

**MAGDALENA CZARNA, URSZULA KOŁODZIEJCZYK*,
SYLWIA LITWINOWICZ**

**ANALIZA SZYBKOŚCI TOPNIENIA LODU
POD WPŁYWEM ŚRODKÓW CHEMICZNYCH
STOSOWANYCH W ZIMOWYM UTRZYMANIU DRÓG**

Streszczenie

Celem niniejszej pracy było zbadanie skuteczności działania środków chemicznych, stosowanych w zimowym utrzymaniu dróg oraz wskazanie środków najskuteczniejszych w topnieniu lodu. Sprawdzono działanie następujących związków: chlorek sodu, chlorek wapnia, chlorek magnezu, 25% roztwór chlorku sodu, 25% roztwór chlorku wapnia, sól drogowa, mocznik oraz octan wapnia. Stwierdzono, że najskuteczniejszym środkiem stosowanym w likwidacji oblodzenia jezdni jest chlorek wapnia.

Słowa kluczowe: topnienie lodu, zimowe utrzymanie dróg, śliskość zimowa, środki chemiczne

WSTĘP

Wg założeń Programu Operacyjnego „Infrastruktura i Środowisko - Narodowe Strategiczne Ramy Odniesienia 2007-2013”, w Polsce do 2013 roku powinny zostać zrealizowane działania, obejmujące rozbudowę infrastruktury drogowej. Rozbudowa dróg, spowodowana rozwojem gospodarki, wzrostem ilości pojazdów poruszających się po drogach oraz rosnącymi wymaganiami stawianymi przez użytkowników dróg, zmusza do wprowadzenia nowych, bardziej operatywnych oraz skutecznych technik ich utrzymania. Działania te obejmują utrzymanie letnie oraz zimowe. Zakres prac prowadzonych w zimowym utrzymaniu dróg obejmuje usuwanie śniegu i lodu z jezdni [Fortuna 1981], za pomocą zabiegów mechanicznych oraz środków chemicznych [Dobrodziej 1995]. W Polsce do łagodzenia skutków śliskości zimowej można stosować [Bieńka i in. 2006]:

* Uniwersytet Zielonogórski; Instytut Inżynierii Środowiska; Zakład Hydrologii i Geologii Stosowanej

- chlorek sodu NaCl – sól kamienna sucha,
- solanka – roztwór chlorku sodu NaCl lub chlorku wapnia CaCl₂ o stężeniu 20-25%,
- sól zwilżona – 30% solanki + 70% suchej soli NaCl,
- sól drogową – 97% NaCl + 2,5% CaCl₂ + 0,2% K₄Fe(CN)₆,
- techniczny chlorek wapnia (77-80% CaCl₂),
- chlorek magnezu MgCl₂,
- mieszaniny NaCl z CaCl₂ lub z MgCl₂ w stosunku wagowym:
 - 4:1 – 80% NaCl + 20% CaCl₂ lub MgCl₂,
 - 3:1 – 75% NaCl + 25% CaCl₂ lub MgCl₂,
 - 2:1 – 75% NaCl + 25% CaCl₂ lub MgCl₂.

Poza granicami Polski stosuje się również inne środki chemiczne [Godlewski 1993, 1995, Jansson 2004], takie jak:

- alkohole (C_nH_{2n+1}OH),
- mrówczan potasu – HCOOK,
- mocznik – H₂NCONH₂,
- octan potasu – CH₃COOK,
- octan magnezu – (CH₃COO)₂Mg,
- octan wapnia (CH₃COO)₂Ca,
- octan wapniowo – magnezowy (CMA),
- roztwory bogate w cukry,
- glikole.

Według wytycznych zimowego utrzymania dróg wszystkie środki chemiczne powinny sprawnie oraz szybko topić lód i tym samym zapobiegać gołoledzi. Ponadto, nie powinny negatywnie wpływać na środowisko oraz powodować uszkodzeń materiałów i konstrukcji. Jeszcze do niedawna uważano, że chlorek sodu jest środkiem, który najbardziej odpowiada wyżej wymienionym wymaganiom. Wobec czego był on stosowany w sposób niekontrolowany, w dużych ilościach, bez względu na niszczenie środowiska [Pecelik 1981, Borowski 2010]. Obecnie nie ma możliwości zastąpienia metody chemicznej inną metodą o zbliżonej skuteczności. Dlatego też należy nieustannie prowadzić badania nad przydatnością nowych substancji chemicznych – w celu wyboru takiego środka, który będzie jednocześnie skuteczny i bezpieczny dla środowiska [Kiepas-Kokot i in. 2011]. Poszukiwania alternatywnych środków chemicznych prowadzone były m.in. w Finlandii [Jansson 2004]. Stosowano w nich: octan wapniowo – magnezowy (CMA), chlorek magnezu, wodorotlenek potasu oraz sól potasową. Najbardziej obiecującym związkiem okazała się sól potasowa, gdyż szybko ulega biodegradacji oraz w mniejszym stopniu powoduje korozję pojazdów. Celem tej pracy było zbadanie skuteczności działania związków chemicznych, stosowanych w zimowym utrzymaniu dróg w Polsce oraz wskazanie substancji najbardziej skutecznych w usuwaniu oblodzenia jezdni.

METODYKA BADAŃ

Badania doświadczalne przeprowadzono na powierzchniach badawczych, utworzonych z warstw lodu o powierzchni 20 cm^2 każda. W celu sprawdzenia działania wybranych związków chemicznych, stosowanych do likwidacji śliskości zimowej (tab. 1), na każdej powierzchni równomiernie rozprowadzono środki odladzające w ilościach: 0,04 g, 0,1 g, 0,2 g oraz 0,4 g. Otrzymane wyniki badań porównano z próbą zerową (ubytkiem warstwy lodu bez zastosowania środków chemicznych). Do analizy przyjęto średnią wartość z trzech pomiarów, przy czym każdy pomiar wykonano na nowej powierzchni. Ubytek warstwy lodu sprawdzono po upływie: 5 min, 10 min, 15 min, 20 min, 30 min, 45 min, 60 min oraz 75 min.

Tab. 1. Środki chemiczne użyte w celu likwidacji śliskości zimowej

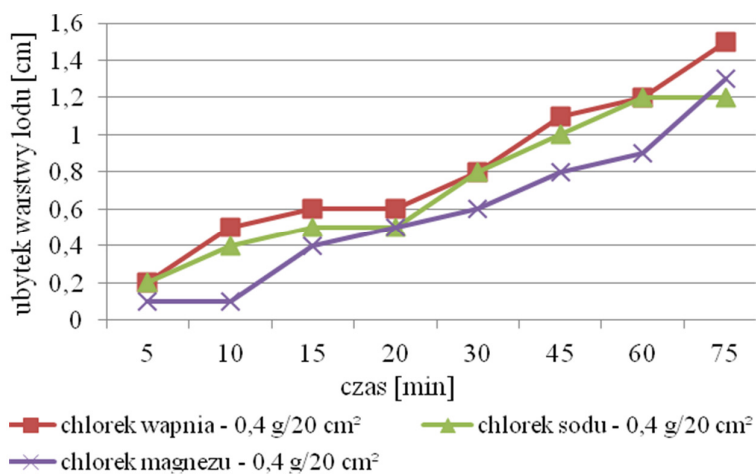
Tab. 1. Chemical agents used in elimination winter slippery

Nr powierzchni badawczej	Nazwa środka chemicznego użytego do badań	Stężenie środka chemicznego użytego do badań [%] oraz wzór chemiczny	Ilość środka chemicznego użyta w badaniach [g/20 cm ²] [ml/20 cm ²]	Konsystencja środka chemicznego użytego do badań
1	chlorek sodu	100% NaCl	0,04	substancja stała
2			0,1	
3			0,2	
4			0,4	
5	chlorek wapnia	80% CaCl ₂	0,04	substancja stała
6			0,1	
7			0,2	
8			0,4	
9	chlorek magnezu	100% MgCl ₂	0,04	substancja stała
10			0,1	
11			0,2	
12			0,4	
13	sól drogowa	97% NaCl + 2,5% CaCl ₂ + 0,2% K ₄ Fe(CN) ₆	0,04	substancja stała
14			0,1	
15			0,2	
16			0,4	
17	mocznik	H ₂ NCONH ₂	0,04	substancja stała
18			0,1	
19			0,2	
20			0,4	
21	octan wapnia	(CH ₃ COO) ₂ Ca	0,04	substancja stała
22			0,1	

23			0,2	
24			0,4	
25	25% roztwór chlorku sodu	25% NaCl	0,04	roztwór
26			0,1	
27			0,2	
28			0,4	
29			25% roztwór chlorku wapnia	
30	0,1			
31	0,2			
32	0,4			

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

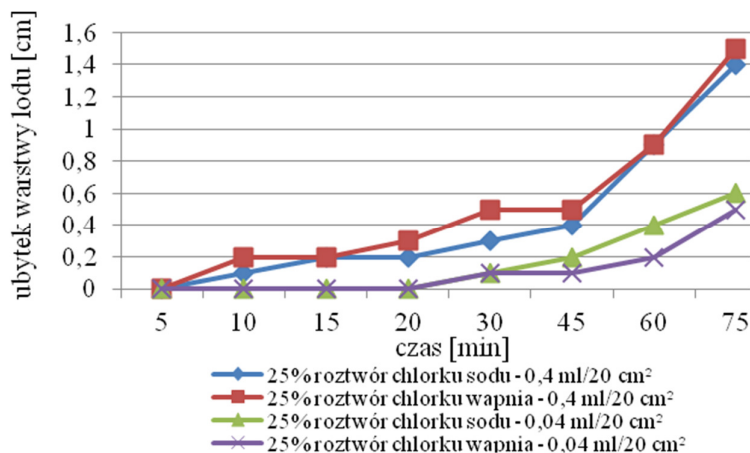
Przeprowadzone badania wykazały, że zachodzi ścisła zależność pomiędzy intensywnością topnienia lodu i czasem reakcji związku chemicznego (rys. 1). Najskuteczniejszym środkiem spośród chlorków okazał się chlorek wapnia – po upływie 75 min zaobserwowano ubytek warstwy lodu o wysokości 1,5 cm. Najniższą skuteczność działania wykazał chlorek sodu – 1,2 cm po 75 min.



Rys. 1. Wpływ chlorku wapnia, chlorku sodu i chlorku magnezu, w dawce 0,4 g/20 cm², na szybkość topnienia lodu
 Fig. 1. The influence of calcium chloride, sodium chloride and magnesium chloride in dose 0,4 g/20 cm², on speed melting ice

Ponadto z badań wynika, że dawka reagenta ma istotny wpływ na proces topnienia lodu – wraz ze wzrostem dawki wzrasta skuteczność działania środka

chemicznego (rys. 2). Przykładowo, porównując skuteczność działania tzw. solanek (czyli 25% roztworów soli) wykazano, że 10-krotny wzrost dawki powoduje wzrost skuteczności działania o ok. 60% - w przypadku zastosowania 25% roztworu chlorku sodu oraz o ok. 70% - w przypadku użycia 25% roztworu chlorku wapnia.

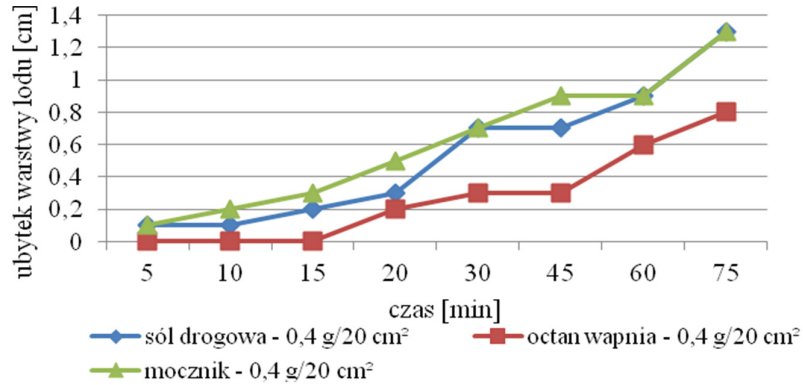


Rys. 2. Wpływ 25% roztworu chlorku sodu oraz 25% roztworu chlorku wapnia, w dawce 0,04 ml/20 cm² oraz 0,4 ml/20 cm², na szybkość topnienia lodu

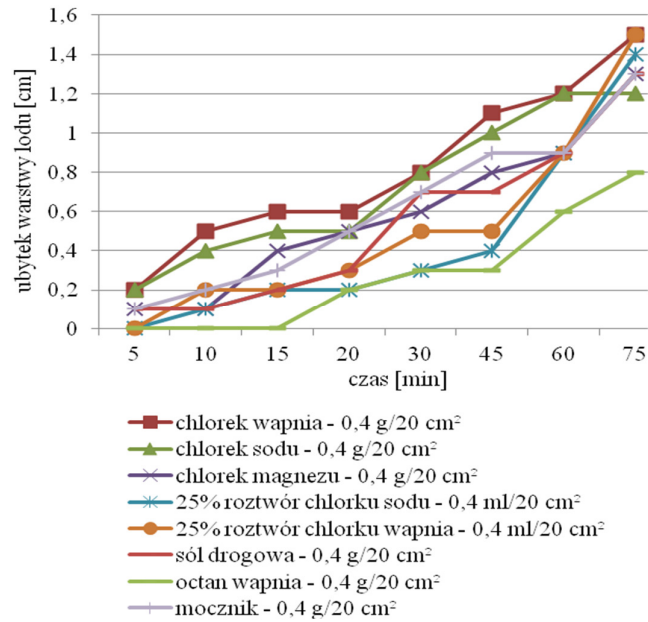
Fig. 2. The influence 25% solution of sodium chloride and 25% solution calcium chloride in dose 0,04 ml/20 cm² and 0,4 ml/20 cm², on speed melting ice

Podczas badań porównano także skuteczność działania soli drogowej, mocznika oraz octanu wapnia (rys. 3). Najlepsze rezultaty osiągnięto stosując mocznik oraz sól drogową – w obu przypadkach zaobserwowano ubytek warstwy lodu w wysokości 1,3 cm. Najmniej skuteczny okazał się octan wapnia (0,8 cm).

Podsumowując przeprowadzoną analizę można stwierdzić, że wszystkie przebadane środki charakteryzują się zbliżoną skutecznością działania (rys. 4). Najlepsze efekty w likwidacji śliskości zimowej można osiągnąć stosując kolejno: chlorek wapnia oraz 25% roztwór chlorku wapnia (w obu przypadkach stwierdzono ubytek warstwy lodu w wysokości 1,5 cm), 25% roztwór chlorku sodu (1,4 cm), chlorek magnezu, sól drogową oraz mocznik (1,3 cm). Najmniej skutecznym środkiem okazał się octan wapnia (0,8 cm).



Rys. 3. Wpływ soli drogowej, octanu wapnia oraz mocznika, w dawce 0,4 g/20 cm², na szybkość topnienia lodu
 Fig. 3. The influence road salt, calcium acetate and urea, in dose 0,4 g/20 cm², on speed melting ice



Rys. 4. Wpływ różnych środków chemicznych w dawce 0,4 g (0,4 ml)/20 cm², na szybkość topnienia lodu
 Fig. 4. The influence of different chemical agents in dose 0,4 g (0,4 ml)/20 cm², on speed melting ice

WNIOSKI

Przeprowadzone badania wykazały, że:

- najskuteczniejszymi środkami chemicznymi do zwalczania śliskości zimowej są: czysty chlorek wapnia oraz 25% roztwór chlorku wapnia,
- najmniej skutecznym spośród przebadanych środków jest octan wapnia,
- szybkość topnienia lodu zależy od dawki reagenta oraz od czasu jego działania.

LITERATURA

1. BIENKA J. i in.: *Wytyczne zimowego utrzymania dróg*. Załącznik do Zarządzenia Nr 18 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 30 czerwca 2006 roku. Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa 2006
2. BOROWSKI J.: *Zimowy wróg drzew*. Zieleń miejska, Nr 12, 40-43, 2010
3. DOBRODZIEJ E.: *Zimowe utrzymanie dróg*. Polskie drogi, Nr 12 (14), 9-10, 1995
4. GODLEWSKI T.: *Zastosowanie solanek do likwidacji śliskości zimowej w Norwegii (na podstawie publikacji Norweskiej Administracji Dróg Publicznych „Use of brine on Road, results – winter season 1990/1991”)*. Nowości Zagranicznej Techniki Drogowej, Zeszyt Nr 114, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa 1993
5. GODLEWSKI T.: *Technologie zwalczania śliskości zimowej w Europie Zachodniej*. Materiały specjalistycznych seminariów: „Zimowe utrzymanie dróg miejskich”. Praca zbiorowa. Część I, Publikacja Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych – Nr 690, 87-92, Warszawa 1995
6. FORTUNA E.: *Zwalczanie śliskości zimowej na drogach samochodowych w Polsce*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1981
7. JANSSON A.: *Testing potassium formiate as an alternative de-icer in Finland*. Międzynarodowa Konferencja Naukowo Techniczna, Krzyżowa, 17-19 listopada 2004, Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, 61-65, Warszawa 2004
8. KIEPAS-KOKOT A. i in.: *Prawne aspekty zimowego utrzymania dróg*. Przegląd komunalny, Nr 10, 66-69, 2011
9. PECENIK A.: *Wpływ środków chemicznych na roślinność przydrożną i miejską, stosowanych do usuwania śliskości zimowej*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1981

**THE ANALYSIS OF THE SPEED MELTING ICE UNDER THE
INFLUENCE OF CHEMICALS USED IN WINTER ROAD
MAINTENANCE**

S u m m a r y

The aim of this study was the examination effectiveness of chemicals variety applied in winter roads maintaining as well as indication of the most efficient substances applied in ice melting. The study included: sodium chloride, calcium chloride, magnesium chloride, 25% solution of sodium chloride, 25% solution of calcium chloride, road salt, urea and calcium acetate. Researches proved that the most effective chemical agent used in winter roads maintaining is calcium chloride.

Key words: ice melting, winter road maintenance, winter slippery, chemical agents