

Visie op gladheidbestrijding

Contents

Algemene opmerking	3
1. Strooimiddelen	3
1.1. Vacuümzout	3
1.2. Steenzout	4
1.3. Zeezout	4
1.4. Vacuümzout, steenzout en zeezout als dooimiddel	5
2. Alternatieve dooimiddelen	6
3. Milieu	7
4. Gladheidbestrijding	7
5. Oplossen van wegezout voor pekelaanmaak	10
6. Effectiviteit van natriumchloride en calciumchloride	10
7. Smeltcapaciteit op ijs en sneeuw	10
8. Vriespundaling van (smelt)water	12
8.1. Concentratie van de ontstane pekeloplossing na strooien van zout	13
8.2. Theoretische benadering Vriespundaling	13
9. Gladheidbestrijding door sproeien met NaCl-pekelaanmaak	14
10. Toevoeging van additieven aan wegezout ter bevordering van vriespundaling	15
11. Strooi-eigenschappen van vacuümzout en steenzout	16
12. Additieven aan wegezout: Ecosel®	17

Algemene opmerking

In veel documentatie over gladheidbestrijding worden vaak ervaringen en/of meetresultaten m.b.t. geconcentreerde zoutoplossingen beschreven, al dan niet met additieven, waarbij flinke vriespuntdalingen bereikt worden.

AkzoNobel richt zich voornamelijk op de dooiprocessen die zich werkelijk op het gestrooide wegdek voltrekken en waarbij in feite altijd sterk verdunde zoutoplossingen ontstaan. Bij verdunde zoutoplossingen treden vanzelfsprekend minder grote vriespuntdalingen op dan bij geconcentreerde oplossingen.

1. Strooimiddelen

De strooimiddelen die worden gebruikt, kunnen worden onderverdeeld in stroefmakende middelen en dooimiddelen. Voor 1960 werden er naast het traditioneel sneeuwruimen uitsluitend stroefmakende middelen, als zand, grind, as en split ingezet om de wegen berijdbaar te houden. Deze middelen hebben geen dooiwerking, maar maken het wegdek alleen stroef. In gebieden waar strenge winters voorkomen (Scandinavië, Alpenlanden), worden momenteel nog stroefmakende middelen gebruikt. Na 1960 werd in West Europa telkens meer gebruik gemaakt van dooimiddelen die juist de gladheid bestreden c.q. ijs en sneeuw lieten smelten. Het meeste gebruikte dooimiddel was **natriumchloride (NaCl)** en is dat momenteel nog steeds. Voordelen van het gebruik van natriumchloride zijn:

- vrijwel onbeperkt beschikbaar/voorradijg
- relatief goedkoop
- goede vriespuntverlaging van (smelt)water
- veilig te hanteren
- minder corrosief dan andere chloride-houdende dooimiddelen

Natriumchloride-zouten in vaste vorm

Momenteel (en van oudsher) wordt wereldwijd natriumchloride (NaCl) het meest gebruikt bij gladheidbestrijding. Het natriumchloride-zout dat regulier als dooimiddel gebruikt wordt is onder te verdelen in:

- Vacuümzout
- Steenzout
- Zeezout

1.1. Vacuümzout

Vacuümzout wordt gewonnen door middel van oplosmijnbouw. Hierbij worden de onderaardse zoutlagen opgelost met water en als pekkel naar de oppervlakte gepompt. Deze pekkel wordt vervolgens in verschillende stappen gezuiverd waarna in boilers het water deels onder vacuüm wordt verdampt zodat het gezuiverde zout uitkristalliseert. Deze productiemethode zorgt ervoor dat het zout een zeer hoge zuiverheid heeft met een kleine korrel en gelijkmatige korrelgrootteverdeling (zie figuur 1). Daarnaast bevat ongedroogd vacuümzout al circa 2,8% vocht, wat zorgt voor een goede hechting aan het wegdek. In tabel 1 staan de relevante eigenschappen van vacuümzout als dooimiddel vergeleken met andere zouttypes.

1.2. Steenzout

Steenzout wordt met behulp van traditionele mechanische mijnbouw gewonnen. Bij dit proces van winning wordt het zout onder de grond afgegraven en gezeefd, maar niet gezuiverd. Steenzout bevat dan ook verontreinigingen als zand, zware metalen, en andere oplosbare zouten zoals sulfaten. Het resultaat is dat het gehalte natriumchloride lager is en, ondanks het zeven, de korrelgrootte gemiddeld grover en onregelmatiger dan bij vacuümzout (zie figuur 1). In tabel 1 staan de relevante eigenschappen van steenzout als dooimiddel vergeleken met andere zouttypen.

1.3. Zeezout

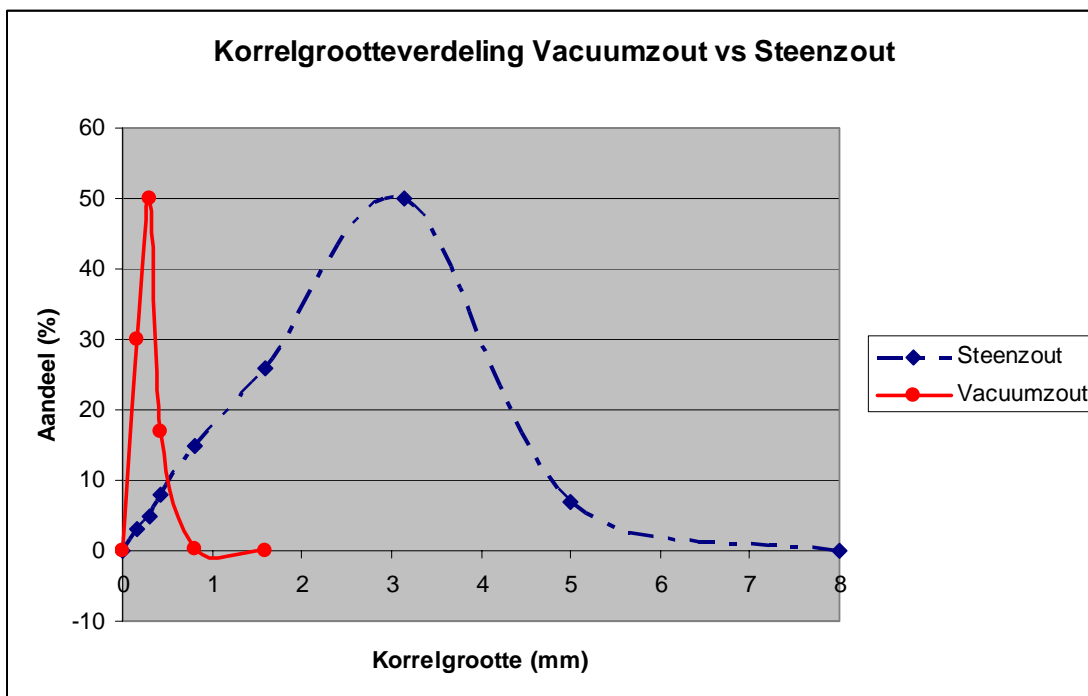
Zeezout wordt gewonnen in warmere zuidelijke landen door middel van verdamping van zeewater door de zon. Uiteindelijk blijft er een zout achter dat met betrekking tot verontreinigingen en korrelgrootteverdeling het meest te vergelijken is met steenzout. Zie tabel 1 voor de relevante eigenschappen van zeezout als dooimiddel.

Tabel 1: Eigenschappen van vacuümzout, steenzout en zeezout als dooimiddel

	Vacuümzout	Steenzout	Zeezout
NaCl-gehalte (%) als droge stof	99,9%	95-98%	95-99%
Korrelgrootte (80%) (mm)	0,20-0,45	1-3	1-3
Korrelgrootte (X_{50}) (mm)	0,38	1,8	1,8
Korrelgrootte (mm) (max.)	<0,16 mm: 5%	<0,16 mm: 2,5%	<0,16 mm: 2,5%
Korrelgrootte (mm) (max.)	> 1 mm: 1%	> 5 mm: 1%	> 5 mm: 1%
Antiklontermiddel (mg/kg)	70-100	70-100	70-100
Zware metalen (mg/kg)	<0,2	1-3	1-2
Onoplosbaar (%)	< 0,01	1-3	1-3
Oplosbaar anders dan NaCl (%)	< 0,01	1-2	1-2
Sulfaten (g/kg)	0,3	0,3-7	1,5-8
Vochtgehalte (%)	< 3	< 1	1-5

Opmerking: Gehalte antiklontermiddel is uitgedrukt als ferrocyanide en wordt toegevoegd om klontering te voorkomen.

Figuur 1: Typische korrelgrootteverdeling voor vacuümzout en steenzout



1.4. Vacuümzout, steenzout en zeezout als dooimiddel

Zoals vermeld in tabel 1 zijn er wel verschillen in kwaliteit tussen de verschillende zoutsoorten. Deze verschillen hebben een wezenlijk effect op de dooiwerking. De volgende eigenschappen zijn van groot belang:

- Zuiverheid: het percentage werkbare stof.
Droog vacuümzout bevat 99,9% werkbare stof. Bij steenzout en zeezout ligt dit lager doordat deze verontreinigen als zware metalen, zand en in water oplosbare componenten maar anders dan zout bevatten.
- Homogene korrelgrootteverdeling:
Tijdens strooiacties wordt gestreefd naar een perfect strooipatroon waarbij geen zout verloren gaat en waarbij de verdeling op de weg uniform is. Hiervoor is het van groot belang dat de korrelgrootte van het dooimiddel gelijk is of een zeer nauwe bandbreedte heeft zodat tijdens strooien de optimale strooi-instelling gekozen kan worden. De korrelgrootte van vacuümzout is nagenoeg gelijk (80% tussen 0,20 en 0,45 mm). Vacuümzout bevat geen grote korrels die doorstuiteren tijdens strooien. Door de kleine korrels in vacuümzout is het actieve oppervlak ca. 6 x groter dan van grof zout (steenzout, zeezout). Hierdoor is de dooiwerking op ijs en sneeuw ook veel sneller.

De korrelgrootte van steen- en zeezout verschilt nogal (80% tussen 1,0 en 3,0 mm) waardoor altijd een compromis gezocht moet worden voor de optimale strooi-instelling. Verder bevatten steen- en zeezout een significant aandeel grote korrels (3 – 5 mm) die tijdens strooien

gemakkelijk doorstuiteren in de berm. De strooi-instelling wordt zo gekozen dat het doorstuiteren zoveel mogelijk voorkomen wordt met als consequentie dat het fijne aandeel in het steenzout niet goed verdeeld kan worden. Dit is goed te zien in de foto's (Foto 1 en 2) die gemaakt zijn tijdens het strooien van steenzout en vacuümzout bij identieke omstandigheden.

Foto 1: Natstrooien van steenzout; 10 gram/m²,
30 km/uur



Foto 2: Natstrooien van vacuümzout; 10 gram/m²,
30 km/uur



In 2010 zijn in opdracht van Provincie Gelderland in samenwerking met Provincie Overijssel en Rijkswaterstaat vergelijkende strooitesten uitgevoerd met grof en fijn zout. Uit dit onderzoek bleek dat strooien met fijn zout (vacuümzout) 23% meer effectief is dan strooien met grof zout. Meer informatie kunt u verkrijgen via de volgende link:

https://www.akzonobel.com/wegenzout/system/images/AkzoNobel_Korrelgrootte_is_cruciaal_tcm116-86045.pdf

2. Alternatieve dooimiddelen

Naast natriumchloride NaCl kan men de volgende dooimiddelen ook gebruiken: calciumchloride (CaCl₂), magnesiumchloride (MgCl₂), ethyleenglycol, Ureum, natriumformiaat, kalium- of natriumacetaat en calcium-magnesiumacetaat.

Calcium- en magnesiumchloride zijn het beste vergelijkbaar met natriumchloride maar zijn als vaste stof zeer hygroscopisch en moeilijk/onveilig te verwerken. Hygroscopische stoffen trekken zeer sterk vocht aan en veroorzaken daardoor brandplekken op de huid. Tevens zijn deze dooimiddelen vanwege het hogere chloridegehalte corrosiever dan natriumchloride.

Alle andere genoemde dooimiddelen bevatten organische componenten, zijn praktisch niet corrosief maar veel duurder. Deze typen dooimiddelen worden meest gebruikt op plekken waar geen corrosie mag optreden, zoals op vliegvelden en op bruggen. Het organische deel in deze dooimiddelen veroorzaakt een verhoogde BOD (Biogradable Oxygen Demand) wat milieubelastend is. De BOD geeft aan hoeveel zuurstof uit het milieu (water/lucht) onttrokken moet worden om het dooimiddel af te breken.

3. Milieu

Elke strooiactie t.b.v. gladheidbestrijding heeft een invloed op het milieu door de hoeveelheid zout die uiteindelijk in de berm en/of het rioolsysteem terecht komt. Afgezien van het kostenaspect wordt ernaar gestreefd om het milieu zo min mogelijk te belasten door zo effectief mogelijk met zo weinig mogelijk zout te strooien. Daarnaast is het van groot belang dat het zout dat gestrooid wordt geen milieuschadelijke componenten bevat als zware metalen en onoplosbare componenten. Zware metalen belasten het milieu. Een bruikbaar toetsingskader om het effect van onvermijdelijke toevoegingen van milieubelastende stoffen in bodem of grondwater te beoordelen wordt gevormd door het concept van de Maximaal Toelaatbare Toevoeging (MTT) en de Verwaarloosbare Toevoeging (VT). De VT is gesteld op één honderdste deel van de MTT en wordt geacht slechts een verwaarloosbaar risico te veroorzaken. De keuze van de factor 100 is weliswaar arbitrair, maar toch gangbaar en vloeit voort uit veiligheidsoverwegingen.

Tabel 2: Verwaarloosbare Toevoeging en Maximaal Toelaatbare Toevoeging van zware metalen + arseen m.b.t. milieuverontreiniging, betrokken op de Nederlandse regelgeving

Component	VT-waarde (mg/kg)	MTT-waarde (mg/kg)
Arseen	0,43	43
Barium	0,86	86
Cadmium	0,073	7,3
Chroom	0,36	36
Kobalt	0,73	73
Koper	0,31	31
Kwik	0,065	6,5
Lood	3,1	310
Molybdeen	64	6400
Nikkel	0,25	25
Zink	1,5	150

Omdat vacuümzout zo zuiver is liggen alle concentraties van bovengenoemde componenten ruim onder de VT-waarde. Dit is niet altijd het geval voor steen- en zeezout en is afhankelijk van de herkomst. Gewoonlijk geldt voor steen- en zeezout dat concentraties weliswaar onder de MTT-waarde vallen, maar voor enkele componenten boven de VT-waarde.

4. Gladheidbestrijding

Gladheidbestrijding m.b.v. zout kan op twee manieren plaatsvinden, namelijk: preventief of curatief. In het begin werd alleen curatief gestrooid met droog zout: het zogenaamde “droogstrooien”. Vanaf 1970 begon men in bepaalde omstandigheden preventief te strooien met bevochtigd zout: het zogenaamde “natstrooien”.

- **Preventief:** hierbij wordt al dooimiddel gestrooid op het wegdek voordat er sprake is van bevriezing of voordat gladheid veroorzakende neerslag (ijzel, sneeuw) is gevallen: de benodigde hoeveelheid dooimiddel is gebruikelijk 7 – 10 g/m².
- **Curatief:** wanneer er al gladde omstandigheden zijn ontstaan wordt zout gestrooid om deze omstandigheden op te heffen: de benodigde hoeveelheid dooimiddel is gebruikelijk 10 – 20 g/m²

Door preventief te strooien wordt vooraf al voorkomen dat het wegdek gaat bevriezen en in geval van sneeuwval wordt bewerkstelligd dat de vastgereden sneeuwlaag gemakkelijker verwijderd kan worden doordat deze minder aan de weg hecht.

Momenteel wordt in West-Europa zoveel mogelijk preventief gestrooid.

Het zout kan zowel droog als vochtig (bevochtigd) op het wegdek gestrooid worden, alhoewel droog zout strooien in Noordwest Europa nog weinig wordt toegepast i.v.m. verstuiven van het zout naar de zijanten van de weg. Gladheidbestrijding in Nederland wordt voor het grootste deel uitgevoerd door preventief te strooien met bevochtigd zout. Met het bevochtigen wordt bewerkstelligd dat het zout minder verstuift (voornamelijk voor droog vacuümzout en droog steenzout) en dat minder zout in de berm belandt door het stuitereffect van grote zoutkristallen (steenzout en zeezout). Bij strooien met bevochtigd zout worden vast zout en pekkel vermengd op de verdeelschijf van de strooiapparatuur, meestal in de verhouding 70% vast zout en 30% pekkel (FS30). De gebruikelijke dosering bij preventief strooien is 7 – 10 g/m² (nat) wegeenzout. Uiteindelijk ligt er dan 5,3 – 7,6 gram NaCl/m² op het wegdek indien 20% NaCl pekkel wordt gebruikt ter bevochtiging.

De methode waarbij het zout tijdens een strooiactie wordt bevochtigd met pekkel wordt ook wel natstrooien genoemd en veelal uitgedrukt als FS30, FS40, etc. waarbij FS staat voor de Duitse afkorting “Feucht Salz” en de getallen 30 en 40 het percentage pekkel aangeeft. De meest gebruikte combinatie is FS30, de trend schuift naar het gebruik van meer natte component (FS40 – FS80) tot FS100 waarbij alleen pekkel gespreid wordt en geen vast zout meer wordt gestrooid. De term FS wordt in Europa op twee manieren benaderd:

1. De “Duitse versie” waarbij het getal achter FS het percentage gewichtsprocenten natte component aangeeft. Dit is de meest gebruikte methode in Europa.
2. De “Scandinavische versie” waarbij het getal achter FS het percentage NaCl aangeeft die middels de natte component wordt toegevoegd.

In tabel 3 worden voorbeelden gegeven van de verschillende versies voor 10 g/m² natstrooien waarbij 20% NaCl als natte component wordt gebruikt.

Tabel 3: Berekening hoeveel NaCl/m² op het wegdek ligt wanneer 10 g/m² natstrooien wordt toegepast met de verschillende “FS-methoden”

FS	Duitse versie			Scandinavische versie		
	g vast NaCl	g pekkel	g NaCl/m ²	g vast NaCl	g pekkel	g NaCl/m ²
0	10	0	10	10	0	10
30	7	3	7.6	7	15	10
50	5	5	6.0	5	25	10
80	2	8	3.6	2	40	10
100	0	10	10	0	100	10

Tabel 4: Veel gebruikte doseringen van wegeenzout bij verschillende typen gladheid; (bron: Publicatie 270 CROW. Natstrooien = FS30 volgens Duitse versie)

Type gladheid	Dichte wegdekken (g/m ²)	Poreuze wegdekken (g/m ²)
Bevriezing van natte weggedeelten		
Preventief, natstrooien	7	14
Curatief, natstrooien	7	14
Sproeien pekewater*	23	geen ervaring
Condensatie en/of aanvriezende mist		
Preventief, natstrooien	7	7
Curatief, nat strooien	7	7
Sproeien pekewater*	23	geen ervaring
Sneeuw (incl. Ploegen of borstelen bij curatieve actie)		
Preventief, natstrooien	7 - 10	15 - 20
Curatief, natstrooien	10 - 15	15 - 20
Sproeien pekewater*	40 - 60**	geen ervaring
IJzel		
Preventief, natstrooien	15 - 20	20
Curatief, natstrooien	15 - 20	20 - 40
Sproeien pekewater	40 - 60**	geen ervaring

* = Bij 20% zoutoplossing. Bij deze concentratie bevat 23 g pekkel circa 4.6 gram zout.

** = De aanbevolen doseringen bij het sproeien van pekkelwater bij sneeuw en ijzel zijn voorlopige waarden. Nader onderzoek moet nog plaatsvinden. Voorkomen moet worden dat door verdunning de concentratie dooimiddel in het pekkelwater zo laag wordt dat het pekkelwater bevriest.

Pekel t.b.v. natstrooien

De pekelsorten die algemeen gebruikt worden voor bevochtigen van wegeenzout zijn:

- 20 - 22% NaCl
- 16% CaCl₂
- 15% MgCl₂

In Nederland worden voornamelijk NaCl pekkel en in mindere mate 16% CaCl₂ pekkel gebruikt; percentages zijn op gewichtsbasis.

Natriumchloride pekkel (NaCl) kan worden verkregen door:

- gebruiksklare pekkel (22% NaCl) direct te betrekken vanaf leverancier, bijv. AkzoNobel, zodat geen oplosser aangeschaft hoeft te worden.
- zelf NaCl op te lossen in een oplosser

AkzoNobel pekkel bevat geen antiklontermiddel (ferrocyanide) in tegenstelling tot pekkel die verkregen is door het oplossen van vast zout, waarbij ook het antiklontermiddel oplost in de pekkel.

Calciumchloride pekkel (CaCl₂.2H₂O) kan worden verkregen door:

- gebruiksklare pekkel direct te betrekken vanaf leverancier
- 33% CaCl₂ pekkel te betrekken vanaf leverancier en deze 1 op 1 verdunnen met water tot 16% CaCl₂ pekkel
- zelf CaCl₂ op te lossen in een oplosser, waarbij CaCl₂.2H₂O pekkel ontstaat

Magnesiumchloride pekel ($\text{MgCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) kan worden verkregen door:

- gebruiksklare pekel direct te betrekken vanaf leverancier
- 30% MgCl_2 pekel te betrekken vanaf leverancier en deze 1 op 1 verdunnen met water tot 15% MgCl_2 pekel
- zelf MgCl_2 op te lossen in een oplosser, waarbij $\text{MgCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ pekel ontstaat

5. Oplossen van wegzout voor pekel aanmaak

Tijdens oplossen van steenzout en zeezout lost tot ca. 2% niet op in het water en blijft als onoplosbaar bestanddeel achter in de oplosser. Ongeveer 50% van de zware metalen die aanwezig zijn in steenzout lost op in water met als gevolg dat de andere 50% achterblijft bij de onoplosbare bestanddelen. In 1000 kg steenzout kan tot ca. 5 gram zware metalen achterblijven op 2 kg niet oplosbare bestanddelen, (chemisch afval?).

Bovenstaand gebeurt niet bij oplossen van vacuümzout, dit lost volledig op en bevat ook geen zware metalen. Oplossen van vacuümzout gaat ook opmerkelijk sneller vanwege de kleine korrelgrootte.

6. Effectiviteit van natriumchloride en calciumchloride

De effectiviteit van een gladheidbestrijdingsmiddel wordt bepaald door:

- smelt capaciteit op ijs en sneeuw
- vriespundaling van water

Algemeen wordt voornamelijk NaCl zout en pekel en (in mindere mate) CaCl_2 pekel gebruikt als dooimiddel, daarom wordt dieper ingegaan op de dooi-eigenschappen van deze twee soorten dooimiddelen

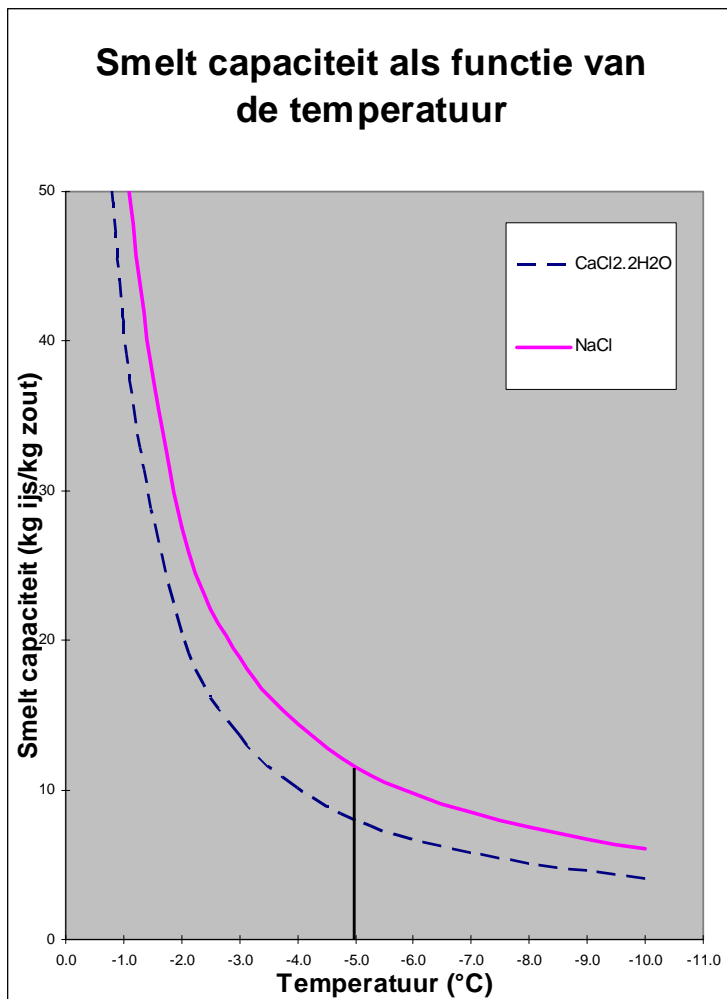
7. Smeltcapaciteit op ijs en sneeuw

Smeltcapaciteit wordt uitgedrukt als de hoeveelheid ijs die smelt bij gebruik van 1 kg zout als dooimiddel, bij een temperatuur van $-5\text{ }^\circ\text{C}$. Voor natriumchloride en calciumchloride gelden de volgende smeltcapaciteiten.

Smeltcapaciteit bij $-5\text{ }^\circ\text{C}$

zout	kg gesmolten ijs
1 kg NaCl	11,5
1 kg CaCl_2	8,0

Figuur 2: Smeltcapaciteit van NaCl en CaCl_2



Alleen wanneer CaCl_2 als vaste stof in oplossing gaat, treedt een exothermische reactie op waarbij warmte vrijkomt en het CaCl_2 overgaat in $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (calciumchloride pekkel). Van deze eigenschap wordt gebruik gemaakt wanneer in het geval van sneeuwval er vastgereden ijsplaten op het wegdek kunnen ontstaan. Deze ijsplaten zijn met reguliere strooiacties of ploegacties niet meer te verwijderen. Door vast calciumchloride te strooien kan het ijs veelal wel verwijderd worden door het dooi-effect in combinatie met het warmte-effect. Verdunnen/bewerken van calciumchloride pekkel geeft geen exothermische reactie meer. Dus ook bij gebruik van calciumchloride pekkel als gladheidbestrijdingsmiddel treedt géén warmte ontwikkeling meer op. calciumchloride in vaste vorm is niet prettig te verwerken omdat het zeer hygroscopisch is en daardoor irriterend voor huid, ogen en longen, deze eigenschappen gelden ook voor magnesiumchloride. Natriumchloride vertoont deze negatieve eigenschappen niet en is daardoor gemakkelijk en prettig te verwerken. Natriumchloride veroorzaakt geen exothermische reactie tijdens oplossen.

8. Vriespuntddaling van (smelt)water

Vriespuntddaling is het verschijnsel dat de temperatuur waarbij een vloeistof vast wordt daalt wanneer er andere stoffen in opgelost zijn. In het geval van gladheidbestrijding zorgt het dooimiddel, dat opgelost is in het smeltwater, ervoor dat het smeltwater befrist bij een lagere temperatuur dan bij 0 °C. De mate van vriespuntddaling is afhankelijk van de soort opgeloste stof (dooimiddel) en van het type oplosmiddel (water). Verder is van het dooimiddel het aantal deeltjes dat in oplossing gaat en de moleculaire massa van belang. Hoe meer deeltjes er opgelost zijn, hoe meer het vriespunt van het smeltwater daalt, dit wordt echter vaak weer teniet gedaan door een hogere moleculaire massa.

Vriespuntddaling vormt de basis voor gladheidbestrijding met behulp van elk type zout en/of pekkel.

Maximale vriespuntddaling met geconcentreerde pekkeloplossingen.

De maximale vriespuntddaling die behaald kan worden door de verschillende pekkeloplossingen is:

- -21 °C voor NaCl pekkel (23% w/w)
- -54 °C voor CaCl₂ pekkel (30% w/w)

Bij hogere concentraties gaat NaCl over in de hydraatvorm (NaCl·2H₂O) en CaCl₂·2H₂O in CaCl₂·6H₂O, beide componenten slaan neer als vaste stof.

Bij -19°C befrist 22% NaCl pekkel, hetzelfde vriespunt wordt bereikt met 20.6% CaCl₂ pekkel. In figuur 3 zijn de ijslijnen getekend voor NaCl pekkel, CaCl₂ pekkel en MgCl₂ pekkel.

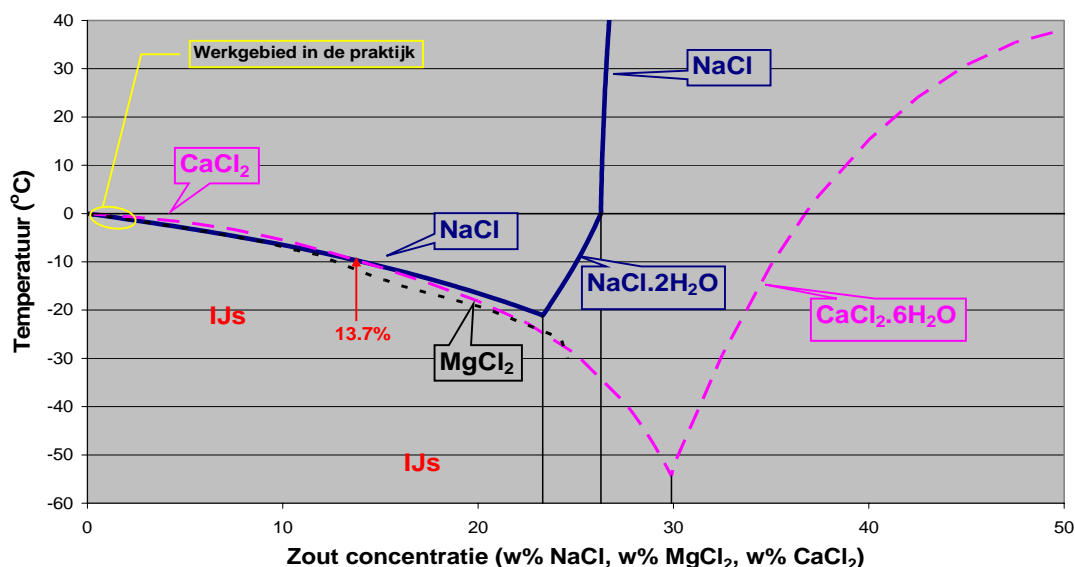
Vriespuntddalingen met verdunde pekkeloplossingen

De vriespuntddalingen die behaald worden door verdunde NaCl, CaCl₂ en MgCl₂ pekkel zijn bijna identiek tot een concentratie van 13,7%, dat overeenkomt met een vriespuntddaling tot -10 °C.

In figuur 3 is af te lezen dat vriespuntddaling door NaCl pekkel tot een temperatuur van -10 °C lichtelijk beter is dan de vriespuntddaling door CaCl₂ en MgCl₂ pekkel met dezelfde concentraties.

Figuur 3

Ijslijnen en oplosbaarheden van NaCl, NaCl·2H₂O, MgCl₂, CaCl₂·2H₂O and CaCl₂·6H₂O



Opmerking:

Temperaturen lager dan -10°C zijn uitzonderlijk in Nederland, bij deze lage temperaturen is de luchtvochtigheid ook laag en valt er weinig of geen neerslag. Hierdoor is de noodzaak tot gladheidbestrijding praktisch niet aanwezig.

8.1. Concentratie van de ontstane pekeloplossing na strooien van zout

Bij preventief natstrooien wordt ca. 7 – 10 gram (nat)zout per m² op het wegdek gebracht. De (door smeltwater) ontstane verdunde pekkel geeft slechts een vriespunt daling van ca. 0,5 tot 2°C. Het dooi-effect wordt echter bevorderd door de druk die optreedt wanneer het wegdek bereiden wordt door verkeer.

8.2. Theoretische benadering Vriespunt daling

Tijdens strooien van (nat)wegenzout wordt een zekere hoeveelheid zout op het wegdek verspreid. Wanneer er een ijs- of sneeuwlaag op het wegdek ligt lost het zout op en wordt verdund door het smeltwater dat ontstaat. Als er 0,5 mm ijs of 5 mm sneeuw ligt op 1 m² wegdek komt dit overeen met 0.5 liter smeltwater dat ontstaat bij dooi. Uitgaande van 10 g/m² dooimiddel volgens de natstrooi procedure (= 7.7 g NaCl per m²) wordt dan een verdunde pekkel gevormd met een concentratie van 15.4 gram NaCl per liter ofwel 1.54%.

Wetenschappelijk is de vriespunt daling (VPD) van verdunde pekeloplossingen uit te rekenen m.b.v. de: "van 't Hoff vergelijking".

$$VPD = K \times n \times \frac{\text{concentratie gladheidbestrijdingspekkel in water (g/kg)}}{\text{moleculgewicht gladheidbestrijdingsmiddel (g/mol)}}$$

waarin:

K = constante = 1.86 voor water

n = aantal ionen die ontstaan bij oplossen van 1 molecuul gladheidbestrijdingsmiddel (in water)

Uitgaande van een preventieve strooiactie volgens nat-strooi procedure met een dosering van 10 g/m² op een ijslaag van 0,2 mm of een sneeuwlaag van 2 mm, beide overeenkomend met 0,2 liter smeltwater per m², kan de vriespunt daling voor de verschillende pekeloplossingen berekend worden.

Tabel 5: Natstrooi procedure (FS30): 10 g dooimiddel/m² (7 g vast zout + 3 g pekkel) op 0,2 mm ijs of 2 mm sneeuw

NaCl + pekkel t.b.v. nat-zout strooien	Gewicht conc.	Volume conc.	Wegdek-bedekking	Molecuul gewicht	Vast Zout	VPD
	%	g/l	g/m ²	g/mol	g/m ²	°C
NaCl (vast)			7	58,5	7	2,23
+ NaCl-pekkel	22	256,1	0,66	58,5	7,66	2,44
+ CaCl ₂ -pekkel	16	182,2	0,48	111,1	7,48	2,35
+ MgCl ₂ -pekkel	15	168,8	0,45	95,2	7,45	2,36

Wanneer preventief alleen pekeloplossing wordt gesproeid, zullen vriespundalingen voorkomen zoals vermeld in tabel 6. De algemeen toegepaste hoeveelheid voor preventief sproeien is 20 ml/m², wil men echter dezelfde vriespundaling bereiken met CaCl₂- en/of MgCl₂ pekels dan moet voor beide zoutsoorten een grotere hoeveelheid gebruikt worden.

Tabel 6: Sproeien van pekels: 20 ml/m² op 0,2 mm ijs of 2 mm sneeuw

Gladheidsbestrijdingsmiddel	Gewichtsc. conc.	Volume conc.	Wegdekbedekking	Molecuulgewicht	Vriespundaling
	%	g/l	g/m ²	g/mol	°C
NaCl	22	256,1	5,12	58,5	1,63
CaCl ₂	16	182,2	3,64	111,1	0,92
MgCl ₂	15	168,8	3,38	95,2	0,99
			ml/m²		°C
NaCl	22		20		1,63
CaCl ₂	16		36		1,63
MgCl ₂	15		33		1,63

De resultaten in tabel 6 geven duidelijk weer dat aanzienlijk meer CaCl₂- en/of MgCl₂ pekels benodigd is om dezelfde vriespundaling te verkrijgen als met NaCl pekels.

9. Gladheidsbestrijding door sproeien met NaCl-pekels

Gladheid ontstaat door lichte sneeuwval of een dunne ijslaag op het wegdek kan uitstekend bestreden worden door te sproeien met pekels. Het voordeel van pekels sproeien t.o.v. nat-zout strooien is dat de bedekking op het wegdek volledig is en het dooi-effect instantaan volledig optreedt. Vooral op wegen met lage verkeersintensiteit, zoals voet- en fietspaden, en op dagen dat minder verkeer aanwezig is, zoals op weekenden en feestdagen, is pekels al snel effectiever dan vast zout omdat bij weinig verkeer het zout minder goed verspreid wordt. Vanwege de goede wegdekbedekking kan ook de hoeveelheid NaCl/m² veel verder verlaagd worden dan wanneer met vast zout gestrooid wordt. Voor (nat)zout strooien wordt een minimum van 7 g/m² toegepast. In tabel 7 worden enkele voorbeelden gegeven van vriespundalingen bij verschillende hoeveelheden pekels bij 0,2 mm ijs of 2 mm sneeuw op het wegdek.

Tabel 7: Vriespundalingen bij verschillende hoeveelheden 22% NaCl-pekels als gladheidsbestrijdingscomponent

Dosering	Wegdekbedekking met NaCl	Vriespundaling
ml/m ²	g/m ²	°C
10	2,56	0,81
20	5,12	1,63
30	7,68	2,44

Bij sproeien van 30 ml/m² NaCl (22%), wordt dezelfde vriespundaling verkregen als wanneer preventief gestrooid wordt met 10 g/m² bevochtigd zout (zie tabel 5).

Wanneer gespreeid wordt met 30 ml (22%) NaCl-pekkel kan met een hoeveelheid van 1000 liter pekkel 4.17 km wegdek, met een breedte van 8 meter, voorzien worden met hetzelfde effect als preventief natstrooien met 10 g/m².

Een specifiek voordeel van “gladheidsbestrijding pekkel” van AkzoNobel is dat het geen antiklontermiddel (Fe(CN)₆) bevat en zeer duurzaam is. Wanneer vast zout opgelost wordt voor pekkel bereiding lost wel antiklontermiddel op in de pekkel.

10. Toevoeging van additieven aan wegzout ter bevordering van vriespundaling

Een efficiënt dooimiddel veroorzaakt een substantiële verlaging van het vriespunt van het smeltwater. Hoewel natriumchloride op zich al een efficiënt dooimiddel is, worden soms additieven toegevoegd om het vriespunt van smeltwater nog meer te verlagen (naar bijvoorbeeld -19°C). Deze additieven worden dikwijls gezocht in de vorm van melasse. Melasse is een afvalproduct uit de suikerproductie. Wanneer echter voor melasse (suiker) de vriespundaling berekend wordt m.b.v. de “van 't Hoff vergelijking”, blijkt dat de extra vriespundaling die bereikt wordt bij toevoegen hiervan aan wegzout, praktisch nihil is. Deze bewering wordt ondersteund door uitgevoerde proeven waarbij vriespunten bepaald zijn in verschillende “smeltwatermonsters” waar al dan niet melasse aan toegevoegd is. Het effect van de melasse toevoeging was niet meetbaar naast het wegzout.

Tabel 8: Smeltwatermonsters met verschillende hoeveelheden wegzout al dan niet met melasse

Strooiactie met natriumchloride, al dan niet met melasse, waarbij 1 mm ijs of 10 mm sneeuw op wegdek ligt.	Samenstelling (concentratie in 1 liter smeltwater)	Theoretische vriespundaling (°C)	Gemeten vriespundaling (°C)
10 gram NaCl/m ²	10 g NaCl/l	0,7	0,4
10 gram NaCl + 3% melasse/m ²	9,7 g NaCl + 0.3 g melasse/l	0,7	0,4
100 gram NaCl/m ²	100 g NaCl/l	6,2	
100 gram NaCl + 3 % melasse/m ²	97 g NaCl + 3 g melasse/l	6,2	
Melasse opgemengd in NaCl-pekkel	Samenstelling		
Pekkel t.b.v. natstrooien	22% NaCl	19,2	18,7
Pekkel t.b.v. natstrooien + 10% melasse	22% NaCl + 10% melasse	17,2	18,0

Opmerkingen:

- de gemeten vriespundaling is bepaald met behulp van thermische analyse,
- analyse van 10 g NaCl/m² met en zonder melasse valt binnen de nauwkeurigheid van de apparatuur (+/- 1°C), maar het is duidelijk dat geen verschil te meten is,
- berekende VPD's voor 22% NaCl-pekkel zijn een benadering van de werkelijke waarde omdat de ‘van 't Hoff’ vergelijking alleen geldt voor verdunde oplossingen, ook hier is geen significant effect van melasse te zien.

Uit de gegevens van tabel 8 blijkt dat toevoeging van melasse aan zout geen extra vriespuntverlagend effect heeft. Zelfs wanneer 100 gram zout + 3% melasse gestrooid wordt per vierkante meter treedt geen significante vriespundaling op t.o.v. alleen zout strooien.

In tabel 9 staan theoretisch berekende vriespundalingen voor verschillende dooimiddelen.

Tabel 9: Vriespundalingen berekend volgens “van ’t Hoff vergelijking” van verschillende dooimiddelen bij een concentratie van 100 g/kg in (smelt)water

Vriespundalingen bij 100 gram/kg voor verschillende dooimiddelen			
K(water) = 1.86	Molgewicht	Aantal deeltjes	Vriespundaling
	(g/mol)	in oplossing (n)	(°C)
NaCl (natriumchloride)	58,5	2	6,4
CaCl ₂ (calciumchloride)	111	3	5,0
MgCl ₂ (magnesiumchloride)	95,2	3	5,9
Saccharose (suiker)	342	1	0,5
Ethyleen glycol	62,1	1	2,9
CMA (calcium-magnesiumacetaat)	300,6	4	2,5
Natriumformiaat	68,0	2	5,5
Ureum	60,1	1	3,1
Kaliumacetaat	98,2	2	3,8
Natriumacetaat	82,0	2	4,5

Opmerking: .De grootste vriespundaling in ijs/sneeuw wordt bereikt met NaCl

11. Strooi-eigenschappen van vacuümzout en steenzout

Strooitesten

Om de strooi-eigenschappen van verschillende zouten zichtbaar te maken is een eigen vergelijkende strooitest uitgevoerd met vacuümzout en steenzout in 2009. Voor beide zoutsoorten bleek dat van het steenzout 10 – 15% verloren was gegaan t.o.v. vacuümzout, doordat de grove korrels door waren gestuiterd in de berm.

In 2010 zijn in opdracht van Provincie Gelderland in samenwerking met Provincie Overijssel en Rijkswaterstaat vergelijkende strooitesten uitgevoerd met grof en fijn zout. Uit dit onderzoek bleek dat strooien met fijn zout (vacuümzout) 23% meer effectief is dan strooien met grof zout. Meer informatie kunt u verkrijgen via de volgende link:

https://www.akzonobel.com/wegenzout/system/images/AkzoNobel_Korrelgrootte_is_cruciaal_tcm116-86045.pdf

12. Additieven aan wegezout: Ecosel®

Antiklontermiddel

Om het klonteren van zout tegen te gaan wordt aan wegezout antiklontermiddel toegevoegd. Het middel dat hiervoor gebruikt wordt is kaliumferrocyanide: $K_4Fe(CN)_6$ of natriumferrocyanide: $Na_4Fe(CN)_6$, waarin ferrocyanide de actieve component is en aan wegezout in een concentratie van 70 tot 100 mg/kg wordt toegevoegd.

AkzoNobel heeft een antiklontermiddel ontwikkeld dat in tegenstelling tot ferrocyanide geheel biologisch afbreekbaar is: Ecosel®BioCare. Meer informatie kunt u verkrijgen via de volgende link:

<http://www.akzonobel.com/ic/products/ecosel/biocare/>

Reductie van winterschade aan asfaltwegen

Na praktisch elke winter treedt het bekende fenomeen van winterschade op. Om winterschade voor een groot deel te voorkomen heeft AkzoNobel een milieuvriendelijk product ontwikkeld dat gelijktijdig met strooiacties op het wegdek gebracht kan worden. Dit additief wordt Ecosel®AsphaltProtection genoemd.

Meer informatie kunt u verkrijgen via de volgende link:

<http://www.akzonobel.com/ic/products/ecosel/asphaltprotection/>