

# Snelwegen kunnen minder hoog door opwarmend klimaat

**Door klimaatverandering dringt de vorst minder diep in de ondergrond. Daarom heeft Rijkswaterstaat de maatgevende vorstindringingsdiepte onder snelwegen aangepast van 70 naar 40 tot 50 cm, afhankelijk van de locatie in Nederland.**

Hierdoor kan de grondwaterstand onder de snelwegen en het waterpeil in de omgeving omhoog met 20 tot 30 cm. Een significante stap waardoor bij aanleg minder ophoogmateriaal nodig is, de weg minder ruimte inneemt in het landschap, en meer water kan worden vastgehouden in het cunet en de omgeving. Daarmee nemen verdroging en daarbij optredende bodemdaling af en is er beter tegemoet te komen aan wensen voor peilverhoging vanuit de omgeving. Aanleiding voor de aanpassing van de maatgevende vorstindringingsdiepte onder de snelwegen van Rijkswaterstaat is het opwarmende klimaat. Het aantal vorstdagen per winter is teruggelopen van gemiddeld 41 dagen in de periode 1961-1990 naar 35 dagen in de periode 1991-2020. Daarnaast worden de vorstperiodes minder streng en blijkt dat de gemiddelde bodemtemperatuur in Nederland reeds met gemiddeld 1,5 graad Celsius is gestegen over de periode 1980 tot 2020.

De huidige door Rijkswaterstaat geeïste minimale diepte tot het grondwater onder snelwegen stamt uit 1990, en is gebaseerd op een analyse uit 1975. Daarmee is er voldoende



De maatgevende vorstindringing voor Nederland voor de snelwegen van Rijkswaterstaat. Weergegeven punten zijn de vastgestelde vorstindringing met een herhalingsstijf van tien jaar.

reden om de maatgevende vorstindringingsdiepte aan te passen aan het huidige klimaat en zo de ontwateringseis voor snelwegen mee te laten bewegen met de waargenomen trend in het opwarmende klimaat.

## Maatschappelijk belang

Door een afname van de maatgevende vorstindringingsdiepte kan Rijkswaterstaat een hogere grondwaterstand toestaan onder de weg. Dit heeft vele voordelen voor Rijkswaterstaat en voor de omgeving. Zo is er minder materiaal nodig bij de aanleg van nieuwe wegen, de weg hoeft immers minder hoog aangelegd te worden voor voldoende ruimte tot het grondwater. Daarnaast is door de

afgenomen hoogte van de weg en de daarmee smallere taluds minder ruimtebeslag op de omgeving.

Tevens kan Rijkswaterstaat hogere peilen in de naastgelegen sloten toestaan. Dit biedt meer ruimte om vernattingsmaatregelen in de omgeving te realiseren. Bijvoorbeeld ter bestrijding van verzilting en/of van bodemdaling en broeikasgasemissie in veenweidegebieden. Doordat zettingsgevoelige lagen als klei en veen onder de snelwegen bij een hoger grondwaterpeil minder snel droogvallen neemt de kans op zettingen af. Daarmee worden de snelwegen van Rijkswaterstaat robuuster tegen de frequentere en langer durende perioden van droogte.

## IN 'T KORT - Vorst

Door klimaatverandering dringt de vorst minder diep in de ondergrond

Daarom heeft Rijkswaterstaat de maatgevende vorstindringingsdiepte aangepast

Een significante stap waardoor bij aanleg minder ophoogmateriaal nodig is

Rijkswaterstaat kan hierdoor een hogere grondwaterstand toestaan onder de weg

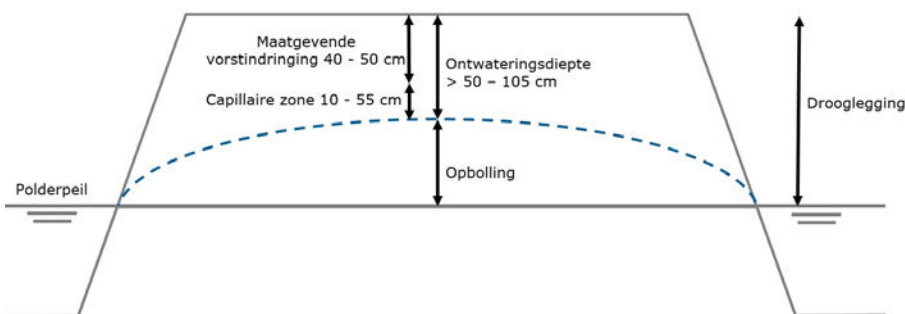
## Schademechanismen

Schade aan wegen bij vorstindringing ontstaat door vorstwerking of door verminderde draagkracht tijdens de inval van de dooi, zogenaamde opdooi. Bij vorstwerking vindt onregelmatige heffing plaats van het wegdek door de groei van ijslenzen die de bovenliggende bodem opdrukken. In welke mate lensgroei en vorstwerking op kan treden, hangt met name af van de korrelgrootteverdeling van het ophoogmateriaal, het watergehalte ervan, en de afstand tot de grondwaterstand. Daarom zijn er eisen aan de ontwateringsdiepte, dit is de minimale diepte van de grondwaterstand ten opzichte van de bovenkant van de weg. Deze ontwateringsdiepte bestaat binnen de richtlijnen van Rijkswaterstaat uit de maatgevende vorstindringingsdiepte en een capillaire zone. Deze capillaire zone is bij standaard zand voor zandbed 55 cm en bij de toepassing van een brekerlaag 10 cm. Bij de start van een dooiperiode kan opdooi optreden doordat gesmolten water niet weg kan door een daaronder nog bevroren laag. Het smeltwater dat hierbij accumuleert kan leiden tot verweking van de ondergrond. De structuur van de ondergrond verandert hierbij van vast naar vloeibaar. Dit kan leiden tot instabiliteit van het maaiveld en het weglichaam.

Schade aan de weg door het bevroren van water in de ZOAB-laag is een ander type schade. Dit type schade beperkt zich tot de toplaag van het wegdek en leidt daardoor niet direct tot verlies van stabiliteit van het weglichaam als geheel, dit valt niet binnen de scope van deze studie.

## Bepaling vorstindringing

De te verwachten vorstindringing is bepaald met de veel gebruikte eenvoudige formule



Schematisch overzicht van de ontwateringsdiepte van Rijkswaterstaat met de nieuwe maatgevende vorstindringingsdiepte.

	1961 - 1990	1991 - 2020	2050		2085	
			min	max	min	max
Gemiddelde jaartemperatuur	9,4 °C	10,5 °C	11,1 °C	12,4 °C	11,4 °C	13,8 °C
Koudste Winterdag	-7,2 °C	-5,6 °C	-3,9 °C	-0,8 °C	-3,2 °C	1,4 °C
Aantal Vorstdagen*	41	35	27	15	25	8

Een vorstdag is een dag waarop de minimumtemperatuur beneden het vriespunt ligt;  $TN < 0$  °C. (Bron: KNMI'14 Klimaatscenario's voor Nederland en KNMI klimaatsignaal 2021)

van Portnov. Hierbij is de vorstindringing gelijk aan de wortel uit de vorstindex (in Kelvindagen) vermenigvuldigd met een constante ( $\alpha$ ). De vorstindex is de negatieve som van alle daggemiddelde luchttemperaturen (in °C) gedurende een vorstperiode. Drie dagen een gemiddelde luchttemperatuur van -2 °C geeft daarmee een vorstindex van 6 Kelvindagen. Voor de winterperioden van de afgelopen 30 jaar is de grootste vorstindex per winter berekend voor 22 KNMI meteorostations. De constante ( $\alpha$ ) is materiaal en vochtconditie afhankelijk. De evenredigheidsconstante is op drie manieren beschouwd: met metingen van de vorstindringing uit 1978/1979, met recente metingen (vanaf 2015) uit sensoren van het gladheidsmeldsysteem onder de snelwegen en door literatuurstudie. Op basis van de resultaten is een representatieve evenredigheidsconstante van 0,05 gekozen. Deze waarde wordt voldoende veilig geacht. In formulevorm geldt:

$$\text{Vorstindex } I_v = - \sum_{n=1}^{\infty} T_n \quad [\text{Kd Kelvindag}]$$

$T_n$  = de gemiddelde luchttemperatuur van dag  $n$  in °C.

$$\text{Vorstindringing } Z = \alpha \sqrt{I_v}$$

$\alpha$  = evenredigheidsconstante, materiaal en vochtconditie afhankelijk.

## Herhalingstijd vorstindringing

Met het bekend zijn van de vorstindices en evenredigheidsconstante is te bepalen hoe diep de vorst indringt onder de rijbaan. Maar nog niet hoe vaak de vorst tot die diepte mag reiken. Daarvoor moet nog een bijbehorende herhalingstijd worden gekozen waarbij we het acceptabel vinden dat de schade mogelijk kan optreden. Een herhalingstijd is de regelmaat waarmee een bepaalde waarde gemiddeld genomen optreedt. Een herhalingstijd van vijf jaar betekent dat de bijbehorende vorstindex gemiddeld genomen één keer per vijf jaar wordt overschreden.

Met de eerder beschreven empirische relatie zijn de gevonden vorstindexen vertaald in een vorstindringing in cm's in de bodem. Gemiddeld is de vorstindringing voor de herhalingstijden van 5, 10 en 20 jaar respectievelijk 36, 44 en 51 cm. Voor de nieuwe maatgevende vorstindringing is een herhalingstijd van tien jaar gekozen. Een herhalingstijd van tien jaar ziet Rijkswaterstaat als een veilige keuze. Ten eerste leert de ervaring uit het verleden dat bij een herhalingstijd van tien jaar geen schade is waargenomen. Ten tweede zijn de vorstindices gebaseerd op de afgelopen dertig jaar. Door een verdere opwarming van het klimaat is deze data conservatief voor de komende periode. Ten derde leidt het tot grotere diepte zakken van het vorstfront niet direct tot schade, hiervoor zijn meerdere factoren van belang zoals vochtgehalte en korrelverdeling omdat het gebruikte ophoogmateriaal over het algemeen weinig vorstwerkingsgevoelig is. De onderliggende rapportage (Maatgevende Vorstindringing Hoofdwegennet Rijkswaterstaat, 2022) is op te vragen via [steunpunt-wegen-en-geotechniek@rws.nl](mailto:steunpunt-wegen-en-geotechniek@rws.nl).

Tom van Straaten is masterstudent Civiele Techniek aan de TU Delft en werkstudent bij Rijkswaterstaat; Tristan Bergsma is adviseur geohydrologie; Henkjan Beukema is specialist geotechniek (beiden bij RWS) en Henk Kooi adviseur/onderzoeker bij Deltaras.