

MAPY TERMICZNE SIECI DROGOWEJ

Minimalizacja wpływu niekorzystnych zjawisk pogodowych na bezpieczeństwo ruchu drogowego oraz zapewnienie drożności szlaków komunikacyjnych to podstawowe zadania służb drogowych odpowiedzialnych za utrzymanie zimowe sieci drogowej. Efektywność prowadzonych działań zależy od szybkości podejmowania decyzji oraz optymalnego wykorzystania sprzętu, zasobów ludzkich i materiałów używanych do przeciwdziałania gołoledzi.

Podejmowanie właściwych decyzji logistycznych w zakresie profilaktyki zimowej uwarunkowane jest dostępnością kompleksowej i profesjonalnie opracowanej informacji pogodowej, obejmującej przewidywany rozkład temperatury nawierzchni na obszarze objętym utrzymaniem zimowym. Narzędziem, które jest w stanie skutecznie wspomagać działania służb drogowych w tym zakresie są mapy termiczne sieci drogowej.

SIGNALCO Ltd we współpracy z firmą VAISALA Ltd, zrealizowała dotychczas na terenie Polski i Ukrainy mapy termiczne sieci drogowej o łącznej długości ponad 700 km, w tym mapy termiczne autostrady A4 na jej przebiegu przez województwa: dolnośląskie, opolskie i śląskie. Kolejną drogą objętą termomappingiem będzie autostrada A1 na odcinku Rusocin – Nowe Marzy. Mapy termiczne integrowane są następnie w specjalistycznych systemach komputerowych, jak np. system IRIS (*Integrated Road Information System*), tworząc wydajną platformę wspomagania zimowego utrzymania dróg.

Temperatura nawierzchni jako parametr krytyczny w procesie powstawania gołoledzi

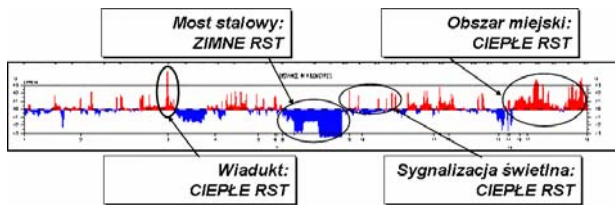
Zjawisko śliskości zimowej zwane powszechnie gołoledzią, powstaje w wyniku zamarzania roztworu wody zgromadzonego na nawierzchni jezdni w następstwie opadu atmosferycznego lub kondensacji pary wodnej zawartej w powietrzu. Powstawanie gołoledzi jest procesem skomplikowanym, uzależnionym od wielu czynników, jak: temperatura i wilgotność powietrza, siła i kierunek wiatru, ilość i koncentracja środków chemicznych stosowanych w celu obniżenia temperatury zamarzania, jednak w każdym przypadku katalizatorem tego procesu jest temperatura nawierzchni. Dlatego znajomość aktualnego oraz prognozowanego rozkładu przestrzennego temperatury nawierzchni to

podstawowy warunek prowadzenia skutecznej profilaktyki zimowej.



Czynniki wpływające na zmienność temperatury nawierzchni

Rozkład temperatury nawierzchni jest wynikiem złożonego oddziaływania wielu czynników. Pora doby, pora roku, zachmurzenie, opad atmosferyczny, kierunek i siła wiatru, to czynniki wpływające na zmienność temperatury nawierzchni w czasie. W praktyce okazuje się jednak, że w każdym punkcie nawierzchni może w tym samym okresie czasu występować inna temperatura, nawet wtedy, jeżeli punkty te położone są w rejonie oddziaływania identycznych warunków atmosferycznych. Zmienność ta, nazywana wahaniami przestrzennymi temperatury nawierzchni, uwarunkowana jest takimi czynnikami jak: położenie geograficzne, rodzaj i stan techniczny nawierzchni oraz jej podbudowy, ukształtowanie pionowe terenu, bliskość krzewów, drzew oraz innych obiektów wywołujących zjawisko cienia, sąsiedztwo rzek i zbiorników wodnych, sąsiedztwo obiektów infrastruktury technicznej odpowiedzialnych za emisję ciepła, czy wreszcie natężenie ruchu kołowego. Wszystkie te czynniki powodują, że w tym samym czasie pewne odcinki sieci drogowej mogą być cieplejsze lub zimniejsze od innych, a różnice mogą sięgać kilku lub w przypadku wyżu atmosferycznego, nawet kilkunastu stopni Celsjusza na kilkukilometrowym odcinku drogi.



Na rysunku powyżej zaznaczono przykładowe obszary odpowiedzialne za charakterystyczne odchylenia temperatury nawierzchni od wartości średniej:

- *wiadukt*: temperatura nawierzchni przebiegającej pod wiaduktem jest znacznie wyższa od temperatury nawierzchni w sąsiedztwie wiaduktu, ponieważ powierzchnia wiaduktu utrudnia oddawanie do atmosfery ciepła zgromadzonego w nawierzchni jezdni,
- *most stalowy*: temperatura nawierzchni obiektu mostowego jest znacznie niższa od temperatury nawierzchni w sąsiedztwie mostu, ponieważ nawierzchnia mostu wychładza się intensywnie z obu stron,
- *obszar zabudowany*: temperatura nawierzchni w rejonie aglomeracji miejskiej jest wyższa z powodu nagromadzenia obiektów emitujących oraz odbijających promieniowanie ciepłe,
- *sygnalizacja świetlna*: wyższe temperatury nawierzchni w sąsiedztwie urządzeń sygnalizacji świetlnej spowodowane są emisją ciepła przez pojazdy oczekujące w kolejkach na czerwonym świetle.

Skomplikowana zależność i różnorodność czynników wpływających na przestrzenną zmienność temperatury nawierzchni powoduje, że nie istnieje możliwość teoretycznego przewidywania rozkładu temperatury nawierzchni na sieci drogowej, bez wcześniejszego opracowania map termicznych. Znajomość profilu termicznego nawierzchni ma także zasadnicze znaczenie dla wyboru lokalizacji punktów pomiarowych (stacji meteorologicznych), wykorzystywanych w zimowym utrzymaniu dróg.

W kontekście omawianego problemu warto zastanowić się także nad zasadnością informowania kierowców o temperaturach nawierzchni za pomocą znaków o zmiennej treści, co jest niestety dość powszechną praktyką na naszych drogach. Niezależnie od umiejętności kierowców w zakresie interpretacji wartości tego parametru i jego znaczenia dla powstawania gołoledzi, na innych odcinkach sieci drogowej, położonych nawet w niewielkiej odległości od punktów pomiarowych, mogą występować warunki pogodowe, całkowicie odmiennie wpływające na proces powstawania śliskości zimowej, przez co stosowana praktyka może prowadzić do mylnych wniosków i w

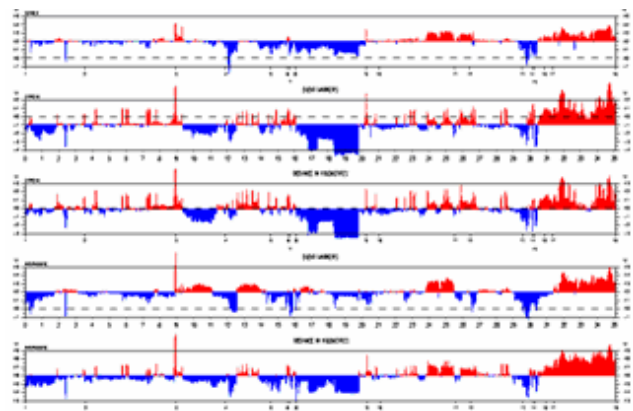
rezultacie wpływać negatywnie na bezpieczeństwo jazdy. Daleko skuteczniejszym sposobem poprawy stanu brd jest dynamiczne ograniczanie dozwolonej prędkości jazdy na niebezpiecznych odcinkach do wartości dostosowanej do warunków pogodowych lub ostrzeganie kierowców o możliwych zagrożeniach przy pomocy znaków drogowych lub komunikatów tekstowych.

Realizacja pomiarów termicznych nawierzchni

Do wykonania map termicznych konieczne jest przeprowadzenie kompleksowych pomiarów termicznych, na docelowo wyposażonych i znajdujących się w eksploatacji odcinkach sieci drogowej.



Pomiary termiczne nawierzchni wykonywane są przy pomocy kamer termowizyjnych, zainstalowanych w samochodach pomiarowych, poruszających się zimą, w porze nocnej, w różnych warunkach pogodowych, na starannie przygotowanej trasie pomiarowej. Pomiar temperatury nawierzchni wykonywany jest w odstępach 5 metrów, a zebrane dane przetwarzane są komputerowo. W celu eliminacji przypadkowych zakłóceń stosuje się matematyczny filtr Gaussa, a następnie nanosi dane pomiarowe na liniowe wykresy termiczne. Otrzymany rezultat jest graficznym odwzorowaniem modelu zmienności temperatury nawierzchni i ilustruje przestrzenny rozkład temperatury nawierzchni w obszarze sieci drogowej.



Na rysunku powyżej pokazano przykładowe profile termiczne nawierzchni, wykonane w różnych warunkach pogodowych. Dane zobrazowane za pośrednictwem liniowych wykresów termicznych wykorzystywane są następnie do opracowania map termicznych sieci drogowej.

Mapy termiczne

Mapy termiczne są odwzorowaniem względnych wahań przestrzennych minimalnej wartości temperatury nawierzchni na sieci drogowej. Odchylenia temperatury nawierzchni od wartości średniej oznaczane są za pomocą kolorowych pasków kodowanych izotermicznie. Paski te odnosi się do względnej średniej temperatury nawierzchni regionu, która zmienia się z nocy na noc, w zależności od cyrkulacji mas powietrza i zmian układu atmosferycznego.

Na rysunku poniżej przedstawiono przykładową mapę termiczną dla wybranego obszaru sieci drogowej o długości ponad 40 km, położonego w terenie górzystym na terenie południowo-zachodniej Ukrainy. Z analizy mapy wynika, że na obszarze tym zidentyfikować można odcinki sieci drogowej, na których minimalne temperatury nawierzchni mogą różnić się od siebie w tym samym czasie o $\pm 5^{\circ}\text{C}$.



Wykonane mapy termiczne są szablonem (wzorcem), przeznaczonym do wykorzystania w procesie ekstrapolacji danych pomiarowych pozyskiwanych punktowo na obszar sieci drogowej, w szczególności w celu opracowania tak zwanych map prognostycznych, ilustrujących przewidywane zmiany temperatury nawierzchni na mapie sieci drogowej i identyfikujących odcinki zagrożone gołoledzią. Dysponując odpowiednio zlokalizowanym punktem pomiarowym oraz prognostycznymi mapami termicznymi regionu, aktualizowanymi automatycznie ze stałym interwałem czasowym, możliwe jest szybkie podejmowanie decyzji w zakresie prowadzonej profilaktyki zimowej, co pozwala na istotne zwiększenie skuteczności zabezpieczenia zimowego szlaków komunikacyjnych i znaczną oszczędność w

wykorzystaniu zasobów ludzkich, sprzętowych i materiałowych.

Wykorzystanie map termicznych

Mapy termiczne wykorzystywane są do:

- *na etapie projektowania i budowy systemów osłony meteorologicznej dróg:* do lokalizacji drogowych stacji meteorologicznych,
- *na etapie eksploatacji systemu:* do ekstrapolacji mierzonych lub prognozowanych wartości temperatur nawierzchni na całą sieć drogową, przy wykorzystaniu systemu komputerowego i odpowiednich modeli matematycznych.

Warunkiem poprawnej ekstrapolacji mierzonych punktowo temperatur nawierzchni przy wykorzystaniu map termicznych, jest prawidłowa lokalizacja punktów pomiarowych (drogowych stacji meteorologicznych). Punkty te winny być instalowane w miejscach charakteryzujących się stabilnym rozkładem temperatury nawierzchni w każdych warunkach pogodowych. Należy pamiętać, że miejsca te z zasady nie pokrywają się z lokalizacjami stacji meteorologicznych, zwyczajowo ustalanych na odcinkach dróg uznawanych za szczególnie podatne na powstawanie gołoledzi. Stacje meteorologiczne lokalizowane w takich miejscach są wartościowym źródłem informacji alarmowych, ostrzegających o tworzeniu się niebezpiecznych dla ruchu kołowego zjawisk pogodowych, jednak dane z nich pochodzące nie nadają się zwykle do wykorzystania w realizacji prognostycznych map termicznych.

Decyzje o opracowaniu map termicznych winny zostać poprzedzone analizą korzyści płynących z ich wykorzystania, w aspektach kompleksowego zarządzania utrzymaniem zimowym dróg. Warto pamiętać, że mapy termiczne to ważny i nieodzowny element profesjonalnych systemów osłony meteorologicznej sieci drogowej, jednak o ostatecznie uzyskiwanych efektach decyduje także szereg innych czynników, jak: jakość i właściwa lokalizacja sprzętu pomiarowego, jakość i właściwa konfiguracja modeli matematycznych wykorzystywanych do prognozowania temperatury nawierzchni, czy wreszcie umiejętność właściwego wykorzystania posiadanych narzędzi przez personel podejmujący decyzje operacyjne w zakresie profilaktyki zimowej. Jednak doświadczenia krajów zachodnich w eksploatacji tego typu systemów i osiągnięte tam oszczędności w zużyciu materiałów odladzających, sięgające 20% w skali sezonu zimowego, powinny stanowić dostateczną zachętę dla podejmowania decyzji inwestycyjnych w zakresie projektowania i budowy kompleksowych systemów meteorologii drogowej, także w aspekcie realizacji map termicznych sieci drogowej.