



B&B
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Logistično inženirstvo
Modul: Poslovna logistika

ZIMSKO VZDRŽEVANJE DRŽAVNIH CEST

Mentor: mag. Branko Lotrič
Somentor: Pavle Hevka, dipl. ekon.
Lektorica: Ana Peklenik, prof. slov.

Kandidatka: Špela Šeme Lesjak

Ljubljana, junij 2014

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju mag. Branku Lotriču in somentorju g. Pavletu Hevki za pomoč in svetovanje pri izdelavi diplomskega dela.

Hvala vsem, ki so sodelovali v anketi.

Zahvaljujem se tudi lektorici Ani Peklenik, ki je mojo diplomsko nalogo jezikovno in slovnično pregledala.

Posebej se zahvaljujem moji družini, ki me je podpirala v času mojega študija in mi omogočila uspešen zaključek.

IZJAVA

»Študentka Špela Šeme Lesjak izjavljam, da sem avtorica tega diplomskega dela, ki sem ga napisala pod mentorstvom mag. Branka Lotriča.«

»Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.«

Dne _____

Podpis: _____

POVZETEK

Današnji uporabniki pričakujejo, da bodo ceste primerne za promet v vsakem času. Ta pričakovanja pa je težko uresničiti, saj se vremenske razmere pozimi hitro menjajo, nemogoče jih je zanesljivo napovedati.

Aktivnosti, potrebne za zagotavljanje prevoznosti cest in varnosti prometa v zimskih razmerah, so zelo specifične, njihovo izvajanje pa zahteva posebno odgovornost in napor.

V zimskem obdobju, ki traja praviloma od 15. novembra tekočega do 15. marca naslednjega leta, se ceste vzdržujejo v skladu z izvedbenim programom zimske službe. Vzdrževanje prevoznosti posameznih cest v zimskih razmerah je opredeljeno s prednostnimi razredi, v katere so razvrščene glede na kategorijo, gostoto in strukturo prometa, geografsko-klimatske razmere in krajevne potrebe.

V Sloveniji za preprečevanje nastanka poledice in pospeševanje tajanja snega in ledu na cestišču uporabljamo soli (natrijev, magnezijev in kalcijev klorid), ki zaradi svojih kemijskih in fizikalnih lastnosti znižujejo temperaturo zmrzišča vode in tako preprečujejo nastanek ledu. Torna sposobnost poledenelih in zasneženih vozišč pa je mogoče izboljšati na mehanski način s posipavanjem drobljenca in peska.

V prihodnje pa so možne nove in učinkovitejše metode za posipavanje cestišč: melasa in brizganje raztopin soli. S tem bi se bistveno zmanjšali stroški, ki jih zimska služba porabi za svoje delovanje, zmanjšala pa bi se tudi obremenitev okolja.

KLJUČNE BESEDE

- zimska služba
- soli (kloridi: natrijev – NaCl, kalcijev – CaCl₂ in magnezijev – MgCl₂)
- drobljenec
- melasa

ABSTRACT

Today's users expect roads to be usable for traffic at any time. These expectations can be hard to please as weather conditions in winter change quickly and precise weather forecasts are not possible.

Activities that are necessary for assuring that the roads can be driven on and providing safety in traffic in winter conditions are specific. Their realization demands special responsibility and efforts.

In winter time that usually lasts from 15th November of the current year to 15th March of the following year roads are maintained in accordance with realization program of winter service. The maintenance of condition of individual roads in winter time is determined with priority classes. The roads are grouped into the classes according to the density and structure of traffic, geographic and climate conditions as well as local needs.

In Slovenia, salts (sodium, calcium and magnesium chloride) are used for prevention of black ice on the roadway and acceleration of snow and ice melting, as due to their chemical and physical characteristics lower the temperature of melting-point and thus prevent ice. The friction characteristic of ice-bound and snowbound roadways can be improved in mechanical way, with sanding and graveling.

In future, new and more effective methods of strewing roadways will be possible, like molasses and jetting salt solutions. Thus expenses that the winter service uses for its work would reduce substantially. The burden on the environment would lessen as well.

KEY WORDS

- winter service
- salts (sodium NaCl, calcium CaCl₂ and magnesium MgCl₂ chloride)
- road metal
- molasses

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	PREDSTAVITEV PROBLEMA	1
1.2	CILJI NALOGE	1
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	1
1.4	METODE DELA	1
2	SPLOŠNO	2
2.1	ZAKONSKA PODLAGA	2
2.2	ORGANIZACIJA ZIMSKE SLUŽBE	4
2.3	VREMENSKE RAZMERE	7
3	KLASIČNI POSIPNI MATERIALI	9
3.1	TALILA.....	9
3.1.1	<i>Natrijev klorid</i>	9
3.1.2	<i>Kalcijev klorid</i>	12
3.1.3	<i>Magnezijev klorid</i>	14
3.1.4	<i>Alternativna talila</i>	16
3.1.5	<i>Učinkovanje soli za posipavanje na tavanje ledu</i>	16
3.2	POSIPI ZA UBLAŽITEV DRSNOSTI	18
3.2.1	<i>Naravne kamenine</i>	18
3.2.2	<i>Stranski produkti pri različnih industrijskih procesih</i>	19
3.2.3	<i>Posipavanje cestišč s posipi za ublažitev drsnosti</i>	19
3.2.4	<i>Učinkovitost posipov za ublažitev drsnosti</i>	21
4	NOVE IN UČINKOVITEJŠE METODE ZA POSIPAVANJE CESTIŠČ	22
4.1	MELASA	22
4.1.1	<i>Oplaščanje soli</i>	23
4.1.2	<i>Posipavanje suhe soli, oplaščene z melaso</i>	24
4.1.3	<i>Posipanje mokre soli</i>	25
4.2	UPORABA BRIZGANJA RAZTOPIN SOLI V ZIMSKI SLUŽBI	27
4.2.1	<i>Prednosti in slabosti brizganja raztopin soli ter mehanizacija</i>	28
4.2.2	<i>Priprava in skladiščenje slanice</i>	29
5	ZADOVOLJSTVO Z UČINKI ZIMSKE SLUŽBE PRI UPORABNIKIH CEST ..	31
5.1	ANKETA	31
5.2	REZULTATI ANKETE	31
5.3	POVZETEK ANKETE	40
6	ZAKLJUČEK	40
	LITERATURA IN VIRI	43
	PRILOGA – ANKETNI VPRAŠALNIK	44

KAZALO SLIK

Slika 1: Cestno-vzdrževalna enota Bič	6
Slika 2: Posipalnik, pripet na vozilo	6
Slika 3: Enostranski čelni plug	7
Slika 4: Kristal natrijevega klorida.....	9
Slika 5: (a) evaporirana sol, (b) kamena sol, (c) morska sol	10
Slika 6: Fazni diagram za sistem natrijev klorid – voda.....	11
Slika 7: Peletke brezvodnega (anhidrid) CaCl_2	12
Slika 8: Luske $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	12
Slika 9: Fazni diagram za sistem kalcijev klorid – voda	13
Slika 10: Luske $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	14
Slika 11: Fazni diagram za sistem magnezijev klorid – voda	15
Slika 12: Naravne kamenine za pripravo posipov za ublažitev drsnosti: (a) gnajs, (b) kvarc, (c) lava in (d) dolomit	18
Slika 13: Shematska predstavitev delovanja posipov za ublažitev drsnosti na zasneženi ali poledeneli vozni površini	21
Slika 14: Melasa, ki ostane pri proizvodnji sladkorja iz sladkorne pese.....	22
Slika 15: Sol, oplasčena z nerazredčeno melaso	23
Slika 16: Sol, oplasčena z razredčeno melaso	24
Slika 17: Izgled posipa pri razmerju 70 : 30, širini posipanja 4 m in količini posipa 10 g/cm^3	26
Slika 18: Izgled posipa pri razmerju 90 : 10, širini posipanja 4 m in količini posipa 20 g/cm^3	26
Slika 19: Šobe (a), ki razpršijo tekočino v obliki pahljače in šobe (b), ki razpršijo tekočino v obliki curka	29

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Starost.....	31
Graf 2: Spol.....	31
Graf 3: Vrsta vozila.....	32
Graf 4: Pogostost vožnje po avtocesti	32
Graf 5: Pogostost vožnje po ostalih državnih cestah	33
Graf 6: Ustrezna priprava jeklenega konjička	33
Graf 7: Ustrezna zimska oprema	33
Graf 8: Stanje na cestah.....	34
Graf 9: Uporaba javnega potniškega prometa	34
Graf 10: Uradna zimska sezona	35
Graf 11: Ustrezna očiščenost avtocest pozimi	35
Graf 12: Očiščenost ostalih državnih cest pozimi	35
Graf 13: Zagotavljanje varnosti na državnih cestah	36
Graf 14: Zastoj v zimskih razmerah	36
Graf 15: Stanje cest v zimskih razmerah	37
Graf 16: Delo zimske službe.....	37
Graf 17: Škodljivost soli za okolje	37
Graf 18: Škodljivost drobljenca za okolje	38
Graf 19: Poraba soli na kvadratni kilometer	38
Graf 20: Poraba soli na m^2	39
Graf 21: Uporaba avtocest drugih držav	39

1 UVOD

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Za organizacijo vzdrževanja državnih cest v Republiki Sloveniji skrbita Družba za avtoceste v RS (DARS) in Direkcija RS za ceste (DRSC). Temeljna naloga zimske službe je zagotavljanje prevoznosti in varnosti na državnih cestah v zimskem obdobju. V Sloveniji se za posipavanje cestišč uporabljajo naslednja topilna sredstva: natrijev klorid (NaCl), ki deluje do -8°C , kalcijev klorid (CaCl_2), ki deluje do -22°C , in magnezijev klorid (MgCl_2), ki deluje do -18°C , ter drobljenec za povečanje torne sposobnosti.

Uporaba posipnih materialov predstavlja tako velik finančni zalogaj za državo oziroma davkoplačevalce kot obremenitev za okolje.

1.2 CILJI NALOGE

Namen diplomske naloge je proučiti lastnosti posipnih materialov in njihovo obstoječo uporabo, ustreznost opreme (posipalcev), količino uporabe drobljenca in usposobljenost kadra, ki izvaja posipavanje.

Cilj diplomske naloge je odgovoriti na naslednja raziskovalna vprašanja in z ugotovitvami seznaniti bralca:

- Ali se uporabljajo ustrezni posipni materiali glede na vremenske razmere?
- Kakšne so možnosti za uporabo novih in učinkovitejših metod za posipavanje cestišč ter kako vplivajo na znižanje stroškov in obremenitev okolja?
- Kakšno je zadovoljstvo z učinki zimske službe pri uporabnikih cest?

1.3 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE

Z začetkom zimske sezone, pa naj bo to pred ali po uradnem začetku, se vedno pojavljajo pripombe in komentarji uporabnikov cest. Predpostavljamo, da zadovoljstvo z učinki zimske službe pri uporabnikih ni najboljše. Predpostavke smo preverili z izvedbo ankete, ki smo jo razdelili med različne uporabnike cest.

Pri obravnavi problema smo se omejili predvsem na področje državnih cest v RS.

1.4 METODE DELA

Pri izvedbi diplomske naloge smo uporabili naslednje metode:

- opisno ali deskriptivno za opisovanje pojmov,

- metodo združevanja ali kompilacije za združevanje izsledkov raziskav različnih avtorjev,
- metodo anketiranja – spraševanje večje skupine ljudi,
- statistično metoda – metodo množičnih pojavov, zbiranje in obdelovanje podatkov.

2 SPLOŠNO

2.1 ZAKONSKA PODLAGA

Zakon o cestah določa in ureja:

- status in kategorizacijo javnih cest,
- enotna pravila za gradnjo, upravljanje in vzdrževanje vseh javnih cest ter pogoje za uporabo nekategoriziranih cest, ki se uporabljajo za javni cestni promet, zaradi zagotavljanja enakih pogojev za varno odvijanje cestnega prometa na celotnem cestnem omrežju,
- obvezno gospodarsko javno službo za zagotavljanje stanja javnih cest za varen in neoviran promet,
- upravljanje, gradnjo, vzdrževanje in varstvo javnih cest ter prometa na njih.

Javne ceste so prometne površine, ki so splošnega pomena za promet in jih lahko vsak prosto uporablja na način in pod pogoji, določenimi s predpisi, ki urejajo ceste, in pravili cestnega prometa.

Javne ceste se deli na (<http://www.uradni-list.si/1/content?id=101701>):

- državne ceste, ki so v lasti Republike Slovenije:
 - avtoceste,
 - hitre ceste,
 - glavne ceste 1. in 2. reda,
 - regionalne ceste 1., 2. in 3. reda;
- občinske ceste, ki so v lasti občin:
 - lokalne ceste,
 - javne poti.

Na osnovi Zakona o cestah je izšel tudi Pravilnik o vrstah vzdrževalnih del na javnih cestah in nivoju rednega vzdrževanja javnih cest. Ta pravilnik določa vrste vzdrževalnih del na javnih cestah in potrebni nivo vzdrževanosti javnih cest.

Vzdrževanje cest vodi in organizira za to dejavnost pristojna strokovna služba upravljavca cest. Ceste morajo biti vzdrževane tako, da je omogočen varen promet na njih, da se ohranijo ali izboljšajo njihove prometne, tehnične in varnostne

lastnosti, da se ceste in okolje zaščitijo pred škodljivimi vplivi cestnega prometa ter ohranja urejen videz cest.

Zimska služba obsega sklop dejavnosti in opravil, potrebnih za omogočanje prevoznosti cest in varnega prometa v zimskih razmerah. Zimske razmere nastopijo, ko je zaradi zimskih pojavov (sneg, poledica in drugo) lahko ogroženo normalno odvijanje prometa.

V zimskem obdobju, ki praviloma traja od 15. novembra tekočega do 15. marca naslednjega leta, se ceste vzdržujejo skladno z izvedbenim programom zimske službe. Izvedbeni program zimske službe pripravi izvajalec rednega vzdrževanja in ga predloži v sprejem strokovni službi najkasneje do 15. oktobra tekočega leta.

Z izvedbenim programom zimske službe se določijo:

- organizacijska shema vodenja ter pristojnosti in odgovornosti izvajalcev zimske službe,
- razpored pripravljalnih del,
- načrt cestne mreže z oznakami prednostnih razredov in izhodiščna mesta za izvajanje zimske službe (cestne baze),
- razporeditev mehanizacije, opreme, materiala za posipavanje in delavcev za izvajanje načrtovanih del,
- dežurstva, obveznost prisotnosti, stopnje pripravljenosti in razpored delovnih skupin,
- načrt posipavanja proti poledici in odstranjevanje snega,
- mesta in način izločanja posameznih vrst vozil ob neugodnih razmerah na cesti,
- način zbiranja podatkov in shema obveščanja o stanju in prevoznosti cest.

Vzdrževanje prevoznosti posameznih cest v zimskih razmerah je opredeljeno s prednostnimi razredi, v katere so ceste razvrščene glede na kategorijo, gostoto in strukturo prometa, geografsko-klimatske razmere in krajevne potrebe. Razvrstitev cest po prednostnih razredih določi strokovna služba, tako da je zagotovljena usklajena prevoznost cestne mreže.

V Republiki Sloveniji so javne ceste razvrščene glede na potrebe zimske službe v šest razredov (Pravilnik o vrstah vzdrževalnih del na javnih cestah in nivoju rednega vzdrževanja javnih cest, <http://www.uradni-list.si/1/content?id=3185>):

- I. razred – vanj so uvrščene avtoceste in hitre ceste, na katerih mora biti prevoznost zagotovljena vseh 24 ur. Ob normalnem sneženju je treba zagotoviti prevoznost na celotnem vozišču, pomembnejših križanjih in dovozih k večjim parkiriščem. Prevozni morajo biti tudi odstavní pasovi. Ob močnem sneženju mora biti prevozen vsaj en vozni pas in dovozi k večjim parkiriščem.

- II. razred – v tem razredu se nahajajo glavne ceste, glavne mestne ceste in pomembnejše regionalne ceste, ki morajo biti prevozne med 5. in 22. uro. V primeru sneženja so med 22. in 5. uro možni do dvourni zastoji.
- III. razred – v ta razred so uvrščene ostale regionalne ceste, pomembnejše lokalne ceste, zbirne mestne in krajevne ceste, ki morajo biti prevozne med 5. in 22. uro. Ob sneženju so možni dvourni zastoji predvsem med 20. in 5. uro.
- IV. razred – vanj so uvrščene ostale lokalne ceste, mestne in krajevne ceste. Prevoznost je praviloma zagotovljena med 7. in 20. uro, vendar so ob sneženju možni krajši zastoji. Ob močnejših snežnih padavinah so možni tudi enodnevni zastoji.
- V. razred – vanj spadajo javne poti, parkirišča in kolesarske povezave. Prevoznost teh prometnih površin se zagotavlja ob upoštevanju krajevnih potreb. Ob sneženju so možni enodnevni, ob močnejšem sneženju pa tudi večdnevni zastoji.
- VI. razred – vanj so uvrščene ceste, ki so v zimskih razmerah zaprte.

2.2 ORGANIZACIJA ZIMSKE SLUŽBE

V Republiki Sloveniji za organizacijo vzdrževanja državnih cest skrbita Družba za avtoceste – DARS (avtoceste in nekatere hitre ceste) in Direkcija Republike Slovenije za ceste – DRSC (glavne in regionalne ceste). Zimska služba deluje v sklopu organizacije rednega vzdrževanja državnih cest.

Temeljna naloga zimske službe je zagotavljanje prevoznosti in varnosti na državnih cestah v zimskem obdobju. To zahteva učinkovito preprečevanje nastanka poledice ter hitro in temeljito odstranitev ledu in snega s cestišča (Švegl, 2008, str. 1).

Za čim bolj neovirano in varnejšo uporabo vozišč je treba pozimi (Žmavc, 2010, str. 181):

- preventivno posipavati za preprečitev nastanka poledice in sprijemanje suhega snega na podlago ter
- operativno posipati nastalo poledico in sneg na vozišču, da se čim prej staja ali vozišče ohrapavi.

Za preprečevanje nastanka poledice in pospeševanje tajanja snega in ledu na cestišču se uporabljajo soli, ki zaradi svojih kemijskih in fizikalnih lastnosti znižujejo temperaturo zmrzišča vode in tako preprečujejo nastanek ledu. Torno sposobnost poledenelih in zasneženih vozišč je mogoče do določene mere izboljšati tudi na popolnoma mehanski način s posipavanjem mineralnih posipov v obliki različnih vrst drobljenca in peska, ki jih imenujemo tudi »posipi za ublažitev drsnosti cestišča«.

Vsakoletno delovanje zimske službe zahteva ogromna sredstva, ki se v povprečni zimi gibljejo v finančnem okviru med 14 in 17 milijoni evrov, kar je 30–35 % celotnih sredstev, namenjenih upravljanju in vzdrževanju cest, ki so v upravljanju DRSC-ja. Ta sredstva gredo iz proračuna in jih moramo prispevati davkoplačevalci, zato je še posebej potrebno z denarjem, namenjenim vzdrževanju cest, ravnati skrajno racionalno (Švegl, 2008, str. 1).

Poraba soli je zelo odvisna od tega, kako huda je zima. Če je veliko padavin in snega, je posledično veliko operativnega in preventivnega posipanja. Povprečna poraba soli je 29.024 kg na kilometer, niha pa med 10.743 in 53.083 kg na kilometer avtoceste. Povprečna poraba na m² tako znaša 1,32 kg, v hudi zimi pa tudi 2,40 kg/m² (Gorše, 2008, str. 22–23).

Zima v letu 2012/2013 je bila zelo huda. Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji (Dars) je v tej zimi vzdrževala 606 km avtocest in hitrih cest, 21 km razcepov in 50 km servisnih poti, 460 delavcev z 260 vozili pa je ceste plužilo in posipalo že pred uradnim začetkom zimske službe in tudi po njenem zaključku. Prvič so šli na ceste 27. oktobra 2012 in nazadnje 2. aprila 2013. DARS je v omenjeni zimi porabila rekordnih 48 tisoč ton posipnih materialov in skoraj poldrugi milijon litrov kloridov. Povprečna poraba na kilometer avtoceste je bila 79 ton soli (<http://www.zurnal24.si/dars-v-zadnji-zimi-bolj-uspesen-od-sosednjih-drzav-clanek-187784>).

Izvedbeni program zimske službe je temeljni dokument za izvajanje del. S tem programom, katerega vsebina je v osnovah predpisana, mora biti celovito izvajanje podrobno opredeljeno in po njem tudi pravočasno izvršeno, tako da bodo vozišča omogočila varen in udoben promet.

Vsi udeleženci v zimski službi morajo biti z izvedbenim programom podrobno seznanjeni in odgovorni za izvršitev nalog, kot je opredeljeno v predpisih za vzdrževanje cest in določilih, sprejetih v ustreznih koncesijskih pogodbah. Z izvedbenim programom morajo biti ravno tako seznanjeni tudi vsi neposredno ali posredno prizadeti organi in gospodarska podjetja (komunalna in avtobusna podjetja), ki morajo uskladiti svoje aktivnosti.

Za izvajanje zimske cestne službe je treba pravočasno pripraviti vso mehanizacijo in opremo za preventivno in operativno posipavanje vozišč in odstranjevanje snega ter orodja. Vsa v zimski cestni službi načrtovana mehanizacija in oprema ter usposobljeni in z razmerami seznanjeni upravljavci morajo biti razporejeni po cestno-vzdrževalnih enotah in fazah izvajanja zimske cestne službe.



Slika 1: Cestno-vzdrževalna enota Bič
(Vir: lasten)

Optimalno posipavanje vozišč je mogoče zagotoviti samo z uporabo sodobne opreme. Za enakomerno in gospodarno posipavanje zrnatih materialov, izključno pa za pobrizg raztopin soli, je potrebna strojna oprema, ki omogoča hitro ukrepanje. V osnovi posipalnice razvrstimo glede na način posipavanja:

- z vrtljivim krožnikom, ki je lahko pritrjen spodaj na šasijo ali zabojnik med kolesi vozila oziroma spredaj ali zadaj na primerno montažno ploščo na vozilu,
- z vrtljivim valjem v posipalniku, pripet na vlečno kljuko vozila,
- z ročnim vozičkom z vgrajenim posipalnikom,
- s pihalnikom.



Slika 2: Posipalnik, pripet na vozilo
(Vir: <http://www.rikoribnica.com/zimski-program-posipalec-vp12-27.html#>)

Za pluzenje in odmetavanje snega z vozišč pa se uporabljajo:

- klinasti plugi,
- enostranski plugi,
- odmetalniki in
- rezalniki.



Slika 3: Enostranski čelni plug

(Vir: <http://www.rikoribnica.com/zimski-program-snezni-plug-rps.html>)

Za nemoteno izvajanje zimske cestne službe je treba pravočasno zagotoviti:

- zadostno količino materialov za posipanje vozišč ter
- primerna skladišča in deponije za te materiale.

Skladiščni prostori za materiale za posipavanje vozišč morajo biti dimenzionirani tako, da je omogočeno neovirano delo zimske cestne službe. Zagotovljeni morajo biti za značilne vrste uporabljenih materialov za posipavanje (Žmavc, 2010, str. 157–164):

- zmesi drobljenih kamnitih zrn ali podobnih zrnatih materialov ter
- soli in njihove raztopine.

Zimske vremenske razmere pozimi se razlikujejo od tistih v ostalih letnih časih, zato je za varno uporabo cest uporabnike potrebno opozoriti na posebne pogoje s postavitvijo dopolnilne (zimske, začasne) prometne signalizacije. Podrobnosti morajo biti opredeljene v izvedbenem načrtu zimske cestne službe, dopolnilna prometna signalizacija pa nameščena pred nastopom zimskih razmer.

Dopolnilno opremo cest, ki se uporablja v sklopu zimske cestne službe, sestavljajo snežni koli, snežne ograje in naprave za sporočanje stanja na vozišču (nevarnost poledice, pluženje snega) (Žmavc, 2010, str. 166–167).

2.3 VREMENSKE RAZMERE

Vse večji promet in zahteve uporabnikov cest narekujejo, da morajo biti ceste primerne za promet ob vsakem času, ne glede na vremenske razmere. Te zahteve in pričakovanja pa je v zimskem času težko uresničiti, kajti razmere se hitro menjajo. Popolnoma zanesljive vremenske napovedi so kljub napredku še vedno nemogoče.

Aktivnosti, ki so potrebne za zagotavljanje prevoznosti cest in varnosti prometa v zimskih razmerah, so zelo specifične, njihovo izvajanje pa zahteva posebno odgovornost in napor, kajti:

- delo se izvaja v neugodnih vremenskih razmerah in na cestah, ko je njihova prevoznost najslabša in varnost pri vzdrževalnem delu ogrožena,
- slaba vidljivost delo zelo otežuje,
- vsa vzdrževalna dela se izvajajo izključno v odvisnosti od dejanskih razmer, ki pa so pogojene s klimatskimi značilnostmi okolja, ki so v Sloveniji zelo različne, saj so ceste zgrajene tako v priobalnem kot tudi v celinskem pasu, v ravnini in hribovitih območjih.

Kot zimske so opredeljene razmere, ko je zaradi značilnih pojavov pozimi (sneg, poledica, burja, megla) ogroženo normalno odvijanje prometa. V teh razmerah je naloga zimske službe zagotoviti prevoznost cest za vsa vozila, dokler je to mogoče (Žmavc, 2010, str. 146–150).

3 KLASIČNI POSIPNI MATERIALI

Posipne materiale, ki se uporabljajo v zimski službi, lahko razdelimo v dve skupini glede na način delovanja:

- talila, ki znižujejo zmrzišče vode in
- posipi za ublažitev drsnosti, ki za krajši čas na mehanski način povečajo torno sposobnost cestišča.

Obe skupini se v Sloveniji še vedno rutinsko uporabljata pri zimskem vzdrževanju cest.

3.1 TALILA

Talila, ki jih uporabljajo v zimski službi, lahko razdelimo na suha in mokra. Suha so v obliki drobno-zrnatih granulativov. Mednje štejemo predvsem »soli za posipavanje cestišč« in še nekatere alternativne posipe, kot sta sečnina (urea) in kalcijev-magnezijev acetat (CMA). Mokra talila so praviloma tekočine, zato mednje štejemo različne alkohole, ki se uporabljajo pri zimskem vzdrževanju letaliških stez. Med mokra talila lahko štejemo tudi slanico ali raztopine soli natrijevega, kalcijevega in magnezijevega klorida, ki se uporabljajo pri mokrem posipavanju soli in tako imenovanem »posipavanju tekočin« (Hevka, 2011, str. 1).

3.1.1 NATRIJEV KLORID

Molekule čistega natrijevega klorida NaCl so sestavljene iz natrijevih Na⁺ in kloridnih Cl⁻ ionov, ki jih med seboj povezuje ionska vez. V osnovi nastane natrijev klorid NaCl pri spajanju kovinskega natrija (Na – trda snov) in nekovinskega klora (molekule Cl₂ – plin).

Natrijev klorid je kristalinična trda snov, ki kristalizira v obliki ionskih kubičnih kristalov (zelo majhnih kock). Kristali čistega NaCl so prozorni, ob prisotnosti nečistoč pa so lahko tudi rumeni, rjavi in včasih modri.



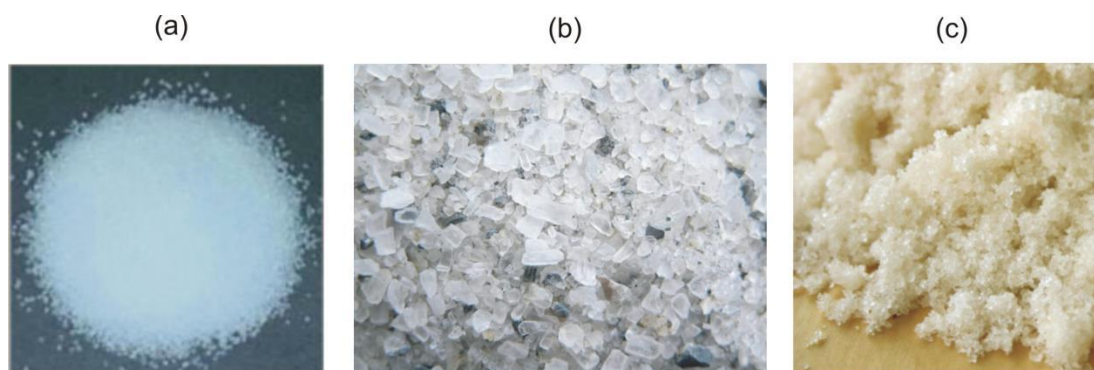
Slika 4: Kristal natrijevega klorida
(Vir: http://zmaga.com/forum_topic.php?id=7613)

V naravi je natrijev klorid na voljo raztopljen v morjih in oceanih, v trdi obliki pa se pojavlja v velikih skladih kamene soli ali halita, ki so nastali v mezozoiku iz izsušenih slanih jezer ali delov morja.

Danes poteka industrijsko pridobivanje natrijevega klorida na tri načine:

- izkopavanje (rudarjenje) v podzemnih rudnikih v obliki suhe soli, ki jo nato zmeljejo na želeno granulacijo (kamena sol),
- raztapljanje skladov soli v rudniku z vodo, nastalo slanico nato vodijo v izparjevalnike, kjer odparijo vodo in z rekristalizacijo pridobijo zelo čisti NaCl (evaporirano sol),
- pridobivanje NaCl iz morske vode, ki vsebuje od 2,7 ut. % do 3,0 ut. % soli; voda v velikih bazenih izpari, na dnu bazenov pa ostanejo kristalna zrna soli.

Glede na tehnologijo pridobivanja se natrijev klorid razlikuje tudi po vsebnosti nečistoč (vsebujejo tudi težke kovine) in znašajo tudi do 5 ut. % celotne mase soli: fosfor, žveplo, dušik, baker, svinec, krom in cink. Najbolj čista je evaporirana, sledi ji kamena, največ nečistoč pa vsebuje morska sol.



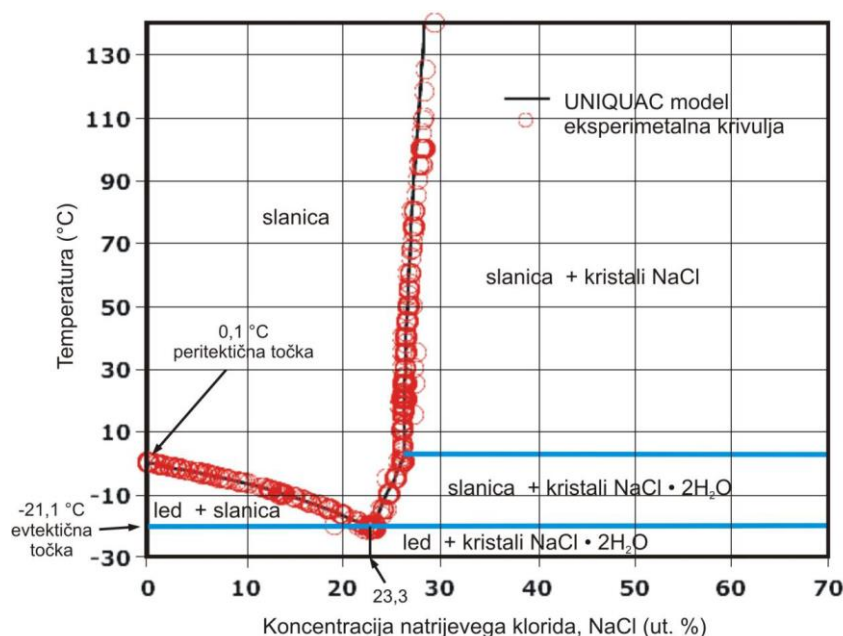
Slika 5: (a) evaporirana sol, (b) kamena sol, (c) morska sol
(Vir: Hevka, 2011)

Velike količine natrijevega klorida, ki so na voljo v naravi, in enostavni postopki pridobivanja omogočajo, da je že dolgo najbolj ekonomično talilo. Za posipavanje cest se v večini uporabljata kamena in evaporirana sol. Obstajajo pa zahteve za določene osnovne parametre kakovosti suhe soli, ki so povezane predvsem s čistočo in zrnastostjo materiala. Po pravilu kamena ali evaporirana sol ne sme vsebovati več kot 5 ut. % finih delcev, ki so manjši od 0,16 mm, in nobenih delcev, ki so večji od 5 mm. Sol, ki se dobavi zimski službi, ne sme vsebovati več kot 2 ut. % vlage in mora vsebovati najmanj 96 ut. % snovi, ki se raztopijo in učinkujejo na led.

Čisti natrijev klorid je izredno dobro topen v vodi, okrog 35 g NaCl na 100 g vode pri 20 °C (Hevka, 2011, str. 2–5).

Topnost natrijevega klorida je v nasprotju z drugimi vrstami soli zelo malo odvisna od temperature, zelo počasi narašča z višanjem temperature. Raztopina soli postane nasičena, ko je pri določeni temperaturi dosežena meja topnosti. Nad to mejo se natrijev klorid ne raztaplja več oziroma z nižanjem temperature pričnejo iz nasičene raztopine soli izpadati kristali soli.

Slika 5 prikazuje nastanek faz pri mešanici soli in vode, ki se pojavijo pri določeni temperaturi med ohlajanjem oziroma segrevanjem. Na celotnem področju faznega diagrama nad krivuljo imamo prisotnost samo tekoče faze v obliki slanice. Pri ohlajanju slanice dosežemo točko na krivulji faznega diagrama, kjer pride do izločanja trde faze v obliki kristalov soli in ledu. Pod to temperaturo obstaja le trda faza. Nasičena raztopina s koncentracijo 23,3 ut. % ima evtektično točko pri $-21,2^{\circ}\text{C}$.



Slika 6: Fazni diagram za sistem natrijev klorid – voda
(Vir: Hevka, 2011)

Čisti natrijev klorid je slabo higroskopska snov, ki pa v prisotnosti manjših količin nečistoč, še posebej v obliki kalcijevih in magnezijevih ionov, postane zelo higroskopen in hitro veže vodo. Zelo higroskopska sol lahko veže toliko, da se v njej popolnoma raztopi. Zaradi odhlapevanja vode pride do nasičenja slanice in ponovne rekristalizacije soli.

Pri rekristalizaciji soli iz slanice pride do sprijemanja delcev v velike aglomerate in tvorbe trde skorje na površini nasute soli, kar pa povzroča velike težave pri skladiščenju, nakladanju in posipavanju soli. Proces skepanja soli se prične, ko zračna vlaga preseže 70 do 75 %. Takrat se na površini večjih kristalov soli pojavi tanek film vode, v katerem pride do raztapljanja soli na površini. S padcem zračne

vlage pod 75 % se prične proces odparevanja vode in koncentriranje slanice, ki obdaja kristale soli, kar pripelje do nasičenja in rekristalizacijo malih kristalov na površini zrn, preko katerih se velika zrna soli združijo v večje agregate (Hevka, 2011, str. 7–10).

SREDSTVO PROTI SKEPANJU SOLI

Kot sredstvo proti skepanju soli se največkrat uporablja natrijev heksacianoferrat ali prusko rumeno. Je prozorna snov, ki obstaja v obliki blede rumenih ionskih monoklinskih kristalov. Ker je dobro topen v vodi, je primeren za pripravo raztopine, ki jo razpršijo po kristalih soli NaCl. Količina dodatka običajno znaša 80–200 mg/kg soli.

3.1.2 KALCIJEV KLORID

Kalcijev klorid (CaCl_2) je bela ali prozorna kristalična sol, ki je zelo higroskopična. Brezvodni kalcijev klorid kristalizira v obliki ionskih romboedričnih kristalov. V prodaji je na voljo v obliki paletk, ki so tesno zapakirane v plastične vreče ali drugo vodotesno embalažo.

Kot talilo oziroma sol za posipavanje cest se uporablja predvsem kalcijev klorid, ki nastane kot stranski produkt pri proizvodnji sode. Ta kalcijev klorid vsebuje okrog 15–20 ut. % kristalno vezane vode ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). V prodaji je označen kot CaCl_2 (77–80 %). Običajno je na voljo v obliki lusk, zapakiranih v plastične vreče, ki preprečujejo dostop vlage.



Slika 7: Peletke brezvodnega (anhidrid) CaCl_2
(Vir: Hevka, 2011)

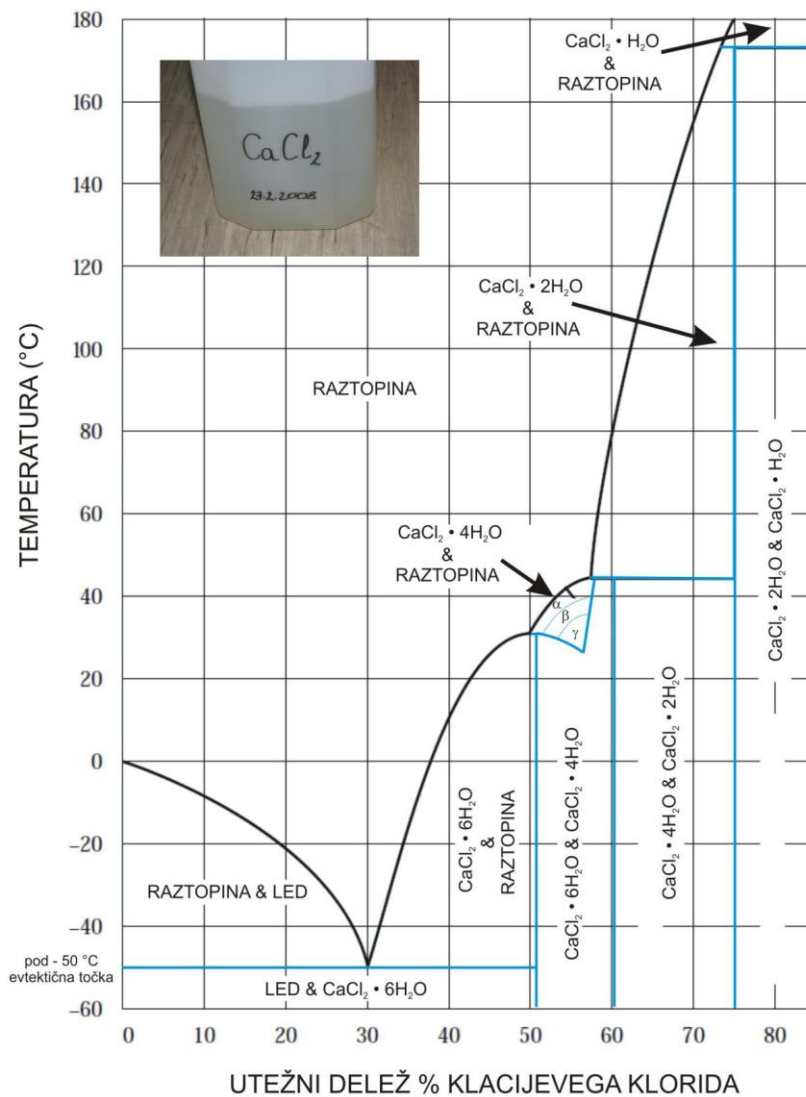


Slika 8: Luske $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
(Vir: Hevka, 2011)

Vse oblike kalcijevega klorida so izredno dobro topne v vodi (59,5 g (CaCl_2), 76,8 g ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) na 100 g vode pri temperaturi 20°C . Kljub temu pa pride pri ohlajanju slanice do ločitve med tekočo in trdno fazo.

Slika 8 prikazuje fazni diagram za sistem kalcijev klorid – voda. Tudi v tem primeru (kot pri diagramu natrijev klorid – voda) obstaja nad krivuljo le tekoče stanje v obliki slanice. Pri nižanju temperature v točki na krivulji, kjer slanica doseže nasičenje, pričnejo v odvisnosti od koncentracije slanice iz raztopine kalcijevega klorida izpadati trdi kristali različnih hidratov.

Nasičena raztopina kalcijevega klorida s koncentracijo okrog 30 ut. % ima evtektično točko pod -50°C , zato je kalcijev klorid posebej primeren za taljenje ledu pri zelo nizkih temperaturah.



Slika 9: Fazni diagram za sistem kalcijev klorid – voda
(Vir: Hevka, 2011)

Z raztapljanjem suhega kalcijevega klorida (brezvodnega ali hidratov) pri 25 °C v vodi je mogoče pripraviti raztopine z različnimi koncentracijami, ki lahko vsebujejo vse do 45 ut. % kalcijevega klorida.

Pri raztapljanju hidratov kalcijevega klorida se sprostijo velike količine toplote. Pri raztapljanju brezvodnega kalcijevega klorida se sprosti toliko toplote, da raztopina lahko zavre, zato je potrebna pri takšnem opravilu velika previdnost. Za raztapljanje kalcijevega klorida se ne sme uporabljati tople ali vroče vode.

Pri suhem posipavanju cest se uporablja CaCl_2 (77–80 %) v obliki lusk. Pri raztapljanju ledu s suhim kalcijevim kloridom se sprosti okrog 20 kJ/kg toplote, kar ugodno vpliva na proces raztapljanja, še posebej v kombinaciji z NaCl, ki pri raztapljanju potrebuje toploto iz okolice.

Kalcijev klorid je zelo higroskopska snov, ki veže ali absorbira vlago iz okolice, predvsem iz vlažnega zraka, do te mere, da se v absorbirani vodi raztopi (Hevka, 2011, str. 14–18).

To povzroča velike težave pri skladiščenju, nakladanju in posipavanju. Pri posipavanju ob veliki prisotnosti vlage povzroča mašenje transportnih poti na posipalnikih soli. Zaradi teh težav, ki jih povzroča v praksi, in skoraj trikrat višje cene od NaCl se uporablja za suho posipavanje le v redkih primerih, predvsem v mešanicah z NaCl (Hevka, 2011, str. 28).

3.1.3 MAGNEZIJEV KLORID

Magnezijev klorid (MgCl_2) je spojina, ki je v naravi zelo razširjena in zelo uporabna v različnih vejah industrije. Pridobiva se s kristalizacijo iz morske vode, z rudarjenjem in evaporacijo. Pri vzdrževanju cest se uporablja kot sredstvo za preprečevanje zmrzovanja vode in kot sredstvo proti dvigovanju prahu.

Magnezijev klorid je podobno kot kalcijev klorid sol, ki kristalizira v obliki belih ali prozornih kubičnih kristalov.



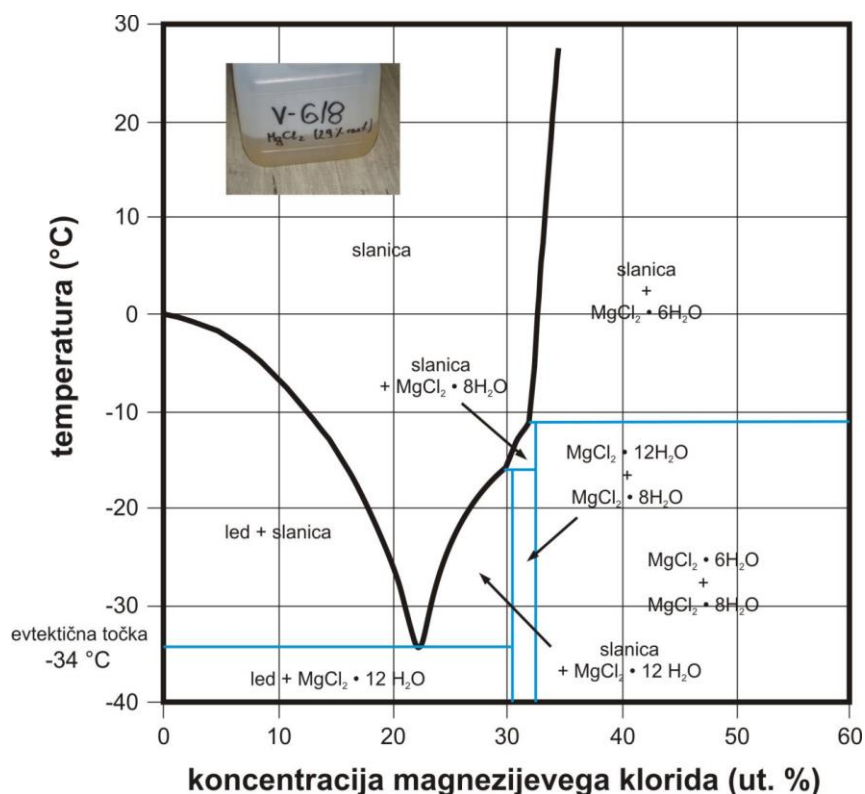
Slika 10: Luske $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
(Vir: Hevka, 2011)

Tudi magnezijev klorid je izredno higroskopen in tvori različne hidrate. Kot suha sol za posipavanje cestišč se običajno uporablja v obliki lusk, ki vsebuje magnezijev klorid heksahidrat ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

Skupaj s svojimi hidrati so izredno dobro topni v vodi. Z raztapljanjem suhega magnezijevega klorida ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) v vodi pri temperaturi okrog $20\text{ }^\circ\text{C}$ je mogoče pripraviti raztopine z različnimi koncentracijami, ki lahko vsebujejo tudi nekoliko več kot 30 ut. % magnezijevega klorida.

Nasičena raztopina magnezijevega klorida s koncentracijo okrog 22–24 ut. % ima evtektično točko blizu $-34\text{ }^\circ\text{C}$, zato je izjemno primeren za taljenje ledu in snega pri nizkih temperaturah.

Slika 10 prikazuje fazni diagram za sistem magnezijev klorid – voda. Tudi pri ohlajanju raztopine magnezijevega klorida s koncentracijo okrog 22 ut. % pričnejo v okolici $-34\text{ }^\circ\text{C}$ iz raztopine izpadati kristali ledu in magnezijevega dodekahidrata ($\text{MgCl}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$). V tej točki raztopina doseže nasičenje, slanica je v ravnotežju s kristali ledu in magnezijevega klorida dodekahidrata. Pod evtektično točko pride do popolnega prehoda v trdo agregatno stanje.



Slika 11: Fazni diagram za sistem magnezijev klorid – voda
(Vir: Hevka, 2011)

Pri raztapljanju luskastega magnezijevega klorida se sprosti okrog 15 kJ/kg toplote, kar je manj kot pri raztapljanju ledu s CaCl_2 (77–80 %), vendar še vedno zelo ugodno vpliva na proces raztapljanja. Za posipavanje je na voljo v obliki lusk.

Suhi magnezijev klorid je podobno kot kalcijev klorid zelo higroskopen in ravno tako povzroča težave pri skladiščenju, nakladanju in posipavanju. Potrebno ga je hraniti v hermetično zaprtih plastičnih vrečah, ker se ob prisotnosti vlage raztopi. Zaradi teh težav v praksi in precej višje cene od natrijevega klorida se suhi magnezijev klorid uporablja za posipavanje le v redkih primerih, ko nastopijo zelo nizke temperature in uporaba natrijevega klorida ni več primerna.

V zimski službi so v uporabi predvsem raztopine magnezijevega klorida, ki so primerne za omakanje suhega natrijevega klorida na posipalnem krožniku. Najprimernejša je raztopina magnezijevega klorida s koncentracijo okrog 20 ut. %.

3.1.4 ALTERNATIVNA TALILA

V zimski službi se v posebnih primerih uporabljajo alternativna talila, ki se uporabljajo izključno pri zimskem vzdrževanju letaliških stez (Hevka, 2011, str. 33):

- sečnina (urea),
- kalcijev-magnezijev acetat,
- kalijev klorid,
- kalijev acetat,
- natrijev acetat,
- natrijeva sol mravljinčne kisline in
- mokra talila v obliki različnih alkoholov (etilenglikol in propilenglikol).

3.1.5 UČINKOVANJE SOLI ZA POSIPAVANJE NA TAJANJE LEDU

Čista voda, ki se nahaja na cestišču pri atmosferskem tlaku, zmrzne pri 0 °C in preide v trdno agregatno stanje v obliki ledu. Z dodatkom primernih talil (natrijevega, kalcijevega in magnezijevega klorida) se zmrzišče nastale vodne raztopine soli ali slanice občutno zniža. Zmrzišče vodne raztopine soli pada z naraščajočo koncentracijo vse do nasičenja, kjer je dosežena evtektična točka, v kateri se sol v vodi ne raztaplja več in nastane mešanica kristalov soli in ledu.

Pri suhem posipavanju soli (NaCl , CaCl_2 ali MgCl_2) zrna soli priletijo na snežno odejo ali ledeno površino, kjer se pričnejo ob stiku z molekulami vode v ledu počasi raztapljati. Okrog še deloma neraztopljenega zrna (NaCl) nastane vodna raztopina soli s koncentracijo blizu nasičenja, v kateri se nahajajo delno ali popolnoma solvativirani¹ ioni soli.

¹ Solvatacija je proces, v katerem molekule topila obdajajo molekule oziroma ione topljenca.

Pri nadaljnjem raztapljanju snega ali ledu v okolici zrn postaja raztopina soli z naraščajočo oddaljenostjo od površine zrna vse bolj razredčena. Temperatura zmrzišča raztopine, ki je odvisna od koncentracije soli v raztopini, je najnižja (evtektična točka) tik ob zrnju soli, z oddaljenostjo od zrna pa se, zaradi padajoče koncentracije nastale slanice, počasi dviguje. V trenutku, ko se temperatura zmrzišča nastale raztopine soli ali slanice izenači s temperaturo zraka ali cestišča, pride do ponovne zamrznitve in rekristalizacije ledu in soli.

Če so zrna soli že delno raztopljena (omakanje soli), se proces tajanja ledu močno pospeši. Z omakanjem zrn soli z ionsko raztopino kalcijevega ali magnezijevega klorida se zelo pospeši proces tajanja in dodatno zniža spodnjo mejo učinkovanja soli na led.

V trenutku, ko sol in spremljajoča slanica, ki nastaja med procesom tajanja, prodre skozi ledeno plast na dno in dosežeta površino cestišča, stali tanek sloj ledu na meji med ledeno plastjo in cestiščem ter se zelo hitro razleze po mejni površini med cestiščem in ledeno plastjo nad njim ter tako povzroči odstopanje ledu od podlage. Promet, ki poteka po vozišču, nato z mehanskim delovanjem razlomi in zdrobi ledene plošče, ki se torej ne oprijemajo več cestišča. Z mehanskim delovanjem prometa in dovajanjem toplote (zaradi trenja med gumami in podlago, izsevanja iz vročega motorja) pride do lokalnega povišanja temperature in močnega mešanja drobnih koščkov ledu, kar omogoči boljši stik med ledom in soljo ter tako pospeši proces tajanja.

Za doseganje hitre in globoke penetracije soli do površine cestišča je ključnega pomena velikost zrn soli. Velja, da zelo drobni delci soli hitro učinkujejo na površini ledu, zelo slabo pa prodrejo v globino ledene plasti. Večji delci soli delujejo počasneje na površini ledu, imajo pa dosti večji učinek v globino ledene plasti zaradi penetracije. Preveliki delci suhe soli niso primerni za uporabo, ker se prepočasi raztapljajo. Pri uporabi mokre soli pa je mogoče uporabiti tudi dokaj velike delce soli, saj je raztapljanje pospešeno s predhodnim omakanjem na posipalnem krožniku.

Pri raztapljanju kristalov natrijevega klorida in istočasnem tajanju ledu je zelo pomembna toplotna izmenjava, ki poteka v okolici zrn soli. Za stajanje enega kilograma ledu potrebujemo okrog 80 kJ/kg toplote, ki jo je mogoče dovesti le iz neposredne okolice. Največji delež potrebne toplote prispevata sama ledena plast in cestišče, ker imata veliko toplotno kapaciteto. Manjši delež gre na račun zraka, ki ima majhno toplotno kapaciteto. Velik delež potrebne toplote je odvisen od hitrosti in gostote prometa, ki zaradi trenja in toplote, izsevane iz motorjev, segreva cestišče. Proces tajanja ledu na začetku poteka zelo burno, sčasoma pa se v odvisnosti od hitrosti padanja koncentracije raztopine soli umiri in končno popolnoma preneha, ko je raztopina soli toliko razredčena, da je doseženo njeno zmrzišče.

Spodnja meja praktične uporabnosti za suhi NaCl se nahaja okrog $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, MgCl_2 okrog $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ in za CaCl_2 okrog $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Še bolj pa je učinkovito mokro soljenje s omakanjem suhega natrijevega klorida z raztopino kalcijevega ali magnezijevega klorida (Hevka, 2011, str. 47–55).

3.2 POSIPI ZA UBLAŽITEV DRSNOSTI

Glede na izvor razdelimo posipe za ublažitev drsnosti v dve osnovni skupini:

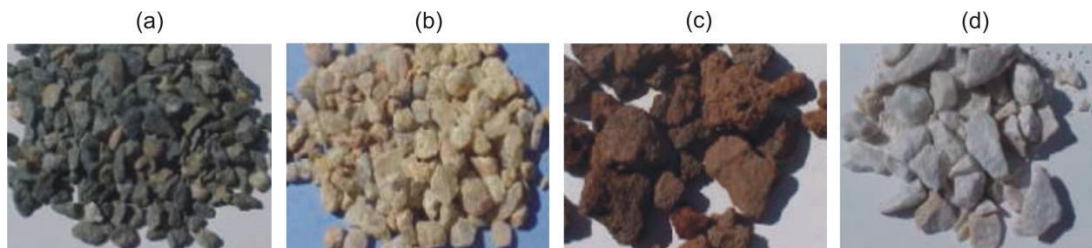
- naravne kamnine v obliki drobljencev, sekancev in peskov,
- lomljena ali granulirana žindra in drugi stranski produkti pri različnih industrijskih procesih. Ti materiali se lahko uporabljajo le pogojno, če izpolnjujejo vse zahteve za kakovost in primernost uporabe v zimski službi.

3.2.1 NARAVNE KAMENINE

Večina posipov, ki se uporabljajo za ublažitev drsnosti cestišča, sodi med naravne kamnine v obliki drobljencev, sekancev in peskov. Ti so ustreznejši od lomljene ali granulirane žindre in drugih stranskih produktov pri različnih industrijskih procesih.

V Sloveniji imamo veliko nahajališč naravnega kamna, razlikujejo se tako po vrsti kamnine kakor tudi po geoloških značilnostih. Zastopana so v vseh delih Slovenije in izvirajo skoraj iz vseh geoloških dob. V večini kamnolomov pri nas gre za karbonatne kamnine, to je apnenec in dolomit. Posledično je večina posipov za ublažitev drsnosti, ki se uporabljajo na slovenskih cestah, v obliki drobljenca iz teh dveh kamenin. O primernosti uporabe določene kamnine odločajo predvsem njene fizikalno-mehanske lastnosti.

Največ nahajališč naravnega kamna je v osrednjeslovenski, dolenjski, pomurski, savinjski in spodnjeposavski regiji, skupno je tu kar 65 odstotkov vseh nahajališč. Predvsem gre za nahajališča »masovnih gradbenih surovin« v karbonatnih in prodnih naplavinah. Kamnolomi za proizvodnjo drobljenca, ki se uporablja za posipavanje, so dokaj enakomerno porazdeljeni po celotnem ozemlju Republike Slovenije.



Slika 12: Naravne kamnine za pripravo posipov za ublažitev drsnosti: (a) gnajs, (b) kvarc, (c) lava in (d) dolomit
(Vir: Hevka, 2011)

3.2.2 STRANSKI PRODUKTI PRI RAZLIČNIH INDUSTRIJSKIH PROCESIH

Kot posip za ublažitev drsnosti se lahko uporabljajo tudi nekateri stranski produkti ali odpadki, ki nastajajo pri industrijskih procesih. Največkrat se uporablja lomljena ali granulirana žindra, ki nastane pri proizvodnji železa in jekla.

3.2.3 POSIPAVANJE CESTIŠČ S POSIPI ZA UBLAŽITEV DRSNOSTI

V zimski službi je uporaba drobljenca ustaljena praksa. Posipava pa se lahko na različne načine.

- POSIPAVANJE SUHEGA DROBLJENCA (peska)

Posipavamo ga lahko z enakim posipalnikom kot suho sol. Ta raztrese drobljenec in podobne posipe v dokaj natančno doziranih količinah in vnaprej določeni geometriji (širini) posipavanja po prometnih površinah. Posipalnik je običajno sestavljen iz zabojnika, transportne in dozirne naprave ter razdelilnika za posipni material. Dvokomorni ima en zabojnik, razdeljen v dve komori, v kateri se lahko naloži različne vrste posipnih materialov.

Poraba suhega posipa, ki je predvidena za posipavanje običajno prometnega cestišča, znaša od najmanj 100 do priporočene količine 150 g/m². Nad to količino se torna sposobnost cestišča ne izboljša več bistveno.

Veliko porabo posipa še dodatno poveča velik izmet materiala zaradi prometa. Ker vozila v zelo kratkem času odmečejo posuti material na rob cestišča, je potrebno pogosto posipavanje. Po končanem zimskem obdobju je potrebno materiale odstraniti z vozišča, ker predstavljajo nevarnost za promet (zrna med kolesom in voziščem zmanjšajo oprijem gum na površino cestišča – povzročajo zdrse). Posipov za ublažitev drsnosti ni priporočljivo uporabljati na bolj prometnih cestah zaradi prometne varnosti, omejene uporabnosti in ekoloških problemov.

- POSIPAVANJE MEŠANICE DROBLJENCA IN SOLI (od 1 : 1 do 1 : 4)

Primerne mešanice drobljenca in soli se običajno pripravi že v skladišču ali na deponiji. Mešanice drobljenca in soli posipamo z enakimi posipalniki kot suho sol. Te mešanice se uporabljajo le v izrednih primerih, kot je odstranjevanje ledenih plošč in snežnih desk. Uporaba 60 g/m² mešanice drobljenca in soli v volumenskem razmerju 1 : 1 in mehansko pluženje je prava rešitev za hitro in učinkovito odstranitev ledenih plošč ali snežnih desk s cestišča.

V skladišču ali na deponiji pripravijo različne mešanice drobljenca ali peska in soli, ki vsebujejo najmanj 10 ut. % soli in več. Pri normalnem posipavanju prometnega cestišča s priporočeno količino 150 g/m² mešanice drobljenca, ki vsebuje 10 ut. % soli, vsakič naneseemo na cestišče 15 g/m² soli, kar zadošča za učinkovito

preprečevanje poledice in potrebno izboljšanje torne sposobnosti rahlo zasneženega ali poledenelega cestišča.

Zaradi velikega izmeta posipa s cestišča je treba pogosto večkrat posipavati, kar poveča količino soli na cestišču in je izredno neekonomično, saj je mogoče doseči enak ali boljši učinek s posipavanjem dosti manjše količine mokre ali suhe soli.

- POSIPAVANJE DROBLJENCA, OMOČENEGA S SLANICO

Omakanje drobljenca s slanico na posipalnem krožniku nekoliko izboljša oprijem drobljenca na površino in ga s tem malo dlje zadrži na vozišču. Postopek lahko opravimo na tri načine: omakanje s slanico na deponiji (ta način ne podaljša čas učinkovanja na cestišču), omakanje drobljenca na posipalniku (se ne izboljša oprijem ali čas delovanja na cestišču), omakanje drobljenca neposredno na posipalnem krožniku – podobno mokremu soljenju; zrna se omočijo tik preden zapustijo krožnik (ta način zadrži veliko večino zrn na asfaltni površino, ko priletijo nanjo – 96 %).

Za posipavanje uporabljamo enako tehnologijo kot pri posipavanju mokre soli. Posipalniki so opremljeni s posodami za solne raztopine, črpalko in pripravo za omakanje drobljenca. Plastične posode za slanico so običajno pritrjene na stranice zabojnika, v katerega se naloži suhi drobljenec.

Prednost omočenega drobljenca pred suhim je, da slanica stopi sneg ali led neposredno v okolici zrna drobljenca in mu s tem naredi ležišče, ki mu omogoči daljši čas zadrževanja na cestišču in boljšo učinkovitost pri zmanjšanju drsnosti cestišča. Ko se temperatura spusti pod temperaturo zmrzišča slanice, zrna drobljenca primrznejo na ledeno ali zasneženo površino in tako povečajo hrapavost površine.

NOVE METODE POSIPAVANJA DROBLJENCA (skandinavske države, Kanada, severne države ZDA in Japonska)

➤ *Posipavanje ogretega drobljenca*

Gre za posipavanje ogretega drobljenca, ki se:

- segreje na visoko temperaturo (250 °C) pred nakladanjem,
- segreje na visoko temperaturo na posipaču med posipanjem.

➤ *Posipavanje drobljenca, omočenega z vročo vodo (Norveška)*

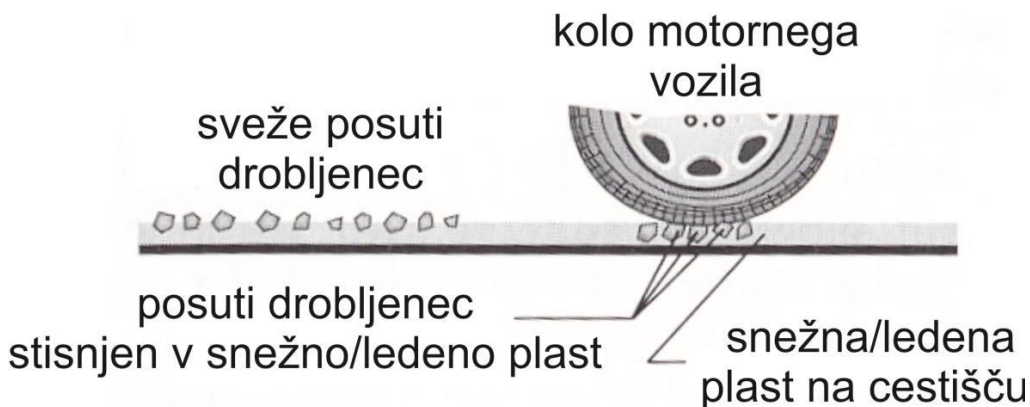
Posip se v posebnem tanku na posipaču omoči z vrelo vodo (95 °C).

3.2.4 UČINKOVITOST POSIPOV ZA UBLAŽITEV DRSNOSTI

Posipi za ublažitev drsnosti so uporabni le do debeline snežne odeje, ki je manjša od premera zrn posipnega materiala. Pri večji debelini snežne plasti zrna potonejo na dno snežne plasti in prekine se stik med kolesi in zrna posipa, kar pomeni, da posip izgubi svojo funkcijo ter ne poveča torne sposobnosti zasneženega cestišča.

Posipi se uporabljajo le v omejenem obsegu, predvsem na strmih poledenelih in zasneženih klancih ter gorskih cestah. Za posipavanje ostalih cest pa se praviloma ne uporabljajo.

Učinkovitost posipov za ublažitev drsnosti je odvisna od sestave, oblike in zunanje površine zrn ter trdote materiala. Učinkovitost posipa je toliko večja, kolikor več zlomljenih zrn vsebuje oziroma kolikor bolj robata so zrna. Pomembna je velika trdota materiala, ki zagotavlja, da se zrna zaradi trenja s prometom ne bodo prehitro obrusila in s tem izgubila svoje robatosti (Švegl, 2008, str. 4–18).



Slika 13: Shematska predstavitev delovanja posipov za ublažitev drsnosti na zasneženi ali poledeneli vozni površini
(Vir: Švegl, 2008)

4 NOVE IN UČINKOVITEJŠE METODE ZA POSIPAVANJE CESTIŠČ

Operaterji zimske službe v praksi naletijo na številne težave, povezane z uporabo suhega in mokrega natrijevega klorida (NaCl). Zaradi ugodne cene se za posipavanje uporablja pretežno morska sol, ki pa velikokrat vsebuje velike količine nečistoč (sol postane bolj higroskopna) in ima neprimerno granulacijo za učinkovito posipavanje. Veliko težavo povzroča suho posipavanje, kjer prihaja do velikega izmeta posipa s cestišča, nekoliko manj izgube je pri mokrem posipavanju. Uporaba soli povzroča korozijo vozil ter cestnih in občestnih objektov iz armiranega betona.

Težave, s katerimi se vsakodnevno srečujejo operaterji zimske službe med posipavanjem cestišč, in ekonomski pritisk naročnikov po znižanju cen za opravljene storitve so spodbudile številne raziskave. Raziskovalci in strokovnjaki si prizadevajo najti nove, učinkovitejše rešitve na področju tehnologije posipavanja in posipnih materialov. Poudarek je na zmanjšanju porabe in povečanju učinkovitosti NaCl. Gre za iskanje možnosti uporabe melase v zimski službi pri operacijah odstranjevanja ledu in snega s cestišča (Švegl, 2006, str. 8).

4.1 MELASA

Melasa je viskozna, vodna raztopina mešanice sladkorjev, ki nastaja kot stranski produkt pri proizvodnji sladkorja. Njena kakovost je odvisna od zrelosti sladkorne pese ali trsa. Melasa, ki nastane pri pridobivanju sladkorja iz sladkorne pese, se razlikuje od tiste, ki ostane pri procesu pridobivanja sladkorja iz sladkornega trsa. V temno rjavem viskoznem sirupu, ki ostane po kristalizaciji sladkorja, se običajno nahaja še več kot 50 ut. % sladkorjev.



Slika 14: Melasa, ki ostane pri proizvodnji sladkorja iz sladkorne pese
(Vir: Švegl, 2006)

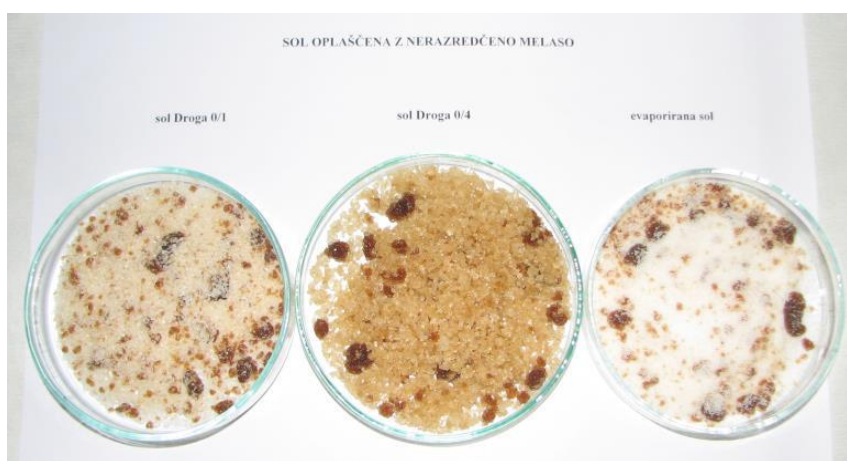
Sladkorni sirup sestavljajo pretežno saharoza, glukoza in fruktoza. Zaradi narave procesa proizvodnje sladkorja iz sladkorne pese vsebuje poleg sladkorjev še različne soli. Melasa, ki nastane pri proizvodnji sladkorja iz sladkornega trsa, je prav tako temno rjave barve, vendar vsebuje še velike količine vitaminov in mineralov. Melasa je biorazgradljiva in izredno dobro topna v vodi (Švegl, 2006, str. 12–13).

4.1.1 OPLAŠČANJE SOLI

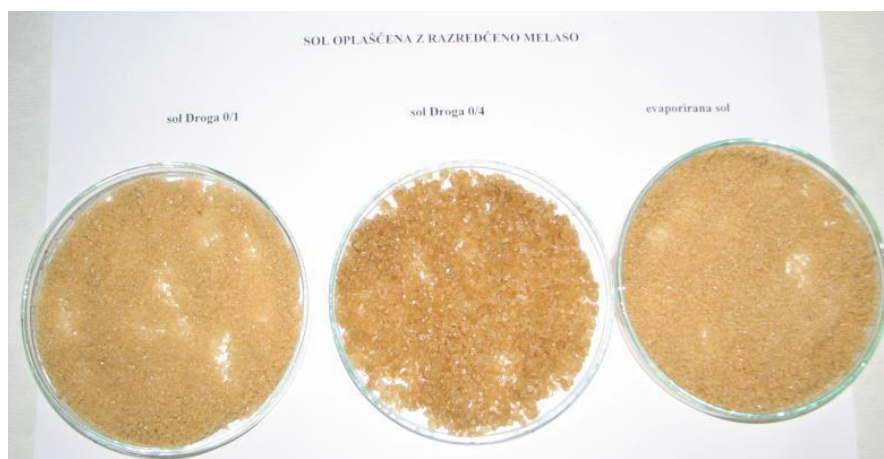
Za praktično uporabo je treba melaso razredčiti z navadno vodo do primerne viskoznosti in gostote, pri kateri je mogoče izvesti učinkovito oplasčanje zrn soli.

Oplasčanje vzorcev soli (morske in evaporirane) z nerazredčeno melaso je pokazalo, da je takšna melasa preveč viskozna in torej neprimerna za učinkovito oplasčanje zrn.

Nerazredčena melasa oplasči predvsem velika zrna soli, manjša pa zlepi v lepljive skupke. Pri večjih količinah dodane melase nastane lepljiva viskozna greda, ki je neuporabna za posipavanje (slika 14). Z redčenjem melase se izboljša učinkovitost oplasčanja soli. Melasa z gostoto okrog $1,2 \text{ g/cm}^3$ je najprimernejša za oplasčanje zrn soli. Za pripravo take raztopine melase je treba dodati $1/3$ vode. Učinkovito oplasčanje zrn soli se doseže z dodatkom 3 ut. % razredčene melase z gostoto $1,2 \text{ g/cm}^3$ glede na maso soli. Razredčena melasa enakomerno oplasči vsa zrna soli (slika 15). Tako oplasčena sol ostane sipka tudi po daljšem času skladiščenja na odprtem prostoru (podobni pogoji kot na zaprtih deponijah in silosih). Če se doda večja količina melase, se prične hitro scejati na dno posode, v kateri se nahaja oplasčena sol. Takšen pojav ni zaželen pri daljšem hranjenju oplasčene soli na deponiji ali v silosu.



Slika 15: Sol, oplasčena z nerazredčeno melaso
(Vir: Švegl, 2006)



Slika 16: Sol, opllaščena z razredčeno melaso
(Vir: Švegl, 2006)

Melasa, ki popolnoma oplasči posamezna zrna soli, prepreči neposreden stik med njimi. S tem prepreči aglomeracijo posameznih zrn v večje skupke, kot se to dogaja pri skepanju soli, ki je izpostavljena vlagi. Posamezna zrna soli so sicer medsebojno povezana preko melase, vendar je ta povezava zelo šibka in se že ob manjših zunanjih mehanskih vplivih pretrga. Sol, ki je oplasčena z melaso, ima poleg tipičnih lastnosti sipkih granuliranih materialov tudi karakteristike, značilne za viskozne tekočine. Med procesom posipavanja se sol, oplasčena z melaso, v nekaj začetnih trenutkih, od stanja mirovanja pa do trenutka, ko je dosežena zadostna sila za pretrganje šibke povezave med zrnji soli, obnaša predvsem kot viskozna tekočina, po pretrganju povezave med zrnji ali aglomerati soli pa kot delec (Švegl, 2006, str. 22–27).

4.1.2 POSIPAVANJE SUHE SOLI, OPLAŠČENE Z MELASO

V nadaljevanju je podan primer poskusnega posipavanja na dvorišču Cestnega podjetja Ljubljana.

➤ Priprava

Večjo količino soli, oplasčene z melaso, je mogoče pripraviti v kratkem času in na enostaven način v betonskem mešalcu, kjer med mešanjem soli (katerekoli, ki se uporablja za posipavanje slovenskih cest) počasi dodamo primerno količino razredčene melase (3 ut. % melase z gostoto $1,2 \text{ g/cm}^3$). Za pripravo enega mešalca soli, oplasčene z melaso, potrebujemo okrog 50 kg soli in 1,5 kg melase (3 ut. % glede na maso soli).

➤ Suho posipavanje na suhi asfaltni površini

Različne nastavitve posipalnika (količina soli: 15, 20 in 40 g/m^2 , širina posipavanja: 3 m, hitrost vozila: okrog 50 km/h).

Sol, oplaščena z melaso, se lepi na podlago in ostane dokaj enakomerno razporejena po celotnem 3-metrskem pasu. S posipalnega krožnika pada v obliki pretežno enako velikih lepljivih skupkov zrn soli, ki se oprimejo suhe asfaltne površine.

➤ Suho posipavanje na zasneženi asfaltni površini

Nastavitve posipalnika so enake kot v prejšnjem primeru. Oplaščena sol na zasneženi površini pušča lepo viden vzorec rjavih pik ali madežev, ki označujejo, kam so zrna padla, in oplaščena sol hitreje vpliva na tajanje snega ter hitreje penetrira v globino snežne gmote.

Hitra penetracija oplaščene soli v globino omogoči, da lahko v praksi enako površino ledu stajamo pod enakimi pogoji s precej manjšo količino, kot bi jo potrebovali, če bi upoštevali le kemijsko delovanje soli v procesu tajanja ledu. Oplaščena zrna soli zaradi svoje teže in delovanja melase med procesom tajanja snega in ledu prodirajo ali penetrirajo v globino. Hitrost in globina penetracije soli je odvisna predvsem od temperature zraka in cestišča, velikosti zrn, vrste ledu ali snega in količine melase. Ko oplaščena sol prodre skozi ledeno plast in doseže površino cestišča, se nastala solna raztopina hitro razleze po mejni površini med ledom in cestiščem ter tako povzroči odstopanje ledu od podlage. Promet, ki poteka po vozišču, tako zlahka polomi in zdrobi takšno ledeno površino. S tem omogoči mešanje in boljši stik med ledom in soljo ter tako pospeši proces raztapljanja (Švegl, 2006, str. 50–54).

4.1.3 POSIPANJE MOKRE SOLI

V nadaljevanju je podan primer poskusnega posipavanja na dvorišču podjetja Riko d.d., Ribnica.

Gre za postopek mokrega soljenja, kjer omakamo suho sol (NaCl) na posipalnem krožniku z raztopino soli. Za mokro posipanje uporabimo morskno sol in razredčeno melaso z gostoto $1,18 \text{ g/cm}^3$. Mokro posipavanje soli, omočene z raztopino melase, poteka z različnimi razmerji omakanja in pri različnih količinah soli.

➤ Omočena sol z razredčeno melaso v razmerju 70 : 30, širina posipalnika 4 m in količina posipa 10 g/cm^3

Izpadli posip je zelo omočen z melaso, poleg omočenih zrn soli se na cestišču pojavijo velike kaplje čiste melase. Posipana sol, omočena z melaso, se dobro oprime cestišča in ostane enakomerno porazdeljena po celotni širini posipavanja.



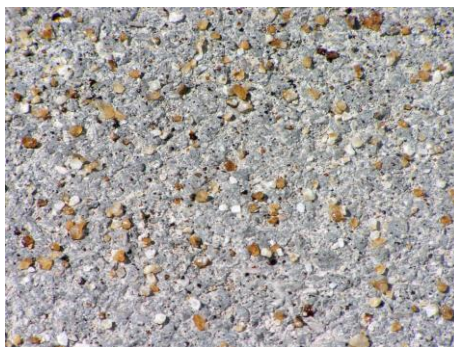
Slika 17: Izgled posipa pri razmerju 70 : 30, širini posipanja 4 m in količini posipa 10 g/cm³
(Vir: Švegl, 2006)

- Razmerje soli in razredčeno melaso spremenimo na 90 : 10, širina posipalnika in količino posipa ohranimo pri 4 m in 10 g/cm³

Mokra sol enakomerneje zapušča posipalni krožnik kot v prejšnjem primeru. Omočena sol se prav tako dobro oprime cestišča. Pri tem razmerju omakanja je sol še vedno zelo dobro omočena z melaso, vendar na cestišču ni zaslediti večjih kapelj čiste melase. Porazdelitev posipa po celotni širini je enakomerna.

- Razmerje omakanja 90 : 10 in širino posipavanja 4 m ohranimo, povišamo pa količino posipa na 20 g/cm³.

Zrna soli so dobro omočena z melaso in enakomerno porazdeljena po celotni površini cestišča.



Slika 18: Izgled posipa pri razmerju 90 : 10, širini posipanja 4 m in količini posipa 20 g/cm³
(Vir: Švegl, 2006)

Sol, oplasčena z melaso, predstavlja dobro alternativo suhi soli pri preventivnem posipavanje cestišča. Z oplasčanjem soli dosežemo kar nekaj prednosti, kot je večja učinkovitost pri tajanju ledu, boljši oprijem na cestišču, enakomerno porazdelitev po celotni površini cestišča in učinkovanje tudi pri temperaturah, nižjih od -8°C . Melasa je primerna za neposredno omakanje suhe soli na posipalnem krožniku

posipalnika; tako omočena sol bistveno bolje učinkuje na cestišču in omogoča učinkovito preprečevanje poledice.

Melasa je cenejša od raztopin CaCl_2 in MgCl_2 , ki se uporabljata za omakanje soli NaCl pri mokrem soljenju in je z ekonomskega vidika ugodnejša. Pred uporabo je treba kontrolirati kakovost melase in soli. S tem zagotovimo varno delo, zmanjšamo negativne vplive na okolje in zagotovimo učinkovito delovanje soli (Švegl, 2006, str. 56–63).

4.2 UPORABA BRIZGANJA RAZTOPIN SOLI V ZIMSKI SLUŽBI

Tehnologija posipavanja soli na slovenskih cestah sledi razvoju drugih evropskih držav s podobnimi vremenskimi razmerami. Večina cestno-vzdrževalnih baz je opremljena s sodobno mehanizacijo, ki omogoča hitro in učinkovito posredovanje zimske službe. V zadnjih letih je opazen prehod od postopka posipavanja suhe soli, ki se vse manj uporablja, do modernejšega postopka posipavanja mokre soli. Postopek mokrega posipavanja soli je tehnološko naprednejši, ekološko sprejemljivejši in omogoča znatne prihranke pri soli.

V zimski službi je izredno pomembno preventivno posipavanje, ki preprečuje nastanek poledice. Zaželeno je, da se sol dlje časa zadrži na cestišču in zato se načeloma uporablja mokra sol, kjer je manj izgub zaradi izmeta zrn soli s cestišča. Postopek posipavanja mokre soli omogoča prihranke pri porabi soli tudi nad 20 % v primerjavi s posipavanjem suhe soli.

V smeri še bolj ekološke in gospodarnejše zimske službe poteka nadaljnji razvoj tehnologij posipavanja cestišč, ki bodo omogočile še večje prihranke pri porabi soli in izboljšale odzivni čas zimske službe. V zadnjem času je zopet naraslo zanimanje za postopek pršenja ali brizganja slanice. Tehnologija je bila uporabljena že v preteklosti, vendar se zaradi nekaterih tehnoloških pomanjkljivosti ni uspela uveljaviti (priprava, skladiščenje, postopek brizganja, rekristalizacija – znižanje tornega koeficienta). Na podlagi novih spoznanj o učinkovanju talil in razvoju sodobne mehanizacije, opremljene z elektronskim krmiljenjem in računalniško podporo, je postala tehnologija zopet zanimiva za vključitev v širši obseg zimske službe. Postopek je primeren za natančno, fleksibilno in homogeno doziranje slanice po celotni vozni površini. Brizganje slanice je enostavno, poceni in omogoča hiter odziv zimske službe na trenutne razmere na cesti (Švegl, 2009, str. 1–2).

4.2.1 PREDNOSTI IN SLABOSTI BRIZGANJA RAZTOPIN SOLI TER MEHANIZACIJA

PREDNOSTI

- Pri uporabi slanice se izognemo izgubam zaradi izmeta in odletavanja zrn soli s suhega cestišča ob intenzivnem prometu. Pri brizganju slanice ostane po 2 urah na vozišču kar 89 % soli in le 68 % soli, če pod enakimi pogoji uporabljamo posipavanje mokre soli.
- Preventivno posipanje soli se opravlja, ko temperature na cesti nihajo med ± 3 °C in je možno uporabljati natrijev klorid. Za enako kakovost preprečitve poledice pod omenjenimi pogoji na enaki površini vozišča potrebujemo pribl. 7,6 g/m² mokre soli in le 4,6 g/m² slanice. Z daljšim zadrževanjem soli na vozišču in manjšo porabo se zniža število preventivnih posipavanj, poraba goriva in delovnih ur delavcev, ki opravljajo posipavanje, ter negativni vplivi na okolje.
- Pri brizganju slanice je mogoče doseči zadovoljivo kakovost brizganja po celotni površini vozišča pri večjih hitrostih, kot se uporabljajo pri posipavanju suhe in mokre soli (30–50 km/h). Homogeno sliko brizganja je mogoče doseči celo pri 80 km/h. To pomeni, da se celotno cestno omrežje hitreje obdela in v enakem času potrebujemo manj vozil, opremljenih z napravami za brizganje, ki so enostavnejša in cenejša od naprav za posipavanje mokre soli.
- Gre za takojšnje delovanje in zagotovitev varnosti na cesti. Takoj po razpršitvi se stali večja količina ledu kot ob uporabi zrnatih soli. Raztopine so primerne za hitro odstranitev tankih plasti ledu.
- Postopek brizganja slanice je tehnološko manj zahteven in ne potrebuje niti specifičnih posipalnih naprav niti velikega števila osebja. Akcijski radij vozila, opremljenega s cisterno in brizgalko, je večji kot pri posipalniku za suho in mokro sol. Zelo natančno lahko doziramo količino brizgane tekočine. Enostavno določimo in kontroliramo sliko posipavanja. Solna raztopina se enakomerno porazdeli po površini cestišča, kar težko dosežemo pri suhem ali mokrem posipanju.

POMANJKLJIVOSTI

- Postopek brizganja slanice ni primeren za odstranjevanje ledu in snega, ki se že nahaja na cestišču. Zrna soli penetrirajo v globino in pospešijo odstranitev ledu, raztopina pa deluje le na površini ledene ploskve. Na površini ledu nastane tanek film tekočine, ki deluje kot mazivo in še dodatno zmanjša prijem gum na že spolzkem cestišču.
- Brizganje raztopin soli je primerno le za hitro odstranitev zelo tankih plasti ledu. Pri brizganju slanice natrijevega klorida moramo upoštevati dejstvo, da lahko dež med ali takoj po brizganju hitro razredči slanico do koncentracije pod 5 ut. % natrijevega klorida, ki pri temperaturah okrog -3 °C že zmrzne.

Zato se brizganje raztopin soli uporablja predvsem za preprečevanje poledice, ko so ceste suhe ali vlažne.

MEHANIZACIJA

Za brizganje slanice se uporabljajo posipalniki za tekočino ali brizgalke, ki so opremljene s cisterno za prevoz slanice in različnimi sistemi razpršilnih šob. Poznamo enostavne in bolj profesionalne brizgalke za vzdrževanje prometnejših cest. Šobe so navadno pritrjene na kovinski nosilec na zadku naprave, ki je enostavno nastavljiv po višini in ga lahko premikamo iz transportnega v delovni položaj. Na voljo so šobe, ki razpršijo slanico v obliki pahljače oziroma curka. Pri uporabi šob, ki razpršijo slanico v obliki pahljače, ima veter močan vpliv na sliko brizganja, brizganje zato izvajamo pri nižjih hitrostih (kolesarske steze, letališča, ceste z manjšo obremenitvijo). Primernejše so šobe, ki brizgajo v obliki curka in omogočajo širino brizganja v območju 3,5–7–10,5 m, količina slanice je lahko v območju 10–60 ml/m² pri hitrostih posipavanja v intervalu 10–80 km/h (avtoceste, glavne in lokalne ceste) (Švegl, 2009, str. 16–22).

(a)



(b)



Slika 19: Šobe (a), ki razpršijo tekočino v obliki pahljače in šobe (b), ki razpršijo tekočino v obliki curka
(Vir: Švegl, 2009)

4.2.2 PRIPRAVA IN SKLADIŠČENJE SLANICE

Pri uporabi mokre soli in brizganju raztopin soli je treba zagotoviti pripravo raztopin soli natrijevega, kalcijevega in magnezijevega klorida s primernimi koncentracijami. Raztopine soli lahko pripravimo sami z raztapljanjem suhih soli v vodi ali kupimo že pripravljene koncentrirane raztopine, ki jih naknadno ustrezno razredčimo.

Za pripravo slanice z raztapljanjem suhe soli v vodi potrebujemo zabojnik ali kad, v katero nalijemo primerno količino vode in nato počasi med mešanjem dodajamo suho sol. Pripravljeno raztopino soli s primerno koncentracijo nato prečrpamo s črpalno napravo v pokončne plastične cisterne ali skladiščne zabojnike za hranjenje slanice. Kadar uporabljamo koncentrirane raztopine soli, potrebujemo skladiščni

zbiralnik za najmanj 30.000 litrov in mešalno postajo, v kateri koncentrirano raztopino razredčimo na želeno koncentracijo, ki je primerna za praktično uporabo. Skupna količina raztopin soli v skladiščnih zbiralnikih naj bi zadoščala, podobno kot pri suhih vrstah soli, za več posipavanj s polno zmogljivostjo, pri čemer je treba upoštevati dobavne roke in čas za pripravo (Švegl, 2009, str. 30).

Zimska služba lahko s primerno uporabo raztopin soli veliko prihrani pri porabi soli in zmanjša negativne vplive posipavanja soli na okolje. Prihranki pri preventivnem brizganju slanice so lahko tudi za 40 % večji kakor pri ustaljenih tehnologijah posipavanja, ki se uporabljajo za preventivno posipavanje cest.

Uporabimo lahko različne raztopine soli (NaCl , CaCl_2 in MgCl_2), ki jih je mogoče medsebojno mešati v poljubnih razmerjih. Za brizganje se običajno uporablja raztopino natrijevega klorida s koncentracijo 20–22 ut. % NaCl , ki je primerna za posipavanje do $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Učinkovitost delovanja slanice na cesti zelo poveča že majhen dodatek raztopine kalcijevega ali magnezijevega klorida. Pri temperaturah pod $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ je treba zraven raztopine natrijevega klorida brizgati še raztopino kalcijevega klorida s koncentracijo 20–30 ut. % CaCl_2 (učinkuje od -20 do $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$) ali magnezijevega klorida s koncentracijo 20–22 ut. % MgCl_2 (učinkuje od -20 do $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$). Zadrževanje soli na cestišču oziroma ohranitev slanosti cestišča se tako štirikratno podaljša. Z dodatkom melase pa se to zadrževanje še podaljša.

Primerno razmerje med količino raztopine natrijevega klorida in raztopino kalcijevega ali magnezijevega klorida je enako kot pri mokri soli (70 ut. % raztopine NaCl in 30 ut. % raztopine CaCl_2 ali MgCl_2), kar pa je mogoče hitro in enostavno spremeniti glede na vremenske pogoje na cesti (Švegl, 2009, str. 82–84).

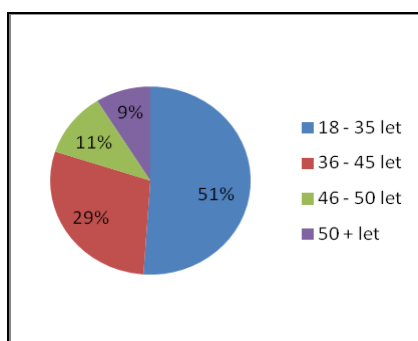
5 ZADOVOLJSTVO Z UČINKI ZIMSKE SLUŽBE PRI UPORABNIKIH CEST

5.1 ANKETA

Da bi ugotovili zadovoljstvo uporabnikov državnih cest v zimskem času, smo v februarju 2014 izvedli anketo. Anketa je vsebovala 23 vprašanj, na katera so anketiranci odgovarjali z izbiro enega od ponujenih odgovorov, nekaj vprašanj pa je bilo zastavljenih tako, da so lahko napisali svoje mnenje. Razdeljenih je bilo 60 anketnih vprašalnikov, od katerih je bilo vrnjenih 45. Pri obdelavi podatkov smo si pomagali s programom excel.

5.2 REZULTATI ANKETE

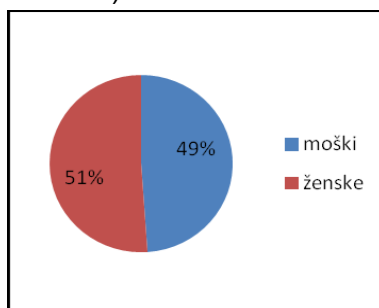
1. Starost (23 vprašanih 18–35 let, 13 anketiranih 36–45 let, 5 sodelujočih 46–50 let in 4 nad 50 let)



Graf 1: Starost
(Vir: lasten)

Iz grafa 1, ki predstavlja starostno strukturo anketirancev, je razvidno, da med anketiranci prevladuje mlajša generacija.

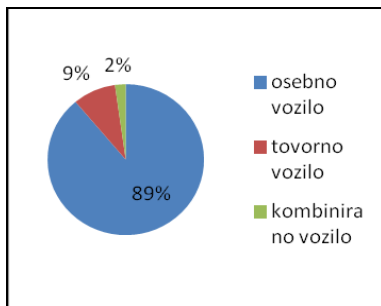
2. Spol (22 moških in 23 žensk)



Graf 2: Spol
(Vir: lasten)

Iz grafa 2, ki predstavlja spol anketirancev, je razvidno, da za malenkost prevladujejo ženske.

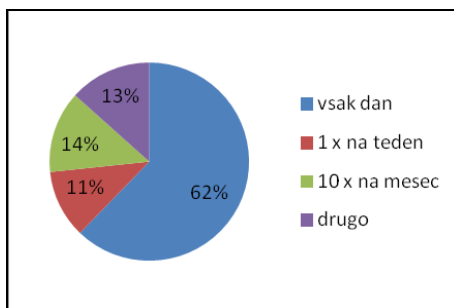
3. Kakšno vozilo uporabljate? (40 osebno vozilo, 4 tovorno vozilo in 1 kombinirano vozilo)



Graf 3: Vrsta vozila
(Vir: lasten)

Graf 3 nam pokaže, da velika večina anketirancev uporablja osebno, majhen delež tovorno in le nekateri kombinirano vozilo.

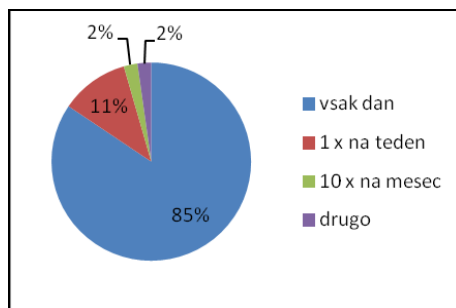
4. Kako pogosto se pozimi vozite po avtocesti? (28 vsak dan, 5 1-krat/teden, 6 10-krat/mesec in 6 drugo)



Graf 4: Pogostost vožnje po avtocesti
(Vir: lasten)

Iz grafa 4 je razvidno, da se kar 62 % anketirancev vsakodnevno vozi po avtocesti.

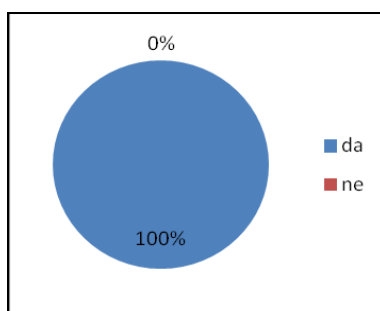
5. Kako pogosto se pozimi vozite po ostalih državnih cestah? (38 vsak dan, 5 1-krat/teden, 1 1-krat/mesec in 1 drugo)



Graf 5: Pogostost vožnje po ostalih državnih cestah
(Vir: lasten)

Graf 5 prikazuje, da se velika večina anketirancev vsakodnevno vozi tudi po ostalih državnih cestah.

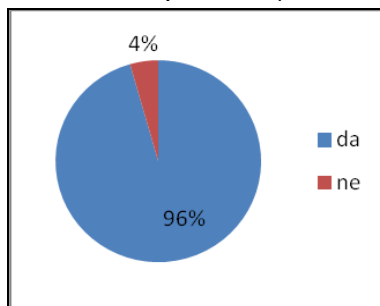
6. Ali svojega jeklenega konjička ustrezno pripravite na zimo? (45 da)



Graf 6: Ustrezna priprava jeklenega konjička
(Vir: lasten)

Iz grafa 6 je razvidno, da kar vsi anketiranci ustrezno pripravijo svojega jeklenega konjička na zimo.

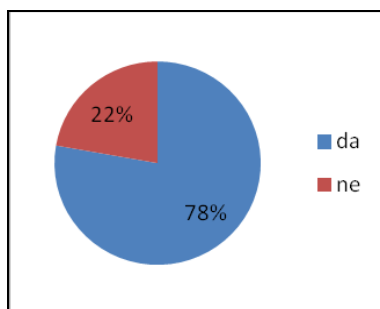
7. Ali imate v prtlačniku ustrezno opremo? (43 da in 2 ne)



Graf 7: Ustrezna zimska oprema
(Vir: lasten)

Graf 7 prikazuje, da ima velika večina anketirancev v prtljažniku ustrezno zimsko opremo. V prtljažniku se nahajajo lopata, strgalo za led, metlica, odeja, verige, rokavice, tekočina za stekla, vrv, sredstvo proti zamrzovanju, orodje, gasilni aparat, kombinezon, čelada in celo motorna žaga.

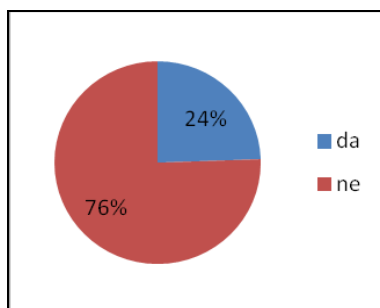
8. Ali pred odhodom od doma preverite stanje na cestah in se temu primerno pripravite? Kako? (35 da in 10 ne)



Graf 8: Stanje na cestah
(Vir: lasten)

Kolikšen delež anketirancev pred odhodom od doma preveri stanje na cestah, prikazuje graf 8. Tisti, ki preverijo stanje, se tudi ustrezno pripravijo, tako da gredo prej od doma, preverijo opremo, pokličejo informacijski center, očistijo avto ter preverijo, ali imajo dovolj goriva.

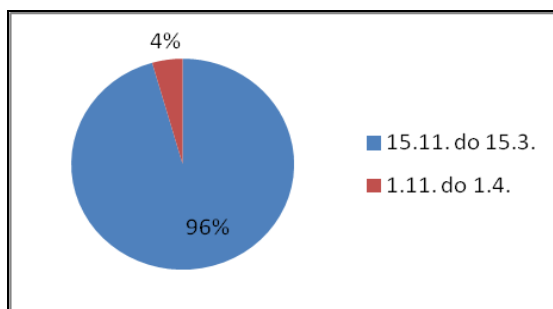
9. Ali se zaradi slabih zimskih vozniških razmer odločite za javni potniški promet? Kateri? Če ne, zakaj ne? (11 da in 34 ne)



Graf 9: Uporaba javnega potniškega prometa
(Vir: lasten)

Večina anketirancev se v slabih zimskih razmerah ne odloča za javni potniški promet, kar je razvidno iz grafa 9. Vzroki za to pa so slabe povezave s krajem zaposlitve, vzelo bi jim preveč časa ali pa se jim zdijo ceste kljub razmeram ustrezno pripravljene. Tisti, ki se odločijo za javni potniški promet, pa izberejo vlak, avtobus ali mestni avtobus.

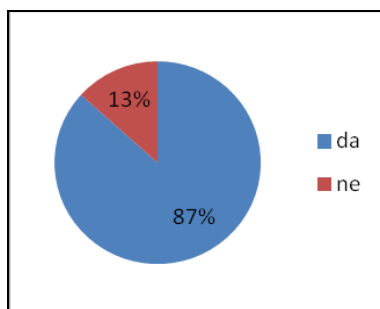
10. Ali veste, od kdaj traja uradna zimska sezona in s tem obvezna uporaba zimske opreme? (43 da in 2 ne)



Graf 10: Uradna zimska sezona
(Vir: lasten)

Graf 10 prikazuje, da le majhen delež anketirancev ne ve, od kdaj do kdaj traja uradna zimska sezona.

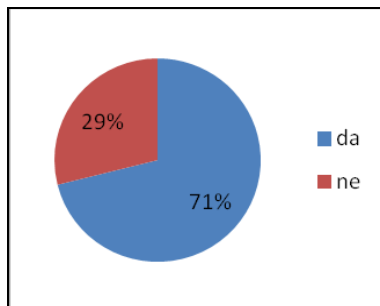
11. Ali menite, da so avtoceste pozimi ustrezno očiščene in varne? (39 da in 6 ne)



Graf 11: Ustrezna očiščenost avtocest pozimi
(Vir: lasten)

Večina anketirancev meni, da so avtoceste pri nas pozimi ustrezno očiščene in varne, kar je razvidno iz grafa 11.

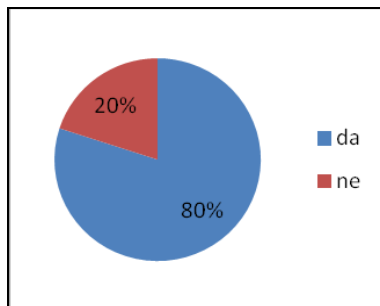
12. Ali menite, da so tudi ostale državne ceste ustrezno očiščene in varne? (32 da in 13 ne)



Graf 12: Očiščenost ostalih državnih cest pozimi
(Vir: lasten)

Graf 12 prikazuje, da se poveča odstotek tisti anketirancev (glede na graf 11), ki menijo, da ostale državne ceste niso primerno očiščene.

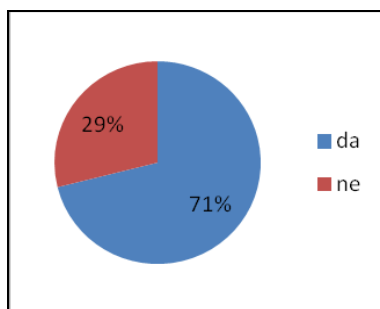
13. Ali veste, s čim se pozimi zagotavlja varnost na državnih cestah? (36 da in 9 ne) Naštejte.



Graf 13: Zagotavljanje varnosti na državnih cestah
(Vir: lasten)

Graf 13 kaže, da večina anketirancev ve, s čim se pozimi zagotavlja varnost na državnih cestah. Navajajo naslednje načine: pluženje, posipavanje soli, peska, kemikalij, prilagoditev hitrosti razmeram, ozaveščanje voznikov, signalizacija, ustrezne pnevmatike, obveščanje preko medijev, varnostna razdalja in nadzor.

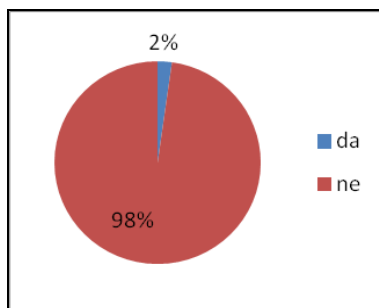
14. Ali ste se že znašli v zastoju v zimskih razmerah in iskali vzrok zanj? (32 da in 13 ne) Koga največkrat krivite?



Graf 14: Zastoj v zimskih razmerah
(Vir: lasten)

Iz grafa 14 je razvidno, da se je večina anketirancev že kdaj znašla v zastoju v zimskih razmerah in iskala vzrok zanj. Krivijo pa: zimsko službo, tiste brez ustrezne zimske opreme, voznike kamionov, vremenske razmere.

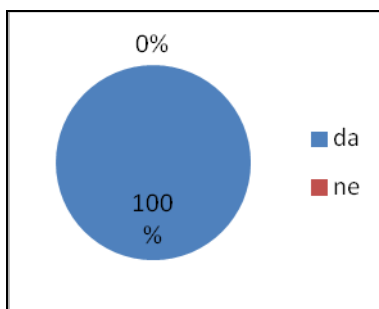
15. Ali pričakujete, da bodo ceste v zimskih razmerah take kot poleti? (1 da in 44 ne)



Graf 15: Stanje cest v zimskih razmerah
(Vir: lasten)

Skoraj vsi anketiranci menijo, da ceste v zimskem času ne morejo biti take kot poleti. To je razvidno iz grafa 15.

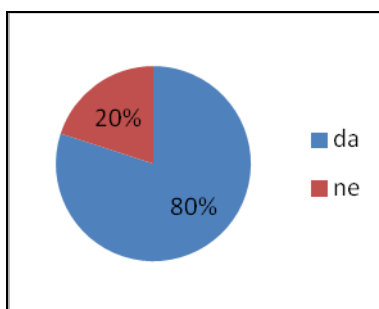
16. Ali menite, da je zimska služba naporno in odgovorno delo? (45 da in 0 ne)



Graf 16: Delo zimske službe
(Vir: lasten)

Čeprav veliko anketirancev za zastoje v zimskih razmerah krivi zimsko službo (graf 14), vsi menijo, da je njihovo delo naporno in odgovorno. To prikazuje graf 16.

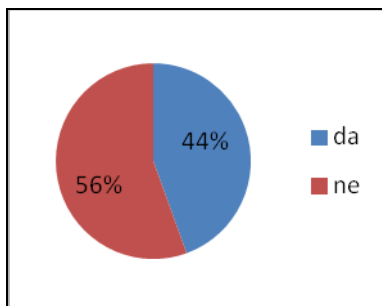
17. Ali mislite, da je sol škodljiva za okolje? (36 da in 9 ne)



Graf 17: Škodljivost soli za okolje
(Vir: lasten)

Graf 17 prikazuje mnenje večine anketirancev, da sol je škodljiva za okolje.

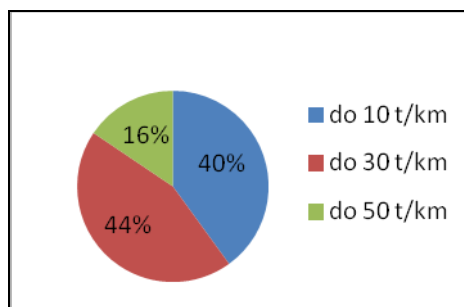
18. Ali mislite, da je drobljenec škodljiv za okolje? (20 da in 25 ne)



Graf 18: Škodljivost drobljenca za okolje
(Vir: lasten)

Iz grafa 18 lahko vidimo, da veliko anketirancev misli, da drobljenec ni škodljiv za okolje, kar pa ne drži. Ravno tako obremenjuje okolje.

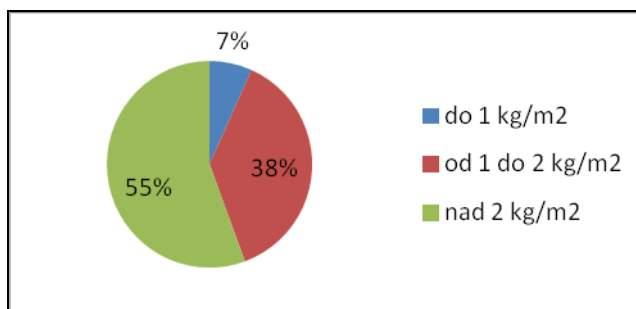
19. Ali veste, koliko soli se porabi na km avtoceste v hudi zimi? (18 – do 10 t/km, 20 – do 30 t/km in 7 – do 50 t/km)



Graf 19: Poraba soli na kvadratni kilometer
(Vir: lasten)

Velik delež anketirancev misli, da je poraba soli na km² nekje do 30 t, nekaj manj, da je poraba do 10 t in najmanjši delež, da je ta poraba do 50 t. Dejstvo je, da se v hudi zimi porabi tudi do 50 t soli/km².

20. Ali veste, koliko se na državnih cestah porabi soli na 1 m² v hudi zimi? (3 – do 1 kg/m², 17 – od 1 do 2 kg/m² in 25 nad 2 kg/m²)



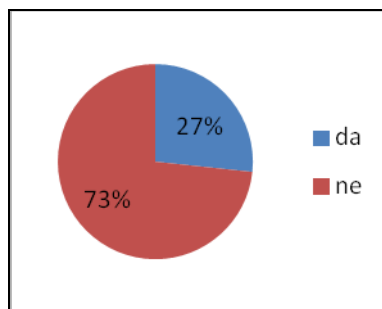
Graf 20: Poraba soli na m²
(Vir: lasten)

Večina anketirancev misli, da je poraba soli na m² nad 2 kg. To je razvidno iz grafa 20. Dejstvo pa je, da je povprečna poraba soli na m² od 1 do 2 kg.

21. Kaj se vam zdi pomembnejše: da zimska služba uporabi čim več soli in s tem poskrbi za čim boljše razmere na cesti ali da se ozirajo tudi na okolje ter stroške in porabijo toliko soli, kot je nujno potrebno?

Pri večini anketirancev prevladuje mnenje, naj se porabi le toliko soli, kot je nujno potrebno in da se je treba ozirati tudi na stroške in skrb za okolje. Nekateri menijo, da bi bilo treba izvajati alternativne metode, vendar pa jih ne navajajo.

22. Ali uporabljate tudi avtoceste drugih držav? Kakšne razlike ste opazili? (33 ne in 12 da)



Graf 21: Uporaba avtocest drugih držav
(Vir: lasten)

Graf 21 prikazuje, da anketiranci ne uporabljajo avtocest drugih držav. Tisti, ki jih uporabljajo (Avstrija, Nemčija ...) pa navajajo, da so razmere podobne ali celo slabše in da se zimska služba na ceste odpravlja kasneje kot pri nas, drugi pa menijo, da je zimska služba organizirana bolje in je tudi stanje na cestah boljše.

23. Kaj bi vas vodilo pri upravljanju zimske službe?

Največ anketirancev ocenjuje, da je najpomembnejša varnost, sledi varstvo okolja in stroški ter tekoč promet. Ostali predlogi so bili: učinkovitost in ustrezna opremljenost zimske službe, razumno delo, motivacija zaposlenih, izbor ustreznega kadra, zadovoljstvo uporabnikov ter ukrepanje po presoji in ne po zakonu.

5.3 POVZETEK ANKETE

Na podlagi izvedene ankete ugotavljamo naslednje.

Velika večina anketirancev se vsakodnevno vozi po avtocesti. Na zimsko sezono ustrezno pripravijo svojega jeklenega konjička in v vozilu imajo ustrezno zimsko opremo. Pred odhodom od doma preverijo stanje na cestah in v primeru slabih zimskih razmer ne uporabljajo javnega potniškega prometa, ker večina nima ustreznih povezav med kraji.

Vedo, od kdaj do kdaj traja uradna zimska sezona ter s čim se zagotavlja varnost na cestah. Menijo, da so tako avtoceste kot druge ceste ustrezno očiščene v zimskem času. Če se znajdejo v zastoju, pa za to večinoma krivijo neustrezno pripravljene in opremljene voznike ter zimsko službo. Kljub temu pa se zavedajo, da je delo zimske službe naporno in odgovorno.

Menijo, da je drobljenec manj škodljiv in obremenjujoč za okolje od soli, čeprav sta oba približno enako breme. Ne poznajo dejanske porabe soli na kilometer ali kvadratni meter avtoceste. Navajajo, naj zimska služba porabi toliko soli, kot je dejansko potrebno, in se pri tem ozirajo na stroške in obremenitev okolja.

Tisti, ki uporabljajo tuje avtoceste v zimskem času, pa menijo, da so razmere pri nas boljše.

6 ZAKLJUČEK

Zimska služba pri svojem delovanju v veliki meri še vedno uporablja običajne metode posipanja cestišč s klasičnimi posipnimi materiali: natrijevim, kalcijevim in magnezijevim kloridom, ki jih med seboj mešajo v določenem razmerju glede na potrebe. Za nemoten potek dela je treba pravočasno zagotoviti zadostne količine posipnih materialov ter ustrezne skladiščne prostore. Velik problem pri vseh teh materialih je njihova higroskopičnost, saj vsebujejo nečistoče in nase zelo hitro vežejo vodo. Da se soli ne skepajo, dodajajo preventivna sredstva.

Zimsko vzdrževanje cest predstavlja velik finančni zalogaj, odvisen od tega, kako huda je zima. Kadar se porabi veliko mešanic soli, je tudi obremenitev za okolje toliko večja. V zelo hudi zimi se lahko porabi tudi do 79 ton soli na kvadratni kilometer avtoceste. Ob koncu sezone je vse te materiale (pesek in drobljenec), ki ostanejo ob robu cestišča, treba pospraviti. Vsi, ki sodelujejo v zimski službi, morajo biti seznanjeni z izvedbenim programom in odgovorni za izvršitev nalog. Dobro usposobljeni vozniki tovornih vozil s posipalcem in sodobna mehanizacija pripomorejo k temu, da ne prihaja do prevelike (nepotrebne) količine posipov.

Drobljenec in drugi posipni materiali za ublažitev drsnosti so in bodo tudi v prihodnosti kljub številnim pomanjkljivostim in omejenemu delovanju še vedno nepogrešljivi pri operacijah zimske službe, ko je potrebno hitro za krajši čas povečati torno sposobnost zaledenelega ali zasneženega cestišča. Primerni so za posipavanje manj prometnih cest, kjer se promet giblje z nizko hitrostjo. Na avtocestah se praviloma ne uporabljajo.

Pri posipanju suhega drobljenca prihaja do velikega izmeta in posledično do pogostejšega posipavanja. Učinkovanje drobljenca se lahko izboljša z omakanjem s slanico na posipalnem krožniku. S tem se izboljša oprijem drobljenca na cestišče in podaljša njegovo delovanje.

Drobljenec predstavlja veliko obremenitev za okolje, saj povzroča zamašitev drenažnih naprav, onesnaževanje tako obdelovalnih kmetijskih površin kot zelenic ob cesti in bankin, škodo na parkiranih in vozečih vozilih ter škodljivo vplivajo na zdravje ljudi zaradi nastajanja prahu.

Zimska služba lahko s primerno uporabo brizganja raztopin soli doseže velike prihranke pri porabi soli in zmanjša negativne vplive posipavanja soli na okolje. Pri preventivnem brizganju slanice so prihranki lahko tudi za 40 % večji kakor pri ustaljeni tehnologiji preventivnega posipavanja. Brizganje slanice omogoča takojšnje delovanje in zagotovitev varnosti na cesti.

Brizganje slanice je mogoče opravljati pri veliko večji hitrosti posipalnika, kar zmanjša obhodni čas. To pa pomeni, da lahko celotno cestno omrežje dosti hitreje posipamo oziroma za posipavanje v enakem času potrebujemo manj posipalnikov.

Priprava raztopin soli je relativno hitra, enostavna in poceni. Pri uporabi raztopin se izognemo vrsti problemov, ki jih srečamo pri skladiščenju in posipavanju suhe in mokre soli. Cisterne na posipalniku so hitro napolnjene. To pa pripomore k zmanjšanju odzivnega časa zimske službe pri izvedbi akcij. Brizganje slanice se uporablja skoraj izključno za preventivno posipavanje vlažnih ali suhih cest.

Melasa, ki nastaja kot stranski produkt pri proizvodnji sladkorja iz sladkorne pese, je zaradi svojih fizikalno-kemijskih lastnosti ob primerni predpripravi potencialno

uporabna za odstranjevanje ledu in snega na cestišču. Je nestrupena in biorazgradljiva, se izredno dobro topi v vodi in aktivno sodeluje v procesu tajanja ledu ter preprečuje korozijo kovin. Uporaba melase je možna pri pripravi oplaščene soli NaCl, primerne za suho posipavanje, in pri omakanju soli NaCl pri mokrem posipanju. Primerna je za omakanje in oplaščenje zrn kateregakoli tipa soli NaCl ne glede na granulacijo, vsebnost nečistoč in vlago. Oplaščanje soli z melaso je mogoče izvesti na enostaven način z uporabo primerne mešala, v katerem mešamo sol, ki ji postopno dodajamo raztopino melase.

Sol, oplaščena z melaso, izboljša oprijem soli na cestišču ter ne poslabša tornih lastnosti cestišča. Oplaščanje soli z melaso ne poslabša sipkosti soli, zniža se njena higroskopnost. Melasa je cenejša od raztopin CaCl_2 in MgCl_2 , ki se uporabljata za omakanje soli NaCl pri mokrem soljenju, in bi bila z ekonomskega vidika ugodnejša.

Na podlagi ankete ugotavljamo, glede na predpostavke, da je splošno zadovoljstvo z učinki zimske službe pri uporabnikih cest dobro. Ob nastopu zimskih razmer velikokrat krivijo zimsko službo za nastale zastoje in nevšečnosti, hkrati pa se zavedajo, da je njihovo delo odgovorno in naporno.

Vsem uporabnikom cest svetujemo, da so ob nastopu zimskih razmer potrpežljivi in strpni, se od doma odpravijo prej, stanje na avtocestah pa bo z akcijami zimske službe že v nekaj urah zadovoljivo.

LITERATURA IN VIRI

Hevka, P. (2011). *Priročnik za zimsko službo – interno gradivo*.

Švegl, F. (2006). *Priprava in karakterizacija soli za posipavanje cestišč oplaščene z melaso*. Razvojno-raziskovalna naloga, Ljubljana: Direkcija Republike Slovenije za ceste.

Švegl, F. (2008). *Uporaba drobljenca in peska za posipavanje cest v zimski službi*. Projektna naloga, Ljubljana: Direkcija Republike Slovenije za ceste.

Švegl, F. (2009). *Uporaba brizganja raztopin soli v zimski službi*. Zaključno poročilo, Ljubljana: Direkcija Republike Slovenije za ceste.

Žmavc, J. (2010). *Vzdrževanje cest*. Ljubljana: DRSC.

Spletne strani

Dars v zadnji zimi uspešnejši od sosednjih držav (10. 4. 2013). Dosegljivo na naslovu <http://www.zurnal24.si/dars-v-zadnji-zimi-bolj-uspesen-od-sosednjih-drzav-clanek-187784>. Dostopno 11. 1. 2014.

Gorše, J. (2008). *Posodobitev obstoječega sistema preventivnega posipanja vozišč*. Dosegljivo na naslovu <http://diplome.fov.uni-mb.si/uni/13012Gorse.pdf>. Dostopno 4. 1. 2014.

Kemija: Kaj dobimo, če spojimo natrij in klorid? Dosegljivo na naslovu http://zmaga.com/forum_topic.php?id=7613. Dostopno 5. 1. 2014.

Pravilnik o vrstah vzdrževalnih del na javnih cestah in nivoju rednega vzdrževanja javnih cest. *Uradni list RS*, št. 62/1998 z dne 11. 9. 1998. Dosegljivo na naslovu <http://www.uradni-list.si/1/content?id=3185>. Dostopno 3. 1. 2014.

Riko Ribnica. Dosegljivo na naslovu <http://www.rikoribnica.com/zimski-program-posipalec-vp12-27.html#>. Dostopno 3. 1. 2014.

Zakon o cestah. *Uradni list RS*, št. 109/2010 z dne 30. 12. 2010. Dosegljivo na naslovu <http://www.uradni-list.si/1/content?id=101701>. Dostopno 2. 1. 2014.

PRILOGA – ANKETNI VPRAŠALNIK

Spoštovani!

Sem Špela Šeme Lesjak in delam diplomsko nalogo z naslovom Zimsko vzdrževanje državnih cest v Republiki Sloveniji.

V svoji diplomski nalogi bi rada raziskala posipne materiale oz. različne vrste soli, ki jih Slovenija uporablja v zimski službi za posipanje državnih cest. Predstaviti želim razliko med posipnimi materiali, možnosti različne priprave in uporabe soli v zimski službi na naših državnih cestah s poudarkom na učinkoviti in hkrati varčni porabi.

Na Vas se obračam s posebno prošnjo, da s svojimi odgovori, zamislimi in idejami prispevate k moji raziskavi, zato Vas prosim, da si vzamete nekaj časa in rešite anketo, ki je pred Vami.

Odgovori in analize bodo uporabljene zgolj za namen moje diplomske naloge.

Za sodelovanje se Vam že vnaprej zahvaljujem.

1. Starost:

- a) 18–35 let
- b) 35–45 let
- c) 45–50 let
- d) 50 in starejši

2. Spol:

- a) moški
- b) ženski

3. Kakšno vozilo uporabljate?

- a) osebno vozilo
- b) tovorno vozilo
- c) kombinirano
- d) drugo _____

4. Kako pogosto se pozimi vozite po avtocesti?

- a) vsak dan
- b) 1-krat tedensko
- c) 10-krat mesečno
- d) Drugo: _____

5. Kako pogosto se pozimi vozite po ostalih državnih cestah?

- a) vsak dan
- b) 1-krat tedensko
- c) 10-krat mesečno
- d) Drugo: _____

6. Ali svojega jeklenega konjička ustrezno pripravite na zimo?
a) DA
b) NE
7. Ali imate v prtljažniku ustrezno opremo? Kaj imate v avtu?
a) DA
b) NE _____
8. Ali pred odhodom od doma preverite stanje na cestah in se temu primerno ustrezno pripravite? Kako se pripravite?
a) DA
b) NE _____

9. Ali se zaradi slabih zimskih voznih razmer odločite za javni potniški promet? Kateri?
Če ne, zakaj ne?
a) DA
b) NE _____

10. Ali veste, od kdaj do kdaj traja uradna zimska sezona in s tem obvezna uporaba zimske opreme?
a) 15. 11.–15.3.
b) 1. 11.–1.4.
11. Ali menite, da so avtoceste pozimi ustrezno očiščene in varne?
a) DA
b) NE
12. Ali menite, da so ostale državne ceste pozimi ustrezno očiščene in varne?
a) DA
b) NE
13. Ali veste, s čim se zagotavlja varnost na državnih cestah pozimi, naštejte.
a) DA _____
b) NE
14. Ali ste se že znašli v zastoju v zimskih razmerah in iskali vzrok zanj? Koga največkrat krivite?
a) DA _____
b) NE

15. Ali pričakujete, da bodo ceste v zimskih razmerah take kot poleti?

- a) DA
- b) NE

16. Ali menite, da je zimska služba naporno in odgovorno delo?

- a) DA
- b) NE

17. Ali mislite, da je sol škodljiva za okolje?

- a) DA
- b) NE

18. Ali mislite, da je drobljenec škodljiv za okolje?

- a) DA
- b) NE

19. Ali veste, koliko soli se porabi na 1 km avtoceste v hudi zimi?

- a) do 10 t/km
- b) do 30 t/km
- c) do 50 t/km

20. Ali veste, koliko se na državnih cestah porabi soli na 1 m² v hudi zimi?

- a) do 1 kg/m²
- b) od 1 do 2kg/m²
- c) nad 2 kg/m²

21. Kaj se vam zdi pomembneje: da zimska služba uporabi čim več soli in s tem poskrbi za čim boljše razmere na cesti ali da se ozirajo tudi na okolje ter stroške in porabijo toliko soli, kot je nujno potrebno?

22. Ali uporabljate tudi avtoceste drugih držav? Kakšne razlike ste opazili?

23. Kaj bi vas vodilo pri upravljanju zimske službe?

Hvala za sodelovanje.