



LESZEK RAFALSKI

Institut Badawczy
Dróg i Mostów
lrafalski@ibdim.edu.pl



JADWIGA WILCZEK

Institut Badawczy
Dróg i Mostów
jwilczek@ibdim.edu.pl



CEZARY KRASZEWSKI

Institut Badawczy
Dróg i Mostów
ckraszewski@ibdim.edu.pl

Ochrona przeciwmrozowa nawierzchni drogowych na przykładzie wybranych krajów

Czynniki klimatyczne mają istotny wpływ na nośność i trwałość konstrukcji drogowych. Szczególnie w rejonach o umiarkowanym klimacie, w okresie wiosennego rozmarzania, obserwuje się zjawisko znacznego obniżenia nośności podłoża gruntowego i destrukcję nawierzchni drogowych. Dotyczy to głównie nawierzchni na podłożu z gruntów wysadzinowych i wątpliwych, zawierających frakcję iłową lub pyłową, szczególnie wrażliwych na oddziaływanie mrozu. W warunkach polskich jezdnie dróg mogą osiągać w zimie temperaturę $t_{min} = -30^{\circ}\text{C}$. Penetracja mrozu w głąb nawierzchni i podłoża powoduje, że w gruntach zawierających drobne frakcje powstają wysadziny, a w okresie rozmarzania utrzymuje się wysoki stan nawilgocenia gruntów podłoża i związana z tym niska nośność. Wysadziny mrozowe przejawiają się podnoszeniem nawierzchni drogowych nawet do kilkadziesiąt cm w górę. Wysadziny są szczególnie widoczne pod koniec

zimy lub wczesną wiosną, a miejsca ich występowania stają się miejscami przełomów w nawierzchni [1]. Okres znaczącego obniżenia nośności podłoża w Polsce przy rozmarzaniu wynosi ok. 2 miesiące, od końca lutego do końca kwietnia. Okres ten zależy głównie od głębokości przemarzania gruntu i jego rodzaju, stopnia nasycenia gruntu wodą oraz poziomu wody gruntowej i sprawności drenażu.

Niska nośność podłoża gruntowego przekłada się na dużą wartość ugięć nawierzchni. Według [3] różnice ugięć nawierzchni drogowych w zależności od sezonu dochodzą nawet do 250% w cyklu rocznym. Oznacza to, że przejazd nawet kilku samochodów ciężarowych w okresie obniżonej nośności podłoża może spowodować znaczne szkody nawierzchni, a nawet jej całkowitą destrukcję. Tak duży wpływ osłabienia nośności podłoża wysadzinowego powoduje, że konstrukcja drogowa w okresie wiosennym ma bardzo małą nośność. Na podstawie własnych obliczeń odwrotnych (tabela 1) przeprowadzonych dla przykładowych typowych konstrukcji katalogowych [2] stwierdzono, że nośność podłoża gruntowego nawierzchni drogowej powodująca dwu-

krotny wzrost ugięcia jest o ok. 70% niższa od pierwotnej nośności podłoża.

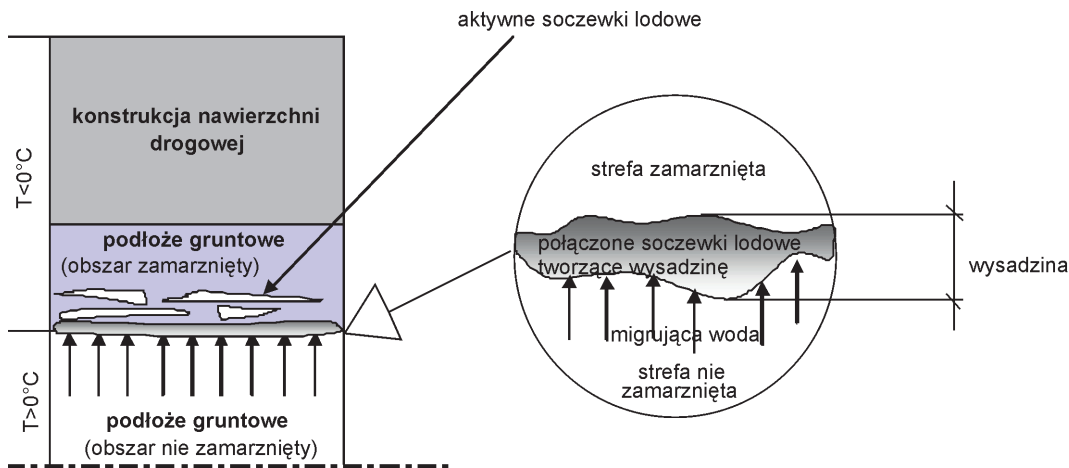
Tabela 1. Wyniki obliczeń ugięć typowej konstrukcji nawierzchni dla podłoża G1 i podłoża o module odpowiadającym 2-krotności ugięcia

Rodzaj konstrukcji wg KTKNPIp [2]	Ugięcie	Moduł podłoża gruntowego E
KR6, typ A	349 μm 710 μm	120 MPa 40 MPa
KR1, typ A	485 μm 1069 μm	100 MPa 30 MPa

Nośność podłoża w różnych warunkach klimatycznych to bardzo ważny i trudny czynnik do uwzględnienia w projektowaniu nawierzchni. Można zaprojektować konstrukcję nawierzchni z uwzględnieniem obniżonej nośności podłoża w okresie roztopów wiosennych, ale w pozostałych okresach konstrukcja będzie przewymiarowana. Można również ograniczyć ruch pojazdów w okresie obniżonej nośności podłoża. Wiele prac badawczych dotyczących wpływu mrozu na nośność podłoża wykazuje, że jest to jeden z głównych czynników powodujących destrukcję nawierzchni drogowych. Aby przeciwdziałać temu zjawisku, podłoża konstrukcji drogowych powinny być odpowiednio zabezpieczone lub powinny zostać wprowadzone ograniczenia ruchu, co przedstawiono w niniejszym artykule na przykładzie wybranych krajów.

Zjawisko powstawania wysadzin mrozowych

Zjawisko powstawania wysadzin polega na tworzeniu się w gruncie soczewek lodowych, które powiększają swoją objętość na skutek migracji wody kapilarami z podłoża ze strefy nie zamrożonej do strefy przemarzania. Woda zamrażając zwiększa swoją objętość o ok. 9,8%, równocześnie zmniejszając gęstość o ok. 9%. Woda w procesie zamrażania zmienia przewodność cieplną i opór cieplny gruntu. Powstające kryształy lodowe lub soczewki lodowe przyciągają do siebie wodę powiększając swoją grubość w kierunku przepływu ciepła. Wysokość wysadziny zależy od ilości lodu jaka wytworzy się w gruncie. Wytworzona ilość lodu uzależniona jest od wilgotności początkowej gruntu, uziarnienia gruntu, wodoprzepuszczalności, czasu działania mrozu, gradientu temperatury, przewodności cieplnej, składu chemicznego wody i zasilenia w wodę [4], [5], [6].



Rys 1. Mechanizm powstawania wysadziny [4]

W wyniku powstania wysadziny na skutek zwiększenia się objętości zamrożonej wody, po roztopach wiosennych obserwuje się zwiększenie wilgotności gruntów i obniżenie nośności podłoża sprzyjające uszkodzeniom nawierzchni.

W badaniach wysadzin mrozowych można wykorzystać podobieństwo zjawiska zmian objętościowych pod wpływem mrozu do konsolidacji podłoża. W przypadku konsolidacji następuje zmniejszenie objętości gruntu, a w przypadku wysadziny mrozowej – zwiększenie objętości. Zjawisko powstawania wysadziny w pracy [7] opisano wzorem:

$$\Delta H = \left[\frac{H_0 \cdot \Delta e}{1 + e_0} \right]$$

w którym:

ΔH – przyrost wysokości [m],

H_0 – wysokość początkowa [m],

Δe – przyrost wskaźnika porowatości,

e_0 – początkowy wskaźnik porowatości.

Ochrona przeciwmrozowa podłoża gruntowego w nawierzchniach drogowych

Polska

W Polsce ochrona przeciwmrozowa podłoża gruntowego nawierzchni drogowych polega na wykonaniu konstrukcji o odpowiedniej grubości. Jest to tzw. grubość zredukowana, nieodpowiadająca rzeczywistej głębokości przemarzania, lecz znacznie mniejsza od niej. Według polskich przepisów technicznych [2],[8],[9],[10] wymagana grubość nawierzchni wraz z ulepszonym podłożem lub warstwą mrozochronną (rys. 2) ze względu na mrozoodporność powinna wynosić $H = (0,4 \div 0,85) \cdot h_z$, (h_z oznacza głębokości przemarzania gruntu w Polsce przyjmowaną w zakresie $0,8 \div 1,4$ m wg PN-81/B-03020 [11]).

Wartość przyjmowanych współczynników ($0,4 \div 0,85$) uzależniona jest od grupy nośności podłoża (G_i) oraz kategorii obciążenia ruchem (KR). Wynika z tego, że dopuszcza się możliwość zamrażania gruntu podłoża pod konstrukcją drogową. Grubość przemarzanej warstwy podłoża jest większa w przypadku małego obciążenia ruchem i mniejsza w przypadku większego ruchu. Ograniczona ochrona przeciwmro-

Konstrukcja nawierzchni (nawierzchnia)	Warstwy górne konstrukcji nawierzchni	Warstwa ścierna	
		Warstwa wiążąca	
	Warstwy dolne konstrukcji nawierzchni	Podbudowa zasadnicza	Górna warstwa podbudowy zasadniczej
			Dolna warstwa podbudowy zasadniczej
Podłoże gruntowe nawierzchni	Podbudowa pomocnicza		
	Warstwa mrozochronna		
Warstwa ulepszanego podłoża			
Grunt rodzimy w wykopie lub grunt nasypowy w nasypie, zakwalifikowany do jednej z grup nośności podłoża od G1 do G4			

Rys 2. Schemat i nazwy warstw konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych oraz warstwy ulepszanego podłoża wg [12]

zowa oznacza, że konstrukcję nawierzchni drogowej projektuje się zakładając zamrażanie podłoża i możliwość powstawania wysadziny mrozowej. Tworzeniu się wysadziny mrozowej może przeciwdziałać ciężar warstw konstrukcji nawierzchni, lecz tylko częściowo niweluje on wysadzinę. Zjawisko zamrażania podłoża drogowego szczególnie dotyczy konstrukcji cienkich, kategorii ruchu (KR1 i KR2), które są narażone na destrukcję z powodu słabszego zabezpieczenia podłoża przed przemarzeniem. Konstrukcje nawierzchni przenoszące ruch ciężki (KR3 ÷ KR7) ze względu na nośność są grubsze i cięższe, a tym samym lepiej zabezpieczają podłoże przed przemarzeniem.

W ostatnim okresie w Polsce znajdują zastosowanie rozwiązania zabezpieczenia przeciwmrozowego ograniczające grubość warstw mrozochronnych. Są to materiały izolacyjne o małym współczynniku przewodności cieplnej $\lambda = 0,25 \div 0,65$ W/m·K. Należą do nich np. pianobeton, które stosowane są również do wzmacniania słabonośnego podłoża, a nawet do wykonywania podbudów drogowych. W wyniku stosowania materiałów izolacyjnych możliwe jest zmniejszenie grubości konstrukcji ze względu na przemarzenie, lecz wymaga to indywidualnych obliczeń.

Wielka Brytania

Ochrona przeciwmrozowa podłoża nawierzchni osiągana jest za pomocą określenia minimalnej grubości warstw z materiałów odpornych na wpływy ujemnych wartości temperatury [13]. Grubość tej warstwy wynosić powinna przynajmniej 450 mm, przy średnim rocznym wskaźniku mrozowym *Mean Annual Frost Index MAFI* ≥ 50 . *MAFI* jest wyrażany w stopniach ujemnych wartości temperatury i jest obliczany jako suma średnich wartości temperatury dobowej powietrza poniżej zera [14].

Roczny wskaźnik mrozowy wyznacza się na podstawie okresu jednego roku rozpoczynającego się 1 września. Natomiast średni roczny wskaźnik mrozowy *MAFI* jest wyznaczany na podstawie średniej arytmetycznej rocznych wskaźników mrozowych od 1959 roku. *MAFI* jest wyznaczany w określonym miejscu na podstawie danych z jednej lub kilku stacji meteorologicznych w pobliżu tego miejsca, z uwzględnieniem ukształtowania terenu, np. kotlina, góra. W praktyce przyjmuje się, że w miejscach, gdzie wskaźnik *MAFI* wynosi < 50 , grubość odpornych na działanie mrozu materiałów może być zredukowana z 450 mm do 350 mm. Zasada przyjmowania grubości 450 mm jest praktycznie obligatoryjna, niemniej w zależności od wskaźnika *CBR* można zróżnicować grubości podbudowy i ulepszonego podłoża zgodnie z tabelą 2.

Tabela 2. Wymagane grubości podbudowy i ulepszonego podłoża w Wielkiej Brytanii [15]

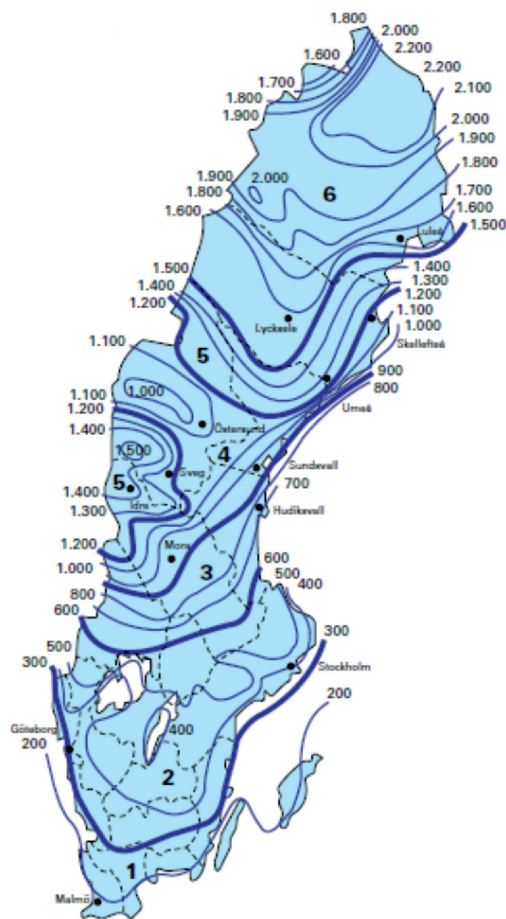
Wartość CBR gruntu w podłożu pod konstrukcją nawierzchni [%]	Wymagana grubość podbudowy i warstwy ulepszonego podłoża [mm]	
	samej podbudowy	ulepszonego podłoża i podbudowy
< 2	wymagane ulepszenie gruntu do gł. 450 mm niezależnie od grubości podbudowy	
2	nie projektuje się samej podbudowy – wymagane jest 150 mm podbudowy + 600 mm ulepszonego podłoża = 750 mm	
2,5	350	400 + 150 = 550
3	300	350 + 150 = 500
4	270	300 + 150 = 450
5	220	250 + 150 = 400
8	190	210 + 150 = 360
10	170	190 + 150 = 340
≥ 15	150	nie stosuje się ulepszonego podłoża

Wysadzinowość gruntów i materiałów drogowych w Wielkiej Brytanii jest określana w badaniu bezpośredniego pomiaru wysadziny według BS 812:124 [13].

Szwecja

Ze względu na surowy klimat, w Szwecji stosuje się kilka sposobów zapewniających drogom odporność na działanie niskiej temperatury, zależnie od strefy klimatycznej [16]. Szwecja podzielona jest na sześć stref klimatycznych [17]. Poszczególne strefy charakteryzują się zbliżoną wartością indeksów mrozowych, które obliczane są jako stopniadni ujemnych temperatur (rys. 3).

W Szwecji często wykonuje się pod warstwami konstrukcyjnymi nawierzchni warstwę izolacyjną, np. z polistyrenu.



Rys. 3 Strefy klimatyczne Szwecji [17]

Izolacja ta jest projektowana w zależności od strefy klimatycznej, klasy równości drogi, a także od izolacyjności termicznej materiału izolującego. Izolacyjność materiału warstwy wynosi od 0,45 do 3,15 m²/kW, a grubość warstwy izolacji waha się od 20–140 mm. Alternatywnym rozwiązaniem jest wymiana gruntu, którą (podobnie jak w Polsce) projektuje się na podstawie danych o strefie klimatycznej oraz o podatności gruntu podłoża na działanie mrozu.

W celu ograniczenia szkodliwego wpływu mrozu oraz cyklicznego zamrażania i odmrażania na konstrukcję nawierzchni wprowadzone są w Szwecji ograniczenia w ruchu ciężkich pojazdów na drogach.

W okresie wiosennych roztopów w Szwecji 12 000–15 000 km dróg jest zamykanych dla ruchu ciężkich pojazdów. Ograniczenia obowiązują średnio 40–50 dni w ciągu roku, zazwyczaj w okresie od początku kwietnia do końca maja. Maksymalna dopuszczalna masa pojazdu na drodze zamkniętej waha się pomiędzy 4 a 12 tonami, w zależności od warunków lokalnych.

Stany Zjednoczone

Obszar Stanów Zjednoczonych jest podzielony na 6 następujących stref klimatycznych:

- I – mokro, bez mrozu,
- II – mokro, cykliczne zamarzanie i odmarzanie,
- III – mokro, silne mrozy, wiosenne odwilże,
- IV – sucho, bez mrozu,

V – sucho, cykliczne zamarzanie i odmarzanie,

VI – sucho, silne mrozy, wiosenne odwilże.

Przy projektowaniu konstrukcji nawierzchni drogowych w strefach klimatycznych objętych działaniem mrozu określa się minimalną całkowitą grubość warstw konstrukcji nawierzchni (wraz z ulepszonym podłożem) ze względu na mrozoodporność.

Szczególną uwagę w procesie projektowania nawierzchni drogowych zwraca się na poprawne odwodnienie konstrukcji nawierzchni, co również ogranicza niekorzystny wpływ mrozu na konstrukcje nawierzchni drogowych.

Każdy ze stanów uwzględniając strefę, w której jest położony, decyduje o sposobie projektowania nawierzchni z uwzględnieniem lub nie, ochrony przeciwmrozowej. Na przykład, w Stanie Washington zalecane jest projektowanie konstrukcji nawierzchni drogowych o grubości wynoszącej co najmniej połowę głębokości przemarzania wyznaczonej na podstawie wskaźnika przemarzania FI (freezing index), który jest iloczynem średniej z dobowej wartości temperatury poniżej zera oraz liczby tych dni w ciągu każdego roku, obliczonego na podstawie ostatnich 30 lat lub pomiarów wykonanych podczas zimy na przełomie lat 1949–1950, uważanej za najostrzejszą w przeciągu ostatnich 60 lat. Wskaźnik przemarzania oblicza się ze wzoru

$$FI = \sum (T - 32^{\circ}F)$$

$$(0 \text{ Stopni Celsjusza } [^{\circ}C] = 32 \text{ Stopni Fahrenheita } [^{\circ}F])$$

w którym:

T – średnia dobowa temperatura = $0,5 (T_1 + T_2)$ w $^{\circ}F$,

T_1 – maksymalna dobowa temperatura w $^{\circ}F$,

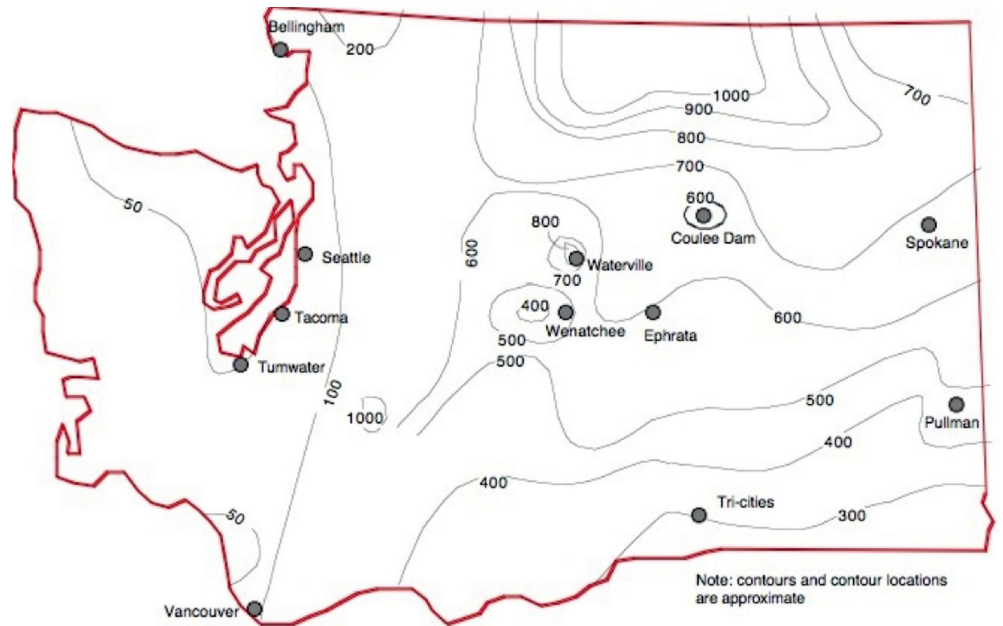
T_2 – minimalna dobowa temperatura w $^{\circ}F$,

Obliczone wskaźniki mrozowe korygowane są współczynnikiem n , którego wartość zależy od rodzaju gruntów występujących na danym terenie, grubości pokrywy śnieżnej, wilgotności i przewodności cieplnej gruntu [18]. W celach projektowych korzysta się z mapy średnich rocznych wskaźników mrozowych (rys. 4) wg [18].

Projektowanie grubości nawierzchni i ulepszonych podłoża jako połowy głębokości przemarzania, zwłaszcza na drogach o mniejszym natężeniu ruchu, narzuca wprost wprowadzenie ograniczenia ruchu w okresie wiosennych roztopów. Ograniczenia w ruchu wprowadza się na drogach, na których wielkości ugięć pomierzonych w okresie roztopów są większe co najmniej o 45–50% wielkości ugięć pomierzonych w okresie letnim, a w praktyce tam, gdzie FI jest większy od $400^{\circ}F$ -dzień.

Francja

Projektowana konstrukcja nawierzchni powinna być odporna na warunki klimatyczne występujące na danym obszarze



Rys. 4 Mapa rocznych wskaźników mrozowych w stanie Washington

kraju i dlatego we Francji drogi projektuje się szczegółowo uwzględniając lokalne warunki klimatyczne. Konstrukcja nawierzchni drogowych jest zaprojektowana tak, aby dopuszczalny wskaźnik mrozowy IA drogi, obliczony na podstawie wysadzinowości gruntu podłoża, rodzaju konstrukcji nawierzchni, był większy niż referencyjny wskaźnik mrozowy IR , który jest wyznaczany na podstawie danych meteorologicznych o warunkach panujących zimą, w zależności od terenu, na którym projektowana droga się znajduje. Do wyboru metody obliczania wskaźnika IR zobligowany jest zarządca drogi.

Wskaźnik mrozowy IR jest wyznaczany za pomocą jednej z dwóch metod:

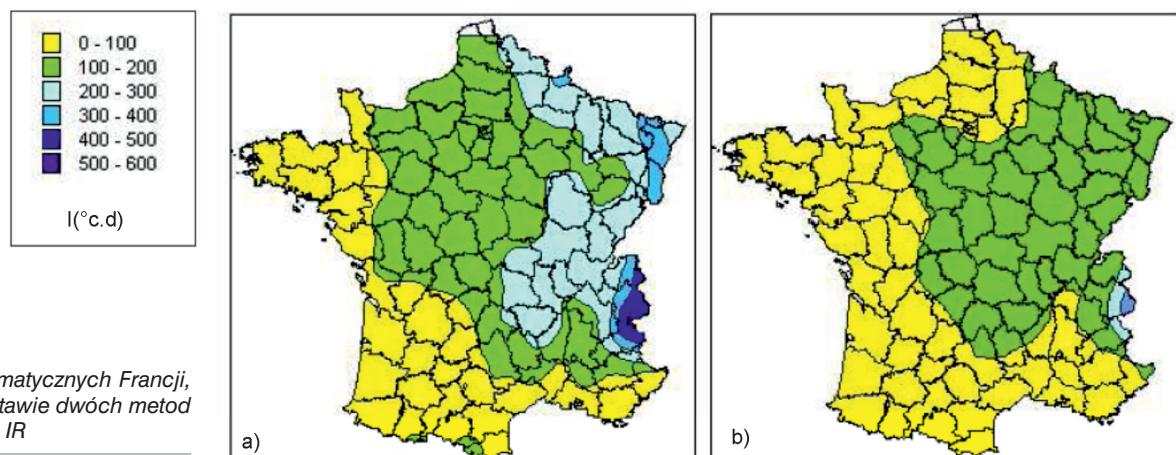
- IR jako wartość najwyższa w stopniodniach pomierzona od 1951 r – wskaźnik przewidujący zimy wyjątkowo mroźne (rys. 5a),
- IR jako wartość średnia obliczona z wybranych 10 kolejnych zim – wskaźnik zakładający niezbyt surowe zimy (rys. 5b).

Do obliczeń wykonywanych obiema metodami są opracowane mapy meteorologiczne z wartościami wskaźnika IR w poszczególnych regionach (rys. 5).

Jak wspomniano wcześniej, wskaźnik mrozowy IA powinien być większy od IR . Jeśli warunek ten nie jest spełniony, zaleca się poprawienie właściwości podłoża lub zwiększenie grubości warstw mrozochronnych. Wytyczne projektowania [19] podają minimalne grubości warstwy ulepszonych podłoża, w porównaniu z grubościami wynikającymi z funkcji nośnych warstwy. Wybierana jest zawsze większa z grubości. Wymagane minimalne grubości ulepszonych podłoża w zależności od wskaźnika mrozowego IR na przykładzie miasta Strasburga przedstawiono w tabeli 3 wg [20].

Dopuszczalne są pewne przekroczenia wskaźnika IR (ponad IA) pod warunkiem wprowadzenia ograniczenia ruchu dla ciężkich pojazdów w okresie roztopów. Rozwiązanie to jest stosowane na drogach drugorzędnych.

Interesujące są wnioski francuskich badaczy, dotyczące projektowania konstrukcji nawierzchni dróg pod kątem ich odporności na działanie mrozu w przyszłości [20].



Rys. 5. Mapy stref klimatycznych Francji, określanych na podstawie dwóch metod obliczania wskaźnika IR

Tabela 3. Wymagane minimalne grubości ulepszonego podłoża w zależności od wskaźnika mrozowego IR na przykładzie miasta Strasburga

Rodzaj nawierzchni	Wymagana grubość ulepszonego podłoża, ze względu na nośność (m)		Wymagana grubość ulepszonego podłoża, ze względu na mrozoodporność (m)			
			Wskaźnik mrozowy obliczony dla niezbyt surowych zim w mieście Strasburg IR=175°C-dzień		Wskaźnik mrozowy obliczony dla wyjątkowo surowych zim w mieście Strasburg IR=350°C-dzień	
	Materiały niezwiązane	Materiały związane	Materiały niezwiązane	Materiały związane	Materiały niezwiązane	Materiały związane
Asfaltowa	0,50	0,35	0,53	0,46	0,87	0,76
Z materiałów związanych hydraulicznie			0,37	0,33	0,69	0,60

W ramach programu IMFREX dokonano pomiaru wartości temperatury w 240 punktach Francji w latach 1961 ÷ 1999. Na podstawie uzyskanych danych przedstawiono symulację rozkładu temperatur w przyszłości. W wyniku analiz stwierdzono, że obszar o przewidywanym wskaźniku mrozowym $IR = 200 \div 300^\circ \text{C-dzień}$ zmniejszy się z 110 000 km² powierzchni do 5000 km², natomiast obszary o wskaźniku mrozowym $IR = 300 \div 400^\circ \text{C-dzień}$, praktycznie nie będzie występował. W związku z powyższym, zdecydowanie zmniejszy się grubość warstwy ulepszonego podłoża, projektowana ze względu na ochronę przeciwmrozową. Przewidywane zmiany grubości podano w tabeli 4 wg [20].

Obliczone na podstawie tych badań grubości warstw ulepszonego podłoża są zdecydowanie mniejsze od przyjmowanych obecnie we Francji, co jest uzasadniane ociepleniem klimatu.

Niemcy

W celu zapobiegania szkodliwemu działaniu ujemnych wartości temperatury w Niemczech, w zależności od kategorii ruchu, warunków gruntowo-wodnych oraz strefy klimatycznej, w jakiej dana droga się znajduje, oblicza się minimalną grubość warstw z materiałów mrozoodpornych.

Tabela 4. Wymagane minimalne grubości warstw ulepszonego podłoża w zależności od przewidywanego wskaźnika mrozowego miasta Strasburga

Rodzaj nawierzchni	Wymagana grubość ulepszonego podłoża, ze względu na nośność (m)		Wymagana grubość ulepszonego podłoża, ze względu na mrozoodporność (m)			
			Wskaźnik mrozowy obliczony dla niezbyt surowych zim w mieście Strasburg IR=100°C-dzień		Wskaźnik mrozowy obliczony dla wyjątkowo surowych zim w mieście Strasburg IR=200°C-dzień	
	Materiały niezwiązane	Materiały związane	Materiały niezwiązane	Materiały związane	Materiały niezwiązane	Materiały związane
Asfaltowa	0,50	0,35	0,33	0,29	0,58	0,50
Z materiałów związanych hydraulicznie			0,19	0,17	0,42	0,37

W przypadku, gdy grubość konstrukcji ze względu na jej projektowaną nośność nie jest wystarczająca, w celu zabezpieczenia podłoża przed przemarzaniem projektuje się warstwę mrozochronną. Grunty w zależności od stopnia ich wrażliwości na działanie mrozu dzieli się na 3 klasy:

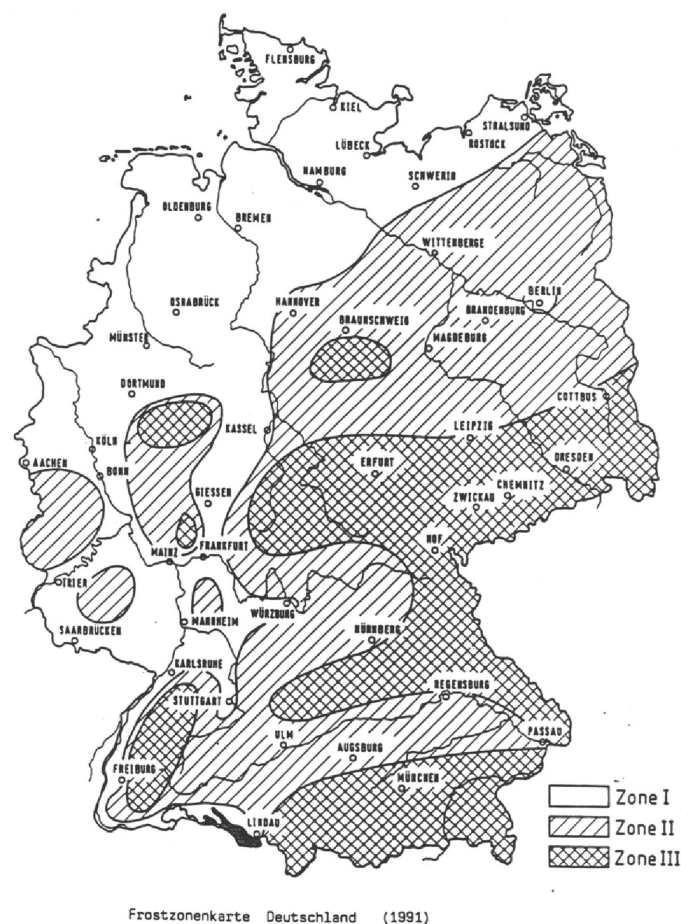
- *F1* – grunty całkowicie odporne na działanie mrozu,
- *F2* – grunty średnio odporne na działanie mrozu,
- *F3* – grunty nie odporne na działanie mrozu.

W przypadku występowania pod konstrukcją nawierzchni gruntów klasy *F1*, warstwy mrozochronnej nie projektuje się, a przypadku pozostałych klas gruntów, zależnie od klasy drogi przyjmuje się minimalne grubości warstw mrozochronnych zgodnie z tabelą 5 wg [21].

Tabela 5. Wymagane grubości konstrukcji nawierzchni wraz z warstwą mrozochronną

Klasa mrozoodporności gruntu	Grubość warstwy mrozochronnej zależnie od klasy drogi (cm)		
	SV/I/II	III/IV	V/VI
<i>F2</i>	55	50	40
<i>F3</i>	65	60	50

SV, I do VI – klasa drogi.



Strefa I – $FI < 490^\circ\text{C}\cdot\text{dzień}$
 Strefa II – $490^\circ\text{C}\cdot\text{dzień} < FI < 580^\circ\text{C}\cdot\text{dzień}$
 Strefa III – $FI > 580^\circ\text{C}\cdot\text{dzień}$

Rys. 6 Strefy klimatyczne Niemiec [21]

Mrozoodporność można osiągnąć m.in. poprzez ulepszenie gruntów w podłożu, wymianę gruntu, poprawienie warunków wodnych czy też budowanie warstw podbudowy z materiałów o podwyższonej izolacyjności cieplnej. Strefę klimatyczną odczytuje się z mapy wg RStO 01 (rys. 6) [21]. Strefy przedstawione na mapie odpowiadają obszarom o zbliżonym wskaźniku mrozowym *FI*, a głębokość przemarzania można obliczyć z zależności:

$$Z_e = 15,6 \cdot FI^{0,3}$$

Podane w tabeli 5 grubości konstrukcji z warstwą mrozochronną dotyczą dróg budowanych na obszarach objętych strefą I. W przypadku strefy II grubość warstwy zwiększa się o 5 cm, a w przypadku strefy III o 15 cm.

Kanada

Około 900 tys. km dróg Kanady przebiega przez 10 zróżnicowanych pod względem temperatur stref klimatycznych. Dwie z nich są strefami wiecznej zmarzliny. W pozostałych strefach w ciągu ostatnich lat zauważono wzrost liczby cykli zamrażania-odmrażania, zmiany głębokości przemarzania gruntu i czasu jego odtajania. W efekcie wśród tych 10 stref temperaturowych wyróżnia się 13 różnych głębokości przemarzania. Maksymalna głębokość przemarzania poza strefami wiecznej zmarzliny wynosi w Kanadzie 255 cm [22].

W procesie projektowania dróg przyjęto zasadę, że wymagana grubość konstrukcji nawierzchni ze względu na jej nośność, w przypadku dróg o obciążeniu ruchem ciężkim, wynosząca od 80 cm do 95 cm zabezpiecza drogę przed skutkami przemarzania. W przypadku dróg o mniejszym obciążeniu ruchem, ze względów ekonomicznych nie projektuje się konstrukcji o zwiększonej grubości ze względu na przemarzanie, lecz wprowadza się ograniczenia eksploatacyjne. Badania kanadyjskie wykazały, że 90% dróg w okresie roztopów wiosennych traci do 1/2 swojej nośności [23].

W celu ochrony dróg przed zniszczeniem wskutek działania mrozu oraz pozyskania środków na ich naprawy Ministerstwo Transportu wprowadziło dwa systemy ochrony: *SLP* (*Spring Road Restriction*), wprowadzający ograniczenia w obciążeniu ruchem w okresie wiosennych roztopów oraz *WWP* (*Winter Weight Premiums*), egzekwujący dodatkowe opłaty w zależności od obciążenia samochodów w tym okresie.

Podsumowanie

W warunkach polskich jezdnie dróg mogą osiągać w zimie temperaturę -30°C , co powoduje oddziaływanie temperatury ujemnej nie tylko na nawierzchnię, ale i podłożę gruntowe. Obecnie w Polsce przyjmuje się, że nawierzchnia i podłożę gruntowe powinny być ochronione przed mrozem do głębokości mniejszej niż głębokość przemarzania. Oznacza to, że konstrukcję nawierzchni drogowej projektuje się zakładając przemarzanie podłoża. Taki sposób projektowania stwarza ryzyko powstawania wysadzin w podłożu gruntowym podczas eksploatacji drogi.

Na podstawie przeglądu i analizy metod ochrony przeciw-mrozowej nawierzchni drogowych w wybranych krajach stwierdzono, że stosowane są różne rozwiązania mające na celu ochronę podłoża drogowego przed niekorzystnymi skut-

kami przemarzania. W niektórych krajach nawierzchnię projektuje się przyjmując pełną ochronę mrozową nawierzchni i podłoża, tzn. do głębokości przemarzania wbudowywane są materiały mrozoodporne i grunty niewysadzinowe. W celu zmniejszenia głębokości przemarzania wykonuje się pod warstwami konstrukcyjnymi nawierzchni warstwę izolacyjną. Zapewnienie pełnej ochrony mrozowej jest korzystne lecz kosztowne. Innym rozwiązaniem, stosowanym także w Polsce, jest ograniczona ochrona przeciwmrozowa podłoża. Podłoże nawierzchni może być wówczas zaprojektowane tak, aby jego nośność, pomimo przemarzania była odpowiednio duża podczas okresu wiosennych odwilży. W przypadku, gdy nośność podłoża jest niewystarczająca, w nawierzchni pod wpływem ruchu ciężkiego mogą powstawać szkody powodujące zniszczenie nawierzchni. Aby temu przeciwdziałać, w niektórych krajach wprowadza się ograniczenia w obciążeniu ruchem podczas wiosennych roztopów, a także dodatkowe opłaty od obciążenia samochodów w tym okresie.

Bibliografia

- [1] Z. Witun, *Zarys geotechniki*. WKŁ Warszawa 1976, 2003.
- [2] Katalog Typowych Konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych. Wyd. IBDiM 1997 r.
- [3] M. Graczyk, *Nośność konstrukcji nawierzchni wielowarstwowych w krajowych warunkach klimatycznych*. Wyd. IBDiM, Studia i materiały, Zeszyt 63, Warszawa 2010 r.
- [4] L. Rafalski, *Podbudowy drogowe*. Wyd. IBDiM, Studia i materiały, Zeszyt 59, Warszawa 2007 r.
- [5] COST 351, *Water in road structures. Movement, Drainage and effects*. Andrew Dawson, University of Nottingham, 2008
- [6] M. Cwiakała, U. Kołodziejczyk, L. Rafalski, *The influence of selected chemical compounds used in winter road maintenance on the active capillarity of soils*. Journal of Soils and Sediments, August 2012
- [7] S.J Han., D.J Goodings, *Practical model of frost heave in clay*. Journal of Geotechnical and Environmental Engineering, January 2006
- [8] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 43, poz. 430)
- [9] Katalog Typowych Konstrukcji nawierzchni sztywnych Wyd. IBDiM 2001 r.
- [10] Katalog Wzmocnień i remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych. Wyd. IBDiM 2001 r.
- [11] PN-81/B-03020 Grunty budowlane – Posadowienie bezpośrednio budowli – Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [12] Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych, Gdańsk 2013.
- [13] BS 812-124:1989 – Testing aggregates. Method for determination of frost-heave
- [14] Manual of contract documents for highway works, Volume 1. Specification for highway works. SERIES 800 ROAD PAVEMENTS-(11/04) UNBOUND, CEMENT AND OTHER HYDRAULICALLY BOUND MIXTURES.
- [15] R. N. Hunter, *Asphalts in Road Constructions*. GB 2000 Thomas Telford Ltd.
- [16] Swedish National Road Administrations- Road 94, General Technical Construction Specifications of Roads
- [17] <http://ebookbrowse.com/1995-vti-road-deterioration-and-maintenance-pdf-d160677991>
- [18] www.pavementinteractive.org
- [19] LCPC – SETRA, French Design Manual for Pavement Structure, 1997.
- [20] <http://medias.cnr.fr/imfref/>
- [21] RStO 01 – Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, 2001
- [22] R. Haas, L.C Falls, D. MacLeod, and S. Tighe, *Climate Change Impacts and Adaptions on Roads in Northern Canada*. Cold Regions Engineering and Constructions Conference and Expo, Edmonton, Alberta, 2004
- [23] S. Baiz, *Using Road Information System (RWIS) to optimize the Scheduling of Road Restrictions on Northern Ontario's Low-Volume Highway*. University of Waterloo, Ontario, 2007 ■

Informacja prasowa

Przetargi w trybie „projektuj i buduj”

Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad w dużym zakresie stosuje nowe zasady realizacji inwestycji na drogach krajowych, a w szczególności na drogach ekspresowych, polegające na projektowaniu i budowaniu. Zarzuca się, lub stosuje incydentalnie, tradycyjny sposób realizacji inwestycji, bazujący na opracowaniu projektów staraniem inwestora i na podstawie tych projektów zleceniu wykonania robót w drodze przetargu. GDDKiA praktykuje trzy rodzaje projektowania według nowych zasad:

- „projektuj i buduj” kiedy inwestor posiada koncepcję programową, a niekiedy tylko studium techniczno-ekonomiczne – wykonawca opracowuje projekt budowlany, wykonawczy i inne niezbędne opracowania oraz uzyskuje wymagane decyzje administracyjne a następnie wykonuje roboty budowlane,
- „kontynuuj projektowanie i buduj”, kiedy inwestor posiada część dokumentacji projektowej, na przykład projekt budowlany – wykonawca kontynuuje projektowanie i wykonuje roboty, przy czym zezwala się wykonywać projekty zamiennie do dostarczonych przez inwestora,
- „optymalizuj i buduj”, kiedy inwestor ma kompletną dokumentację projektową, ale oczekuje, że wykonawca wprowadzi zmiany zmniejszające koszty inwestycji.

Jak można było przeczytać w prasie, nowe zasady miały skrócić procedury przetargowe, ograniczyć koszty inwestycji i zmniejszyć liczbę roszczeń wykonawcy do inwestora. Z pewnością osiągnięto cel ograniczenia kosztów inwestycji, ale stosowane procedury przetargów dwustopniowych ograniczonych do udziału dwudziestu uczestników w dru-

gim etapie raczej wydłużyły niż skróciły czas rozstrzygnięcia przetargów. Wątpliwe jest również zmniejszenie roszczeń wykonawców.

Z serwisu GDDKiA otrzymujemy informacje o ogłoszeniu i rozstrzygnięciu przetargów. Analizując je można stwierdzić, że od marca do listopada 2013 roku GDDKiA zaprosiła do składania wniosków w procedurze dwustopniowej wykonawców na kilka znaczących inwestycji drogowych, jak na przykład: obwodnica Marek (S8), Rawicz – Wrocław (S5), Nowa Sól – Legnica (S3), obwodnica Radomia (S7). Żaden z tych przetargów nie został rozstrzygnięty, a tylko do na obwodnicę Marek zaproszono wykonawców do składania ofert cenowych. Szkoda, że powyższe przetargi idą tak powoli.

W grudniu 2013 roku nastąpił wysyp przetargów. Zaproszono wykonawców do składania wniosków na wiele inwestycji, jak na przykład: obwodnica Inowrocławia (nr 15 i 25), obwodnica Olsztyna (nr 16), Warszawa – Garwolin (S17), Garwolin – Kurów (S17), obwodnica Góry Kalwarii (nr 59 i 79), Radziejowice – Paszków (S8), południowa obwodnica Warszawy (S2).

Jeżeli rozstrzygnięcie tych przetargów nabierze tempa, w co należy wierzyć, nastąpi efekt skumulowania inwestycji w czasie. Przyniesie to perturbacje w ich realizacji, czego doświadczyliśmy w poprzednim okresie.

Z serwisu GDDKiA odczytujemy, że w poprzednim roku składano ponad 20 wniosków na każde zadanie a obecnie liczba chętnych zmniejsza się do 17–18 wniosków. Należy spodziewać się, że w drugim etapie poszczególnych przetargów ofert będzie jeszcze mniej.

(Oprac. Tadeusz Suwara)