

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a biometeorologie



**Rizikové meteorologické faktory v dopravě
v zimním období**

Bakalářská práce

Autor práce: Veronika Najbrtová

Vedoucí práce: Ing. Věra Kožnarová, CSc.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Rizikové meteorologické faktory v dopravě v zimním období" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13. 4. 2015

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Věře Kožnarové, CSc. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování mé bakalářské práce.

Rizikové meteorologické faktory v dopravě v zimním období

Souhrn

Bakalářská práce se zabývá vlivem meteorologických prvků ovlivňujících silniční dopravu během zimního období. Práce je rozdělena do několika kapitol, každá kapitola se zabývá odlišnou problematikou týkající se silniční dopravy. V první kapitole nalezneme jednotlivé rizikové meteorologické prvky, které mají největší vliv na vozovku a nejvíce tak komplikují silniční a dálniční dopravu. Mezi nejzávažnější jevy patří: teplota mrznutí, mlha, náledí, poryv větru.

Informační systémy, které poskytují data a varovné předpovědi silniční dopravě, jsou popsány v další kapitole. K nejvýznamnějším systémům patří např. ČHMÚ (Český hydrometeorologický ústav), SIVS (Systém integrované výstražné služby), RWIS (Road Weather Information Systems) a SIRWEC (The Standing International Road Weather Commission). V této souvislosti je nutno uvést také síť specializovaných měření podél hlavních komunikací. Specializované předpovědi jsou založeny na silničních meteorologických stanicích a senzorech, které měří jednotlivé prvky. Tato data jsou důležitá pro zimní údržbu komunikací a přesný stav na vozovce v dané lokalitě. Výběr úseků pro měření je obvykle obtížný, a také ekonomicky nákladný. Avšak detekce nepříznivých situací, jako je vznik zmrazků a ledovky, se kladně projeví ve snížení počtu automobilových nehod a kalamitních situací. Kluzkost vozovky a zhoršené povětrnostní podmínky patří k nejzávažnějším stavům. Proto se touto problematikou zabývá i tato práce a charakterizuje podmínky jejich vzniku.

Další klíčovou částí práce je popis plánu zimní údržby a ošetření vozovky. Jsou zde popsány nejrůznější technologie odklizení sněhu z povrchu vozovky a druhy posypových materiálů. Je nutno říci, že údržba všech silnic a dálnic patří k nejdůležitějším faktorům, bez které by se silniční síť neobešly.

V posledních kapitolách je uveden přehled nehod, které se staly za nepříznivých povětrnostních podmínek a dále značení nebezpečných jevů na komunikacích.

Klíčová slova: teplota, srážky, mlha, vítr, silniční doprava, informační systémy silniční meteorologie

Risk meteorological factors in traffic during winter season

Summary

Bachelor thesis deals with the influence of meteorological factors affecting road traffic during the winter. The thesis is divided into several chapters, each chapter deals with different issues relating to road transport. In the first chapter we find individual risk meteorological elements that have the greatest impact on the road and so they complicate road and motorway traffic. Among the most serious meteorological elements belongs: freezing temperatures, fog, black ice or gust of wind.

Information systems that provide data and forecast warning about road traffic are described in the next chapter. The most important systems include ČHMÚ (Czech Hydrometeorological Institute), SIVS (System of Integrated Warning Service), RWIS (Road Weather Information Systems) and SIRWEC (The Standing International Road Weather Commission). In this context it should be noted also a network of specialized measurements along the main roads. Specialized predictions are based on road weather stations and sensors that measure the individual elements. These data are important for winter road maintenance and accurate status on the road in the locality. To choose the right sections for measurement are usually difficult and economically expensive task. However, detection of adverse situations, such as the formation of frozen lumps and black ice, will have a positive effect in reducing the number of vehicle accidents and major traffic jams. Slipperiness of roads and bad weather conditions are one of the most serious conditions. Therefore this paper deals with this issue and characterizes the conditions of their formation.

Another key part is the description of the plan of the winter road maintenance and treatment. There are described various technologies about shoveling snow from the road surface and the types of spreading materials. It must be said that the maintenance of all roads and highways are among the most important factors, without which it could not cope with the road network.

The last few chapters provide an overview of accidents that happened in adverse weather conditions and marks of dangerous factors .

Keywords: temperature, precipitation, fog, wind, road transport, road weather information systems

Obsah

1	Úvod	8
2	Cíl práce	9
3	Literární rešerše	10
3.1	Rizikové meteorologické prvky ovlivňující silniční dopravu	10
3.1.1	Teplota mraznutí	10
3.1.2	Teplota povrchu	11
3.1.3	Atmosférické srážky	12
3.1.4	Sněhové jazyky	16
3.1.5	Dohlednost	16
3.1.6	Oslunění	17
3.1.7	Vítr	17
3.1.8	Teplota rosného bodu	18
3.2	Ostatní rizikové faktory	19
3.2.1	Sněhová bouře (<i>bílá tma</i>)	19
3.2.2	Sky view faktor (<i>SVF</i>)	19
3.2.3	Průmyslové sněžení	20
3.2.4	Vliv vozovky (<i>mikrocirkulace</i>)	21
3.2.5	Stav vozovky	22
3.2.6	Namrzavost podloží vozovek	23
3.3	Měření vybraných meteorologických prvků	23
3.3.1	Měření srážek	23
3.3.2	Měření viditelnosti	24
3.3.3	Měření teploty povrchu	24
3.3.4	Měření teploty vzduchu	25
3.3.5	Měření sky view faktoru	25
3.3.6	Měření větru (<i>rychlost a směr</i>)	25
3.4	Informační systémy	26
3.4.1	Český hydrometeorologický ústav (<i>ČHMÚ</i>)	26
3.4.2	The Standing International Road Weather Commission (<i>SIRWEC</i>)	26
3.4.3	World Meteorological Organization (<i>WMO</i>)	27
3.4.4	Road Weather Information Systems (<i>RWIS</i>)	27
3.4.5	Systém integrované výstražné služby (<i>SIVS</i>)	28
3.4.6	Metis	28

3.4.7	Support System for Winter Maintenance (<i>SSWM</i>)	28
3.4.8	Model ALADIN.....	29
3.4.9	Kamerový systém	29
3.4.10	Termální mapování	30
3.4.11	Mobilní snímače	30
3.4.12	Projekt COST Action 344.....	30
3.5	Silniční meteorologická stanice (<i>SMS</i>)	31
3.5.1	Silniční meteorologická stanice (<i>CrossMet a CrossMet Lite</i>)	31
3.5.2	Pasivní, aktivní a dálkové snímače	32
3.6	Plán zimní údržby	36
3.6.1	Ošetření vozovky	36
3.6.2	Winter Maintenance Index (<i>WMI</i>)	40
3.7	Značení nebezpečných jevů na komunikacích	40
3.8	Nehody způsobené meteorologickými prvky	42
3.8.1	Vliv meteorologických jevů na počty a následky nehod v ČR.....	43
3.9	Právní předpisy	44
3.9.1	Zákon č. 13/1997 Sb.	44
3.9.2	Vyhláška č. 104/1997 Sb.	45
4	Závěr.....	46
5	Seznam literatury	47
6	Seznam použitých zkratk.....	52
7	Samostatné přílohy	53

1 Úvod

Přírodní děje charakterizující počasí, ovlivňují veškeré činnosti lidstva, ať už jde o zaměstnání či volný čas. Mnoho konverzací začíná otázkou, jaké asi bude počasí a odpověď však není vůbec snadná. Atmosférické děje jsou velmi složité, nevyzpytatelné a během krátkých chvilí se mohou změnit. Počasí na nás působí v každé situaci a často nás dokáže překvapit.

Lze konstatovat, že jedny z nejzávažnějších problémů způsobují jednotlivé meteorologické prvky v dopravě. Ať už se jedná o dopravu leteckou, silniční, vodní nebo dopravu na železnici, po překročení hraničních mezí, se stává cestování nebezpečným. Vliv meteorologických jevů na provoz komunikací, a to hlavně silnic a dálnic, patří mezi klíčové, a proto je důležité stanovit tyto hranice. S jízdou vozidel po neošetřených vozovkách stoupá riziko. Ohrožení jsou nejen řidiči, ale všichni účastníci provozu, včetně chodců a cyklistů. Některé havárie mohou mít vliv také na složky životního prostředí podél komunikací např. nehody cisteren převážející chemikálie či unikající benzín a jiné kapaliny.

Meteorologických faktorů, které ovlivňují silniční dopravu, je celá řada. Studie společných vzájemných vztahů slouží ke kvalitnější zimní údržbě, správnému ošetření komunikace a včasným varováním před nebezpečným stavem vozovky. Doposud získané informace jsou obrovským přínosem, bezpečnost na českých silnicích a dálnicích stoupla a stala se lépe kontrolovatelnou. Ovšem ke zvýšení bezpečnosti a následnému snížení dopravních nehod, se také musí zlepšit ohleduplnost a schopnosti řidičů, hlubší studie silniční meteorologie a dostatek finančních prostředků.

2 Cíl práce

je vytvoření literární rešerše shrnující poznatky o vlivu jednotlivých meteorologických prvků na bezpečnost silniční dopravy v zimním období. Dílčími cíly jsou:

- charakteristika rizikových meteorologických prvků ovlivňující silniční dopravu v zimním období (např. teplota mraznutí, sněhové jazyky, dohlednost, námraza, teplota povrchu, déšť),
- charakteristika ostatních rizikových faktorů (např. stav a vliv vozovky, namrzavost podloží vozovek, sky view faktor, průmyslové sněžení),
- měření vybraných meteorologických prvků,
- přehled vybraných informačních ústavů a systémů (např. ČHMÚ, SIVS, SIRWEC, RWIS),
- charakteristika silničních meteorologických stanic a senzorů,
- přehled plánu zimní údržby a ošetření vozovek,
- stručný přehled dopravního značení upozorňující řidiče na nebezpečí v zimním období, dopravní nehody způsobené meteorologickými prvky, zákon a vyhláška.

3 Literární rešerše

Každý den jsme pomocí médií, knih, publikací a v neposlední řadě i prostřednictvím internetu seznamováni s projevy počasí včetně těch mimořádných, které vedou ke značným škodám jak na majetku, tak i ke ztrátě toho nejcennějšího – lidských životů. V globálním měřítku se jedná například o tyto faktory: silný nárazový vítr, vysoká a nízká teplota, silné srážky apod.

Přesto existuje celá řada projevů počasí, které zatím nemají takovou publicitu, avšak doprovázejí nás prakticky každý den a to zvláště v zimním období. Mezi tyto projevy můžeme zařadit jevy vznikající na komunikacích v závislosti na stavu vozovky za určitých meteorologických situací. Zde je nutno jmenovat zejména intenzivní sněžení doprovázené silným nárazovým větrem, které způsobuje vznik sněhových jazyků a závějí a tím i problémy s údržbou komunikací, mnohdy končící kalamitní situací (a to zvláště v polohách od 600 m n. m. výše). Mezi zvláště nebezpečné jevy patří namrzání vlhkých vozovek při přechodu teploty povrchu komunikace pod bod mrazu a to je jev v České republice velmi častý.

Problematikou projevů počasí na komunikacích se zabývá v současnosti dynamicky se rozvíjející odvětví meteorologie, které je označováno jako silniční meteorologie. Vzhledem k poměrně malé známosti tohoto odvětví následuje několik základních informací a poté nástin činností vzhledem k meteorologickému zabezpečení komunikací se zvláštním důrazem na varovnou službu. Z hlediska optimalizace a úspory posypových materiálů je nutno vyzdvihnout též ekologický faktor aplikování nejnovějších poznatků (Škuthan, 2002).

3.1 Rizikové meteorologické prvky ovlivňující silniční dopravu

3.1.1 Teplota mrznutí

Teplota mrznutí je zásadní údaj pro dispečery a lidi zabývající se zimní údržbou. Nejedná se však o konkrétní číslo, ale pouze o nestabilní interval teploty, a to proto, že na povrch vozovky je aplikována vlhčená sůl. Chemické vlastnosti soli (chlorid sodný) zapříčiňují, že dochází ke snížení teploty a následnému tání. Při ochlazení solného roztoku vznikne tzv. liquidis. Liquidis je stav, kdy sůl je rozpuštěna ve vodní fázi společně s ledovými krystalky, vznikne směs: voda – sůl – krystalky ledu. Při dostatečném množství krystalků ledu

a při částečně zmrzlé směsi je vozovka kluzká. Tyto chemické reakce jsou ovlivňovány několika faktory: výparem, srážkami a kondenzací (Sulan a Škuthan, 2005).

Velmi nízká teplota (teplota mrznutí) způsobuje nejen kluzkost vozovky, ale zamrzání provozních kapalin v automobilech. Proto základním požadavkem na zimní kapalinu do odstříkovačů jsou její nemrznoucí vlastnosti. Těch se dá u produktů dosáhnout použitím alkoholů, které nemrznou ani při záporných teplotách. Základní složkou nemrznoucích směsí je: etanol (líh), metanol a isopropanol (Skolil, 2012).

3.1.2 Teplota povrchu

Dle několika studií je potvrzeno, že teplota povrchu je ovlivňována několika meteorologickými i nemeteorologickými faktory. Dochází zde k oteplování či naopak k ochlazení vozovky. Díky těmto změnám může dojít k nehodám i vzniku náledí (Sulan a Škuthan, 2005), i přesto že povrch komunikací patří mezi dobře vodivý a chladne pomaleji. Vozovka čerpá naakumulované teplo ze spodních vrstev.

Mezi meteorologické faktory patří např. změna teploty vzduchu, oblačnost, mlha, vítr, sky view faktor. Mezi nemeteorologické faktory můžeme zařadit intenzitu provozu, nadmořskou výšku, sklon i orientaci svahu. V úvahu bereme i lesní cesty a tepelný ostrov města. Vlivem tepla z antropogenních zdrojů, zadržují městské stavby zejména v zimě, záření a dochází k omezení pohybu vzduchu. Množství zachyceného záření je zpravidla ovlivňováno velikostí danou aglomerací, urbanistickou morfológií a hustotou osídlení (Sulan, 2012).

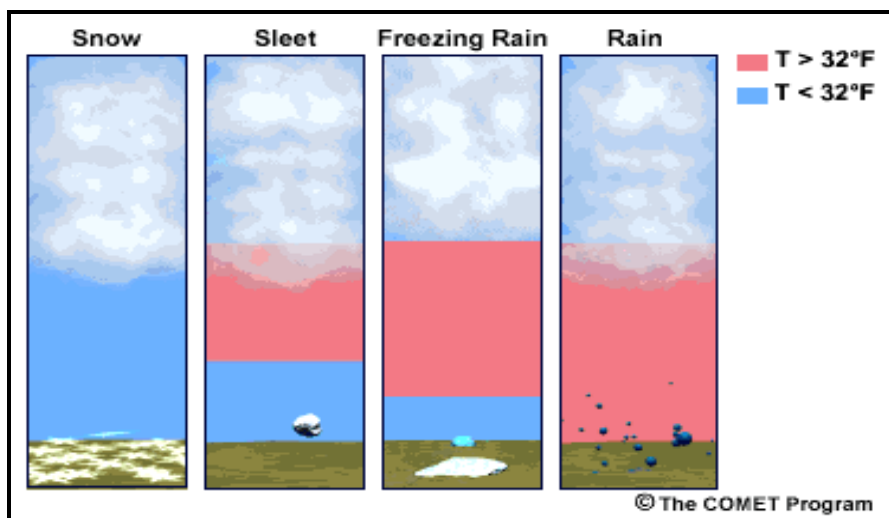
Městský tepelný ostrov má výrazný vliv na ovzduší a teplotu povrchu vozovky. Maximální intenzita tepelného ostrova byla zjištěna (ve švédském Stockholmu) pro teplotu vzduchu na 7 °C a 4 °C pro teplotu povrchu. Největší rozdíly jsou před východem Slunce, u teploty vozovek zvláště zvýšenou intenzitou provozu v centru města v časných ranních hodinách (Gustavsson et al., 2001). Vozovky s intenzivnějším provozem jsou teplejší, než málo frekventované komunikace. Mezi hlavní příčiny patří např. omezené vyzařování povrchu vlivem stínění karoseriemi vozidel, promíchávání vzduchu znemožňující stagnaci, působení tření pneumatik a tepelné vyzařování motorů (Sulan a Škuthan, 2005).

3.1.3 Atmosférické srážky

Atmosférické srážky definujeme jako částice vzniklé následkem kondenzace vodní páry. Vyskytují se v podobě pevného nebo kapalného skupenství. Dále se dělí na srážky usazené a padající (Sobíšek a kol., 1993). Největší zastoupení mají srážky padající, které zahrnují až dvanáct různých druhů srážkových elementů, a to déšť, mrholení, mžení, déšť se sněhem, zmrzlý déšť, námrazové krupky, kroupy, sněhové krupky, sněhové krupice, sníh, sníh s ledovými jehlicemi a ledové jehlice (Podzimek, 1959). Mezi usazené srážky patří rosa, jíní, námraza či ledovka (Sobíšek a kol., 1993).

Problematické jsou padající srážky při teplotách kolem 0 °C, poněvadž zde hrozí riziko tvorby ledovky. Může nastat také situace, kdy teplota vzduchu i povrch jsou nad nulou, a přesto se při padajícím dešti tvoří na vozovce vrstva ledu, následkem přechodu studené fronty (Sulan a Škuthan, 2005). Pro silniční dopravu je většina zmíněných srážek kritická a nebezpečná. Nepříjemně prodlužují brzdnu dráhu a zvyšují pravděpodobnost smyku.

Důležitým ukazatelem a rozhodujícím faktorem pro tvorbu srážek a druhu skupenství je teplotní profil pod základnou (obr. 1). Částečné tání a dopad srážek na zem ve skupenství smíšeném, jsou následkem vrstvy vzduchu silné 200 m s teplotou větší, než je 0 °C. Tloušťka nadnulové teplotní vrstvy 400–600 m zapříčiňuje změnu všech padajících vloček na déšť. Pokud dojde k propadu z teplejší vrstvy do vrstev, jejichž teploty dosahují teplot nižších 0 °C a vrstvy 200–300 m, způsobují namrzání kapek, padání zmrzlého deště a krupek. Kapky nestačí ztuhnout tehdy, pokud je vrstva slabší a zledovatí až po dopadu na vozovku. Na povrchu vzniká ledovka a způsobuje tak kluzkost silnice (Sulan, 2012).



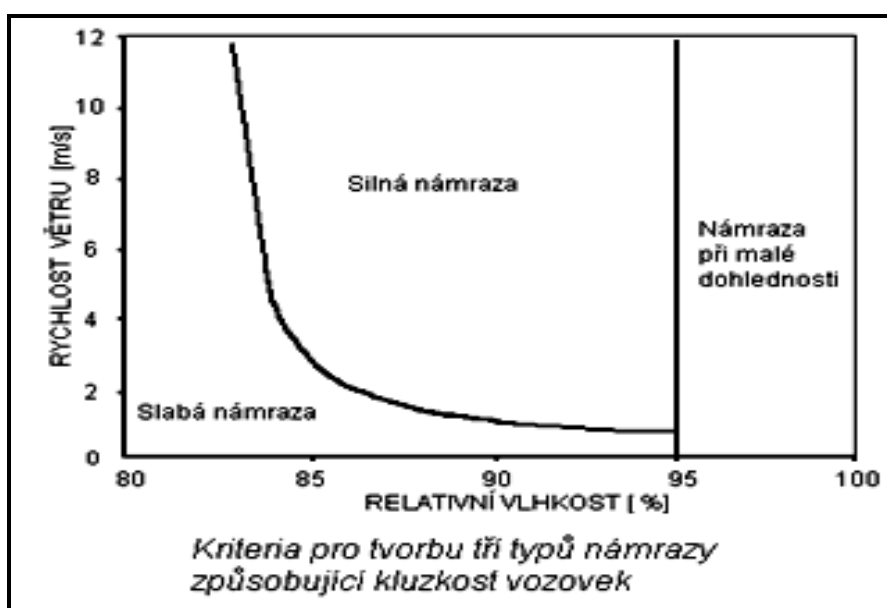
Obr. 1 Teplotní profil pod základnou – tvorba srážek (www.meted.ucar.edu)

3.1.3.1 Ledovka

Ledovka souvisí s celkovou změnou počasí. Na prochlazený povrch padá déšť (v podobě mrznoucího mrholení, mrznoucího deště), proudí teplý a vlhký vzduch s velkou oblačností a teploty jsou pod 0 °C. Hladký povrch ledu s lesklým povrchem se objevuje okamžitě po dopadu vodní kapky na vozovku. Způsobuje kluzkost a znemožňuje tak jízdu a pohyb vozidel po kluzké vozovce, tím se automobil stává neovladatelným. Mezi kritické úseky patří zejména vyjeté lesní cesty a silniční mosty (<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/om/sivs/namrazy.html>).

3.1.3.2 Námraza

Námraza je meteorologický jev, který vzniká při mlze, teplotní inverzi, větru a teplotě mírně pod 0 °C. Kritéria pro odlišení síly (slabé či silné) námrazy (obr. 2) jsou rychlost větru mezi 1 a 2 m/s a vlhkost 95–85 % (Sulan, 2012). Rozlišujeme dva druhy námrazy na vozovkách. V prvním případě se tvoří slabá, ne tak častá vrstva námrazy. Dochází k ní při prudkém poklesu nočních teplot a za předpokladu, že povrch má nižší teplotu, než vzduch. Intenzivnější vrstva se tvoří v druhém případě. Teplý vzduch s vysokým obsahem vodní páry proudí nad prochlazeným povrchem (Gustavsson, 1991). Na tvorbu námrazy má vliv drsnost vozovky, která snižuje vznik nebezpečného smyku (Sulan a Škuthan, 2005). Výskyt námrazy na sklech či karoseriích automobilů je více častý, než namrzlá vozovka (Gustavsson, 1991).



Obr. 2 Graf vzniku námrazy silné a slabé (Sulan, 2012)

3.1.3.3 Náledí

Náledí je charakterizováno, jako ledová vrstva pokrývající zemi. V prvním případě vzniká, když kapičky mrholení nebo deště později po kontaktu s povrchem zmrznou. V druhém případě je vznik závislý na částečně roztáté sněhové pokrývce, a jejím opětovném zmrznutí (Munzar a kol., 1989). Ideální podmínky pro tvorbu náledí jsou relativní vlhkost přesahující 90 % a teplota povrchu pod nulou. Také pod koly vozidel vzniká tenká vrstva ledu, z důvodu tání sněhu při okrajích vozovky po západu Slunce (Sulan a Škuthan, 2005).

Tab. 1 Typy kluzkosti vozovek a podmínek jejich vzniku (Sulan, 2012, upraveno)

	Typ	srážky	teplota vzduchu	teplota vozovky	teplota rosného bodu	relativní vlhkost	vítr
1.	Děšť, nebo smíšené srážky na zmrzlý povrch	ano	$T > 0^{\circ}$	$T_{voz} \leq 0^{\circ}$	-	-	-
2.	Sněžení na zmrzlý povrch	ano	$T \leq 0^{\circ}$	$T_{voz} \leq 0^{\circ}$	-	-	-
3.	Sněžení na nezmrzlý povrch	ano	$T \leq 0^{\circ}$	$T_{voz} > 0^{\circ}$	-	-	-
4.	Sněžení a námraza	ano	$T \leq 0^{\circ}$	$T_{voz} \leq 0^{\circ}$	$T_D > T_{voz}$	-	-
5.	Námraza a snížená dohlednost	ne	-	$T_{voz} \leq 0^{\circ}$	$T_D > T_{voz}$	$RV > 94\%$	-
6.	Námraza po zmrzlé roze	ne	-	$T_{voz(-0,5)} > 0^{\circ}$ $T_{voz} \leq 0^{\circ}$	$T_D(-0,5) > T_{voz(-0,5)}$ $T_D > T_{voz}$	-	-
7.	Silná námraza	ne	-	$T_{voz} \leq 0^{\circ}$	$T_D > T_{voz}$	$RV < 95\%$	$V \geq V_c$
8.	Slabá námraza	ne	-	$T_{voz} \leq 0^{\circ}$	$T_D > T_{voz}$	$RV < 95\%$	$V < V_c$
9.	Sněhové jazyky	ano(-12)	$T_{max(-12)} < 0^{\circ}$	-	-	$RV_{max(-12)} < 90\%$	$V > 8m/s$
10.	Náledí	ano(-3)	-	$T_{voz(-0,5)} > 0^{\circ}$ $T_{voz} \leq 0^{\circ}$	$T_D(-3) > T_{voz}(-3)$	$RV_{max(-3)} > 80\%$	-

Na kluzkém povrchu bylo testovacími vozy provedeno i několik zkušebních jízd. Za hlavní důvody testování, můžeme uvést pochopení a fungování aktivace bezpečnostních systémů. Při zjištění kritické hodnoty, se ve vozidle aktivuje jeden z bezpečnostních systémů,

jako je protiblokovací systém ABS (Anti – Blocking System) nebo protiskluzový systém ASR (Anti Skid Regulation) (Bogren et al., 2008). Díky těmto systémům nedojde k zablokování kol a vozidlo dosáhne standardního brzdného výkonu (Yu et Ozguner, 2002).

Kluzkost se dělí na primární a sekundární. Sekundární kluzkost je ovlivněna dopravou a údržbou silnic. Celkový počet kluzkosti je 16, liší se vznikem a formou srážek. Většina typů kluzkosti a meteorologických podmínek jejich vzniku je uvedena v tab. 1 (Norrman, 2000).

3.1.3.4 Jíní

Jíní je jev, který vzniká při teplotách povrchu atakující bod mrazu a vylučováním vodní páry v pevné formě. Objevuje se na základě radiačního ochlazení (Sobíšek a kol., 1993). Podmínky pro výskyt se určují na základě dvou vztahů působících naráz:

$$T_{voz} < T_d \text{ a } T_{voz} < 0 \text{ } ^\circ\text{C, kde}$$

t_{voz} = teplota zemského povrchu,

t_d = teplota rosného bodu.

K určení slouží silniční čidla a stanice (Sulan a Škuthan, 2005). Dle výzkumu srovnání lokalit se potvrdilo, že častější výskyt jíní je v polohách nad 600 m n. m., v okolí vodních zdrojů a na mostech. Mezi další podmínky ovlivňující tvorbu jíní zahrnujeme intenzitu provozu a povrch vozovky. Vlivem jíní se zvyšuje riziko smyku na komunikacích. Pod tíhou vozidel a tlakem pneumatik se tvoří led, a tím se prodlouží brzdná dráha (Sulan, 2006a; 2012b). Lidově se jíní nazývá mráz šedý, šedivák či šedivec.

3.1.3.5 Rosa

Rosa se vytváří stejným principem jako jíní, liší se tím, že se vyskytuje za kladných hodnot teploty vzduchu a povrchu. Její výskyt dokonce jíní často předchází a vedle krystalků můžeme nalézt kapičky zmrzlé rosy (Sulan, 2006). Chladné předměty při styku s teplejším vzduchem s větším obsahem vodní páry se mohou snadno orosit se všemi negativními důsledky (Kožnarová a Klabzuba, 2009).

3.1.3.6 Déšť

Déšť je definován, jako vodní srážky padající z oblaků ve tvaru kapek o průměru větším než 0,5 mm (Sobíšek a kol., 1993). Déšť má různou intenzitu: mrholení (průměr kapek menší než 0,5 mm), přivalové deště, trvalé deště a lijáky. Srážky vznikají kondenzací vodní páry, při výstupných pohybu vzduchu a jejím následným ochlazování (Roth, 2000).

V zimním ročním období se vyskytuje tzv. mrznoucí déšť, který při dopadu na chladný povrch mrzne. Silný déšť a následné velké množství srážek na vozovce, způsobuje řidičům velké problémy např. aquaplaning.

Aquaplaning je nebezpečná situace, při níž je kontakt mezi pneumatikou a vozovkou zcela "ztracen" (Tuononen et Matilainen, 2009). Při vysokých rychlostech, může vozidlo přijít do styku s mokrou vozovkou (na povrchu komunikace se nachází tenký vodní film), v důsledku toho kolo ztrácí svou schopnost přilnavosti (adheze) s povrchem komunikace. Při brzdění v takto vysokých rychlostech se vozidlo dostane do skluzu. Prevencí proti aquaplaningu je přiměřená rychlost, kvalitní pneumatiky a zkušenosti řidiče (Abuelsamid, 1997).

3.1.4 Sněhové jazyky

Ve skandinávských zemích je kritérium pro tvorbu sněhových jazyků poměrně stejné jako v České republice. Teplota v polovině celého dne nesmí překročit 0 °C, vítr vane o rychlosti 8 m/s a relativní vlhkost je pod 90 % (Sulan a Škuthan, 2005). Souhrnně lze říci, že míru zavátí určuje síla a rychlost větru, terén, sněhové srážky a stáří sněhové vrstvy. Největší nebezpečí hrozí, napadne-li nový sníh na slehlou vrstvu s ledovým povrchem. Navátý sníh je pro silniční dopravu mnohem závažnějším problémem díky své objemové váze a kompaktnosti, než sníh volně napadlý. Pro omezení sněhových jazyků se ke komunikacím umísťují vhodné clony. Zabrání tak přesunu sněhu větrem na vozovky (Hrudička, 1937).

3.1.5 Dohlednost

Dohlednost v meteorologii je charakterizována jako největší vzdálenost za denního světla, na kterou lze spolehlivě rozeznat černý předmět o úhlové velikosti mezi 0,5 až 5°, umístěný blízko země na pozadí mlhy nebo oblohy. Tato definice je samozřejmě ovlivněna vlastnostmi lidského oka (Sobíšek a kol., 1993).

3.1.5.1 Mlha

Na dohlednost má samozřejmě obrovský vliv mlha. Stává se z malých vodních kapek, které se vznášejí ve vzduchu v blízkosti zemského povrchu a snižují horizontální dohlednost alespoň v jednom směru pod hodnotu 1 km (Řezáčová a kol., 2007). Vzniká při vlhkém povrchu, při tání a výparu z jíní. Dalším faktorem je rychlost větru 3-5 m/s. Slabé sluneční záření je vhodné pro udržení mlhy. Před dosažením 100 % relativní vlhkosti může mlhu způsobit i znečištění vzduchu (Sulan, 2012).

Pozorování a výzkum dohlednosti vlivem přemrzlé mlhy, oblačnosti a srážek ve městě Edmonton (Kanada), byl prováděn v ranních hodinách při teplotách v rozmezí -15 až -40 °C. Bylo zjištěno, že mlha neovlivňuje viditelnost při -25 °C a nedochází tak k plošnému omezení viditelnosti. Naopak pokles teplot pod -35 °C způsobí silný mlhový zákal a viditelnost maximálně do 80 m. Na dohlednosti se podílejí také ostatní povětrnostní podmínky jako například nízká rychlost větru či sněžení (Charlton et Park, 1984).

3.1.6 Oslunění

Mezi nebezpečný faktor ovlivňující viditelnost řidičů na silnici patří oslunění. Nejvíce tento rizikový jev pocítují řidiči během zimních měsíců, kdy je elevace neboli výška Slunce nad obzorem, velmi nízká. Dochází tak k odrazu slunečních paprsků od povrchu komunikace a následnému oslepení řidiče (Edwards, 1999).

3.1.7 Vítr

V České republice se nebezpečné rychlosti větru vyskytují v zimní polovině roku nejčastěji při postupu hlubokých tlakových níží přes střední Evropu k východu. Rychlost větru se vyjadřuje v m/s nebo v km/h (1 m/s = 3,6 km/h) a na meteorologických stanicích se měří ve výšce 10 m nad zemí. V prognózách se používá terminologie, která vyjadřuje stupeň nebezpečí.

- *Silný vítr* – Očekává se vítr s nárazy o rychlosti větší než 70 km/h, v polohách nad 600 m n.m. až o velikosti 110 km/h. Jde o nízký stupeň nebezpečí.
- *Velmi silný vítr* – Očekává se vítr s nárazy o rychlosti 90 km/h, v polohách nad 600 m n.m. až 125 km/h. Jde o vysoký stupeň nebezpečí.

- *Extrémně silný vítr* – Očekává se vítr s nárazy o rychlosti 110 km/h, v polohách nad 600 m n.m. až 145 km/h. Jde o extrémní stupeň nebezpečí (<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/om/sivs/vitr.html>).

Silný boční vítr je pro automobily velmi nebezpečný, zvláště pro vysoká vozidla, jako jsou nákladní vozy, nadměrné náklady a dodávky. Tato vozidla jsou náchylná k překlolení. Nečekaný boční náraz větru může vozidlo učinit neovladatelným, případně jej vytlačit ze silnice (Setvák a kol., 2002). Díky větru se na komunikacích mohou vyskytovat různé překážky, které řidičům znesnadňují plynulou jízdu. Jedná se o pády stromů, větve ze stromů či jiné poletující předměty.

Silniční dopravu může komplikovat i silný vítr společně s prachovým sněhem. Přestože skutečná výška sněhu může být vysoká jen několik málo centimetrů, silnice mohou být ucpané sněhovými závějemi během velmi krátké doby. Kombinace čerstvého prachového sněhu a silného vání způsobuje v silniční dopravě značné komplikace, a také velké množství dopravních nehod (Edwards, 1999).

Proudění vzduchu ovlivňuje také teplotu povrchu. Ochlazující účinek proudícího vzduchu je dobře patrný na silničních náspech (pomalý krajní pruh bývá chladnější než rychlý vnitřní, jinak je tomu naopak) a mostech nebo estakádách. V noci však zesílené proudění obecně přináší oteplení, proto se chladící účinek samotného proudění může překrývat např. oblačností nebo též advekcí (Sulan, 2012). Rychlost proudění vzduchu byla zkoumána ve studii například ve švédském Göteborgu, kde bylo potvrzeno významné ovlivnění teploty povrchu tímto jevem. V roce 1999 byl test prováděn na pobřeží, kde byly pozorovány hlavně tyto faktory: oblačnost, rychlost větru, teplota (Postgård et Lindqvist, 2001).

3.1.8 Teplota rosného bodu

Teplota rosného bodu je definována jako teplota, na kterou se musí izobaricky ochladit vzduch (tzn. za stálého tlaku), aby byl právě nasycen v něm obsaženou vodní párou. Teplota vzduchu nižší než je teplota rosného bodu vede k tvorbě rosy, jinovatky, ovlhnutí povrchů např. vozovky a jiných předmětů (Kožnarová a Klabzuba, 2009). To je hlavní příčinou výskytu jíní a námrazy na vozovkách, a proto je důležitou součástí všech silničních systémů. Získává se měřením v meteorologické budce. V ČR se měří ve výšce 2 m, v Německu kvůli velkému znečištění vzduchu zimním smogem až ve 4 m (Sulan, 2012).

Deficit teploty rosného bodu definujeme jako rozdíl mezi teplotou vzduchu a teplotou rosného bodu, je tím větší, čím menší je poměrná vlhkost (Sobíšek a kol., 1993).

3.2 Ostatní rizikové faktory

3.2.1 Sněhová bouře (*bílá tma*)

Při sněhových bouřích je orientace velmi obtížná a může zcela ochromit veškerou dopravu, města i aglomerace. Tento meteorologický jev je velmi nebezpečný, protože se zde spojuje účinek sněhu a silného větru, který je vířen. Dochází zde ke zdánlivému splnutí povrchu a oblohy, a tím k výraznému snížení dohlednosti tzv. bílá tma (<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/om/sivs/snih.html>). Mohou být doprovázeny sněžením, blesky i krupobitím. Největší účinky mají tyto sněhové bouře na severu USA, kde jsou jejich příčinou hluboké cyklóny. Při sněhových bouřích může napadnout za jeden den 1 m sněhu a závěje mohou dosahovat výšky až 12 m (Sobíšek a kol., 1993).

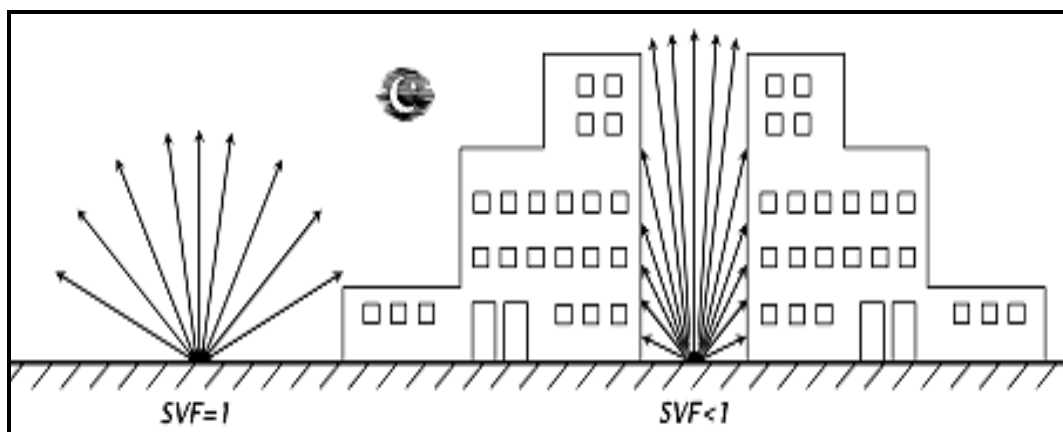
3.2.2 Sky view faktor (*SVF*)

Sky view faktor (*SVF*) se vyjadřuje jako poměr mezi zářením (sáláním) přijatým povrchem Země a následným zářením, který povrch vydá zpět. Používá se v silviometeorologii (lesnická meteorologie), silniční a městské klimatologii (Holmer et al., 2001).

Hodnota *SVF* je definována v rozmezí od 0 do 1 a udává velikost omezení dlouhovlnného vyzařování do okolního prostoru, které je zapříčiněno překážkami, jako jsou zástavby, zalesnění, terén (obr. 3). Místa s nízkou hodnotou *SVF* dostávají přes den málo záření a tedy vozovka neabsorbuje tolik tepla, jako na otevřeném prostranství. V takovýchto místech hůře uniká dlouhovlnné záření, může se dokonce částečně vracet zpět. Vysoká hodnota sky view faktoru má za následek namrzání skel a karoserií, tyto části vozidel se více ochladí. Například pod nadjezdy a přejezdy přes dálnice se dopoledne vyskytuje vlhký povrch nebo led. Konstrukce brání přísunu záření a vozovka zůstává chladnější.

Stínění (screening) přímo souvisí se sky view faktorem. Zastíněná vozovka dostane přes den méně tepla, a proto zde například náledí či jíní přetrvává déle, než jinde v okolí. Jedná se o lesní cesty, silnice vedoucími hlubokými lesy (Sulan, 2012).

Intenzitu a množství slunečního záření a tedy i sky view faktor ovlivňuje několik okolností. Mezi nejdůležitější patří nadmořská výška, druh ročního období, oblačnost a poloha Slunce. Další faktor, který má vliv na sluneční záření je část dne, zeměpisná šířka a zeměpisná délka (Bogren, 1991).



Obr. 3 Vliv terénu na vyzařování vyjádřený pomocí sky view faktoru (SVF)
(<http://www.knmi.nl/klimatologie/weeramateurs/UHI/>)

3.2.3 Průmyslové sněžení

V chladnější polovině roku se úplně nezřídka stává, že bývá zaznamenána, především v centrech větších měst, slabá sněhová pokrývka v podobě nejčastěji 1-2 cm "jemného prachového sněhu", zatímco na předměstí či v širším okolí srážky nejsou. Tyto případy bývají typické tím, že se v podstatě žádná přehánka nevyskytla, nedaleko bylo po většinu noci jasno (Volný, 2011).

Podobně Sulan a Škuthan (2005) uvádějí, že průmyslové sněžení je drobné sněžení, které vytváří slabou souvislou pokrývku. Vyskytuje se za inverzní situace, kdy k vypadávání sněhu nad částmi městských aglomerací dochází nejčastěji v ranních hodinách a z velmi nízké oblačnosti.

Tomuto jevu se věnoval SIRWEC (STANDING INTERNATIONAL ROAD WEATHER COMMISSION) na konferenci v roce 2004. Podle Liechtyho (2004) jsou pro výskyt průmyslového sněžení nejprůzračnější následující podmínky: Stratus má vertikální mohutnost 200 m, jeho základna je 150 m nad povrchem a deficit teploty rosného bodu při zemi je do 1 °C.

Vlivem nočního ochlazení horní části stratu dochází k labializaci zvrstvení. Množství přechlazených kapiček s výškou roste. Tovární komín či chladicí věž je důležitým vnějším zdrojem vlhkosti. Dodatečný přísun vlhkosti způsobí v horních partiích oblačnosti přesycení. Podmínkou spontánního mrznutí přechlazených kapiček je teplota v horních partiích oblačné vrstvy, tedy pod spodní hranicí inverze, kolem $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ve směru převládajícího proudění nad inverzí pak dochází k vypadávání srážek, obvykle trvá půl hodiny (Sulan a Škuthan, 2005).

3.2.4 Vliv vozovky (*mikrocirkulace*)

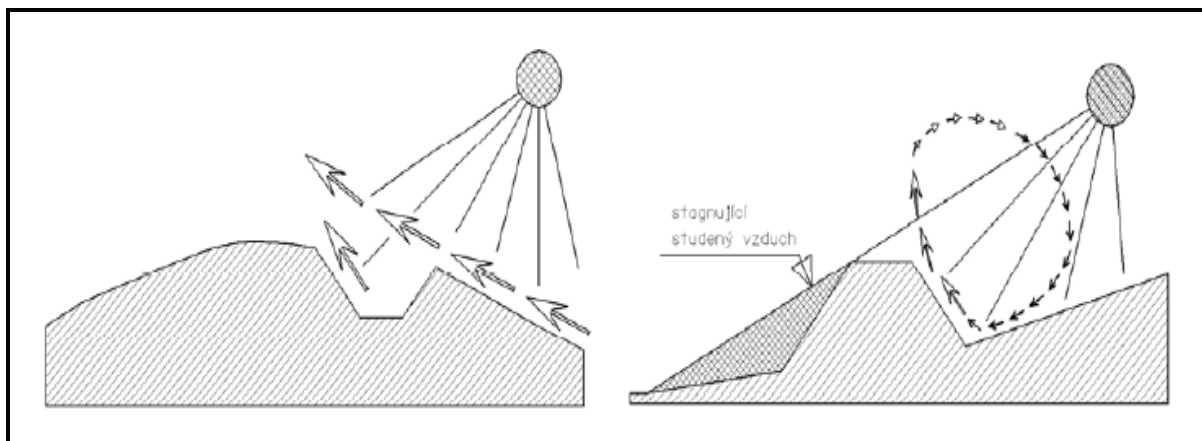
Stavba komunikace má velmi výrazný vliv na mikrocirkulační poměry jejího blízkého okolí, a to jak změnou charakteru aktivního povrchu (např. asfaltobetonové plochy v krajině), tak svým tvarovým řešením (zářezy, náspy). Vyšší přízemní teplota vzduchu nad vozovkou komunikace vede obvykle ke konvektivnímu přenosu vzduchu do vyšších poloh mezní vrstvy atmosféry. V přízemní vrstvě je tento vystupující vzduch nahrazován chladnějším, obvykle nekontaminovaným vzduchem z přilehlých zatravněných, nebo křovinami a kulturními plodinami porostlých ploch. Vzhledem k obecně nízké tepelné kapacitě tělesa vozovky, směřují při negativní energetické bilanci chladné mikrocirkulační proudy (často kontaminované produkty z dopravy) naopak do okolní "čisté krajiny".

Silniční náspy se chovají vůči stávajícím vzdušným proudům jako přehradní hráz (zadržují znečištěný a chladný vzduch), nebo jako překážky, které zvyšují drsnost aktivního povrchu a naopak podporují přenos exhalací z dopravy vírovým prouděním do atmosféry.

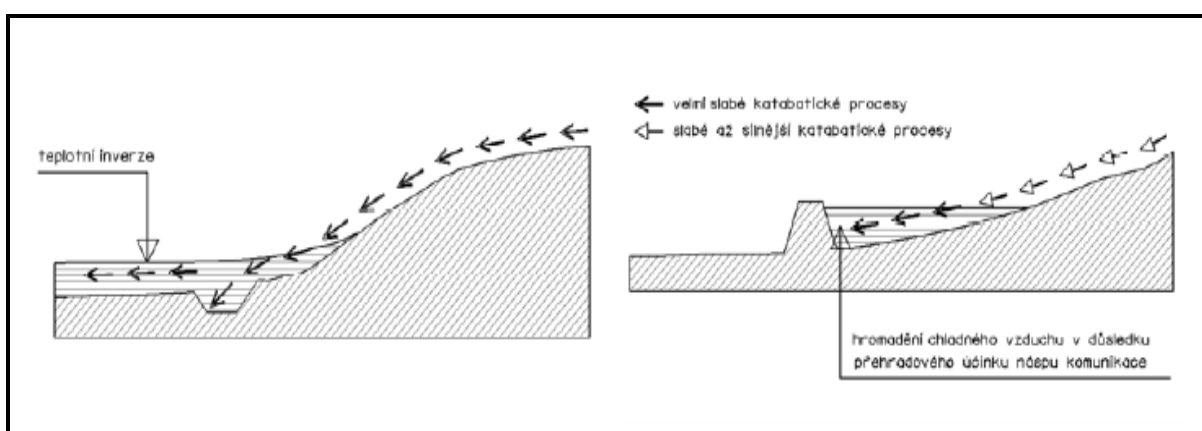
Silniční zářezy pak výrazně mění směr přízemních proudů vzduchu, a jako mostní objekty bývají místem značného zvýšení rychlosti proudění, tzv. úžinový efekt.

Mikrocirkulace může za vhodných podmínek ovlivňovat vlhkost vzduchu, teplotu vzduchu, přízemní koncentraci plynného a prašného znečištění vznikajícího dopravou. Má příznivý vliv na rozrušování inverzí v ranních hodinách v chladné části roku.

Svahy tělesa komunikační stavby (náspy, zářezy) bývají při vhodné expozici velmi dobře osluněné a vzniká tak anabatická mikrocirkulace (obr. 4). Dochází zde k pohybu znečištěného silničního vzduchu do vyšších hladin spodní části atmosféry, kde jsou rozptylovány větrným prouděním. Naopak v noci dochází ke katabatickému jevu (obr. 5), stékáním chladnějšího vzduchu do míst s nižší nadmořskou výškou (Plánka, 2005).



Obr. 4 Anabatický děj (Plánka, 2005)



Obr. 5 Znárodnění katabatického děje (Plánka, 2005)

Důležitý jev, který je nutné také sledovat, je vliv ovzduší a povětrnostních podmínek na provoz vozovky. Jsou to například nebezpečné úseky s bočním větrem, častější tvorbou sněhových závějí, náledím nebo oslněním (Plánka, 2005).

3.2.5 Stav vozovky

Rozlišujeme několik stavů povrchu vozovky: suchý, vlhký, mokrý, zledovatělý nebo pokrytý sněhem. Led, sníh či jiní ležící na vozovce snižuje tření mezi pneumatikou a povrchem vozovky. Materiál, který je použit při výrobě vozovky, ovlivňuje přilnavost pneumatik. V oblastech, kde jsou tyto jevy časté a problém zde přetrvává, je nutná kombinace několika opatření (např. zimní pneumatiky s minimální hloubkou dezénu, pravidelné odklizení sněhu, ošetření silnic proti tvorbě námraz). Oblasti, kde je provoz v zimním období nejhustší, jsou zahrnuty největší péčí (velké množství pracovních sil, strojů, použitého

materiálu). Vozovky musejí být udržované v takovém stavu, který je bezpečný pro účastníky silničního provozu. V těchto případech se jedná o spolupráci meteorologů a silničních dispečerů. Z výše uvedených stavů povrchu jsou všechny rizikové a nebezpečné, zhoršují sjízdnost komunikace. Do kritických stavů povrchu nepatří stav suchý (Perry et Symons, 2003).

3.2.6 Namrzavost podloží vozovek

Cyklické střídání období zmrazování a tání vede k deformaci vozovky, a tím se snižuje kvalita celkové dopravy a pohybu vozidel po vozovce. Vznikne tzv. mrazový zdvih, jedná se o vertikální změnu stavu povrchu, která je způsobena průsakem podpovrchové vody a jejím následným zmrznutím.

Míra namrzavosti je hodnota vyjádřená poměrem přírůstku zdvihu zkoušeného vzorku a přírůstku odmocniny indexu mrazu při podmínkách zkoušky. Určuje se jen pro zeminy, které obsahují více než 5 % částic menších než 0,125 mm. Ostatní zeminy se považují za nenamrzavé.

Míra namrzavosti zemin se stanovuje hodnotou β , která je dána vztahem:

$$\beta = \frac{\Delta h}{\sqrt[4]{I_m}}, \text{ kde}$$

Δh = naměřený zdvih zkoušeného vzorku (mm),

I_m = index mrazu ($^{\circ}\text{C}$) (ČSN 72 1191, 2013).

3.3 Měření vybraných meteorologických prvků

3.3.1 Měření srážek

Druhy padajících srážek vyhodnocují pomocí čidel senzory na silničních stanicích. Silniční senzory jsou konstruovány tak, aby detekovaly všechny srážky, jako např. námrazu a jíní s využitím měření kapacitance nebo způsobu šíření radiových vln vhodné vlnové délky. Přímá detekce je ovšem poměrně nespolehlivá, často je ovlivněna čistotou či stářím čidla (Sulan, 2006).

Vlastnosti srážek např. intenzitu, jejich pohyb a směr, zaznamenávají optická měřidla pomocí laserového paprsku (WMO, 2008).

3.3.2 Měření viditelnosti

Použití transmisometru je nejběžnější metodou pro měření dohlednosti. Velmi jednoduchý nástroj pro použití v noci je tzv. neutrální filtr, který snižuje světlo v určitém poměru. Výhodou tohoto přístroje, je dostatečně přesné měření v rozsahu od 100 m do 5 km (WMO, 2008).

K předpovědi mlhy je v terénu (na silničních stanicích) umístěno mnoho kamer a dohledoměrů, ty nám také umožňují kontrolovat předpověď (Sulan 2012).

3.3.3 Měření teploty povrchu

Teplota je jedním z meteorologických veličin, jejichž výsledky jsou zvláště citlivé na expozici.

Měření teploty povrchu vozovky se provádí pomocí silničních senzorů, které jsou umístěné přímo ve vozovce. Povrch komunikace se měří s přesností většinou na 0,2 °C v rozsahu -30 °C až +70 °C (Sulan a Škuthan, 2005).

Měřicí senzory mají celou řadu využití. Poskytují velké množství informací nejen o povrchové teplotě vozovky, ale indikují koncentraci protimrzoucích chemikálií, nabízejí údaje o stavu povrchu, zda je suchý či pokrytý ledem.

Senzory se umísťují podle různých kritérií: dle vozovky, rychlostních pruhů, určité oblasti a meteorologických potřeb. Důležité faktory, které také ovlivňují pozici senzorů, jsou stav vozovky, kritická místa nebo intenzita silničního provozu. Měřicí senzory by neměly být umístěny v blízkosti konstrukcí, budov nebo stromů, měření by mohlo být ovlivněno stínem. V přítomnosti mostů se zvyšuje počet senzorů.

Na vozovce jsou senzory nejčastěji situovány do vnitřních pruhů několikaproudových vozovek, samozřejmě v obou směrech, a to v rozchodu kol. Vzhledem k tomu, že k tvorbě ledu dochází nejčastěji v ranních hodinách, a to ve vyjetých kolejkách vozovky, kde se voda zadržuje a tvoří led, docházelo k ovlivňování měření teploty, a proto se některé senzory umísťují mimo přímou cestu kol. Další nevýhodou pozice vnitřních pruhů, je ovlivnění

přesnosti měření teploty vozovky, hlavní příčinou je zahřátí povrchu motory z automobilů, a to až o 1 °C (Boselly et al., 1993).

3.3.4 Měření teploty vzduchu

Snímače na teplotu vzduchu by se neměla umísťovat nad povrch z betonu či asfaltu, poněvadž zmíněné materiály by mohly značně ovlivnit přesnost měření. Naopak by měření mělo probíhat nad sněhovou vrstvou nebo zemským povrchem, maximálně však ve výšce do 2 m. To platí pro meteorologická měření, v silniční meteorologii se musí měřit v okolí vozovky (WMO, 2008).

3.3.5 Měření sky view faktoru

Pro určení sky view faktoru se používají fotografie z kamer typu "rybí oko". Jsou to fotografie, které snímají celý poloprostor z pozice silničního senzoru. Vlivem růstu stromů nebo změnami jejich olistění dochází k nepatrným časovým změnám. SVF může být určen nepřímo, tedy pomocí technologie termálního mapování (Sulan a Škuthan, 2005).

3.3.6 Měření větru (*rychlost a směr*)

Rychlost a směr větru udává "větrný pytel" či "větrný rukáv" spolu se směrovkou (WMO, 2008). Umísťují se podél dálnic a komunikací, kde upozorňují na boční vítr. Větrný pytel je složen z otevřeného kužele vyrobeného z tkaniny, který je upevněn na širším konci ke kovovému volně otočnému kruhu. Působením větru dochází k otáčení (Sobíšek a kol., 1993). Umístění větrného pytle je důležité, protože měření by mohlo být ovlivněno pohybem vzduchu od projíždějících vozidel (WMO, 2008). Vítr je měřen také anemometrem, který je umístěn 10 m nad zemí v otevřeném terénu (Gill et al., 1967). Dle studie Pettifera et Terpstra (1997) však není stanovena přesná výška umístění měřícího přístroje. Rozsah výšky se pohybuje v rozmezí od 2 do 10 m.

3.4 Informační systémy

3.4.1 Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ)

Výstrahy a předpovědi pro silniční dopravu poskytuje Český hydrometeorologický ústav. Jsou velmi důležité pro to, jaké rizikové prvky se budou vyskytovat v určité době na silnicích, a ovlivňovat tak bezpečnost a jízdu vozidel. Speciální odborné zpracování, které slouží pro zimní údržbu komunikací, je vydáváno až čtyřikrát denně, po celých 20 let (od roku 1995). Zabývá se předpovědí kritických prvků a jevů, jako je například náledí, mrznoucí mrholení, sněžení či námraza.

V roce 2004 se podařilo propojit server jednotné databáze a zahájit tak účelnější spolupráci ČHMÚ s Ředitelství silnic a dálnic. Přístup k operativnímu měření měly v Českém hydrometeorologickém ústavě pouze dvě pracoviště, a to v Praze a Plzni. Na konci stejného roku jsou měření dostupná i pro pracoviště všech silničních dispečinků (Sulan a Škuthan, 2005).

ČHMÚ vychází z nutnosti předpovídat a zároveň varovat před mimořádnými událostmi a zároveň krizovými situacemi přírodního či průmyslového charakteru 24 hodin denně. ČHMÚ tyto služby integroval do Předpovědní a výstražné služby (PVS) ČHMÚ, která musí fungovat na celém území ČR. Za tuto základní službu, je podobně jako v ostatních zemích, zodpovědný stát (Obrusník, 2002).

3.4.2 The Standing International Road Weather Commission (SIRWEC)

Dalším zdrojem dat (předpovědí) nejen pro silniční dopravu je organizace SIRWEC. Slouží i jako fórum pro výměnu informací v oblasti silniční meteorologie a zahrnuje správu, údržbu i bezpečnost silničního provozu. Získané informace se vyhodnotí a identifikují se takové oblasti, kde by nový vývoj či změna mohly přinést zlepšení postupů, techniky nebo systémů.

Původně organizace měla evropský rozměr a nazývala se SERWEC (Standing European Road Weather Commission). Vznik SERWEC se datuje k únoru roku 1984, kdy se konala 1. konference ve městě Haag (Nizozemsko). Tato konference se nesla v tématu Detekce povětrnostních podmínek a zúčastnilo se jí více jak 50 lidí z celého světa. Po druhé se výbor sešel v září toho roku na univerzitě v Birminghamu, kde se platnost ústavu potvrdila a později byla schválena.

Změna jména SERWEC na dnešní SIRWEC se uskutečnila v americkém Minneapolis (1992), kdy se organizace stala oficiálně mezinárodní (International).

SIRWEC spolupracuje i s několika významnými organizacemi, např. OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development či WMO (World Meteorological Organization). Komise se schází každé dva roky (další zasedání komise se bude konat v roce 2016) a jejich studie, výsledky a novinky jsou dostupné na internetových stránkách - <http://www.sirwec.org/> (Chapman, 2014).

3.4.3 World Meteorological Organization (WMO)

WMO je Světová meteorologická organizace, organizace všech členských států OSN. Jejím úkolem je podporovat výstavbu meteorologických staničních sítí, zřizovat a provozovat meteorologická centra poskytující meteorologické informace a služby.

Československo bylo jednou z 22 zakládajících zemí WMO. V roce 1947 byla podepsána "Dohoda o Světové meteorologické organizaci", která nabyla účinnosti až 23. března 1950 (Sobíšek a kol., 1993).

Od svého založení, hraje WMO jedinečnou a významnou roli (výzkum, vzdělávání, transfer technologií), přispívá v oblastech, jako je silniční doprava, letectví i lodní doprava (https://www.wmo.int/pages/about/index_en.html).

3.4.4 Road Weather Information Systems (RWIS)

Mnoho států investovalo do této pokročilé technologie, která má za cíl sledovat nejnovější informace silničního provozu, předpovědi počasí a napomáhat silniční údržbě. Systém je označován jako RWIS (Road Weather Information Systems – Silniční povětrnostní informační systémy). Všechna získaná data, jako je stav vozovky a informace o počasí, jsou srozumitelně poskytovány i široké veřejnosti pro bezpečnější a efektivnější cestování (Boon et Cluet, 2002).

RWIS sítě podporují silniční provoz v několika ohledech: zjišťují aktuální silniční teploty a přesné prognózy, udávají mokrá a suchá místa povrchu komunikací, místa pokrytá ledem, dohlednost, lokalizují atmosférické srážky, určují relativní vlhkost, teplotu rosného bodu, rychlost a směr větru, napomáhají k přesnějším aplikacím chemických rozmrazovacích látek. K tomu napomáhají silniční senzory, které se používají na silnicích a dálnicích více

než 25 let. Senzory a zařízení byly vyvinuty k měření povětrnostních podmínek a jsou připojeny k záznamovému zařízení. Stanice registrují informace každou půl hodinu a zasílají je do centrálního počítače (White et al., 2006; Eriksson, 2001).

3.4.5 Systém integrované výstražné služby (SIVS)

SIVS je unikátní systém varovné a výstražné služby provozovaný ve spolupráci ČHMÚ a Povětrnostní ústřední armády České republiky, který je orientován na extrémní projevy počasí. Informace vydávané v rámci SIVS patří k nejdůležitějším, mají vždy nejvyšší váhu a jsou k dispozici všem složkám záchranného systému.

Důsledným aplikováním jednotlivých varovných informací lze optimalizovat údržbu komunikací během zimního období. Tedy je možno dosáhnout dosti výrazných úspor na posypových materiálech a tím i výrazně podpořit ekologický aspekt silniční meteorologie. Varovná a výstražná služba ČHMÚ výrazně snižuje počet havárií na komunikacích a obzvláště se může kladně projevit v případě snížení počtu hromadných havárií a optimalizaci činností při kalamitních situacích (Škuthan, 2002).

3.4.6 Metis

Metis je moderní silniční meteorologický informační systém, a zároveň unikátní softwarové řešení pro prezentaci silničních meteorologických informací se zaměřením na aktuální a budoucí situaci na silnicích. Je důležitým a užitečným nástrojem každého silničního dispečera zimní údržby komunikací. Metis poskytuje ucelený přehled o počasí v reálném čase. Všechny důležité informace jsou dostupné online. Systém využívá k varování sms a e-mail (<http://www.cross.cz/cs/meteorologicke-systemy/metis.html>).

3.4.7 Support System for Winter Maintenance (SSWM)

SSWM je sofistikovaný systém, který na základě analýzy informací poskytuje krátkodobou předpověď kluzkosti vozovek v zimním období pro jednotlivé silniční úseky. Díky tomuto systému se mohou i méně kvalifikovaní a zkušení dispečeri lépe rozhodnout, do jaké oblasti a v jakém čase vyslat k zásahu vozidla zimní údržby.

Systém je rozdělen na dvě části. První část zahrnuje detailní předpověď stavu a teploty povrchu komunikace pro 1 km úseky silnic. Druhá část zahrnuje modul doporučení zaměřený

na definované oblasti údržby např. podpora plánování a rozhodování údržby, vazba na úsporu posypového materiálu.

SSWM je nejpřesnějším systémem pro podporu rozhodování v zimní údržbě (<http://www.cross.cz/cs/meteorologicke-systemy/mdss.html>).

3.4.8 Model ALADIN

Numerický model ALADIN byl navržen francouzskou meteorologickou službou (Météo - France) v roce 1990. Cílem bylo vybudovat spolupráci s mezinárodními meteorologickými službami všech zemí východní a střední Evropy. Je určený pro varování a předpovědi atmosférických procesů poskytovaných všem svým členům. Sto vědců z šestnácti zemí přispívá k pokroku modelu ALADIN a neustále zlepšuje jeho systém. Data slouží také ke generování meteorologických map a grafů. Společnost ALADIN má svoje oficiální internetové stránky, které slouží široké veřejnosti - <http://www.cnrm.meteo.fr/aladin/> (<http://www.cnrm.meteo.fr/aladin/#onglet>).

V ČHMÚ se pravidelně počítá regionální model ALADIN – LACE dvakrát za den, a to z analýz ve dvou hlavních pozorovacích termínech, o půlnoci a v poledne univerzálního světového času. Délka modelové předpovědi je 48 hodin. Model ALADIN hraje klíčovou roli v nejrůznějších předpovědích počasí, které jsou důležité pro zdraví, životy lidí a pro ekonomiku. Varovné specializované předpovědi slouží především silniční i letecké dopravě (Brožová, 2002).

3.4.9 Kamerový systém

Na mnohých meteorologických stanicích podél vozovek jsou umístěny také kamery. Každá kamera umožňuje přenos a archivaci statického videosnímku na sledovaném úseku. Značným přínosem systému (zejména při intenzivním sněžení) je vizuální informace ze sledovaného úseku vozovky, pomocí snímků z kamer (<http://www.changroup.cz/changroup/silnicni-meteorologie>). Při intenzivním sněžení a následnému silnému poryvu větru, se umísťují kamery po dvou. Většina kamer je vybavena infračerveným přísvitem, takže je daný prostor vidět i v noci. Hlavní nevýhodou používání kamer je zničení zásahem blesku (Sulan, 2012).

3.4.10 Termální mapování

Termální mapování povrchu vozovek je proces, kterým se získává prostorová variabilita teploty povrchu komunikací za rizikových povětrnostních podmínek v zimní části roku. Údaje slouží k analýze a vhodnému umístění meteorologických stanic podél vozovek. Termální mapování je tedy důležitým faktorem pro tvorbu klimatologické analýzy silniční sítě. Pravidelně je mapováno 250 km, a to každé zimní období.

Toto mapování odhaluje na trasách komunikací úseky reprezentativního charakteru, které vyjadřují teplotní chování úseků vozovek v různých oblastech, včetně rizikových míst, tzv. cold spots (chladné skvrny). Díky tomuto mapování lze s předstihem určit nebezpečná místa a řídit online posypové dávky (selektivní solení) u tzv. inteligentních sypačů (<http://www.cross.cz/cs/sluzby/termalni-mapovani-povrchu-vozovek.html>).

3.4.11 Mobilní snímače

Také mobilní snímače napomáhají při sběru dat a usnadňují tak práci technikům silniční údržby. Infračervené snímače teploty se montují na silniční sypače soli a šterku a koordinují tak množství posypu. V některých zemích se provádějí montáže infračervených senzorů na autobusy a taxíky, které měří povrchovou teplotu komunikace. Data se odesílají do centrálních stanic přes mobilní telefony a GPS, zde se také vyhodnocují (White et al., 2006).

3.4.12 Projekt COST Action 344

Projekt COST vznikl v roce 1999, za účasti 18 zemí a trval po dobu tří let. Tento projekt využíval několik technologií pro detekci sněhu a ledu na evropských silnicích a dálnicích a jejich následné ošetření. Hlavním cílem tohoto projektu bylo snížení nepříznivých účinků na životní prostředí a snižování provozních nákladů. Používal osvědčené postupy na ošetření vozovek v různých klimatických oblastech, informoval řidiče a silniční údržbu. Pro všeobecné šíření informací měl COST k dispozici špičkové silniční operátory, dispečery a inženýry (Burtwell, 2001).

3.5 Silniční meteorologická stanice (SMS)

Silniční meteorologické stanice poskytují data Správám a údržbám silnic a Ředitelství silnic a dálnic ČR. Zjišťují okamžité meteorologické situace na sledovaném úseku a vyhodnocují je. Podmínkou pro kvalitní informace je vybudovat v oblasti dostačující systém meteostanic, který bude spolehlivě monitorovat stav vozovek.

Stanice obsahují řídicí jednotku, ke které je možné připojit silniční senzory. Ty jsou základním měřicím prvkem, který nepřetržitě snímá povrch vozovky a vyhodnocuje její stav. Na základě měření je stanoveno varování před hrozícími situacemi, nebezpečnými pro silniční dopravu (<http://www.changroup.cz/changroup/silnicni-meteorologie>).

Klasická SMS má dva hlavní úkoly:

- Standardní meteorologické měření prvků a jevů jako je např. teplota, vlhkost, směr a rychlost větru, srážky (typ, intenzita a akumulace srážek, akumulace sněhové pokrývky), dohlednost apod.
- Měření parametrů vozovky, tedy velmi důležitých údajů o teplotě povrchu vozovky v jednotlivých pruzích, podpovrchové teplotě a dále je možno analyzovat stav komunikace – sucho, vlhko (s chemikáliemi), mokro (s chemikáliemi), mráz, sníh, led apod.

Vlastnosti měření se liší druhem výrobce automatizovaných stanic. K nejvýznamnějším patří firmy Luft, Vaisala, Boschung a micKS. Měření sítí SMS bývá doplňováno aktuálními meteorologickými údaji z ČHMÚ a to hlavně z jednotlivých meteorologických stanic, které měří v hodinových intervalech a jsou umístěny ve volné krajině (Škuthan, 2002).

3.5.1 Silniční meteorologická stanice (*CrossMet a CrossMet Lite*)

Obě tyto stanice CrossMet a CrossMet Lite provozuje společnost Cross Zlín, která poskytuje komplexní řešení a technologie v oblasti zimní údržby komunikací na té nejvyšší úrovni. Firma zajišťuje podporu zimní údržby pomocí hardwarového sběru meteorologických dat. Zlínská společnost působí v oboru silniční meteorologie od roku 1995 a je zaměřena na vlastní vývoj softwarových řešení, která jsou v oboru unikátem.

CrossMet (obr. 6, 7) jsou stanice podél komunikací, které slouží k brzkému varování. Upozorňují na rizikové meteorologické prvky, vyskytující se na vozovce a v jejím blízkém okolí. Díky těmto stanicím má zimní údržba komunikací ojedinělý nástroj, pomocí něhož

dohlížejí na svěřenou silniční síť. Základním měřicím prvkem silniční stanice je senzor umístěný přímo ve svrchní části vozovky, kde neustále snímá povrch a vyhodnocuje situaci (<http://www.cross.cz/cs/meteorologicke-systemy>).



Obr. 6 Umístění stanice CrossMet v terénu



Obr. 7 Detail stanice CrossMet

(<http://www.cross.cz/cs/meteorologicke-systemy/crossmet.html>)

K pravidelnému měření patří už výše uvedené meteorologické prvky. Dále se proměřují parametry vozovky např. koncentrace chemikálií, teplota mrznutí, teplota povrchu komunikace v hloubce 30 cm (Sulan, 2008).

CrossMet Lite je nezávislá řídicí jednotka, která je zjednodušenou alternativou k plnohodnotným stanicím. Výhodou CrossMet Lite jsou její nízké náklady na provoz i instalaci. Obě uvedené stanice jsou spolehlivé i v těch největších mrazích (<http://www.cross.cz/cs/meteorologicke-systemy/crossmet.html>).

3.5.2 Pasivní, aktivní a dálkové snímače

Snímače se používají k sledování povrchu vozovky a upozorňují na změnu meteorologických podmínek. Na místech vozovky, kde se používají protimrzoucí chemikálie, snímače vyhodnotí koncentraci dané chemikálie zbylé na povrchu vozovky. Informace o přítomnosti a koncentraci posypové látky (známé také jako zbytková slanost),

má vliv na skutečnou teplotu tuhnutí povrchu vozovky (White et al., 2006). Snímače jsou umístěné v hloubce 5–7 cm (podle konstrukční výšky senzoru), vybrané stanice měří ve 30 cm pod povrchem (Sulan a Škuthan, 2005). Snímače se rozdělují na:

- Pasivní snímače vyhodnocují situaci (stav vozovky, koncentraci posypového materiálu) pomocí vodivosti, vibrační nebo radaru.

- Aktivní čidla zaznamenávají ochlazování nebo ohřívání. Každá změna teploty (pokles či vzrůst) je detekována na určité části snímače pomocí Peltierovy metody. Seběmenší výskyt ledu nebo mrazu vyvolá varování.

- Dálková čidla používají k detekci infračervené, mikrovlnné a laserové záření. Signály jsou odráženy přes silnici od vysílače k přijímači. Tento senzor poskytuje podobný druh informací, jako aktivní senzory (White et al., 2006).

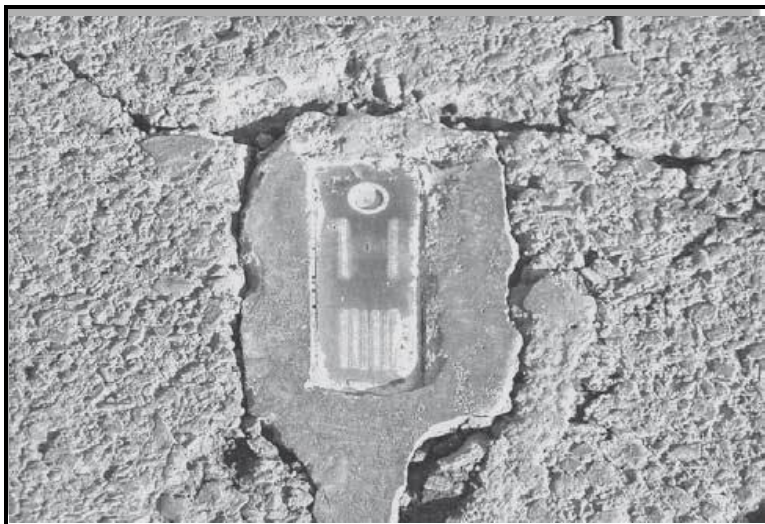
Vyvinout čidlo odolávající tíze projíždějících kamionů, působení chemikálií, ročním teplotním výkyvům, s nárokem na přesnost měření, s fyzikálními vlastnostmi srovnatelnými s materiálem vozovky, a přitom cenově únosné, nebyl jednoduchý úkol. Přesto se to podařilo širší škále výrobců, na území České republiky je jich zastoupeno šest (Sulan a Škuthan, 2005).

V ČR se nejvíce používají silniční meteorologické senzory Luft a Vaisala. Oba tyto snímače patří do pasivních senzorů, a to znamená, že se nehřejí ani se uměle nechladí (důležitý faktor pro přesné měření teploty povrchu vozovky). Dodavatelem technologií Vaisala, zejména pro dálniční síť, je převážně firma Cross – Zlín. Technologií Luft distribuje firma Changroup – Sokolov. Kromě jiného se senzory Luft a Vaisala liší zejména ve způsobu měření výšky vodního filmu – Vaisala to dělá optickou cestou, Luft využívá radar a mikrovlnné záření (Sulan, 2012).

3.5.2.1 Senzor Vaisala

Senzoru Vaisala (obr. 8) je vyroben ze speciální hmoty, která má podobné vlastnosti, jako materiál vozovky. Instaluje se do povrchu vozovky zalitím další speciální hmotou. Někdy mohou být některé senzory při údržbě stavu komunikace odfrézovány, což má za následek škodu v hodnotě několika desítek tisíc korun. V horní levé části silničního senzoru je kolečko, což je část čidla pro měření teploty (jedná se o nejspolehlivější údaj všech typů senzorů). Na pravé straně od kolečka se nachází dvě páskové elektrody, které měří vodivost

solné směsi. Mezi elektrodami je také vyústění tří optických vláken různé tloušťky. Prostředním vláknem se vysílá infračervený paprsek a zbylá krajní vlákna měří odrazy od horní hranice vodního filmu v rozsahu do 4 mm (vrstva dostatečná pro aquaplaning) (Sulan, 2012).



Obr. 8 Silniční senzor Vaisala (Sulan a Škuthan, 2005)

Pro získání teploty mrznutí je však kritické měření do 1 mm s přesností na desetiny. Provozem se solanka rozprostře do souvislé vrstvy, ovšem když padají srážky, roztok se zředí a hodnota teploty mrznutí roste a kolísá – sypače musejí projet znovu, zejména při ledovce a pokračujících srážkách. Na opačné straně senzoru, je sada páskových elektrod, která vyhodnocuje přítomnost ledu, námrazy a sněhu. Na spodní straně černého kvádru je další teplotní čidlo, které měří teplotu v hloubce 5 cm pod povrchem kvůli sledování tepelných toků. U stanic, pro které se počítají předpovědi, je v hloubce 30 cm další externí senzor na teplotu. U stanic Vaisala se umísťují senzory většinou do stopy kol. Cílem je detekování stavu povrchu tam, kdy je kontakt s pneumatikou. Teplota v této pozici může být větší než mezi stopami kol (Sulan, 2012).

3.5.2.2 Senzor Lufft

Lufft měl již 6 roků zkušeností ve výrobě agrometeorologických stanic, než započal s vývojem systémů pro počasí a podmínky na silnicích. Prvním pasivním silničním senzorem Lufft byl IRS20. Následoval IRS21, poté přišel IRS31 (Hirzel, 2014).

Senzory Lufft (obr. 9) využívají teplotní čidla současně jako jednu z elektrod měřících

multifrekvenčně přítomnost cizorodých částic v roztoku (nečistoty na senzoru). Další dvě elektrody v misce měří koncentraci slané roztoku. Novější typy (IRS31) miskou nemají a elektrody jsou zapuštěny na povrchu. V další části senzoru je skryt vysílač a přijímač mikrovln v takovém oboru, který umožňuje detekovat výšku vodního filmu a dokáže rozlišit led a sníh, případně krystalky jíní. Stavy sníh – jíní – namrzající vlhkost - slaný roztok jsou sloučeny do jednoho a deklarovány už jako "možnost namrzán" (pokud je však výška vodního filmu pod 0,3 mm, je to stav "zbytková sůl" s malým množstvím vlhkosti, které není kluzké). Kromě tohoto stavu hlídá alarm ještě teplotu mrznutí a varuje, pokud je málo nasoleno. Jako problematické se může zdát, že "možnost namrzání" může být hlášena i při teplotě povrchu slabě nad nulou, což může být situace s tajícím sněhem a nízkou podpovrchovou teplotou. Pro senzory není podstatné, jaká částice zakrývá povrch, ale jestli je kluzká. Sníh je zaznamenán, jen když jsou k dispozici staniční kamery (Sulan, 2012). Silniční meteorologické senzory neinformuje jen před vznikem náledí, ale také varuje před vznikem aquaplaningu v hustém dešti nebo před vznikem poryvů při silném větru (Mörken, 2014).



Obr. 9 Silniční senzor Lufft (Sulan a Škuthan, 2005)

Senzory Lufft jsou velmi oblíbené a kvalitní, navíc jsou vyměnitelné, protože jsou umístěny v pouzdře. Stanice instalované firmou Changroup mají senzory uprostřed jízdních pruhů. Postranní průchody pro kabely jsou pro externí teplotní čidla zapuštěná do hloubky 5 a 30 cm pod povrch. V posledních letech se dostal na trh mikrovlnný srážkoměr detekující nejen intenzitu, ale i skupenství srážek, kompaktní čidlo na teplotu, vlhkost a ultrasonický měřič větru (Sulan, 2012).

V posledních letech inženýři ve firmě Lufft vyvinuli a zpřístupnili nové senzorové technologie pro veškeré aplikace v silniční dopravě:

- radarové senzory pro měření velmi jemných vrstev vody či rosy na silnicích a dálnicích,
- Peltierovy články, využívané pro přesné měření bodu mrazu v zimních podmínkách za použití chemických rozmrazovacích prostředků,
- detekci srážek založenou na principu radarové techniky, kdy je měřena rychlost dešťových kapek,
- měření rychlosti a směru větru průchodem skrze ultrazvukový impuls a to bez nutnosti mechanických pohyblivých částí,
- spektrální (bezkontaktní) měření teploty a podmínek na pozemních komunikacích (Hirzel, 2014).

3.6 Plán zimní údržby

Cílem zimní údržby místních komunikací je zajistit snižování a odstraňování závad ve schůdnosti a sjízdnosti komunikací vzniklých povětrnostními podmínkami v zimním období, a to dle pořadí jejich důležitosti. Zimní období je určeno od 1. listopadu do 31. března, ve kterém je zajištěna zimní údržba podle daného zimního plánu. Údržba je prováděna také v souladu se zákonem č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích v platném znění, vyhláškou Ministerstva dopravy a spojů č. 104/1997 Sb. a důležité je také nařízení daného města. K zimní údržbě komunikací slouží speciální stroje (silniční sypače, traktory s radlicí a různé druhy fréz), které odstraňují nežádoucí meteorologické prvky z vozovek (Michvocík, 2010).

3.6.1 Ošetření vozovky

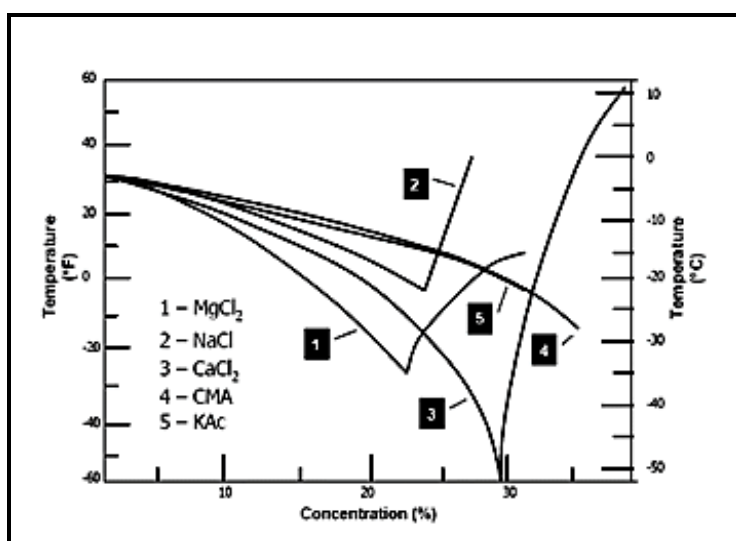
Mezi technologické postupy zimní údržby na místních komunikacích patří mechanické odklízení sněhu, odklízení pomocí chemických rozmrazovacích materiálů a posyp zdršňovacími materiály. Vozovku je vhodné ošetřit před začátkem sněžení, aby se zabránilo vzniku silových vazeb mezi ledem a vozovkami tzv. preventivní dávkou.

Nejvhodnější technologií k ošetření vozovky, z hlediska ekonomického a ekologického, patří shrnování sněhu z komunikací. Se shrnováním se začíná při vrstvě napadlého sněhu vysoké 3-5 cm a provádí se tak, aby nedocházelo k jeho uježdění provozem a přimrznutí k vozovce.

Posyp zdršňovacími materiály se používá na vozovkách, které nejsou ošetřovány chemickými materiály. Na náledí se používají zrna do velikosti 2 mm. Nezledovatělé ujeté sněhové vrstvy jsou ošetřeny hrubou frakcí, zrny většími než 4 mm. Provádí se po celé šířce komunikace (Michvocík, 2010). Z ekologického hlediska se dává přednost čistým materiálům (drť, ostrý a tvrdý písek). Z ekonomického důvodu je možné používat sypké materiály jako strusku a škváru. Tyto sypké materiály nesmí obsahovat toxické a škodlivé látky. Nezávadnost materiálů se dokládá atestem (Kárník, 2011).

Pokud výška napadlého sněhu nepřesáhne 3 cm, začíná se provádět posyp solí. Sůl je rozmetána strojem na zledovatělý povrch komunikace. Tím jak na sebe zrna soli váží vodu ze sněhu, obalují se solným roztokem. Působením roztoku soli dochází k narušení vazby mezi ledem a povrchem vozovky. Kola vozidel rozjezdí zbytek sněhu a vznikne slaná břečka. Po provedeném pluhování lze v průběhu sněžení posyp vozovek opakovat. Mezi chemické posypové materiály řadíme chlorid sodný a chlorid vápenatý. V České republice se chlorid sodný na povrch vozovek aplikuje do $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Sulan, 2008).

Na (obr. 10) jsou fázové křivky pro různé typy solí. Při $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ přestává být chlorid sodný funkční, při silnějších mrazech je účinný chlorid vápníku. Chlorid vápníku se však kvůli vysoké ceně používá jen zřídka. Na trhu se objevuje chlorid hořčíku, který je jak ekonomicky tak ekologicky vhodný (Sulan, 2012)



Obr. 10 Graf ilustrující různé typy solí (Sulan, 2012)

Dle zdroje SIRWEC, je doporučeno použít pro jednotlivé meteorologické jevy ovlivňující silniční dopravu, následující kroky:

Sněžení

- Před sněžením je suchá vozovka preventivně ošetřena nejlépe 1 hodinu předem předvlhčenou solí dávkou 6–8 g/m².
- Komunikace pokrytá sněhem se ošetřuje pluhováním a posypem nepředvlhčenou solí dávkou 6–15 g/m², při ledovém podkladu dávkou až 35 g/m².
- K ledové vrstvě, která vznikne pod sněhem, dochází z důvodu opožděného prosolení sněhové vrstvy. Pokles teploty vozovky je způsoben vlivem tání sněhu, kdy dochází k odebrání tepla z okolí.

Mrznoucí déšť

- Optimálním ošetřením povrchu komunikace je posyp předvlhčenou solí dávkou 12-25 g/m². Vzhledem k okamžitému namrznání padajících srážek by měl být zásah proveden předem. Musíme brát ohled také na informace z radaru a na místa, kde je teplota vozovky pod bodem mrazu.

Náledí

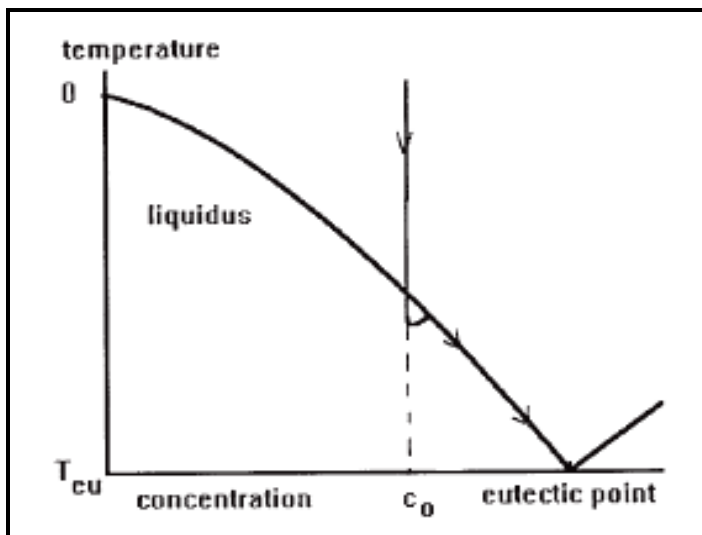
- Optimálním ošetřením povrchu komunikace je posyp předvlhčenou solí dávkou 6–8 g/m². Suchá sůl se používá jen na vlhké vozovky. Pokud je zásah proveden brzy, hrozí nebezpečí vymytí soli při rozstříku vodní vrstvy vlivem projíždějících vozidel. Do tří hodin od poklesu na nulu dojde k vysušení. Při teplotě -4 °C a níže i dříve k "vymrznutí".

Námraza a jíní

- Vhodné ošetření vozovky je posyp nepředvlhčenou solí dávkou 5 g/m². Před tvořením námrazy není vhodné provádět posyp (Sulan, 2008).

3.6.1.1 Tuhnutí slaného roztoku

Ve finské studii je popsán jev tuhnutí slaného roztoku, který je graficky vysvětlen na (obr. 11). Jestliže je slaný roztok o počáteční koncentraci (c_0) a teplotě kolem bodu mrazu (T_{eu}), mění se tak na kapalné skupenství, tedy směs se stává tekutou (*liquidus*). Postupně oddělená čistá voda se mění procesem tuhnutí v led. Teplota se dále snižuje, dosáhne eutektického bodu a veškerý tak zbytek roztoku se promění ve slaný led (Turunen, 1997).



Obr. 11 Graf ilustrující mrznutí a tání solného roztoku (Turunen, 1997)

Definovat přesnou kritickou hodnotu teploty mrznutí nelze, protože vozovka se stává kluzkou už při částečně zmrzlé směsi a dostatečném množství krystalků. V reálných podmínkách je vrstva pokrývající vozovku silná 0,1–0,5 mm. Je zřejmé, že při takových poměrech dochází ke změnám koncentrace soli vlivem výparu či kondenzace nebo při padajících srážkách. Díky těmto faktorům je teplota mrznutí značně nestabilní (Sulan, 2012).

I přes všechny technologie a upozornění meteorologů na kluzkost vozovky se stává, že dispečeri nezjistí během noci žádné nebezpečí. Kontrolu provádějí osaháním povrchu vozovky i svodidel. Za suchého povrchu se preventivní posyp neprovádí, neboť sůl bývá odváta dříve, než by se mohla uplatnit při vznikající námraze. Přesto v ranních hodinách dojde k nehodě. Zahraniční studie tuto situaci vysvětlují tak, že k náhlému výskytu jíní přispívá turbulence vyvolaná zvýšeným ranním provozem. Promíchání vzduchu dodá k povrchu vozovky velké množství vodní páry, která po depozici na studeném povrchu sníží tření pod kritickou mez (Sulan, 2006).

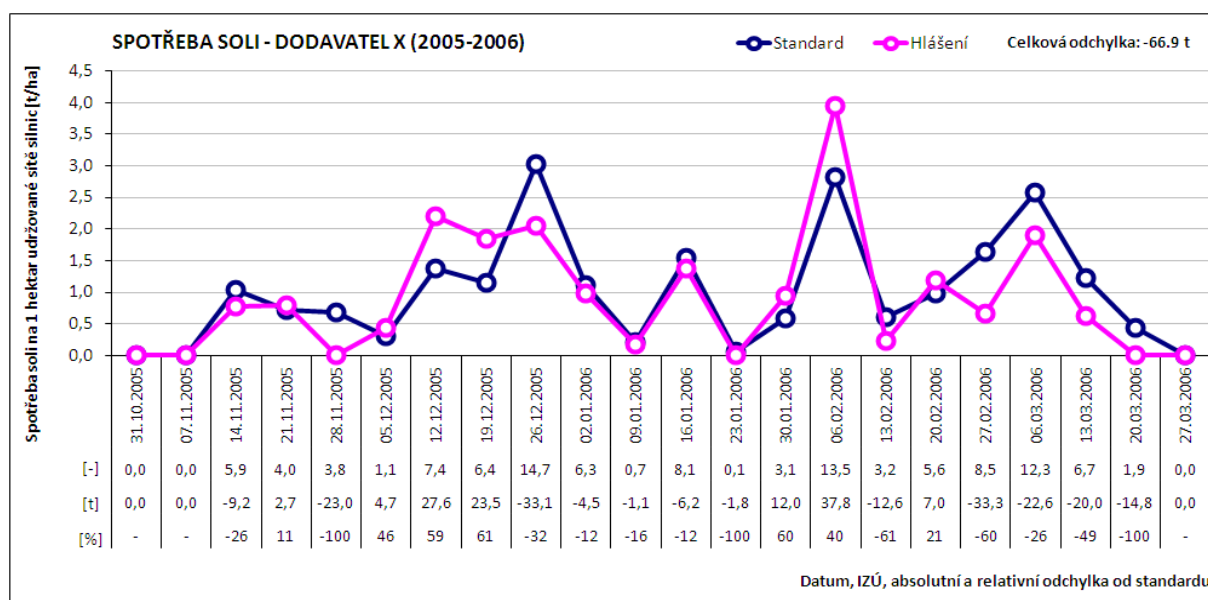
3.6.1.2 Aplikace soli

Aplikace soli na povrch vozovky může být vyjádřena dvěma různými způsoby: koncentrací soli nebo množstvím soli. Koncentrace soli je dána v gramech na litr vody. Množství soli je vyjádřeno v gramech soli na jednotku plochy. Koncentrace se vztahuje pouze

na rozpuštěnou sůl, přičemž množství soli zahrnuje jak rozpuštěnou, tak nerozpuštěnou sůl (Lysbakken, 2008).

3.6.2 Winter Maintenance Index (WMI)

WMI je tzv. index náročnosti zimní údržby (obr. 12). Slouží, jako účinný nástroj pro hodnocení výkonů zimní údržby. Poskytuje podrobnou finanční analýzu a odhaluje tak nesrovnalosti ve fakturaci a dlouhodobého předražování údržby. Správcům silnic přináší znatelné úspory při současném zachování bezpečnosti silničního provozu. Index náročnosti využívá např. společnost CROSS Zlín (<http://www.cross.cz/cs/meteorologicke-systemy/wmi.html>).



Obr. 12 Graf WMI Očekávaný a vykázaný výkon ZÚ (<http://www.cross.cz/cs/meteorologicke-systemy/wmi.html>)

3.7 Značení nebezpečných jevů na komunikacích

Dopravní značka "Zimní výbava" (obr. 13) přikazuje řidiči motorového vozidla pokračovat v jízdě jen za použití zimních pneumatik. A to na všech kolech (u vozidel do 3 500 kg včetně) nebo pouze na hnacích kolech (u vozidel nad 3 500 kg). Limitní hmotností 3 500 kg je pro účely této značky myšlena maximální přípustná hmotnost vozidla,

podle staré legislativy hmotnost celková (http://www.mdcz.cz/cs/Silnicni_doprava/Zimni+vybava.htm).



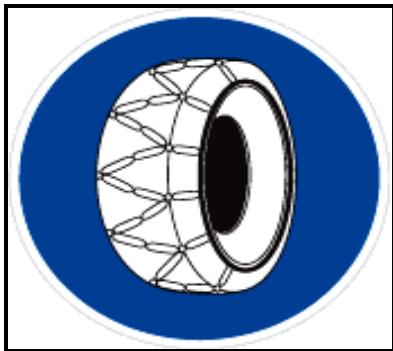
Obr. 13 Dopravní značka "Zimní výbava" a "Zimní výbava - konec" (http://www.mdcz.cz/cs/Silnicni_doprava/Zimni+vybava.htm)

Tato dopravní značka platí od 1. listopadu do 31. března. Pod značkou může být případně umístěna dodatková tabulka s uvedením odlišné úpravy doby platnosti.

Novelizace zákona č. 361/2000 Sb., o silničním provozu, provedená zákonem č. 133/2011 Sb., stanovila s účinností od 1. 11. 2011 povinnost mít zimní pneumatiky na celém území České republiky v případech, kdy se na vozovce nachází souvislá vrstva sněhu, ledu či námraza nebo vzhledem k povětrnostním podmínkám lze takové jevy předpokládat. Povinnost je stanovena zákonem od 1. listopadu do 31. března.

Hloubka vzorku hlavních dezénových drážek nebo zářezů pneumatiky musí být nejméně 4 mm na všech kolech (u vozidel do 3 500 kg), nebo nejméně 6 mm na všech hnacích kolech (u vozidel nad 3 500 kg). Podle průzkumů a také na základě zkušeností bylo zjištěno, že zimní pneumatika s hloubkou dezénu nižší než 4 mm (u vozidel do 3 500 kg) již ztrácí své vlastnosti na sněhové pokrývce, ztrácí tzv. samočisticí efekt (http://www.mdcz.cz/cs/Silnicni_doprava/Zimni+vybava.htm).

K regulaci silničního provozu na komunikacích slouží i ostatní dopravní značky, které upozorňují řidiče na nebezpečná místa. Vyobrazená značka "Sněhové řetězy" (obr. 14) přikazuje řidiči motorového vozidla o třech a více kolech pokračovat v jízdě až po nasazení sněhových řetězů na nejméně dvě hnací kola. Další vybraná dopravní značka "Náledí" (obr. 15) upozorňuje na úsek se zvýšeným nebezpečím častého výskytu náledí na vozovce. Dopravní značka "Mlha" (obr. 16) upozorňuje na výskyt mlhy snižující viditelnost a dopravní značka "Boční vítr" (obr. 17) varuje před nenadálým prudkým bočním větrem, který může ohrozit bezpečnost provozu na pozemních komunikacích (VOGEL, 2010).



Obr. 14 Dopravní značka "Sněhové řetězy"



Obr. 15 Dopravní značka "Náledí"

(http://www.vsechny-autoskoly.cz/dopravni_znacka/snehove_retezy/; http://www.vsechny-autoskoly.cz/dopravni_znacka/naledi/)



Obr. 16 Dopravní značka "Mlha"



Obr. 17 Dopravní značka "Boční vítr"

(http://www.vsechny-autoskoly.cz/dopravni_znacka/mlha/, http://www.vsechnyautoskoly.cz/dopravni_znacka/bocni_vitr/)

3.8 Nehody způsobené meteorologickými prvky

Vliv nepříznivých povětrnostních podmínek na bezpečnost dopravy je zkoumán již mnoho desetiletí a to nejčastěji pro oblast Severní Ameriky, nicméně výsledky nejsou jednoznačné. Například vliv nízkých teplot na počty dopravních nehod byl hodnocen jako statisticky nevýznamný i jako významný faktor zvyšující počet dopravních nehod.

Ačkoli teplota povrchu může mít vliv například na protismykové vlastnosti vozovky, není primárním důvodem, proč k nehodě dojde. Sezónní vzory zvýšeného počtu dopravních nehod a nízké teploty se vyskytují v zimě a zvýšený počet nehod bude zřejmě důsledkem sněhu či deště.

Ve dny, kdy sněží, byla zaznamenána dvojnásobná míra zranění a rovněž lze učinit závěr, že větší hloubka sněhu má za následek mírnější následky dopravních nehod. Při srovnání efektu sněhových a dešťových srážek bylo zjištěno, že je relativní riziko nehody vyšší během sněžení než během deště (Janoška a kol., 2014).

3.8.1 Vliv meteorologických jevů na počty a následky nehod v ČR

Je známo, že skryté faktory, jako jsou například intenzita dopravy, ovlivňují nehodovost a predikční modely s nimi běžně počítají (Lord et Mannering, 2010). Samozřejmě i ostatní faktory (časové a prostorové) mají na výsledky nehod nezanedbatelný vliv.

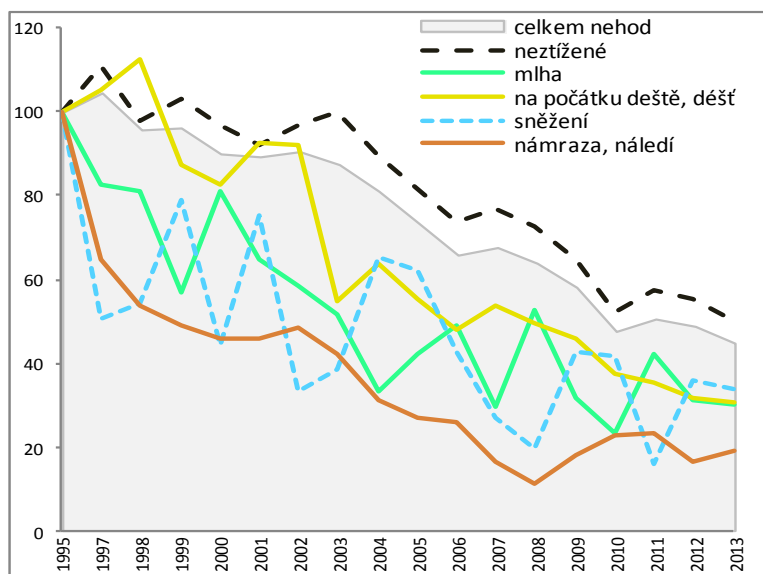
Mlha nemá významný vliv na počty dopravních nehod, nicméně ve dny s mlhou je nižší podíl nehod, které končí zraněním. Za deště a mlhy je vyšší pravděpodobnost, že zranění bude těžké, nebo smrtelné (tab. 2). Tento problém souvisí se zhoršenou viditelností. K závažnosti nehod přispívají také horší protismykové vlastnosti mokré vozovky, nicméně v tom případě by stejný vliv měl být pozorován i u nehod ve dny se sněžením či námrazovými jevy, což není potvrzeno. U ostatních meteorologických jevů se vliv na závažnost zranění neprokázal a počty nehod se zraněním jsou nízké.

Vliv deště na počty dopravních nehod nebyl potvrzen, stejně tak námrazové jevy nemají statisticky významný vliv ani na počty, ani na následky dopravních nehod, poněvadž ve dny, kdy je náledí či námraza, jsou intenzity dopravy výrazně nižší než v jiné dny, a závěr, že tyto jevy nemají vliv na počty dopravních nehod, pak neplatí. Snížené počty nehod jsou tedy kompenzovány sníženou intenzitou dopravy a naopak (Janoška a kol., 2014).

Tab. 2 Vliv meteorologických jevů na závažnost následků dopravních nehod (Janoška a kol., 2014)

Jev	relativní riziko	konfidenční interval
Námrazové jevy	0,77	0,42 - 1,39
Děšť	1,47	1,07 - 2,02
Sníh	0,77	0,51 - 1,16
Dusno	0,96	0,59 - 1,54
Bouřky	1,09	0,77 - 1,54
Mlha	1,37	1,01 - 1,87

Nehody vzniklé zhoršenou viditelností se podílely v roce 2011 z jedné třetiny na celkovém počtu nehod, 45 % z nich bylo smrtelných. Tento počet nehod se ovšem do roku 2014 mírně snížil (obr. 14). Mezi nejrizikovější patří nehody při mlze (19 %), končí úmrtím dvakrát častěji. K podcenění situace ze stran řidičů dochází při slabém dešti, vede tak k tragickým nehodám. Naopak při sněžení, námraze či nárazovém větru, kdy je nehod méně (Kamenický, 2014).



Obr. 14 Vývoj usmrcených a těžce zraněných osob v ČR dle druhu povětrnostních podmínek (Kamenický, 2014)

3.9 Právní předpisy

Zimní údržbu a ošetření komunikací v ČR upravují některé zákony a vyhlášky. Údržba je prováděna v souladu s těmito předpisy a s rozhodnutím daného města.

3.9.1 Zákon č. 13/1997 Sb.

Zákon o pozemních komunikacích, ve znění účinném k 1. 5. 2014.

Tento zákon zpracovává příslušné předpisy Evropské unie. Zákon se zabývá kategorizací pozemních komunikací, výstavbou silnic a dálnic, bezpečností a ochranou pozemních komunikací. Určuje podmínky užívání, práva a povinnosti vlastníků pozemních

komunikací a jejich uživatelů. Upravuje výkon státní správy ve věcech pozemních komunikací příslušnými silničními správními úřady.

Zimní údržby se týkají paragrafy § 9, § 26 a § 27:

- § 9 určuje vlastníky všech silnic (I., II., III. třídy) a dálnic,
- § 26 definuje sjízdnost dálnice, sjízdnost a schůdnost silnice a místní komunikace a její zabezpečení,
- § 27 určuje kdo a v jakém rozsahu zodpovídá za škody vzniklé z nedostatečné údržby, způsob a časové lhůty pro odstraňování závad ve sjízdnosti (příloha I.).

3.9.2 Vyhláška č. 104/1997 Sb.

Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů ze dne 23. dubna 1997, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích.

Paragrafy, které se vztahují k zimní údržbě, se nacházejí v části osmé: Rozsah, způsob a časové lhůty pro odstraňování závad ve sjízdnosti. Jedná se celkem o 6 paragrafů, konkrétně § 41 - § 46:

- § 41 definuje zimní údržbu, podle které se zmírňují závady vznikající povětrnostními vlivy a podmínkami za zimních situací ve sjízdnosti komunikací a ve schůdnosti místních komunikací a průjezdných úseků silnic,
- § 42 určuje a rozděluje pozemní komunikace dle pořadí důležitosti,
- § 43 a § 44 definuje způsob údržby (posyp, postřik, dostupné technologie, pluhování) dálnic, rychlostních a ostatních silnic,
- § 45 udává lhůty pro zmírňování závad ve sjízdnosti dálnic a silnic,
- § 46 určuje lhůty pro zmírňování závad ve sjízdnosti místních komunikací (příloha II.).

4 Závěr

Odvětví silniční meteorologie je v dnešní moderní a uspěchané době velmi aktuálním a důležitým tématem. Sledování všech rizikových meteorologických prvků, studie jejich vlastností a vzniku v odlišných podmínkách, má svůj význam. Následné působení s vozovkou má dopad na celou silniční a dálniční síť. Nelze s určitostí vybrat, který z prvků má největší vliv a naopak. Jedná se například o tyto faktory: náledí, jíní, ledovka, sněhová bouře a mlha. Většina prvků však působí společně, znesnadňují plynulou jízdu a ohrožují lidské životy.

Meteorologické prvky a jevy ovlivňující provoz silnic a dálnic, včetně tunelových a mostních konstrukcí, nejsou doposud dostatečně analyzovány. Je nutno ovšem poznamenat, že většina studií a práce vědců se bude touto problematikou i nadále detailněji věnovat a spolu s tím se bude nadále vyvíjet i relativně nový obor - silniční meteorologie. Již dnes však mohou řidiči a dispečeři získat řadu informací o výskytu nebezpečných jevů na silnici pomocí nejrůznějších technologií a systémů např. SIVS (Systém integrované výstražné služby), RWIS (Road Weather Information Systems) či numerický model ALADIN, které zlepšují bezpečnost provozu. Zvýšení pozornosti zasluhují nebezpečné úseky komunikací vyžadující každoroční údržbu v zimním období také proto, že posypové materiály je nutné zahrnout do ekonomiky provozu. Významným faktem pro další analýzy je i vliv posypu na životní prostředí.

5 Seznam literatury

- Abuelsamid, S. 1997. Method and system for detecting aquaplaning of a vehicle in an antilock brake system. United States Patent. p. 16.
- Anonymus. 2008. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. WMO-No. 8 dokument. WMO. Ženeva. p. 680. ISBN: 978-92-63-10008-5.
- Anonymus. 2010. Autoškola. VOGEL. Praha. 187 s. ISBN: 978-80-86411-81-1.
- Anonymus. Editorial of Aladin [online]. France. ALADIN. 2013. [cit. 23. 3. 2015]. Dostupné z <<http://www.cnrm.meteo.fr/aladin/?lang=en#onglet>>.
- Anonymus. Meteorologické systémy [online]. Zlín. CROSS. 2009. [cit. 2. 3. 2015]. Dostupné z <<http://www.cross.cz/cs/meteorologicke-systemy>>.
- Anonymus. Silniční meteorologická stanice [online]. Sokolov. Changroup. 2010. [cit. 7. 3. 2015]. Dostupné z <<http://www.changroup.cz/changroup/silnicni-meteorologie>>.
- Anonymus. Systém integrované výstražné sužby [online]. Praha. ČHMÚ. [cit. 6. 2. 2015]. Dostupné z <<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/om/sivs/sivs.html>>.
- Anonymus. WMO in brief [online]. Ženeva. WMO. 2013. [cit. 1. 3. 2015]. Dostupné z <https://www.wmo.int/pages/about/index_en.html>.
- Anonymus. Zimní výbava [online]. Ministerstvo dopravy České republiky. 2006. [cit. 12. 2. 2015]. Dostupné z <http://www.mdcz.cz/cs/Silnicni_doprava/Zimni_vybava.htm>.
- Bogren, J. 1991. Screening effect on the Road Surface Temperature and Road Slipperiness. Theoretical and Applied Climatological. 43. p. 91–99.
- Bogren, J., Gustavsson, T., Nordin, L. 2008. SRIS - Slippery Road Information System [online]. Czech Republic. SIRWEC. 14-16th May 2008. [cit. 2014-06-20]. Dostupné z <<http://www.sirwec.org/prague2008.htm>>.
- Boon, C. B., Cluett, C. 2002. Road Weather Information Systems: Enabling Proactive Maintenance Practices in Washington State. p. 116.
- Boselly, E. S., Thornes, E. J., Ulberg, C. 1993. Road Weather Information Systems. Washington. p. 219. ISBN: 0-309-05273-4.
- Brožová, R. 2002. Předpověď počasí a modely atmosféry. Ministerstvo životního prostředí. Praha. 8-16 s. ISBN: 80-7212-189-8.
- Burtwell, M. 2001. Improvements to snow and ice control on European highways. Meteorological Application. 8. p. 475-479.

- ČSN 72 1191. Zkoušení míry namrzavosti zemin. 2013. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha. 12 s.
- Edwards, J. B. 1999. The temporal distribution of road accidents in adverse weather. *Meteorological Applications*. 6. p. 59–68.
- Eriksson, M. 2001. Regional influence on the occurrence of road slipperiness during winter precipitation events. *Meteorological Application*. 8. 449–460.
- Gill, G. C., Olsson, L. E., Sela, J., Suda, M. 1967. Accuracy of wind measurements on towers or stacks. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 48. p. 665–674.
- Gustavsson, T. 1991. Analysis of local climatological factors controlling risk of road slipperiness during warm-air advections. *International Journal of Climatology*. 11. p. 315–330.
- Gustavsson, T., Borgen, J., Green, C. 2001. Road Climate in Cities: A Study of the Stockholm Area, South – East Sweden. *Meteorological*. 8. p. 481–489.
- Hirzel, K. Inteligentní senzory pro náš digitální svět [online]. Sokolov. Changroup. 6. 5. 2014. [cit. 5. 2. 2015]. Dostupné z <<http://www.changroup.cz/changroup/index.php?start=12>>.
- Holmer, B., Postgård, U., Eriksson, M. 2001. Sky view factor in forest canopies calculated with IDRISI. *Theoretical and Applied Climatological*. 68. p. 33–40.
- Hrudička, B. 1937. O sněhových překážkách na silnicích v Československu. *Silniční obzor*. 16. 8 s.
- Chapman, L. Standing International Road Weather Commission [online]. UK. SIRWEC. 2014. [cit. 21. 12. 2014]. Dostupné z <<http://www.sirwec.org/about.htm>>.
- Charlton, R. B., Park, C. 1984. Observations of industrial fog, cloud and precipitation on very cold days. *Atmosphere – Ocean*. 22 (1). p. 106–121.
- Janoška, Z., Andrášik, R., Bíl, M. Vliv vybraných meteorologických jevů na počty a následky dopravních nehod na příkladu Brna a okolí [online]. Centrum dopravního výzkumu. 11. 9. 2014. [cit. 10. 3. 2015]. Dostupné z <<http://www.czrso.cz/clanky/vliv-vybranych-meteorologickych-jevu-na-pocty-a-nasledky-dopravnich-nehod-na-prikladu-brna-a-okoli/>>.
- Kamenický, J. 2014. Dopravní nehodovost a její důsledky v ČR v dlouhodobém pohledu. Český statistický úřad. 88 s.
- Kárník, M. 2011. Optimalizace zimní údržby pozemních komunikací v Novém Městě nad Metují. Diplomová práce. Univerzita Pardubice. Dopravní fakulta Jana Pernera. Pardubice. 65 s.

- Kožnarová, V., Klabzuba, J. 2009. Voda v atmosféře, výpar, vlhkost vzduchu, půdy a materiálu. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 39 s. ISBN: 978-80-213-1123-7.
- Liechty, O. 2004. Industrial snow. SIRWEC 2004, 12th International Road Weather Conference, Bingen, Germany. Annalen der Meteorologie 40, Deutschen Wetterdienstes. p. 5.
- Lord, D., Mannering, F. 2010. The statistical analysis of crash-frequency data: A review and assessment of methodological alternatives. Transportation Research A: Policy and Practice. 44 (5). p. 291-305.
- Lysbakken, K. R. 2008. Measuring salt on road surfaces - A discussion of salt concentration versus salt amount. 31. p. 5.
- Michvocík, L. 2010. Plán zimní údržby místních komunikací ve městě Příbrami pro období 2010 až 2015. Technické služby. Příbram. 29 s.
- Mörken, S. Lufft měří na silnicích (SRN): Silniční meteorologické stanice správce silnic a dálnic LBV SH [online]. Sokolov. Changroup. 20. 1. 2014. [cit. 5. 2. 2015]. Dostupné z <<http://www.changroup.cz/changroup/index.php?start=18>>.
- Munzar, J. a kol. 1989. Malý průvodce meteorologií. Mladá fronta. Praha. 248 s. ISBN: 23-011-89.
- Norrman, J. 2000. Slipperiness on roads an expert systém classification. Meteorological Application. 7. p. 27-36.
- Obrusník, M. 2002. Úloha Českého hydrometeorologického ústavu v krizových situacím způsobených především přírodními živly. Ministerstvo životního prostředí. Praha. 3-7 s. ISBN: 80-7212-189-8.
- Perry, A. H., Symons, L. J. 2003. Highway Meteorology. Taylor & Francis e-Library. London. p. 215. ISBN: 0-203-78173-2.
- Pettifer, R., E., W., Terpstra, J. 1997. Road meteorological observations. WMO/TD No 842. p. 29.
- Plánka, L. 2005. Mezoklimatické mapování pro projektování, stavbu a provozování pozemních komunikací. Acta Montanistica Slovaca. 10 (2). 181-191 s.
- Podzimek, J. 1959. Fysika oblaků a srážek. Československé akademie věd. Praha. 476 s.
- Postgård, U., Lindqvist, S. 2001. Air and road surface temperature variations during weather change. Meteorological Applications. 8. p. 71-84.
- Roth, G. D. 2000. Encyklopedie počasí. Knižní klub. Praha. 296 s. ISBN: 80-242-0228-X.

- Řezáčová, D., Novák, P., Kašpar, M., Setvák, M. 2007. Fyzika oblaků a srážek. Academia. Praha. 574 s. ISBN: 978-80-200-1505-1.
- Setvák, M., Šálek, M., Franc, M. 2002. Bezpečnost osob v blízkosti konvektivních bouří. Ministerstvo životního prostředí. Praha. 61-63 s. ISBN: 80-7212-189-8.
- Skolil, J. 2012. Kapaliny do ostříkovačů – toxicita kontra cena. PETROLmagazín. Brno. 36-38 s.
- Sobišek, B. a kol. 1993. Meteorologický slovník výkladový a terminologický. Ministerstvo životního prostředí České republiky. Praha. 594 s. ISBN: 80-85368-45-5.
- Sulan, J. 2006. Jíní – Stav nebezpečný pro silniční dopravu. Meteorologické zprávy. 59. 37-42 s.
- Sulan, J. Meteorologická měření v silniční síti [online]. Plzeň. ČHMÚ. 2000. Leden 2008. [cit. 20. 1. 2015]. Dostupné z <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteorom/weather_links/Pocasi/Silnice.html>.
- Sulan, J. Příručka silničního meteorologa [online]. Praha. ČHMÚ. Listopad 2010. Leden 2012. [cit. 10. 3. 2015]. Dostupné z <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteorom/weather_links/Pocasi/Silnice.html>.
- Sulan, J., Škuthan, M. 2005. Silniční meteorologie v provozu Českého Hydrometeorologického Ústavu. Meteorologické zprávy. 2. 33-40 s.
- Škuthan, M. 2002. Silniční meteorologie – varovný a ekologický fenomén přelomu tisíciletí. Ministerstvo životního prostředí. Praha. 48-53 s. ISBN: 80-7212-189-8.
- Tuononen, A. J., Matilainen, M. J. 2009. Real-time estimation of aquaplaning with an optical tyre sensor. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering. 223. p. 1263-1272.
- Turunen, M. 1997. Measuring salt and freezing temperature on road. Meteorological Applications. 4. p. 11-15.
- Volný, R. Slabé sněžení - "průmyslové"? [online]. Ostrava, Plzeň. ČHMÚ. 14. 11. 2011. [cit. 5. 1. 2015]. Dostupné z <<http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1321265386&a0=SLAB%C9&a1=SN%CC%8EEN%CD&vyrazu=2&oznacit=ano>>.
- Vyhláška č. 104 Ministerstva dopravy a spojů ze dne 23. dubna 1997, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích. In: Sbíрка zákonů České republiky. 1997. částka 36. s. 2086-2124. Dostupné také z <<http://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=104&r=1997>>.
- White, S. P., Thornes, J. E., Chapmann, L. 2006. A Guide to Road Weather Information Systems. Sirwec. p. 83.

Yu, H., Ozguner, U. 2002. Extremum-seeking control strategy for ABS system with time delay. American Control Conference. 5. p. 3753–3758.

Zákon č. 13 ze dne 23. ledna 1997 o pozemních komunikacích. In: Sbírka zákonů České republiky. 2014. s. 55. Dostupné také z <<http://www.fulsoft.cz/a0m0m>>.

6 Seznam použitých zkratek

ABS (Anti – Blocking System)

ASR (Anti Skid Regulation)

ČHMÚ (Český hydrometeorologický ústav)

ČR (Česká republika)

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development)

OSN (Organizace spojených národů)

PVS (Předpovědní a výstražné služby)

RWIS (Road Weather Information Systems)

SERWEC (Standing European Road Weather Commission)

SIRWEC (Standing International Road Weather Commission)

SIVS (Systém integrované výstražné služby)

SMS (Silniční meteorologická stanice)

SSWM (Support System for Winter Maintenance)

SVF (Sky view faktor)

USA (Spojené státy americké)

WMI (Winter Maintenance Index)

WMO (World Meteorological organization)

7 Samostatné přílohy

Seznam příloh

- I. 13/1997 Sb., Zákon o pozemních komunikacích, ve znění účinném k 1. 5. 2014.
- II. 104/1997 Sb., Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích, ve znění účinném k 1. 2. 2015.

Příloha I. 13/1997 Sb., Zákon o pozemních komunikacích, ve znění účinném k 1. 5. 2014.

§ 9

Průjezdni úsek dálnice a silnice

(1) Vlastníkem dálnic a silnic I. třídy je stát. Vlastníkem silnic II. a III. třídy je kraj, na jehož území se silnice nacházejí, a vlastníkem místních komunikací je obec, na jejímž území se místní komunikace nacházejí. Vlastníkem účelových komunikací je právnická nebo fyzická osoba.

(2) Ministerstvo dopravy může smluvně převést výkon některých práv a povinností státu jako vlastníka silnic I. třídy na organizace správy a údržby silnic, jejichž zřizovatelem jsou kraje (dále jen „správce pozemní komunikace“), za cenu sjednanou v souladu s cenovými předpisy.

(3) Ministerstvo dopravy po projednání s Ministerstvem financí může na dobu určitou, nejdéle na dobu 35 let, smluvně převést výkon některých práv a povinností státu jako vlastníka dálnic a silnic I. třídy na právnickou osobu vybranou postupem podle zákona o zadávání veřejných zakázek za cenu sjednanou v souladu s cenovými předpisy a splatnou způsobem sjednaným ve smlouvě.

(4) Prováděcí právní předpis vymezí podrobnosti k péči vlastníka pozemní komunikace o dálnici, silnici a místní komunikaci, způsob jejich evidence a náležitosti smlouvy o zajištění správy a údržby dálnic nebo silnic I. třídy.

§ 26

Sjízdnost dálnice, sjízdnost a schůdnost silnice a místní komunikace a její zabezpečení

(1) Dálnice, silnice a místní komunikace jsou sjízdné, jestliže umožňují bezpečný pohyb silničních a jiných vozidel přizpůsobený stavebnímu stavu a dopravně technickému stavu těchto pozemních komunikací a povětrnostním situacím a jejich důsledkům.

(2) V zastavěném území obce jsou místní komunikace a průjezdní úsek silnice schůdné, jestliže umožňují bezpečný pohyb chodců, kterým je pohyb přizpůsobený stavebnímu stavu a dopravně technickému stavu těchto komunikací a povětrnostním situacím a jejich důsledkům.

(3) Stavebním stavem dálnice, silnice nebo místní komunikace se rozumí jejich kvalita, stupeň opotřebení povrchu, podélné nebo příčné vlny, výtluky, které nelze odstranit běžnou údržbou, únosnost vozovky, krajnic, mostů a mostních objektů a vybavení pozemní komunikace součástmi a příslušenstvím.

(4) Dopravně technickým stavem dálnice, silnice nebo místní komunikace se rozumí jejich technické znaky (příčné uspořádání, příčný a podélný sklon, šířka a druh vozovky, směrové a výškové oblouky) a začlenění pozemní komunikace do terénu (rozhled, nadmožská výška).

(5) Povětrnostními situacemi a jejich důsledky, které mohou podstatně zhoršit nebo přerušit sjízdnost, jsou vánice a intenzivní dlouhodobé sněžení, vznik souvislé námrazy, mlhy, oblevy, mrznoucí déšť, vichřice, povodně a přívalové vody a jiné obdobné povětrnostní situace a jejich důsledky.

(6) Závadou ve sjízdnosti pro účely tohoto zákona se rozumí taková změna ve sjízdnosti dálnice, silnice nebo místní komunikace, kterou nemůže řidič vozidla předvídat při pohybu vozidla přizpůsobeném stavebnímu stavu a dopravně technickému stavu těchto pozemních komunikací a povětrnostním situacím a jejich důsledkům.

(7) Závadou ve schůdnosti pro účely tohoto zákona se rozumí taková změna ve schůdnosti pozemní komunikace, kterou nemůže chodec předvídat při pohybu přizpůsobeném stavebnímu stavu a dopravně technickému stavu a povětrnostním situacím a jejich důsledkům.

§ 27

(1) Uživatelé dálnice, silnice, místní komunikace nebo chodníku nemají nárok na náhradu škody, která jim vznikla ze stavebního stavu nebo dopravně technického stavu těchto pozemních komunikací.

(2) Vlastník dálnice, silnice, místní komunikace nebo chodníku odpovídá za škody vzniklé uživatelům těchto pozemních komunikací, jejichž příčinou byla závada ve sjízdnosti, pokud neprokáže, že nebylo v mezích jeho možností tuto závadu odstranit, u závady způsobené povětrnostními situacemi a jejich důsledky takovou závadu zmírnit, ani na ni předepsaným způsobem upozornit.

(3) Vlastník místní komunikace nebo chodníku odpovídá za škody, jejichž příčinou byla závada ve schůdnosti chodníku, místní komunikace nebo průjezdního úseku silnice, pokud neprokáže, že nebylo v mezích jeho možností tuto závadu odstranit, u závady způsobené povětrnostními situacemi a jejich důsledky takovou závadu zmírnit, ani na ni předepsaným způsobem upozornit.

(4) Vlastník dálnice, silnice, místní komunikace nebo chodníku odpovídá podle obecných právních předpisů vlastníkům sousedních nemovitostí za škody, které jim vznikly v důsledku stavebního stavu nebo dopravně technického stavu těchto komunikací; neodpovídá však za škody vzniklé vlastníkům sousedních nemovitostí v důsledku provozu na těchto pozemních komunikacích.

(5) Úseky silnic, místních komunikací a chodníků, na kterých se pro jejich malý dopravní význam nezajišťuje sjízdnost a schůdnost odstraňováním sněhu a náledí, je vlastník povinen označit podle zvláštního právního předpisu nebo prováděcího právního předpisu. Vymezení takových úseků silnic stanoví příslušný kraj svým nařízením a vymezení úseků místních komunikací a chodníků stanoví příslušná obec svým nařízením.

(6) Prováděcí předpis blíže vymezí rozsah, způsob a časové lhůty pro odstraňování závad ve sjízdnosti dálnice, silnice a místní komunikace. Obec stanoví nařízením rozsah, způsob a lhůty odstraňování závad ve schůdnosti chodníků, místních komunikací a průjezdních úseků silnic (13/1997 Sb., Zákon o pozemních komunikacích, 2014).

Příloha II. 104/1997 Sb., Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích, ve znění účinném k 1. 2. 2015.

ČÁST OSMÁ

ROZSAH, ZPŮSOB A ČASOVÉ LHŮTY PRO ODSTRAŇOVÁNÍ ZÁVAD VE SJÍZDNOSTI

(k § 27 odst. 7 zákona)

§ 41

Základní ustanovení

(1) Zimní údržbou se podle pořadí důležitosti zmírňují závady vznikající povětrnostními vlivy a podmínkami za zimních situací ve sjízdnosti komunikací a ve schůdnosti místních komunikací a průjezdných úseků silnic.

(2) Zimní údržba se provádí podle plánu zimní údržby. V obvyklé zimní situaci vlastník (správce) komunikace odstraní nebo alespoň zmírní závady ve sjízdnosti (schůdnosti) komunikace v časových lhůtách stanovených plánem zimní údržby, jehož vzor je uveden v příloze č. 6.

(3) Opatření před zahájením zimní údržby a přehled technologií používaných v zimní údržbě jsou podrobně uvedeny v příloze č. 7, vzor deníku o zimní údržbě a způsob jejího vyhodnocení jsou uvedeny v příloze č. 8.

(4) Pro účely této vyhlášky je zimním obdobím doba od 1. listopadu do 31. března následujícího roku. V tomto období se provádí zimní údržba podle plánu zimní údržby. Pokud vznikne zimní povětrnostní situace mimo toto období, zmírňují se závady ve sjízdnosti (schůdnosti) komunikace bez zbytečných odkladů přiměřeně k vzniklé situaci.

§ 42

Plán zimní údržby

(1) Pro účely plánu zimní údržby se silnice rozdělují podle pořadí důležitosti takto:

- a) I. pořadí - silnice I. třídy a dopravně důležité silnice II. třídy,
- b) II. pořadí - zbývající úseky silnic II. třídy nezařazené do I. pořadí a dopravně významné silnice III. třídy,
- c) III. pořadí - ostatní silnice III. třídy nezařazené do II. pořadí a udržované zpravidla jen pluhováním,
- d) neudržované - silnice, na nichž není provozována osobní linková doprava a

na nichž není nutno pro jejich nepatrný dopravní význam vykonávat zimní údržbu [na tuto skutečnost musí být uživatelé upozorněni způsobem stanoveným ve zvláštním předpise].

(2) O zpracování plánu zimní údržby pro místní komunikace rozhodují obce podle velikosti obce a dopravního významu místních komunikací. Pokud obce rozhodnou o zpracování plánu zajištění sjízdnosti místních komunikací I. až III. třídy, přihlédnou k tomuto pořadí důležitosti:

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

§ 43

Dálnice a rychlostní silnice

(1) Závady ve sjízdnosti se zmírňují na všech průběžných jízdnicích pruzích, dále postupně na jízdnicích pruzích křižovatek, pruzích pro pomalá vozidla, na zpevněných krajnicích, na příjezdech a výjezdech z odpočívek a na odpočívkách. Potom se zmírňují závady ve schůdnosti odpočívek, a to vždy za denního světla.

(2) Za nepříznivých povětrnostních podmínek se napřed zmírňují závady ve sjízdnosti nejméně na jednom jízdnicím pruhu v každém jízdnicím směru.

(3) Posyp či postřik se provádí zásadně chemickými rozmrazovacími materiály, především prostřednictvím mechanismů či zařízeními, která umožňují přesné dávkování a rovnoměrné rozprostření chemických rozmrazovacích látek na vozovce. Zdrsňovací materiály se používají pouze v případě, kdy je pro daný úsek vydán zákaz použití chemických rozmrazovacích materiálů, anebo pokud by jejich použitím nebylo možno v důsledku povětrnostní situace zmírnit závady ve sjízdnosti.

§ 44

Ostatní silnice

Při výkonu zimní údržby se v souladu se schváleným plánem zimní údržby použije taková dostupná technologie, která nejlépe vyhovuje místním podmínkám a pořadí důležitosti silnice (§ 42 odst. 1):

- a) I. pořadí - udržuje se celá šířka a délka vozovky
 1. náledí a zbytková vrstva sněhu po pluhování o tloušťce menší než 3 cm se odstraňuje posypy chemickými rozmrazovacími materiály,
 2. náledí a kluzkost sněhové vrstvy při neúčinnosti chemických rozmrazovacích materiálů se zdrsňuje posypem zdrsňovacími materiály,
- b) II. pořadí - shodné technologie jako v I. pořadí s tím, že v případě nutnosti se na silnicích ponechávají uježděné sněhové vrstvy, které se zdrsňují posypem zdrsňovacími materiály. Posyp je možno provádět pouze na místech, kde si to vyžaduje dopravně technický stav komunikace (křižovatky, velká stoupání, ostré oblouky, zastávky linkové osobní dopravy),
- c) III. pořadí - udržují se až po ošetření silnic I. a II. pořadí důležitosti v zásadě pluhováním a v místech, kde si to vyžádá dopravně technický stav komunikace se provádí posyp zdrsňovacími materiály.

§ 45

Lhůty pro zmírňování závad ve sjízdnosti dálnic a silnic

(1) Správci komunikací zabezpečují zimní údržbu tak, aby pokyn k zahájení příslušného zásahu byl vydán neprodleně po zjištění jeho potřeby a aby pluhování bylo prováděno již v průběhu spadu sněhu a podle potřeby i po jeho skončení.

(2) Doba od zjištění vzniku závady ve sjízdnosti dálnice nebo silnice do doby výjezdu prvních mechanismů ke zmírnění této závady nesmí být v zimním období delší než 30 minut. Mimo zimní období se závady ve sjízdnosti zmírňují bez průtahů.

(3) Vlastními výkony posypu musí být zajištěna sjízdnost v těchto časových lhůtách od výjezdu posypových mechanismů:

- a) na dálnicích a rychlost. silnicích do 2 hodin,

- b) na silnicích zařazených
- | | | |
|--------------|------|--------------|
| do I. pořadí | | do 3 hodin, |
| II. pořadí | | do 6 hodin, |
| III. pořadí | | do 12 hodin. |

(4) Lhůty uvedené v odstavci 3 platí pro dálnice a silnice zařazené do I. pořadí po celých 24 hodin (104/1997 Sb., Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích, 1997).