



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

## SYSTÉMY PROTI NÁMRAZE TROLEJOVÝCH VEDENÍ

PREVENTIVE SYSTEM AGAINST ICING OF OVERHEAD WIRES

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Jaroš

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radovan Galas, Ph.D.

BRNO 2020



# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav konstruování
Student:	<b>David Jaroš</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	<b>Ing. Radovan Galas, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Systémy proti námraze trolejových vedení

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Námraza trakčních a trolejových vedení vede ke zpoždění spojů či úplnému kolapsu dopravy. V těchto případech je nezbytné provést co nejrychlejší odstranění vzniklé námrazy. V mnoha případech je nutné vzniklou námrazu ručně oklepávat nebo odstraňovat pomocí pilníků, což je zdlouhavé a neekonomické řešení. Jedním z možných přístupů, jak tuto situaci řešit, je preventivní aplikace chemických postřiků proti vzniku námrazy.

Typ práce: rešeršně syntetická

### Cíle bakalářské práce:

Hlavním cílem práce je zpracovat přehled systémů používaných proti námraze trolejových a trakčních vedení.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- na základě dostupné literatury identifikovat a popsat hlavní části systémů,
- popsat princip funkce těchto systémů,
- zmapovat kapaliny/směsi používané proti námraze,
- analyzovat výhody a nevýhody vybraných systémů.

Požadované výstupy: průvodní zpráva.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<http://ustavkonstruovani.cz/texty/bakalarske-studium-ukoncení/>

**Seznam doporučené literatury:**

LAFORTE, J.L., M.A. ALLAIRE a J. LAFLAMME. State-of-the-art on power line de-icing. Atmospheric Research. 1998, 46(1-2), 143-158. DOI: 10.1016/S0169-8095(97)00057-4.

Kummler + Matter Ag. Device for applying a deicing means to an overhead line and use of such a device. Německo. Patentový spis WO2016020301A1. 31.7.2015.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou ochrany trolejových vedení před vznikem námrazy se zaměřením na chemické ošetření. Úvodní část práce je věnována popisu trolejového vedení a námrazy. Další části uvádí metody prevence proti vzniku námrazy na trolejových vedeních. Zde jsou popsány různé systémy nanášející látky proti vzniku námrazy. Závěrečná část je věnována shrnutí práce a analýze získaných poznatků.

## KLÍČOVÁ SLOVA

námraza, trolejové vedení, prevence, protinámrazový systém

## ABSTRACT

This bachelor thesis deals with protection of overhead lines from icing with a focus on chemical treatment. The introductory part of the work focuses on the description of the overhead line and icing. The next part presents methods of prevention against icing on overhead lines. Various anti-icing systems and fluids are described here. The last part focuses on the result of this thesis and analyses the acquired knowledge.

## KEYWORDS

icing, overhead lines, prevention, anti-icing system



## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JAROŠ, David. *Systémy proti námraze trolejových vedení*. Brno, 2020, 45 s. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí diplomové práce Ing. Radovan Galas, Ph.D.





## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mě během studia a tvorby této práce podporovali. Zejména bych rád poděkoval mému vedoucímu Ing. Radovanu Galasovi, Ph.D. za vstřícnost a cenné rady při konzultacích.

## PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením Ing. Radovana Galase, Ph.D. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE</b>	<b>13</b>
2.1	Analýza problému	13
2.2	Cíl práce	14
<b>3</b>	<b>PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>15</b>
3.1	Princip trakčního pohonu	15
3.2	Námraza	16
3.3	Předpověď vzniku námrazy	18
3.4	Způsoby prevence proti vzniku námrazy	19
3.4.1	Tepelné ošetření trolejí	19
3.4.2	Průběžné průjezdy tratí	20
3.4.3	Chemické ošetření trolejí	21
3.5	Způsoby odstranění námrazy	30
3.5.1	Mechanicky	30
3.5.2	Tepelně	31
3.5.3	Piezoelektricky	31
<b>4</b>	<b>DISKUZE</b>	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIE</b>	<b>36</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK</b>	<b>44</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	<b>45</b>

# 1 ÚVOD

Vozidla poháněná elektrickou trakcí jsou po desítky let klasickým zástupcem ekologicky přívětivé a energeticky účinné dopravy. Nejčastěji se v běžném provozu setkáme s trakčními vozidly, které odebírají elektrickou energii z nadzemního trolejového vedení pomocí sběrače proudu. Takovými jsou vlak, tramvaj a trolejbus. Slouží k přepravě osob i nákladu, čímž se stávají páteřními transportními prvky měst i celých států a na jejich funkčnosti závisí podstatná část dopravní infrastruktury. Proto je zájmem správců trakčních soustav udržovat svá trolejová vedení za všech možných okolností provozuschopná.

Nezřídka ovšem nastane situace, kdy je trakční vedení na určitých úsecích vyřazeno z provozu. Důvodem je zpravidla přerušení celistvosti troleje (vlivem pádu stromu či větve přes troleje, vyvrácení sloupu trakčního vedení apod.), výpadek dodávky elektrické energie důsledkem zkratu (například při bouřce) nebo vznik námrazy na troleji. Ta funguje jako elektrický izolant a znemožňuje odběr elektrické energie do vozidla.

Krátkodobé znemožnění odběru energie (v řádech nejvýše několika málo desítek minut) nemívá pro dopravce a cestující vážnější následky, neboť vozidla své trasy dokončí jen s malým zpožděním. U déletrvajících výluk energie však vznikají již značné komplikace.

V České republice nastaly nejvážnější komplikace vlivem námrazy na troleji v prosinci 2014. Vzniklý kolaps dopravy byl největší za posledních 30 let. Došlo k odstavení stovek vlaků na většině území Česka. Nejezdily tramvaje ani trolejbusy v městech jako Praha, Brno, Ostrava, Olomouc a mnoha dalších. Postiženy byly desetitisíce cestujících, kdy vlaky dosahovaly několikahodinových zpoždění, nezřídka soupravy vůbec nedojely do cílové stanice. [1] Další, již menší kolaps, nastal v prosinci 2018. I tehdy měly dopravní podniky značné problémy s obslužností trolejových sítí, vlaky nabíraly zpoždění v řádech hodin.

Doprováci mají minimální možnost ovlivnit přerušení dodávky energie trolejovým vozidlům vlivem mechanických poškození vedení či zkratováním. Vznik námrazy na troleji ovšem ovlivnit mohou. Tato práce se bude zabývat způsoby, které se nabízí k využití v těchto situacích a které pomáhají předcházet vzniku kolapsových situací v trakční dopravě v důsledku vzniku námrazy na trolejích.

## 2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

### 2.1 Analýza problému

Problematicke předcházení vzniku námrazy na trolejovém vedení není dlouhodobě věnována taková pozornost, jako výzkumu námrazy na letadlech, silnicích nebo vedení vysokého napětí. Příčiny můžeme najít v malém výskytu trolejových tratí v nejrizikovějších oblastech (zejména v horách), v globálním oteplování, které snižuje možnost výskytu povětrnostních podmínek vhodných k tvorbě námrazy a podobně. Proto se v našich zeměpisných šířkách s námrazou setkáváme jen několikrát do roka, kdy vzniká krátkodobá námraza (zpravidla v noci). Ta během dne sama pomine vlivem oteplení a její důsledky nejsou pro dopravce zásadní. [2] [3]

Značné komplikace ovšem nastávají v obdobích dlouho trvajících nepříznivých meteorologických podmínek. Významná je teplota, vlhkost vzduchu a přítomnost mrznoucích srážek. [4] Důsledkem kombinace zmíněných faktorů je tvorba námrazy o tloušťce až několika centimetrů, trvající i desítky hodin. [5] Vzniklá námraza na troleji funguje jako elektrický izolant. Tím se většina trakčních vozů stává v době vzniku námrazy nepojízdnými. S tím související ekonomický dopad bývá markantní. V zájmu dopravců je pochopitelně negativním dopadům předejít, proto vyhledávají způsoby, které jim pomohou vzniku námrazy předejít a snížit její důsledky. [4]

V současné době se nabízí metody prevence vzniku námrazy založené na různých postupech. Využívány jsou zejména:

- preventivní průjezdy trolejových vozů, které svými sběrači strhávají vznikající námrazu,
- tepelné ošetření troleje vnitřním nebo vnějším ohřevem,
- chemická ošetření troleje nemrznoucí látkou.

Každá ze zmíněných metod má svá specifika, která mají vliv na jejich výběr při rozhodování provozovatelů. Tato práce jednotlivé metody blíže popíše a ukáže konkrétní případy jejich použití.

## 2.2 Cíl práce

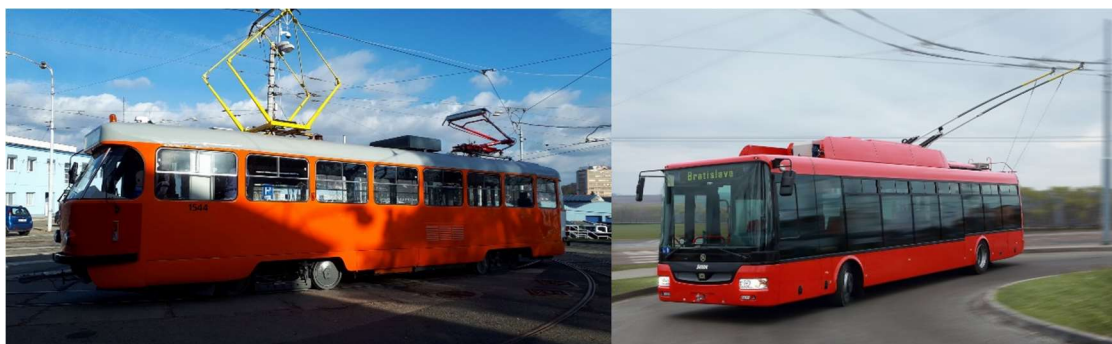
Práce má za cíl zmapovat problematiku vzniku námrazy na trakčních vedeních, popsat systémy používané proti vzniku námrazy, zejména pak systémy určené k nanášení nemrznoucích kapalin a směsí na trakční vedení. Hlavní pozornost bude věnována komerčně dostupným systémům a kapalinám. Na základě dostupných podkladů budou popsány jejich principy a vlastnosti. Směr práce bude zaměřen na podmínky v České republice, zmíněny však budou i zahraniční příklady. Na závěr práce proběhne zhodnocení popsaných systémů a kapalin, analýza jejich výhod a nevýhod a doporučení k dalšímu ubírání výzkumu v této problematice.

## 3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

### 3.1 Princip trakčního pohonu

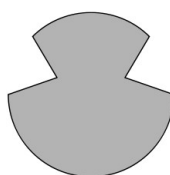
Vozidla na trakční pohon využívají ke svému pohybu elektromotor napájený trakčním vedením. To může být pozemní (třetí nebo boční kolej) nebo vrchní (trolejové vedení). V této práci nás nadále bude zajímat pouze vedení vrchní. Rozdělme si trakční vozidla užívající vrchní vedení na dvě skupiny: kolejová a silniční. Mezi kolejová vozidla obecně patří elektrická lokomotiva a elektrická tramvaj, zástupcem silničního vozidla je trolejbus.

Odběr a přenos elektrické energie mezi trolejovým vedením a elektromotorem je zajištěn sběračem proudu, který je umístěn na střeše vozidla. Jeho zdvižením a přitlačením k troleji se uzavře elektrický okruh, čímž do elektromotoru vozidla proudí elektrická energie. U kolejových vozidel sběrač nejčastěji tvoří pantograf či polopantograf, trolejbus využívá tyčových sběračů s botkou.



Obr. 3-1 Vlevo tramvaj s pantografem v přední části a polopantografem v zadní části [6]; vpravo trolejbus s tyčovými sběrači [7].

Trolejový vodič se nejčastěji vyrábí z mědi či z jejích slitin. Dle normy ČSN EN 50149 má kruhový průřez ( $80\text{--}150\text{ mm}^2$ ) se dvěma podélnými drážkami. Díky nim je vodič uchycen za jeho vrchní část a zavěšen ve výšce 4 metrů nad zemí tak, že do jeho spodní části nezasahuje žádná spojovací součástka. Tím není narušena dráha průjezdu sběrače proudu a zároveň je vodič stabilně uchycen. Trolejbusovou drážní cestu tvoří dva dráty, kolejovou jeden drát. [8] [9] [10]



Obr. 3-2 Průřezový tvar trolejového vodiče [9]

## 3.2 Námraza

Hlavním faktory ovlivňující tvorbu námrazy jsou vzdušná vlhkost, rychlost a směr vzduchu a teplota. Námraza vzniká při poklesu teploty pod bod mrazu a při přesunu dostatečně vlhkého teplého vzduchu nad prochlazený povrch. Námrazu také způsobuje mrznoucí déšť či mokrá sněž. Tvoří se tedy při teplotách podloží 0 °C a nižších. Při teplotách nižších než -4 °C zásadně klesá možnost vzniku. Pokud je teplota nižší než -10 °C, je námraza buď velmi slabá nebo k jejímu vzniku vůbec nedojde. Vlivem větru se snižuje atmosférická teplota, teplota kapek vody i teplota podloží. Vyšší rychlost větru tak urychluje rychlost vzniku námrazy. Tu dále ovlivňuje i směr větru. Směr kolmý na drát vedení námrazu urychluje, rovnoběžný zpomaluje. [4] [11] [12]

V závislosti na charakteru mikroklimatu pozorujeme vznik různých druhů námrazy na trolejovém drátě. Námrazy dělíme následovně:

### Průsvitná námraza

Vzniká namrzáním mrznoucího deště při teplotách podloží v rozmezí 0 až -3 °C. Kapkám deště trvá delší dobu, než na drátě zcela namrznou, proto nejprve vytvoří po ploše drátu slabou vrstvu vody. Ta posléze zmrzne a vytvoří hladkou, skelně průhlednou celistvou usazeninu ledu. Hustota se pohybuje v rozmezí 0,7–0,9 g/cm<sup>3</sup>. Je velmi přilnavá a tvrdá, tudíž nebezpečná a obtížně odstranitelná. K jejímu odstranění je nutno mechanického rozbití, případně zahřátí a roztání. [4] [11] [13]

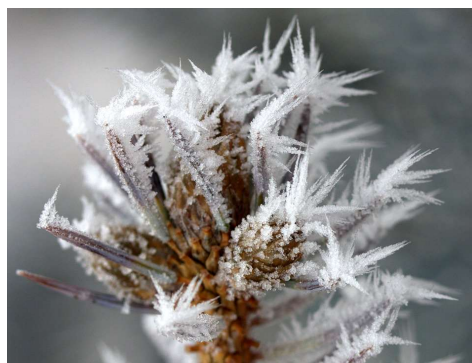


Obr. 3-3 Průsvitná námraza [14]

### Zrnitá námraza

Vzniká namrzáním přechlazených mlžných kapek vody při teplotách podloží v rozmezí -2 až -10 °C. Malé kapičky namrzají rychleji než dešťové kapky a tvoří tím bílá neprůhledná nepravidelná vláknitá zrna. Hustota se pohybuje v rozmezí 0,1–0,3 g/cm<sup>3</sup>. Vlivem rychlejšího namrzání zůstávají uvnitř zrn vzduchové bubliny, proto je zrnitá námraza křehčí, o něco méně přilnavá a může být snadno odstraněna. [4] [11] [13]





Obr. 3-4 Zrnitá námraza [15]

### Krystalická námraza

Vzniká desublimací vodních par při teplotách nižších, než  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Je tvořena bílými sypkými krystaly. Hustota se pohybuje v rozmezí  $0,01\text{--}0,08\text{ g/cm}^3$ . Vzhledem k malé přilnavosti není nebezpečná a lze ji snadno odstranit. Může ovšem tvořit iniciační prostředí pro vznik průsvitné či smíšené námrazy. [4] [11] [13]



Obr. 3-5 Krystalická námraza [16]

### Smíšená námraza

Vzniká kombinací průsvitné a zrnité námrazy, kdy tyto námrazy střídavě zamrzají a tvoří velké útvary slonovinové barvy s mnoha dutinami. Hustota se pohybuje v rozmezí  $0,2\text{--}0,6\text{ g/cm}^3$ . [4] [11] [13]

Trolejový drát je dobře tepelně vodivý, proto na něm voda velmi rychle namrzá. Vzniku námrazy také značně napomáhá opotřebení spodní strany drátů od kontaktu se sběrači proudu trolejových vozidel. Opotřebení se projevuje zhrubnutím a zploštěním drátu, což má za následek snadnější ulpívání vody a následně snazší zamrzání. [17] Problematice vzniku námrazy a jejímu vlivu na kontakt mezi trolejí a sběračem elektrické energie se v současné době věnuje výzkum „Experimentální zařízení pro studium námrazových jevů trolejových vedení“ v rámci projektu „Prediktivní systém ochrany trolejových vedení proti extrémním klimatickým podmínkám“. Na něm se podílí *Ústav konstruování Fakulty strojního inženýrství Vysokého učení technického v Brně* a firma *TriboTec*. [18]

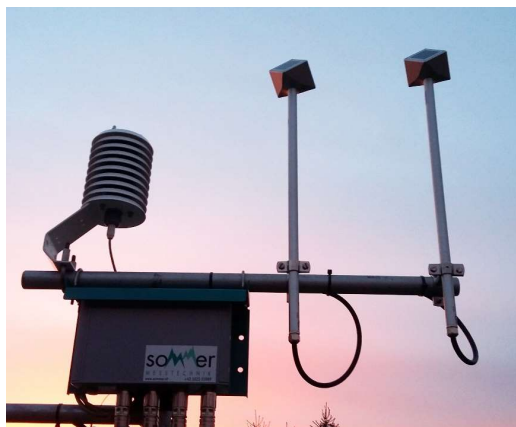
### 3.3 Předpověď vzniku námrazy

Pokud má být co nejúčinněji zabráněno vzniku námrazy, je zásadně důležitá včasná predikce jejího vzniku. To umožní provozovatelům/správcům trolejové sítě začít s postupy, které vzniku námrazy zabrání či sníží její intenzitu. Z předchozích skutečností a z informací, které uvádí dopravci vyplývá, že je klíčové pozorovat aktuální meteorologickou situaci. [3] [19] [20] Základním přístupem může být kupříkladu výpočet teploty rosného bodu na základě měření teploty a vlhkosti vzduchu. Jakmile teplota klesne pod tento vypočtený rosný bod, nastává kondenzace vodních par obsažených ve vzduchu a dá se předpokládat vznik námrazy na trolejích. [21]

V České republice se problematikou vzniku, průběhu a vlastností námrazy podrobně zabývají zejména dvě měřicí stanice. První je meteorologická observatoř Milešovka *Ústavu fyziky atmosféry Akademie věd České republiky*, druhou je stanice měření námrazy Studnice společnosti *EGÚ Brno*. [22] Tato stanice sídlí na místě, ve kterém se v rámci středních poloh ČR vyskytuje námraza nejčastěji. [23]

Sofistikovanější metodou jsou lokální měřicí stanice. Takováto zařízení bývají umístována co nejbližší k trolejové trati a zejména do míst, která jsou ke vzniku námrazy více náchylná a potenciálně riziková. [24] Jsou to například:

- *Overhead Wire Ice Weather Station* od firmy *Vasalai* [24]
- *Ice Detection System-20* od firmy *SOMMER Messtechnik* [25]



Obr. 3-6 *Ice Detection System-20* [25]

## 3.4 Způsoby prevence proti vzniku námrazy

Námraza na troleji má za následek přerušení elektrického okruhu mezi sběračem a trolejí, neboť led působí jako elektrický izolant. Tím se trakční vozidla stávají nepojízdnými. Pokud přes vrstvu ledu přeci jen dojde k nedokonalému kontaktu mezi trolejí a sběračem, vznikne elektrický oblouk, který za vysoké teploty (až 3000 °C) vypaluje a poškozuje sběrač i trolejové vedení. [26]

Mezi možnostmi, jak lze předcházet vzniku souvislé vrstvy námrazy na trolejovém vedení, patří zejména preventivní průjezdy trolejových vozidel, chemické ošetření trolejí či jejich zahřátí zvýšeným průchodem elektrického proudu. Následující části se budou věnovat popisu jednotlivých postupů.

### 3.4.1 Tepelné ošetření trolejí

Dlouhá léta užívanou metodou, jak zabránit vzniku námrazy na troleji, je trolej určitým způsobem ohřát. Na ohřáté troleji voda nenamrzá a pokud voda namrzla již před započnutím ohřevu, díky působícímu teplu rychleji roztaje.

#### Jouleův efekt

První možností je vnitřní ohřev drátu. Regulací průtoku jmenovitého proudu a využitím Jouleova efektu (resp. Jouleova tepla – ztrátové energie při průchodu elektrického proudu vodičem) je drát ohříván na teplotu vyšší, než je bod mrazu. Hodnota požadovaného proudu závisí na délce a průměru troleje, teplotě okolního vzduchu, případně na tloušťce již vzniklé námrazy. Efektivně jej tedy lze použít na krátkých tratích (v současnosti probíhá testování na *Železnici Desná*). [27] Pro rozsáhlejší síť je však tato metoda energeticky náročná a drahá, může rovněž poškodit trakční vedení při chybném vyhodnocení námrazového stavu. [13] Účinnost je závislá na přijetí specifických místních opatření jako:

- vlastnit předimenzovaný transformátor
- nastavit přesnou hodnotu proudu (malý proud je neúčinný, velký naopak destruktivní)
- zajistit kvalifikovanou obsluhu
- na několik jednotek až desítek minut odpojit od vedení trakční vozidla [3]

Efekt vnitřního ohřevu bývá krátkodobý a v místech se zvýšenou vlhkostí je nutné opakovat jej pravidelně, což má za následek nemalá zpoždění spojů.

Metodu vnitřního ohřevu zkoušela na našem území *Správa železnic ČR*, ale z výše zmíněných důvodů od ní upustila. Oproti tomu *Železnice Slovenskej republiky* vnitřní ohřev vedení používají v určitých situacích dodnes. [20]

## Systém Blue Wire – výrobce SAN Electro Heat

K některým zásadním nedostatkům vnitřního ohřevu nedochází při ohřevu vnějším. Tento produkt je tvořen oloveným drátem v izolovaném silikonovém obalu trojúhelníkového průřezu, připevněným příchytkami shora k troleji. Napájený je z trolejového drátu. Jeden tepelný okruh má 75–300 metrů. Obsahuje meteostanici a software s vizuálním mapováním aktuální situace, který může automaticky spínat ohřev. Za 5–10 minut je trolejový drát zahřát a následně zbaven vznikající nebo již vzniklé námrazy. [28]



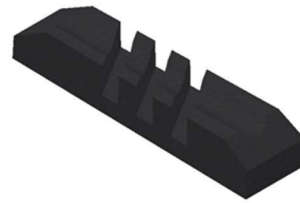
Obr. 3-7 Systém *Blue Wire* [28]

### 3.4.2 Průběžné průjezdy tratí

Preventivní průjezd trati je v Česku nejčastějším způsobem předcházení vzniku námrazy. Jelikož je díky mírnému podnebí vznikající námraza často slabá, preventivní průjezd během dne je povětšinou dostatečný. Myšlenka tohoto opatření je jednoduchá. Průběžným projížděním tratě strhnou sběrače proudu vznikající námrazu, čímž zabrání jejímu zásadnějšímu uplívání a narůstání na trolejovém vedení. V době dopravního klidu, kdy je četnost průjezdů trati snížena a je očekávána nebo již zaznamenána tvorba námrazy, jsou na dané úseky posílány zálohy, aby byly tratě projížděny častěji. Díky tomu dojde k eliminaci průběžné tvorby námrazy na trolejích. Také proto se u trolejových vozidel, jež mají za úkol „seškrabávat“ námrazu z trolejí, používají upravené sběrače. Ty jsou umístovány na vozy, které při ranních výjezdech vjíždějí na trať jako první. [3] [20] [29] [30] [31]

U tramvají se používají speciální srážecí lišty, které se od běžných lišt liší přidáním měděné či bronzové náběhové hrany. [29]

U trolejbusů se používají smykadla sycená mědí či drážkovaná smykadla. Další možností je nasazení parciálních trolejbusů. Ty mohou k pohonu používat mimo trakčního vedení také nezávislý pohon, a sice akumulátor či diesellový motor. Díky tomu mohou být sběrače použity pouze jako prostředek k odstraňování námrazy bez ohledu na přísun elektrické energie z trolejí. [21] [32]



Obr. 3-8 Vlevo srazecí lišta [33], vpravo sycené drážkované smykadlo. [34]

Elektrické lokomotivy používají nasazení měděné náběhové hrany na sběrač. U lokomotiv se dvěma sběrači může být přistoupeno k použití obou sběračů zároveň, přičemž přední sběrač po směru jízdy slouží k odstraňování ledu, zadní slouží k odběru proudu. [35] [36]

Pokud se na elektrizované trati v období tvoření námrazy daří udržovat elektrický provoz, může být metoda průjezdu aplikována. V opačném případě je zapotřebí nasazení vozidel nezávislých na elektrické trakci (diesellové lokomotivy, parciální trolejbusy, autobusy apod.). [3] [32]

### 3.4.3 Chemické ošetření trolejí

Postupná modernizace vozových parků dopravců s sebou nese i jistá rizika. Odporové regulace výkonu u starších vozů byly méně náchylné na námrazu, elektrické prvky moderních vozů však vyhodnocují námrazu jako překážku. Bezpečnostní systém detekuje pokles napětí a vypne přísun energie do vozidla. Proto je mnohdy nemožné zajišťovat provoz (a zároveň tedy i preventivní průjezdy) těmito novými vozy. [37] Chemické ošetření trolejového vedení se proto stává stále více upřednostňovanou preventivní metodou. Na trolej je nanášena nemrznoucí kapalina znesnadňující přilnutí námrazy k troleji. Z toho důvodu je nutné nanášet nemrznoucí kapalinu s dostatečným předstihem, neboť aplikace kapaliny na vzniklou námrazu ztrácí účinnost. Chemicky ošetřená trolej zároveň umožňuje snazší odstranění případně vzniklé námrazy. [21] [29] K aplikaci nemrznoucí látky je zapotřebí mít vhodný aparát v závislosti na dopravním prostředku, který trolejové vedení používá.

V následujících kapitolách si představíme zástupce různých nanášecích systémů a nemrznoucích kapalin.

## Trolejbusová doprava

### a) Aplikační systémy

#### ČARK (Čerpací agregát rozmrazovací kapaliny)

U zařízení ČARK není záměrně uveden výrobce, neboť k jeho sestavení je možné použít vhodné náhradní díly k trolejbusům a jiné, vozovným dopravních podniků volně dostupné komponenty. Proto jeho realizaci zpravidla provádí samotný dopravce. Prvním provozovatelem a zároveň držitelem jakostního osvědčení v ČR je však *Dopravní podnik města České Budějovice, a.s.* [19] [32]

Agregát sestává z páru kontejnerů, po jednom pro každý sběrač. Kontejner, tvořený malým čerpadlem a zásobníkem kapaliny (doporučovaná je *Fridex EKO*), je upevněn na střeše trolejbusu u základny sběrače. Ze zásobníku je kapalina čerpadlem vháněna silonovou hadičkou, připevněnou ke sběrací tyči, do botky sběrače. Uhlíkovým smykadlem je posléze kapalina za jízdy při do rychlosti 30 km/h nanášena na trolej. Smykadlo je zpravidla syceno mědí, případně také drážkováno. [21] [32] Spotřeba kapaliny není u zařízení stanovena. Pro příklad můžeme uvést *Dopravní podnik města Brna*, který spotřebu za rok 2019 stanovil na přibližně 6,5 litrů kapaliny na 1 km trati. [19]

Jelikož botka sběrače slouží zároveň jako přívod energie trolejbusu a jako nanášecí prvek kapaliny, je ČARK určený k montáži na trolejbusy Škoda 14 Tr a Škoda 15 Tr, neboť sběrače těchto vozů jsou méně citlivé na vznikající námrazu. [21] [32]



Obr. 3-9 Vlevo umístění systému ČARK [38], vpravo botka sběrače pro nanášení kapaliny. [39]

ČARK je dominantním aplikačním systémem používaným v Česku i na Slovensku. Mezi jeho uživatele patří kupříkladu dopravní podniky v Brně, Ostravě, Českých Budějovicích, Bratislavě či Prešově. [19] [21] [32]

Společnost *TransLink* v kanadském městě Vancouver používá upravený truck se spalovacím motorem, který je v přední části korby osazen sběrači a uprostřed korby má umístěný objemný zásobník s ředěným glycerolem. Princip nanášení kapaliny je obdobný jako u systému *ČARK*. Botky sběračů jsou zároveň vybaveny měděnými vložkami. [40] Obdobný truck provozuje rovněž agentura *Toronto Transit Commission* v kanadském Torontu. Jejich truck však ošetřuje jedním sběračem tramvajovou síť. [41]



Obr. 3-10 Truck ve Vancouveru [42]

#### CWDS (Contact Wire De-icing System) – výrobce REBS GmbH

Princip zařízení je podobný jako u systému *ČARK*. Zásadním rozdílem však je nanášení nemrznoucí kapaliny (doporučována je *Pantotec DK*) nástřikem tryskou za botkou sběrače. Tím je dosaženo rovnoměrnějšího nanášení kapaliny na větší část povrchu troleje. Stejně jako zařízení *ČARK*, i *CWDS* může být nainstalováno úpravou stávající botky sběrače a není tedy potřeba pořizovat celý sběrač nový. [43]



Obr. 3-11 Pohled z boku a shora na systém CWDS. [43]

Společnost *SVE* v německém městě Esslingen am Neckar provozuje vůz podobný trucku ve Vancouveru, avšak využívá nástřiku látky tryskami jako u systému *CWDS*. Vložky v botce jsou obohaceny mědí. [44] Stejný přístup je praktikován také ve švýcarském Winterthuru. [45]

## b) Aplikační kapaliny

### Glycerol

Známa viskozni organická sloučenina vzniká jako odpadní látka při výrobě řepkového oleje a biopaliv. Jde o ekologicky nezávadnou a levnou látku. Proto se často používá v technických odvětvích jako základní součást hydrofobních a nemrznoucích směsí. Viskozita čistého glycerolu je  $648 \text{ mm}^2/\text{s}$  při  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , teplota tuhnutí  $17,8 \text{ }^\circ\text{C}$ . Vysoké hodnoty viskozity a teploty tuhnutí lze kompenzovat vhodným ředěním s vodou. [46] [47]

### Fridex EKO/Fridex EKO Extra – výrobce Velvana

Jedná se o kapaliny na bázi propylenglykolu, určené zejména jako chladicí kapaliny do chladících systémů. Jsou používány k nanášení zařízením ČARK, a to v neředěném či mírně ředěném stavu. Označení „EKO“ značí ekologickou nezávadnost. Výrobce uvádí v bezpečnostních a technologických listech teplotu tuhnutí  $-60 \text{ }^\circ\text{C}$ , viskozita uvedena není. [48] [49] Viskozita čistého propylenglykolu při teplotě  $21,1 \text{ }^\circ\text{C}$  činí  $52 \text{ mm}^2/\text{s}$ . [47]

### Pantotec DK – výrobce Igralub

Nemrznoucí směs určená pro systémy CWDS, aplikována v ředěném poměru alespoň 1:1 s vodou. Jejím základní složkou je glykol, tudíž je ekologicky nezávadná. Velká adhezivita zaručuje při suchém počasí působení na troleji v řádu několika dní, při dešťových a sněhových srážkách je však nutná opakovaná aplikace. Viskozita je  $50-70 \text{ mm}^2/\text{s}$  při  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ , teplota tuhnutí  $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ . [50]

## Vlaková doprava

### a) Aplikační systémy

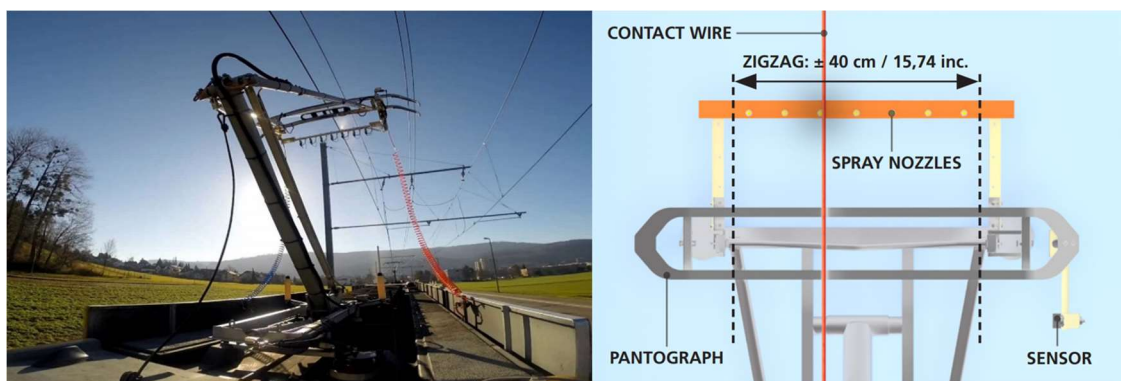
#### ProFil 1500V – výrobce Kummler+Matter

Systém nanášení kapaliny je tvořen řadou sedmi trysek a ultrazvukovým senzorem polohy drátu. Malá hmotnost systému umožňuje jeho instalaci přímo k pantografu vlaku i tramvaje. Na základě vyhodnocení senzoru je aktivována tryska nejbližší aktuální poloze troleje. Případně jsou aktivovány dvě vedlejší trysky v situaci, kdy je drát detekován mezi těmito tryskami. [51] [52]

Výrobce doporučovaná kapalina *ProFil Pro* po nanesení vydrží na troleji 5–7 dní v závislosti na počasí. Rychlost jízdy při nanášení je až  $65 \text{ km/h}$ , rozsah nanášení činí  $80 \text{ cm}$ . Spotřeba kapaliny je  $0,9-1,4 \text{ l/km}$  v závislosti na nastavení nanášení. Zařízení může být připojeno do napájení ve voze nebo může mít vlastní akumulátor (výdrž až 7 hodin provozu). Ovládání zařízení je bezdrátové, informační panel je umístěn v kabině řidiče. [51] [52]



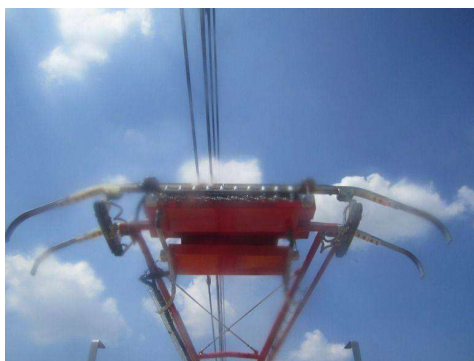
Předchozí řada systému s označením *ProFil 3V* je využívána ve vlakovém (*AVA* Švýcarsko, *Rhätische Bahn* Švýcarsko, *NStCM* Švýcarsko) i městském tramvajovém (Basilej, Rotterdam, Charleroi) provozu. [52] Aplikační systémy byly vyvíjeny z patentu DE102014111120A1. [53]



Obr. 3-12 Vlevo systém *ProFil 1500V* v provozu [52], vpravo schéma jeho trysek a senzorů. [51]

### MCL 300 – výrobce SVI SpA

Metoda nanášení se podobá systémům *CWDS* či *ProFil 1500V*. Senzory kontrolují polohu drátu a aktivují příslušné trysky, které nanáší kapalinu na trolej. Bližší informace výrobce neuvádí. [54]



Obr. 3-13 Systém *MCL 300*. [55]

### FroSTOP – výrobce Dipsa Technes

Hydraulické rameno, umístěné na samostatném vozíku nebo plošině drážního servisního vozu, nanáší kapalinu tryskou umístěnou na samostředící hlavě. Přesné směřování trysky k troleji je zajištěno třemi vodicími válci, které se odvalují po troleji, a dvěma kamerami sledujícími polohu troleje. Válce mohou být také speciálně rýhované, aby plnili funkci drtiče vznikající námrazy. Rychlost vozidla při nanášení je přibližně 30 km/h. [56]

K nanášení nemrznoucí směsi systémem *FroSTOP* je požadována speciální látka. Musí se skládat ze dvou základních prvků: nosné kapaliny a polarizovaných teflonových mikrokuliček. Při nástřiku se využívá elektrostatického efektu, který při nanesení látky způsobí vypaření nosné kapaliny. Díky tomu na troleji rovnoměrně ulpí částice teflonu, který je hydrofobní a zároveň dobře elektricky vodivý. Nástřik vydrží na troleji 30 až 60 dní. [56]



Obr. 3-14 Vlevo celý systém *FroSTOP* [56], vpravo jeho nanášecí hlava. [57]

#### IceGuard – výrobce Strukton

V současné době široce testovaný systém, tvarem i principem nanášení velmi podobný systému *FroSTOP*. Nanášení probíhá elektrostatickým sprejováním s využitím ionizace. Tím je zaručena správná adheze speciální kapaliny (doporučená je *Interflon Lube EPR*) po dobu až 45 dní. Vodicí válce jsou oproti systému *FroSTOP* nahrazeny lištou, která obsahuje laserový senzor. Senzor jednak snímá horizontální polohu troleje a tím směřuje trysku přímo k drátu, ale snímá také vertikální polohu troleje a tím si od ní udržuje stabilní odstup, aby nedocházelo ke kontaktu mezi snímačem a trolejí. Nanášení může probíhat na jeden i dva dráty. *IceGuard* také disponuje ochranou bočního větru a vzduchovou čepelí, která dokáže odstranit vodu z troleje. Rychlost vozu při nanášení je až 50 km/h. [58] [59]

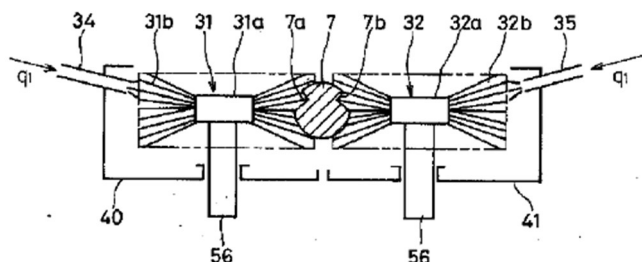
Systém *IceGuard* používají v testovacím provozu vlakové (*De Lijn* Belgie, *Infrabel* Belgie, *SNCF* Francie) i městské tramvajové (Dijon, Besançon, Haag) společnosti. V režimu testování je systém umístěn na střeše přepravního kontejneru. [58]



Obr. 3-15 Vlevo celý systém *IceGuard*, vpravo jeho nanášecí hlava. [59]

## Patent JPH07891A

Předmětem patentu je návrh nanášení nemrznoucí kapaliny dvěma proti sobě rotujícími štětci, mezi něž je vodicím válečkem vedena trolej. Celé zařízení je umístěno na samostatném železničním vozíku, aplikační štětce jsou okrytovány. Jeden štětec je motorem otáčen po směru, druhý proti směru hodinových ručiček. Trysky vstříkují nemrznoucí kapalinu na štětiny štětců a ty je posléze nanáší na trolej. Přebytečná kapalina je z drátu stírána zpět do zásobníku kapaliny a lze ji opětovně použít. [60]



Obr. 3-16 Nákres patentu JPH07891A. [60]

### b) Aplikační kapaliny

ProFil Pro – výrobce Strub Swiss Tribology

Látka s velkou přilnavostí na bázi propylenglykolu, obsahující účinné kovové i nekovové inhibitory. Používá se pro systémem *ProFil 1500V*. Při nanášení tryskami musí být naředěna demineralizovanou vodou alespoň v poměru 1:1, doporučené ředění je však v poměru 40 % *ProFil*, 60 % voda. Viskozita látky je 50–70 mm<sup>2</sup>/s při teplotě 40 °C, teplota tuhnutí přibližně -23 °C. [61] [62]

Interflon Lube EPR – výrobce Strukton

Suché mazivo obsahující směs olejů, částice teflonu a dalších aditiv, využívá technologie *MicPol®* (Mikronizace a Polarizace). Pevné kluzné částice jsou mikronizovány (tj. zmenšeny) na velikost 0,05–15 mikronů, díky čemuž mohou penetrovat i do mikro spár a vytvořit souvislou vrstvu. Polarizací jsou částice nabity záporným potenciálem. Po dosednutí maziva na povrch s kladným potenciálem dojde ke spojení a vytvoření homogenního kluzného filmu, který i při vysokém zatížení a plní svoji funkčnost až po dobu 3 měsíců. [63] Mazivo je doporučováno pro nanášení systémem *IceGuard*. Vlastnosti maziva dovolují rychlost nanášení až 80 km/h. Mazivo je až 95% biologicky odbouratelné. [64] Uváděná viskozita činí 21 mm<sup>2</sup>/s při teplotě 40 °C, teplota tuhnutí je -45 °C. [65]

*Správa železnic ČR* prověřovala v prosinci 2018 možnosti použití ošetření trolejového vodiče tímto produktem, který byl nátěrem štětce nanášen na trolej (v době ověřování nebyla zajištěna technologie nástřiku). Po ukončení ověřování nebylo přijato rozhodnutí o jeho plošném využití. [3]

## Tramvajová doprava

Značnou část systémů určených pro aplikaci ve vlakové dopravě je možné použít i v dopravě tramvajové. V této kapitole si proto uvedeme systémy, které jsou určené spíše pro použití v tramvajovém provozu.

### a) Aplikační systémy

NIS (Non-Icing System) – výrobce Stemmann-Technik

*NIS* je tvořen speciálním polopantografem s otočným plstěným válcem (místo sběracích ližin), instalovaným na střechu tramvajového vozu. *NIS* totiž není určen k přenosu elektrické energie z troleje do vozidla, nýbrž pouze k ošetření troleje glycerolem, který je vhodné naředěn (*Dopravní podnik hlavního města Prahy* používá ředění s vodou v poměru 5:1). [66] Tramvajový vůz je tedy vybaven dvěma pantografy: sběračem elektrické energie, za nímž se po směru jízdy nachází tento polopantograf. Nádoba s kapalinou a celé technické zázemí se nachází uvnitř tramvaje. Během jízdy, při rychlosti okolo 40 km/h, je válec přitlačován k troleji, čímž dochází k jeho odvalování. Válec je do svého středu zespod pod tlakem saturován glycerolem, který posléze svojí horní částí nanáší na trolej. Vzhledem ke členitosti a „klikatosti“ trolejového vedení může válec nanášet kapalinu po celé své šíři. V závislosti na povětrnostních podmínkách zůstane trolej ošetřena po dobu přibližně tří dnů. Spotřeba kapaliny je přibližně uváděna jako 1 litr glycerolu na 5 km. Systém rovněž umožňuje zachycování přebytečného nemrznoucího prostředku. Doporučuje se, aby byl přední sběrač osazen lištou s měděnou či bronzovou náběhovou hranou, která před nanesením kapaliny odstraní z troleje případnou vznikající námrazu a umožní efektivnější aplikaci glycerolu zadním polopantografem *NIS*. [19] [67] [68] Zařízení vychází z patentu DE202004008632U1. [69]

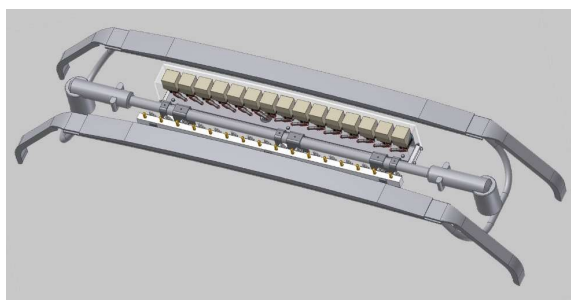
Systém *NIS* je provozován dopravními podniky v Praze, Brně, Budapešti, Stockholmu, Helsinkách, Frankfurtu, Mnichově a dalších. [19] [68]



Obr. 3-17 Systém *NIS*. [68] [70]

## CWDS (Contact Wire De-icing System) – výrobce REBS GmbH

Podobně jako u systému *CWDS* pro trolejbusy, i zde se jedná o nanášení nemrznoucí látky pomocí trysek. V pouzdře ve sběrači mezi ližinami se nachází 16 trysek a 15 senzorů (vždy jeden senzor v mezeře před dvěma tryskami), které snímají polohu troleje. Pokud senzor vyhodnotí, že se nad ním nachází trolej, spustí se trysky vedle senzoru, které na trolej nasprejují nemrznoucí látku. Trysky jsou konstruovány tak, aby z nich vycházela nemrznoucí kapalina ve stavu jemných rozptýlených kapiček. Tím je zajištěna rovnoměrná přesná aplikace, minimalizována spotřeba kapaliny a kontaminace okolí. Výrobce doporučovanou kapalinou je *Pantotec DK*. [43] Systém je používán například dopravním podnikem v německé Chotěbuzi. [71] Zařízení vychází z patentu DE102011054610A1. [72]

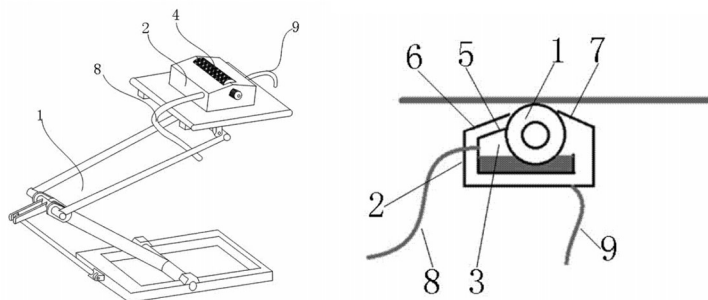


Obr. 3-18 Systém *CWDS*. [73]

## Patent CN103447192B

Předmětem návrhu patentu je systém podobný *NIS*. Štětečky z hygroskopického vlákna jsou umístěny na válci v kontejneru s nemrznoucí kapalinou. Spodek válce je namáčen do kapaliny, horní část válce nanáší kapalinu na trolej. Kontejner je umístěn ve větším kontejneru, který slouží jako sběrná nádoba pro přebytečnou stékající a odstříkující kapalinu. Představeny jsou 2 varianty: aktivní (válec je otáčen motorem), nebo pasivní (válec je odvalován drátem).

Štětce dovolují vyšší rychlost nanášení (až 60 km/h) než *NIS* a jsou lépe absorbční, což zvyšuje efektivitu nanášení. Dále má být lépe řešeno zachycování a zadržování přebytečné kapaliny, neboť celá hlava je náklonná a osazena stíracími teflonovými deskami, které z troleje sbírají přebytečnou látku a zároveň lépe zachycují stříkající kapalinu z válce. [74]



Obr. 3-19 Nákresy patentu CN103447192B – vlevo celá konstrukce, vpravo nanášecí hlava. [74]

## b) Aplikační kapaliny

Glycerol

Látka popsána v části *Glycerol* kapitoly Chemické ošetření trolejí.

Pantotec DK – výrobce Igralub

Látka popsána v části *Pantotec DK* – výrobce Igralub kapitoly Chemické ošetření trolejí.

## 3.5 Způsoby odstranění námrazy

Ve chvíli, kdy již námraza vznikla a není možné provádět ošetření troleje nástřikem, je nutné tuto námrazu odstranit. V následující části si popíšeme některé možné způsoby odstranění.

### 3.5.1 Mechanicky

Průjezdy tratí

Pokud je námraza slabá, lze ji odstranit průběžným projížděním tratí trakčními vozidly méně citlivými na námrazu, vybavenými sběrači s bronzovými nebo měděnými náběhovými hranami (viz kapitola 3.4.2). Ovšem při vzniku silnější námrazy je již trakční pohon nefunkční. Jedinou možností je nasadit vozy nezávislé na elektrické trakci (dieselové lokomotivy vybavené sběrači, parciální trolejbusy apod.), které pomocí sběračů provedou odstranění námrazy. [3] [32]

Ruční odstranění

Technologicky nejjednodušším, ale zároveň časově, ekonomicky a fyzicky velmi náročným způsobem je odstranění námrazy ručně za pomoci otloukání (tyčí, kladivem) či odstranění pilníkem, přičemž je nutné pracovat při vypnutém trolejovém napětí. Práce probíhají zpravidla z trolejových věží nebo údržbových vozů. Další značnou nevýhodou může být poškození trolejového vedení nešetrným odstraňováním. [3] [30] [66] [75]

Strojní mechanické odstranění

Méně častým způsobem odstranění námrazy bývá využití různých mechanismů či strojů, které jsou nasazeny na trolej. Postupným pojížděním odstraňují námrazu pomocí různorodých hydraulických kleští, nožů, rotujících prutů apod. Návrh takového zařízení je předmětem patentu CN201204425Y. [76]

## Odstranění vibracemi

Zejména v Rusku častěji praktikovaným způsobem je použití speciálního pneumatického vibračního pantografu, který odstraňuje námrazu vibracemi ocelových ližin. Jeho použití je levné a ekonomické, může být umístěn na vozech nezávislé trakce při pracovní rychlosti do 80 km/h. Nevýhodou je možnost poškození troleje a její rozkmit s rizikem zborcení celého úseku vedení. [77] Toto zařízení bylo v minulosti používáno Správou železnic ČR. [3]



Obr. 3-20 Vibrační pantograf. [78]

### 3.5.2 Tepelně

Jak bylo popsáno v kapitole 3.4.1, trolej může být zahřata například vnějším ohřívačem nebo zvýšením průtokového jmenovitého proudu. Pro odstranění již vzniklé silnější námrazy vnitřním ohřevem je nutno přistoupit ke zdatelně většímu zvýšení proudu, což může mít za následek vznik velmi vysoké teploty a tím způsobit poškození troleje žháním. Na delších úsecích tratě je tento přístup velice ekonomicky i časově náročný. V případě vzniku silné námrazy může být přistoupeno k ohřevu letovací lampou nebo podobným zařízením. [12]

### 3.5.3 Piezoelektricky

Adhezivní síly na rozhraní ledu a troleje jsou málo odolné vůči napětí ve smyku. Toho využívá metoda použití ultrasonického senzoru, který za principu piezoelektrického jevu vyvolá smykové napětí takové, jež překoná adhezivní sílu ledu. Tím je narušena struktura ledu, načež led praskne a vlivem gravitace se od troleje oddělí. [13] [79]

## 4 DISKUZE

Problematika vzniku námrazy na trolejovém vedení prošla značným vývojem a ubírala se různými směry. Základním předpokladem pro účinný boj s námrazou je schopnost určit podmínky, za kterých námraza vzniká. Dále je potřeba umět poznat různé druhy námraz a jejich vlastnosti. Je také nutné určit závažnost jejich vlivů a důsledků. Důležitým prvkem prevence je tedy kvalitní vyhodnocení aktuální meteorologické situace. V trolejové dopravě námraza způsobuje přerušování přísunu elektrické energie. Vrstva ledu totiž působí jako izolant. Případně dochází k nedokonalému kontaktu mezi sběračem a trolejí, který zapříčiní vznik elektrického oblouku a poškození sběrače i trolejového vedení. [26]

Tato práce měla za úkol popsat a analyzovat systémy, které preventivně předcházejí vzniku námrazy na trolejích, zejména pak systémy chemických postřiků. Postřikové systémy však nejsou jediným možným přístupem, jak v této oblasti námraze předcházet. Jestliže se jedná o krátké trolejové tratě nebo je potřeba ošetřit jen velmi krátké rizikové úseky, může dopravce přistoupit k ohřevu trakčního vedení pořízením vnějšího ohřevu nebo zvýšením průchozího proudu trolejí. Pro rozsáhlejší trolejové sítě je však druhý zmíněný přístup neekonomický a technologicky náročný. Jeho použití při silné námraze může být nebezpečné. Velmi často přistupují dopravci k preventivním průjezdům trolejovými vozidly, čímž je účinně odstraňována vznikající nebo vzniklá slabá námraza. Jedná se o značně ekonomické řešení, neboť stačí vybavit vozy určené k průjezdu speciálními sběrači s měděnými či bronzovými hranami. Tvrzené hrany odstraní seškrábnutím námrazu z troleje a tím umožní průjezd ostatním vozům. [3] [20] [30] [31]

Účinnou preventivní metodou je ošetření trolejí látkami proti námraze. K tomu jsou určeny různé aplikační systémy. Používané látky jsou zpravidla hydrofobní, tudíž odpuzují vodu, a tím zabraňují jejímu namrznutí na troleji. Látky však musí být aplikovány v dostatečném předstihu před vznikem námrazy. V případě, že ke tvorbě námrazy na takto ošetřené troleji přeci jen dojde, je její následné odstranění mnohem snazší. [21] [66] V této práci bylo popsáno několik druhů aplikačních systémů. Množství komerčně nabízených systémů a kapalin proti vzniku námrazy však není příliš velké. Mezi nejméně efektivní a technologicky již poněkud zastaralé systémy můžeme zařadit ty, které kapalinu nanášejí mechanickým kontaktem (ČARK, NIS, předměty patentů JPH07891A a CN103447192B). Přestože svoji úlohu plní a jsou stále používány v našem provozu, jsou omezeny rychlostí jízdy při nanášení. U systému NIS například nemusí být dle dopravců nanášení glycerolu na trolej rovnoměrné (navzdory podkladům od výrobce), neboť válec je saturován pouze do svého středu. *Dopravní podnik hl. m. Prahy* uvádí jako jiné nevýhody poměrně složitou obsluhu systému NIS s ohledem na správný přítlak nanášecího válce na trolej. Vlivem odstředivých sil válce při rychlejší jízdě znečišťuje glycerol okna a karoserii nanášecího vozu. Komplikací je rovněž změna hustoty glycerinu při velmi nízkých teplotách. [66] Dalším negativem je nutnost pořízení celého pantografu.



Objemné technické zázemí (nádrž s kapalinou, kompresor) je nutné umístit do vnitřního prostoru tramvaje, čímž se vůz stává částečně nevhodným pro přepravu osob. [68] Nevýhodou systému ČARK oproti systému CWDS je nanášení kapaliny pouze na nejspodnější část troleje. Z důvodu nízké adhezivní kapalinou Fridex EKO může i jeden průjezd běžného trolejbusu nanesenou vrstvou výrazně oslabit. Proto je systém používán zejména před ranním výjezdem vozů tak, aby na neošetřených kritických místech neuvázly první spoje. [19] Značný benefit přináší systémy s aplikací kapaliny pomocí trysek umístěných na sběrači. Jejich zástupci jsou *ProFil 1500V*, *CWDS* či *MCL 300*. Nástřik tryskami zabezpečuje rovnoměrné nanášení kapaliny na trolej. Spouštění příslušných trysek pomocí senzorů polohy trolejového drátu napomáhá minimalizovat spotřebu kapaliny. Určité riziko může představovat znečištění či zakrytí senzorů ledem nebo sněhem. Tím by byla účinnost senzorů snížena nebo by se staly senzory zcela nefunkčními. Látky používané těmito systémy, a sice *ProFil Pro* a *Pantotec DK*, jsou oproti glycerolu a *Fridexu EKO* přímo určené k nanášení na trolejové vedení. Jejich aplikační vlastnosti jsou proto mnohem lepší. Výrobci obou látek zaručují velkou přilnavost, uvádí stejnou viskozitu 50–70 mm<sup>2</sup>/s a tuhnutí kapaliny nejdříve při –23 °C. Délka působení obou látek je pak v řádu několika dní v závislosti na počasí. [43] [61] Nejdéle trvajícím působením látky proti námraze se uvádí u systémů *FroSTOP* a *IceGuard*. Ty využívají principu ionizace při elektrostatickém sprejování speciálního maziva (*Interflon Lube EPR*). Oba systémy fungují na podobném principu, u systému *IceGuard* jsou však vodící válce pro trolej nahrazeny lištou s laserovým senzorem polohy troleje. [56] [58] Zásadní výhodou maziva *Interflon Lube EPR* je jeho dlouhé působení na troleji (až 3 měsíce), vysoká odolnost vůči zatížení, dobré kluzné vlastnosti a také elektrická vodivost díky přítomnosti teflonu. [65] Ochrana před bočním větrem a vzduchové čepele odstraňující vodu z troleje přidávají systému *IceGuard* velký potenciál, byť je stále v testovacím provozu. Nevýhodou celého systému může být nutnost zakoupit celé zařízení včetně hydraulického ramena.

Z výsledků této práce lze vyvodit řadu poznatků, které mohou být přínosné pro dopravce potýkající se s námrazou. Pro vhodnou volbu způsobu prevence proti vzniku námrazy na trolejovém vedení je důležité zvážit řadu okolností: úroveň kvality meteorologické předpovědi vzniku námrazy a míry její nebezpečnosti, délku trolejové trati, množství projíždějících trolejových vozů a jejich časové rozestupy, výši nákladů pro pořízení a provoz daného systému, jeho návratnost a další. Mnozí dopravci v Česku uvádí, že systémy chemického ošetření trolejí nedisponují a provozují proto metody preventivních průjezdů nebo vnitřního ohřevu troleje. [3] [20] [30] [31] Po většinu roku je tento přístup dostačující, avšak v dobách námrazových kalamit posledních vedl k dopravním kolapsům. Současný trh proto nabízí různé aplikační systémy a kapaliny proti námraze. Disponují různými benefity i slabiny, které byly v této práci analyzovány na základě dostupných informací. Dopravci mají možnost výběru s ohledem na rychlost jízdy při aplikaci, spotřebu kapaliny, délky její

účinnosti na troleji, možnost instalovat systém na běžně používaný vůz nebo nutnost pořízení servisního vozu, cenu konkrétního systému a k němu doporučené protinámrazové kapaliny (tento aspekt nebyl v práci zmapován z důvodu nedostupnosti dat od výrobců). Rozšíření vývoje a nabídky komodit v této technologické oblasti by mohlo přinést dostupnější a kvalitnější ochranu proti vzniku námrazy pro většinu dopravců.

## 5 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zmapovat na základě dostupných podkladů problematiku vzniku námrazy na trakčních vedeních. Hlavním zájmem bylo popsat a analyzovat systémy nanášející kapaliny proti vzniku námrazy na trolejová vedení. Po dokončení výčtu zjištěných a popsaných preventivních postupů a systémů bylo v diskuzní přikročeno k jejich zhodnocení. Pro něj byly zvoleny různé kontexty a úhly pohledů. Na výstup této práce může navázat další výzkum v oblasti chemického ošetření trolejových vedení. Přínosným námětem by mohlo být kupříkladu zkoumání využití kapalin a systémů, které jsou používány k ošetřování lopatek turbín, letadlových ploch, kolejnic, výhybek či podvozků vlaků. [80] [81] Aplikovaná kapalina by mohla fungovat (podobně jako ve zmíněných oblastech) jako preventivní ochrana proti vzniku námrazy na trolejovém vedení i jako případná rozmrazovací látka zároveň. Tím by trolejové aplikační systémy a kapaliny získaly další možnost praktického využití v provozu. Dle veřejně dostupných podkladů není tento přístup v praxi na sofistikovanější úrovni používán, co se trolejových vedení týče. Z toho důvodu by jeho výzkum mohl poskytnout přínosné závěry.

## 6 BIBLIOGRAFIE

- [1] *Hyde Park Speciál. TV, ČT24* [online]. In: . [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.ceskatelevize.cz/porady/10252839638-hyde-park-ct24/214411058081202-hyde-park/>
- [2] HEYUN, Liu, Gu XIAOSONG a Tang WENBIN, Xavier PERPINYA, ed. *Icing and Anti-Icing of Railway Contact Wires, Reliability and Safety in Railway* [online]. InTech, 2012 [cit. 2020-06-24]. DOI: 10.5772/2660. ISBN 978-953-51-0451-3. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/books/reliability-and-safety-in-railway/icing-and-anti-icing-of-railway-contact-wires>
- [3] SPRÁVA ŽELEZNIC, státní. *Dotazník k bakalářské práci* [E-mailová komunikace].
- [4] *SIVS - kód IV. Námrazové jevy: Námraza* [online]. In: . [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/om/vystrahy/napoveda/namrazy.html>
- [5] *15 let ČT24: Ledovka 2014. TV, ČT 24* [online]. In: . [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/specially/15-let-ct24/3086252-15-let-ct24-ledovka-2014>
- [6] Tramvaj T3 na mazání trolejí, Brno. In: *Zdopravy.cz* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/wp-content/uploads/2018/11/mazaci1.jpg>
- [7] Trolejbus 30TR. In: *Skoda.cz* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/photo-pg-435-1200-.jpg>
- [8] Elektrická trakce. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%A1\\_trakce](https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%A1_trakce)
- [9] Trolejové vedení. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Trolejov%C3%A9\\_veden%C3%AD](https://cs.wikipedia.org/wiki/Trolejov%C3%A9_veden%C3%AD)
- [10] *Konstrukce trolejbusového vedení* [online]. In: . [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <http://www.trolejbus.cz/kniha5.htm>

- [11] *Power supply technologies and practices of low and high-density railways, identifying learning points and future opportunities*. University of Sheffield, 2015, 190 s. Dostupné z: [http://netirail.eu/IMG/pdf/netirail-wp3-d3\\_1-pu-v1\\_0-final\\_public.pdf](http://netirail.eu/IMG/pdf/netirail-wp3-d3_1-pu-v1_0-final_public.pdf)
- [12] KIESSLING, Friedrich, Rainer PUSCHMANN, Axel SCHMIEDER a Egon SCHNEIDER. *Contact Lines for Electric Railways: Planning, Design, Implementation, Maintenance*. 3rd Edition. Wiley-VCH, 2018, 994 s. ISBN 978-3-895-78961-8.
- [13] SOLANGI, Ali. *Icing Effects on Power Lines and Anti-icing and De-icing Methods*. Tromsø, 2018. Dostupné z: <https://munin.uit.no/bitstream/handle/10037/14198/thesis.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Master's thesis. University of Tromsø - The Arctic University of Norway. Vedoucí práce Fuqing Yuan.
- [14] Glaze ice. In: *Educalingo.com* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://static.educalingo.com/img/en/800/glaze-ice.jpg>
- [15] Rime ice. In: *DTN.com* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: [https://www.dtn.com/wp-content/uploads/2019/03/rime\\_frost\\_close.jpg](https://www.dtn.com/wp-content/uploads/2019/03/rime_frost_close.jpg)
- [16] Soft rime. In: *Earth.com* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://cff2.earth.com/uploads/2018/11/24123426/Soft%2BRime-617x410.jpg>
- [17] *Nejdražší recept proti ledovkové kalamitě: vyhřívaná trolej* [online]. In: . [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/technet/technika/jak-se-odstranjuje-namraza-na-trolejich.A141202\\_151332\\_tec\\_technika\\_mla](https://www.idnes.cz/technet/technika/jak-se-odstranjuje-namraza-na-trolejich.A141202_151332_tec_technika_mla)
- [18] MÁLEK, Jan, Radovan GALAS, Milan OMASTA, Martin HARTL, Pavel ROSENDORF a Michal VAŠÍČEK. *Experimentální zařízení pro studium námrazových jevů trolejových vedení*. Ústav konstruování FSI VUT v Brně, 2020.. Výzkumný projekt.
- [19] DOPRAVNÍ PODNIK MĚSTA BRNA, A.S. *Dotazník k bakalářské práci* [E-mailová komunikace].
- [20] ŽELEZNICE SLOVENSKEJ REPUBLIKY. *Dotazník k bakalářské práci* [E-mailová komunikace].

- [21] *Zpravodaj dopravního podniku Ostrava: Čerpací agregát rozmrazovací kapaliny ČARK 01*. Ostrava, 2018, . Dostupné z:  
[https://www.dpo.cz/soubory/aktuality/zpravodaj/pdf/2018\\_06.pdf](https://www.dpo.cz/soubory/aktuality/zpravodaj/pdf/2018_06.pdf)
- [22] *COST-727, Atmospheric Icing on Structures: 2006, Measurements and data collection on icing: State of the Art*. Publication of MeteoSwiss, , 110 s. ISSN 1422-1381. Dostupné z:  
[https://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/meetings/Surface/ET-STMT-2/COST-727-report\\_MCH-V75.pdf](https://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/meetings/Surface/ET-STMT-2/COST-727-report_MCH-V75.pdf)
- [23] Měření námrazy – stend Studnice. *Egubarno.cz* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.egubarno.cz/profil-spolecnosti/stend-studnice/>
- [24] DAVIS, Brian. VAISALA. *Advanced Rail Weather Information: Weather Monitoring and Prediction for the Rail Sector*. Vaisala News, 2005. Dostupné z:  
[https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/VN168\\_Weather\\_Monitoring\\_and\\_Prediction\\_for\\_the\\_Rail\\_Sector.pdf](https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/VN168_Weather_Monitoring_and_Prediction_for_the_Rail_Sector.pdf)
- [25] Ice Detection System-20. In: *Sommer.at* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z:  
[https://www.sommer.at/media/k2/galleries/331/20161130\\_162948\\_1.jpg](https://www.sommer.at/media/k2/galleries/331/20161130_162948_1.jpg)
- [26] ER, Ümit a Fatih ÇAKIR. Urban Light Rail Transportation Systems Catenary Line Anti-Icing Applications, Laboratory and Field Tests. *Anadolu University Journal of Science and Technology-A Applied Sciences and Engineering* [online]. 2018, **19**(2), 433-442 [cit. 2020-06-25]. DOI: 10.18038/aubtda.385262. ISSN 1302-3160. Dostupné z: <http://dergipark.gov.tr/doi/10.18038/aubtda.385262>
- [27] *Horská trať testuje odmrazování trolejí. Může odolat ledové kalamitě* [online]. In: . [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/olomouc/zpravy/odmrazovani-troleji-zeleznice-desna-drazni-urad-szdc-kalamita-led.A180327\\_391991\\_olomouc-zpravy\\_mip](https://www.idnes.cz/olomouc/zpravy/odmrazovani-troleji-zeleznice-desna-drazni-urad-szdc-kalamita-led.A180327_391991_olomouc-zpravy_mip)
- [28] SAN ELECTRO HEAT. *Overhead Wire De-Icing: Permanent Heating De-Ice Solution*. Dostupné z:  
[https://www.niberailsolutions.com/download/18.26c7ebf916c0dfa61c666ce/1564669263751/catenary%20BLUE\\_WIRE\\_2019-04.pdf](https://www.niberailsolutions.com/download/18.26c7ebf916c0dfa61c666ce/1564669263751/catenary%20BLUE_WIRE_2019-04.pdf)
- [29] Námraze předejde emulze ze speciální tramvaje. *Vlcoun.cz* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <http://www.vlcoun.cz/index.php/odjinud/jihomoravsky-kraj/4245-namraze-predejde-emulze-ze-specialni-tramvaje>

- [30] PLZEŇSKÉ MĚSTSKÉ DOPRAVNÍ PODNIKY. *Dotazník k bakalářské práci* [E-mailová komunikace].
- [31] DOPRAVNÍ SPOLEČNOST ZLÍN-OTROKOVICE, S.R.O. *Dotazník k bakalářské práci* [E-mailová komunikace].
- [32] DOPRAVNÍ PODNIK MĚSTA ČESKÉ BUDĚJOVICE. *Dotazník k bakalářské práci* [E-mailová komunikace].
- [33] Detail srážecí lišty na tramvajovém sběrači. In: *Busportal.cz* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: [http://www.busportal.cz/images/stories/2015/13009\\_b3.jpg](http://www.busportal.cz/images/stories/2015/13009_b3.jpg)
- [34] Smykadlo sycené – drážkované (zimní). In: *Esko-Praha.cz* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.esko-praha.cz/wp-content/uploads/0070.113.51.jpg>
- [35] Sběrače, odpojovače, uzemňovače: Kdy se používá který sběrač. *Atlaslokomotiv.net* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <http://www.atlaslokomotiv.net/page-sberace.html>
- [36] *Železničný semafor*. Železnice Slovenskej republiky, 2013, , 19 s. Dostupné z: [https://www.zsr.sk/files/zsemafor/2013/zsemafor02\\_2013.pdf](https://www.zsr.sk/files/zsemafor/2013/zsemafor02_2013.pdf)
- [37] Univerzita vyvíjí patent proti námraze. *Liberecky.Denik.cz* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: [https://liberecky.denik.cz/zpravy\\_region/univerzita-vyviiji-patent-proti-namraze-20170203.html](https://liberecky.denik.cz/zpravy_region/univerzita-vyviiji-patent-proti-namraze-20170203.html)
- [38] Rozmrazovacie zariadenie troleja na #8144. In: *Imhd.sk* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://imhd.sk/ba/media/gn/00054044/Rozmrazovacie-zariadenie-troleja-na-8144.jpg?2749127253>
- [39] Detail smyku trolejbusové botky s otvorem pro nanášení nemrznoucí směsi. In: *BusPortal.cz* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: [http://www.busportal.cz/images/stories/2015/13009\\_b2.jpg](http://www.busportal.cz/images/stories/2015/13009_b2.jpg)
- [40] *TransLink has a plan for next round of snow, slush and ice* [online]. In: . [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.cbc.ca/news/canada/british-columbia/translink-has-a-plan-for-next-round-of-snow-slush-and-ice-1.3886415>
- [41] TORONTO TRANSIT COMMISSION. *Streetcar Infrastructure Maintenance Overhead Wiring Anti-ice Fluid Application*. 12. 2. 2019. [cit. 25.06.2020]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=la6eGfMu9Rk>

- [42] Trolley Wire De-icing Truck. In: *CBC.ca* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: [https://i.cbc.ca/1.3886495.1481157605!/fileImage/httpImage/image.JPG\\_gen/derivatives/original\\_1180/trolley-truck.JPG](https://i.cbc.ca/1.3886495.1481157605!/fileImage/httpImage/image.JPG_gen/derivatives/original_1180/trolley-truck.JPG)
- [43] IGRALUB AG. *Contact Wire De-Icing*. Dostupné z: [https://igralub.ch/wp-content/uploads/2018/12/Fahrdrahtenteisung\\_en.pdf](https://igralub.ch/wp-content/uploads/2018/12/Fahrdrahtenteisung_en.pdf)
- [44] Die Fahrleitungsenteisung. *Obus-es.de* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <http://www.obus-es.de/Fahrleitungsenteisung.htm>
- [45] Winterthurer Busleitungen vor dem Eis schützen. *Zueriost.ch* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://zueriost.ch/bezirk-winterthur/winterthur/winterthurer-busleitungen-vor-dem-eis-schuetzen/1010777>
- [46] ACE TRADE. Co je glycerin?. *Glycerin.cz* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <http://www.glycerin.cz/>
- [47] ENGINEERING TOOLBOX, . *Liquids - Kinematic Viscosities* [online]. In: . 2003 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: [https://www.engineeringtoolbox.com/kinematic-viscosity-d\\_397.html](https://www.engineeringtoolbox.com/kinematic-viscosity-d_397.html)
- [48] *Technický list: Fridex EKO*. 8. 2010. Dostupné z: <https://www.omacz.cz/cs/produkty/800-velvana-fridex-eko>
- [49] *Bezpečnostní list: Fridex EKO Extra*. 3. 2017. Dostupné z: <https://www.omacz.cz/cs/produkty/806-velvana-fridex-eko-extra>
- [50] *Technický list: Pantotec DK*. 2015. Dostupné z: <https://www.sklenar-tribotechnika.cz/userfiles/files/Technick%C3%BD-list-Pantotec-DK.pdf>
- [51] KUMMLER+MATTER. *PROFIL 1500V: Contact Wire De-Icing System*. 2019. Dostupné z: [https://www.kuma.ch/resources/public/lava3/media/flyer\\_profil-1500v\\_en\\_y00-098-001\\_20190726.pdf](https://www.kuma.ch/resources/public/lava3/media/flyer_profil-1500v_en_y00-098-001_20190726.pdf)
- [52] KUMMLER+MATTER. *De-Icing Technology PROFIL 1500V: Specifications*. 2019. Dostupné z: [https://www.kuma.ch/resources/public/lava3/media/prasentation\\_profil-1500v\\_en\\_v1\\_0\\_20190726.pdf](https://www.kuma.ch/resources/public/lava3/media/prasentation_profil-1500v_en_v1_0_20190726.pdf)
- [53] *Device for applying a deicing agent to a catenary and use of such a device*. Německo. DE102014111120A1. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/DE102014111120A1/en>



- [54] SVI SPA. *PRODUCTS CATALOGUE* [Produktový katalog]. 40 s. Dostupné z: [http://www.svi-spa.com/Products\\_catalogue.asp](http://www.svi-spa.com/Products_catalogue.asp)
- [55] Systém MCL 300. *SVI-SpA.com* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <http://www.svi-spa.com/Foto.asp>
- [56] DIPSA TECHNES. *FroSTOP sistema antigelo guidacavo di prevenzione della formazione di ghiaccio sui conduttori della linea di contatto*. 6 s. Dostupné z: <https://www.dipsatechnes.com/wp-content/uploads/2015/11/FroSTOP-depliant.pdf>
- [57] DIPSA TECHNES S.R.L. *Frostop - Dispositivo Antigelo Brevettato da DIPSA TECHNES*. 30. 11. 2015. [cit. 25.06.2020]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=pzgMmmyFVMc>
- [58] SRCC. IceGuard. *Srcc.net.cn* [online]. 2020 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: [http://srcc.net.cn/SRCC\\_English/iceguard/](http://srcc.net.cn/SRCC_English/iceguard/)
- [59] STRUKTON. *Strukton Iceguard rijmtrein*. 2020 [cit. 25.06.2020]. Dostupné z: <https://vimeo.com/389973332>
- [60] AIZAWA, Kensuke, Sadashige NEZU, Seiichi TAKAHASHI a Hiroshi TSUKAGOSHI. *Coating apparatus for trolley wire*. Japonsko. JPH07891A. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/JPH07891A/en>
- [61] STRUB SWISS TRIBOLOGY. *Profil Pro: Spezialfrostschutz für Fahrdrähtenteisung* [Technický list]. 2015 [cit. 25.06.2020].
- [62] KUMLER+MATTER. DE-ICING AGENT PROFIL PRO MIXTURE. *Kuma.ch* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.kuma.ch/en/catalog/e4267-01-de-1>
- [63] INTERFLON CZECH S.R.O. MicPol® technologie. *Interflon.com* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://interflon.com/cz/micpol-technologie>
- [64] INTERFLON CZECH, S.R.O. *Dotazník k bakalářské práci* [E-mailová komunikace].
- [65] INTERFLON. *Interflon Lube EPR* [Technický list]. 2019 [cit. 25.06.2020]. Dostupné z: [https://interflon.com/assets/TDS/TDS-Interflon\\_Lube-EPR-CZCS-310119.pdf](https://interflon.com/assets/TDS/TDS-Interflon_Lube-EPR-CZCS-310119.pdf)
- [66] DOPRAVNÍ PODNIK HL. M. PRAHY. *Dotazník k bakalářské práci* [E-mailová komunikace].

- [67] *DP kontakt: K čemu druhý pantograf?*. 2016, , 32 s. ISSN 1212-6349. Dostupné z: [https://www.dpp.cz/data/leaflets/documents/2020-04-17-12-03-40\\_02-Unor.pdf](https://www.dpp.cz/data/leaflets/documents/2020-04-17-12-03-40_02-Unor.pdf)
- [68] STEMMANN-TECHNIK. *NIS Non-Icing-System: Preventivní systém proti námraze*. 2017. Dostupné z: [http://www.sdp-cr.cz/WD\\_FileDownload.ashx?wd\\_systemtypeid=34&wd\\_pk=WzI0MzUsWzMwXV0%3D](http://www.sdp-cr.cz/WD_FileDownload.ashx?wd_systemtypeid=34&wd_pk=WzI0MzUsWzMwXV0%3D)
- [69] *Fahrdrahtenteisungsanlage*. Německo. DE202004008632U1. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/DE202004008632U1/de>
- [70] Systém NIS. In: *Blog.vgf-ffm.de* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: [https://blog.vgf-ffm.de/wp-content/uploads/2015/12/schneeschiebaer\\_dach.jpg](https://blog.vgf-ffm.de/wp-content/uploads/2015/12/schneeschiebaer_dach.jpg)
- [71] Referenzschreiben Cottbusverkehr: REBS Fahrdrahtenteisung. *REBS.de* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.rebs.de/de/referenzen/cottbusverkehr/>
- [72] REBS, Alexander a Wolfgang ANHEYER. *Verfahren und Vorrichtung zum Aufbringen von Frostschutzmittel auf einen Fahrdraht sowie mit einer solchen Vorrichtung ausgestattetes, elektrisch betriebenes Fahrzeug*. DE102011054610A1. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/DE102011054610A1/de?q=DE102011054610A1>
- [73] Fahrdrahtenteisung. In: *REBS.de* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://i2.wp.com/www.rebs.de/en/wp-content/uploads/sites/3/revslider/fahrdrahtenteisung/Fahrdrahtenteisung-1.jpg?fit=1532%2C1041&ssl=1>
- [74] TAO, Deng a Lin JIANHUA. *Moist anti-icing fluid application device*. CN103447192B. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/CN103447192B/en>
- [75] V Ústí vyvinou zařízení proti námraze na troleji. *Vlcoun.cz* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <http://vlcoun.cz/index.php/ustecka-doprava/aktuality/2803-v-usti-vyvinou-zarizeni-proti-namraze-na-troleji>
- [76] ZHAO, Xin, Qi WEI, Xiaoling ZHANG, Xun WANG, Xudong GUO a Xu ZHAO. *Electric wire deicing machine*. Čína. CN201204425Y. Přihlášeno 2009. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/CN201204425Y/en>

- [77] Очистка гололеда установкой типа МОГ на автодрезине. *Lokomo.ru* [online]. [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://lokomo.ru/elektrosnabzhenie/udalenie-gololeda.html>
- [78] Vibropantograf na lokomotivě ČME3-5545. In: *Railpage.net* [online]. [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.railpage.net/wp-content/uploads/2020/04/OD11.jpg>
- [79] GUIDEDWAVE. ULTRASONIC DE-ICING. *Gwultrasonics.com* [online]. [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <http://www.gwultrasonics.com/other-technologies/ultrasonic-de-icing/>
- [80] PARENT, Olivier a Adrian ILINCA. Anti-icing and de-icing techniques for wind turbines: Critical review. *Cold Regions Science and Technology* [online]. 2011, **65**(1), 88-96 [cit. 2020-06-26]. DOI: 10.1016/j.coldregions.2010.01.005. ISSN 0165232X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165232X10000108>
- [81] SKYBRARY. Aircraft Ground De/Anti-Icing. SKYBRARY. *Skybrary.aero* [online]. [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: [https://www.skybrary.aero/index.php/Aircraft\\_Ground\\_De/Anti-Icing](https://www.skybrary.aero/index.php/Aircraft_Ground_De/Anti-Icing)

## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AVA	Švýcarský železniční dopravce Aargau Verkehr AG
CWDS	Contact Wire De-icing System (Systém odmrazování trolejového drátu)
ČARK	Čerpací agregát rozmrazovací kapaliny
NIS	Non-Icing System (Systém proti namrzání troleje)
NStCM	Švýcarská železniční společnost Nyon–St-Cergue–Morez Railway
SVE	Städtischer Verkehrsbetrieb Esslingen am Neckar

## 8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3-1 Vlevo tramvaj s pantografem v přední části a polopantografem v zadní části [6]; vpravo trolejbus s tyčovými sběrači [7].	15
Obr. 3-2 Průřezový tvar trolejového vodiče [9]	15
Obr. 3-3 Průsvitná námraza [14]	16
Obr. 3-4 Zrnitá námraza [15]	17
Obr. 3-5 Krystalická námraza [16]	17
Obr. 3-6 <i>Ice Detection System-20</i> [25]	18
Obr. 3-7 Systém <i>Blue Wire</i> [28]	20
Obr. 3-8 Vlevo srážecí lišta [33], vpravo sycené drážkované smykadlo. [34]	21
Obr. 3-9 Vlevo umístění systému <i>ČARK</i> [38], vpravo botka sběrače pro nanášení kapaliny. [39]	22
Obr. 3-10 Truck ve Vancouveru [42]	23
Obr. 3-11 Pohled z boku a shora na systém <i>CWDS</i> . [43]	23
Obr. 3-12 Vlevo systém <i>ProFil 1500V</i> v provozu [52], vpravo schéma jeho trysek a senzorů. [51]	25
Obr. 3-13 Systém <i>MCL 300</i> . [55]	25
Obr. 3-14 Vlevo celý systém <i>FroSTOP</i> [56], vpravo jeho nanášecí hlava. [57]	26
Obr. 3-15 Vlevo celý systém <i>IceGuard</i> , vpravo jeho nanášecí hlava. [59]	26
Obr. 3-16 Nákres patentu JPH07891A. [60]	27
Obr. 3-17 Systém <i>NIS</i> . [68] [70]	28
Obr. 3-18 Systém <i>CWDS</i> . [73]	29
Obr. 3-19 Nákresy patentu CN103447192B – vlevo celá konstrukce, vpravo nanášecí hlava. [74]	29
Obr. 3-20 Vibrační pantograf. [78]	31