

VEJE

VEJDRIFT

Tømidler, sand og grus til
glatførebekæmpelse

Vejreglernes struktur

I henhold til § 6, stk. 1, i Lov om offentlige veje (Vejloven) (Trafikministeriets lovebkendtgørelse nr. 671 af 19. august 1999), kan trafikministeren (nu transport- og energiministeren) fastsætte almindelige regler og normer for anlæg, vedligeholdelse og drift af de offentlige veje, herunder for vejenes forhold til omgivelserne, for entreprisbetingelser og for sådanne forhold, som i øvrigt er af betydning for vejnettets ensartethed og trafiksikkerhed.

I henhold til § 24, stk. 3, i Lov om private fællesveje (Privatvejsloven) (Trafikministeriets lovebkendtgørelse nr. 670 af 19. august 1999), kan trafikministeren (nu transport- og energiministeren) fastsætte almindelige regler og normer for anlæg, udvidelse og ombygning af private fællesveje, herunder for vejenes forhold til omgivelserne og for sådanne forhold, som i øvrigt er af betydning for vejenes ensartethed og trafiksikkerhed.

Komplekset af almindelige regler og normer på vejområdet benævnes vejregler og inddeles i følgende kategorier: normer, retningslinier, vejledninger og kommentarer.

- ” **Normer** omfatter fundamentale forudsætninger og krav.
- ” Normtekster kan være forsynet med kommentarer, men vil normalt ikke angive metoder, der bør eller kan anvendes for at få de specificerede krav opfyldt.
- ” Normer skal altid følges. Amtskommunale og kommunale vejbestyrelser og vejmyndigheders fravigelse af normer udstedt med hjemmel i Vejlovens § 6 og Privatvejslovens § 24, stk. 3, kan dog ske med dispensation fra Vejdirektoratet, mens Vejdirektoratets fravigelse af sådanne normer kræver dispensation fra Trafikministeriet (nu Transport- og Energiministeriet).
- ” Normer er anført med dobbelt anførselstegn i margenen.
- ’ **Retningslinier** er regler til anvendelse under normale forhold.
- ’ Retningslinier indeholder angivelse af metoder, der bør anvendes til løsning af bestemte problemer og kan indeholde anbefalinger af typeløsninger og typekonstruktioner til brug under specificerede betingelser.
- ’ Retningslinier bør så vidt muligt følges, medmindre omstændighederne i konkrete tilfælde gør det nødvendigt eller fordelagtigt at fravige dem.
- ’ Retningslinier er anført med enkelt anførselstegn i margenen.
- Vejledninger** indeholder rådgivning baseret på ajourført erfaringsmateriale, og deres anvendelse vil normalt være hensigtsmæssig.
- Vejledninger er ikke anført med særskilt markering i margenen.
- . **Kommentarer** indeholder forklaringer og uddybende tekst til ovennævnte normer, retningslinier og vejledninger.
- . Kommentarer kan ligeledes indeholde henvisninger til andre bindende regler.
- . Kommentarer er anført med punktum i margenen.

Et vejregelhæfte kan principielt indeholde alle kategorier:

- ” Normer
- ’ Retningslinier
- ’ Vejledninger
- . Kommentarer

Et vejregelhæfte kan herudover indeholde regler om vejafmærkning, udstedt med hjemmel i færdselslovens § 95, stk. 3.

I henhold til § 95, stk. 1, i Færdselsloven, fastsætter transport- og energiministeren bestemmelser om udformningen og betydningen af færdselstavler, afmærkning på kørebanen, signalanlæg og anden afmærkning eller indretning på eller ved vej til regulering af eller til vejledning for færdslen. Reglerne herom findes i Vejdirektoratets bekendtgørelse nr. 784 af 6. juli 2006 om vejafmærkning med senere ændringer (Vejafmærkningsbekendtgørelsen).

I henhold til § 95, stk. 3, i Færdselsloven, fastsætter transport- og energiministeren bestemmelser om anvendelsen af afmærkningen i § 95, stk. 1, herunder om indhentelse af samtykke fra politiet. Reglerne herom findes først og fremmest i Vejdirektoratets bekendtgørelse nr. 783 af 6. juli 2006 om anvendelse af vejafmærkning (Anvendelsesbekendtgørelsen).

Regler udstedt med hjemmel i Færdselslovens § 95, stk. 3, kan med samtykke fra politiet fraviges med dispensation fra Vejdirektoratet.

FORORD

Nærværende vejregel er udarbejdet under Vejreglerådets arbejdsgruppe D.11 Drift og vedligehold af vejarealer, der varetager udarbejdelse af vejregler vedr. drift og vedligehold af vejens arealer.

Vejreglen afløser den tidligere Vejregel for tøsalte, sand og grus til glatførebekæmpelse (9.80.01) fra august 1980.

Det har været arbejdsgruppens hensigt, at gøre vejreglen mere direkte anvendelig for brugere i vejbestyrelser. Der er således lagt øget vægt på konkrete oplysninger om de enkelte produkters egenskaber. Endvidere er der i afsnit 1 anført generelle forhold om tømudlers egenskaber.

Selve udarbejdelsen af vejreglen er foretaget af en ad hoc-gruppe under arbejdsgruppe D.11, med følgende deltagere:

Klaus Bønløkke, Roskilde Amt, formand
Helge H. Jørgensen, Fyns Amt
Per Schäffer, Vejdirektoratet
Kim Niels Sørensen, Københavns Kommune (indtil 1. januar 2005)
Henrik Nygaard, Henrik Nygaard FRI, sekretær

Endvidere har Find Meyer, Carl Bro as, ydet ad hoc-gruppen teknisk bistand.

Endelig har der løbende været kontakt til vejsaltsleverandører for så vidt angår detailspørgsmål. Leverandørerne har dog ikke deltaget i selve udarbejdelsen af vejreglen.

Vejregelforslaget blev godkendt til udsendelse i høring på Vejreglerådets møde den 16. november 2005. Høringen medførte ikke ændringer i vejregelforslaget, som efterfølgende blev godkendt til udsendelse som gældende vejregel på Vejreglerådets møde 15. november 2006.

INDHOLDSFORTEGNELSE

1. INDLEDNING	7
1.1 Tømidlers virkning	7
1.1.1 Kemikalier	7
1.1.2 Sand og grus	8
1.2 Effektivitet	8
1.3 Miljø	9
1.4 Økonomi	9
1.5 Udledningstilladelse	9
1.6 Arbejdsmiljø	10
2. NATRIUMKLORID (NaCl)	11
2.1 Anvendelsesområder	11
2.2 Effektivitet	11
2.3 Miljø	11
2.3.1 Konstruktioner	11
2.3.2 Beplantninger	12
2.3.3 Recipienter m.m.	12
2.4 Økonomi	12
2.5 Specifikationer	12
2.5.1 Generelle krav	12
2.5.2 Kornkurve	13
2.5.3 Vandopløselige stoffer	13
2.5.4 Vanduopløselige stoffer	14
2.5.5 Vandindhold	14
2.5.6 Antiklumpningsmiddel	14
2.6 Opbevaring	14
3. CALCIUMKLORID (CaCl₂)	15
3.1 Anvendelsesområde	15
3.2 Effektivitet	15

3.3 Miljø	15
3.3.1 Konstruktioner	15
3.3.2 Beplantninger	16
3.3.3 Recipienter m.m.	16
3.4 Økonomi	16
3.5 Specifikationer	16
3.5.1 Generelle krav	16
3.5.2 Vandopløselige stoffer	17
3.5.3 Vanduopløselige stoffer	17
3.5.4 Vandindhold	17
3.5.5 Antiklumpningsmiddel	17
3.6 Opbevaring	17
4. MAGNESIUMKLORID (MgCl₂)	18
4.1 Anvendelsesområde	18
4.2 Effektivitet	18
4.3 Miljø	18
4.3.1 Konstruktioner	18
4.3.2 Beplantninger	19
4.3.3 Recipienter m.m.	19
4.4 Økonomi	19
4.5 Specifikationer	19
4.5.1 Generelle krav	19
4.5.2 Vandopløselige stoffer	20
4.5.3 Vanduopløselige stoffer	20
4.5.4 Vandindhold	20
4.5.5 Antiklumpningsmiddel	20
4.6 Opbevaring	20
5. UREA (NH₂CONH₂)	21
5.1 Anvendelsesområde	21
5.2 Effektivitet	21
5.3 Miljø	21
5.3.1 Konstruktioner	21
5.3.2 Beplantninger	21
5.3.3 Recipienter	21
5.4 Økonomi	22

5.5	Specifikationer	22
5.5.1	Generelle krav	22
5.5.2	Kornkurve	22
5.5.3	Vandopløselige stoffer	22
5.5.4	Vanduopløselige stoffer	22
5.5.5	Vandindhold	23
5.5.6	Antiklumpningsmiddel	23
5.6	Opbevaring	23
6.	CALCIUMACETAT (CMA)	24
6.1	Anvendelsesområde	24
6.2	Effektivitet	24
6.3	Miljø	24
6.3.1	Konstruktioner	24
6.3.2	Beplantninger	24
6.3.3	Recipenter m.m.	25
6.4	Økonomi	25
6.5	Specifikationer	25
6.5.1	Generelle krav	25
6.5.2	Vandopløselige stoffer	25
6.5.3	Vanduopløselige stoffer	25
6.5.4	Vandindhold	25
6.5.5	Antiklumpningsmiddel	25
6.6	Opbevaring	26
7.	SAND OG GRUS	27
7.1	Anvendelsesområde	27
7.2	Effektivitet	27
7.3	Miljø	27
7.3.1	Konstruktioner	27
7.3.2	Beplantninger	27
7.3.3	Recipenter m.m.	27
7.4	Økonomi	27
7.5	Specifikationer	28
7.5.1	Generelle krav	28
7.5.2	Kornkurve	28

7.5.3	Materiale til brug på kørebaner	29
7.5.4	Materiale til brug på cykelstier	29
7.5.5	Materiale til brug på fortove og stier	29
7.5.6	Vandopløselige stoffer	29
7.5.7	Vanduopløselige stoffer	29
7.5.8	Vandindhold	29
7.5.9	Antiklumpningsmiddel	29
7.6	Opbevaring	30

Bilag 1:	Litteraturliste
Bilag 2:	Tømidlers smelteegenskaber
Bilag 3:	Økonomiske betragtninger
Bilag 4:	Love og standarder m.m. anvendt i vejreglen

1. INDLEDNING

Nærværende vejregel afløser den tidligere Vejregel for tørsalte, sand og grus til glatførebekæmpelse (9.80.01) fra august 1980 jf. [1] i bilag 1.

Natriumklorid (NaCl) er det absolut mest benyttede tømiddel på det danske vejnet. Bortset fra sand og grus – der ikke kan betragtes som egentlige tømidler – udgør brug af andre kemikalier under 1 % af det samlede forbrug, jf. [2] i bilag 1. Dette skyldes først og fremmest den økonomiske parameter, at der ikke p.t. synes at være konkurrencedygtige alternativer til natriumklorid.

Vejreglen er derfor koncentreret om NaCl, men angiver også overordnede oplysninger om mulige alternativer, da nogle af disse i begrænset omfang kan have deres berettigelse. Tømiddelprodukter, der primært anvendes i lufthavne (acetater og formiater), omtales herefter som lufthavnsprodukter, og er kort beskrevet i bilag 2. For yderligere oplysning om disse henvises til [5] og [6] i bilag 1.

Såfremt andet ikke er angivet i det følgende, betyder % vægtprocent.

1.1 Tømidlers virkning

1.1.1 Kemikalier

Tømidlers smelteegenskaber afhænger bl.a. af den kemiske sammensætning - som beskrevet i bilag 2 kan de forskellige tømidlers virkning estimeres alene på det grundlag.

Virkningen af kemikalierne afhænger af temperaturen og er mindre, jo koldere det er. Tabel 1 angiver virkningen udtrykt som det antal gram tømiddel, der skal bruges for at smelte 100 gram is ved - 1 °C. Ved lave temperaturer må mængden forøges tilsvarende. Ved - 5 °C er den teoretiske mængde f.eks. for natriumklorid $5 \times 1,6 = 8$ gram.

Da 100 gram is svarer til 0,1 mm rimfrost på 1 m² vejbane, kan værdierne i tabellen benyttes til at bestemme de teoretiske doseringsmængder.

Det ses af tabellen, at ved - 1 °C har natriumklorid og magnesiumklorid størst virkning, mens virkningen af urea er mindst.

Kemisk betegnelse	Kemisk formel	Teoretisk mængde tømiddel i g til smeltning af 100 g is ved - 1 °C
Natriumklorid	NaCl	1,6
Calciumklorid	CaCl ₂	2,0
Magnesiumklorid	MgCl ₂	1,7
Urea	NH ₂ CONH ₂	3,2
Calcium-magnesiumacetat	CaMg(CH ₃ COO) ₄	2,7

Tabel 1. Oversigt over tømiddels teoretiske virkning ved - 1 °C

1.1.2 Sand og grus

Sand og grus benyttes for at opnå øget friktion, primært på arealer med det laveste servicemål, hvor der kan tillades glat føre inden udspreddning foretages. Sand og grus er ikke egentlige tømidler, da virkningen alene fremkommer ved øget friktion. Til gengæld virker sand og grus selv ved lave temperaturer.

1.2 Effektivitet

Som nævnt kan tømidlernes teoretiske virkning estimeres alene på grundlag af kemiske oplysninger. Den eksakte smelteeffekt må imidlertid bestemmes ved hjælp af såkaldte fasediagrammer, som nærmere beskrevet i bilag 2.

Tømiddelopløsninger har lavere frysepunkt end rent vand. Jo højere koncentration opløsningen har, jo lavere er frysepunktet. Fasediagrammet angiver sammenhængen mellem koncentration og frysepunkt, og det er denne sammenhæng, der benyttes til at bestemme smelteeffekten.

Smelteeffekten defineres som den mængde is, som 1 gram af tømidlet kan smelte. I tabel 2 angives effekten af forskellige tømidler ved temperaturerne - 2 °C, - 5 °C og - 10 °C.

Som det ses af tabellen, afhænger smelteeffekten af temperaturen, og den bliver mindre, jo lavere temperaturen er. Fasediagrammet giver også oplysning, om hvorvidt smeltevirkningen helt ophører, og i så fald ved hvilken temperatur det indtræffer. Under denne temperatur, kaldet den eutektiske temperatur, har tømidlet ingen virkning. For eksempel er den eutektiske temperatur for natriumklorid ca. - 21 °C. Oplysning om eutektiske temperaturer for de øvrige beskrevne tømidler fremgår af tabellen.

For lufthavnsprodukter (kaliumacetat og kaliumformiat) henvises til bilag 2.

De værdier for smelteeffekten, der er angivet i tabellen, giver ikke oplysning om, hvor hurtigt smeltningen foregår, og det bør naturligvis også indgå i bedømmelse af effektiviteten. Der findes prøvningsmetoder til at

bestemme smelteeffektens tidsafhængighed, jf. [5] i bilag 1. Generelt virker opløsninger og befugtede tømidler hurtigere end tørstoffer.

Tømiddel	Smelteeffekt g is/g tømiddel			
	-2 °C	-5 °C	-10 °C	Eutektisk temperatur °C
Natriumklorid, tørstof	28,6	11,3	6,1	-21,1
Natriumklorid, 22 % lage	5,5	1,7	0,6	-
Calciumklorid, vandfrit	21,9	10,2	6,1	-51,0
Calciumklorid, som skæl CaCl ₂ ·2H ₂ O	16,6	7,7	4,6	-
Magnesiumklorid, vandfrit	27,2	12,7	7,6	-33,6
Magnesiumklorid, hexahydrat MgCl ₂ ·6H ₂ O	12,8	6,0	3,5	-
Urea, tørstof	13,3	5,3	2,7	-11,5
CMA, vandfrit	15,7	7,3	4,2	-26
CMA 25 % lage	3,0	1,0	0,3	-

Tabel 2. Smelteeffekt ved temperaturerne - 2 °C, - 5 °C og - 10° C

1.3 Miljø

Specifikke forhold mht. tømidlernes påvirkning af miljøet er beskrevet efterfølgende under de enkelte produkter. Generelt kan det nævnes, at Nordisk Miljømærkning har udarbejdet kriterier for tømidler for opnåelse af Svanemærkning. Disse krav og grænseværdier fremgår af [8] og [9] i bilag 1. Tømidler med Svanemærket efterlever således en række krav til miljø, herunder bl.a. effektivitet, korrosiv virkning på metaller, arbejdsmiljø og kvalitetssikring.

1.4 Økonomi

Ved sammenligning af priserne for de forskellige produkter, bør det bl.a. også indgå i beregningen, hvor effektive produkterne er. Det kan f.eks. gøres ved at udregne, hvor meget af produktet, der skal til for at smelte 1 ton is ved - 2 °C, og hvad det koster. I det efterfølgende afsnit angives den relative pris for de enkelte produkter i forhold til prisen for natriumklorid.

I bilag 3 findes en oversigt over relative priser for alle produkterne.

1.5 Udledningstilladelse

Generelt er tømidler omfattet af Miljøbeskyttelsesloven hvad angår spredning til omgivelserne under hensyntagen til mennesker og miljø. Miljøstyrelsen har ikke udarbejdet særlige forskrifter for brug af tømidler, og tilladelse til brug af tømidler varetages af den lokale miljømyndighed.

Der henvises i øvrigt til bilag 1, rapporterne [5] og [6].

1.6 Arbejds miljø

Generelt er tømidler også omfattet af Kemikalielovgivningen, der bl.a. stiller krav til importører, producenter, sælgere og brugere. Kravene vedrører kendskab til stoffernes egenskaber, virkning og sikkerhedsforanstaltninger ved omgang med stoffet. Der skal foreligge Sikkerhedsdatablad i henhold til Direktiv 91/155/EØF og At's bekendtgørelse 559/2002.

Sikkerhedsdatabladet skal mindst indeholde oplysning om:

- Identifikation af stoffet
- Sammensætning
- Fareidentifikation
- Førstehjælpsforanstaltning
- Brandbekæmpelse
- Forholdsregler overfor udslip ved uheld
- Håndtering og opbevaring
- Personlige værnemidler
- Fysisk-kemiske egenskaber
- Stabilitet og reaktivitet
- Toksikologiske oplysninger
- Miljøoplysninger
- Bortskaffelse
- Transportoplysninger
- Oplysninger om regulering
- Andre oplysninger

2. NATRIUMKLORID (NaCl)

Ved brug af natriumklorid som tømiddel ved glatførebekæmpelse, benyttes ordet "vejsalt" ofte som handelsbetegnelse. Tøsalte benyttes derimod som fællesbetegnelse for alle kemiske salte (natriumklorid, calciumklorid, magnesiumklorid), der benyttes som tømidler.

2.1 Anvendelsesområder

Natriumklorid er langt det mest benyttede tømiddel på kørebaner og stier, såvel til præventiv glatførebekæmpelse som til bekæmpelse, efter at glat føre er indtrådt. NaCl kan udsprede som:

- Tørsalt
- Fugtsalt
- Saltlage

eller ved en kombination af de nævnte metoder (combispredning).

NaCl leveres som:

- Stensalt (udvindes ved minedrift)
- Vakuumsalt (udvindes ved inddampning af rensed saltlage)
- Havsalt (udvindes ved inddampning af havvand).

2.2 Effektivitet

For natriumklorid som tørstof og som 22 % lage er smelteeffekten ved -2 °C, -5 °C og -10 °C anført i tabel 3. Desuden angives den eutektiske temperatur, under hvilken der ingen smelteeffekt er.

Smelteeffekt g is/g produkt	- 2°C	- 5°C	- 10°C	Eutektisk temperatur °C
Natriumklorid, tørstof	28,6	11,3	6,1	- 21,1
Natriumklorid, 22 % lage	5,5	1,7	0,6	-

Tabel 3. Smelteeffekt af natriumklorid

2.3 Miljø

2.3.1 Konstruktioner Natriumklorid fremmer korrosion af jern. Aggressiviteten overfor zink og galvaniseret stål er væsentlig mindre.

Der findes prøvningsmetoder til at bestemme den korrosive virkning

også på andre metaller, men undersøgelser har vist, at resultater efter disse metoder, kan være misvisende som nærmere beskrevet i [6] i bilag 1.

Påvirkning på armeret beton kan føre til korrosion af armeringen, når kloridioner trænger ind i betonen. I nyere betonkonstruktioner tager det imidlertid mange år, hvis konstruktionerne er udført korrekt.

Der er ikke observeret nedbrydende virkning på asfalt.

2.3.2 Beplantninger

Brug af NaCl til glatførebekæmpelse kan ikke undgå at påvirke vegetationen. Skader på beplantning langs vejene forekommer bl.a. som afsvidning af blade og nåle som følge af saltåger, der afsættes på beplantningen. Desuden påvirkes planternes stofskifte, idet opløst NaCl i jorden trænger ind i træet fra rødderne til kronen og ophobes i kviste, blade og nåle.

Det er primært kloriderne, der er skadelige for vegetationen. Generelt får NaCl planter og træer til at vokse langsommere. På længere sigt kan det føre til at træerne springer senere ud og taber blade/nåle tidligt. I værste fald kan saltskaderne få træer og anden vegetation til at gå ud og blive erstattet af vegetation fra marint miljø.

Der henvises i øvrigt til bilag 1, rapporter [2], [3] og [4].

2.3.3 Recipienter m.m.

Brug af natriumklorid i nærheden af drikkevandsboringer kan i værste fald føre til at indholdet af natrium- og kloridioner kan blive så højt, at det overstiger de tilladte værdier.

I sådanne tilfælde bør det overvejes at bruge alternative tømidler, som ikke indeholder klorid, eller på anden vis virker skadelig på recipienten.

2.4 Økonomi

Prisen for natriumklorid afhænger af leverancens størrelse, det leverede produkt og øvrige leveringsbetingelser.

1 ton natriumklorid kan smelte 28,6 tons is ved - 2 °C, jf. tabel 3. Prisen for smeltning af 1 ton is ved - 2 °C kan derfor udregnes eksakt, når priser foreligger. I det følgende sættes denne pris til 1,0. Prisen for de øvrige produkter angives relativt i forhold hertil. En samlet oversigt findes i bilag 3.

2.5 Specifikationer

- 2.5.1 Generelle krav
- ' Tøsaltet kan indeholde andre stoffer. Disse stoffer må, ved normal brug af tøsaltet, ikke være skadelige for mennesker, dyr og planter.

- ' Saltet skal ved leverancen være ensartet, løst, uden klumper og uden indhold af fremmedlegemer af nogen art, der kan medføre skade på spredningsmateriellet.
- ' Saltet må ikke indeholde stoffer af en sådan art og mængde, at de kan give anledning til væsentlig reduktion af friktionen på våd vejoverflade.
- ' Der skal foreligge produktionsspecifikation, som indeholder såvel en kemisk analyse som en sigteanalyse og oplysninger om saltets art.
- ' Analysen skal indeholde oplysning om:
 - Kornform
 - Sigtekurve
 - Vandindhold ved levering
 - Indhold af antiklumpningsmiddel (art og mængde)
 - Indhold og art af andre stoffer end NaCl, såvel opløselige som uopløselige.
- ' Hvis der findes stoffer med uoplyst sammensætning, angives mængden, og der skal afgives erklæring om disse stoffers uskadelighed.
- ' Såfremt produktet leveres i sække skal emballagen være vandtæt.

2.5.2 Kornkurve

- ' Stensalt og havsalt skal opfylde følgende krav til kornkurve:

Sigtestørrelse [mm]	Gennemfald [vægt-%]
4	99,5 - 100
1	20,0 - 100
0,125	0 - 5,0

- ' Vakuumsalt skal opfylde følgende krav til kornkurve:

Sigtestørrelse [mm]	Gennemfald [vægt-%]
4	100
1	97,0 - 100
0,125	0 - 5,0

På grund af nedtrængningseffekten er grove saltkorn mest virksomme ved optøning af tykkere is- eller snelag. Imidlertid sker optøningen hurtigere, jo finere saltkornene er. Ligeledes er finkornet salt bedre ved præventiv saltning, hvor små mængder spredes jævnt.

Bestemmelse af kornkurven udføres i overensstemmelse med DS/EN 1235.

2.5.2 Vandopløselige stoffer

Ud over natriumklorid (NaCl) indeholder tøsalt normalt andre vandopløselige stoffer i meget små mængder. Det er væsentligst SO_4^{--} , Ca^{++} , Mg^{++} , som for de flestes vedkommende også har optøende virkning.

Kemisk analyse gennemføres som foreskrevet i ISO 2480, 2481 henholdsvis 2482.

2.5.3 Vandopløselige stoffer

- Der må højst forefindes 1,5 % vandopløselige stoffer.

Vandopløselige stoffer bestemmes efter ISO 2479 eller prVI 99-1:1998.

2.5.4 Vandindhold

Vandet skal findes bundet på saltkrystallernes overflade. En overdækket saltbunke må, forudsat lagerpladsen er beskyttet mod overfladevand fra sidearealerne, ikke have signifikant større vandindhold i bunden end foroven.

- Vandindholdet må ikke overstige 3 % for vakuumsalt, 4 % for havsalt og 1 % for stensalt.

Vandindholdet bestemmes som foreskrevet i ISO 2483, alternativt ASTM E 534.

2.5.5 Antiklumpningsmiddel

- Antiklumpningsmidler til modvirkning af frysning (forsinkelse af dannelse af NaCl, 2H₂O) og sammenblanding må ikke være af en art eller tilsættes i en mængde, der er skadelig for mennesker, dyr og planter.
- Anvendes kaliumferrocyanid, E536 (K₄Fe(CN)₆) må der max. tilsættes 150 p.p.m. (0,15 vægt-%).
- Anvendes natriumferrocyanid, E535 (Na₄Fe(CN)₆) må der max. tilsættes 120 p.p.m (0,12 vægt-%).

Disse antiklumpningsmidler er syntetisk fremstillet. De er godkendt til brug i salt, og benyttes således også i almindeligt bordsalt.

2.6 Opbevaring

NaCl skal opbevares så tørt som muligt og som minimum under halvtag. Saltlader og -pladser indrettes som beskrevet i Vejregler for indretning af saltlader og -pladser.

3. CALCIUMKLORID (CaCl₂)

3.1 Anvendelsesområde

Calciumklorid anvendes oftest ved meget lave temperaturer, hvor NaCl nærmest ingen virkning ville have. Calciumklorid i tør form kan også anvendes, når der ønskes en særlig hurtig optøning.

Calciumklorid kan desuden anvendes i blanding med natriumklorid. Denne fremgangsmåde forudsætter imidlertid omgående anvendelse, da calciumklorid er stærkt hygroskopisk (vandsugende) og derved opløser hele blandingen ret hurtigt, og effekten nedsættes.

Grundet den hygroskopiske effekt benyttes calciumklorid endvidere ofte til at formindske støvgener på grusveje, idet støvet bindes til væsken.

3.2 Effektivitet

I tabel 4 angives smelteeffekten ved -2 °C, -5 °C og -10 °C for vandfrit calciumklorid og for skæl, som har et vandindhold på ca. 25 %. Desuden angives den eutektiske temperatur, under hvilken der ingen smelteeffekt er.

Smelteeffekt g is/g produkt	- 2°C	- 5°C	- 10°C	Eutektisk temperatur °C
Calciumklorid, vandfrit	21,9	10,2	6,1	- 51,0
Calciumklorid, som skæl CaCl ₂ , 2H ₂ O	16,6	7,7	4,6	-

Tabel 4. Smelteeffekt af calciumklorid

3.3 Miljø

3.3.1 Konstruktioner

Calciumklorid er mere korrosionsfremmende end natriumklorid, når det drejer sig om den korrosive virkning på jern. Brug af calciumklorid vil derfor medvirke til en reduktion af funktion og levetid for biler og sprede- dere. Den korrosive virkning kan reduceres noget ved omgående anvendelse og rengøring af materiellet, og uden at lade rester henstå i sprederen.

Der foreligger ikke undersøgelser af aggressiviteten overfor zink, galvaniseret stål og andre metaller, men den må formodes at være mindst som for NaCl.

Påvirkning på armeret beton kan føre til korrosion af armeringen, når kloridioner trænger ind i betonen. I nyere betonekonstruktioner tager det imidlertid mange år, hvis konstruktionerne er udført korrekt.

Der findes prøvningsmetoder til bestemmelse af den korrosive virkning på metaller, men resultater efter disse metoder, kan være misvisende som nærmere beskrevet i [6] i bilag 1.

Der er ikke observeret nedbrydende virkning på asfalt.

3.3.2 Beplantninger Brug af calciumklorid til glatførebekæmpelse påvirker vegetationen på samme måde som natriumklorid, da det primært er kloridindholdet, der er skadeligt for vegetationen. Skaderne forekommer bl.a. som afsvidning af blade og nåle som følge af salttåger. Desuden påvirkes planternes stofskifte, idet opløst klorid i jorden trænger ind i træet fra rødderne til kronen og ophobes i kviste, blade og nåle. På længere sigt kan det føre til at træerne springer senere ud og taber blade/nåle tidligt. I værste fald kan saltskaderne få træer og anden vegetation til at gå ud og blive erstattet af vegetation fra marint miljø.

3.3.3 Recipienter m.m. Brug af calciumklorid i nærheden af drikkevandsboringer kan i værste fald føre til, at indholdet af kloridioner kan blive så højt, at det overstiger den tilladte værdi.

I sådanne tilfælde kan det overvejes at bruge alternative tømidler, som ikke indeholder klorid.

3.4 Økonomi

Prisen for calciumklorid afhænger af leverancens størrelse, det leverede produkt og øvrige leveringsbetingelser.

1 tons calciumklorid kan smelte 21,9 tons is ved - 2 °C, jf. tabel 4. Når prisen for calciumklorid foreligger, kan udgiften til smeltning af 1 tons is ved - 2 °C derfor udregnes eksakt. Sammenlignet med natriumklorid er prisen ca. 9 gange højere, jf. bilag 3.

3.5 Specifikationer

Calciumklorid findes som: CaCl_2 ; $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ og $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Den til glatførebekæmpelse mest anvendte form for calciumklorid er calciumklorid i skæl ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), der indeholder 20-27 % vand.

- 3.5.1 Generelle krav**
- ' Tøsaltet vil ofte indeholde andre stoffer. Disse stoffer må, ved normal brug af tøsaltet, ikke være skadelige for mennesker, dyr og planter.
 - ' Calciumklorid skal ved levering være klumpfrit og emballeret i luft- og vandtæt emballage, som skal muliggøre opbevaring i mindst 1 år.

- ' Tøsaltet må ikke indeholde stoffer af en sådan art og mængde, at de kan
- ' give anledning til væsentlig reduktion af friktionen på våd vejoverflade.
- ' Ved tilbud skal leverandøren medsende produktspecifikationer indehol-
- ' dende såvel en kemisk analyse som en sigteanalyse.
- ' Analysen skal indeholde oplysning om:
 - ' • Indhold af CaCl_2 beregnet som vandfrit
 - ' • Leveringsform (skæl, pulver, opløsning)
 - ' • Kornstørrelse og -form, hvis relevant
 - ' • Indhold og art af andre stoffer end CaCl_2 , såvel opløselige som
 - ' uopløselige
 - ' • Andre forhold, som er relevante ved anvendelsen til optønings-
 - ' formål, herunder holdbarhed.

3.5.2 Vandopløselige stoffer ' Art og omfang af vandopløselige stoffer skal fremgå af produktspecifi-
kationen.

3.5.3 Vanduopløselige stoffer ' Der må højst forefindes 2 % vanduopløselige stoffer.

3.5.4 Vandindhold ' Produktets vandindhold skal fremgå af produktspecifikationen.

3.5.5 Antiklumpningsmiddel ' Art og omfang skal fremgå af produktspecifikationen.

3.6 Opbevaring

Calciumklorid er stærkt hygroskopisk og skal opbevares beskyttet mod luftens fugtighed.

4. MAGNESIUMKLORID (MgCl₂)

4.1 Anvendelsesområde

Ligesom calciumklorid anvendes magnesiumklorid oftest ved meget lave temperaturer. Magnesiumklorid som hexahydrat i tør form kan anvendes, når der ønskes en særlig hurtig optøning.

4.2 Effektivitet

Tabel 5 angiver smelteeffekten ved -2 °C, -5 °C og -10 °C for vandfrit magnesiumklorid og som hexahydrat, der har et vandindhold på ca. 53 %. Desuden angives den eutektiske temperatur, under hvilken der ingen smelteeffekt er. Magnesiumklorid forhandles typisk som hexahydrat.

Smelteeffekt g is/g produkt	- 2°C	- 5°C	- 10°C	Eutektisk temperatur °C
Magnesiumklorid, vandfrit	27,2	12,7	7,6	- 33,6
Magnesiumklorid, hexahydrat MgCl ₂ , 6H ₂ O (handelsvare)	12,8	6,0	3,5	-

Tabel 5. Smelteeffekt af magnesiumklorid

4.3 Miljø

4.3.1 Konstruktioner

Magnesiumklorid er mere korrosionsfremmende end natriumklorid, når det drejer sig om den korrosive virkning på jern. Brug af magnesiumklorid vil derfor medvirke til en reduktion af funktion og levetid for biler og spredere. Den korrosive virkning kan reduceres noget ved omgående anvendelse og rengøring af materiellet, uden at lade rester henstå i sprederen.

Der foreligger ikke undersøgelser af aggressiviteten overfor zink, galvaniseret stål og andre metaller, men den må formodes at være mindst som for NaCl.

Påvirkning på armeret beton kan føre til korrosion af armeringen når kloridioner trænger ind i betonen. I nyere betonekonstruktioner tager det imidlertid mange år, hvis konstruktionerne er udført korrekt.

Der findes prøvningsmetoder til bestemmelse af den korrosive virkning på metaller, men resultater efter disse metoder, kan være misvisende som nærmere beskrevet i [6] i bilag 1.

Der er ikke observeret nedbrydende virkning på asfalt.

4.3.2 Beplantninger Brug af magnesiumklorid til glatførebekæmpelse påvirker vegetationen på samme måde som natriumklorid, da det primært er kloridindholdet, der er skadeligt for vegetationen. Skaderne forekommer bl.a. som afsvidning af blade og nåle som følge af salttåger. Desuden påvirkes planternes stofskifte idet opløst klorid i jorden trænger ind i træet fra rødderne til kronen og ophobes i kviste, blade og nåle. På længere sigt kan det føre til at træerne springer senere ud og taber blade/nåle tidligt. I værste fald kan saltskaderne få træer og anden vegetation til at gå ud og blive erstattet af vegetation fra marint miljø.

4.3.3 Recipienter m.m. Brug af magnesiumklorid i nærheden af drikkevandsboringer kan i værste fald føre til, at indholdet af kloridioner kan blive så højt, at det overstiger den tilladte værdi.

I sådanne tilfælde kan det overvejes at bruge alternative tømidler, som ikke indeholder klorid.

4.4 Økonomi

Prisen for magnesiumklorid afhænger af leverancens størrelse, det leverede produkt og øvrige leveringsbetingelser.

1 ton magnesiumklorid, hexahydrat kan smelte 12,8 tons is ved - 2 °C, jf. tabel 5. Når prisen for magnesiumklorid foreligger, kan udgiften til smeltning af 1 ton is ved - 2 °C derfor udregnes eksakt. Sammenlignet med natriumklorid er prisen ca. 16 gange højere, jf. bilag 3.

4.5 Specifikationer

Magnesiumklorid til glatførebekæmpelse vil normalt være hexahydrat ($MgCl_2, 6H_2O$) eller en opløsning.

- 4.5.1 Generelle krav**
- ' Tøsaltet vil ofte indeholde andre stoffer. Disse stoffer må, ved normal brug af tøsaltet, ikke være skadelige for mennesker, dyr og planter.
 - ' Magnesiumklorid, der kan leveres som skæl, pulver eller opløsning, skal være klumpfrit og emballeret i luft- og vandtæt emballage, som skal muliggøre opbevaring i mindst 1 år.
 - ' Magnesiumklorid må ikke indeholde stoffer af en sådan art og mængde, at de giver anledning til væsentlig reduktion af friktionen på våd vejoverflade.
 - ' Ved tilbud skal leverandøren medsende produktspecifikationer indeholdende såvel en kemisk analyse som en sigteanalyse.

- ' Analysen skal indeholde oplysninger om:
- '
 - Indhold af $MgCl_2$ beregnet som vandfrit
 - Leveringsform (skæl, pulver, opløsning)
 - Kornstørrelse og -form, hvis relevant
 - Indhold og art af andre stoffer end $MgCl_2$, såvel opløselige som uopløselige
 - Andre forhold, som er relevante ved anvendelse til optøningsformål, herunder holdbarhed.

4.5.2 Vandopløselige stoffer ' Art og omfang af vandopløselige stoffer skal fremgå af produktspecifikationen.

4.5.3 Vanduopløselige stoffer ' Der må højst forefindes 2 % vanduopløselige stoffer.

4.5.4 Vandindhold ' Produktets vandindhold skal fremgå af produktspecifikationen.

4.5.5 Antiklumpningsmiddel ' Art og omfang skal fremgå af produktspecifikationen.

4.6 Opbevaring

Magnesiumklorid er stærkt hygroskopisk og skal opbevares i absolut luft- og vandtæt emballage, så materialet er beskyttet mod luftens fugtighed.

5. UREA (NH₂CONH₂)

5.1 Anvendelsesområde

Urea er en kvælstofgødning (urinstof), der ikke fremmer korrosion i samme grad som klorider, hvorfor materialet kan udgøre et alternativ til NaCl ved specielt udsatte konstruktioner, eksempelvis broer. Når urea opløses i smeltevand er det ikke elektrisk ledende. Derfor benyttes urea bl.a. i områder ved sporarealer på elektrificerede banestrækninger.

Ud over de nævnte anvendelser benyttes urea meget lidt grundet kvælstofindholdets miljøskadelige virkning i recipienter.

5.2 Effektivitet

Urea virker i praksis kun optøende ned til ganske få grader under 0. Såfremt der ikke er stor trafikintensitet, sker optøning kun meget langsomt.

I tabel 6 angives smelteeffekten ved -2 °C, -5 °C og -10 °C for urea. Desuden angives den eutektiske temperatur, under hvilken der ingen smelteeffekt er.

Smelteeffekt g is/g produkt	- 2°C	- 5°C	- 10°C	Eutektisk temperatur °C
Urea, tørstof	13,3	5,3	2,7	-11,5

Tabel 6. Smelteeffekt af urea

5.3 Miljø

5.3.1 Konstruktioner Urea fremmer ikke korrosion, som det er tilfældet for kloridholdige salte. Der er ikke rapporteret om skader hverken på metaller, betonkonstruktioner eller asfalt.

5.3.2 Beplantninger Urea nedbrydes i naturen til nitrat under iltforbrug. Nitrat er et nærings-salt for beplantning, og urea er derfor ved korrekt brug ikke skadelig for beplantning.

5.3.3 Recipienter Som nævnt foregår nedbrydningen af urea ligesom for kvælstofgødning ved relativt stort iltforbrug. Det betyder, at der er risiko for iltvind i de recipienter, hvortil udledning sker. Sammen med de kvælstofholdige nærings-salte kan det i værste fald ændre livsbetingelserne for dyr og plan-

ter. Derfor kan det give problemer med at opnå tilladelse til bruge urea jf. afsnit 1.5.

Lugtgener ved brug af urea kan ikke helt undgås.

5.4 Økonomi

Prisen for urea afhænger af leverancens størrelse, det leverede produkt og øvrige leveringsbetingelser.

1 ton urea kan smelte 13,3 tons is ved - 2 °C, jf. tabel 6. Når prisen for urea foreligger, kan udgiften til smeltning af 1 ton is ved - 2 °C derfor udregnes eksakt. Sammenlignet med natriumklorid er prisen ca. 27 gange højere, jf. bilag 3.

5.5 Specifikationer

- 5.5.1 Generelle krav
- ' Tøsaltet vil ofte indeholde andre stoffer. Disse stoffer må, ved normal brug af tøsaltet, ikke være skadelige for mennesker, dyr og planter.
 - ' Urea skal ved leveringen være løst og uden klumper.
 - ' Produktet skal leveres i vandtæt emballage, der muliggør opbevaring i mindst 1 år.
 - ' Ved tilbud skal leverandøren medsende produktspecifikationer indeholdende såvel en kemisk analyse som en sigteanalyse.
 - ' Analysen skal indeholde oplysninger om:
 - ' • Indhold af NH_2CONH_2 beregnet som vandfrit
 - ' • Leveringsform
 - ' • Kornstørrelse og -form
 - ' • Indhold og art af andre stoffer end urea, såvel opløselige som uopløselige
 - ' • Andre forhold, som er relevante ved anvendelse til optøningsformål, herunder holdbarhed.
- 5.5.2 Kornkurve
- ' Gennemfald på 3,15 mm sigten skal mindst være 85 %.
- 5.5.3 Vandopløselige stoffer
- ' Art og omfang af vandopløselige stoffer skal fremgå af produktspecifikationen.
- 5.5.4 Vanduopløselige stoffer
- ' Der må højst forefindes 2 % vanduopløselige stoffer.

5.5.5 Vandindhold ’ Produktets vandindhold skal fremgå af produktspecifikationen.

5.5.6 Antiklumpningsmiddel ’ Art og omfang skal fremgå af produktspecifikationen.

5.6 Opbevaring

Produktet skal opbevares i vandtæt emballage, der muliggør opbevaring i mindst 1 år.

6. CALCIUMMAGNESIUMACETAT (CMA)

Calciummagnesiumacetat er et dobbeltsalt af eddikesyre. Der findes en række andre tømidler, som er salte af eddikesyre (benævnt acetater) eller af myresyre (benævnt formiater). Disse produkter, som fortrinsvis benyttes i lufthavne, er kort beskrevet i bilag 2 og mere omfattende i [5] i bilag 1.

6.1 Anvendelsesområde

CMA benyttes som oftest ved miljøfølsomme arealer, og på særligt udsatte konstruktioner, eksempelvis broer, som alternativ til NaCl.

6.2 Effektivitet

CMA virker i praksis kun optøende ned til - 5 °C. Benyttes fast stof sker optøning kun langsomt, med mindre der er stor trafikintensitet.

I tabel 5 angives smelteeffekten ved -2 °C, -5 °C og -10 °C for vandfrit CMA og for en 25 % opløsning. Desuden angives den eutektiske temperatur, under hvilken der ingen smelteeffekt er.

Smelteeffekt g is/g produkt	- 2°C	- 5°C	- 10°C	Eutektisk temperatur °C
CMA, som vandfrit stof	15,7	7,3	4,2	-26
CMA, 25 % lage	3,0	1,0	0,3	-

Tabel 7. Smelteeffekt af calciummagnesiumacetat

6.3 Miljø

6.3.1 Konstruktioner For de fleste metaller gælder, at calciummagnesiumacetat ikke fremmer korrosion i samme grad, som det er tilfældet for kloridholdige salte. Ved lang tids påvirkning på galvaniseret stål er der dog rapporteret om korrosion af ens størrelsesorden.

Der er ikke rapporteret om skader på andre metaller, betonkonstruktioner eller asfalt.

6.3.2 Beplantninger CMA har færre negative effekter på det omliggende miljø end urea og de kloridholdige tømidler. De CMA-produkter, der forhandles som opløsninger, er Svanemærket, jf. punkt 1.3.

Materialet har en tydelig eddikelugt, der dog primært er til gene for dem, der opholder sig i nærheden af materialet ved læsning o.l.

- 6.3.3 Recipienter m.m. CMA nedbrydes af mikroorganismer til bl.a. vand og CO₂. Sammenlignet med urea sker nedbrydningen hurtigt, og der efterlades ikke kvælstofholdige næringsalte, hvorfor den biologiske indvirkning er meget mindre.

6.4 Økonomi

Prisen for CMA afhænger af leverancens størrelse, det leverede produkt og øvrige leveringsbetingelser.

1 ton 25 % opløsning af CMA kan smelte 3 tons is ved - 2 °C, jf. tabel 7. Når prisen for 25 % opløsning af CMA foreligger, kan udgiften til smeltning af 1 ton is ved - 2 °C derfor udregnes eksakt. Sammenlignet med natriumklorid er prisen ca. 68 gange højere jf. bilag 3.

6.5 Specifikationer

CMA er et dobbeltsalt af eddikesyre. CMA leveres bl.a. som 25 vægt-% opløsning.

- 6.5.1 Generelle krav ’ Ved tilbud skal leverandøren medsende produktspecifikationer indeholdende oplysninger om:
’
’ • Indhold af CMA beregnet som vandfrit
’ • Leveringsform
’ • Indhold og art af andre stoffer end CMA, såvel opløselige som uopløselige
’ • Andre forhold, som er relevante ved anvendelse til optøningsformål, herunder holdbarhed.
- 6.5.2 Vandopløselige stoffer ’ Art og omfang af vandopløselige stoffer skal fremgå af produktspecifikationen.
- 6.5.3 Vanduopløselige stoffer ’ Der må højst forefindes 1 % vanduopløselige stoffer.
- 6.5.4 Vandindhold ’ Produktets vandindhold skal fremgå af produktspecifikationen.
- 6.5.5 Antiklumpningsmiddel ’ For CMA i fast form skal art og omfang fremgå af produktspecifikationen.

6.6 Opbevaring

CMA i fast form skal opbevares i vandtæt emballage, der muliggør opbevaring i mindst 1 år.

7. SAND OG GRUS

Sand og grus til glatførebekæmpelse er naturligt forekommende eller bearbejdede bakke- eller sømaterialer. Det kan være iblandet natriumklorid, som dels hindrer sammenklumpning i frostvej og dels virker optøende på sne og is, se mere herom under punkt 7.5.9.

7.1 Anvendelsesområde

Sand og grus benyttes for at opnå øget friktion, primært på kørebanearealer med det laveste servicemål, hvor der kan tillades glat føre inden udspreddning foretages, samt på stier og fortove. Friktionsforbedring kan også opnås ved meget lave temperaturer, hvor NaCl nærmest ingen virkning ingen virkning ville have.

7.2 Effektivitet

Sand og grus har ingen smeltende effekt.

Den glatførebekæmpende virkning beror på den øgede friktion, der opstår, når sand og grus blandes med is og sne.

7.3 Miljø

- 7.3.1 Konstruktioner Eventuel påvirkning på asfalt, beton og stål er kun af mekanisk karakter.
- 7.3.2 Beplantninger Brug af sand og grus til glatførebekæmpelse har ingen skadelige påvirkninger på beplantninger.
- 7.3.3 Recipienter m.m. Sand og grus fra glatførebekæmpelse føres sædvanligvis ikke til recipienter. I byområder føres en del til afløbsbrønde, hvor det opsamles i sandfang. I landområder kan det føres til grøfter eller det ophobes i rabatarealer.

7.4 Økonomi

Udgifter til selve sand- og grusmaterialerne er ret beskedne. Sammenlignet med tørsalte er der imidlertid øgede driftsudgifter, når det gælder oprensning af brønde og ”afhøvling” af rabatarealer. Såfremt materialerne ikke kan genanvendes, skal de deponeres som forurenede.

7.5 Specifikationer

7.5.1 Generelle krav Materialet må ved leverancen ikke indeholde fremmedlegemer af nogen art, der kan medføre skade på personer eller materiel.

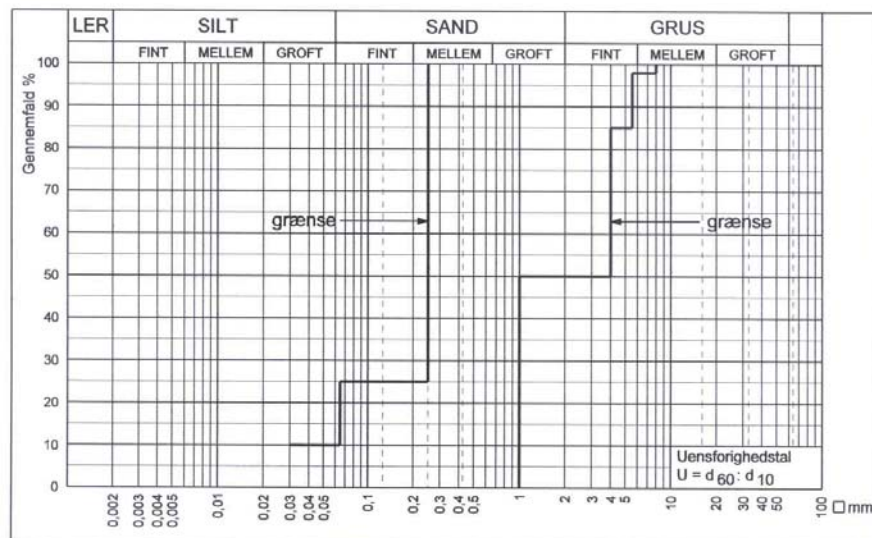
Materialet må ikke indeholde skadelige mængder af planterester, muld, ler- eller siltklumper.

Materialet skal være let at sprede jævnt, selv i frosset tilstand.

Sigtstørrelse m.m.	Gennemfald (vægt-%)
8	100
5,6	98-100
4	85-99
1	Mindst 50
0,25	0-25
0,063	0-10

- ’ Sandækvivalenten: SE > 30
- ’ Normativ reference DS/EN 13242: Fine, D = 4 mm, G_F 85, f₁₀

Disse retningslinier er anskueliggjort i figur 2.

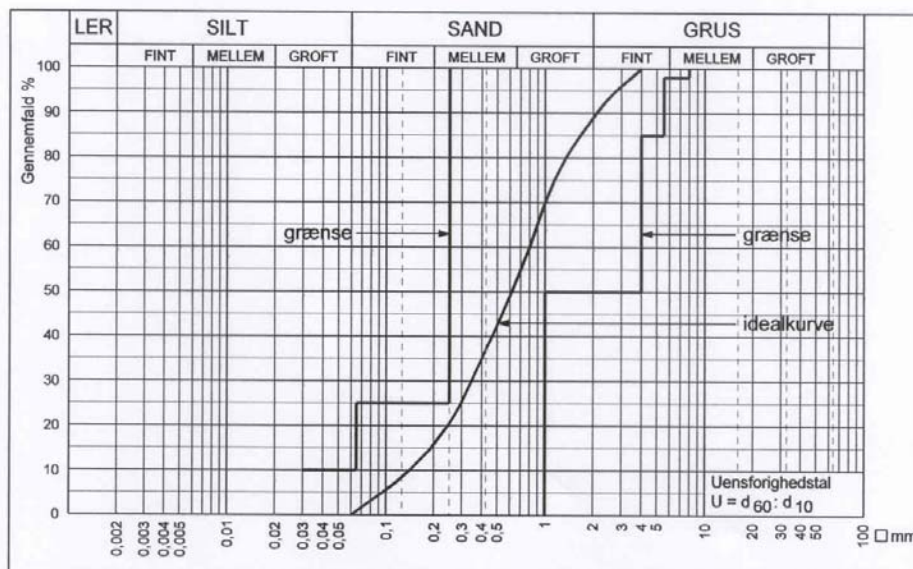


Figur 1. Grænseværdier for kornkurven

- ’ Af hensyn til friktionsforøgelsen bør sand- og grusmateriale bestå af
- ’ skarpkantede eller kantrundede korn. Materialet bør være så groft, at det
- ’ muliggør en ensartet spredning, og at det holder sig på vejen en rimelig tid.
- ’ Materialet bør indeholde mindst muligt kalk og ler for ikke at nedsætte
- ’ friktionen på kørebanen, når sne og is er smeltet bort.

7.5.3 Materiale til brug på kørebaner

- ’ Et materiale, der inden for praktiske og ressourcemæssige leveringsmuligheder tilnærmer sig nedenfor anførte idealkurve (figur 2), kan anbefales. Bemærk specielt at idealkurven ikke indeholder korn større end 4 mm for yderligere bedst muligt at undgå risiko for skader ved stenslag.



Figur 2. Idealkurven

7.5.4 Materiale til brug på cykelstier

For at undgå punktering af cykler, bør materiale til brug på cykelstier, supplerende til ovennævnte krav, ikke indeholde knuste materialer.

7.5.5 Materiale til brug på fortove og stier

Anvendes materialet alene til glatførebekæmpelse på fodgængerarealer, kan det anbefales at anvende et finere materiale end det i ovenstående idealkurven anførte, ligesom en mindre maksimal Kornstørrelse kan anbefales.

7.5.6 Vandopløselige stoffer

Der er ingen krav til vandopløselige stoffer. For naturligt forekommende sømateriale, kan der være et lille indhold af natriumklorid, som har optøende virkning.

7.5.7 Vanduopløselige stoffer

Praktisk taget alt materialet er vanduopløseligt, men der stilles ikke specifikke krav.

7.5.8 Vandindhold

For at mindske sammenklumpning i frostvejr bør vandindholdet holdes så lavt som muligt, for eksempel ved tildækning af materialelagre.

7.5.9 Antiklumpningsmiddel

For at forhindre gruset i at klumpe sammen, kan man – afhængigt af opbevaringsforholdene – tilsætte ca. 25-50 kg NaCl pr. m³ grus.

Ved tilsætning af 25-50 kg salt pr. m³ grus, skal man dog være opmærksom på, at der i forbindelse med grusning udsprede 2-4 % NaCl, og dermed samme mængde som ved almindelig saltning.

7.6 Opbevaring

Sand og grus skal opbevares så tørt som muligt og bør dækkes med presenninger i fugtigt vejr, således at risiko for sammenfrysning minimeres.

Litteraturliste:

Følgende materiale har været benyttet ved udarbejdelse af nærværende vejregel:

1. Vejregel 9.80.01 Udstyr, Vejtjeneste, Vejregel for tøsalte, sand og grus til glatførebekæmpelse, Vejdirektoratet – Vejregeludvalget, august 1980.
2. [Vejsalt, træer og buske, spørgeskemaundersøgelse, rapport nr. 142, Vejdirektoratet.](#)
3. [Vejsalt, træer og buske, litteraturundersøgelse, rapport nr. 64, Vejdirektoratet.](#)
4. [Planter og vejsalt, 2001, Vejdirektoratet, Skov & Landskab.](#)
5. [Statusrapport, Alternative Tømidler, fase 1 – egenskaber, data og prøvningsmetoder, maj 2001.](#)
6. [Alternative Tømidler – fase 2 – virkning på asfalt, stål og varme-forzinket stål samt miljøaspekter, marts 2003.](#)
7. Tøsalte til glatførebekæmpelse – Teoretisk grundlag, Laboratorierapport 37, Statens vejlaboratorium, marts 1978.
8. Svanemærkning af Tømiddel, Version 2.0, 18. marts 2004 – 18. marts 2009. www.ecolabel.dk
9. Baggrundsdokument for Svanemærkning af Tømidler, 18. marts 2004 – 18. marts 2009. www.ecolabel.dk
10. [Konstruktion og vedligehold af veje og stier, hæfte 6, Håndbog for drift af veje og stier, juli 2003.](#)

samt diverse standarder, normer o.l. som nævnt i vejreglen (fremgår af bilag 4).

Rapporterne [2] til [6] forefindes ved, enten at bruge de indsatte hyperlink i nærværende vejregel (i digital udgave) eller via <http://www.vejsektoren.dk>, under Drift, Vintertjeneste, Publikationer.

Tilsvarende forefindes rapporten [10] ved, enten at bruge det indsatte hyperlink i nærværende vejregel (i digital udgave) eller via www.vejregler.dk under Vejregler, 3. Veje.

Tømidlers smelteegenskaber:

Tømidlers smelteegenskaber afhænger bl.a. af tømidlets kemiske sammensætning. De betydende faktorer er molekylvægten, M , og antallet af ioner ved opløsning i vand, n .

Et tømiddels smeltekapacitet ved -1 °C kan beregnes som:

$$K_1 = 1860 n/M \quad (1)$$

K_1 er den mængde is ved -1 °C , som et gram tømiddel kan smelte. Ved anden temperatur $-T\text{ °C}$ er den teoretiske smeltekapacitet, $K_T = K_1 / T$.

Ved glatførebekæmpelse har man ofte brug for at kende det antal gram af tømidlet, G_T , der skal til for at smelte 100 gram is ved $-T\text{ °C}$ (100 gram is svarer til 0,1 mm is på 1 m² vejbane). Mængden, G_1 ved -1 °C beregnes som $100 / K_1$, og ved anden temperatur, $-T\text{ °C}$ som $G_T = G_1 \cdot T$.

I tabel 8 er K_1 og G_1 beregnet for forskellige tømidler. Det ses bl.a. at effekten er størst for natriumklorid og mindst for urea. De anførte værdier er koncentreret stof, uden krystalvand eller fugt af nogen art. Eksempelvis skal der benyttes 1,6 g x 3 = 4,8 g koncentreret natriumklorid til at smelte 0,1 mm is pr. m² vejbane ved -3 °C . Er tømidlet opløst i vand som luge skal der kompenseres herfor (se tabel 9).

Kemisk betegnelse	Kemisk formel	Molekylvægt m	Ionantal n	$K_1 = 1860$ n/M	Teoretisk mængde, G_1 , i g til smeltning af 0,1 mm is pr. m ² pr. °C af isens temperatur G_1 ¹⁾
Natriumklorid	NaCl	58,5	2	63,59	1,6
Calciumklorid	CaCl ₂	111,0	3	50,72	2,0
Magnesiumklorid	MgCl ₂	95,2	3	58,61	1,7
Urea	NH ₂ CONH ₂	60	1	31,00	3,2
Calciummagnesiumacetat	CaMg(C ₃ COO) ₄ ²⁾	300,3	6	37,16 ²⁾	2,7
Lufthavsprodukter:					
Kaliumacetat	KCH ₃ COO	98,1	2	37,92	2,6
Natriumacetat	NaCH ₃ COO	82,0	2	45,37	2,2
Kaliumformiat	KCOOH	84,1	2	44,23	2,3
Natriumformiat	Na COOH	68	2	54,71	1,8

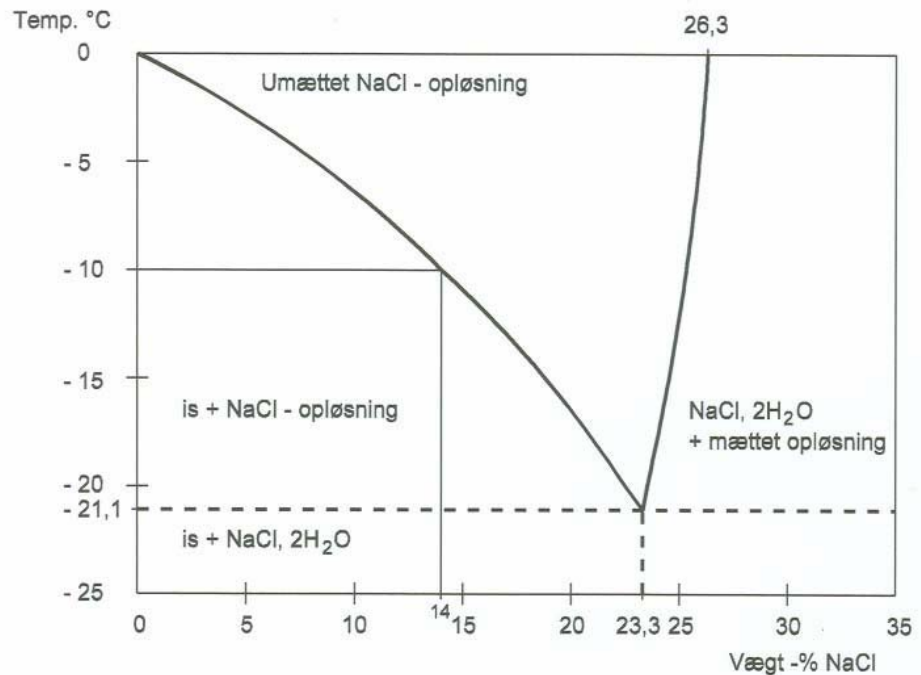
Noter:

1. De anførte tal er kun gældende for relativt svage opløsninger
2. Litteraturen angiver forskellige andre kemiske sammensætninger. En gennemregning viser imidlertid, at afvigelsen på K , for disse er mindre end 2 %.

Tabel 8. Kemiske data for tømidler.

Foranstående betragtninger er ikke i alle tilfælde helt korrekte. Årsagerne er bl.a., at de faktiske tømidler ofte indeholder biprodukter samt vand, der enten er tilsat (lage) eller indgår i tømidlets krystalstruktur.

Et tømiddels eksakte smelteeffekt, kan f.eks. bestemmes ved hjælp af et fasediagram, som angiver frysepunktet for forskellige koncentrationer af tømidlet opløst i vand. Figur 3 viser fasediagrammet for natriumklorid.



Figur 3. Fasediagram for natriumklorid

Som det fremgår, er det laveste frysepunkt $-21,1$ °C, svarende til en 23,3 % opløsning. Dette punkt benævnes det eutektiske punkt. Rent praktisk betyder det bl.a., at natriumklorid ikke kan smelte is ved temperaturer, der er lavere end den eutektiske temperatur, $-21,1$ °C. Ved denne temperatur kan natriumklorid smelte så meget is, at den resulterende opløsnings koncentration netop bliver 23,3 %.

Den eutektiske temperatur kan kun bestemmes eksperimentelt ved fasediagrammer.

Smeltekapaciteten for natriumklorid ved f.eks. -10 °C kan bestemmes ud fra vandindholdet i den opløsning som lige netop har frysepunkt -10 °C. Det ses at være en 14 % opløsning, som indeholder 6,1 g vand pr. gram NaCl ($1:(1+6,1) = 14$ %). Smeltekapaciteten for NaCl ved -10 °C er derfor 6,1 g is pr. g NaCl. Tilsvarende beregninger kan gennemføres for andre temperaturer og for andre tømidler. Tabel 9 angiver smeltekapaciteter for de almindeligste tømidler ved temperaturerne -2 °C, -5 °C og -10 °C.

Eksempelvis findes den faktiske smeltekapacitet for natriumklorid som tørstof ved $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ fra tabel 9 som 28,6. For at smelte 0,1 mm is pr. m^2 vejbane skal der da benyttes $100/28,6 = 3,5$ g.

Benyttes natriumklorid som 22 % lage er smeltekapaciteten ved $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ kun 5,5 og der skal benyttes $100/5,5 = 18,2$ g lage for at smelte 0,1 mm is pr. m^2 vejbane. Af de 18,2 g lage er 4,0 g tørt natriumklorid.

Teoretisk bruges der således lidt mere (4,0 g) natriumklorid til smeltningen ved brug af lage end nødvendigt (3,5 g) ved brug af tørstof. Ved glatførebekæmpelse skal det imidlertid huskes, at der ved spredningen havner en væsentlig større del udenfor vejbanen, når der benyttes tørt eller befugtet salt.

Tømiddel	Smeltekapacitet g is/g tømiddel			
	$-2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-10\text{ }^{\circ}\text{C}$	K_1 ¹⁾
Natriumklorid, tørstof	28,6(31,8)	11,3(12,7)	6,1(6,4)	63,59
Natriumklorid, 22 % lage	5,5(6,2)	1,7(2,0)	0,6(0,6)	63,59
Calciumklorid, vandfrit	21,9(25,4)	10,2(10,1)	6,1(5,1)	50,72
Calciumklorid, som skæl $\text{CaCl}_2, 2\text{H}_2\text{O}$	16,6(18,8)	7,7(7,4)	4,6(3,6)	50,72
Magnesiumklorid, vandfrit	27,2(29,3)	12,7(11,7)	7,6(5,6)	50,72
Magnesiumklorid, hexahydrat $\text{MgCl}_2, 6\text{H}_2\text{O}$	12,8(13,2)	6,0(5,0)	3,5(2,2)	50,72
Urea tørstof	13,3(15,5)	5,3(6,2)	2,7(3,1)	31,00
CMA, granulat	15,7(18,6)	7,3(7,4)	4,2(3,7)	37,16
CMA, 25 % lage	3,0(3,9)	1,0(1,1)	0,3(0,2)	37,16
Lufthavsprodukter:				
Kaliumacetat 50 % lage	9,0-12,5(9,0)	4,0-5,5 (3,3)	1,7-2,7(1,4)	37,92
Natriumacetat, granulat	24,0(22,7)	9,9(9,1)	5,3(4,5)	45,37
Kaliumformiat, 50 % lage	10,0-15,7(10,6)	3,8-5,5(3,9)	1,8-2,3(1,7)	44,23
Natriumformiat, granulat	29,0(27,4)	11,6(10,9)	5,7(5,5)	54,71

Noter:

Talstørrelser i parentes er beregnet på grundlag af den kemiske sammensætning. Øvrige talstørrelser (uden parentes) er beregnet på grundlag af de reelle faseagrammer.

1) K_1 er faktoren i tabel 8, der er bestemt ud fra den kemiske sammensætning.

Tabel 9. Beregnet smeltekapacitet ved temperaturerne $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ og $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Økonomiske betragtninger:

Ved sammenligning af priserne for de forskellige produkter, bør det bl.a. også indgå i beregningen hvor effektive produkterne er. Det kan f.eks. gøres ved at udregne hvor meget af produktet der skal til for at smelte 1 ton is ved $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, og hvad det koster.

I bilag 2, tabel 9 ses eksempelvis at 1 ton natriumklorid kan smelte 28,6 tons is ved $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Der skal derfor bruges ca. 0,035 ton natriumklorid til at smelte 1 ton is ved $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Er prisen for natriumklorid f.eks. 350 kr. pr. ton bliver udgiften til smeltningen ca. 12,25 Kr. pr. ton is.

Den relative pris for de enkelte produkter i forhold til prisen for natriumklorid, P_r kan udregnes som:

$$P_r = [K_2(\text{NaCl})/ K_2(\text{produkt})] \times [p(\text{produkt})/p(\text{NaCl})]$$

Hvor:

$K_2(\text{NaCl})$ er smeltekapaciteten for NaCl ved $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (bilag 2, tabel 9)

$K_2(\text{produkt})$ er smeltekapaciteten for det aktuelle produkt ved $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (bilag 2, tabel 9)

$p(\text{produkt})$ er prisen pr. ton af det aktuelle produkt

$p(\text{NaCl})$ er prisen pr. ton NaCl.

Tabel 10 angiver den relative pris for de enkelte produkter i forhold til prisen for natriumklorid, udregnet på basis af overslagspriser for store leverancer, **maj 2005**.

Tømiddel	Smeltekapacitet ved $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$	Relativ pris P_r
Natriumklorid	28,6	1
Calciumklorid	21,9	9
MgCl_2 hexahydrat	12,8	16
Urea	13,3	27
CMA 25 % opløsning	3,0	68
Lufthavsprodukter:		
50 % kaliumacetatopløsning	Ca. 10	Ca. 75
50 % kaliumformiatopløsning	Ca. 12	Ca. 65

Tabel 10. Relative priser for smeltning af 1 ton is ved $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$

Love og standarder m.m. anvendt i vejreglen

Følgende love og standarder m.m. har været benyttet ved udarbejdelse af nærværende vejregel:

Direktiv 91/155/EØF om fastsættelse i henhold til artikel 10 i Rådets direktiv 88/379/EØF af de nærmere bestemmelser for en særlig informationsordning vedrørende farlige præparater. 5. marts 1991.

Bekendtgørelse om arbejdets udførelse. Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 559 af 17. juni 2004.

Lov om Miljøbeskyttelse. Lovbekendtgørelse nr. 753 af 25. august 2001, med senere ændringer.

ASTM E 534	Standard Test Methods for Chemical Analysis of Sodium Chloride	2003
DS/EN 1235	Gødning i fast form – Prøvesigtning	1996
DS/EN 13242	Tilslag til ubundne og hydraulisk bundne materialer til vejbygning og andre anlægsarbejder	2004
ISO 2479	Sodium chloride for industrial use. Determination of matter insoluble in water or in acid and preparation of principal solutions for other determinations	1972
ISO 2480	Sodium chloride for industrial use. Determination of sulphate content. Barium sulphate gravimetric method	1972
ISO 2481	Sodium chloride for industrial use. Determination of halogens, expressed as chlorine. Mercurimetric method.	1973
ISO 2482	Sodium chloride for industrial use. Determination of calcium and magnesium contents. EDTA complexometric methods.	1973
ISO 2483	Sodium chloride for industrial use. Determination of the loss of mass at 110 degrees C	1973
prVI 99-1	Bestemmelse af vandopløselige stoffer i tøsalt	1998

Kolofon

Titel: Vejregler. Tømidler, sand og grus til glatførebekæmpelse

Dato November 2006

Redaktion: Vejdirektoratet, Vejregelrådet

Foto:

Tegninger:

Copyright: Vejdirektoratet

Udgiver Vejdirektoratet

ISSN: 1600-006X

ISBN: 87-7923-918-8