

dr inż. Rafał Andrzejczyk<sup>1\*)</sup>  
dr inż. Tomasz Muszyński<sup>1)</sup>  
mgr inż. Przemysław Kozak<sup>1)</sup>

# Nowoczesne metody usuwania śniegu i lodu z powierzchni użytkowych

*Modern methods of snow and ice removing from the utility surfaces*

DOI: [dx.doi.org/10.15199/33.2014.12.05](https://doi.org/10.15199/33.2014.12.05)

**Streszczenie.** W artykule zostały przedstawione klasyczne metody usuwania śniegu i lodu z nawierzchni użytkowych. Dokonano analizy skutków wykorzystywania środków chemicznych. Opisano szacunkowe koszty wynikające z konieczności utrzymania nawierzchni użytkowych „niszczonych” wskutek zmian temperatury i wykorzystania środków chemicznych. Przedstawiono nowoczesne metody odmrażania z zastosowaniem systemów podgrzewania elektrycznego i układów wykorzystujących odnawialne źródła energii. W artykule położono nacisk na rozszerzenie informacji dotyczących stosowania i technologii pasywnych układów odładzania z wykorzystywaniem rurek ciepła i układów termosyfonowych. Zaprezentowano budowę stanowiska pomiarowego i zaawansowanie prac badawczych w kierunku opracowania wysokoefektywnego układu odładzania/odśnieżania powierzchni wykorzystującego rurkę ciepła (termosyfon).

**Słowa kluczowe:** termosyfon, rurka ciepła, nawierzchnie użytkowe.

**Abstract.** The paper has showed some classical method of defrosting/demelting and snow removed from surfaces. Authors have analyzed effects of using chemicals, they described average costs maintenance of public roads, pavements which have destroyed by temperature differences and de-icing agents. The paper presented some new defrosting/demelting methods based on use of electrical heating and renewable energy sources. Author's expanded information about capability application of systems based on use the passive heat elements such as heat pipes and thermosyphons. At the end of the text was showed a new test rig. It has constructed for experimental investigations carried to created more efficiency passive elements for demelting and defrosting surface in the time of winter.

**Keywords:** heat pipe, thermosyphon, usable pavements.

Uszkodzenia nawierzchni drogowych czy nawet płyt lotniskowych zdarzają się bardzo często w warunkach eksploatacyjnych występujących na terenie naszego kraju. Najwięcej uszkodzeń diagnozuje się w przypadku nawierzchni drogowych. Wynika to nie tylko ze złej technologii ich budowy, czy zastosowania materiałów złej jakości, ale także warunków klimatycznych. W Polsce zima trwa średnio cztery do pięciu miesięcy w roku, co przekłada się na długi okres ekspozycji nawierzchni w temperaturze bliskiej i poniżej zera. Podstawowym sposobem wykorzystywanym w naszym kraju do usuwania lodu i śniegu z nawierzchni użytkowych jest stosowanie różnego rodzaju środków chemicznych, przede wszystkim mieszaniny soli drogowej i piasku oraz urządzeń mechanicznych. Są to działania doraźne, które oprócz skutków

w postaci niszczenia nawierzchni mogą powodować również korozję pojazdów i negatywne oddziaływanie środowiskowe. Już w latach siedemdziesiątych XX wieku [1] wskazywano na liczne zagrożenia dla środowiska naturalnego wynikające z konieczności stosowania chemicznych środków odładzających. Należy podkreślić negatywne oddziaływanie nie tylko czystych chemicznie substancji (najczęściej soli wapnia i magnezu), ale również dodatków przeciwbrylających stanowiących mieszaninę żelazocyjanków żelaza (II) i (III) z niewielką domieszką żelazocyjanku potasu czy sodu [1]. Podczas ich rozkładu w glebie pojawiają się toksyczne składniki.

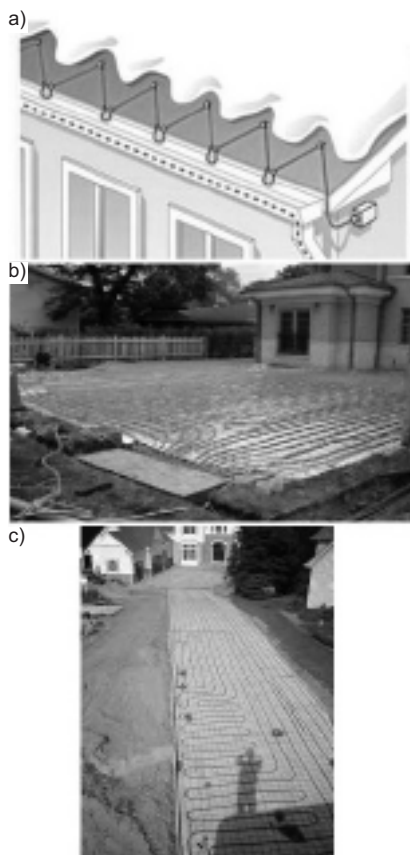
Mając na uwadze koszty, to np. w zeszłym sezonie zimowym Mazowiecki Zarząd Dróg Wojewódzkich wydał ok. 33 mln zł [2] na odśnieżanie ulic i chodników. Dochodzą do tego koszty wywozu śniegu z terenów miast. Zimowa aura wiąże się też z koniecznością usuwania zalegającej warstwy śniegu i lodu z dachów budynków użyteczności pu-

blicznej i indywidualnych, gdyż ich zbyt gruba warstwa może doprowadzić do przeciążenia konstrukcji dachowej i w konsekwencji jego zawalenia.

Oprócz tradycyjnych metod odśnieżania istnieją na rynku rozwiązania, umożliwiające rozmrażanie powierzchni dróg i chodników oraz powierzchni dachów za pomocą ogrzewania elektrycznego (fotografia 1). Wiąże się to oczywiście z dodatkowymi kosztami nie tylko inwestycyjnymi, które zależą od wielu czynników, ale również ze stałymi kosztami eksploatacyjnymi. Tabela 1 prezentuje orientacyjne wartości mocy grzejnej niezbędnej do zainstalowania systemu elektrycznego odśnieżania i odładzania w przypadku kilku wybranych lokalizacji, tabela 2 przykładowy dobór przewodów grzejnych, a tabela 3 odstępy między przewodami. Na tej podstawie można wykonać prostą symulację kosztów eksploatacyjnych w przypadku minimalnej powierzchni działki ok. 500 m<sup>2</sup> [4] oraz standardowej powierzchni piętrowego domu jednorodzinnego (200 m<sup>2</sup>), który zajmuje na

<sup>1)</sup> Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny

<sup>\*)</sup> Autor do korespondencji:  
e-mail: rafandr@pg.gda.pl



Fot. 1. Systemy elektrycznego odśnieżania i odladzania powierzchni dachu budynku (a) oraz metodologia wykonania systemów podjazdu przy domu jednorodzinnym (b) i systemu odladzania na powierzchni chodnika (c) [3]

działce ok. 160 m<sup>2</sup>. Wynika z tego, że powierzchnia chodników i podjazdu oraz ogródka wynosi maksymalnie 340 m<sup>2</sup>. Zakładając, iż połowę powierzchni wykorzystamy na „teren zielony”, reszta powinna zostać wyposażona w system odladzania. Wykorzystując dane z tabeli 1, wiemy, że na powierzchni chodników i podjazdów należy zainstalować moc ok. 250 W/m<sup>2</sup>, co daje całkowitą moc zainstalowaną ok. 42,5 kW. Zgodnie z danymi Instytutu Meteorologii i Gospodarki i Wodnej, średnia liczba dni z temperaturą poniżej 0 °C wynosi ok. 100, a średni koszt kilo-

Tabela 1. Orientacyjna powierzchniowa moc grzejna w zależności od miejsca zainstalowania przewodów lub mat grzejnych (wg katalogu firmy Elektra) [5]

| Miejsce ułożenia               | Moc grzejna [W/m <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------|---------------------------------|
| Podjazdy, chodniki, parkingi   | 250 – 300                       |
| Schody, rampy, mosty, wiadukty | 250 – 400                       |

Tabela 2. Przykładowy dobór przewodów grzejnych (wg katalogu Tyco-Thermal Controls) [5]

| Miejsce ułożenia                                       | Wymagana moc [W/m <sup>2</sup> ] | Typ przewodu samoregulującego |                |          |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------|----------|
|                                                        |                                  | EM2-XR                        | FroSstop Black | 8BTV2-CT |
| Drogi dojazdowe, chodniki, parkingi                    | 250 – 300                        | +                             | –              | –        |
| Rampy, mosty                                           | 250 – 400                        | +                             | –              | –        |
| Schody                                                 | 250 – 300                        | +                             | –              | –        |
| Dachy, koryta dachowe                                  | 200 – 300                        | –                             | +              | +        |
| Dachy, koryta dachowe zawierające bitumy, (smołę itp.) | 200 – 300                        | –                             | –              | +        |
| Rynny, rury spustowe z tworzywa                        | 25 – 50                          | –                             | +              | +        |
| Rynny, rury spustowe metalowe                          | 25 – 50                          | –                             | +              | +        |

Tabela 3. Odstępy między ułożonymi równoległymi odcinkami przewodów grzejnych (wg katalogu firmy Elektra) [5]

| Powierzchniowa moc grzejna [W/m <sup>2</sup> ] | Odstępy między przewodami grzejnymi o mocy |                        |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------|
|                                                | 20 [W/m <sup>2</sup> ]                     | 25 [W/m <sup>2</sup> ] |
| 250                                            | 8                                          | 10                     |
| 300                                            | 7                                          | 8                      |
| 350                                            | 6                                          | 7                      |
| 400                                            | 5                                          | 6                      |

watogodziny energii elektrycznej w Polsce można przyjąć ok. 0,56 zł/kWh [6]. Należy się więc liczyć ze znacznymi kosztami, szczególnie w kontekście rosnących cen energii.

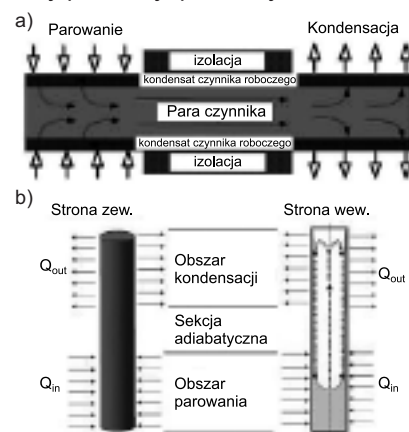
### Rozmrażanie powierzchni z wykorzystaniem energii odnawialnej

Pierwsze systemy wykorzystujące energię odnawialną do rozmrażania powierzchni pojawiły się już w 1969 r. w USA w New Jersey. Układ ten miał postać systemu hybrydowego składającego się z rurek ciepła wypełnionych amoniakiem oraz układu cyrkulacyjnego wypełnionego mieszaniną wodną glikolu (rysunek 1). Zasada działania rurki ciepła polega na połączeniu wyko-



Rys. 1. Układ odmrażania zainstalowany w New Jersey w 1969 r. [7]

rzystania dużej efektywności związanej z zachodzącymi w jej wnętrzu przemianami fazowymi z brakiem konieczności dostarczania dodatkowej energii napędowej do przenoszenia energii cieplnej. W sytuacji, gdy rurka ciepła może być zainstalowana w pozycji pionowej, nie jest wymagane jej wypełnienie materiałem porowatym (knotem). Często w literaturze takie rozwiązanie funkcjonuje pod określeniem termosyfonu dwufazowego. W sytuacji, w której układ ma pracować w konfiguracji poziomej, niezbędne jest wykorzystanie rurki ciepła wyposażonej w knot wspomagający cyrkulację czynnika roboczego wewnątrz rurki za pomocą sił kapilarnych. Na rysunku 2 zaprezentowano przykłady rurek ciepła pracujących w konfiguracji pionowej i poziomej.



Rys. 2. Przykłady „pracy” rurek ciepła w konfiguracji: a) poziomej; b) pionowej [8]

Istnieją również rozwiązania z zastosowaniem pomp ciepła zasilanych energią odnawialną z gruntu lub kolektorów słonecznych. Wadą rozwiązań z kolektorami słonecznymi jest jednak ich duże uzależnienie od ekspozycji światła słonecznego, którego ilość w okresie zimowym znacznie spada w stosunku np. do okresu letniego. Natomiast jeżeli chodzi o rozwiązania na bazie pomp ciepła, to są one efektywne energetycznie

i wykorzystują najczęściej energię odnawialną, ale do ich funkcjonowania potrzebne są już duże nakłady energetyczne. Dodatkowo jeżeli wykorzystamy układ współpracujący z dolnym źródłem ciepła w postaci gruntu, dochodzą znaczne koszty inwestycyjne odwiertów, a w przypadku układów wykorzystujących powietrze jako dolne źródło ciepła, tak jak systemy z kolektorami słonecznymi, występuje duża zmienność parametrów pracy i wydajności.

Na tle rozwiązań wykorzystujących pompy ciepła i kolektory słoneczne interesująco wyglądają układy „pasywne”, w których stosowane są rurki ciepła lub układy termosyfonowe. Ich zaletą jest również niezawodność i brak konieczności dokonywania okresowych przeglądów technicznych oraz duża trwałość (mogą być zainstalowane jako elementy konstrukcji budynku, mostu etc.)

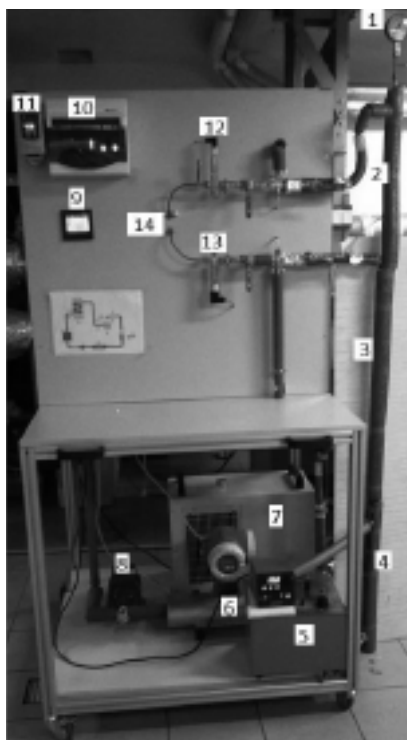
### Stanowisko do badania efektywności rurek ciepła

Ze względu na aktualność tematyki związanej z utrzymaniem odpowiedniej jakości użytkowych powierzchni budowlanych, w Katedrze Energetyki i Aparatury Przemysłowej Politechniki Gdańskiej prowadzone są intensywne prace nad nowoczesnymi systemami na bazie elementów pasywnych (termosyfonów i rurek ciepła) wykorzystujących ciepło odpadowe i odnawialne źródła energii, mające na celu opracowanie pasywnych systemów ośnieżania i odladzania powierzchni. Prace są w fazie testów. Zbudowano już specjalne stanowisko pomiarowe, którego schemat zaprezentowano na fotografii 2.

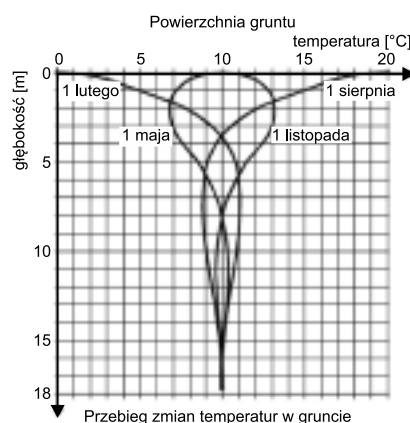
Elementem badanym jest rurka ciepła ze stali nierdzewnej o średnicy wewnętrznej 6 mm, zewnętrznej 10 mm, nieposiadająca wypełnienia porowatego. Długość całkowita rurki to 2 m, ale ciepło dostarczane jest na długości 0,5 m. Przewidziano również odcinek adiabatyczny długości 1 m i odbiór ciepła na długości 0,5 m. W warunkach zimowych temperatura zmienia się wraz z głębokością (rysunek 3). Założono jednak, że na głębokości, na której zostanie umieszczona rurka (część, w której następować będzie odbiór ciepła), temperatura powinna wynosić  $5 \pm 8^\circ\text{C}$ .

Całe stanowisko zostało zaizolowane pianką poliuretanową o współczynniku przewodzenia ciepła niższym niż  $0,04\text{ W/mK}$  i grubości 20 mm. Spe-

cialnej izolacji dokonano w elemencie badanym. Mianowicie na całości rurka została zaizolowana podwójną warstwą pianki poliuretanowej odpowiednio o grubości 20 mm i 30 mm oraz współczynnika przewodzenia ciepła



Fot. 2. Układ pomiarowy do badania efektywności termosyfonów dwufazowych/rurek ciepła: 1 – manowakuometr; 2 – sekcja odbioru ciepła; 3 – sekcja adiabatyczna; 4 – sekcja dostarczania ciepła; 5 – ultratermostat; 6 – przepływomierz masowy Corriolisa; 7 – wytwornica wody lodowej; 8 – bezpulsacyjna pompa zębata o napędzie magnetycznym; 9 – układ akwizycji danych; 10 – rozdzielnia elektryczna; 11 – falownik; 12 – manometr; 13 – przetwornik ciśnienia absolutnego; 14 – pomiar różnicy ciśnienia za pomocą wysoko precyzyjnego inteligentnego przetwornika różnicy ciśnień



Rys. 3. Rozkład temperatury w gruncie ze zmianą głębokości [9]

mniej niż  $0,04\text{ W/mK}$ . Ze względu na przyjęte parametry pomiarowe jako czynnik roboczy został wytypowany R365 mfc o normalnej temperaturze wrzenia na poziomie  $40,15^\circ\text{C}$ . Obecnie czynnik ten jest wykorzystywany na skalę przemysłową jako spieniacz. Pomimo tego, iż energia zapłonu czynnika jest kilkakrotnie wyższa niż etanolu, a jego temperatura samozapłonu na poziomie  $594^\circ\text{C}$ , substancja ta zaliczana jest do palnych i oznaczona symbolem R11. Czynnik ten stosowany jest również w układach pomp ciepła, gdzie wykorzystuje się niskotemperaturowe źródła ciepła. Substancja R365 mfc odznacza się nieznacznym negatywnym oddziaływaniem na środowisko naturalne (ODP = 0 – potencjał niszczenia warstwy ozonowej, GWP = 890 – potencjał tworzenia efektu cieplarnianego).

Wykonano pierwsze próby pracy instalacji, która została napełniona 15 g czystego czynnika R365 mfc. Czynnik ten przy normalnej temperaturze wrzenia na poziomie  $40^\circ\text{C}$  nie będzie oczywiście w takiej sytuacji pracował na założonym poziomie temperatury. Przewiduje się jednak również pracę układu w podciśnieniu, tak aby możliwa była do osiągnięcia efektywna współpraca ze źródłem ciepła o założonej temperaturze dolnego źródła ciepła.

### Literatura

- [1] Gałuszka A., Migaszkowski Z. M., Dołęgowska S., Michalik A., Podlaski R., Radzimowska A., Ocena wpływu soli stosowanych do odladzania jezdni na przydrożne drzewa na terenie miasta Kielce (kontynuacja), Raport końcowy z dokumentacją wynikową, Kielce, 2011.
- [2] <http://www.euroinfrastructure.eu/bezpieczeństwo/raport-akcja-zima-zaczyna-sie-latem/>.
- [3] <http://www.eagle-mt.com/blog/hydronic-snow-melt-systems/>.
- [4] [http://www.mowimyjak.pl/dom-i-ogrod/budowa-i-remont/jaka-powinna-byc-minimalna-powierzchnia-dzialki-pod-budowe-domu,10\\_52883.html](http://www.mowimyjak.pl/dom-i-ogrod/budowa-i-remont/jaka-powinna-byc-minimalna-powierzchnia-dzialki-pod-budowe-domu,10_52883.html).
- [5] [http://www.murator-dom.pl/galeria/zdjecie\\_dobor-kabli-grzejnych-tabla,29\\_10091\\_32337.html](http://www.murator-dom.pl/galeria/zdjecie_dobor-kabli-grzejnych-tabla,29_10091_32337.html).
- [6] <http://www.zaklad.energetyczny.w.interia.pl/>.
- [7] Nydahl, J., K Pell, R. Lee and J. Sackos, 1984. Evaluation of an Earth Heated Bridge Deck, USDOT Contact No. DTFH61-80-C-00053, University of Wyoming, Laramie.
- [8] Hussam Jouhara, HEAT PIPES AND THEIR APPLICATIONS TO HVAC SYSTEMS & PROGRESS WITH THE SIRAC KICK START FUNDING, School of Engineering and Design, Brunel University.
- [9] <http://www.akm.net.pl/dolne-zrodlo-pompy-ciepala/>.

Otrzymano 01.09.2014 r.