce byly v návrhové části optimalizovány netechnologické jízdy u třech okruhů zimní údržby nacházejících se severně od města Pardubice. Optimalizované okruhy mají v porovnání se stávajícími okruhy o 16,238 km méně netechnologických jízd. Tím by bylo možné za zimní sezónu ušetřit celkem 6 855,6 Kč.

Při návrhu nových tras okruhů bylo zjištěno, že je možné tyto okruhy optimalizovat i jiným způsobem. Vozidlo z okruhu 45/1 využívá část silnice II/333 spadající pod okruh 45/3 pro netechnologický přejezd mezi svými úseky. Pokud by došlo k přesunutí této části silnice ze stávajícího okruhu 45/3 na okruh 45/1, bylo by možné uspořit ujeté kilometry vozidla na okruhu 45/3. Technologické a netechnologické jízdy u prvního okruhu by byly prodlouženy o 0,4 km. U druhého okruhu by byly technologické a netechnologické jízdy naopak zkráceny celkem o 26,3 km. Díky optimalizaci by bylo možné uspořit 10 921,4 Kč za zimní sezónu.

Při porovnání obou návrhů vychází finančně příznivěji druhá možnost. V praxi je technicky proveditelná a jediné, co by bylo nutné udělat, je úprava rozsahu dvou okruhů, menší přepracování plánu zimní údržby, zakreslení zoptimalizovaných tras a proškolení řidičů.



## Seznam zdrojů

- [1] GROS, Ivan a kol. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.
- [2] CEMPÍREK, Václav a Rudolf KAMPF. *Logistika*. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2005. ISBN 80-86530-23-X.
- [3] SIXTA, Josef a Václav MAČÁT. *Logistika: teorie a praxe*. Brno: CP Books, 2005. Business books. ISBN 80-251-0573-3.
- [4] ČESKO. Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích. In: *Sbírka zákonů*. Praha: Parlament ČR, 1997, částka 3, číslo 13. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-13>.
- [5] ČESKO. Vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích. In: *Sbírka zákonů*. Praha: Ministerstvo dopravy a spojů ČR, 1997, částka 36, číslo 104. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-104>.
- [6] MELCHER, Karel. *Posypové materiály pro zimní údržbu komunikací v ČR a v zemích EU* [online]. Praha: BEZK(EkoList), c2022. [cit. 2022-01-29]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/posypove-materialy-pro-zimni-udrzbu-komunikaci-v-cr-a-v-zemich-eu>.
- [7] HINSDALE, Jeremy. *How Road Salt Harms the Environment* [online]. Columbia Climate School, 2018-12-11, c2022 [cit. 2022-02-03]. Dostupné z: <https://news.climate.columbia.edu/2018/12/11/road-salt-harms-environment/>
- [8] KLEPRLÍK, Jaroslav. Organizace zimní údržby pozemních komunikací. *Perner's contacts* [online]. Univerzita Pardubice, 2015, 10(3), 61-72 [cit. 2022-02-05]. ISSN180I-674X. Dostupné z: [http://pernerscontacts.upce.cz/40\\_2015/Kleprlik.pdf](http://pernerscontacts.upce.cz/40_2015/Kleprlik.pdf)
- [9] KYSELÝ, Jan. Čím nahradit posypovou sůl. *Veronica* [online]. 2010, (6/2010) [cit. 2022-02-15]. Dostupné z: <https://www.veronica.cz/poradna-v-casopise-veronica?i=60>
- [10] TZB-INFO. Inertní posypový materiál Ekogrit neucpává a nevydírání kanalizační systémy. *TZB-info* [online]. 2012-11-19, c2001-2022 [cit. 2022-02-18]. Dostupné

z: <https://www.tzb-info.cz/111314-inertni-posypovy-material-ekogrit-neucpava-a-nevydira-kanalizacni-systemy>

- [11] JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum*. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1996. ISBN 80-7079-031-8.
- [12] ČERNÝ, Jan. *Operační výzkum pro managery I: učební pomůcka pro studenty oboru regionální management*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1993. ISBN 80-7040-088-9.
- [13] VOLEK, Josef. *Operační výzkum I*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2002. ISBN 80-7194-410-6.
- [14] WEST, Douglas Brent. *Introduction to graph theory*. 2nd ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, c2001. ISBN 978-0130144003.
- [15] CARLSON, Stephan. *Königsberg bridge problem* [online]. 2010-06-30, c2022 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/leisure>
- [16] EDMONDS, Jack a Ellis JOHNSON. *MATCHING, EULER TOURS AND THE CHINESE POSTMAN* [online]. North-Holland Publishing Company, 1973 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://web.eecs.umich.edu/~pettie/matching/Edmonds-Johnson-chinese-postman.pdf>
- [17] Charakteristika Pardubického kraje | BusinessInfo.cz. *BusinessInfo.cz - Oficiální portál pro podnikání a export* [online]. Copyright © 1997-2022 [cit. 2022.03.07]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/navody/charakteristika-pardubickeho-kraje/>
- [18] Český statistický úřad. *Statistická ročenka Pardubického kraje – 2021* [online]. 20. 12. 2021 [2022-04-24]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/prace\\_a\\_mzdy\\_prace](https://www.czso.cz/csu/czso/prace_a_mzdy_prace).
- [19] KOKEŠ, Přemysl. *Pardubický kraj* [online]. 2017-01-31, c2022. [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: <https://www.designportal.cz/v-novem-logu-pardubickeho-kraje-se-krizi-dopravni-cesty-autorem-je-premysl-kokes/>
- [20] O organizaci SÚS Pk. *Správa a údržba silnic Pardubického kraje | SÚS Pk* [online]. Copyright © Správa a údržba silnic Pardubického kraje, c2022. [cit. 2022-04-05]. Dostupné z: <https://www.suspk.cz/o-organizaci>

- [21] *Plán zimní údržby silnic II. a III. tř. v PARDUBICKÉM KRAJI pro zimní sezónu 2021 – 2022*. Pardubice, Správa a údržba silnic Pardubického kraje, 2021.
- [22] Zimní údržba RADYVNOUZI.CZ. *RadyvNouzi.cz* [online], c2022. [cit. 2022-04-05]. Dostupné z: <http://old.radyvnouzi.cz/zimni-udrzba>
- [23] Interní materiály organizace Správa a údržba silnic Pardubického kraje.
- [24] IVECO TRAKKER UDRŽUJE ZIMNÍ SILNICE A DÁLNICE, *Automobil Revue. Nejrozsáhlejší motoristický portál | Automobil Revue* [online]. Copyright c2022 [cit. 2022-03-22]. Dostupné z: [https://www.automobilrevue.cz/rubriky/presunuto-na-trucker-cz-truck-bus/predstavujeme/iveco-trakker-udrzuje-zimni-silnice-a-dalnice\\_46740.html](https://www.automobilrevue.cz/rubriky/presunuto-na-trucker-cz-truck-bus/predstavujeme/iveco-trakker-udrzuje-zimni-silnice-a-dalnice_46740.html)
- [25] Zimní údržba komunikací - *Lesotechnika. Home - Lesotechnika* [online]. Copyright c2022 [cit. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://www.lesotechnika.cz/fotogalerie/zimni-udrzba-komunikaci/>
- [26] Přehled stavu vozového parku. *Svaz dovozců automobilů* [online], c2022. [cit. 2022-03-26]. Dostupné z: <https://portal.sda-cia.cz/stat.php?v#str=vpp>
- [27] Metodický pokyn CHJ č. 3 – *Metodika veřejného nakupování*. In: Ministerstvo financí České republiky [online]. Praha: Ministerstvo financí ČR, 2016, 19.07.2016 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <http://www.mfcr.cz/cs/legislativa/metodiky/2016/metodicky-pokyn-chj-c-3--metodika-verejn-25582>
- [28] Aktuální cena benzínu, cena nafty. *Kurzy.cz* [online], c2000-2022. [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/komodity/benzin-nafta-cena/>
- [29] ČESKO. Vyhláška č. 209/2018 Sb., vyhláška o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel. In: *Sbírka zákonů*. Praha: Ministerstvo dopravy a spojů ČR, 2018, částka 105, číslo 209. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-209>.

## Seznam grafických objektů

Obr. 1.1 Sedm mostů města Královce.....	31
Obr. 2.1 Logo Pardubického kraje .....	33
Obr. 2.2 Logo SÚS PK.....	34
Obr. 2.3 Nákladní automobil Tatra Phoenix.....	41
Obr. 2.4 Nákladní automobil Iveco.....	42
Obr. 2.5 Nákladní automobil Liaz.....	42
Obr. 2.6 Nákladní automobil Scania .....	43
Obr. 3.1 Mapa okruhu 45/1 - CHV .....	47
Obr. 3.2 Mapa okruhu 45/3 - CHV .....	53
Obr. 3.3 Mapa okruhu 45/4 - CHV .....	58
Obr. 4.1 Původní rozdělení mezi okruhy 45/1 a 45/3 .....	66
Obr. 4.2 Nové rozdělení mezi okruhy 45/1 a 45/3.....	67
Tab. 1.1 Seznam silnic a kilometry údržby dle technologií .....	18
Tab. 1.2 Seznam silnic dle pořadí důležitosti .....	18
Tab. 2.1 Seznam mechanizačních prostředků ZÚ provozního oddělení Pardubice.....	39
Tab. 2.2 Základní technické parametry vozidel ZÚ.....	40
Tab. 2.3 Průměrné stáří mechanizačních prostředků používaných při ZÚ .....	44
Tab. 3.1 Seznam pozemních komunikací pro okruh 45/1-CHV.....	48
Tab. 3.2 Matice přímých vzdáleností mezi vrcholy lichého stupně.....	50
Tab. 3.3 Seznam pozemních komunikací pro okruh 45/3-CHV.....	54
Tab. 3.4 Matice přímých vzdáleností mezi vrcholy lichého stupně.....	55
Tab. 3.5 Seznam pozemních komunikací pro okruh 45/4-CHV.....	59

Tab. 3.6 Matice přímých vzdáleností mezi vrcholy lichého stupně.....	60
Tab. 4.1 Přehled ujetých vzdáleností.....	64
Tab. 4.2 Ušetřené ceny při projetí jednotlivých okruhů novou trasou.....	65
Tab. 4.3 Porovnání původního a optimalizovaného stavu podle ujetých kilometrů.....	67
Tab. 4.4 Náklady na PHM při projetí původního okruhu.....	69
Tab. 4.5 Náklady na PHM při projetí optimalizovaného okruhu.....	70
Graf 2.1 Podíl značek nákladních automobilů používaných pro ZÚ .....	39
Graf 3.1 Síťový graf okruhu 45/1 - CHV .....	49
Graf 3.2 Síťový graf okruhu 45/1 – CHV doplněn o fiktivní hrany .....	51
Graf 3.3 Poměr technologických a netechnologických jízd .....	52
Graf 3.4 Síťový graf okruhu 45/3 - CHV .....	55
Graf 3.5 Síťový graf okruhu 45/3 – CHV doplněn o fiktivní hrany .....	56
Graf 3.6 Poměr technologických a netechnologických jízd .....	57
Graf 3.7 Síťový graf okruhu 45/4 - CHV .....	60
Graf 3.8 Síťový graf okruhu 45/4 – CHV doplněn o fiktivní.....	61
Graf 3.9 Poměr technologických a netechnologických jízd .....	62
Graf 4.1 Porovnání netechnologických jízd původních a nových .....	65
Graf 4.2 Porovnání původního a optimalizovaného stavu podle ujetých kilometrů u okruhu 45/1 .....	68
Graf 4.3 Porovnání původního a optimalizovaného stavu podle ujetých kilometrů u okruhu 45/3 .....	68

## Seznam zkratek

CHV	Posyp chemickým rozmrazovacím materiálem a provedení vlastní kapacitou
CSCMP	Council of Supply Chain Management Professionals
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
JSMIS	Jednotný silniční meteorologický informační systém
MIS	Meteorologický informační systém
ŘSD ČR	Ředitelství silnic a dálnic České republiky
SSÚD	Střediska správy a údržby dálnic
SÚS PK	Správa a údržba silnic Pardubického kraje
ZÚ	Zimní údržba

<b>Autor/ka DP</b>	<b>Bc. Lukáš Mazuch</b>
<b>Název DP</b>	<b>Optimalizace zimní údržby ve vybrané lokalitě Pardubického kraje</b>
<b>Studijní obor</b>	<b>Logistika</b>
<b>Rok obhajoby DP</b>	<b>2022</b>
<b>Počet stran</b>	<b>63</b>
<b>Počet příloh</b>	<b>0</b>
<b>Vedoucí DP</b>	<b>doc. Ing. Rudolf Kampf, Ph.D.</b>
<b>Anotace</b>	Diplomová práce se zabývá optimalizací zimní údržby silnic ve vybrané lokalitě Pardubického kraje pomocí metod operačního výzkumu. Čtenář je seznámen s problematikou legislativy zimní údržby a technologiemi zimní údržby pozemních komunikací. V rámci analýzy současného stavu zimní údržby je rozebrán Plán zimní údržby silnic Pardubického kraje. Návrhová část se věnuje optimalizaci vybraných okruhů zimní údržby silnic. Výsledky jsou následně vyhodnoceny a porovnány v závěru práce.
<b>Klíčová slova</b>	optimalizace, Pardubický kraj, plán zimní údržby, pozemní komunikace, úloha čínského listonoše, zimní údržba
<b>Místo uložení</b>	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
<b>Signatura</b>	