

POVEĆANJE SIGURNOSTI U SAOBRAĆAJU U ZIMSKOM PERIODU KORIŠĆENJEM SAVREMENIH MATERIJALA ZA POSIPANJE PUTEVA

Dragan Perić, email: dmm_nish@yahoo.com

Visoka tehnička škola strukovnih studija, ul. Aleksandra Medvedeva br. 20, 18000 Niš,

Sažetak: Normalnom odvijanju saobraćaja u zimskom periodu pričinjavaju niske temperature, sneg i poledica. Zbog njih se mnogo češće nego u ostalim delovima godine događaju saobraćajni udesi koji prouzrokuju brojne ljudske žrtve i velike materijalne štete. Da bi se omogućio nesmetan i bezbedan saobraćaj, organizovano je zimsko održavanje puteva. U okviru zimskog održavanja puteva imamo preventivne i korektivne intervencije. Primena savremenih materijala za posipanje puteva, naročito kod preventivnih intervencija povećava sigurnost odvijanja saobraćaja.

Ključne riječi: zimsko održavanje, materijali, posipanje, putevi, intervencije

INCREASING TRAFFIC SAFETY IN THE WINTER USING MODERN ROAD SANDING MATERIALS

Abstract: Normal traffic in the winter period is caused by low temperatures, snow and snow. Because of them, traffic accidents that cause numerous human casualties and material damage are happening much more often than in other parts of the year. In order to ensure safe and secure traffic, winter road reflection is organized. In the winter maintenance of the pie we have preventive and corrective interventions. The use of modern roadway materials, especially in preventive interventions, increases the safety of traffic

Keywords: winter maintenance, materials, sanding, roads, interventions

UVOD

U toku zimskog perioda drumski saobraćaj je, naročito na putevima većeg značaja, gotovo istog inteziteta kao i u ostalim delovima godine. Međutim, u zimskom periodu saobraćajni uslovi su neuporedivo teži. Velike smetnje normalnom odvijanju saobraćaja u ovim uslovima pričinjavaju niske temperature, sneg i poledica. Zbog njih se mnogo češće nego u ostalim delovima godine događaju saobraćajni udesi koji prouzrokuju brojne ljudske žrtve i velike materijalne štete. Pored toga, otežani saobraćajni uslovi prouzrokuju i povećane transportne troškove. Zbog toga veliki značaj imaju dobra organizacija i savremene tehnologije zimskog održavanja puteva.[3]

Glavni naponi u zimskom održavanju puteva usmereni su ka što efikasnijem i racionalnijem uklanjanju snega i poledice, kao i sprečavanju nastanka poledice na kolovozu puta. Od navedenih smetnji normalnom odvijanju saobraćaja u zimskim uslovima poseban značaj za zimsko održavanje puteva ima poledica na putu. Zbog poledice na putu, dešava se najveći broj saobraćajnih nesreća sa velikom materijalnom štetom i brojnim ljudskim žrtvama.

1. POJAM POLEDICE

Poledica kao klimatski parametar ozbiljno ugrožava bezbedno odvijanje saobraćaja na putevima u zimskim uslovima, jer svojim iznenadnim nastankom na različitim lokacijama predstavlja težak problem kako za vozače, tako i za samo zimsko održavanje puteva.

Kao jedna pojava, poledice uzima se u obzir slučaj kada poledica postoji, ili se prognozom vremena može zaključiti da postoji velika verovatnoća njenog nastanka. Ako je poledica stvorena na putu onda se preduzimaju korektivne aktivnosti zaduženih službi da bi se ona uklonila sa puta. Ako se predviđaju uslovi za nastanak poledice, onda se predviđaju preventivne aktivnosti, da bi se sprečio njen nastanak.

Iz navedenog, proizilaze dve strategije koje se koriste za održavanje puteva u zimskim uslovima i to: strategija sprečavanja nastajanja poledice na putu i strategija uklanjanja nastale poledice sa puta. [1]

Poledica na putu se može formirati ako je prisutna voda na kolovozu puta i ako temperatura voda padne ispod tačke zamrzavanja. Voda na putu, može se naći na taj način, što će iz atmosfere da padne kao kiša i naknadno se zamrzne na samom putu, ili direktno padne kao zamrznuta u obliku snega ili leda. Pojedinačno, dalje nabrojani faktori mogu doprineti nastanku poledice:

- vlažan kolovoz puta i temperatura kolovoza ispod tačke mržnjenja,
- visoka vlažnost vazduha i temperatura vazduha, takođe ispod tačke mržnjenja,

Kobinacija dva ili više navedenih faktora zahteva primenu adekvatnih mera. Vlažnost puta i temperatura ispod tačke mržnjenja su najčešća kombinacija koja zahteva primenu adekvatnih mera.

Kada temperatura kolovoza puta padne ispod tačke rose, vlaga iz vazduha će se kondenzovati na površinu puta.

Pod pojmom poledice podrazumeva se pojava zaglađenog kolovoza sa smanjenom prionljivoću, koja je uslovljena vremenskim prilikama. Poledica nastaje zamrzavanjem vode i vlage na kolovozu. S obzirom na vrstu nastanka razlikujemo sledeće oblike poledice: [4]

- **Snežna daska** je poledica, koja nastaje prilikom prijanjanja snega koji pada za kolovoz i gaženjem i smrzavanjem ugaženog snega usled vožnje vozilima ili smrzavanjem snežne bljuzge ili ostataka snega;
- **Srežna poledica** (inje na kolovozu) je poledica, koja nastaje zbog zamrzavanja vlage iz vazduha na kolovozu;
- **Ledeni sloj** je homogeni sloj leda, koji nastaje na kolovozu zbog ledene kiše ili padanjem kiše na ohlađeni kolovoz i smrzavanjem vode od topljenja snega, kao i druge vode, koja se pojavljuje na kolovozu (sa prilaznih puteva, sa bermi, iz kosina i rigola). Ledeni sloj može nastati i usled izlivanja vode na kolovoz sa strane ili topljenja snega u toku dana.

Na osnovu uputstva SNRA (Švedske nacionalne putne administracije) za kalkulaciju izvršenih radova u zimskom održavanju, u okviru definicije metereoloških pojava kao osnov za kalkulaciju broja intervencija "Kontrola klizavosti" razlikujemo sledeće tipove poledice:[6]

- a) Snežne padavine do 0,31 cm debljine; Pojavom poledice definiše se slučaj kada su snežne padavine u jednom spojenom vremenskom intervalu od 4 časa manje ili jednake količini od 0,31 cm snega pri temperaturi površine kolovoza koja je niža od +1⁰C.

- b) Slaba poledica, definiše slučaj kada je u jednom spojenom vremenskom intervalu od 4 časa temperatura površine kolovoza najmanje $0,5^{\circ}\text{C}$, niža od temperature tačke rose, i pri tome je temperatura površine kolovoza niža od $+1^{\circ}\text{C}$.
- c) Jaka poledica, definiše slučaj kada je u jednom spojenom vremenskom intervalu od 4 časa temperatura površine kolovoza najmanje 2°C , niža od temperature tačke rose, i pri tom je temperatura površine kolovoza niža od $+1^{\circ}\text{C}$.
- d) Padavine na hladanom kolovozu, definisane su kao pojava padanja kiše ili mešavine kiše i snega na kolovoz čija je temperatura površine niža od $+1^{\circ}\text{C}$ tokom jednog spojenog vremenskog intervala od 4 časa.
- e) Smrzavanje vlažnog kolovoza, predstavlja pojavu pada temperature površine vlažnog kolovoza ispod $+1^{\circ}\text{C}$ tokom jednog spojenog vremenskog intervala od 4 časa, pri čemu se vlažan kolovoz može javiti u slučaju:
 - 1. pojave padanja kiše ili mešavine kiše i snega, tj. vlažnih padavina,
 - 2. ukoliko je relativna vlažnost vazduha veća od 96%,
 - 3. ukoliko je temperatura površine kolovoza najmanje $0,5^{\circ}\text{C}$ (Celzijusovih stepeni) niža od temperature tačke rose (kondenzacija) i ukoliko se ovakva situacija pojavi 3 puta u intervalu od 3 časa.
- f) Snežne padavine od 0,31 do 1 cm debljine: Pojavom poledice definiše se i slučaj kada su snežne padavine u jednom spojenom vremenskom intervalu od 4 časa veće od 0,31 a manje ili jednake 1 cm snega;

Na osnovu uputstva WMO (World Meteorological Organization) Svetske meteorološke organizacije, definisana su sedam alarma na putu kad treba pristupiti preventivnoj intervenciji radi sprečavanja nastanka poledice na putu. U nastavku rada prikazana je modifikovana i skraćena verzija.[7]

Tabela-1 Uslovi WMO za aktiviranje alarma radi preventivne intervencije na putu

Tip alarma	Vremenski uslovi kada treba intervenisati radi sprečavanja nastajanja poledice
Alarm 1	t_v ili $t_{pk} \leq 3^{\circ}\text{C}$ ili $t_{epk} \leq 1^{\circ}\text{C}$
Alarm 2	$t_v \leq 0^{\circ}\text{C}$
Alarm 3	Prvo stanje: $t_{pk} \leq 1^{\circ}\text{C}$ ili $t_{epk} \leq 0^{\circ}\text{C}$
	Drugo stanje: kolovoz nije suv ili relativna vlažnost $\geq 95\%$ ili $t_{pk} - t_{tr} \leq 1^{\circ}\text{C}$
Alarm 4	$t_{pk} \leq 0^{\circ}\text{C}$
Alarm 5	Prvo stanje: sneg ili grad na putu
	Drugo stanje: $t_v \leq 2^{\circ}\text{C}$ ili $t_{pk} \leq 0^{\circ}\text{C}$
Alarm 6	Prosečna brzina vetra $\geq 11 \text{ m/s}^{-1}$
Alarm 7	Vidljivost $\leq 200 \text{ m}$

Gde je:

t_v = temperatura vazduha;

t_{pk} = temperatura površine kolovoza;

t_{epk} =ekstrapolirana temperatura kolovoza;

t_{tr} =temperatura tačke rose

2. MATERIJALI ZA POSIPANJE PUTEVA

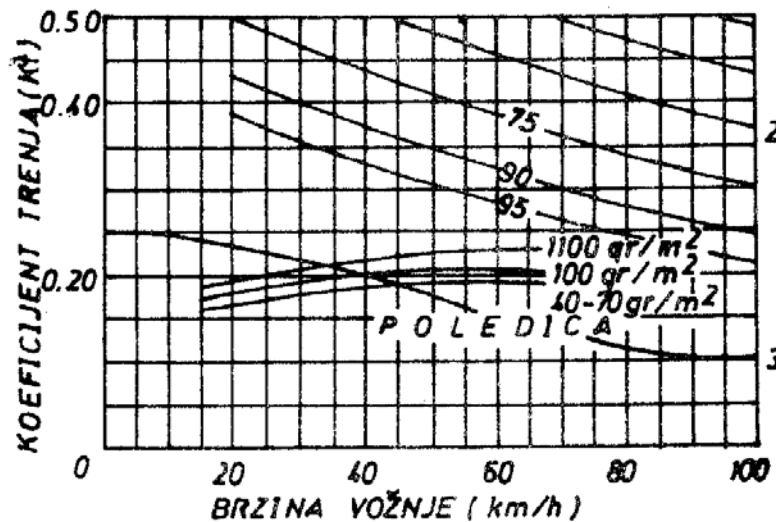
Za posipanje puteva u zimskom periodu, kada je već stvorena poledica ili kada treba sprečiti stvaranje poledice, koriste se materijali abrazivnog i hemijskog dejstva.

2.1. Materijali abrazivnog dejstava

Primena materijala abrazivnog dejstva zasniva se na njihovoj osobini da smanjuju klizavost na zaleđenim kolovozima, odnosno da poboljšavaju hvatljivost za voznu površinu, čime se obezbeđuje bolje prijanjanje pneumatika vozila po kolovozu ne oslobađajući ga od snega i leda.

Poboljšanje ostvareno razastiranjem abrazivnih materijala po zaleđenom kolovozu dolazi do izražaja odmah po posipanju, ali je kratkotrajno. Na osnovu rezultata istraživanja prikazanih na sl. 1 [2], proizilazi da se koeficijent trenja klizanja vozila po zaleđenom kolovozu, koji je pre posipanja iznosio 0,15 (pri brzini od 60 km/h), posle posipanja kolovoza kamenom sitneži dozom od 100 gr po m² povećao na 0,20. Pri navedenoj brzini vozila od 60 km/h, i uz postignuti koeficijent trenja od 0,20 put kočenja vozila iznosi 80 m. Ukoliko se količina materijala udesetostruči, koeficijent trenja će se povećati najviše do 0,25. Važno je napomenuti da ovo povećanje hvatljivosti ima vrlo kratko trajanje, jer vozila brzo rasturaju i odbacuju kamenu sitnež prema ivicama kolovoza, pa je potrebno da se posipanje često obnavlja.

Slika 1. - Promena koeficijenta trenja kolovoza u zavisnosti od brzine kretanja i količine posutog posutog kamenog agregata



2.2. Materijali hemijskog dejstava

Primena materijala hemijskog dejstva zasniva se na njihovoj osobini da otapaju sneg i led stvarajući, u mešavini sa vodom iz vazduha, snega i leda (zbog njihove higroskopnosti) određene rastvore koji zavisno od koncentracije tih materijala snižavaju temperaturu smrzavanja vode do određene granice.

Za zimsko održavanje puteva mogu se upotrebljavati materijali koji ispunjavaju sledeće zahteve:

- njihovo dejstvo na otapanje snega i leda treba da postiže određene efekte i pri temperaturama nižim od -6°C ;
- ne smeju da budu otrovni, a ni njihovo dejstvo ne sme da izaziva negativne posledice ni na gumama, lakovima i tekstu;
- poželjno je da ne deluju korozivno na metale;
- njihova cena treba da omogući ekonomičnu upotrebu za navedenu svrhu.

Navedene zahteve u najvećoj meri ispunjavaju hloridi, koji se zbog toga u najvećoj meri upotrebljavaju za održavanje puteva u zimskom periodu. Hloridi su soli pojedinih hemijskih elemenata sa hlorom, a među njima su najpoznatiji: natrijum hlorid (NaCl), kalcijum hlorid (CaCl_2) i magnezijum hlorid (MgCl_2).

Hloridi svoje delovanje zasnivaju na uzimanju (akumulaciji) toplote od okolone, što predstavlja endotermički proces, ili na oslobađanju (ispuštanju) toplote što predstavlja egzotermički proces.

Dejstvo hlorida na topljenje snega i leda zavisi i od njihove koncentracije u rastvorima, tako da se teorijska granica njihovog dejstva postiže samo pri određenoj koncentraciji.

Karakteristike ovih materijala date su u sledećoj tabeli: [2]

Tabela.2. Karakteristike hlorida

Vrsta hlorida	Granica dejstva ($^{\circ}\text{C}$)	Koncentracija (%)
NaCl	-21,2	23,1
CaCl_2	-55,0	31,0
MgCl_2	-33,6	20,6

Natrijum hlorid ostvaruje endotermički efekat, a kalcijum hlorid i magnezijum hlorid egzotermički, pri čemu se postižu vrlo različiti toplotni efekti (Tabela 3).

Tabela. 3. Vrsta toplotnog efekta

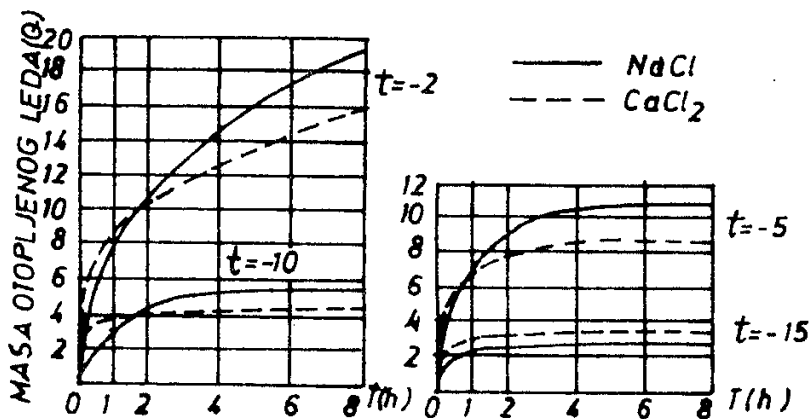
Vrsta hlorida	Vrsta toplotnog efekta	Toplota rastvaranja (J/g)
NaCl	endotermički	4.897, 3
CaCl_2	egzotermički	38.748, 2
MgCl_2	egzotermički	90.324, 9

Egzotermički proces je povoljniji u odnosu na endotermički, jer se pri upotrebi iste količine materijala pojačava proces topljenja leda. Na slici 1. dat je prikaz efekta topljenja leda raznih temperatura pri upotrebi mase od jednog grama NaCl i CaCl₂.

Sa dijagrama na slici 2. se može primetiti, da se sa smanjenjem temperature leda smanjuje i efekat topljenja, kao i da se sa produžavanjem vremena dejstva taj efekat povećava, bez obzira da li je u pitanju endotermički, ili egzotermički proces.

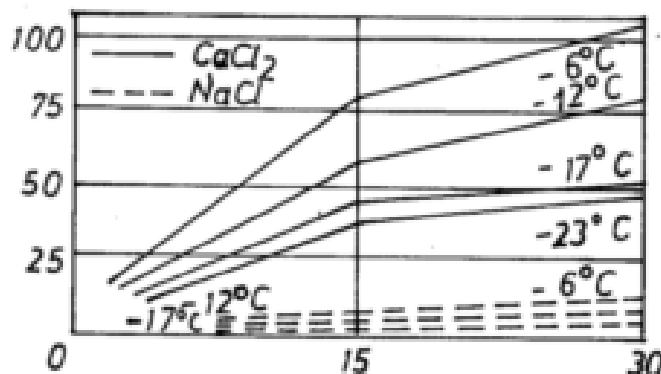
Najveći efekat otapanja je pri temperaturi od -2 °C. Pri temperaturi od -5 °C ovaj efekat je najintezivniji u prvom času, kada se otopi do 80 % leda, a posle 2 do 3 časa, naglo se smanjuje. Materijali koji za otapanje koriste egzotermički proces u početku imaju veći efekat, koji se potom postepeno smanjuje, tako da je posle izvesnog vremena (1 do 2 časa) njihov efekat manji.

Slika 2.-Efekat topljenja leda na različitim temperaturama



Bolje dejstvo hlorida sa egzotermičkim procesom u prvih 30 minuta nanošenja može se videti sa dijagrama na sl. 3.

Slika 3.-Efekat topljenja leda na različitim temperaturama u prvih 30 minuta



Iz uporedne analize dejstva primene NaCl i CaCl₂ (MgCl₂ se koristi redje, samo tamo gde se javlja u dovoljnim količinama kao nus proizvod) mogu se uočiti sledeće prednosti CaCl₂:

- proces otapanja pri istoj temperaturi i istoj količina leda daleko je brži;
- granica delovanja je daleko veća;

- kolovoz puta postaje vlažan u kraćem vremenskom periodu.

Prednosti Na u odnosu an CaCl_2 su sledeće:

- cena ovog materijala je najmanje duplo niža, i
- sadrži manji procenat neotopivih primesa.

Da bi se racionalnije iskoristila tehnička prednost CaCl_2 i ekonomska prednost NaCl, preporučljivo je koristiti njihove mešavine, pogotovu što CaCl_2 veoma brzo otpočinje topljenje, a otopljena voda podtiče i ubrzava dejstvo NaCl.

Zbog smanjenja troškova i povećanja bezbednosti učesnika u saobraćaju, kod primene mešavine hlorida najracionalnija je upotreba tzv. ovlažene soli. Ovlažena so za posipanje puteva podrazumeva primenu suve soli NaCl, kojoj se u prolazu kroz levak za dovod materijala do rotirajućeg diska za posipanje dodaje 21 % rastvor slani rastvor CaCl_2 u vodi.

Zanimljivi rezultati dobijeni su eksperimentima koje je sproveo Švajcarski institut za sneg i lavine, posipanjem puta suvom i ovlaženom soli. Rezultati ovog istraživanja su prikazani u tabeli 4. sa koje se može videti ostatak koji čine suve i vlažne soli na površini suvog kolovoza posla prolaza određenog broja vozila brzinom od 65 km/h. [5]

Tabela. 4. Ostatak soli na kolovzu nakon prolaska određenog broja vozila

Vrsta soli za posipanje	% nanete soli ostale na kolovozu posle prolaza određenog broja vozila brzinom od 65 km/h	
	5 vozila	100 vozila
Suva so	30	15
Ovlažena so	93	80

Pored ovlažene soli, još jedan vid primene hlorida obezbeđuje snižavanje troškova i povećanje bezbednosti učesnika u saobraćaju, i to uz povećanu efikasnost. To je primena rastvora soli u vodi (tzv. otopina). Dosadašnja iskustva su pokazala sledeće prednosti otopine u odnosu na suhu so:

- znatno je ubrzan proces otapanja leda i snega;
- omogućeno je ravnomerno otapanje leda i snega na kolovozu, jer se obezbeđuje ravnomerno posipanje i ne postoji bojazan od odnošenja soli vetrom;
- poboljšana je prohodnost i sigurnost saobraćaja;
- višestruko su smanjeni troškovi održavanja putevazbog: mogućeg kontrolisanog ekonomisanja sa otopinom po m^2 kolovoza, izostajanja gubitka soli odbačene vetrom ili saobraćajem, znatno većeg radijusa delovanja cisterne sa otopinom u odnosu na kamion sa posipačem, smanjene upotrebe plugova i ostalih mašina i uređaja za mehaničko uklanjanje leda i snega, smanjene količine upotrebljenog abrazivnog materijala, itd;
- brže i efikasnije delovanje, jer se otopina nalazi spremna u cisternama;
- moguća je stalna kontrola koncentracije otopine na površini kolovoza;
- smanjen je napor radnika u vezi sa utovarom i distribucijom soli (jer je punjenje cisterni jednostavnije);

- smanjeno je zagađivanje okoline.

U praktičnoj primeni su korišćenje otopine NaCl i CaCl₂. Otopina NaCl se manje primenjuje zbog ograničenog i sporijeg delovanja, dok se otopina CaCl₂ u određenoj koncentraciji može se primeniti i pod najtežim zimskim uslovima.

ZAKLJUČAK

Primena savremenih materijala za posipanje puteva u zimskom periodu znatno povećava sigurnost kretanja učesnika u saobraćaju. Dosadnja iskustva su pokazala da suvu so treba koristiti u preventivi ako je kolovoz vlažan i u korektivnim intervencijama nakon prestanka padavina. Ako je kolovoz suv, a to je u zimskom periodu najčešći slučaj, treba koristiti za preventivno posipanje ovlaženu so ili otopinu.

Ako je stvorena poledica na putu, najbrže dejstvo na otapanje imaće CaCl₂. Ako nismo u mogućnosti da ga koristimo, najracionalnije rešenje je primena mešavine suve soli NaCl i materijala abrazivnog dejstva. Ova mešavina zbog odložnog dejstva NaCl, omogućava da se poveća trenje između pneumatika i podloge dok NaCl kao materijal ne počne da deluje. Takođe, mešavina abrazivnih sa hemijskim materijalima upotrebljava se i za topljenje ostatka leda i snega koji ostaju na kolovozu posle prolaska vozila za mehaničko čišćenje snega.

Pored povećavanja sigurnosti kretanja učesnika u saobraćaju, primena ovlažene soli i otopine smanjuje troškove zimskog održavanja i smanjuje zagađenje životne sredine.

LITERATURA

- [1] Bogren J., Gustavsson T. and Karlsson M., Temperature differences in the air layer close to a road surface; Meteorol. Appl. 8, 2001;
- [2] Bjalobrzanski-Derbeneva-Mazarova-Rudakov: Borba s zimnej skoljzkostiju na avtomobiljnih dorogah, Transport, Moskva 2005;
- [3] Grupa naučnih eksperata-OCDE: Smanjenje korišćenja otoplivača u zimskom održavanju puteva, Pariz 2009;
- [4] Група аутора, Смјернице за пројектовање, грађење, одржавање и надзор на путевима, књига III: одржавање путева, дио 3: зимска служба, ЈП "Дирекција цеста" ФБИХ, ЈП "Путеви Републике Српске", Сарајево/Бањалука, 2005, 1-27;
- [5] WRB: World reference base for soil resources, 2006,
- [6] WNRA, Дефиниције метеоролошких појава као основ за калкулацију извршених количина радова у зимском одржавању, Twinning Agreement, "Путеви Србије", Београд, 2007, 1-2;
- [7] WMO, Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, Road meteorological measurements, No-8, II-12, Geneva, Switzerland, 2006, 1-9;