

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

Optimalizace zimní údržby pozemních komunikací v Novém Městě nad Metují
Bc. Michal Kárník

Diplomová práce
2011

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal KÁRNÍK**
Osobní číslo: **D09742**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**
Název tématu: **Optimalizace zimní údržby pozemních komunikací
v Novém Městě nad Metují**
Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

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

Úvod

1. Technologie zimní údržby a související právní předpisy
2. Analýza současného stavu zimní údržby v Novém Městě nad Metují
3. Návrhy optimalizace zimní údržby
4. Zhodnocení návrhů

Závěr

Rozsah grafických prací: 3-5
Rozsah pracovní zprávy: 40-50
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:


- (1) Interní materiály Technických služeb Nové Město nad Metují
- (2) Volek, J. Operační výzkum I., Pardubice: Univerzita Pardubice, 2005. 111 s. ISBN 80-7194-410-6
- (3) Zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů
- (4) Vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavlína Brožová, Ph.D.
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: 1. února 2011
Termín odevzdání diplomové práce: 23. května 2011


prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.


doc. Ing. Pavel Drdla, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 1. února 2011

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladu, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše. Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 23. května 2011

Michal Kárník

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá zimní údržbou pozemních komunikací v Novém Městě nad Metují, kterou provádí Technické služby. Obsahuje analýzu současného stavu zimní údržby a Plánu zimní údržby města Nového Města nad Metují na zimní období 2009/2010. Na základě analýzy je navržena možná obnova vozového parku a tras posypu při změně pořadí důležitosti.

KLÍČOVÁ SLOVA

Nové Město nad Metují, obnova vozového parku, pozemní komunikace, zimní údržba

TITLE

Optimalization of Road Winter Service in Nové Město nad Metují

ANNOTATION

This thesis deals with winter maintenance of roads in Nové Město nad Metují, which is carried out by Technical Services. It includes the analysis of a current situation of winter maintenance and the project of winter maintenance in Nové Město nad Metují for the period 2009/2010. The aim of the analysis is to propose the fleet reconstruction and to change the order of importance of road spreading..

KEYWORDS

Nove Mesto nad Metuji, fleet reconstruction, road, winter maintenance

Poděkování:

Rád bych tímto poděkoval Ing. Pavlíně Brožové Ph.D. za poskytnutí informací a vedení mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Miroslavu Trojanovi z Technických služeb v Novém Městě nad Metují za vstřícnost a ochotu při poskytování potřebných informací k vypracování diplomové práce.

OBSAH

ÚVOD	10
1 CHARAKTERISTIKA NOVÉHO MĚSTA NAD METUJÍ	11
2 TECHNOLOGIE ZIMNÍ ÚDRŽBY A SOUVISEJÍCÍ PRÁVNÍ PŘEDPISY	13
2.1 Technologie zimní údržby	13
2.1.1 Opatření před zahájením zimní údržby	13
2.1.2 Plán zimní údržby	15
2.1.3 Pořadí důležitostí a časové lhůty	16
2.1.4 Mechanismy a posypový materiál na zimní údržbu.....	17
2.2 Právní předpisy	20
2.2.1 Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů. 20	
2.2.2 Vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů	21
2.2.3 Nařízení města č. 1/2009 o provádění zimní údržby na místních komunikacích a chodnicích a o vymezení úseků místních komunikací a chodníků, na kterých se pro jejich malý dopravní význam nezajišťuje sjízdnost a schůdnost odstraňováním sněhu a náledí.....	21
3 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU ZIMNÍ ÚDRŽBY V NOVÉM MĚSTĚ NAD METUJÍ	22
3.1 Pořadí důležitosti zimní údržby na místních komunikacích.....	23
3.2 Druhy mechanismů pro zimní údržbu pozemních komunikací a jejich rok výroby	26
3.3 Zimní údržba chodníků.....	28
3.4 Technika určena pro údržbu chodníků	28
3.5 Směny zaměstnanců	29
3.6 Zjišťování stavu komunikací	29
3.7 Celkové náklady a spotřeba posypových materiálů za zimní období.....	29
3.8 Shrnutí nedostatků v plánu ZÚ	30
4 NÁVRH OPTIMALIZACE ZIMNÍ ÚDRŽBY	31
4.1 Obnova vozového parku	31
4.2 Příslušenství k novému mechanismu	31
4.3 Multikriteriální analýza.....	32
4.3.1 Metody stanovení vah kritérií	34
4.3.2 Metody multikriteriálního hodnocení variant	36

4.4 Varianty a kritéria řešení.....	39
4.5 Řešení a návrh vhodné varianty.....	39
4.5.1 Řešení.....	40
4.5.2 Návrh a zhodnocení vhodné varianty.....	44
4.6 Návrh posypových tras a změny v pořadí důležitosti s využitím nového mechanismu (traktoru).....	44
4.6.1 Návrh změny v pořadí důležitosti.....	45
4.6.2 Návrh posypových tras.....	45
4.6.3 Zhodnocení navržených tras.....	50
ZÁVĚR	51
SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....	52
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	53
SEZNAM TABULEK.....	54
SEZNAM ZKRATEK.....	55
SEZNAM PŘÍLOH.....	56

ÚVOD

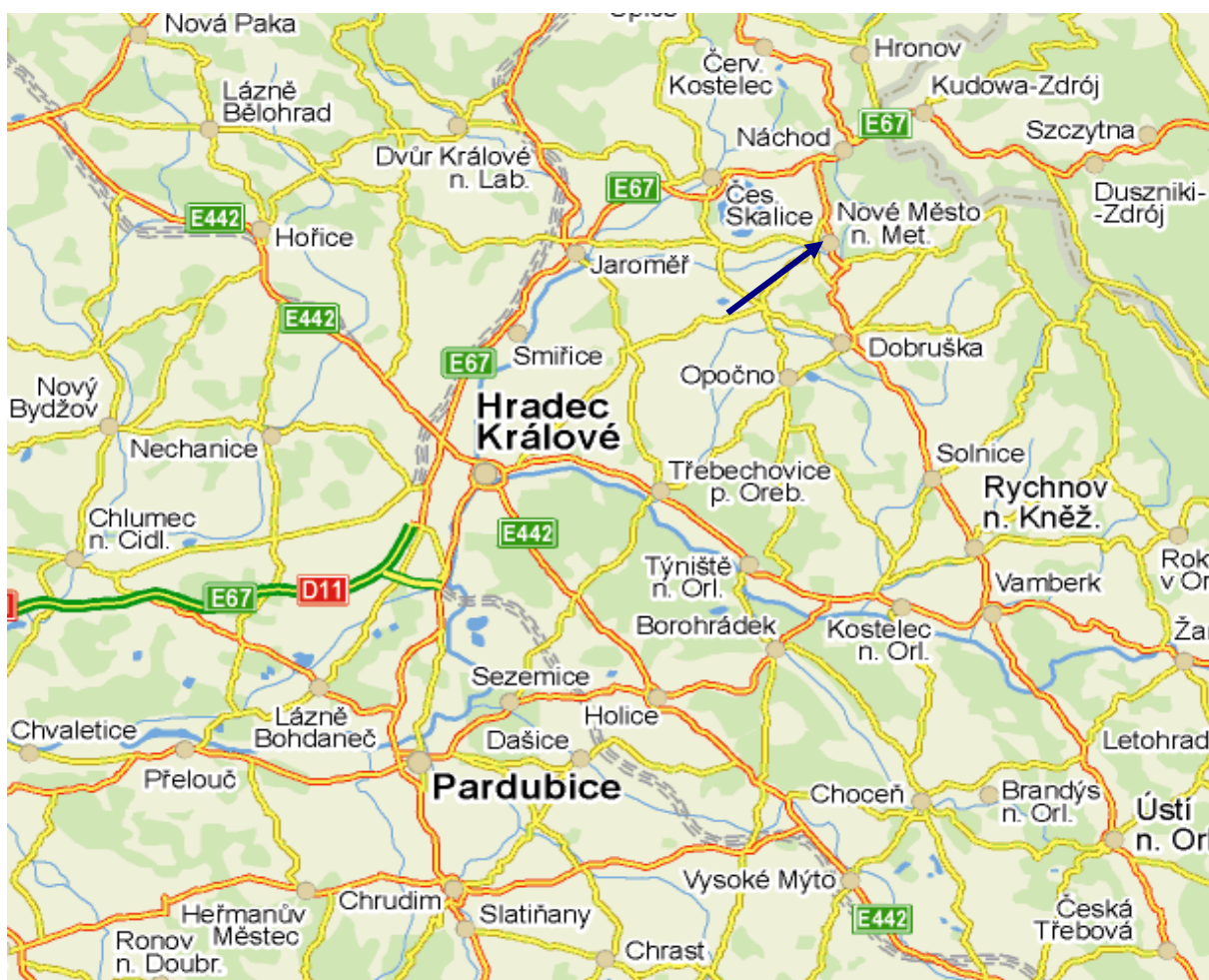
Pro Českou republiku je typické střídání teplých a chladných ročních období. Chladné období se vyznačuje teplotami pod bodem mrazu, náledím, spadem sněhu a vytvářením sněhových jazyků. Tyto povětrnostní podmínky zhoršují sjízdnost pozemních komunikací a hrozí zvýšené riziko dopravních nehod. Z toho důvodu je nutné provádět činnosti jako pluhování, posyp inertním nebo chemickým materiálem. Ty zmírňují negativní vlivy, a to v co nejkratší době po zjištění závady na sjízdnosti a schůdnosti. Zimní údržba probíhá v období od 1.11. do 31.3., mimo toto období pouze v případě náhlé změny povětrnostních podmínek. V Novém Městě nad Metují zimní údržbu zajišťují Technické služby, které spadají pod Městský úřad.

Tato diplomová práce se zabývá zimní údržbou pozemních komunikací v Novém Městě nad Metují. Toto město se nachází v Královéhradeckém kraji v podhůří Orlických hor. Dále je pro něj typické velké rozmezí nadmořské výšky a kopcovitý terén. První část diplomové práce se zabývá charakteristikou Nového Města nad Metují. V druhé části je popsána technologie zimní údržby, v další části pak analýza současného stavu zimní údržby. Z této analýzy vychází poslední kapitola optimalizace zimní údržby, která navrhuje obnovu vozového parku zakoupením nového mechanismu a změnu pořadí důležitosti vybraných komunikací a to z II. do I. pořadí.

Hlavním cílem diplomové práce je navrhnout opatření sloužící ke zlepšení stávající situace a celkovému zefektivnění zimní údržby v Novém Městě nad Metují.

1 CHARAKTERISTIKA NOVÉHO MĚSTA NAD METUJÍ

Nové Město nad Metují leží severovýchodně od krajského města Hradce Králové, v blízkosti česko-polské hranice (viz. obrázek č. 1). Rozkládá se na rozmezí podhůří Orlických hor a úrodné nížinné části Královéhradeckého kraje. Městem protéká řeka Metuje, která společně se skalnatým ostrohem historického centra představuje typickou dominantu města. Historické centrum města je vyhlášenou městskou památkovou rezervací. Město je díky svému historickému původu a blízké přírodní chráněné lokalitě Peklo vyhledávaným turistickým a rekreačním místem. Svoji rozlohou přibližně 2 313 ha a počtem obyvatel 9 878 (k 1.lednu 2010) se řadí na rozhraní menších až středně velkých měst v ČR. (1) Průměrná nadmořská výška města se pohybuje od 290 do 380 m n. m.



Obrázek č. 1 – Nové Město nad Metují

Zdroj: www.mapy.cz

Město je centrem vzdělanosti, zaměstnanosti, průmyslu, obchodu a služeb pro okolní obce. Hlavními průmyslovými obory jsou strojírenství, polygrafie, textilnictví, potravinářství, částečně chemický průmysl a je zde i rozvinuté zemědělství. Poloha nabízí potenciál rozvoje podnikání v oblasti služeb, obchodu, drobné výroby, rozvoje cestovního ruchu, protože město je v blízkosti okresního města Náchod, kde se nachází jeden z nejvýznamnějších hraničních přechodů s Polskem. Město a jeho blízké okolí nabízí dostatek pracovních příležitostí v nejrůznějších oborech činnosti. Důkazem vysoké ekonomické aktivity místních obyvatel a relativně příznivé demografické struktury je dlouhodobě nízká míra nezaměstnanosti, pohybuje se hluboko pod průměrem ČR. Služby občanské vybavenosti (školy, zdravotní a sociální služby, maloobchodní a další) jsou ve městě rozvinuté v uspokojivé míře a úrovni. V oblasti volnočasových aktivit jsou identifikované rezervy především v oblasti sportu a rekreace (chátrající koupaliště, nevyhovující stav některých sportovišť). (1)

Z hlediska silniční sítě je dopravní tepnou především silnice I/14, která městem prochází. Tato silnice spojuje města Náchod, Rychnov nad Kněžnou a Českou Třebovou. Intenzivní provoz po této komunikaci, která vede centrem města, však negativně ovlivňuje životní prostředí. Veřejná linková doprava do okolních měst je na dobré úrovni, protože spoje jsou časté a přesné. Přeložka silnice I/14 není prozatím realizována. Město je napojeno rovněž na železniční trať č. 026 Týniště nad Orlicí - Otovice a v okolí se nachází i místní letiště sloužící především pro rekreační účely. (1)

Kvalita životního prostředí je ve městě a jeho okolí je přijatelná, bez výrazného ovlivňování velkými znečišťovateli či dálkovým přenosem škodlivin. Avšak v rámci města se vyskytují lokality s překračovanými limity hlukového zatížení, způsobeného především intenzivní dopravou. Komplex lesů na východ od centra města je nejen přírodně chráněnou lokalitou, ale poskytuje rekreační zázemí pro místní obyvatele. (1)

2 TECHNOLOGIE ZIMNÍ ÚDRŽBY A SOUVISEJÍCÍ PRÁVNÍ PŘEDPISY

Zimní údržbou (ZÚ) se zmírňují závady vznikající povětrnostními vlivy a podmínkami ve sjízdnosti pozemních komunikací, a to podle pořadí jejich důležitosti. Údržba se provádí podle plánu ZÚ. Dle zákona č.13/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů, je zimní období stanoveno od 1.11. do 31.3. běžného roku. Technologie a plán ZÚ jsou uvedeny ve vyhlášce č.104/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

2.1 Technologie zimní údržby

Do technologie zimní údržby se zahrnují opatření před zahájením zimní údržby, vlastní zimní údržba a také vyhodnocení zimní údržby. Technologické postupy jsou stanoveny ve vyhlášce č. 104/1997 Sb.

2.1.1 Opatření před zahájením zimní údržby

Opatření před zahájením ZÚ – lhůty:

- do 15.10. prověřit připravenosti mechanismů pro ZÚ (emise, technická prohlídka) a znalosti pracovníků (bezpečnost práce, školení obsluhy mechanismů),
- do 31.10. správce PK projedná smlouvy o výpomoci (kalamity); smlouva o vzájemné údržbě (mezi kraji),
- do 30.11. projednání vstupu na cizí pozemky a postavení zásněžek; orientační sněhové tyče (červeno-bílé), označení úseků které se v zimě neudržují.

Přehled opatření před zahájením ZÚ:

- a) Stavění zásněžek – slouží jako preventivní opatření před vznikem závějí, jejich použitím dojde ke snížení větru a tím k vytvoření závějí mimo komunikaci. Zásněžky se umísťují kolmo na směr převládajících větrů, souběžně s komunikací ve vzdálenosti 12-18 násobku jejich výšky a to dle místních podmínek.
- b) Rozmístění orientačních sněhových tyčí (viz. obrázek č. 2) – slouží k lepší orientaci při pluhování, délka je 1-3 m v závislosti na výšce sněhové pokrývky, průměr cca 5 cm, osazují se 50 cm vně od čištěné plochy.



Obrázek č. 2 – Orientační sněhová tyč

Zdroj: autor

- c) Označení neudržovaných pozemních komunikací – dopravní značka A22 „Jiné nebezpečí“ + dodatková tabule „Silnice se v zimě neudržuje“.
- d) Označení změny technologie posypu:
- ekologie – zdroje pitné vody, chráněná krajinná oblast (CHKO),
 - bezpečnost – železniční přejezdy vybavené přejezdovým zabezpečovacím zařízením,
 - označení dopravní značkou A22 „Jiné nebezpečí“ + dodatkovou tabulkou – např. „Silnice se v zimě neudržuje posypem.“ Tato značku je na obrázku č. 3,
- e) Uzavření smluv o výpomoci v kalamitních situacích, o vzájemné výměně udržovaných PK a dohody o jednotné údržbě silnic procházejících územími více správců, aby jejich sjízdnost byla zajištěna pokud možno stejnou technologií.
- f) Školení osob provádějících ZÚ:
- technické pokyny,
 - organizační pokyny,
 - bezpečnost práce,
 - zásady ochrany životního prostředí.



Obrázek č. 3 – Označení změny technologického posypu

Zdroj: autor

2.1.2 Plán zimní údržby

Plán zimní údržby pozemních komunikací je základním dokumentem pro provádění prací spojených se zimní údržbou a jedním z důkazních prostředků pro posouzení odpovědnosti vlastníka komunikací za škody vzniklé uživatelům komunikací z titulu závad ve sjízdnosti a schůdnosti. Do tohoto plánu patří:

- a) mapová část:
 - mapa udržované silniční sítě:
 - měřítko 1:100 000,
 - pořadí důležitosti:
 - I. – značeno červenou barvou,
 - II. – značeno modrou barvou,
 - III. – značeno žlutou barvou,
 - NEUDRŽOVANÉ – bez označení,
 - mapa tras jízd posypových mechanismů (1:50 000),
 - mapa s určením tras pro pluhování,
 - mapa technologie ZÚ.
- b) textová část:
 - osoby odpovědné za ZÚ:
 - viz. Organizační řád + pracovní náplň,

- seznam silnic a kilometry údržby dle technologií:
 - okruhy sypačů,
 - stanovení tras – označení, časový plán,
- seznam mechanismů:
 - vlastní (majetek SÚS),
 - dodavatelské (v případě kalamit),
 - seznam členěn dle středisek cestmistrovských obvodů – druh, registrační značka (RZ), tel. na obsluhu,
- spojení s nepřetržitou službou:
 - spojení s meteorologickou službou,
 - místo, adresa, možnost spojení,
- seznam vedoucích zaměstnanců zajišťujících ZÚ:
 - příjmení, jméno, funkce, pracoviště, telefon,
- seznam úložišť posypového materiálu:
 - místo, druh materiálu, kapacita, stav zásob k 1.1., kdo bude doplňovat zásoby,
- sjednaná výpomoc:
 - firma, sídlo, jméno obsluhy, telefon, sjednaná činnost,
- režim ZÚ s ohledem na životní prostředí:
 - název úseku, číslo silnice, místní název, technologie údržby,
- doklady:
 - smlouvy o sjednaných výpomocích,
 - smlouvy o vzájemné výpomoci při ZÚ na silnicích přecházejících,
 - schvalovací doložka.

2.1.3 Pořadí důležitostí a časové lhůty

Kritéria pro stanovení důležitosti pro zajištění sjízdnosti PK:

- intenzita dopravy, kterou vypočítáme podle vztahu 2.1,

$$I = H * v \quad [v/h] \quad (2.1)$$
- kde: I – intenzita [v/h]
- H – hustota [v/km]
- v – rychlost [km/h]
- vedení tras veřejné linkové dopravy (VLD),
- dopravní význam (ke škole, obchodu, restaurace),

- stavební a dopravně-technický stav – sklonové poměry, zatáčky, mosty,
- územní a povětrnostní podmínky – poloha komunikace (rovina, hory),
- kategorie PK – I., II., III. tř.

Časové lhůty u jednotlivých kategorií jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Členění pořadí důležitosti silnic a MK pro zajištění sjízdnosti a časové lhůty

	I. pořadí	II. pořadí	III. pořadí	
Silnice	I.třídy + dopravně významné II.třídy (do 3 hodin)	ostatní II. třídy + dopravně významné III.třídy (do 6 hod.)	ostatní III třídy (do 12 hodin)	Navrhuje správce PK a KÚ musí schválit
MK	RMK a SMK s VLD, příjezdové komunikace k zdravotnímu zař. (do 4 hod.)	zbývající SMK a důležité OMK (do 12 hodin)	zbývající OMK (do 48 hodin)	Navrhují tech. služby a musí schválit OÚ
D + R	do 2 hodin			Odpovídá SSÚD

Zdroj: 3

Neudržované MK - vymezení úseků silnic, na nichž se nezajišťuje sjízdnost a schůdnost odstraňováním sněhu stanoví KÚ (u MK obecní úřad). Jedná se o silnice, kde není provozována VLD a které mají nepatrný dopravní význam.

2.1.4 Mechanismy a posypový materiál na zimní údržbu

Zvolit správný mechanismus nebo posypový materiál je důležité pro to, aby se zajistila v co nejkratší době sjízdnost pozemních komunikací a tím se předešlo pro řidiče nepředvídaným situacím.

Druhy mechanismů

1. Sypače

Sypače lze rozdělit podle technologického určení na:

a) *sypač inertního materiálu*, který musí splňovat tyto požadavky:

- dávka posypového materiálu má být nastavitelná v rozmezích 70 – 500 g.m⁻²,
- při stupňovité regulaci posypové dávky se požaduje možnost nastavení dávky 70, 100, 200, 300 a 500 g.m⁻² při použití interního

- nastavení dávky má být automaticky regulováno i při změnách pracovní rychlosti sypače a to v rozmezí od 10 do 40 km.hod⁻¹,
- šířka posypu u sypačů s nastavitelnou šířkou posypu má být nastavitelná od 2,5 do 3,5 m. (3)

b) *sypač chemického materiálu* musí splňovat tyto parametry:

- dávka chemického rozmrazovacího materiálu má být nastavitelná od 10 do 60 g.m⁻² a nejlépe plynule,
- při stupňovité regulaci se požaduje možnost nastavení posypové dávky 10, 20, 30, 40 a 60 g.m⁻²,
- nastavené dávkování má být automaticky dodržováno i při změnách rychlosti sypače a to od 10 až do 60 km.h⁻¹,
- šířka posypu má být nastavitelná v mezích 2 – 9 m, u sypače s konstantní šířkou posypu má být minimálně 2 m a maximálně 3,5 m. (3)

Dále lze sypače rozdělit **podle systému výsypaného ústrojí:**

- se štěrbinovým vysévacím zařízením (stálá šířka posypu),
- s odstředivým rozmetadlem (proměnná šířka posypu),
- s jiným systémem (např. pneumatické rozmetadlo).

podle velikosti:

- chodníkové (celková hmotnost do 4 500 kg),
- silniční.

2. Sněhové radlice a pluhy

Sněhové radlice a pluhy slouží k mechanickému odklizení sněhu. Sněhové radlice mohou být závěsné (vlečné). Mnohem výhodnější jsou radlice tlačené (předsazené), protože vozidlo ZÚ se pohybuje již po vozovce zbavené sněhu a sněhová radlice je v zorném poli řidiče. To přispívá k bezpečnosti práce. Další výhodou je využití hmotnosti vozidla pro přítlak radlice k vozovce. Nevýhodou tlačené radlice je, že neleží přímo na vozovce, proto neshrne všechn sních a je u ní větší pravděpodobnost poškození než u závěsné radlice.

3. Sněhové frézy a turbíny

Sněhové frézy a turbíny mohou být také souhrnně nazývány jako sněhomety.

Sněhová fréza

U sněhové frézy je sníh před vstupem do metacího rotoru nejprve rozrušován. Na rozrušování a přihrnování se používají buď celistvé šneky s pravolevým stoupáním, umístěné ve dvojici nad sebou nebo řezací nože ve tvaru části mezikruží uspořádaným opět do šroubovice s pravolevým stoupáním. Od těchto strojů se odlišuje fréza s tzv. frézovacím bubnem, na kterém jsou lopatky uspořádány tak, že přímo odhazují sníh zpravidla dvěma komíny (není použit samostatný rotor).

Frézy jsou určeny pro středně ulehlý sníh (se šnekovým rozrušováním), pro nejtěžší podmínky (s řezacími noži nebo frézovacím bubnem).

Sněhové turbíny

U sněhové frézy přichází sypký sníh přímo na metací rotor, jehož osa rotace je horizontální a rovnoběžná s podélnou osou vozidla. Pro rozšíření záběru jsou použity dva rotora vedle sebe nebo přihrnovací štíty. Sníh z metacího rotoru přichází do komínu s nastavitelným nástavcem, kterým je proud sněhu usměrňován mimo vozovku nebo je přímo nakládán na dopravní prostředek. Turbíny jsou omezeny využitím, lze je použít pouze na sypký sníh.

Posypový materiál

1. Chemický posypový materiál

Tato technologie se používá pouze na komunikacích určených plánem ZÚ. Posyp solí je zahájen, pokud není výška sněhu vyšší než 3 cm. Do sněhové vrstvy vyšší než 3 cm není dovoleno chemický posyp provádět, protože by to bylo neúčinné. V tom případě je třeba nejprve napadlý sníh pluhovat na nejnižší možnou míru. Teprve po pluhování vozovky lze provést posyp chemickým materiálem. (3)

K posypu pozemních komunikací lze použít tyto chemické posypové materiály: chlorid sodný (NaCl), chlorid vápenatý (CaCl₂) nebo směsi chloridů.

Chlorid sodný – sůl kamenná, sůl kuchyňská

Chlorid sodný je vhodný k odstraňování náledí a sněhových vrstev při teplotách do -5°C a za určitých podmínek i nižších teplot (např. zkrápěním). Vzhledem k tomu, že se při průběhu reakce energie spotřebovává, začíná působení soli zpočátku pomalu, ale

s přibývajícím vlhkostí se zvyšuje. Chlorid sodný je neomezeně skladovatelný, dobře se dává. (3)

Chlorid vápenatý

Chlorid vápenatý je vhodný k odstraňování náledí a sněhových vrstev při teplotách nižších než -15°C . Oproti chloridu sodnému je velmi silně hyroskopický (tzn. působí již při malém množství vzdušné vlhkosti – cca 40%). To zajišťuje skoro okamžité působení na sněhovou vrstvu nebo na náledí. Díky této vlastnosti je důležité skladovat látky v neprodyšných pytlích a v suchu. Pozemní komunikace zůstává i při suchém počasí velmi dlouho vlhká, protože chlorid vápenatý nekystalizuje. Tím je zajištěno delší působení tohoto prostředku na vozovku než u chloridu sodného. (3)

Směsi chloridů

U směsí chloridů je významná skladba zrnitosti, která ovlivňuje způsob použití a techniku posypu. Jemné částice způsobují rychlé plošné rozpuštění, účinek působící do hloubky je však omezený. Hrubé částice pronikají více do hloubky, takže ujetá sněhová vrstva nebo náledí jsou účinkem silničního provozu rozmělnovány. (3)

2. Inertní posypový materiál

Z hlediska péče o životní prostředí se dává přednost čistým materiálům (písek a drť). Z ekonomického hlediska je možné používat sypké materiály z místních zdrojů (struska a škvára). Použité strusky a škváry nesmí obsahovat toxické nebo jiné škodlivé látky, mají mít přiměřené zrnění a jejich zrna mají být ostrohranná. Nezávadnost těchto materiálů musí jejich dodavatel každoročně doložit atestem. Hmoty pro posyp nesmí obsahovat hlinité částice (písek má být ostrý, tvrdý a bez větších zrn). Zrnitost inertních posypových materiálů má být v rozmezí od 0,5 do 8 mm. V žádném případě nesmí materiál obsahovat částice menší jak 0,3 mm nebo větší jak 16 mm. (3)

2.2 Právní předpisy

2.2.1 Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů

Tento zákon upravuje kategorizaci pozemních komunikací, jejich stavbu, podmínky užívání a jejich ochranu, práva a povinnosti vlastníků pozemních komunikací a jejich

uživatelů a výkon státní správy ve věcech pozemních komunikací příslušnými silničními správními úřady. (2) K zimní údržbě se vztahují tyto paragrafy:

§ 9 – určuje vlastníka pozemních komunikací,

§ 26 – definuje sjízdnost dálnice, sjízdnost a schůdnost silnice a místní komunikace a její zabezpečení,

§ 27 – definuje, kdo a v jakém rozsahu zodpovídá za škody vzniklé z nedostatečné údržby komunikací, jímž je vlastníkem.

2.2.2 Vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů

Tato vyhláška již konkrétně uvádí dělení komunikací do tříd důležitosti, časové lhůty a požadovaný rozsah zimní údržby. (3) K ZÚ se vztahují tyto paragrafy:

§ 41 – definuje zimní údržbu, kterou se podle pořadí důležitosti zmírňují závady vznikající povětrnostními vlivy a podmínkami za zimních situací ve sjízdnosti a ve schůdnosti místních komunikací a průjezdných úseků silnic,

§ 42 – definuje rozdělení komunikací podle důležitosti,

§ 43 a 44 – definují způsob a rozsah údržby pozemních komunikací,

§ 45 a 46 – definují lhůty pro zmírňování závad ve sjízdnosti dálnic, silnic a místních komunikací.

2.2.3 Nařízení města č. 1/2009 o provádění zimní údržby na místních komunikacích a chodnicích a o vymezení úseků místních komunikací a chodníků, na kterých se pro jejich malý dopravní význam nezajišťuje sjízdnost a schůdnost odstraňováním sněhu a náledí

Nařízení je vydáno Radou města Nového Města nad Metují a obsahuje pět článků:

článek 1 – základní ustanovení,

článek 2 – rozsah, způsob a lhůty provádění zimní údržby,

článek 3 – vymezení neudržovaných úseků místních komunikací a chodníků,

článek 4 – zrušení ustanovení,

článek 5 – účinnost.

3 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU ZIMNÍ ÚDRŽBY V NOVÉM MĚSTĚ NAD METUJÍ

V této kapitole je analyzován Plán zimní údržby města Nového Města nad Metují na zimní období 2009/2010, který se skládá z části A (místní komunikace) a z části B (chodníky). Tento plán je základním dokumentem pro zajištění zimní údržby na místních komunikacích (chodnících) a zároveň je materiálem pro posouzení odpovědnosti vlastníka místních komunikací (chodníků) za škody způsobené jejich uživatelům ze závad ve sjízdnosti a schůdnosti. (4) Plán se řídí obecně závaznými předpisy:

- zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů,
- vyhlášky č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů,
- nařízení č. 1/2009 o provádění zimní údržby na místních komunikacích a chodnících a o vymezení úseků místních komunikací a chodníků, na kterých se pro jejich malý dopravní význam nezajišťuje sjízdnost a schůdnost odstraňováním sněhu a náledí.

Nedostatky ve schůdnosti a sjízdnosti místních komunikací není možné eliminovat ihned. Z tohoto důvodu jsou v Plánu zimní údržby obsaženy jak místní tak i časové priority údržby. Ty odpovídají důležitosti jednotlivých místních komunikací a intenzitě provozu na nich. (4)

Zimní údržbu provádějí Technické služby (TS), které spadají pod Městský úřad Nové Město nad Metují. TS se nezabývají jen zimní údržbou, ale zajišťují také:

- údržbu městské zeleně,
- opravy, údržbu a montáž veřejného osvětlení,
- údržbu dopravní značek,
- výstavby dětských hřišť a opravy jejich zařízení,
- pomoc při přestavbě nebo stěhování městského majetku,
- vánoční výzdobu,
- údržbu městských laviček,
- úklid chodníků a odpadků.

Při mimořádném zhoršení schůdnosti a sjízdnosti (vytvoření námrazy, ledovky nebo nadměrného spadu sněhu) vyhlašuje starostka kalamitní situaci a svolává kalamitní štáb.

V kalamitním štábu zasedá starostka, člen Rady města, vedoucí Technických služeb a vedoucí odboru dopravy a silničního hospodářství. (4)

3.1 Pořadí důležitosti zimní údržby na místních komunikacích

Podle Plánu zimní údržby jsou místní komunikace rozděleny do tří stupňů pořadí důležitosti a na místní komunikace neudržované. První a druhé pořadí důležitosti jsou dále rozděleny na dva okruhy. Na jednom okruhu se používá posypový materiál sůl a na druhém písek. Práce pro udržení sjízdnosti místních komunikací jsou zahájeny po zjištění, pokud vrstva sněhu činí minimálně 3 – 5 cm nebo při vytvoření náledí.

I. pořadí důležitosti

V pracovní době (5:30 – 14:00) je zahájena zimní údržba pracovníky TS ihned po zjištění závady na sjízdnosti. Mimo pracovní dobu (svátky, soboty, neděle a v pracovních dnech mimo uvedenou pracovní dobu) je prováděna **nejpozději do 2 hodin** od zjištění nevyhovujícího stavu místní komunikace. (5) Do I. pořadí důležitosti jsou zařazeny místní komunikace využívané veřejnou linkovou autobusovou dopravou. Patří sem také komunikace spojující obytné části města s autobusovým nebo železničním nádražím a komunikace přilehlé obce Spy. Technologické jízdy u I. pořadí důležitosti jsou vyznačeny na obrázku č. 4 a č. 5 červenou barvou. Součet technologických jízd za použití soli je 3,3 km a za použití písku je 4,7 km. Jmenný seznam komunikací zařazených do I. pořadí důležitosti je uveden v příloze č. 1.



Obrázek č. 4 – Okruh, kde je posypový materiál sůl

Zdroj: www.mapy.cz



Obrázek č. 5 - Okruh, kde je posypovým materiálem písek Zdroj: www.mapy.tiscali.cz

II. pořadí důležitosti

Zimní údržba je zahájena **nejpozději 8 hodin** po ukončení spadu sněhu, po ukončení údržby komunikací, které jsou zařazeny do I. pořadí nebo po zjištění její potřeby. (5) Na pozemních komunikacích se v případě nutnosti ponechávají uježděné vrstvy sněhu a pluhováním se udržuje jejich povrch. Pro zabezpečení sjízdnosti na dopravně nebezpečných místech (např.: autobusové zastávky, velká stoupání, křižovatky a ostré zatáčky) se podle potřeb provádí částečný posyp solí nebo písek. (4) Do II. pořadí důležitosti patří komunikace vedoucí ke školám a komunikace v obci Vrchoviny, jejich jmenný seznam je uveden v příloze č. 2. Technologické jízdy u II. pořadí důležitosti jsou vyznačeny na obrázku č. 6 a obrázku č. 7 modrou barvou. Součet technologických jízd za použití soli je 0,9 km a za použití písku je 5,7 km.



Obrázek č. 6 – Okruh, kde je posypový materiál sůl

Zdroj: www.mapy.cz



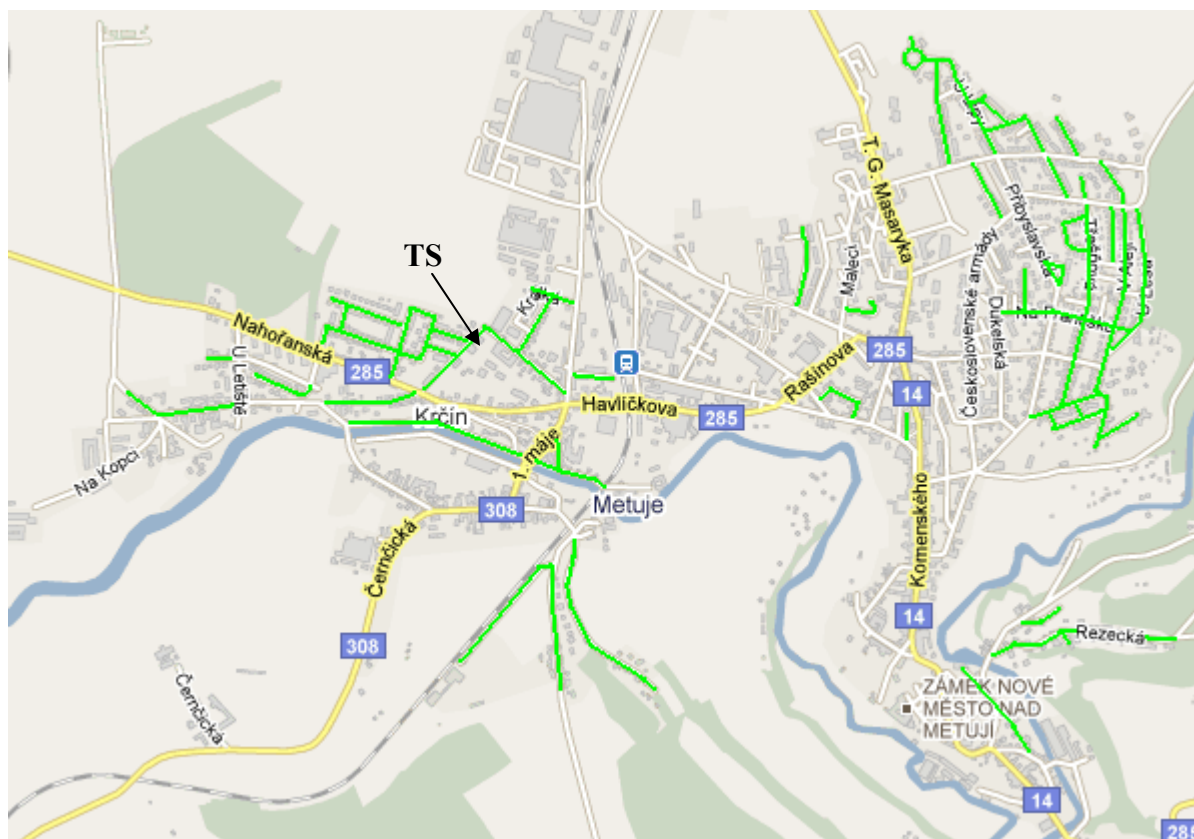
Obrázek č. 7 - Okruh, kde je posypovým materiálem písek

Zdroj: www.mapy.tiscali.cz

III. pořadí důležitosti

Komunikace ve III. pořadí důležitosti se udržují až po zajištění sjízdnosti komunikací zařazených do I. a II. pořadí a **nejpozději do 16 hodin** po ukončení spadu sněhu nebo po zjištění její potřeby. (5) Údržba se provádí pluhováním a posypem pískem v dopravně

nebezpečných místech a ve stoupáních. (4) Do III. pořadí důležitosti patří zbývající ulice, které nepatří do I. a II. pořadí a jsou uvedeny v příloze č. 3. Pro lepší znázornění na mapě je zvolena barva zelená místo obvyklé žluté. Technologické jízdy jsou znázorněny na obrázku č. 8.



Obrázek č. 8 – Pozemní komunikace v III. pořadí důležitosti Zdroj: www.mapy.tiscali.cz

3.2 Druhy mechanismů pro zimní údržbu pozemních komunikací a jejich rok výroby

Správný výběr mechanismů pro zimní údržbu je důležitou součástí k zajištění sjízdnosti a schůdnosti. TS mají k dispozici tyto mechanismy:

- Multicar M25 s rozmetadlem písku a čelním pluhem (I. a II. pořadí důležitosti, kde je posypový materiál písek), rok výroby 1989, viz. obrázek č. 9.
- Multicar M25 s rozmetadlem soli a čelním pluhem (I. a II. pořadí důležitosti, kde je posypový materiál sůl) – v případě nutnosti se použije k posypu pískem, rok výroby 1990.



Obrázek č. 9 – Multicar M25 s rozmetadlem písku a čelním pluhem Zdroj: autor

- 3x traktor se zadní radlicí (III. pořadí důležitosti), roky výroby 1987, 1989, 1985.
Na obrázku č. 10 je traktor se zadní radlicí.



Obrázek č. 10 – Traktor se zadní radlicí Zdroj: autor

- UNC nakladač – slouží k nakládání posypového materiálu a v případě nutnosti je nainstalována přední radlice, rok výroby 1988.

Pokud při zvýšeném spadu sněhu TS nemůžou zajistit sjízdnost, mají u Zemědělského družstva Nahořany smluvně zajištěny tyto mechanismy:

- 2x traktor s přední radlicí.

3.3 Zimní údržba chodníků

Do zimní údržby chodníků (Plán zimní údržby část B) jsou zařazeny chodníky, které zajišťují přístup:

- ke zdravotnickým a školním zařízením,
- z okrajových částí města do centra k obchodům,
- k vlakovému nádraží a k autobusovým zastávkám.

Nejvyužívanější chodníky v centru města jsou udržovány po obou stranách komunikace, ostatní chodníky po straně, kde nejsou překážky (sloupy veřejného osvětlení, schody a zábradlí) a která je širší. (4)

V pracovní době (5:30 – 14:00) jsou zahájeny práce na obnovení schůdnosti ihned po zjištění, že vrstva napadaného sněhu činí 3 – 4 cm nebo, že se vytváří náledí. Pokud tento stav nastane v mimopracovní době, jsou práce zahájeny **do 2 hodin**. (4)

3.4 Technika určena pro údržbu chodníků

Na údržbu chodníků mají TS služby tuto techniku:

- ručně vedená mechanizace s kartáčem nebo pluhem + posyp (práce jsou zahájeny po ukončení spadu sněhu nebo když sněhová vrstva dosáhne 3 – 4cm, ukončení prací 5 – 6 hodin po výjezdu, posyp průběžně dle potřeby),
- ručně vedená mechanizace s kartáčem nebo pluhem + posyp (práce jsou zahájeny po ukončení spadu sněhu nebo když sněhová vrstva dosáhne 3 – 4 cm, ukončení prací 3 – 4 hodin po výjezdu, posyp průběžně dle potřeby),
- zametací stroj Ecologica ECO 101 – přední kartáč (práce jsou zahájeny po ukončení spadu sněhu nebo když sněhová vrstva dosáhne 3 – 4 cm, ukončení prací 6 – 8 hodin po výjezdu, kontrola a posyp průběžně dle potřeby),
- zametací stroj ISEKI SF 230 – přední kartáč (práce jsou zahájeny po ukončení spadu sněhu nebo když sněhová vrstva dosáhne 3 – 4 cm, ukončení prací 6 – 8 hodin po výjezdu, kontrola a posyp průběžně dle potřeby),
- čtyřkolka – přední radlice + sypač (práce jsou zahájeny po ukončení spadu sněhu nebo když sněhová vrstva dosáhne 3 – 4 cm, ukončení prací 5 – 6 hodin po výjezdu, kontrola a posyp průběžně dle potřeby),
- ruční čištění a posyp (úseky, kam se technika na svých trasách nedostane, pouze v pracovní době),
- foukač sněhu (pouze v případě nasněžení tzv. prašanu a do určité vrstvy),

- smluvní pracovníci (4 – 6 pracovníků). (4)

Rozdělení úseků podle jednotlivých druhů techniky jsou uvedeny v příloze č. 4. Obrázky techniky pro údržbu chodníků jsou v příloze č. 5.

3.5 Směny zaměstnanců

V pracovní dny:

Pracovní doba: 5:30 – 14:00, 18 zaměstnanců + 12 brigádníků.

Pohotovostní doba: 14:00 – 5:30, 2 traktory + 1 mechanismus na chodníky (Ecologica)
= 3 zaměstnanci.

Od 14:00 – 18:00 3 zaměstnanci s pracovním nástrojem lopatou.

Od 14:00 – 22:00 v pohotovosti technika na chodníky Iseki.

Mimo pracovní dny:

O víkendu je v pohotovosti 6 zaměstnanců.

Změny ve směně zaměstnanců provádí vedoucí Technických služeb v závislosti na počasí a na dodržení schůdnosti a sjízdnosti.

3.6 Zjišťování stavu komunikací

Vedoucí TS služeb zjišťuje stav komunikace několika způsoby:

- automobilem projíždí komunikace, které patří do I. pořadí důležitosti,
- telefonická komunikace s obyvatelem bydlícím v určité lokalitě,
- od zaměstnanců TS, při příchodu do práce.

3.7 Celkové náklady a spotřeba posypových materiálů za zimní období

Celkové náklady na zimní údržbu zahrnují: platy zaměstnanců, odměny za provedenou práci na dohodu, pohonné hmoty, údržba mechanismů, posypové materiály a odvoz sněhu. Tabulka 2 ukazuje, že zimní období 2009/10 bylo nejnákladnější za poslední čtyři roky. To bylo způsobeno výraznějším spádem sněhu.

Tabulka 2: Celkové náklady na provoz TS v zimním období

Zimní období	Celkové náklady na provoz v tis.[Kč]
2006/07	605
2007/08	620
2008/09	600
2009/10	1 300

Zdroj: autor, interní materiály od vedoucího TS

Spotřeba posypových materiálů závisí na intenzitě sněhových srážek a době, po kterou se vyskytují. Z tabulky 3 vyplývá, že za zimní období 2009/10 bylo zapotřebí více posypového materiálu než v minulých třech letech.

Tabulka 3: Spotřeba posypového materiálu v zimním období

Zimní období	Posypový materiál [t]	
	sůl	písek
2006/07	11	115
2007/08	12	125
2008/09	10	120
2009/10	35	150

Zdroj: autor, interní materiály od vedoucího TS

3.8 Shrnutí nedostatků v plánu ZÚ

Z provedené analýzy plánu ZÚ ve městě Novém Městě nad Metují vyplynuly tyto nedostatky:

- nevhodné pořadí důležitosti u některých úseků, kde je posypový materiál písek (tento nedostatek bude řešen v kapitole 4.6),
- nedostatek mechanismů s možností použití posypového materiálu,
- označení úseků pro údržbu je neodborné, podle místních zvyklostí (např.: cesta mezi č.p. 143 a p. Šmídou),
- vozový park je zastaralý, zejména traktory (což vyplývá z kapitoly 3.2). Pro zlepšení údržby komunikací by případný nový traktor měl mít přední pluh a sypač (možná obnova vozového parku bude navrhována v kapitole 4.5).

4 NÁVRH OPTIMALIZACE ZIMNÍ ÚDRŽBY

Optimalizace zimní údržby slouží ke zlepšení současného způsobu údržby. Zaměřuje se například na snižování netechnologických jízd, maximální využití vozového parku, obnovu vozového parku, rychlejší zajištění sjízdnosti a minimalizaci nákladů na zimní údržbu. Níže je uveden návrh optimalizace zimní údržby za použití obnovy vozového parku a návrh nových tras posypů.

4.1 Obnova vozového parku

Obnovu vozového parku lze provést údržbou, opravou nebo pořízením nového vozidla. Vzhledem k věkové struktuře používaných mechanismů (traktorů) by bylo zapotřebí postupně je nahradit novými. Pořízení nových vozidel však závisí na ochotě města vyhradit peníze k tomuto účelu. Byl dán finanční limit na koupi traktoru s jeho konkrétními parametry.

Hlavní změny a výhody nového traktoru oproti původnímu:

- menší náklady na údržbu nového traktoru (menší poruchovost),
- větší spolehlivost (v případě zimní údržby by nespolehlivost vozidel znamenala ohrožení všech účastníků silničního provozu),
- změna umístění radlice, u nového traktoru bude vpředu (u současných traktorů se zadní radlicí se musí řidič stále otáčet dozadu, aby viděl jestli radlice správně odhrnuje sníh, z tohoto důvodu řidič dostatečně nesleduje pozemní komunikaci před sebou a může poškodit stojící vozidla nebo zapříčinit dopravní nehodu),
- menší šířka radlice u nového traktoru (menší pravděpodobnost poškození stojících vozidel, které zužují průjezdnost po komunikaci),
- sypač nesený na zadní části traktoru (rozšíření vozového parku o mechanismus na posyp inertního nebo chemického posypu),
- zvýšení efektivity práce (nový traktor bude vyhrnovat sníh a zároveň může sypat posypový materiál pro lepší sjízdnost komunikace).

4.2 Příslušenství k novému mechanismu

K vybranému novému mechanismu (traktoru) je zapotřebí pořízení také nového příslušenství a to přední radlice a neseného sypače. Po zhodnocení jednotlivých nabídek od firem zabývajících se prodejem příslušenství pro traktory byly vybrány konkrétní varianty. Byla zvolena nabídka od firmy AGRICO s.r.o., Týniště nad Orlicí. Čelní sněhová radlice RS

250/P za cenu 68 000 Kč s DPH včetně dvou opěrných kol a hydraulického natáčení. Parametry radlice jsou: pracovní šířka 2,5 m, hmotnost 390 kg a úhel natočení $\pm 22^\circ$. Nesený sypač o objemu 500 l, který je určen pro posyp inertních i chemických materiálů. Cena sypače je 18 000 Kč s DPH. Zvolené parametry příslušenství byly konzultovány s vedoucím Technických služeb.

4.3 Multikriteriální analýza

Multikriteriální analýza (MCA) se zabývá hodnocením možných alternativ podle několika kritérií, přičemž alternativa hodnocená podle jednoho kritéria zpravidla nebývá nejlépe hodnocená podle kritéria jiného. Metody vícekriteriálního rozhodování poté řeší konflikty mezi vzájemně protikladnými kritérii. Vícekriteriální rozhodování vzniká všude tam, kde rozhodovatel hodnotí důsledky své volby dle několika kritérií, a to kritérií kvantitativních, která se zpravidla vyjadřují v přirozených stupnicích (hovoří se také o číselných kritériích) nebo kritérií kvalitativních, kdy je zaváděna vhodná stupnice, např. stupnice klasifikační (1-5) nebo stupnice velmi vysoký-vysoký-průměrný nízký-velmi nízký a současně je definován směr lepšího hodnocení, tj. zda lepší je maximální nebo minimální hodnota (klesající nebo stoupající hodnoty). (6)

Obecný postup při řešení problému vícekriteriálního rozhodování

1. Stanoví se cíle rozhodování (např. nákup nového vozidla).
2. Rozhodne se o množině kritérií, které budou určující při rozhodování. Např. objem motoru, spotřeba pohonných hmot, výbava kabiny řidiče. Také o množině variant , např. značka vozidla.
3. Podrobné hodnocení dopadu každé alternativy na každé kritérium. Tam, kde je to možné, vyjádří se čísla.
4. Každému z kritérií se určí jeho relativní váha (významnost). Vzniknou tak vlastně indikátory významnosti hlavních dopadů.
5. Zhodnocení výsledku a vybrání nejlepší varianty ze zkoumaných možností. (6)

Typy kritérií

- maximalizační: lépe jsou hodnoceny varianty s vyšší kriteriální hodnotou např. průměrná mzda, výkon motoru, apod.,

- minimalizační: lépe jsou hodnoceny varianty s nižší kritériální hodnotou (např. míra nezaměstnanosti, cena vozidla, apod.).

Přístupy k vícekritériálnímu rozhodování se liší podle charakteru množiny variant či přípustných řešení. Podle způsobu jejího zadání lze rozlišit dvě skupiny těchto modelů:

- Model vícekritériálního hodnocení variant - varianty jsou určeny pomocí konečného seznamu variant a jejich ohodnocení podle jednotlivých kritérií.

- Model vícekritériálního programování - varianty jsou vyjádřeny pomocí omezujících podmínek. (6)

Klasifikace úloh vícekritériální hodnocení variant

Dvě základní hlediska:

- podle cíle řešení úlohy
- podle informace, s jakou úloha pracuje.

Dělení podle cíle řešení úlohy:

a) Úlohy, jejichž cílem je výběr jedné varianty označené jako kompromisní, tato varianta je podle zadaných kritérií nějakým způsobem nejlepší. Pojem nejlepší varianta je do značné míry pojem relativní, záleží na tom, jaká metoda se zvolí pro posouzení variant. (6)

b) Úlohy, jejichž cílem je úplné uspořádání množiny variant od nejlepší po nejhorší. Postupuje se tak, že se určí nejlepší varianta, ta se pak vyloučí z dalšího rozhodování. Další kolo hodnocení již proběhne bez této nejlepší varianty a následně vybrané variantě bude přiřazeno druhé místo. Opakováním tohoto postupu se dostane uspořádání variant od nejlepší k nejhorší. (6)

c) Úlohy, jejichž cílem je rozdělení množiny variant na dobré a špatné. Typickým příkladem těchto úloh může být hodnocení bonity klientů bankou, která se rozhoduje o poskytnutí úvěru. Pojmy “dobrý” a “špatný” jsou relativní a vždy záleží na konkrétním zadání rozhodovací úlohy. (6)

Dělení podle typu informace

- a) žádná informace – informace o preferencích neexistuje,
- b) nominální informace – informace přípustná pouze pro preference kritérií mezi sebou,
- c) ordinální informace – tato informace vyjadřuje uspořádání (pořadí) kritérií podle důležitosti nebo uspořádání variant podle toho, jak jsou hodnoceny kritériem,
- d) kardinální informace – tento typ informace má kvantitativní charakter. (6)

4.3.1 Metody stanovení vah kritérií

Stanovení vah kritérií bývá výchozím krokem analýzy modelu vícekritériálního hodnocení variant.

Metoda pořadí

Kritéria jsou seřazena od nejdůležitějšího po nejméně důležité. Nejdůležitějšímu kritériu bude přiřazena hodnota n (n je počet kritérií), druhému nejdůležitějšímu hodnota $n-1$, atd., až nejméně důležitému kritériu bude přiřazena hodnota 1. Váha každého z kritérií se určí podle vztahu 4.1. (6)

Chyba! Záložka není definována.
$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j} \quad [-]$$

(4.1)

kde: v_j – váha i -tého kritéria [-],

b_j – hodnota přiřazená i -tému kritériu [-].

Tento vztah normalizuje informace o preferenci kritérií, postup se proto nazývá **normalizace vah kritérií**.

Bodovací metoda

Varianty jsou podle tohoto kritéria vyjádřeny určitým počtem bodů v rámci určené bodovací stupnice. Smí se používat i desetinná čísla a více kritériím je možné přiřadit stejnou bodovou hodnotu. Čím je kritérium důležitější, tím více bodů dostane (při použití stupnice od 0 do 10 může mít kritérium 0 bodů = bezvýznamné, a 10 bodů = absolutně důležité). Výpočet vah se z bodového hodnocení provede stejně jako u metody pořadí. (6)

Metoda párového srovnání (Fullerův trojúhelník)

Tato metoda se provádí pomocí tzv. Fullerova trojúhelníku (viz. obrázek č. 11). U každé dvojice prvků se zakroužkuje ten prvek, který se považuje za důležitější. Označí se

počet zakroužkování j -tého prvku n_j a celkový počet zakroužkování N , pak se ohodnocení či váha tohoto prvku vypočítá podle vztahu 4.2. (6)

$$v_j = \frac{n_j}{N} \quad [-] \quad (4.2)$$

kde: n_j – počet zakroužkování j -tého prvku [-],

N – celkový počet zakroužkování [-].

1	1	1	1
2	3	4	k
	2	2	2
	3	4	k
			
			
			k-2	k-2
			k-1	k
				k-1
				k

Obrázek č. 11 – Schéma Fullerova trojúhelníku Zdroj: (4)

Kvantitativní párové srovnání (Saatyho metoda)

Jde o metodu kvantitativního párového porovnávání kritérií. Pro ohodnocení párových porovnání kritérií se používá 9-ti bodové stupnice a je možné používat i mezistupně (hodnoty 2, 4, 6, 8):

Stupnice hodnocení kritérií:

- 1 - rovnocenná kritéria i a j
- 3 - slabě preferované kritérium i před j
- 5 - silně preferované kritérium i před j
- 7 - velmi silně preferované kritérium i před j
- 9 - absolutně preferované kritérium i před j

Postup výpočtu:

1. vyplnění Saatyho matice:
 - na diagonále budou jedničky ($s_{ii} = 1$),
 - $s_{ij} < 0; 9 >$, pokud i je preferováno před j ,
 - $s_{ji} = 1/s_{ij}$,
2. pro každé i spočítáme hodnotu b_i – geometrický průměr řádků podle vztahu 4.3,

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}} \quad [-] \quad (4.3)$$

3. určíme váhy kritérií podle vztahu 4.4.

Chyba! Záložka není definována.
$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \quad [-]$$

(4.4)

4.3.2 Metody multikriteriálního hodnocení variant

V těchto metodách existují tři základní přístupy k vyhodnocování variant:

Maximalizace užítku předpokládá možnost vyčíslení užítku, který by každá varianta při realizaci přinesla, a to na škále od 0 do 1. Nejpoužívanější metoda je metoda váženého součtu.

Minimalizace vzdálenosti od ideální varianty. Toto hodnocení je založeno na klasické euklidovské metrice. Zde se nejvíce využívá metoda TOPSIS.

Metody založené na **analýze preferenčních vztahů** porovnávají hodnocení všech dvojic variant podle všech kritérií. Zástupcem je metoda PROMETHE. (6)

Níže jsou popsány zástupci metod pro maximální užitek (metoda váženého součtu) a pro minimalizaci vzdálenosti od ideální varianty (metoda TOPSIS).

Metoda váženého součtu

Tato metoda vytváří celkové hodnocení pro každou variantu, a tak ji lze použít jak pro hledání jedné nejvýhodnější varianty, tak pro uspořádání variant od nejlepší po nejhorší. (4)

Postup je dán následujícími kroky:

1. Určí se ideální varianta H s ohodnocením (h_1, \dots, h_n) a bazální variantu D s ohodnocením (d_1, \dots, d_n) .
2. Vytvoří se standardizovaná kritériální matice, jejíž prvky získáme pomocí vztahu 4.5

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j} \quad [-] \quad (4.5)$$

pro maximalizační kritéria a

$$r_{ij} = \frac{H_j - y_{ij}}{H_j - D_j} \quad [-] \quad (4.6)$$

pro minimalizační kritéria podle vztahu 4.6.

kde: r_{ij} - užitek varianty X_i při hodnocení kritéria Y_i [-],

y_{ij} - hodnoty vstupní kritériální matice [-],

H_j - nejvyšší kritériální hodnota kritéria [-],

D_j - nejnižší kritériální hodnota kritéria [-].

3. Pro jednotlivé varianty se vypočte celkový užitek podle vztahu 4.7.

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j r_{ij} \quad [-] \quad (4.7)$$

kde: $u(a_i)$ – celkový užitek varianty a_i [-],

v_j – váha kritéria [-],

r_{ij} – užitek varianty X_i při hodnocení kritéria Y_i [-].

Varianty seřadíme sestupně podle hodnot $u(a_i)$, které jsou z intervalu $\langle 0,1 \rangle$ a variantu s nejvyšší hodnotou užitku považujeme za řešení problému.

Metoda TOPSIS

V případě metody TOPSIS se jedná o princip minimalizace vzdálenosti od ideální varianty. Ideální variantou je nazvána varianta, pro kterou všechny hodnoty kritérií dosahují nejlepších hodnot. (6)

Její postup spočívá ve výpočtu následujících kroků:

1. Zkonstruuje se normalizovaná kritériální matice $R = (r_{ij})$ podle vztahu 4.8.

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n y_{ij}^2}} \quad [-] \quad (4.8)$$

kde: r_{ij} – užitek varianty X_i při hodnocení kritéria Y_i [-],

y_{ij} - hodnoty vstupní kritériální matice [-].

Po této transformaci jsou sloupce v matici R vektory jednotkové délky podle Euklidovské metriky.

2. Vypočte se normalizovaná vážená kritériální matice $W = (w_{ij})$ dle vztahu 4.9.

$$w_{ij} = v_j * r_{ij}. \quad [-] \quad (4.9)$$

kde: w_{ij} – hodnoty vážené kritériální matice [-],

v_j – váha kritéria [-],

r_{ij} – užitek varianty X_i při hodnocení kritéria Y_i [-].

3. Je určena ideální varianta h s ohodnocením (h_1, \dots, h_m) a bazální varianta d s ohodnocením (d_1, \dots, d_m) vzhledem k hodnotám matice W .

4. Jsou vypočteny vzdálenosti jednotlivých variant od ideální varianty podle vztahu 4.10

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (w_{ij} - H_j)^2} \quad [-] \quad (4.10)$$

a od bazální varianty podle vztahu 4.11.

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (w_{ij} - D_j)^2} \quad [-] \quad (4.11)$$

kde: w_{ij} – hodnoty vážené kritériální matice [-],
 H_j - kritériální hodnota ideální varianty $H_j = \max(w_{ij})$ [-],
 D_j - kritériální hodnota bazální varianty $D_j = \min(w_{ij})$ [-],
 d_i^- - vzdálenost varianty od bazální varianty [-],
 d_i^+ - vzdálenost varianty od ideální varianty [-].

5. Spočítají se relativní ukazatele vzdáleností jednotlivých variant od bazální varianty podle vztahu 4.12.

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad [-] \quad (4.12)$$

kde: d_i^- - vzdálenost varianty od bazální varianty [-],
 d_i^+ - vzdálenost varianty od ideální varianty [-],
 c_i – relativní vzdálenost variant od bazální varianty [-].

Hodnoty těchto ukazatelů se pohybují mezi 0 a 1, přičemž hodnotu 0 nabývá bazální a hodnotu 1 ideální varianta.

6. Varianty se seřadí sestupně podle hodnot c_i a potřebný počet variant s nejvyššími hodnotami tohoto ukazatele považujeme za řešení problému.

4.4 Varianty a kritéria řešení

K určení vah kritérií byla zvolena Saatyho metoda a metoda Fullerova trojúhelníku. K výpočtu budou použity obě dvě metody a bude z nich vybrána vhodnější k dalšímu výpočtu. Pro multikritériální hodnocení variant byla využita metoda váženého součtu a metoda TOPSIS. Dvě metody byly zvoleny z důvodu porovnání výsledků.

Vedoucím Technických služeb Nové Město nad Metují byla zadána technická specifikace požadovaného traktoru. Mezi požadavky patřila cena do 700 tis. Kč, výkon motoru kolem 70 kW a s pohonem všech kol. Dalším požadavkem bylo příslušenství: čelní sněhová radlice s pracovní šířkou 2,5 m a nesený sypač. Po zadání poptávek firmám zabývajících se prodejem traktorů bylo zjištěno, že cena značek Valtra a John Deere se pohybují na trhu v nepřijatelné výši (cena okolo 1 mil Kč). Proto byly vybrány značky Zetor, Belarus a New Holland.

Navržené varianty:

- Zetor PROXIMA PLUS 95,
- Belarus 952.4,
- New Holland T5050.

Kritéria hodnocení jednotlivých variant:

1. pořizovací cena traktoru,
2. výkon motoru,
3. pohotovostní hmotnost,
4. minimální poloměr otáčení,
5. emise,
6. počet servisních míst v Královéhradeckém kraji.

4.5 Řešení a návrh vhodné varianty

Pro řešení je nutné si vytvořit kritériální matici (tabulka 4) a stanovit si jednotlivé váhy kritérií. Tyto váhy byly vypočítány pomocí Saatyho metody (tabulka 5) a metody Fullerova trojúhelníku (tabulka 6). Dále se však bude počítat pouze s jednou metodou výpočtu vah

kriterií. Ta bude použita pro metodu TOPSIS a metodu váženého součtu. Na základě výsledků bude vybrána nejvhodnější varianta.

4.5.1 Řešení

Tabulka 4 znázorňuje hodnoty jednotlivých kritérií.

Tabulka 4: Kriteriaální matice

Číslo kritéria	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Kritéria	Pořizovací cena s DPH [Kč]	Výkon motoru [kW]	Pohotovostní hmotnost [kg]	Minimální poloměr otáčení [m]	Emisní norma EURO	Počet servisních míst v kraji
Varianta						
Zetor PROXIMA PLUS 95	620 000	70	4054	4,33	3	2
Belarus 952.4	598 800	70	3920	4,1	4	0
New Holland T5050	661 400	71	4250	4,05	3	1

Zdroj: autor, 7, 8, 9, 10

V tabulce 5 je znázorněn výpočet pomocí Saatyho metody, kde jsou využity vztahu 4.3 a 4.4.

Tabulka 5: Saatyho metoda

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	b_i	v_i
1.	1	7	9	7	7	5	4,9898	0,4796
2.	0,1428	1	3	1	3	0,2	0,7974	0,0766
3.	0,1111	0,3333	1	0,3333	0,3333	0,1428	0,2894	0,0278
4.	0,3333	1	3	1	1	0,1428	0,7230	0,0695
5.	0,1428	3	3	7	1	0,2	1,1029	0,1060
6.	0,2	5	7	7	5	1	2,5015	0,2404

Zdroj: autor

V tabulce 6 jsou modře označena porovnání důležitějších kritérií. Při použití vztahu 4.2 a tabulky 6 lze vypočítat váhy jednotlivých kritérií, které jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 6: Fullerův trojúhelník

1	1	1	1	1
2	3	4	5	6
	2	2	2	2
	3	4	5	6
		3	3	3
		4	5	6
			4	4
			5	6
				5
				6

Zdroj: autor

Tabulka 7: Váhy kritérií podle metody Fullerova trojúhelníku

Číslo kritéria	váha kritéria
1.	0,3333
2.	0,0667
3.	0
4.	0,2
5.	0,1333
6.	0,2667

Zdroj: autor

Výpočet vah kritérií pomocí obou výše uvedených metod je ovlivněn subjektivním názorem jedince. A to z toho důvodu, že určení stupně důležitosti u obou metod vah jednotlivých kritérií závisí na názoru, zkušenostech, vlastnostech a dovednostech každého jednotlivce. Z důvodu širší škály výběru možností ohodnocení kritérií byly pro další výpočet použity váhy jednotlivých kritérií vypočteny pomocí Saatyho metody.

Výpočet pomocí metody TOPSIS

Prvky v kritériální matici (tabulka 4) se pomocí vztahu 4.8 převedou na prvky v normalizované kritériální matici (tabulka 8).

Tabulka 8: Normalizovaná kritériální matice

Číslo kritéria	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Kritéria	Pořizovací cena s DPH [Kč]	Výkon motoru [kW]	Pohotovostní hmotnost [kg]	Minimální poloměr otáčení [m]	Emise EURO	Počet servisních míst v kraji
Varianta						
Zetor PROXIMA PLUS 95	0,5707	0,5746	0,5741	0,6007	0,5145	0,8944
Belarus 952.4	0,5511	0,5746	0,5551	0,5688	0,6860	0,0000
New Holland T5050	0,6088	0,5828	0,6019	0,5618	0,5145	0,4472

Zdroj: autor

Dále se tyto prvky převedou pomocí vah kritérií a vztahu 4.9 na váženou kritériální matici (tabulka 9).

Tabulka 9: Vážená kritériální matice

Číslo kritéria	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Kritéria	Pořizovací cena s DPH [Kč]	Výkon motoru [kW]	Pohotovostní hmotnost [kg]	Minimální poloměr otáčení [m]	Emise EURO	Počet servisních míst v kraji
Varianta						
Zetor PROXIMA PLUS 95	0,2737	0,0440	0,0160	0,0417	0,0545	0,2150
Belarus 952.4	0,2643	0,0440	0,0154	0,0395	0,0727	0,0000
New Holland T5050	0,2920	0,0447	0,0167	0,0390	0,0545	0,1075

Zdroj: autor

Určí se ideální a bazální varianta jednotlivých kritérií z tabulky 9. Podle vztahu 4.10 se vypočítá vzdálenost varianty od ideální varianty a podle vztahu 4.11 se vypočítá vzdálenost varianty od bazální varianty. Pomocí vzdálenosti varianty od ideální a bazální varianty se využitím vztahu 4.12 vypočítá relativní ukazatel vzdálenosti jednotlivých variant od bazální varianty (tabulka 10). Hodnoty tohoto ukazatele se pohybují mezi 0 a 1. Varianta s nejvyšší hodnotou se považuje za řešení problému, ta je v tabulce 10 vyznačena červenou barvou.

Tabulka 10: Vzdálenost jednotlivých variant od bazální varianty

Varianta	c_i
Zetor PROXIMA PLUS 95	0,8930
Belarus 952.4	0,0774
New Holland T5050	0,5044

Zdroj: autor

Výpočet pomocí metody váženého součtu

Prvky v kriteriální matici (tabulka 4) se nahradí pomocí vztahu 4.5 pro maximalizační kritéria (kritéria číslo 2, 5, a 6) a vztahem 4.6 pro minimalizační kritéria (kritéria číslo 1, 3 a 4). Vznikne standardizovaná kriteriální matice (tabulka 11).

Tabulka 11: Standardizovaná kriteriální matice

Číslo kritéria	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Kritéria	Pořizovací cena s DPH [Kč]	Výkon motoru [kW]	Pohotovostní hmotnost [kg]	Minimální poloměr otáčení [m]	Emise EURO	Počet servisních míst v kraji
Varianta						
Zetor PROXIMA PLUS 95	0,6613	0,0000	0,5939	0,0000	0,0000	1,0000
Belarus 952.4	1,0000	0,0000	1,0000	0,8214	1,0000	0,0000
New Holland T5050	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,5000

Zdroj: autor

Dále se pro jednotlivé varianty vypočte celkový užitek. Ten se spočítá pomocí vztahu 4.7. Tyto hodnoty jsou z intervalu $\langle 0,1 \rangle$. Varianta s nejvyšší hodnotou užitku se považuje za řešení problému, ta je vyznačena červenou barvou v tabulce 12.

Tabulka 12: Celkový užitek jednotlivých variant

Varianta	u_i
Zetor PROXIMA PLUS 95	0,5741
Belarus 952.4	0,6705
New Holland T5050	0,2664

Zdroj: autor

4.5.2 Návrh a zhodnocení vhodné varianty

Podle výše uvedených metod není výsledek zcela jednoznačný, což ukazuje tabulka 13. U metody váženého součtu nejlépe vyšel traktor značky Belarus, druhý byl Zetor a třetí skončil New Holland. Naopak metoda TOPSIS upřednostnila traktor Zetor, na druhém místě byl New Holland a na třetím Belarus.

Tabulka 13: Pořadí variant v jednotlivých metodách

Varianta	Metoda váženého součtu	Metoda TOPSIS
Zetor PROXIMA PLUS 95	2.	1.
Belarus 952.4	1.	3.
New Holland T5050	3.	2.

Zdroj: autor

Z výsledků obou metod se dále rozhoduje mezi traktory Belarus a Zetor. Z těchto dvou variant byl zvolen traktor Zetor. Cena Zetoru je sice vyšší, ale u traktoru Belarus nejsou v Královéhradeckém kraji žádná servisní místa a případná oprava by se mohla prodražit. Celková cena traktoru Zetor i s potřebným příslušenstvím, které je charakterizováno v kapitole 4.2, je 706 000 Kč.

Výsledek není absolutně závazný a slouží spíše jako doporučení, které by mělo usnadnit volbu z několika možných variant a zároveň zamezit chybám způsobeným subjektivním názorem řídících pracovníků. Výsledek je ovlivněn také výběrem jednotlivých kritérií. Definitivní rozhodnutí je na vedoucím pracovníkovi, který bude výběr provádět.

4.6 Návrh posypových tras a změny v pořadí důležitosti s využitím nového mechanismu (traktoru)

Z analýzy současného stavu zimní údržby vyplynula nutnost změny pořadí důležitosti místních komunikací. Díky návrhu nového mechanismu je možné některé komunikace patřící do II. pořadí důležitosti přesunout do I. pořadí. Tyto změny zajistí efektivnější a rychlejší údržbu.

4.6.1 Návrh změny v pořadí důležitosti

V případě, že TS nakoupí nový mechanismus, který je navržen v kapitole 4.5.2, mohou se frekventované kopcovité komunikace a parkoviště II. pořadí důležitosti přesunout do I. pořadí důležitosti. Ke změně posypového materiálu nedojde, bude používán písek. Jednalo by se konkrétně o komunikace v obci Vrchoviny a ulice v Novém Městě nad Metují (Boženy Němcové, Dukelská, Husova, Johnova, Družstevní a Nad stadionem) a parkoviště v Komenského ulici, od čp. 394 po čp. 56 a u čp. 6.

4.6.2 Návrh posypových tras

Pokud nastane změna v pořadí důležitosti podle kapitoly 4.6.1, rozdělí se komunikace v I. pořadí důležitosti s posypovým materiálem pískem na dva okruhy. První okruh bude udržovat Multicar M25 a druhý okruh traktor navržený v kapitole 4.5.2. Je důležité ošetřit každou komunikaci pouze jednou a zároveň minimalizovat netechnologické jízdy, tj. jízdy, kdy vůz jede s vypnutým sypacím zařízením. To je typickým případem určení Eulerovského tahu. V řešeném případě bude vyhledáván otevřený Eulerovský tah, který nezačíná a nekončí ve stejném vrcholu. K sestrojení takového tahu je nutné, aby graf obsahoval právě dva vrcholy lichého stupně. V tomto případě je vrcholů lichého stupně víc jak dva. Proto pro práci s takovým grafem budou zkombinovány dva postupy. Prvním z nich je Edmondsův algoritmus, který umožňuje pracovat s grafy, jež obsahují sudý počet lichých vrcholů větší než dva. Druhým je Fleuryho algoritmus sloužící k vyhledání Eulerovského tahu. Postup jednotlivých algoritmů je vysvětlen níže. (11)

Edmondsův algoritmus

- 1. krok:** V grafu $F = (V, h)$ určíme vrcholy lichého stupně v počtu $2t$, $t \geq 1$; kde t je počet dvojic vrcholů lichého stupně.
- 2. krok:** Sestrojíme kompletní graf K_{2t} (jeho vrcholy tvoří vrcholy lichého stupně grafu F).
- 3. krok:** Hrany kompletního grafu ohodnotíme vzdáleností příslušných vrcholů v grafu F .
- 4. krok:** Určíme párování minimální délky.
- 5. krok:** Hrany minimálního párování přidáme do původního grafu mezi příslušné vrcholy, vznikne graf (případně multigraf), který je E-grafem.
- 6. krok:** V grafu (multigrafu) z 5. kroku sestrojíme uzavřený E-tah Fleuryho algoritmem. Tento tah je E-tahem minimální délky.

7. krok: V E-tahu nahradíme každou hranu párování odpovídající cestou minimální délky. Dostaneme sled, který je uzavřen E-sledem pokrývajícím hrany grafu minimální délky. (11)

Fleuryho algoritmus

1. krok: Konstrukce E-tahu začneme v libovolném vrcholu grafu. Vybereme libovolnou libovolnou hranu incidující s tímto vrcholem a projdeme jí. Prošlou hranu označíme.

2. krok: Při příchodu do vrcholu, kde budeme vybírat další hranu, nikdy nepoužijeme hranu, která je v dané situaci mostem, jehož odstraněním by se graf složený z dosud neoznačených hran rozpadl na netriviální komponenty nebo na netriviální komponenty a vrchol, ve kterém tah začíná. (11)

Posypová trasa pro mechanismus Zetor PROXIMA PLUS 95

Tento mechanismus je určen pro údržbu komunikací I. pořadí důležitosti (písek) v obci Spy, části obce Nové Město nad Metují – Krčín a v obci Vrchoviny. Udržované komunikace v obci Vrchoviny byly nově přesunuty do I. pořadí důležitosti. Síťový graf posypového okruhu je v příloze č. 6. Na obrázku č. 12 je znázorněn síťový graf po aplikaci Edmondsova a Fleuryho algoritmu. Hrany grafu jsou ohodnoceny délkou komunikace.

Traktor vyjíždí z vrcholu V1, který představuje sídlo Technických služeb. Nejprve pojedje do obce Spy, kde spustí sypací zařízení a pluh a zajistí sjízdnost ulic Kosařova a Chlistovská (hrany mezi vrcholy V5, V6 a V7). Dále pojedje do Krčína (ulice Husitská, Na Kopci, U Letiště a U Zvonice), kde ve vrcholu V8 opět spustí sypací zařízení a pluh (hrany mezi vrcholy V8-V13). A nakonec pojedje do obce Vrchoviny, kde obslouží hrany mezi vrcholy V15-V20, V21-V22, V23-V28.

Pro výpočet celkové doby obsluhy byl použit vztah 4.13. Časy na obsluhu technologických a netechnologických jízd jsou uvedeny v tabulce 14.

$$t = \frac{s}{v} \quad [\text{h}] \quad (4.13)$$

kde: s - vzdálenost, kterou ujede mechanismus [km],

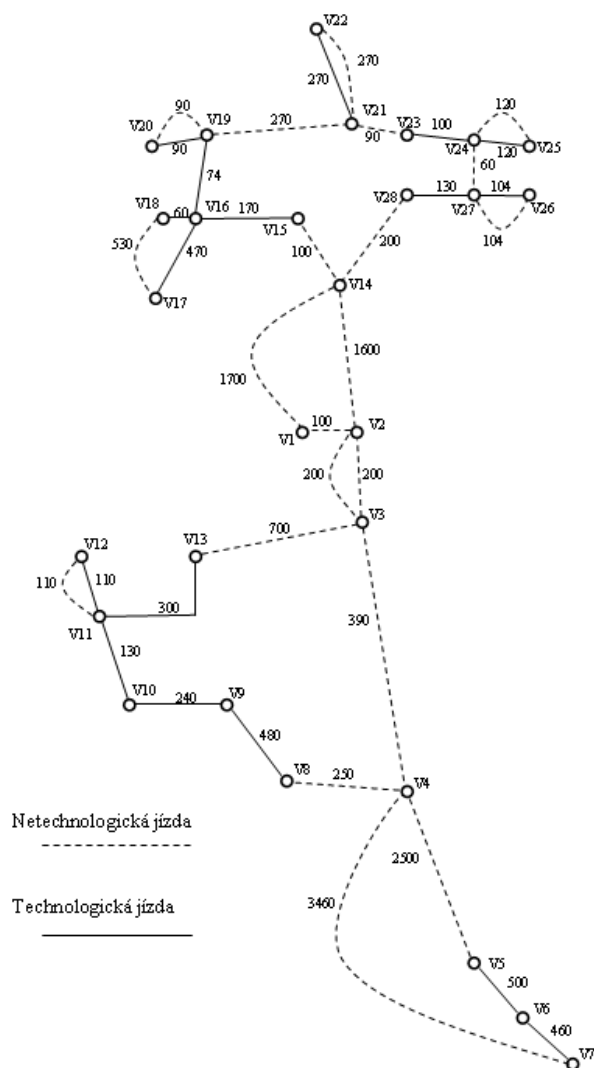
v - rychlost [km/h],

t – čas, potřebný pro ujetí vzdálenosti s [h.].

Tabulka 14: Časy na obsluhu technologických a netechnologických jízd

	v [km/h]	s [km]	t [h]
Technologická jízda	20	3,78	0,189
Netechnologická jízda	30	12,94	0,431

Zdroj: autor



Obrázek č. 12 – Síťový graf posypového okruhu pro traktor rozšířen o fiktivní hrany

Zdroj: autor

Po sečtení jednotlivých časů z tabulky 14 je vypočtena celková doba obsluhy. Ta činí 0,62 h => **37,5 min.**

Pro výpočet spotřebovaného materiálu byl použit vztah 4.14.

$$m = s * d * V \quad [\text{kg}] \quad (4.14)$$

kde: m – spotřebovaný materiál [kg],
 s – délka technologické jízdy, kterou ujede mechanismus [m],
 V – dávka posypového materiálu [kg/m^2],
 d – šířka sypaného pruhu [m].

Dosazením do vztahu 4.14 ($s = 3\,780$ m, $V = 0,1$ g/m^2 a $d = 5$ m) byl zjištěn spotřebovaný materiál. Mechanismus spotřebuje posypem **1 890 kg písku**.

Mechanismus může vzít do sypacího zařízení maximálně 1 000 kg písku, proto bude muset před zajištěním sjízdnosti v obci Vrchoviny zajet ještě do TS. V TS naloží další písek. Z tohoto důvodu musí být do celkového času na údržbu 2x započítána nakládka, která trvá 15 minut.

Souhrn údajů o okruhu pro posypový mechanismus traktor:

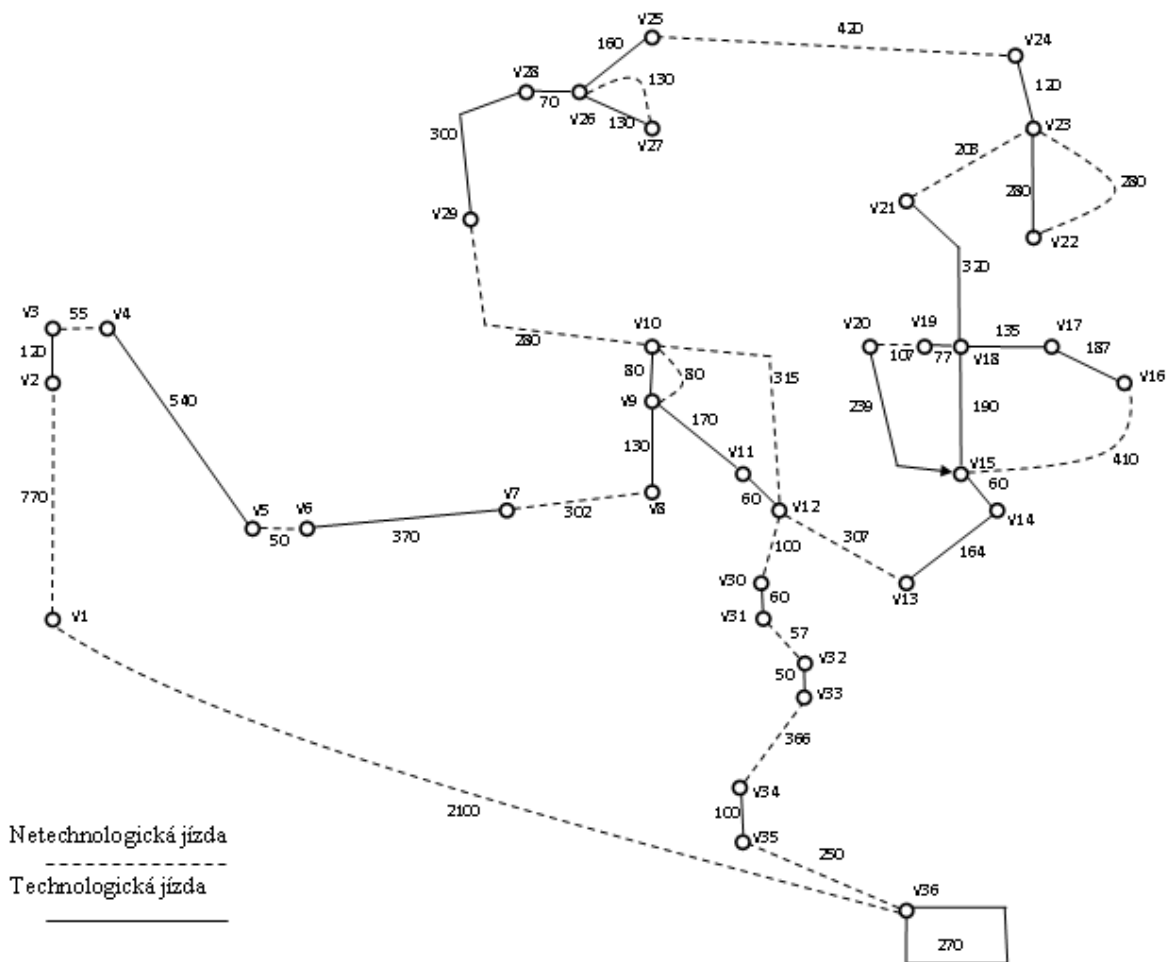
- celková doba na ujetí okruhu je 67,5 min,
- délka úseku ošetřeného pískem je 3,78 km,
- délka netechnologických jízd je 12,94 km,
- množství spotřebovaného posypového materiálu je 1 890 kg písku.

Posypová trasa pro mechanismus Multicar M25

Multicar M25 je určen pro údržbu komunikací ulic Gen. Klapálka, Nádražní, Nerudova, část ulice Příbyslavská a U Lípy. Dále to jsou autobusové zastávky Rychta, Slza a Husovo náměstí. Z II. pořadí důležitosti se do I. pořadí přesunula údržba ulic Boženy Němcové, Husova, Johnova, Dukelská, Družstevní a Nad Stadionem. Dále pak údržba parkovišť v Komenského ulici, od čp. 394 po čp. 56 a před čp. 6. Síťový graf posypového okruhu je v příloze č. 7. Na obrázku č. 13 je znázorněn síťový graf po aplikaci Edmondsova a Fleuryho algoritmu. Hrany grafu jsou ohodnoceny délkou komunikace.

Multicar vyjíždí z vrcholu V1, kde sídlí Technické služby. Nejprve zajistí údržbu pluhem a posypem písku na autobusové zastávce Slza (hrana mezi vrcholy V2 a V3), dále pak ulice Generála Klapálka (hrana mezi vrcholy V4 a V5), Nádražní (hrana mezi vrcholy V6 a V7), Boženy Němcové (hrany mezi vrcholy V8-V10), Nerudova (hrana mezi vrcholy V9 a V11), autobusovou zastávku Rychta (hrana mezi vrcholy V11 a V12), část ulice Příbyslavská (hrana mezi vrcholy V14 a V15), část ulice Dukelská (hrany mezi vrcholy V14 - V18), část ulice Johnova (hrana mezi vrcholy V18 a V19), Husova (hrana mezi vrcholy V20

a V15), část ulice Johnova (hrany mezi vrcholy V16-V18), část ulice Dukelská (hrana mezi vrcholy V18 a V21), část ulice Příbyslavská (hrana mezi vrcholy V22 a V23), U Lípy (hrana mezi vrcholy V23 a V24), Družstevní (hrany mezi vrcholy V25-V28), Nad Stadionem (hrana mezi vrcholy V28 a V29). Dále by mechanismus pustil sypací zařízení a pluh na parkovištích v ulici Komenského (hrany mezi vrcholy V30 a V31, V32 a V33, V34 a V35). Poslední udržovanou částí by bylo Husovo náměstí ve vrcholu V36.



Obrázek č. 13 – Síťový graf posypového okruhu pro Multicar rozšířen o fiktivní hrany

Zdroj: autor

Pro výpočet celkové doby obsluhy byl použit vztah 4.13. Časy na obsluhu technologických a netechnologických jízd jsou uvedeny v tabulce 15.

Tabulka 15: Časy na obsluhu technologických a netechnologických jízd

	v [km/h]	s [km]	t [h]
Technologická jízda	20	4,46	0,223
Netechnologická jízda	30	6,669	0,222

Zdroj: autor

Po sečtení jednotlivých časů z tabulky 15 je vypočtena celková doba obsluhy. Ta činí 0,445 h => **26,7 min.**

Pro výpočet spotřebovaného materiálu byl použit vztah 4.14.

Dosazením do vztahu 4.14 ($s = 4460$ m, $V = 0,1$ kg/m² a $d = 5$ m) byl zjištěn spotřebovaný materiál. Mechanismus spotřebuje posypem **2 230 kg písku.**

Nástavba sypač pojme 2 400 kg písku, díky čemuž Multicar tento okruh ujede na jedno naložení. Doba nákladky bude 20 min.

Souhrn údajů o okruhu pro posypový mechanismus Multicar M25:

- celková doba na ujetí okruhu je 46,7 min,
- délka úseku ošetřeného pískem je 4,46 km,
- délka netechnologických jízd je 6,669 km,
- množství spotřebovaného posypového materiálu je 2 230 kg písku.

4.6.3 Zhodnocení navržených tras

Hlavním přínosem změny pořadí důležitosti některých komunikací je rychlejší zajištění jejich sjízdnosti a tím pádem zvýšení bezpečnosti provozu. Změny byly provedeny na komunikacích, kde je vyšší pravděpodobnost vzniku dopravních nehod v zimním období. Tato opatření mohla být provedena především díky nákupu nového mechanismu.

ZÁVĚR

Zimní údržba je důležitá služba veřejnosti, která zabezpečuje plynulý a bezpečný chod společnosti v zimním období. Zajišťuje dostupnost klíčových veřejných objektů, jako jsou nemocnice, školy, obecní úřady a zároveň plynulost pohybu osob mířících do práce a obchodů. Rozhodujícím faktorem pro zimní údržbu je počasí, které se nedá dopředu naplánovat, a proto je nutné, aby Technické služby byly neustále schopny zajišťovat plynulost a bezpečnost provozu na pozemních komunikacích. Z tohoto důvodu se musí vypracovávat Plán zimní údržby, kde jsou komunikace rozděleny do tříd, podle důležitosti, dále je nutné dodržovat právní předpisy.

Diplomová práce se zabývá zimní údržbou pozemních komunikací v Novém Městě nad Metují. Analyzuje současný stav zimní údržby a navrhuje vhodná řešení pro její zlepšení. Z vypracované analýzy byly zjištěny největší nedostatky v zastaralém vozovém parku. Hrozilo riziko nespolehlivosti vozového parku v případě poruchy mechanismů a finanční náklady za časté opravy. Dalším problémem by mohlo být nedodržení stanovených časových limitů pro zajištění sjízdnosti a schůdnosti. A tím by byla snížena mobilita obyvatelstva města a jejich bezpečnost.

Pomocí metody TOPSIS a metody váženého součtu byla z navržených možností vybrána nejvhodnější varianta, sloužící jako doporučení k obnově vozového parku. Tím došlo k obnově vozového parku a zároveň k rozšíření o mechanismus na posypový materiál. Pro obnovu vozového parku se rozhodovalo mezi značkami traktorů Belarus, Zetor a New Holland, protože jejich cena odpovídala zadaným parametrům. Kritéria pro řešení byla zvolena autorem diplomové práce. Konečným výsledkem bylo zvolení traktoru značky Zetor.

Tím, že došlo k nákupu nového mechanismu, bylo možné provést změny v pořadí důležitosti vybraných komunikací. Tyto komunikace patřící do II. pořadí důležitosti byly přesunuty do I. pořadí.

Všechna tato opatření vedou k zvýšení bezpečnosti provozu na důležitých a frekventovaných komunikacích ve městě v zimním období.

SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- (1) Strategický plán města Nového Města nad Metují do roku 2010, [online]. [cit. 2010-10-28]. Dostupné z <http://www.novemestonm.cz/userdata/zpravodajstvi/obrazky/File/strategicky_plan/Priloha1-Profil_mesta_Nove_Mesto_nad_Metuji.pdf>
- (2) Zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů
- (3) Vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů
- (4) Plán zimní údržby města Nového Města nad Metují na zimní období 2009/2010, poskytnuté Technickými službami Nové Město nad Metují
- (5) Nařízení č. 1/2009 o provádění zimní údržby na místních komunikacích a chodnících a o vymezení úseků místních komunikací a chodníků, na kterých se pro jejich malý dopravní význam nezajišťuje sjízdnost a schůdnost odstraňováním sněhu a náledí
- (6) *Systém multimedialní elektronické publikace*, [online]. [cit. 2010-11-25]. Dostupné z <http://etext.czu.cz/php/skripta/skriptum.php?titul_key=79>
- (7) *Katalog zemědělské techniky*, [online]. [cit. 2010-12-20]. Dostupné z <<http://www.agromachinery.cz/traktory/univerzalni-traktory/>>
- (8) *Bel-Czech Trade, s.r.o.*, [online]. [cit. 2010-11-25]. Dostupné z <<http://www.bel-czech.eu/traktory-belarus/>>
- (9) *AGROTEC, a.s.*, [online]. [cit. 2010-11-25]. Dostupné z <<http://www.eagrotec.cz/modely/?model=790>>
- (10) *AGRICO, s.r.o.*, [online]. [cit. 2010-11-25]. Dostupné z <http://www.agricosro.cz/zemedelska_tehnika.php?strana=proxima_plus>
- (11) VOLEK, J *Operační výzkum I.*, Pardubice: Univerzita Pardubice, 2005, 111 s., ISBN 80-7194-410-6

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 – Nové Město nad Metují.....	11
Obrázek č. 2 – Orientační sněhová tyč.....	14
Obrázek č. 3 – Označení změny technologického posypu	15
Obrázek č. 4 – Okruh, kde je posypový materiál sůl.....	23
Obrázek č. 5 – Okruh, kde je posypovým materiálem písek.....	24
Obrázek č. 6 – Okruh, kde je posypový materiál sůl	25
Obrázek č. 7 - Okruh, kde je posypovým materiálem písek	25
Obrázek č. 8 – Pozemní komunikace v III. pořadí důležitosti	26
Obrázek č. 9 – Multicar M25 s rozmetadlem písku a čelním pluhem.....	27
Obrázek č. 10 – Traktor se zadní radlicí.....	27
Obrázek č. 11 – Schéma Fullerova trojúhelníku	35
Obrázek č. 12 – Síťový graf posypového okruhu pro traktor.....	47
Obrázek č. 13 – Síťový graf posypového okruhu pro Multicar.....	49

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Členění pořadí důležitosti silnic a MK pro zajištění sjízdnosti a časové lhůty	17
Tabulka 2: Celkové náklady na provoz TS v zimním období	29
Tabulka 3: Spotřeba posypového materiálu v zimním období	30
Tabulka 4: Kriteriaální matice.....	40
Tabulka 5: Saatyho metoda	40
Tabulka 6: Fullerův trojúhelník.....	41
Tabulka 7: Váhy kriterií podle metody Fullerova trojúhelníku.....	41
Tabulka 8: Normalizovaná kriteriaální matice.....	42
Tabulka 9: Vážená kriteriaální matice.....	42
Tabulka 10: Vzdálenost jednotlivých variant od bazální varianty	43
Tabulka 11: Standardizovaná kriteriaální matice.....	43
Tabulka 12: Celkový užitek jednotlivých variant.....	43
Tabulka 13: Pořadí variant v jednotlivých metodách.....	44
Tabulka 14: Časy na obsluhu technologických a netechnologických jízd	46
Tabulka 15: Časy na obsluhu technologických a netechnologických jízd	49

SEZNAM ZKRATEK

čp – číslo popisné

ČR – Česká republika

DPH – daň z přidané hodnoty

CHKO – chráněná krajinná oblast

MCA – multikriteriální analýza

MK – místní komunikace

TS – Technické služby

ZÚ – zimní údržba

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – I. pořadí důležitosti

Příloha č. 2 – II. pořadí důležitosti

Příloha č. 3 – III. pořadí důležitosti

Příloha č. 4 – Údržba chodníků podle jednotlivých druhů techniky

Příloha č. 5 – Technika určena pro údržbu chodníků

Příloha č. 6 – Síťový graf posypového okruhu pro traktor

Příloha č. 7 – Síťový graf posypového okruhu pro Multicar M25

PŘÍLOHY

Příloha č.1

I. pořadí důležitosti

a) solí:

Gen. Klapálka (část od křižovatky s Havlíčkovou ulicí po č. p. 443 v Nádražní ulici)

Rašínova

Malecí

Družební (od T. G. Masaryka po ulici Na Vysluní)

Československé armády - část ulice od křižovatky Na Vysluní po ulici Sadovou

(Jedná se o úsek silnice ve vlastnictví Královéhradeckého kraje Hradec

Králové, viz. dohoda mezi Městem Nové Město nad Metují a Správou

a údržbou silnic Královéhradeckého kraje Hradec Králové, divizí Náchod)

Johnova (křižovatka s ulicí Československé armády, křižovatka s ulicí T. G. Masaryka)

část ulice 28.října (od T. G. Masaryka po Rašínovu)

Přibyslavská (část od nám. 17. listopadu po Dukelskou ulici)

Klosova

Náměstí Republiky

b) pískem:

autobusová zastávky "Slza"

Gen. Klapálka (část od Nádražní po viadukt u Stavostroje)

Nádražní (od č. p. 443 po křižovatku u bývalého klubu č. p. 219)

Nerudova

autobusové nádraží U Rychty

U Lípy (mezi Družební a Československé armády)

Přibyslavská (část od křiž. Československé armády po nám. 17. listopadu, část od křiž.

s Dukelskou po sokolovnu)

Na Kopci (od Husitské po U Letiště)

Husovo náměstí

U Letiště

Husitská

U Zvonice

Spy - Chlístovská

Spy - Kosařova

Příloha č.2

II. pořadí důležitosti

a) solí

Českých legií
Pod Výrovem
Na Bořetíně

b) pískem

Husovo náměstí
komunikace a parkoviště u bývalé pošty
parkoviště Farská zahrada
parkoviště Komenského ul., od čp. 394 po čp. 56
parkoviště Komenského u čp. 6
parkoviště za budovou čp. 6
Husova
Johnova
Boženy Němcové
Nad Stadionem
Družstevní
28.října (od Rašínovy ulice po rampu ŠJ, od ŠJ po Gen. Klapálka, včetně slepé k Domu zdraví)
Dukelská
Smetanova
příjezdová komunikace k penzionu OÁZA
Leštinská (část od Na Vyhlídce po č. p. 438)
Budín
po Gen. Klapálka, včetně slepé
Vrchoviny - k mateřské škole
od I/14 horní část obce ke kamennému mostu
od I/14 kolem školy směr Příbyslav
od křižovatky u bývalého Kovodružstva po č. p. 119
od viaduktu pod bývalým Kovodružstvem po viadukt směr Šonov
od Stříbrných č. p. 71 po Kroulíkovy č. p. 88 (u rybníka)
cesta mezi č.p. 143 a p. Šmídou
do čp. 113 kolem čp. 112 a čp. 100
od čp. 80 k čp. 96 v
od viaduktu (směr Šonov) cesta k JZD
od silnice I/14 okolo čp. 58 směr Příbyslav

Pozn.: ulice Pod Výrovem, Leštinská, Budín a Vrchoviny udržovat s ohledem na termín odvozu odpadu.

Příloha č.3

III. pořadí důležitosti

Bořetínská
Čelakovského
Čs. armády - slepá k čp. 826
Čs. armády - mezi čp. 481 a 482
K sirkárně od ulice Českých legií po sborový dům
Kaštánky - slepá ulice (Truněček)
Klopotovská od hlavní silnice k čp. 1150
Lesní (mimo čp. 1159 a čp. 1156 - zeď)
Leštinská (část od Příbyslavské po ul. Na Vysluní)
Lomená
Malecí (od odeony po čp. 534)
Na Františku
Na Františku slepá 495 - 504
Na Skalce
Na Zadomí (od čp. 1203 po čp. 1210)
Na Zadomí (od čp. 1212 po čp. 1246)
Na Zadomí (od čp. 1245 po čp. 1234)
Na zadomí (od čp. 1227 po čp. 1049)
K čp. 101 po zámek
Na Vyhlídce
Odbočka kolem čp. 804 k novostavbě
Na Vysluní
Nad Sokolovnou
nám. 17. listopadu
Okrajová
Pod Hradbami (od čp. 1081 po čp. 1080)
Pod Hradištěm (od čp. 1171 po čp. 1126)
Pod Vodojemem
Rezecká (část od mostu až na Rezek)
Rezecká (část od ul. Na Hradčanech po mostek)
Rovná
Sadová
Škohí
Třešňová
U Dubu
U Lesa
U Lípy (od ul. Družební po čp. 987)
V Aleji
Ve Vilách
Vodárenská
Vrchovinská
Zelená

Bratří Čapků
Dobrušská za Grellovými
Dobrušská (k čp. 417)
Elektrárenská

K cihelně
K čistírně odpadních vod v Krčíně
Kpt.Jaroše
Krátká (včetně vjezdu k autoservisu)
Na Kopci (část od ul. U Letiště po čp.323)
Na Rybníku
Nad Lipami
Nábřežní
Nová
Okružní
Polní
Příčná
Řadová
Stavební
U Luštince
V Zahradách
V Zátíši
Vladivostok nad cihelnou k čp.157 - 158 - 159
Zářečí
Železova louka

Příloha č.4

Údržba chodníků podle jednotlivých druhů techniky

Ručně vedený zametací kartáč případně pluh+posyp

Výjezd ul. Nábřežní, 1. Máje, ZŠ Krčín, Žižkovo náměstí, ul. Husitská, okolo hřbitova Krčín, schody U Zvonice, ul. Na Kopci, U Letišť, Nahořanská k prodejně, Na Strážnici po stavebniny a druhou stranou od p. Slavíkové k Luštinci a ul. Bratří Čapků

Ručně vedený zametací kartáč případně pluh + posyp

Výjezd od ubytovny v ul. 1. Máje kolem Ježkových ke křižovatce do Nahořanské ulice k čp.146 p. Slavíková, přejít na druhou stranu. Od stavebnin k Papežovým do Náchodské ul. po odbočku do ul. Krátké. Přejít na druhou stranu kolem Orlobusu na křižovatku a kolem Martínkových k prodejně potravin. Zpět dolů do Krčina přes park do průchodu pro chodce za svodidly do ul. Dobrušská, chodník až nahoru k zastávce autobusu, zpět dle možnosti kolem autobazaru Bareš.

Zametací stroji ECOLOGICA

Výjezd TS Jarošova ul., chodník 1. Máje vlevo dolů přes most k čp. 70 (za knihovnou), před ZŠ Krčín, přejezd k domu čp. 34 (reprezent'ák) a chodník v ul. Černického odbočku do firmy Halla, zpět od křižovatky (u Holečků) vpravo podél firmy PNEU Trunčček, podjezd pod kolejem z obou stran k vlakovému nádraží zpět kolem učiliště do ul. Havlíčkova po čp. 106. Přejezd na druhou stranu a tam od obchodu s náradím směr Rychta obě strany, dále autobusové zastávky na Rychtě, okolo CIS a galanterie ke kruhové křižovatce na Malecí, chodník před ZŠ Malecí, chodník Malecí od čp. 209 kolem bývalé Orelny po pravé straně k restauraci STOP do Vrchovin, zpět mezi paneláky nahoru přejezd do ul. ČSA, chodník v ČSA od kasáren k hřbitovu a zpět na Krčín do Nádražní ul., ul. Zborovskou vpravo nahoru zpět k vlakovému nádraží, vpravo k firmě Nutricia dále druhá strana ke křižovatce se Smetanovou ul. a z horizontu k mostu u bývalého Stavostroje slza a dolů k ul. Krátká.

Zametací stroj ISEKI

Výjezd z čp. 6, od čp. 97 kolem čp. 4 k přechodu pro chodce, chodník okolo MěÚ, nám. Republiky, od čp. 78 po čp. 1212, od čp. 1234 po čp. 1040 přejezd na druhou stranu a od přechodu pro chodce na Sepský most, zpět na Husovo náměstí spolkový dům, muzeum, Zadomí po prodejni cyklo. Komenského ul. obě strany, Klosova, Na Bořetíně, Husova, Johnova, 28. Října, dokončení sídliště Malecí, dále ul. TGM, Družební, Na Vysluní, ul. ČSA, Klosova a zpět na ul. Českých Legií.

Čtyřkolka

Výjezd čp. 6 - úklid horní parkoviště, ul. Českých Legií, Klosova, Přibyslavská, Lešinská, V Aleji, Třešňová, druhy úsek ul. Přibyslavské, ul. Dukelská, Na Františku, parkoviště u MŠ František, Johnova, ul. 28. Října, B. Němcové, Smetanova a ul. Rašínova.

Ruční čištění a posyp

Vstupy na přechody pro chodce, autobusové zastávky, schody ZŠ Malecí, cesta a schody k Horákovu mlýnu, chodník k Rezeckému mostu, schody Na Táboře směr Spy, dočišťování úseků všude tam, kam se nedostane technika na svých trasách.

Příloha č.5

Technika určena pro údržbu chodníků

Ručně vedená mechanizace s kartáčem



Zametací stroj Ecologica ECO 101



Zametací stroj ISEKI SF 230



Čtyřkolka

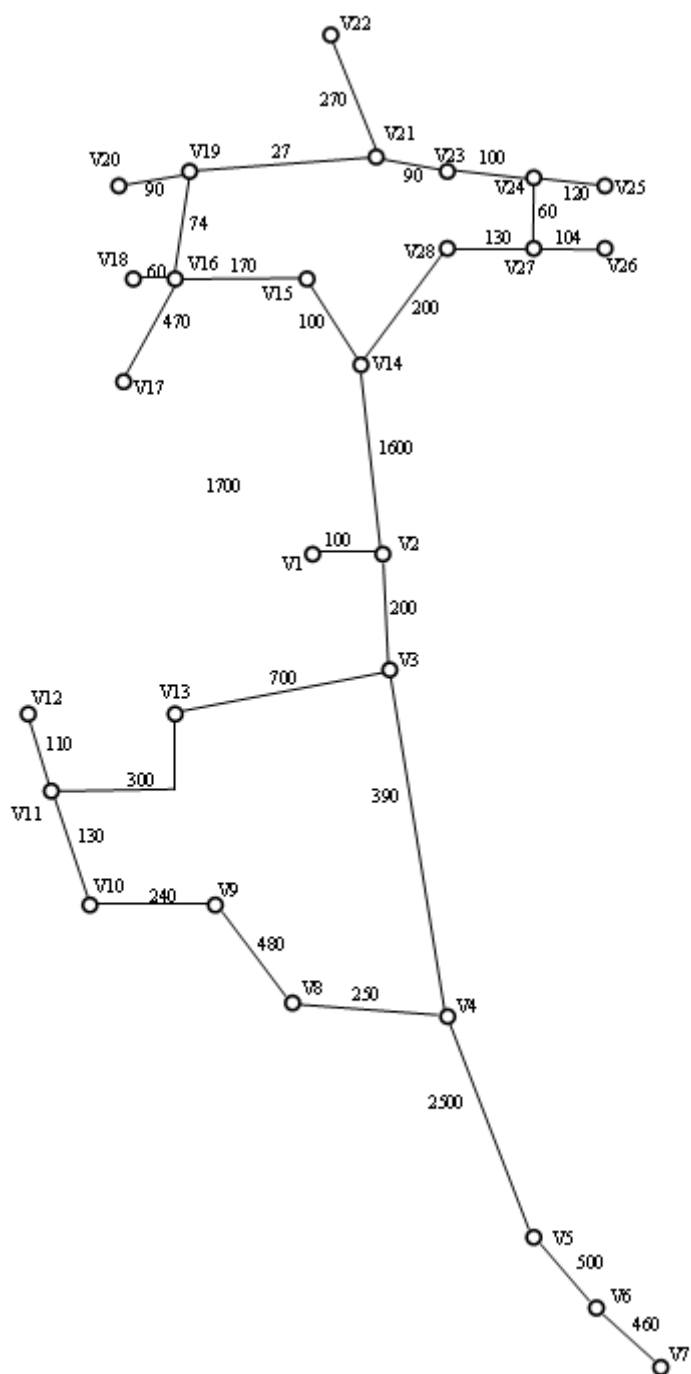


Foukač sněhu



Příloha č. 6

Sít'ový graf posypového okruhu pro traktor



Příloha č. 7

Síťový graf posypového okruhu pro Multicar M25

