D 411

Doctoraalscriptie onder begeleiding van

Prof. Dr. J. v. Andel
Plantenoecologie
en

Mw. Drs. M. Butter
Biologiewinkel.

HET EFFECT VAN WEGENZOUT OP HET MILIEU.

Hanneke Terpstra.

Rijksuniversiteit Groningen
Bibliotheek Biologisch Centrum
Kerklaan 30 - Postbus 14
9750 AA HAREN

Rijksuniversiteit Groningen, april 1986.

Rijksuniversiteit Groningen
Bibliotheek Biologisch Centrum
Kerklaan 30 - Postbus 14
9750 AA HAREN

INHOUD

		Pag.
SAMENVATTING		1
INLEIDING		2
1	GLADHEIDSBESTRIJDING	4
1.1	Zand en grind	
1.2	Opkomst van het zoutgebruik	
1.3	Waaraan moet een strooimiddel voldoen	
1.4	Waarom keukenzout	
1.5	Het strooizout	
1.6	Strooitechniek	
1.7	Zoutverbruik	
2	GEVOLGEN VAN DE GLADHEIDSBESTRIJDING	8
2.1	Verspreiding van het zout	
2.2	De invloed van het zout op bodem, water en vegetatie	
3	VASTSTELLEN VAN ZOUTSCHADE	12
3.1	Schadesymptomen	
3.2	Kwantificeren van effecten van strooizout	
3.3	Zoutplanten in de berm	
4	OMVANG VAN DE SCHADE	19
4.1	Bomen en struiken in de stad	
4.2	Bomen en struiken langs de wegen (buiten de bebouwde kom)	
4.3	Bermen langs de wegen	
4.4	Andere schade	
5	BEPERKEN VAN DE ZOUTSCHADE	22
5.1	Beperken van het zoutgebruik	
5.2	Beschermen van de vegetatie	
5.3	Andere dooimiddelen	
6	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	25
LITERATUUR		27
BIJLAGE 1: Melden van schade		34
BIJLAGE 2: Grenswaarden ter beoordeling van het chloridegehalte van blad en naalden en het C-cijfer van de grond.		36
BIJLAGE 3: Tolerantie can grassen en kruiden voor zout		43
BIJLAGE 4: Zouttolerante boomsoorten, bruikbaar voor beplantingen		44

SAMENVATTING.

Naar aanleiding van vragen van de Drentse en Friese Milieuraad, is onderzocht wat er bekend is over de gevolgen van het strooien met zout voor de gladheidsbestrijding.
Strooizout is zo'n twintig jaar geleden in de plaats gekomen van zand en grind. Sindsdien is het gebruik toegenomen en zijn onderzoeken begonnen, o.a. naar efficient gebruik van zout dmv. betere strooitechnieken, naar andere dooimiddelen en naar de effecten van zout op de bodem, het grond- en oppervlaktewater, en de vegetatie. Vooral Amerikaanse en Duitse onderzoekers konden schade aan bermen, bomen en struiken aantonen. Nederlands onderzoek hiernaar is schaars.
Het natriumion van het zout (NaCl) bleek de meeste invloed te hebben op de bodem, het chloorion was meestal verantwoordelijk voor schade aan bomen,struiken,grassen en kruiden.
Aangetoond zijn correlaties tussen gewasschade en natrium- en chloorionenconcentraties in sneeuw-,bodem- en weefselmonsters en tussen de mate van aantasting en de verkeersfrequentie.
Beperking van de schade is mogelijk door beperking van het zoutgebruik en door te voorkomen dat het zout de vegetatie bereikt. Bij aangeplante bomen en struiken is het tevens belangrijk de bodem en de beplanting in goede conditie te houden.
In Nederland is het noodzakelijk om meer en langerdurend onderzoek te doen, teneinde te voorkomen dat waardevolle landschappelijke elementen, onvervangbare bomen in de stad en een rijke bermflora te behouden.

INLEIDING.

Al jarenlang strooit men voor de gladheidsbestrijding enorme hoeveelheden zout op de wegen. Daarna komt het zout in de bermen terecht. De vraag is wat dit voor gevolgen heeft.
In 1982 is deze vraag gesteld door de Drentse Milieuraad en toen behandeld door T.v.Veen (Rapport Biologiewinkel nr. 11, aug. 1982). Beperking in tijd had als gevolg dat niet alle aspecten van deze vraag aan de orde kwamen. Toen in 1985 de vraag weer gesteld werd, nu door de Friese Milieuraad, is opnieuw geprobeerd, met het huidige rapport als basis, aangevuld met nieuwe literatuurgegevens, een zo duidelijk mogelijk beeld te geven van de huidige kennis mbt. het effect van strooizout op het milieu.

Vraagstelling.

Welk effect heeft het gebruik van strooizout op het milieu en hoe kan dit worden vastgesteld.

Deze vraag is uitgesplitst in verschillende onderdelen, te weten:
1. het effect op de bodem
2. het effect op grondwater en oppervlaktewater
3. het effect op de vegetatie.

Dit laatste punt is weer onderverdeeld in
- het effect op bomen en struiken
- het effect op grassen en kruiden.

Daarbij is ook nog onderscheid gemaakt tussen beplanting en natuurlijke vegetatie, binnen en buiten de bebouwde kom.

De hoofdstukken zijn als volgt ingedeeld:

Hoofdstuk 1. Gladheidsbestrijding.
Hierin komt aane de orde hoe zich dit heeft ontwikkeld, wat het huidige strooimiddel is en hoe en hoeveel het wordt gebruikt.

Hoofdstuk 2. Gevolgen van de gladheidsbestrijding.
Besproken wordt de verspreiding van het zout na het strooien en de effecten hiervan op bodem, water, en vegetatie.

Hoofdstuk 3. Het vaststellen van de zoutschade.
Dit hoofdstuk behandelt de schadesymptomen en het kwantificeren van effecten van zout op bodem, water en vegetatie.

Hoofdstuk 4. De omvang van de schade.
De omvang van de schade aan de bermen en beplanting, zowel binnen als buiten de bebouwde kom, en aan wegen, autó s en andere goederen wordt hier aan de orde gesteld.

Hoofdstuk 5. Beperken van de zoutschade.
Hier worden de verschillende mogelijkheden om de schade te beperken besproken.

Hoofdstuk 6. Conclusies en aanbevelingen.
Aan de hand van het voorgaande wordt bekeken wat er nu bekend is

over zoutschade. Daarbij wordt met name de situatie in Nederland naar voren gebracht, en vooral wat er aan kennis ontbreekt.

1. Gladheidsbestrijding.

1.1. Zand en grind.

Vroeger werd in de meeste landen alleen zand en grind gebruikt voor gladheidsbestrijding. Aan het gebruik hiervan waren echter nadelen verbonden. Met het dooiwater spoelde het zand naar de riolen waar het de afvoeren verstopte (10,60).Bovendien wordt zand en grind binnen een uur van de weg gereden (66). Bij de huidige verkeersdrukte is het dan ook niet meer mogelijk om voldoende effect te garanderen. Daarvoor zouden er meer ritten nodig zijn, met meer zand (3,104). Hiervoor zou ook meer personeel ingezet moeten worden, wat weer kostenverhogend werkt (3). Verder veroorzaakt het mogelijk schade aan lakwerk van auto' s. Het kan echter ook een positief (psychologisch) effect hebben, dat het zand tegen de auto tikkelt, omdat het de automobilist helpt herinneren dat het weleens glad zou kunnen zijn (60).

1.2. Opkomst van het zoutgebruik.

In 1914 is al het eerste congres gehouden over de mogelijkheden om sneeuw en ijs te doen smelten met behulp van zouten (76). In Amerika gebruikte men in het begin van de veertiger jaren over het algemeen nog een mengsel van zout en zand, zowel binnen als buiten de bebouwde kom. Enkele jaren later was in de steden vrijwel uitsluitend nog steenzout in gebruik. De eerste meldingen over schade aan bomen kwamen dan ongeveer in 1959 (74).
Duitsland probeerde het zout voor het eerst in 1930 in het district Wiesbaden. Pas aan het eind van de vijftiger jaren gebruikte men het zout in het hele land (3,15,16).
In de meeste landen,zo ook in Nederland, is het zo'n twintig à dertig jaar geleden, dat zand en grind grotendeels vervangen werden door strooizout. Sinds die tijd steeg het gebruik van zout enorm, met een hoogtepunt rond het begin van de jaren zeventig (113).

1.3. Waaraan moet een strooimiddel voldoen.

De eisen waaraan het gladheidsbestrijdingsmiddel zou moeten voldoen zijn de volgende (115):
- zowel bij -10 °C als bij -20 °C moet de werking direct na het strooien beginnen;
- milieuvriendelijk, dwz. het mag geen negatieve bijwerkingen hebben op planten, dieren, water, bodem en lucht evenals op het wegdek en overige constructies uit beton, staal, aluminium, chroom, rubber etc.;
- goede strooibaarheid;
- er mogen geen resten ontstaan die later nog weer opgeruimd moeten worden;
- de conditie van het wegdek moet, na het strooien, minstens die van een nat wegdek zijn;
- de remvoering en de remwerking mogen er niet door beinvloed worden;
- er moet in alle delen van het land genoeg leverbaar zijn;

- de economische haalbaarheid is een voorwaarde voor het gebruik;
- er mag, per strooibeurt, nooit meer dan 50 g/m^2 gestrooid worden;

Helaas is er momenteel geen enkel middel, dat aan al deze eisen kan voldoen. Het tegenwoordig meest gebruikte middel keukenzout (NaCl) komt aan de meeste eisen tegemoet. De neutraliteit t.o.v. het milieu laat echter wel een en ander te wensen over (115).

1.4. Waarom keukenzout.

Argumenten voor het gebruik van keukenzout zijn (101):
- efficientere en langere werking dan andere strooimiddelen;
- betere preventieve strooimogelijkheid (117). Het blijft beter liggen dan bijv. zand en grind;
- vermindering van de door gladheid veroorzaakte ongevallen (2) (in vergelijking met het gebruik van zand en grind). Dit liep terug van 23-25% naar 9-10% (15,16) van het jaarlijkse aantal ongevallen;
- verzekerde aanvoer;
- bij de juiste dosering onschadelijk, omdat het een natuurprodukt is.

Bij enkele punten zijn wel enige vraagtekens te plaatsen. De teruggang van ongevallen is niet alleen aan het gebruik van zout toe te schrijven. Ook de verbetering van de wegbeveiliging, van auto's en banden, en de snelheidsbeperkingen, zullen ook hier toe hebben bijgedragen.
Ook de veronderstelde onschadelijkheid, met het argument dan het een natuurprodukt is, is niet reëel (zie volgende hoofdstuk).
De door corrosie verhoogde onkosten wegen niet op tegen de voordelen (18), en met de juiste tegenmaatregelen kan schade aan auto's en wegen beperkt worden (25).

1.5. Het strooizout.

Het tegenwoordig meest gebruikte strooizout is keukenzout ofwel NaCl. Bij een tekort wordt er ook wel gebruik gemaakt van (100):
- steenzout (NaCl (96-99%) + $CaSO_4$);
- zeezout (NaCl (88%) + $MgSO_4$);
- kalimijn- en afvalzout (88% NaCl);
- Calciumchloride ($CaCl_2$). (De voor- en/of nadelen hiervan komen later aan de orde).

Ook in de Vlaamse steden is NaCl het meest gebruikte strooimiddel. In sommige steden wordt chloorpotas of kaïniet gebruikt (9) (zie ook hfst. 5)
In de USA strooit men regelmatig met een mengsel van NaCl met $CaCl_2$, in West-Duitsland vrijwel uitsluitend met NaCl (15,16).
Naast de bestanddelen van het strooizout, 39,3% Na en 60,7% Cl (94), worden er nog andere stoffen aan toegevoegd. Om te voorkomen dat het zout aan elkaar plakt en zodoende slechter strooibaar is, voegt men er in de meeste landen een anti-bakmiddel aan toe (15,67,106). In Duitsland is dit kaliumferrocyanide, wat ook weer schadelijk is voor het milieu. Het kan bovendien lang in de bodem blijven zitten.
Om het ongeschikt te maken voor consumptie gebruikt men vaak een

rode kleurstof op naftalinebasis (15,67).In de USA voegt men er ook wel anti-corrosie middelen aan toe (75,94), alhoewel de werking hiervan nog niet is bewezen. Hiervoor worden wel "chromaten" gebruikt, stoffen die al bij lage concentraties kankerverwekkend kunnen zijn (86) en tevens schadelijk zijn voor de fauna.
In Nederland voegt men er een anti-bakmiddel en soms kleurstof aan toe. Anti-corrosie middelen worden niet gebruikt.

1.6. Strooitechniek.

De ervaring heeft geleerd dat strooien met natgemaakt zout de werkingsduur verhoogt (62,105,115). Dit gebeurde tot voor kort echter alleen op kleine schaal (bruggen bv.). Voordat het gebruik op grotere schaal kon plaatsvinden, moest er onderzocht worden, of het nog aan de eisen tegemoet kwam. Er bleken diverse voordelen aan verbonden te zijn. Het zout kleeft eerder op een droog wegdek (belangrijk bij preventief strooien); het "verwaait" minder snel door rijwind van het verkeer of gewone wind. Duitse cproeven gaven als resultaat,dat na het passeren van duizend auto's met een snelheid van ongeveer 90 km per uur, er van het gestrooide NaCl, natgemaakt met een $CaCl_2$-oplossing, nog 60% aanwezig was. Van "drooggestrooid" $CaCl_2$ bleek ca.10% te zijn achtergebleven.
Verdere voordelen zijn: een regelmatiger strooipatroon; de strooiauto kan sneller rijden (70 km/u, vroeger 40 km/u); de werking is sneller; het zout kan gebruikt worden tot -15 C;er hoeft minder vaak te worden gestrooid; er zijn minder strooi-auto's nodig (62,105). Al met al klinkt het zeer positief en is het aan te bevelen, de toepassing van deze strooimethode uit te breiden.

1.7. Zoutverbruik.

Wegenzout wordt in Nederland gebruikt door Provinciale Waterstaatsdiensten, Rijkswaterstaat, gemeenten, waterschappen en particulieren (100). Tegenwoordig wordt in een winterseizoen ongeveer 200.000 ton zout verbruikt (AKZO).
Over het algemeen neemt, na de "ontdekking" van het zout als strooimiddel, de hoeveelheid zout per winterseizoen gestrooid, sterk toe. Deze toename is mede veroorzaakt door het toenemende aantal kilometers weg. Onderstaande tabel geeft een indruk in welke orde van grootte de hoeveelheden liggen in de verschillende landen.

TABEL I. Zoutverbruik (totaal/jaar) in de verschillende landen.

land	huidig jaarverbruik (ton)		top jaarverbruik(ton)		
Nederland	200.000	(a)	500.000	(1969-1970)	(a)
Engeland	500.000-1.000.000	(b)		-	
Duitsland	600.000-1.000.000	(c)	1.600.000	(1969-1970)	(g)
Frankrijk	-		350.000	(1969-1970)	(d)
USA, Canada	12.000.000	(e)		-	
Denemarken	200.000	(f)	400.000	(1980)	(f)

a:AKZO c:(59) e:(33) g:(74)
b:(31) d:(39) f:(60)

Gemiddeld strooit men bij hagel,ijzel en sneeuw 20 g/m^2 en bij mistaanslag, rijpvorming en bevroren, natte wegdekken 10 g/m^2 (62,105). Bij "natstrooien" kan men met nog minder toe: bij sneeuw e.d. 10 g/m^2, bij mist e.d. $\pm$ 5 g/m^2 (105).
Over het gebruik van zout door particulieren is in Nederland weinig bekend. Schattingen in Duitsland komen echter tot een verhoging van het totaalverbruik met 30-50% (15,74).

2. Gevolgen van de gladheidsbestrijding.

2.1. Verspreiding van het zout.

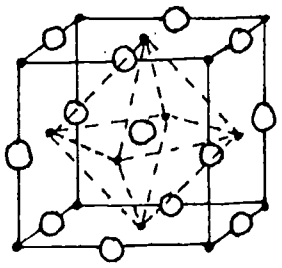
Nadat het zout op de weg gestrooid is, wordt het op verscheidene manieren verspreid, nl. door afvloeien van het smeltwater, door opspatten van het smeltwater door het verkeer en door de wind.
De eerste twee factoren zijn het belangrijkste (49,52,66,113).
Aan de hand van proeven is berekend dat ongeveer 12% van de gestrooide hoeveelheid zout door verstuiving (spatwater) in en op de wegbermen en beplantingen terecht komt en 88% door afspoeling (49),(zie figuur 1).
Bij een berm van vijf meter breed kan er een zoutbelasting van 500 tot 1000 g/m^2 optreden (107). Van de totale zoutbelasting komt er 95% op de eerste twee meter naast de weg terecht. Slechts 5% bereikt een grotere afstand (49).
Na het bereiken van de berm kan het zout verder getransporteerd worden in de bodem, in het grondwater en/of opgenomen worden door de vegetatie.

2.2. De invloed van het zout.

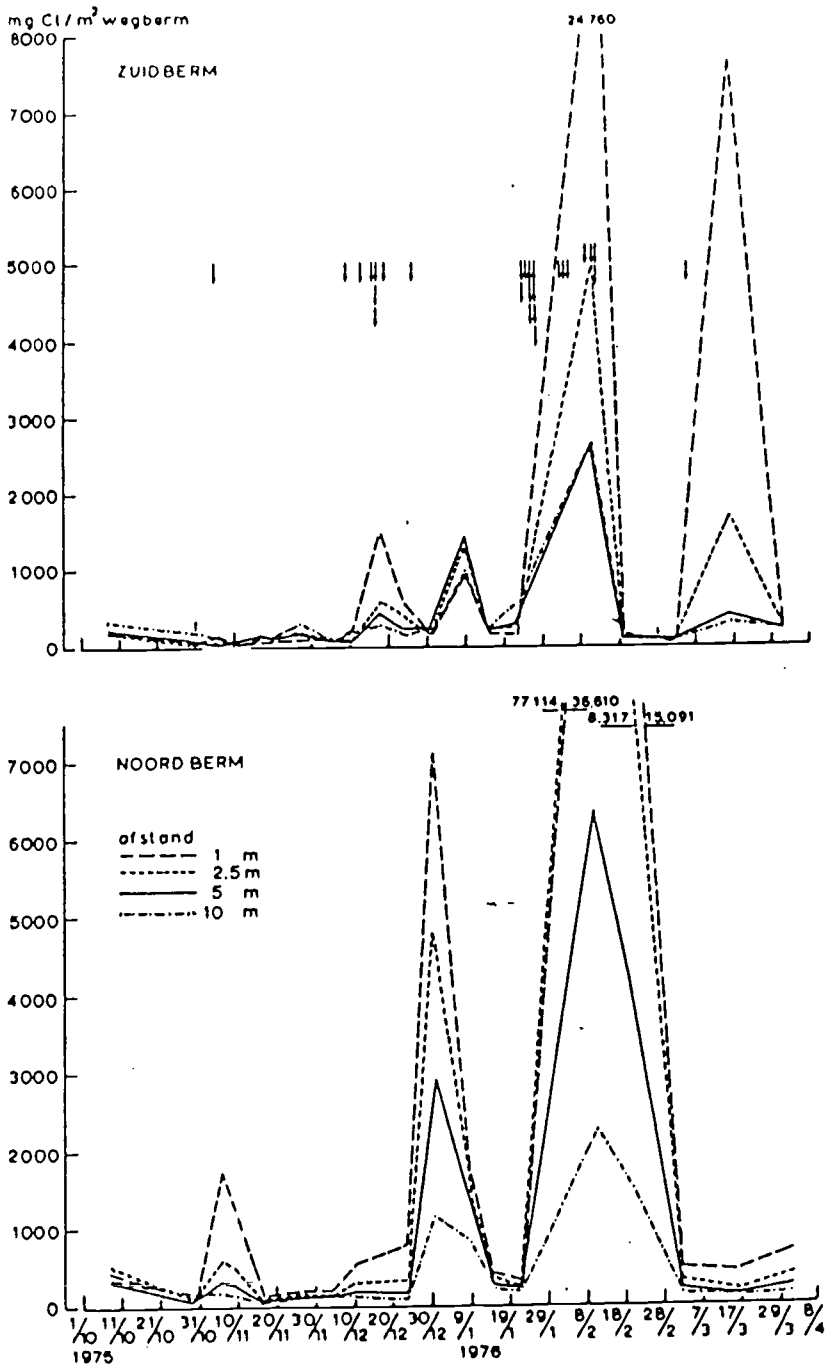
2.2.1.Op de bodem.

Als het smeltwater niet door een riool kan worden afgevoerd, stroomt het in de beplantingszone of in de berm. Het zout komt in opgeloste vorm in de bodem terecht. In een goed drainerende, zandige bodem kan het dan relatief snel uitspoelen. De snelheid waarmee dit gebeurt is sterk afhankelijk van hoeveelheid neerslag in die periode. De chloride-ionen van het zout worden door de bodemdeeltjes niet gebonden en hebben daardoor weinig invloed op de bodem zelf (74,94). De grootste invloed heeft het natrium-ion, dat wel aan de bodemdeeltjes wordt geadsorbeerd.
De schade die het veroorzaakt is grotendeels afhankelijk van de textuur van de bodem en van de grondsamenstelling (70). De schade is geringer op een humeuze zandgrond dan op een zandleemgrond.

Structuur.
De aanwezigheid van natrium-ionen met hun grote watermantel, veroorzaakt in een kleihoudende bodem het opzwellen en daarna uiteenvallen van de kleideeltjes (105). Hierdoor treedt verdichting van de bodem op ("verslemping"). Dit veroorzaakt een vertraging van de snelheid waarmee water via de capillairen omhoog kan gaan, een afname in de doorlaatbaarheid van de bodem en, samen met het verminderen van het waterbindend vermogen een afname van de hoeveelheid zuurstof (5,8,29,31,63,67,74,83,105).
De kruimelstructuur van de bodem wordt tevens verstoord door het verdwijnen van magnesium-ionen (o.i.v. natrium-ionen) die op



• = Na O = Cl



Figuur 1. Zoutbelasting via verstuiving, op de wegbermen langs Rijksweg A 12 bij Veenendaal, gemeten op 1,2.5,5 en 10 meter vanaf de weg. De strooibeurten zijn aangegeven met pijltjes (winter '75-'76). (Hoeks, 1977).

humusdeeltjes gebonden zitten (70). De gevolgen hiervan op flora en fauna worden in hfst. 3.1 besproken.

Chemische veranderingen.

Als er grote hoeveelheden natrium-ionen in de bodem terechtkomen kan er een uitwisseling plaatsvinden. De natrium-ionen verdringen ionen als magnesium, calcium en kalium. Deze gaan in oplossing en kunnen uitspoelen, terwijl de natrium-ionen zich aan de bodemdeeltjes hechten. Daardoor vermindert het gehalte aan essentiële voedingsstoffen, waardoor verarming van de bodem optreedt (67,70,74,90,113).
Door de toename van natrium-ionen in de bodem stijgt de pH-waarde boven de 7, soms wel tot 9.5 (10,38,74,89,90,102,106). Dit heeft een negatieve invloed op de bodemflora en -fauna (105). Op zichzelf is de hoge pH niet giftig. Sporenelementen in de bodem kunnen bij deze pH echter wel giftig werken (bijvoorbeeld molybdeen en boor) (10). Bovendien veroorzaakt deze pH een slechte opneembaarheid van voedingszouten door de vegetatie (74). Het zout heeft ook een negatieve invloed op de opname van K, Ca, Mg, NO_3^- en $H_2PO_4^-$ (20).

2.2.2. Water.

Het is voornamelijk het chloride-ion dat de vervuiling van grondwater en oppervlaktewater veroorzaakt. De mate waarin dit optreedt, komt in hfst. 4 ter sprake.

2.2.3. Vegetatie.

Het zout kan op twee manieren de beplanting bereiken nl.
A. door opname via het wortelsysteem, vooral tijdens het groeiseizoen;
b. door spatzout op bovengrondse delen.
Punt A komt voor bij bomen, struiken, grassen en kruiden, B is voornamelijk van toepassing op bomen en struiken.

A. Opname via het wortelsysteem.

Bomen en struiken.
Door aanwezigheid van zout in de bodem kan er, met name door invloed van het natrium-ion (zie hfst. 2.2.), verslemping en dus zuurstofgebrek optreden. Dit heeft als gevolg dat de opname van voedingsstoffen door het wortelsysteem geremd wordt, behalve die van natrium en chloor, die eerder schijnt toe te nemen (67,74,111). Het wortelsysteem neemt de chloride-ionen snel, en in grotere hoeveelheden op , dan natrium-ionen (53), vooral voorafgaand en tijdens het uitlopen van de bomen (10,89). Daarna volgt transport van de chloride-ionen naar de bladeren, waar ze zich hechten aan de eiwitten van de levende cel (90) en waardoor chlorose (=vergeling) op kan treden. Dit kan tenslotte leiden tot necrose (=verdroging) en uiteindelijk tot bladval ("vervroegde herfst"). Dit is bijvoorbeeld geconstateerd bij lindebomen (10,38,87,97,111,113).
Daarbij komt ook nog dat de (normale) terugtrekking van

belangrijke stoffen uit de bladeren, vóór de bladval, verstoord wordt door zoutbelasting (116). Beide ionen hebben een negatieve invloed op de stabiliteit van de celmembraan (106). Chloride-ionen werken tevens, indien in hoge concentraties aanwezig, schadelijk op de fotosynthese (20).
In het wortelmilieu wordt de osmotische druk van het bodemvocht door de toename van de zoutconcentratie negatiever. Het gevolg hiervan is dat de wortels moeilijker water op kunnen nemen. Men spreekt dan van een "fysiologische droogte" (10,20,89,104,106). Opname van de natrium- en chloride-ionen vindt niet alleen plaats in het groeiseizoen, maar ook in de winter, zij het in geringe mate (16).

Grassen en kruiden.
Ook grassen en kruiden nemen natrium- en chloride-ionen op door de wortels. De effecten, vergeling en verdorring, zijn dezelfde als bij bomen en struiken. Het uiteindelijke effect is afsterven (64). De overige effecten genoemd in het vorige hoofdstuk zijn eveneens van toepassing op grassen en kruiden. Onderzoek hiernaar is echter schaars. Zeker is dat de grassen en kruiden die in bermen voorkomen niet van nature behoren tot de zout-resistente planten die we kennen uit kustgebieden. Wanneer deze zgn. halofyten wel in bermen gevonden worden is er sprake van verandering van soortensamenstelling als gevolg van zouttoevoer (zie hfst. 3.3.).

B. Spatzout op bovengrondse delen.

Wanneer er waterdruppels, waarin zout is opgelost, op de 's winters groene delen (naaldbomen bijvoorbeeld),de bast e.d. terechtkomen, veroorzaakt dit schors en bladverbranding (10,20,59). Het zout onttrekt water aan de cellen waarna ze verdrogen (plasmolyse) (20). Ook kan het zout opgenomen worden via de bovengrondse delen, zowel het natrium- als het chloride-ion. De schadesymptomen van het zout dat op deze wijze opgenomen is, zijn anders dan wanneer het zout via de wortels wordt opgenomen. Natrium-ionen, op deze namier opgenomen, komen vooral terecht in de intercellulaire ruimtes. Ook bleek het zout de kouderesistentie van twijgen van bepaalde bomen te verlagen (106).
Al deze processen genoemd onder A en B velagen de vitaliteit van bomen en struiken. Grassen en kruiden verdwijnen, om plaats te maken voor andere, algemene onkruiden. Soorten als paardebloem, kweek en varkensgras blijven over (73). Soms verschijnen er zouttolerante soorten (zie hfst. 3.3.). In de steden waar de condities waaronder bomen en struiken (bijv. linden, platanen, kastanjes, mahoniestruiken, cotoneasters) groeien vaak al niet optimaal zijn, is de afname van de vitaliteit de druppel die de emmer doet overlopen: de beplanting ondervindt er sterke schade. Na 10 jaar intensief zoutgebruik zijn er al zeer duidelijke schadesymptomen aan de blootgestelde beplanting waar te nemen (19).

3. Vaststellen van zoutschade.

3.1. Schadesymptomen.

Schadesymptomen van de bodem hebben op hun beurt weer invloed op de vegetatie. Verslemping veroorzaakt zuurstofgebrek, de chemische effecten belemmeren de opname van voedingsstoffen. Tezamen kan dit bijvoorbeeld groeiremming veroorzaken, er kan bladvergeling en -vervorming optreden, o.a. door gebrek aan het element mangaan. Verhoogde zoutgehaltes in de bodem beinvloeden ook de bacteriegroei. Bij een zouttoename tot 1% van het grondvolume nam het aantal aerobe bacteriën toe. De oorzaak hiervan wordt gezocht in mogelijke eliminatie van predatoren door zout of door vrijkomen van ionen voor het metabolisme. Hogere zoutpercentages gaven lagere bacterieconcentraties te zien (17).
Zoutschade aan bomen en struiken uit zich meestal op de volgende manieren:
- vergeling van de bladeren (chlorose) (111);
- verdroging van de bladranden (necrose);
- "vervroegde herfst", eventueel gevolgd door opnieuw uitlopen (10,86,102,113);
- kleine bladeren (74,86);
- bladerloze takken, doordat beschadigde knoppen niet uitlopen;
- later uitlopen, vanuit rustende knoppen, met als resultaat takken met hier en daar toefjes bladeren (72);
- schorsverbranding;
- bij naaldbomen: bruin worden van de naalden, beginnend aan de punt (52).

Bij grassen uit het zich door:
- vergeling (chlorose);
- diepe, groene kleur, door overmaat natrium (114);
- dorre bladpunten en -randen (64).

Het tijdstip waarop deze symptomen zichtbaar worden, is meestal het voorjaar. Het bruin worden van de naalden kan soms heel plotseling na het invallen van de dooi optreden (52). Necrose ("afstervingsverschijnselen") treedt meestal op in mei-juni (87, Schaapherder, opzichter plantsoenendienst, gemeente Slochteren, pers. comm.).
Doordat het blad vroegtijdig afvalt kan het voorkomen dat bomen, in dit geval linden, tot vijf keer toe opnieuw uitlopen. De herhaling van bladval wordt veroorzaakt door het nog steeds aanwezige chloor. Soms is het na één groeiseizoen nog niet verdwenen, waardoor, ook na milde winters, zoutschade op kan treden (38).
Vaak zijn de bladeren van aangetaste bomen kleiner. Beide effecten (bladval en oppervlaktevermindering) verkleinen het fotosynthetiserend vermogen, wat de groei vermindert (52,86,87). Plasmolyse vermindert het aantal cellen, er treedt gereduceerde zaad- en vruchtproduktie op, en een gereduceerde kieming van zaad (86).
Ook de mycorrhizae ondervinden een negatieve invloed van het zout. Guttay (1976) vond een verband tussen natrium en chloridegehaltes van het blad en het verdwijnen van de mycorrhizae van de witte esdoorn. Mycorrhizae zijn schimmels die

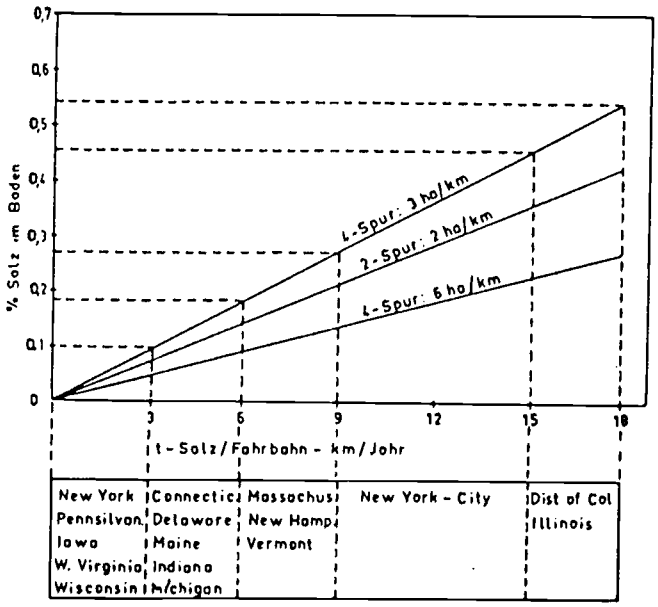


Fig. 2. Gemiddeld zoutverbruik in verscheidene Amerikaanse staten en de uitwerking ervan op het zoutgehalte van de bodem (Brandt, 1973).

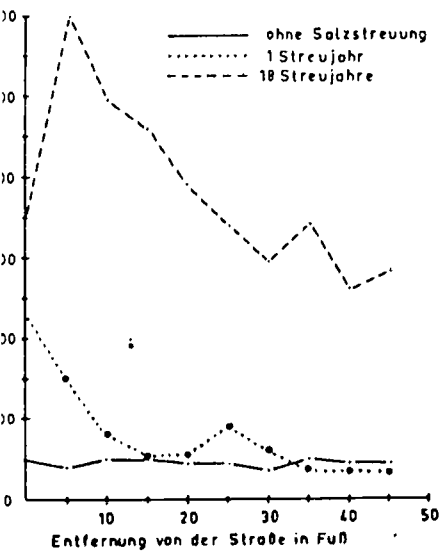


Fig. 3. Zoutconcentratie in de bodem, afhankelijk van het aantal strooijaren (Hutchinson, 1967).

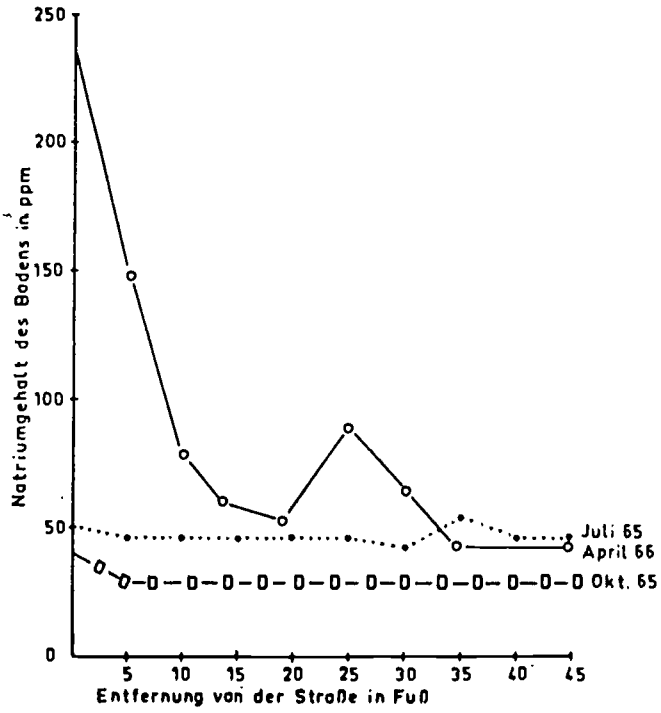


Fig. 4. Zoutgehalte van de bodem, afhankelijk van de afstand tot de weg (Hutchinson, 1967).

zich vestigen op het haarwortelsysteem en die goedaardig samenleven met groene planten en bomen. Ze regelen, in relatie met de wortels, de opname van ionen. Wordt deze samenwerking verstoord, dan zal dit een negatieve invloed hebben op de vitaliteit van de boom.

3.2. Kwantificeren van effecten van strooizout.

Door verschillende onderzoekers is schade vastgesteld door middel van gewas-, bodem- of wateranalyses. Anderen hebben wel metingen gedaan, maar geen schade vastgesteld. Hierna volgt een overzicht van de resultaten.

3.2.1. Zoutgehaltes in de bodem, bodemvocht en grondwater.

In de bodem is het het natriumion wat het meeste effect heeft (zie hfst. 2.2.1.). Normale natriumgehaltes in de bodem zijn 1000ppm.-10.000ppm.(7). Chloridegehaltes zijn sterk afhankelijk van het type bodem en het klimaat. In verschillende Amerikaanse bodemtypen bijvoorbeeld, varieert het gehalte van 110 ppm.-5440ppm., in zoute bodems kan het oplopen tot 41.000ppm. (84). Chloride verkeert echter vrijwel geheel in opgeloste toestand in de bodem en wordt bijna niet geadsorbeerd, waardoor het vrij makkelijk kan uitspoelen naar het grondwater (94).
De zoutconcentratie in de bodem is afhankelijk van de hoeveelheid zout die gestrooid is (fig. 2), van het aantal strooijaren (fig 3) en van de afstand tot de weg (fig. 4).
Uit figuur 2 blijkt, dat hoe meer zout er gestrooid is,hoe hoger de zoutconcentratie in de bodem. Figuur 3 laat zien dat met een toenemend aantal strooijaren, het zoutgehalte in de bodem hoger wordt. Uit de figuren 3 en 4 blijkt, dat de zoutconcentratie afneemt, naarmate de afstand tot de weg groter is. Langille (1976) vond na één seizoen strooien, een sigifikant hoger natriumcgehalte tot op 12 meter van de weg. Hütte (1978)constateerde dat er op 30 meter 2.4x zoveel zout in de bodem zat als op 100 meter van de weg. Hutchinson (1967) vond in april vlak naast de weg een natriumgehalte van 235 ppm en op 14 meter een gehalte van 39 ppm. In juni en oktober van het voorafgaande jaar lag dit vlak naast de weg en op 14 meter afstand tussen 30 en 50ppm.
Uitspoeling van het zout is zeer sterk afhankelijk van de neerslag. Het zoutgehalte van het bodemvocht is, naast uitspoeling ook sterk afhankelijk van de zoutbelasting. Vlak naast de weg vindt een grote doorspoeling plaats (figuur 5). Tijdelijk kan het gehalte aan chloride, op één meter afstand van de weg en op 25cm. diepte, oplopen tot 4000ppm. Het spoelt hier echter vrij snel uit. In de eerste helft van april zit het al beneden 80cm (49,50). Schadegevallen door met zout vervuild grondwater zijn niet gemakkelijk aan te wijzen (5). In Amerika zijn echter wel gevallen bekend. In Michigan waren drinkwaterbronnen verontreinigd. Voorbeeld: een bron van negen meter diep had een maximale concentratie van 4400ppm. (32). De aanvaardbare hoeveelheid chloor in drinkwater is 250ppm. (94). Dezelfde auteur vermeldt van vijf bronnen in Wisconsin chloridegehaltes (in 1960) variërend van 18,5 tot 1345ppm. In New Hampshire moesten zelfs nieuwe bronnen geboord worden, omdat het chloridegehalte van

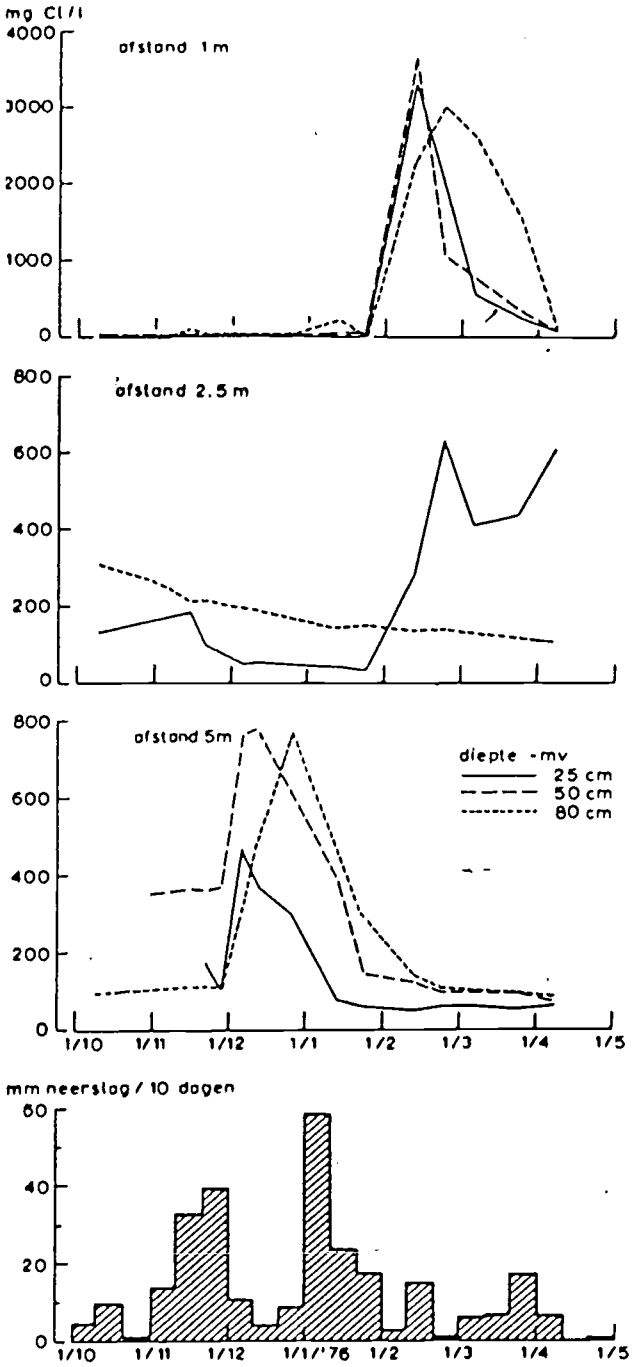


Fig. 5. Cl-gehalten in het bodemvocht in de zuidelijke wegberm van Rijksweg A 12 bij Veenendaal, op 1, 2.5, 5 en 10 meter vanaf de weg en gemeten op drie diepten. De neerslaggegevens (onderste figuur) zijn weergegeven per decade (winter 1975/1976) (Hoeks, 1977).

10ppm. (normaal voor grondwater) was gestegen tot 3800ppm.. Deze bronnen lagen in de buurt van een autoweg (35). Dergelijke gevallen van verontreiniging werden ook vermeld door Hutchinson (1970) en Huling et.al.(1972).
In Duitsland is zoiets nog niet gevonden. Het chloridegehalte van het grondwater is over het algemeen wel wat gestegen, maar er zijn geen exacte getallen bekend. Bovendien is het niet bewezen dat het van strooizout afkomstig is (15,16). Of in Nederland het strooizout het grondwater vervuilt is weinig onderzocht. Wel zijn enkele verblijftijden bekend. Deze zijn sterk afhankelijk van de neerslag en kunnen variëren van een half tot anderhalf jaar (43). Daarna komt het in het oppervlaktewater terecht en wordt het sterk verdund.

3.2.2. Zoutgehaltes in het oppervlaktewater.

Hoe kleiner de watergang, hoe groter de fluctuaties. In sloten in de buurt van snelwegen, vertoonde het zoutgehalte soms grote schommelingen. In de USA vond men in een sloot op 1,6 km van de weg een variatie in de chloridegehaltes van 38,1-844,9ppm. Het normale chloridegehalte van een niet verontreinigde rivier is ongeveer 15ppm. Voor natrium vond men een fluctuatie van 70,4-264,9ppm. (56).
In een sloot, waarin de afwateringssloot van de middenberm van een Duitse autobaan uitkwam, vond men maximaal een chloridegehalte van 8988ppm. en een natriumgehalte van 5600ppm.. De overige bermafvoeren bevatten maximaal 3262ppm. chloride en 2116ppm. natrium (107).
In Nederland werd in sloot langs de weg het hele jaar door een gehalte van 300 à 400ppm. chloride gemeten (43).
In Amerika is sinds 1940 een stijging van het chloridegehalte waargenomen in meren in Wisconsin (bijvoorbeeld: Wingra Lake, in 1959: 9-11ppm, in 1965: 40ppm. of meer). Dit heeft echter nog geen nadelige invloed gehad op het waterleven (94).
Gehaltes van chloorionen waarboven voor de gebruiker schadelijke invloeden verwacht kunnen worden zijn (94):

- drinkwater	250ppm.
- industrie	50ppm.
- irrigatie	100ppm.
- drinkwater vee en wild	1500ppm.

Als in drinkwater de grens van 250ppm overschreden wordt, kan men het proeven.

3.2.3. Zoutgehaltes in de vegetatie.

Bomen en struiken.

Natuurlijke gehaltes van chloride in het weefsel van coniferen liggen tussen 0.03 en 0.31% (44,45,65,103). Op 61 meter van een weg in Amerika was het chloridegehalte in de naalden significant hoger, zelfs al na één seizoen strooien (tabel 2)(68). Op 60 meter van de weg vond men bomen met helemaal dode naalden en op 150 meter zichtbaar beschadigde.

Tabel 2. Na en Cl gehaltes van naalden, verzameld langs Interstate-95 voor en na de eerste winter waarin zout werd gestrooid.

Distance from highway (m)	Na (ppm)		Cl (ppm)	
	Nov. 13, '72	July 10, '73	Nov. 13, '72	July 10, '73
24.4	107b[z]	290a	154c	862a
48.8	113b	283a	127c	614b
61.0	109b	274a	143c	551b

[z]Means separation within ions by Bayes LSD, 5% level.

(Langille, 1976).

In Duitsland stelt men dat een chloridegehalte van meer dan 0.65% bij naaldbomen schade veroorzaakt (89). Stefan (1975) vond bij zijn onderzoek gehaltes van 0.13 tot 1.76%. Hij kon hierbij een relatie vaststellen tussen het chloridegehalte en de mate van beschadiging. In Amerika stelde men vast dat hoe hoger het zoutgehalte was, des te langer het bruine gedeelte van de naald (51).
Schade door spatzout is soms tot twee meter hoogte waargenomen, een enkele keer zelfs tot 3 à 4 meter (Duitsland,92).
Bij loofbomen ligt de grens waarboven schade optreedt, op ongeveer 1% (89). Bij een onderzoek in Duitsland werden de volgende waarden gevonden:

- linde : 0.28 tot 2.76% chloride in blad (% drooggewicht)
- kastanje: 0.59 tot 2.54%
- plataan : 0.16 tot 1.44%

In bijlage 2 zijn grenswaarden gegeven, waarboven schade kan optreden.

Strooisel.

Het chloridegehalte van de strooisellaag, bestaande uit dennenaalden, gemeten op 20 meter van de autoweg (Duitsland) bedroeg 0.249%. (Normale gehaltes van dennenaalden liggen tussen 0.03 en 0.31%). Dit was nog niet giftig, maar wel beduidend hoger dan normaal (59). Ook in Amerika vond men hoge concentraties in strooisel, vooral in de middenberm en vlak naast de weg (53).

Grassen en kruiden.

Van grassen en kruiden zijn weinig zoutgehaltes gemeten. In Amerika deed men kasproeven (64), in Engeland bepaalde men natriumgehaltes van een paardebloemsoort, Engels raaigras en Witte klaver en in Nederland bepaalde men chloridegehaltes van een bermvegetatie (71). Allemaal vonden ze bij een toename van de hoeveelheid zout in de bodem een toename van de gehaltes van natrium en chloride in het gewas. Door het zout worden er omstandigheden geschapen, die voor de normale begroeiing van de berm ongunstig zijn. De grassen en kruiden gaan dood en er ontstaan open plekken. Het verhoogde zoutgehalte remt tevens de kieming van deze soorten en de groei van zaailingen (71).

3.3. Zoutplanten in de berm.

Het lange termijneffect van de verschijnselen genoemd in het vorige hoofdstuk, kan de verschijning van halofyten (zoutplanten) veelal kustsoorten (78) of anderszins zoutresistente planten zijn. Door strooien met zout en andere milieuvervuilingen vermindert het soortenaantal in de bermen. Soorten als Paardebloem, Kweek, Varkensgras, Veldbeemdgras en Uitstaande melde blijven over (73). Het verhoogde zoutgehalte is in het voordeel van halofyten (planten uit zoute milieus). Bij een voldoende hoog zoutgehalte sterven de glycofyten (planten uit niet-zoute milieus) en krijgen de zaailingen van de zoutplanten de kans zich te vestigen (96). De verspreiding vindt waarschijnlijk plaats door auto's en mensen die aan de kust zijn geweest. Deze is namelijk niet continu en vindt toch plaats over grote afstanden (73,110).
Een van de meest succesvolle soorten is Stomp kweldergras (Puccinellia distans) (1,97a,97b). In Engeland zijn tot op 13 km van de kust Zeeaster, Hertshoornweegbree, Zeeweegbree, Stomp en Gewoon kweldergras, Zilte en gerande schijnspurrie en Schorrekruid gexvonden (73). Meldingen over zoutplanten in de bermen komen uit Engeland (95), West-Duitsland (1, 14,97c,109), Oost-Duitsland (42), Polen (77), Nederland (61,108), Frankrijk (6) en Noord-Amerika (23,26).In Nederland is het voornamelijk Deens lepelblad (Cochlearia danica) dat sterk in opkomst is in Gelderland. Het komt meest voor langs snelwegen (61).

Stomp kweldergras.

Deens lepelblad.

4. OMVANG VAN DE SCHADE.

De totale omvang van de schade in Nederland is niet bekend. Deze laat zich, naar het schijnt, moeilijk vaststellen.
Om iets te kunnen zeggen over mogelijke schade, is het belangrijk eerst te bekijken welke waarde de bedreigde elementen (bomen, bermen etc.) vertegenwoordigen.

4.1. Bomen en struiken in de stad.

De functie van "natuur in de stad" is veelomvattend. Ten eerste kan begroeiing dienen als buffer tegen negatieve effecten van de samenleving, bijvoorbeeld als bestrijding van geluidsoverlast.
Naast een esthetische functie heeft het ook een educatieve, recreatieve en psychologische functie. Het biedt de mens een mogelijkheid de natuur te beleven en zich daarin te ontspannen.
Voor mensen, dieren en planten is het van belang dat groenstroken doordringen van buiten tot in het stadshart. De mens (met name de stedeling) blijft in contact met de natuur en planten en dieren kunnen zich makkelijker verspreiden (28).
Bomen in de stad zijn voor de bewoners doorgaans van grote waarde. Vooral oude bomen zijn vaak erg mooi, hebben een eigen karakter en zijn meestal niet meer weg te denken uit de omgeving. Daarnaast zijn ze ook nog nuttig voor het vasthouden van stof, breken van de wind, produceren van zuurstof, verminderen van geluidsoverlast en luchtverontreiniging en ze geven koelte en schaduw (28).
Daarom is het van belang dat in elk geval de bestaande "natuur in de stad" in stand blijft. Het strooien dient in de omgeving van de groengebieden dan ook met zorg te geschieden.
In Nederland zijn er geen gegevens bekend over schade aan stadsbeplanting, maar in Berlijn waren er rond 1970 van de 200.000 bomen naar schatting 10.000 à 12.000 door strooizout aangetast en in hun voortbestaan bedreigd (69).

4.2. Bomen en struiken langs de wegen (buiten de bebouwde kom).

Bomen en struiken langs de wegen kunnen van verschillende oorsprong zijn. Ze kunnen zijn aangeplant of ze maken deel uit van de natuurlijke vegetatie in de omgeving van de weg. In het eerste geval staan ze daar ter beschutting en ter verfraaiing van de weg, en ontlenen daaraan hun waarde.
In het tweede geval bestaat de waarde uit de biologische betekenis van deze levensgemeenschappen. Houtwallen bijvoorbeeld hebben een grote biologische rijkdom. Ze bezitten een eigen flora en fauna en bieden vele soorten een tijdelijk milieu voor voedsel, beschutting en overwintering (79).
Recent Nederlands onderzoek (SBB/Dorschkamp, in prep.) kon slechts een tijdelijke aantasting van de sierwaarde van aangeplante eiken en berken vaststellen. Dit onderzoek beperkte zich overigens tot aangeplante bomen en struiken langs rijkswegen.
In Duitsland schat men dat zo'n 60.000 tot 75.000 bomen afsterven als gevolg van zoutschade. Ongeveer 90% van alle bomen die dood gaan door milieuvervuiling zijn voor rekening van de

zoutschade (89). Amerikaanse onderzoekers maken wel melding van schade, maar geven geen cijfers (41,51,52,58,106,114).
De grootste schade ontstaat vaak in depressies in het landschap, in de laagst gelegen berm en benedenwinds van de snelweg (67,86).
Schade aan natuurlijke vegetaties (houtwallen, bos) is in Nederland niet onderzocht.

4.3. Bermen langs de wegen.

Functies van bermen zijn a) gezien vanuit wegbeheer:
- bescherming weglichaam;
- uitwijkplaats gestrande voertuigen;
- plaats voor wegmeubilair, kabels en leidingen;
- opslagplaats voor materiaal dat bij werkzaamheden aan de weg wordt gebruikt;
- visueel aantrekkelijke aankleding van de weg.

Nagestreefd wordt daarom:
- een gesloten vegetatie ter voorkoming van erosie;
- laaghouden van de vegetatie bij kruispunten;
- zichtbaarheid wegmeubilair, dus kort houden;
- korthouden voor: reductie brandgevaar en bruikbare uitwijkplaats (82).

b) Gezien vanuit natuurbeheer zijn bermen in een drietal opzichten van belang voor flora en fauna:
- door de relatieve onveranderlijkheid ten opzichte van de omgeving vervullen bermen een vlucht-, rust-, en herkenningsfunchtie voor dieren. Deze functie neemt toe naarmate de structuur en diversiteit van de vegetatie groter is.
- indien de bermen begroeid zijn met een daar ter plaatse thuis horende vegetatie, kunnen ze verbindingen vormen tussen min of meer geisoleerde reservaten. Daardoor kan nieuw genetisch materiaal aangevoerd worden. Bovendien kan er bij rampen of grote verstoringen een herbevolking van de reservaten plaatsvinden vanuit de bermen.
- bermen bieden levensmogelijkheden aan vele soorten, zowel dieren als planten. Voor sommige planten vormt het zelfs een laatste levensplaats (refugium). De oorzaak hiervan is dat het cultuurland steeds minder plaats biedt aan andere soorten dan het aangebrachte cultuurgewas.

Voorspeld is dat er zeker 450 soorten (een derde van de Nederlandse flora) in de bermen zouden kunnen voorkomen. Daarvan zijn er al 350 gevonden, waaronder zeldzame tweejarigen als Blauwe morgenster, Donzige klis, Bunias en Dubbelkelk.
De floristische rijkdom in de bermen veroorzaakt tevens een enorme uitbreiding van het biotoop van veel insectesoorten en andere faunavertegenwoordigers (116a).
De totale omvang van de schade aan wegbermen door strooizout is moeilijk te kwantificeren. De mogelijke invloed op de functies van bermen zijn:
a) gezien vanuit wegbeheer:
- de visuele aantrekkelijkheid van de weg neemt af, doordat het aantal soorten afneemt (door de verzilting van de bodem) en het dominant worden van ruigtekruiden;

- doordat een deel van de vegetatie afsterft, kunnen er open plekken ontstaan, waardoor de kans op erosie groter wordt;
- om het laag houden van de vegetatie te kunnen verwezenlijken zal er, door het optreden van ruigtekruiden (zoals bijv. brandnetels, distels) vaker gemaaid moeten worden;

b) gezien vanuit natuurbeheer:
- de afname van het aantal (soms zeldzame)soorten vermindert de vlucht-, rust-, en herkenningsfunctie omdat de structuur en de diversiteit afneemt;
- als ruigtekruiden gaan domineren, is er geen verbinding meer tussen geisoleerde reservaten; ook de bron voor eventuele herbevolking is verdwenen;
- de berm kan niet meer als een refugium functioneren; het biotoop van vele insectesoorten en andere faunavertegen-woordigers verdwijnt en daarmee verdwijnen ook de bewoners.

De schade aan wegbermen bestaat dus over het algemeen uit verhoging van de onderhoudskosten en het verlies van (soms zeldzame) planten en dieren.

4.4. Andere schade.

Andere schadelijke invloeden van zout zijn corrosie van auto's en schade aan wegen.
De bijdrage van wegenzout aan de totale jaarcorrosie, die op zich ook zeer variabel is, wordt geschat op 12 tot 50% (104).
Schade aan het wegdek wordt volgens Hvass (1985) veroorzaakt door zout water dat overal in doordringt en diepe scheuren en gaten veroorzaakt. Volgens de heren Hoekstra en Brouwers (Rijkswaterstaat, pers. comm.) wordt de schade echter meer veroorzaakt door vries- en dooicycli. Het gebruik van zout verhoogt het aantal keren vriezen en dooien waardoor temperatuursverschillen ontstaan, die grote spanningen teweeg brengen. Hierdoor ontstaat de vorstschade, niet door het zout zelf.

5. Beperken van de zoutschade.

5.1. Beperken van het zoutgebruik.

Een van de belangrijkste maatregelen is het zoutgebruik tot een minimum te beperken. De steeds beter wordende strooiapparaten en -techniek zijn daarbij van grote waarde (62,115).
Het gebruik van strooizout door particulieren, zoals fabrieken en intituten, die hun eigen terrein goed begaanbaar willen houden, maar ook burgers, zou beter geregeld moeten worden. De totale bijdrage van particulieren aan het zoutverbruik is nogal groot (zie hfst. 1.7.) (5,15,16,74).Tot op heden bestaat er geen wettelijke regeling voor het strooien van zout. Ook in de nieuwe, komende Wet op de bodembescherming is hierover in principe niets geregeld. Wel biedt deze wet de mogelijkheid tot het uitvaardigen van en APV (Algemene Politie Verordening).
Een betere publieksvoorlichting zou enig effect kunnen hebben, ten aanzien van het privégebruik (10). Misschien kan dan ook via de burgers druk uitgeoefend worden op gemeentebesturen e.d. om alsnog regels op te stellen voor het strooien van zout.

5.2. Beschermen van de vegetatie.

Aanplant langs wegen buiten de bebouwde kom.

Om de schade aan aanplant te beperken zijn de volgende suggesties gedaan:
- aanleg van de beplanting niet te dicht bij de weg (10,16);
- vóór het planten zorgen voor een vruchtbare bodem (10,34,92, 113);
- in goede conditie houden van de beplanting (104),bijvoorbeeld door bemesten (5,10,58,67,89,91). Als meststoffen kunnen gebruikt worden: stikstof in nitraatvorm: dit bemoeilijkt de opname van chloorionen door de wortels; patentkali of zwavelzure kali: dit vult het kalium-tekort aan dat verantwoordelijk is voor de verslechtering van de bodemstructuur en voedingstoestand; gips: goede en soms blijvende verbetering van dichtgeslagen leem- en kleigronden (113);
- aanpassen van de beplanting door gebruik van meer zouttolerante soorten of variëteiten van soorten. Hiervoor zullen vooral soorten die tolerant zijn voor spatzout gebruikt kunnen worden. Voorbeelden: Spaanse aak, Ruwe berk, Esdoorn (zie verder bijlage 4) (16,20,34,52,58,91,92);
- verbetering van het afwateringssysteem van wegen.

Bomen en struiken in de stad.

Alle in het vorige hoofdstuk genoemde maatregelen zijn ook hier van toepassing. Daarnaast zijn er nog de volgende mogelijkheden:
- verhoging van de perken;
- om de perken (stoep)randen aanbrengen, zodat er geen smeltwater bij kan komen (5,10,60,89,112);
- bomen (vooral jonge) beschermen met jute of stromatten (10,60);

Voor beplanting langs wegen zullen vooral soorten in aanmerking kunnen komen, die tolerant zijn voor zowel spatzout als zout in

het wortelmilieu. Voorbeelden hiervan zijn Ruwe berk, Es, Zomereik (zie bijlage 4) (20).
Voor de bescherming van grotere groepen bomen en struiken, zoals parken en plantsoenen zouden vooral maatregelen als verhoogde randen en betere afwateringsgoten van wegen gebruikt moeten worden. In parken en plantsoenen zelf zou het strooien met zout volledig achterwege moeten blijven. Eventueel kan er aan de buitenkant van de parken en plantsoenen een rand met een zouttolerante beplanting aangebracht worden. Op die manier blijft de variatie van de oorspronkelijke vegetatie gehandhaafd, wat de functies van deze groenstroken ten goede komt (zie hfst. 4.1.).

Natuurlijke vegetaties langs wegen.

De enige mogelijkheid om de schade aan natuurlijke bermvegetaties en andere natuurlijke vegetatie-elementen zoals houtwallen te beperken is het aanleggen en/of verbeteren van de afwateringsgoten van de weg. Maatregelen als zorgen voor een vruchtbare bodem en bemesten zullen de soortenrijkdom van een natuurlijke bermvegetatie, evenals bij houtwallen e.d. (zie hfst. 4.3.), doen verminderen.
Waar deze beschermende maatregelen niet uitvoerbaar zijn, kan een aangetaste berm eventueel opnieuw ingezaaid worden met meer zouttolerante soorten(11,13,34,46,64). Voorbeelden: Stomp kweldergras Engels raaigras, Ruw beemdgras, Fioringras (zie ook bijlage 3).

5.3. Andere dooimiddelen.

Er bestaan wel andere dooimiddelen dan zout, maar de nadelen ervan zijn over het algemeen groter dan de voordelen. Alleen kaïniet kan in sommige gevallen als een beter alternatief beschouwd worden.
Hieronder volgt een overzicht van alternatieven.

a) Chloorpotas of kaïniet: meststoffen; minder schadelijk, slechts iets duurder, lager vriespunt. Het zou vooral gebruikt kunnen worden in straten met waardevolle beplantingen (10). Samenstelling: chloorpotas - chloorkalium met 60% K_2O; kaïniet is minder zuiver als chloorpotas, nl. 15% K_2O, 20% Na_2O, 5% MgO en KCl
b) Alcoholen: Omdat deze vloeibare dooimiddelen minder corrosie veroorzaken worden ze vaak op vliegvelden gebruikt (15,16,22).Onderzoek in '66/'67 naar de mogelijkheden van gebruik van isopropylalcohol op wegen leverde de volgende resultaten (4): langzamere dooiwerkzaamheid, ontvlambaar, technische problemen bij het strooien, acht maal duurder (104). Bovendien is het minstens even schadelijk voor het milieu als ander dooimiddelen (20,63).
c) Ureum: Dit is een stikstofmeststof, zodat bij gebruik hiervan overbemesting kan optreden. Bovendien geeft het in de bodem aanleiding tot verhoogde O_2- consumptie (20,89,90). Verder is het slechts bruikbaar tot -7°C , is het acht maal zo duur als zout en kan het schade aan het wegdek veroorzaken (4,15,16,20,63,89,104). Een voordeel is dat het niet corrosief is (104).
d) $CaCl_2$: Dit wordt gebruikt bij -20° C. Doordat het sterk

wateraantrekkend is, kristalliseert het zout niet weer uit en blijft de weg nat, wat weer nadelig is voor de veiligheid van het wegverkeer (15,16). Verder is het duur en geeft het technische problemen bij opslag en verspreiding (15,16,20,86, 104).Een voordeel is dat calcium de opname van chloorionen door de plant remt, en een positieve uitwerking heeft op het behoud van de bodemstructuur.

e) KCl, $MgCl_2$: Duurder en minstens net zo schadelijk (19,63,89).

f) Sulfaten: Deze tasten beton aan, alhoewel ze als dooimiddel redelijk goed zijn (19). Ze stimuleren bovendien de opname van natriumionen door de plant.

g) Zand, as, split: Zoals genoemd in hfst.1.1 voldoet dit niet meer aan de huidige eisen van het verkeer.

Tenslotte is er ooit melding gemaakt van een milieuvriendelijk middel in de USA. Het was voor 98% natuurlijk afbreekbaar. Testen wezen uit dat één keer strooien of sproeien aanhechting van de sneeuw aan het wegdek verhinderde, waardoor er sneller geruimd kan worden. De samenstelling was geheim (36). Later is hierover nooit meer iets vernomen.
Al met al wordt het wel duidelijk dat NaCl, soms gemengd met wat $CaCl_2$, het middel is wat het best voldoet.

Een "technisch dooimiddel" is het verwarmen van het wegdek. Dit is wel erg milieuvriendelijk, maar nogal kostbaar (30). Bovendien kost het extra grondstoffen.In een recente studie naar de haalbaarheid van verwarming van het wegdek met grondwater, concludeerde men dat dit waarschijnlijk alleen op kleine schaal toepasbaar is, ook vanwege de hoge kosten. Het onderzoek naar dit systeem verkeert nog in een experimenteel stadium (80).

6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.

Het gebruik van NaCl als dooimiddel is niet zonder gevolgen. Directe effecten van het zout op de vegetatie en indirecte effecten, via de bodemverslechtering, hebben als gevolg dat bomen, struiken, grassen en kruiden schade ondervinden. Tevens kan er verzilting optreden van grond en oppervlaktewater. In Duitsland en Amerika vindt hiernaar veel onderzoek plaats en verschillende effecten zijn er veelvuldig aangetoond. In Nederland is hierover weinig bekend. Onderzoek naar het effect van zout als dooimiddel is zeer schaars. Het meeste onderzoek is gedaan naar zouttolerantie van de voor beplanting gebruikte bomen en struiken. Een enkel onderzoek uit '84/'85 omvatte slechts aangeplante bomen en struiken langs rijkswegen (SBB/Dorschkamp, in prep.). De globale conclusie was, dat met name eiken en berken, enige schade vertoonden. De symptomen waren echter weer snel verdwenen, dus de bomen hadden zich hersteld.

* Onderzoek naar het effect van zout op natuurlijke, houtige vegetaties, ontbreekt vrijwel geheel.

* Onderzoek naar het effect op grassen en kruiden is schaars (71) en zou uitgebreid kunnen worden.
* Het gehalte van zout in het bodemsysteem (bodem, bodemvocht, grondwater) is één keer bepaald en zou gedurende een langere tijd voortgezet moeten worden. Het enige, bekende effect op de bermen, en dan met name de lage bermbegroeiing (grassen en kruiden) is de toename op sommige plaatsen van Deens lepelblad, een plant uit zoute milieus. In Gelderland was deze toename zo groot, dat de vraag "waar de meeste exemplaren groeien, in Gelderland of in Zeeland langs de kust", een open vraag is (61).
  Door het frequente zoutstrooien in de winter, wordt een ideaal milieu geschapen voor deze soort, en uitbreiding wordt dan ook verwacht.
* Of beplantingen in de stad schade ondervinden, is evenmin onderzocht. Het is echter vrijwel onmogelijk dat het niet zo is. In steden in Duitsland hebben meerdere onderzoekers aangetoond dat de bomen schade ondervonden door het gebruik van strooizout. De situatie met Nederland is niet zo verschillend, dat mag worden aangenomen dat het hier niet op zal treden.
* Het tot op heden niet aantonen van schade met behulp van onderzoek, mag zeker geen argument zijn om maar onbeperkt te strooien.

Volledige afschaffing van het zoutstrooien, om de gladheid te bestrijden, is onmogelijk. Het moet echter wel tot een minimum gereduceerd worden.

* Onderzoek naar verbeterde strooitechnieken, en ook naar andere, misschien minder schadelijke dooimiddelen, moet blijven doorgaan.
* Droog strooien moet vervangen worden door nat strooien.
* Het gebruik van strooizout door particulieren zou beter geregeld moeten worden.
* Daarnaast zijn er mogelijkheden om de schade te beperken.
* Bermvegetaties kunnen beschermd worden door een betere afwatering.
* Stadsbeplantingen door stoepranden en verhoogde perken.
  Wat er echter in de eerste plaats ontbreekt is inzicht in de

omvang van de schade en een prognose van de toekomstige schade. Onderzoek in binnen-, en met name het buitenland, laat zien, dat met het aantal strooijaren de verzilting van wegbermen en de daarnaast gelegen watergangen geleidelijk aan toeneemt. Dat is een veelzeggend gegeven.

* Waardevolle landschapselementen, houtsingels, rijke bermvegetaties en oude bomen staan zo bloot aan een voortdurende verslechtering van hun levensomstandigheden. Onderzoek hiernaar is van zeer groot belang.
  Het Nederlandse onderzoek blijft in omvang ver achter bij het Duitse en Amerikaanse onderzoek, waarbij heel veel schade aan bomen is aangetoond. Dat de resultaten van het tot nog toe hier verrichte onderzoek niet alarmerend waren, zegt daarom niet zoveel.
  Voor een doeltreffend beleid is het noodzakelijk dat het onderzoek wordt uitgebreid en regelmatig herhaald.

LITERATUUR.

1. Adolphi,K.(1975) - Der Salzschwaden (Puccinellia distans (L.) Parl.) auch in Westfalen an Strassenrändern. Göttinger Flor. Rundbriefe 3, pp. 89.
2. Ahlbrecht,H.(1966) - Glatteisbekämpfung auf Autobahnen - Glatteisbekämpfung auf Strassen. Strasse und Verkehr 2, pp.63-66.
3. Ahlbrecht,H.(1967) - Die Entwicklung des Winterdienstes auf den Bundesfernstrassen von 1956-1966. Strassen- und Tiefbau, H.2.
4. Ahlbrecht,H.(1972) - Auftausalz und Umwelt. Inf.Dienst d. Dtsch. Salzindustrie 1, 12/72.
5. Arbeitsgruppe "Gewässerfährdung durch Auftausalze" der LAWA. (1977) - Pflänzenschäden durch Auftausalze. Das Gartenamt 6.
6. Badmin,J.S.(1980) - Records of Puccinellia distans growing inland in Kent and Northern France. Trans. Kent. Field Club 8: p. 115.
7. Bear,F.E.(1964) - Chemistry of soil. Reinhold Publ.Corp. New York, Sec. ed.
8. Bernstein,L. and G.A. Pearson(1956) - Influence of Exchangeable Sodium on the Yield and the Chemical Composition of plants:1. Green Beans, Garden Beans, Clover and Alfalfa. Soil Science 82,pp. 247-258.
9. Bossuyt,P.v.(1977) - Aktuele problematiek van straatbomen in België en Nederland. Fakulteit van de Landbouwwetenschappen. Rijksuniversiteit Gent.
10. Bossuyt,P.v.(1980) - Strooizoutschade na enkele jaren terug aktueel. Groenkontakt 80/1,pp.9-12.
11. Bradshaw,A.D. and M.J.Chadwick(1980) - The restoration of land - The ecology and reclamation of derelict and degraded land. Studies in Ecology,Vol. 6.
12. Brandt,G.H.(1973) - Potential impact of sodiumchlorid and calciumchlorid deicing mixtures on roadside soils and plants. Highw.Res.Board, Res. Rec. 425, pp. 52-66.
13. Braun,G.,A.von Schönborn und E.Weber(1978) - Untersuchungen zur relativen Resistenz von Gehölze gegen Auftausalz (Natriumchlorid). Allg. Forst.-u.J.Ztg., 149.Jg.2/3.
14. Bresinsky,A., P.Schundfelder(1980) - Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft zur floristischen Kartierung Bayerns. A.Bresinsky et.al.(eds.) - Anmerkungen zu einigen Musterkarten führ einen Atlas der Flora Bayerns.7:25-34.
15. Brod,H.G. und H.U.Preusse(1975) - Einfluss von Auftausalzen auf Boden, Wasser und Vegetation I. Rasen, Turf, Gazon. März, Heft 1, Jahrgang 6, pp.21-27.
16. Brod,H.G. und H.U.Preusse(1975) - Einfluss von Auftausalzen auf Boden, Wasser und Vegetation II.und III. Rasen, Turf, Gazon. Juni, Heft 2, Jahrgang 6.
17. Buck,Charles E.(1974) - The effect of road salt on aerobic soil bacteria adjacent to a major highway. Research in the life sciences Vol. 3, no. 6, April. University of Marine at Orono, Life Sciences and Agriculture Experiment Station.

18. Bukowiecki,A.(1966) - Praktische Versuche zur Erforschung der Korrosionseigenschaften von zur Enteisung von Strassen verwendeten Streusalzen (Tausalzen). Strasse und Verkehr 8, pp.435-446.
19. Burg,J.vd.(1978) - De invloed van wegenzout op de wegbermvegetatie, een literatuuroverzicht. Centrum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen, december 1978.
20. Burg,J.vd. en J.Kopinga(1981) - Strooizoutschade bij bomen als gevolg van gladheidsbestrijding. Bericht nr. 101,De Dorschkamp, Wageningen.
Tuin en Landschap 3(3), 1981,pp.12-15.
21. Burg,J.vd.(1981) - Tabellarisch overzicht van de gevoeligheid van bomen en struiken voor strooizout. Rapport nr.252,De Dorschkamp, Wageningen.
22. Buschbom,U.(1980) - Experiences with deicing salts in W. Germany. European J. For. Path. 10, pp. 349-353.
23. Butler,J.D.,T.D.Hughes,G.D.Sanks,P.R.Craig(1971) - Salt causes problems along Illinois Highways. Illinois research University of Illinois Agricultural Station. 13, pp.3-4.
24. Butler,J.D.(1973) - Review of grasses for saline and alkali areas. Proc. sec. int.turfgrass research conference, Blacksburg USA, pp.551-556.
25. Carlier,A.(1966) - Die winterlichen Strassenverhältnisse und die Streusalze. Strasse und Verkehr 2,pp.57-62.
26. Catling,P.M. and S.M.McKay(1981) - A review of the occurence of halophytes in the eastern Great Lake region. Michigan Bot. 20,pp.167-179.
27. Cordukes,W.E.(1968) - Tolerance of various turfgrasses to foliage application of road salt. Greenhouse, Garden, Grass 7(3),pp.1-3.
28. C.R.M.(1982) - Natuur in de stedelijke omgeving. Staatsuitgeverij, Den Haag.
29. Czeratzki,W.(1961) - Der Einfluss von natriumhaltigen Beregnungswasser auf die Bodenstruktur, dargestellt am Beispiel eines Lehmbodens. Z. Kulturtechnik 2, 217.
30. Davison,A.W.(1971a) - Kurzinformation - Streusalzverwendung. Der Dtsch. SolvayWerke Solingen, 17-8-1971.
31. Davison,A.W.(1971b) - The effects of deicing salt on roadside verges. I.Soil and plant analysis. Journal of Applied Ecology 8,pp. 555-556.
32. Deutsch,M.(1963) - Groundwatercontamination and legal controlls in Michigan. Geol. Survey, Water Supply Paper No. 1691.
33. Dickinson,W.E.(1973) - Referat auf der Tagung über Verkehrssicherheit in Winter in Montlhèry bei Paris. zit. in IDS 6 - 9/73.
34. Dirr,Michael A.(1976) - Selection of trees for tolerance to salt injury. Journal of Arboriculture, November 1976, Vol. 2(11), pp. 209-216.
35. Dowst, R.B.(1967) - Highway chloride applications and their effects on watersupplies. J. of the New England Waterworks Ass. 81,pp.63-67.
36. Dunnery,D.A.(1970) - Chemical melting of ice and snow on

paved surfaces.Highw.Res.Board,Spec.Rep.115,pp.172-176.
37. Ellenberg,H.(1974) - Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas. Scripta Geobotanica IX. Göttingen, Goltze. 97 pp.
38. Ernst,W. und D.Feldermann(1975) - Auswirkungen der Wintersalzstreuung auf den Mineralstoffhaushalt von Linden. Z.Pflanzenern. Bodenk., Heft 6:pp.629-640.
39. Feve,M.(1973) - Ref. auf der Tagung über Verkehrssicherheit im Winter in Montlhéry bei Paris. zit. nach IDS 6-9/73
40. Foster,A.C. and M.A.Maun(1978) - Concentration of highway deicing agents along roadsides near London. Canadian J. of Botany 56/8:1081-1085.
41. French,D.W.(1959) - Boulevard trees are damaged by salt applied to streets. Minnesota Farm and Home Sci.15.9.
42. Fukarek,F.,M.D.Knapp,S.Rauschert,E.Weinert(1978) - Karten der Pflanzenverbreitung in der DDR. Hercynia NF. Leipzig I Serie 15:229-320.
43. Ganswijk,A.J.van(1977) - Zout in het grondwater en oppervlaktewater langs Rijksweg 12. Eindrapport Werkgroep Zoutbalans SRGM, Hengelo 30 pp.
44. Garber,K.(1964) - Über die Bedeutung der Salzaerosole in der Luft führ die Pflanze. Zur biologischen Aerosol Forschung 12,s.24-33.
45. Garber,K.(1965) - Über die Einwirkung salzhaltiger Aerosole auf Pflanzen. Vortrag auf dem Rauchschaden-Symposium am 30-10-1965 in Tharandt.
46. Greub,L.J.,P.N.Drolsom,D.A.Rohweder(1985) - Salttolerance of Grasses and Legumes for roadside use. Agronomy Journal, Jan-Feb.1985, pp. 76-80.
47. Guttay,A.J.(1976) - Impact of deicing salts upon the endomycorrhizae of roadside sugarmaples. J.Soil Sci. Society of America 40: 952-954.
48. Hall,R. and G.Hofstra(1971) - Saltspray damage to roadside pine and white cedar. Phytopathology 61/2:129.
49. Hoeks,J.(1977) - Verstuiving en afspoeling. In: Het effect van wegenzout op het zoutgehalte van bodemvocht, grondwater en oppervlaktewater. Werkgroep Zoutbalans SRGM, Hengelo.
50. Hoeks,J.(1978) - Bodemverontreiniging langs verkeerswegen. Rekreatievoorzieningen 1978,nr.3, pp.133-137. pp. 261-271.
51. Hofstra,G. and R.Hall(1971) - Injury on roadside trees: leaf injury on pine and white cedar in relation to foliar levels of sodium and chloride. Can.J.Bot. 49:613-622.
52. Hofstra,G.,R.Hall,G.P.Lumis(1979) - Studies of salt-induced damage to roadside plants in Ontario. Journal of Arboriculture Vol. 5(2):February 1979, pp.25-31.
53. Hofstra,G. and D.W.Smith(1984) - The effects of road deicing salts on the levels of ions in roadside soils in Southern Ontario. Journal of Environmental Management 19, pp.261-271.
54. Houwink,E. en C.M.v.Zeist(1979) - Op zoek naar zout: Een onderzoek naar de invloed van strooizout op de wegbermvegetatie.
55. Huling,E.E. et. al.(1972) - Groundwatercontamination by road

salt. Science 176: 288-290.
56. Hutchinson,F.E.(1966) - Accumulation of road salts in soils along Maine highway. Maine Farm. Research 14:13-16.
57. Hutchinson,F.E.(1967) - The relationship of road salt application to sodium and chlorid ion levels in the soil. Highw. Res.Board, Res.Rec.193:1-7.
58. Hutchinson,F.E.(1970) - Environmental pollution from highway deicing compouds. Journal of Soil and Water Conservation, July/Aug. 1970, pp.144-146.
59. Hütte,Paul(1978) - Streusalzschäden in Fichtenbestanden. Allgemeine Forst.Zeitschrift 33(18) 1978, pp.540-541.
60. Hvass,Niels(1985) - Defending street trees against road salt in Denmark. Journal of Arboriculture 11(2): Feb. 1985.
61. Jansen,M.T.(1978) - De flora van Arnhem, toen en nu. Gorteria 9, pp. 127-137.
62. Janssen,J.A.(1985) - Met gladheid gestrooid. De ingenieur nr. 12, december 1985, pp. 28-31.
63. Kaufmann,W.(1974) - Winteraufgaben und Salzstreuung. Das Gartenamt 23, pp. 677-679.
64. Kiang,Y.T.(1974) - Response of roadside grasses to deicing salt. Canadian Journal of Plant Science 54, pp.575-577.
65. Kotheimer,J.(1967) - Physical factors in the etiology allevation induced decline of roadside maples and pines. Abstr. of thesis, in Dissert. Abstr. 28B,pp.760-761. For. Abstr. 29(1968) Nr. 4014.
66. Krapfenbauer,A.(1976) - Strassenvegetation und Auftaumittel. Cbl.ges.Forstwesen 93(1976),1, pp.23-39.
67. Kreutzer,K.(1974) - Bodenkundliche Aspekte der Streusalzanwendung. Eur.J.For.Path.4,1974, pp.39-41.
68. Langille,Allen R.(1976) - One seasons salt accumulation in soil and trees adjacent to a highway. Hortscience Vol.11(6):575-576; Dec. 1976.
69. Leh,H.O.(1971) - Schäden an Strassenbäumen durch Auftausalze. Gesunde Pflanze 71: 217-220.
70. Leh,H.O.(1975) - Die Gefährdung der Strassenbäume durch Auftausalze. Deutsche Baumschule 27,pp.250-253.
71. Liem,A.S.N.,A.Hendriks,H.Kraal and M.Loenen(1985) - Effects of deicing salt on roadside grasses and herbs. Plant and Soil 84,pp.299-310.
72. Lumis,G.P.,G.Hofstra and R.Hall(1973) - Sensitivity of roadside trees and shrubs to aerial drift of deicing salt. Hortscience 8, pp.476-477.
73. Matthews,P. and A.W.Davison(1976) - Maritime species on roadside verges. Watsonia vol.11, pp.146-147.
74. Meyer,F.H.(1977) - Bäume in der Stadt. Kapitel 5: Auftausalze. Ulmer Stuttgart, 328 pp.
75. Miller,R.J. et.al.(1965) - Merkblatt für Massnahmen gegen Winterglätte auf Strassen, Ausgabe 1969 und 1973, Forschungsgesellschaft f.d. Strassenwesen.
76. Minsk,D.L.(1970) - A short history of man's attempts to move through snow. Highw.Res.Board,Spec.Rep. 115,pp.78-86.
77. Mirek,Z. and D.Trzonska-Tacik(1981) - Spreading of Puccinellia distans (L.)Parl. along the roads in southern Poland. Ekol.Pol. 92:245-252.
78. Moore,P.D.(1982) - Coastal plants take to the road. Nature

London 297: 537-538.
79. Nelemans,M.(1979) - De biologische betekenis van houtsingels in zuidelijk Westerkwartier (in het bijzonder voor loopkevers) M.S.G.
80. Oosting,J.(1985) - Verwarming van wegdekken met grondwater. De ingenieur nr. 12, december 1985, pp.33.
81. Piatt,J.R. and Paul D.Krause(1975) - Road and site characteristics that influence road salt distribution and damage to roadside aspen trees. Water, Air and Soil Pollution 4, 3/4:301-304.
82. Provincie Noordholland(1984) - Groenbeheer door overheidsinstanties: Mogelijke alternatieven voor het gebruik van chemische onkruidbestrijdingsmiddelen.
83. Ratner,E.I.(1935) - The influence of exchangeable sodium in the soil on its properties as a medium for plant growth. Soil Science 40: 459-470.
84. Reitemeier,R.F. and L.A.Richards(1944) - Reliability of the pressure-membrane method for extraction of soil solution. Soil Science 57: 119-135.
85. Roberts,E.C. and E.L.Zybura(1967) - Effects of sodium chloride on grasses for roadside use. Highw.Res.Record 193:35-42.
86. Roth,D. and G.Wall(1976) - Environmental effects of highway deicing salts. Journal of Soil and Water Conservation, March-April 1976,pp.71-73.
87. Ruge,U. und W.Stach(1968) - Über die Schädigung von Strassenbäumen durch Auftausalze. Angew. Botanik 42, pp.69-77.
88. Ruge,U.(1971) - Erkennen und Verhindern von Auftausalzschäden an Strassenbäumen der Grossstädte. Nachr.bl. d. Dt.Pflanzenschutzd. 23.:pp.133-137.
89. Ruge,U.(1972) - Ursache des Strassenbaumsterbens und mögliche Gegenmassnahmen. Garten und Landschaft 10/72.
90. Ruge,U.(1979) - Nachwirkungen der Winterstreuung "Januar 1979" auf die Strassenbäume und mögliche Gegenmassnahmen. Das Gartenamt 28,März 1979,pp.131-132.
91. Sanda,J.E.(1979) - Tiltak mot saltsskader pa vegetasjonen. (Duitse samenvatting).Forskning og Forsøk. i Landbruket. Vol.30(4) 1979.
92. Sauer,G.(1967) - Über Schäden an der Bepflanzung der Bundesfernstrassen durch Auftausalze. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 19.Jahrgang,Heft 6,Juni 1967, pp.81-87.
93. Schilperoord,L.(1983) - Wegbermen in het zuidelijk Westerkwartier. Rapport Wetenschapswinkel Biologie nr. 12.
94. Schraufnagel,F.H.(1967) - Pollution aspects associated with chemical deicing. Highw.Res.Board,Res.Rec.193:22-33.
95. Scott,N.E. and A.W.Davison(1982) - Deicing salt and the invasion of road verges by maritime plants. Watsonia 14: 41-52.
96. Scott,N.E. and A.W.Davison(1985) - The distribution and ecology of coastal species on roadsides. Vegetatio 62, pp.433-440.
97a. Seybold,S.(1973) - Der Salzschwaden (Puccinellia distans

(Jacq)Parl.) an Bundesstrassen und Autobahnen. Göttinger Flor.Rundbr.7,pp.70-73.
97b. Seybold,S., O.Sebald, W.Winterhoff(1975) - Beitrage zur Floristik van Südwestdeutschland IV. Jh. Ges. Naturk. Württemberg 130, 249-259.
97c. Seybold,S.(1977) - Changes in the floristic composition of arable land and the ruderal flora in recent times. Stutt. Beitr. Naturk. Serie 5: 17-28.
98. Skirde,W.(1970) - Ergebnisse zur Salztoleranz von Gräsersorten. Rasen,Turf,Gazon 1:12-14.
99. Smith,W.H.(1970) - Salt contamination of white pine planted adjacent to an interstate highway. Plant Disease Reporter 54(12), pp.1021-1025.
100. Somers,J.A.(1977) - Inleiding in: Het effect van wegenzout op het zoutgehalte van bodemvocht, grondwater en oppervlaktewater.Eindrapport Werkgroep Zoutbalans SRGM.
101. Spirig,Amadeus(1981) - Zum Wasserhaushalt verschiedener Strassenbaumarten unter dem Einfluss der winterlichen Streusalzanwendung. Veröffentlichungen des geobotanischen Institutes der Eidg.Techn.Hochschule, Stiftung Rübel,Zürich, 74.Heft
102. Stach,W.(1969) - Ueber die Schädigung von Strassenbäumen durch Auftausalze. Angew.Botanik 42,pp.69-77.
103. Stefan,K.(1970) - Ueber einen Schadensfall an Fichten durch Streusalz. AFZ Wien, s.254.
104. Stichting Relatie Gladheidsbestrijding Milieubeheer(1972) - Gladheidsbestrijding en milieu.
105. Stichting Studiecentrum Wegenbouw(1984) - Symposium "Gladweg veilig...." over techniek en milieuaspecten van gladheidsbestrijding en sneeuwruimen.
106. Sucoff,E.(1975) -Effect of deicing salts on woody vegetation along Minnesota roads. Technical Bulletin 303 - Forestry series 20. University of Minnesota College of Forestry in coop. with Minnesota Highway Department and Minnesota Local road Research Board. Investigation nr.636.
107. Tiemann,K.H.(1971) - Auswirkungen des Strassenverkehrs auf Boden,Pflanzen und Wasser.Mitt.a.d. Inst.f. Wasserwirtschaft, Hannover.
108. Valei,F.G.(1979) - Bromus carinatus Hook et. Arn. en Puccinellia distans(L.)Parl. in Midden-Nederland. Gorteria 9:232-234.
109. Vogt,H.(1977) - Salzpflanzen am Strassenrand. Kosmos 73(4), pp.238.
110. Wace,N.(1979) - Assessment of dispersal of plantspecies-the carborne flora in Canberra. Proc.Ecol.Soc.Aust.10, pp.167-186.
111. Wagenvoort,W.A.(1976) - Zout, een vijand van het stedelijk groen? Groen 1976(8),pp.250-252.
112. Wawrik,H.(1979) - Streusalzschäden und Winterdienst. Das Gartenamt 28, März 1979,pp. 132-133.
113. Werkgroep Gladheidsbestrijding en Sneeuwruiming,Stichting Studiecentrum Wegenbouw (in prep.)
114. Westing,A.H.(1969) - Plants and salt in the roadside environment. Symposium soil and water pollution.

Phytopathology 59,pp.1174-1181.
115. Woick,H.(1980) - Ist ein Umweltfreundlicher Winterdienst möglich? Das Gartenamt 29,pp. 176-179.
116. Zolg,Monika und Reinhard Bornkamm(1982) - Ueber die Auswirkung von Streusalz auf die Alterung der Blätter verschiedener Strassenbaumarten. Flora 174,pp.285-302.
116a.Zon,J.C.J.v. en P.Zonderwijk(1981) - Natuurtechniek. Linten in het landschap. Tijdschrift Koninklijke Ned. Heide Maatsch. april 1981.
117. Zulauf,R.(1966) - Pflanzenschäden durch Streusalzverwendung im Winterdienst. Strasse und Verkehr 10, pp.519-526.

Bijlage 1.

Melding van schade.

De mogelijkheid bestaat voor iedereen, om melding te maken van overmatig zoutgebruik, bijv. door particuliere instanties, of van schade aan bomen, struiken, etc.
Het tijdstip waarop deze symptomen optreden is meestal het voorjaar. Het bruin worden van de naalden van coniferen kan heel plotseling optreden na het invallen van de dooi.
De symptomen van zoutschade aan bomen zijn:
- vroegtijdige bladval, soms gevolgd door opnieuw uitlopen en herhaald afvallen;
- vegeling van de bladeren;
- verdroging van de bladranden;
- kleinere bladeren dan normaal;
- slechts gedeeltelijk uitlopen van de bomen. Vooral aan de wegkant kunnen bomen dan kaal blijven;
- uitlopen van rustende knoppen, waardoor er toefjes bladeren aan de takken komen, wat de boom een plukkerig uiterlijk geeft;
- later uitlopen dan normaal;
- naaldbomen: bruin worden van de naalden, beginnend bij de punt, vooral aan de wegkant;

Wie meent deze symptomen te herkennen wordt verzocht zich te wenden tot één van de milieufederaties, waarvan de adressen en telefoonnummers hieronder volgen.

Milieufederatie Groningen
Emmasingel 15
9726 AJ Groningen
050 - 130800

Milieuraad Drenthe
Hertenkamp 6
9401 HL Assen
05920 - 12585

Gelderse Milieufederatie
Jansbuitensingel 3
6811 AA Arnhem
085 - 515069

Contact Milieubescherming
Noord-Holland
Stationsstraat 6
1506 DG Zaandam
075 - 351598

Zeeuwse Vereniging
Milieufederatie
Postbus 334
4460 AS Goes

Friese Milieuraad
Postbus 713
8901 BM Leeuwarden
058 - 152925

Natuur en Milieufederatie
Overijssel
Thorbeckegracht 22
8011 VM Zwolle
038 - 17166

Stichtse Milieufederatie
"Oostbroek"
Bunnikseweg 39
3732 HV De Bilt
030 - 762791

Centrum Milieubeheer
Zuid-Holland
Schiedamsevest 42c
3011 BB Rotterdam
010 - 148682

Brabantse Milieufederatie
Willem II-straat 15
5038 BA Tilburg
013 - 356225

01100 - 28259
Milieufederatie Limburg
Gasthuis 2
6268 NN Bemmelen
04407 - 2578

Milieufederatie Flevoland i.o.
Postbus 1016
8200 BA Lelystad

BIJLAGE 2.

Grenswaarden ter beoordeling van het chloridegehalte van blad en naalden, en het C-cijfer van de grond. (naar 105)

boomsoort (met variëteit en cultivar(s))	chloridegehalte van blad of naalden (% van de droge stof)			NaCl-gehalte van het bodemvocht (C-cijfer: g NaCl/l bodemvocht)			
	geen zichtbare schade waargenomen	grenswaarde of grenswaardetraject voor zichtbare schade	zichtbare schade waargenomen	geen zichtbare schade waargenomen	grenswaarde of grenswaardetraject voor zichtbare schade	zichtbare schade	beginnen sterfte zware sc
Abies spp.				0-(1)*	(1)*	>(1)*	(1)*
Abies alba	0,0-(1,0)	(1,0)		0-3	(4-5)	7	
Abies balsamea				0-±5(3à8)	±5(3à8)	>5(3à8)	
Abies concolor	0,0-0,3	0,3	0,3-1,2				
Acer spp.	0,0-0,6	0,5-0,6	0,6-2,4				
Acer campestris	0,0-0,7	0,7	>0,7	0-±6(4à7)	±6(4à7)	>±6(4à7)	4*
Acer negundo				0-±5(3à8)	±5(3à8)	>±5(3à8)	
Acer nigrum				0-±5(3à8)	±5(3à8)	>±5(3à8)	
Acer platanoides	0,0-0,7	(0,4-)0,7	0,7-2,6	0-2	2	>2	
Acer pseudoplatanus	0,0-0,6	0,9(0,6-1,2)	1,2-3,5	0-±2	±2(1/2à3)	±2-9	9-12 2*
Acer rubrum	0,0-0,4	(0,7)	>1,0	0-2	2	>2	
Acer saccharinum				0-3	3	3-10	8
Acer saccharum	0,0-(0,3à)0,6	0,5-0,7	(0,3à)0,5-3,6	0-2	(2)	>2	
Acer tataricum				0-7	7	>7	
Aesculus x carnea	0,0-1,2	1,4	1,4-4,7				
Aesculus glabra	0,0-0,6	0,8	1,0-2,0				
Aesculus hippocastanum	0,0-0,7	0,9(0,7-1,1)	1,1-3,2	0-2à4	2-4	>2à4	3*
Ailantus altissima			2,0-3,0	0->10	>10	>10	>10
Alnus spp.				0-2	2	>2	
Alnus glutinosa	0,0-0,6	0,6-0,8	0,8-2,0	0-2à5	(½à)2-5	1-6	(>3à5)
Alnus incana	0,0-0,5(à1,0)	0,5(-1,4)	>0,5à1,4	0-1à4	±3(1-6)	>4	(>7) 3*
Alnus rugosa	0,0-0,7	(0,7)	>0,7	0-2	2	>2	
Alnus x spaethii				0-4	4	4-10	8
Arbutus unedo		0,2		0-1à2	1à2	2-5	>5
Betula spp.				0-±5(3à8)	±5(3à8)	>±5(3à8)	
Betula alleghaniensis	0,0-0,7	(0,7)	>0,7				
Betula jacquemontii				0-6	6	6-8	8
Betula lenta	0,0-0,8						
Betula nigra				0-2	2	>2	
Betula papyrifera	0,0-1,1						
Betula pendula	0,0-0,3	(0,3-0,4)	0,4-1,2	0-3à7	3-7	3à7-10	7 4*
Betula populifolia	0,0-0,25	0,25	>0,25				
Betula pubescens				0-4à6	4-6	>4à6	4*
Buxus sempervirens				0-1à2	1-2	>1à2	(1-2) 1*
Carpinus spp.				0-2	2	>2	
Carpinus betulus	0,0-0,5	(0,5)	>0,5	0-2à4	(2-4)	>2à4	(2-3)*
Carpinus caroliniana	0,0-0,5	(0,5)	>0,5				
Carya illinoensis	0,0-0,6	0,6	0,6-1,0				
Carya ovata	0,0-0,3	(0,8)	>1,3	0-2à4	2-4	>2à4	
Celtis australis				0-3	3	>3	
Cercis canadensis	0,0-0,6	(0,8)	1,0-12,0				
Chamaecyparis lawsoniana (diverse cultivars)				0-±2	±2(1-3)	>1à3	1*

( ) benaderende of voorlopige waarde
* waarde gevonden na overstroming met zout water

vervolg bijlage 2

boomsoort (met variëteit en cultivar(s))	chloridegehalte van blad of naalden (% van de droge stof)			NaCl-gehalte van het bodemvocht (C-cijfer: g NaCl/l bodemvocht)			
	geen zichtbare schade waargenomen	grenswaarde of grenswaardetraject voor zichtbare schade	zichtbare schade waargenomen	geen zichtbare schade waargenomen	grenswaarde of grenswaardetraject voor zichtbare schade	zichtbare schade	beginnende sterfte of zware schade
Cornus spp.				0-1à2	(1-2)*	>(1à2)*	
Cornus florida	0,0-0,5	(0,5)	>0,5	0-2	(2)	2-7	
Corylus avellana				0-1à2	1-2	>1à2	1*
Corylus colurna	0,0-0,6	(0,6-0,7)	1,4-1,8	0-5	5	5-10	6-8
Corylus maxima				0-2	2	>2	
Crataegus monogyna				0-3	3	3-10	8
Crataegus oxyacantha	0,0-0,10	0,10	0,10-0,6	0-±5(3à7)	±5(3à7)	>±5(3à7)	>10 4*
Crataegus pedicellata				0-2	2	2-10	9
Elaeagnus spp.				0-10	(10)	>10	
Elaeagnus angustifolia	0,0-0,7			0-6à10	6-10	>6à10	>10
Elaeagnus pungens	0,0-0,7	(0,9)	1,1-1,2	0,3	3-4	4-5	>6
Elaeagnus umbellatus	0,3		2,7				
Fagus spp.				0-2	2	>2	
Fagus grandifolia				0-±5(3à8)	±5(3à8)	>±5(3à8)	
Fagus sylvatica	0,0-0,5	0,5-0,7	0,7-3,2	0-2à4	2-4	2à4-10	>7à10 (2-3)*
Fraxinus americana	0,0-0,3	(0,3)	0,3-0,4	0-2	(2)	>2	
Fraxinus excelsior	0,0-0,4	0,7(0,4-1,0)	1,0-3,0	0-3(à6)	(½à)3-4	(½à4)-11	>7à11
Fraxinus ornus				0-1	1	1-10	2
Fraxinus oxycarpa				0-2	2	2-10	3
Fraxinus pennsylvanica				0-2	2	2-10	4-6
Fraxinus pennsylvanica var. pennsylvanica				0-±5(3à8)	±5(3à8)	>±5(3à8)-11	
Fraxinus pennsylvanica var. lanceolata				0-8	8	8-10	>10
Fraxinus pubescens				0-7	7	>7	
Ginkgo biloba				0-(2à)4	(2à-)4	(2à-)4-10	>10
Gleditsia spp.				0-7	7	>7	
Gleditsia triacanthos	0,0-0,7	(1,0)	1,2-6,6	0-3à8	3-8	>3à8-11	>10
Gleditsia triacanthos cv. Inermis	0,0-0,3		2,6	0-8à10	8-10	>8à10	
Ilex aquifolium				0-4à8	(4-8)*	>4à8	
Ilex cornuta	0,0-3,6	1,9-3,6	1,9-4,7	0-1à2	1à2	2-3	>3
Ilex opaca				0-2	(2)	>2	
Juglans nigra				0-2à3	2-3	2à3-4	4-10
Juglans regia				0-3à4	(3-4)	>4	3-7 4*
Juniperus spp.				0-±5(3à8)	±5(3à8)	>±5(3à8)	>7
Juniperus chinensis	0,0-0,7	0,4-0,7	0,4-0,9	0-2à3	2-3	3-7	>7
Juniperus virginiana	0,0-0,10			0-±5(3à8)	±5(3à8)	±5-8	>8
Larix spp.				0-2	2	>2	
Libocedrus decurrens (=Calocedrus decurrens)	0,0-0,4	0,5	0,7-3,9	0-±½	±½-1	0,7-±3	2,8-5,6
Ligustrum ovalifolium en Ligustrum vulgare				0-7	7-8	8-9	6*

( ) benaderende of voorlopige waarde
* waarde gevonden na overstroming met zout water

boomsoort (met variëteit en cultivar(s))	chloridegehalte van blad of naalden (% van de droge stof)			NaCl-gehalte van het bodemvocht (C-cijfer: g NaCl/l bodemvocht)			
	geen zichtbare schade waargenomen	grenswaarde of grenswaardetraject voor zichtbare schade	zichtbare schade waargenomen	geen zichtbare schade waargenomen	grenswaarde of grenswaardetraject voor zichtbare schade	zichtbare schade	beginnende sterfte of zware scha
Liquidambar styraciflua	0,0-0,3	0,3	>0,4	0-2à3	2-3	3-5	>5
Liriodendron tulipifera	0,0-1,1	(1,3)	1,6-2,6	0-±4	(4)	4-2	>2
Lycium halimifolium				0->10	>10	>10	>10*
Magnolia grandiflora	0,0-0,1	(0,1)	0,3	0-1	1-2à4	2-5	>5
Magnolia kobus				0-2à3	2-3	>2à3	
Magnolia x soulangeana				0-1	1	>1	
Malus sp.	0,2			6(?)			
Malus baccata				0-±5(3à8)	±5(3à8)	>±5(3à8)	
Malus x moerlandsi cv. Lizet				0-2	2	2-10	9
Malus sylvestris	0,0-0,2			0-(2à)4	(2à-)4	(2à)4-(8à)10	6-8 10*
Morus spp. en Morus nigra				0-8à10	8-10	>8à10	>10*
Myrica gale				0-4	(4)*	>4*	
Paulownia tomentosa				0-2	2		
Philadelphus spp.				0-1à2	(1-2)*	>1à2*	
Picea spp.				0-1	(1)	>(1)	(1)*
Picea abies	0,0-0,3	0,3(-0,5)	0,5-1,6				
Picea glauca				0-±5(3à8)	±5(3à8)	>±5(3à8)	
Picea omorica	0,0-0,3	0,3	>0,3				
Picea pungens				0-2à3	(2-3)	>2à3-4	4-10
Pinus spp.				0-3	3	>3	1*
Pinus elliottii	0,0-0,2			0-2à4	2-4	>2à4	
Pinus halepensis	0,0-0,35			0-4à5	4-5	>4à5-7	>7
Pinus jeffreyi	0,0-0,3	0,25-0,30	0,5-0,9				
Pinus mugo var.mughus	0,0-1,0	(1,1)	>1,1				
Pinus nigra	0,0-0,5	(0,5)	>0,5	0-4à8	4-8	>4à8	
Pinus patula	0,0-0,4						
Pinus pinea	0,0-0,35	0,3	>0,3à0,35	0-3à4	3-4	>4	
Pinus pinderosa	0,0-0,2	(0,4)	0,7-3,5	0-(0,7à1)	(1-2)	3(-8?)	(3-10)
Pinus radiata	0,0-0,5	0,5	>0,5				
Pinua resinosa	0,0-0,3	0,3	0,3-1,1				
Pinus strobus	0,0-0,3	0,3-0,5	0,3-3,0	0-2	2	2-7	
Pinus sylvestris	0,0-0,4	0,4-0,5	0,5-1,3	0-2à4	2-4	>2à4-4	>4
Pinus taeda	0,05			0-2à4	2-4	>2à4	
Pinus thunbergii	0,0-0,5	(1,0)	1,5-2,6	0-2à3	2-3	2à3-5à6	>5à6
Platanus spp.	0,0-1,4	1,0-1,4	>1,0à1,4				
Platanus x acerifolia	0,0-1,5	(1,1-) 1,5-1,6	1,6-4,2	0-2à6	2à3-5	4à5-10	>6à10 4*
Platanus occidentalis	0,0-0,8	(1,1)	1,4-5,4	0-2	(2)	2-7	
Populus alba				0-7à10	7-10	>7à10-12	>10 9*
Populus x canescens	0,0-0,8	0,8(0,5-1,3)	0,8-1,7	0-8à10	8-10	8à10-12	>12

( ) benaderende of voorlopige waarde
* waarde gevonden na overstroming met zout water

boomsoort (met variëteit en cultivar(s))	chloridegehalte van blad of naalden (% van de droge stof)			NaCl-gehalte van het bodemvocht (C-cijfer: g NaCl/l bodemvocht)			
	geen zichtbare schade waargenomen	grenswaarde of grenswaardetraject voor zichtbare schade	zichtbare schade waargenomen	geen zichtbare schade waargenomen	grenswaarde of grenswaardetraject voor zichtbare schade	zichtbare schade	beginnende sterfte of zware schade
Populus deltoides				0-3(à8)	2-4	>3(à8)	
Populus deltoides x trichocarpa (diverse cultivars) (=Populus x generosa)	0,0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,5	0-½	(½)	½-3	>2à3
Populus x euramericana	0,0-0,7	1,0(0,7-1,3)	1,3-3,9	0-±2(1à4)	±2(1-4)	>1à4	>±6
(diverse cultivars) (=Populus x canadensis)							6*
Populus grandidendata	0,0-0,4	(0,4)	>0,5				
Populus maximowiczii x trichocarpa cv. Androscoggin	0,15	(0,5)	2,0-6,2	0-½	(½)	½-2à3	>2à3
Populus nigra	0,0-0,6	(0,7-1,0)	>1,0	0-2à4	2-4	2-5½	4*
Populus tremula	0,7	(1,0)	1,4	0-3	3-5	>5	
Populus tremuloides	0,0-0,8			0-±5(3à8)	±5(3à8)	>5(3à8)	
Prunus spp.				0-<5			
Prunus armeniaca	0,0-0,8	(0,9)	1,0-1,9	0-8à10	8-10	>8à10	
Prunus avium	0,0-0,3	0,3	>0,3	0-1à2	1-2	2-3	3*-7*
Prunua besseyi	0,2		4,3			15	
Prunus cerasifera	0,0-0,5	0,5	0,5-0,9	0-1½à2	1½-2	2-5	>5
Prunus cerasifera cv. igra				0-2	2	2-10	4à8
Prunus cerasifera cv. Pissardii				0-9	(9)	>9	
Prunus cerasus	0,0-0,4	0,3-0,4	>0,4	0-1à2	1-2	2-3	3*-7*
Prunus domestica	0,0-0,7	0,7	0,7-1,5	0,5	(5)	(5)	8*
Prunus dulcis (=Prunus amygdalus)	0,0-0,7	(0,7-)1,1	1,1-1,2				
Prunus padus				0-1	1	1-8	4
Prunus persica	0,0-1,0	1,0	1,0-1,2	0-(1)	(1)	>1à5	3*-7*
Prunus serotina	0,0-0,1						
Prunus spinosa				0-6	6	>6	8*
Prunus tomentosa	0,3		2,7			15	
Pseudotsuga menziesii				0-2à3	2-3	2à3-4	4-10
Pterocarya fraxinifolia	0,0-1,1	1,1-1,3	1,3-1,4				
Pyrus calleryana cv. Chanticleer				0-7	7	7-10	>10
Pyrus communis				0-7	7	7-11à12	11-12
Pyrus kawakami	0,0-0,05	0,05	>0,05	0-3à4	3-4	>3à4	
Quercus alba	0,0-0,15			0-8à10	8-10	>8à10	
Quercus marilandica				0-2à4	2-4	>2à4	
Quercus palustris	0,0-0,3	(0,5)	0,8-2,3	0-2à4	2-4	2à4-7	
Quercus robur	0,0-0,5	0,5-0,6	0,6-1,2	0-±8(5à10)	±8(5-10)	>8(5à10)	6*
Quercus rubra	0,0-0,24			0-2à10	2-10	>2à8-10	
Quercus stellata				0-2à4	2-4	>2à4	
Quercus virginiana				0-4à8	4-8	>4à8	

( ) benaderende of voorlopige waarde
* waarde gevonden na overstroming met zout water

boomsoort (met variëteit en cultivar(s))	chloridegehalte van blad of naalden (% van de droge stof)			NaCl-gehalte van het bodemvocht (C-cijfer: g NaCl/l bodemvocht)			
	geen zichtbare schade waargenomen	grenswaarde of grenswaardetraject voor zichtbare schade	zichtbare schade waargenomen	geen zichtbare schade waargenomen	grenswaarde of grenswaardetraject voor zichtbare schade	zichtbare schade	beginnen sterfte zware sc
Rhamnus frangula (= Frangula alnus)				0-7	7	>7	
Rhus glabra	0,25		3,3			15	
Rhus toxicodendron				0-10(à20)			
Rhus trilobata				0-8à10	8-10	>8à10	
Robinia pseudocacia	0,0-0,5			0-4(à7)	4(à7)-10	>4(à7)-10	>6à10 6*
Salix spp.				0-3	3	>3	
Salix acutifolia				0-3	3	>3	
Salix alba	0,0-0,5	(0,5-0,6)	0,5-1,2	0-2à6	2-6	2à6-12	>(4à)12
Salix alba cv. Vitellina				0-±5(3à8)	±5(3à8)	±5(3à8)-10	>10
Salix aurita				0-(4)	(4)	>(4)	
Salix caprea	0,0-1,0			0-(2à3)	(2-3)	>(2*à3*)	
Salix cinerea				0-(2à3)	(2-3)	>(2*à3*)	
Salix fragilis				0-(2à3)	(2-3)	>(2à3)	
Salix purpurea				0-(2à4)	(2-4)	(2à4-6)	4à6-10
Salix purpurea var. nana				0-2	2	>2	
Salix repens				0-(4)	(4)	>(4)	
Salix triandra				0-(3)	(3)	>(3*)	
Salix viminalis	0,6		2,6	0-1à2 (5à10?)	1-2(5-10?)	2-6(>5à10?)	6 3*
Sambucus nigra				0-4à5	4-5	4à5-10	>10 4*
Sophora japonica	0,0-2,0à3,0	2,0-3,0	2,0à3,0-3,7	0-5	(5)	5-7	
Sorbus aria	0,0-0,35	(0,8)	0,85	0-3	3	3-10	8
Sorbus aucuparia	0,0-0,5			0-2à4	2(à3)-4	(3à)4-(8à)10	4 3*
Sorbus intermedia	0,0-1,0	1,0	1,0-1,3	0-9	9	9->10	>10
Tamarix spp.				0-8à10	8-10	>8à10	>10
Tamarix gallica				0->10	>10	>10	>10
Tamarix parvifolia				0-9			
Tamarix pentandra				0->10	>10	>10	>10
Tamarix ramosissima							>16
Tamarix tetandra							>16
Taxus baccata				0-1	(1)	(1)	(1-2)*
Thuja spp.				0-±5(3à8)	±5(3à8)	>5(3à8)	1*
Thuja occidentalis	0,0-0,5	0,5	0,5-2,0				
Thuja orientalis	0,0-0,25	(0,5)	0,6-1,0	0-2à8	±5(2à8)	(2à5-)>8 à11	>9
Tilia spp.	0,0-0,7	0,7-0,9	0,9-3,2	0-2	(2)	>2	
Tilia americana	0,0-0,2	(0,6)	0,9	0-4	4	>4	3*
Tilia cordata	0,0-0,7	0,7-0,9(à1,2)	0,9à1,2-2,6	0-2à3	2-3	2à4-10	4à8-10
Tilia x euchlora	0,0-1,0	(1,0)	1,0-4,4	0-1à2	1à2	2-10	8
Tilia x europaea (=Tilia x vulgaris)	0,0-0,6	0,6-0,9	0,9-2,8	0-4	4	>4	3*

( ) benaderende of voorlopige waarde
* waard gevonden na overstroming met zout water

Vervolg bijlage 1

boomsoort (met variëteit en cultivar(s))	chloridegehalte van blad of naalden (% van de droge stof)			NaCl-gehalte van het bodemvocht (C-cijfer: g NaCl/l bodemvocht)			
	geen zichtbare schade waargenomen	grenswaarde of grenswaardetraject voor zichtbare schade	zichtbare schade waargenomen	geen zichtbare schade waargenomen	grenswaarde of grenswaardetraject voor zichtbare schade	zichtbare schade	beginnende sterfte of zware schade
Tilia platyphyllos	0,0-0,8	(0,8)	0,8-1,7				
Tilia tomentosa	0,0-0,7	0,7-1,2	1,2-3,5	0-4	4	4-10	(8)
Ulmus alata				0-2	(2)	>2	
Ulmus americana	0,0-0,4	(0,8)	1,1	0-2	(2)	>2	
Ulmus carpinifolia	0,0-0,8	(0,8)	>0,8	0-6(4à8)	6(4-8)	4à8-11	>7*à10*
Ulmus crassifolia				0-2	(2)	>2	
Ulmus glabra	0,0-0,9	(1,0-1,2)	(1,0-)2,8	0-8à10	8-10	>8à10	>10
Ulmus x hollandica (diverse cultivars)	0,0-0,7	±1,0(0,7-1,5)	0,9-3,5	0-2à3	4-4	(1à)4-7	8 4*
Ulmus parvifolia					0-10	10	>10
Ulmus pumila	0,0-0,6			0-6(4à8)	6(4-8)	>6(4à8)	
Ulmus pumila var. arborea				0-8	(8)	>8à11	>10

Aanvulling op bijlage 2: Grenswaarden ter beoordeling van het chloridegehalte van blad (ongepubliceerde gegevens van het Rijksinstituut "De Dorschkamp", april 1984).

boomsoort(met variëteit en cultivar(s)	chloridegehalte van het blad (%van dr. stof) geen zichtbare schade waargenomen	grenswaarde of grenswaardetraject voor zichtbare schade	zichbare s waargenome
Acer saccharinum	0,0-1,0à1,5	(1,0-1,5)	1,0à1,5-1,
Alnus x spaethii	0,0-1,4	(1,2-1,5)	1,4-1,8
Betula jacquemontii	0,0-0,7	(1,0)	1,2
Betula pendula	0,0-0,3	0,4-0,5	0,5-1,6
Corylus colurna	0,0-(1,0)	(1,0)	(1,0)-2,5
Crataegus monogyna	0,0-(0,3)	(0,3-0,5)	0,4-1,0
Crataegus pedicellata	0,0-(1,0)	(1,0)	1,0-3,5
Fraxinus oxycarpa	0,0-0,3	(1,0-2,0)	1,0à2,0-4,0
Fraxinus pensylvanica	0,0-0,3	(0,6)	0,8-2,2
Ginkgo biloba	0,0-1,2	(1,8-2,2)	2,0-3,0
Malus x moelndsi 'Liset'	0,0-0,2	(0,4)	0,8-1,6
Malus sylvestris	0,0-0,5	(0,6)	0,6-1,0
Prunus cerasifera 'Nigra'	0,0-0,1	(0,2)	0,25-0,5
Prunus padus	0,0-0,1	(0,5-1,5)	2,4-2,9
Pyrus calerijana 'Chanticleer'	0,02-0,05	(0,10-0,15)	0,10-0,15
Pyrus communis	0,03-0,08	(0,15-0,25)	0,15-0,25
Robinia pseudoaccacia	0,0-1,0	(1,4-2,0)	2,0-3,5
Salix viminalis	0,0-0,2	0,5	0,6-0,8
Sorbus aucuparia	0,0-(1,0)	(1,0-1,5)	1,6-2,7
Sorbus aria	0,0-1,0	(1,5)	2,1-2,7
Tilia x euchlora	0,0-(0,5)	(1,5)	2,3-3-7
Tilia tomentosa	0,0-0,8	(1,5-2,0)	3,1

BIJLAGE 3.

Tolerantie van grassen en kruiden voor zout.

	zeer toler.	toler.	tam.toler.	gevoelig	zeer gevoelig
Festuca arundinacea	1,3,5,8	4			
Lolium perenne	3,5	1,9			
Agrostis stolonifera		4,6,7,9			
Elytrigia repens		4,7			
Plantago major		3,4			
Taraxacum spec.		4,7			
Atriplex patula		7			
Polygonum aviculare		7			
Alopecurus geniculatus		4			
Atriplex hastata		4			
Chenopodium rubrum		4			
Cirsium arvense		4			
Leontodon autumnale		4			
Lotus corniculatus		4			
Melilotus altissimus		4			
Phragmites australis		4			
Potentilla anserina		4			
Ranunculus sceleratus		4			
Rumex crispus		4			
Sonchus arvensis		4			
Trifolium repens		4			
Festuca rubra		1,4,9	3,5,6		
Poa annua		3	5		
Festuca ovina		1	6		
Poa pratensis		7		2,3	1
Agrostis tenuis			3,5	9	
Anthoxanthum odoratum					6
Cerastium holosteoides					3

Deze lijst is samengesteld m.b.v. literatuurgegevens. De nummers verwijzen naar de volgende auteurs:

1.Brod und Preusse (1975)
2.Butler e.a. (1975)
3.Cordukes (1968)
4.Ellenberg (1974)
5.v.d. Burg (1978)
6.Kiang (1974)
7.Matthews and Davison (1976)
8.Roberts and Zybura (1967)
9.Skirde (1970)

BIJLAGE 4.

Tabel 1. Boomsoorten, die tolerant zijn tegen zout in het wortelmilieu (bruikbaar in stedelijke beplantingen)

Min of meer „vaststaand"	
Ailanthus altissima	— hemelboom
Alnus cordata	— hartbladige of Italiaanse els
Alnus incana	— grauwe els
Betula verrucosa	— ruwe berk
Fraxinus excelsior	— es
Gleditsia triacanthos	— valse christusdoorn
Laburnum anagynoides	— gouden regen
Platanus x acerifolia	— plataan
Quercus petraea	— wintereik
Quercus robur	— zomereik
Quercus rubra	— Amerikaanse eik
Robinia pseudoacacia	— „Acacia" of gewone Robinia
Sophora japonica	— honingboom
Sorbus aria	— meelbes
Sorbus intermedia	— Zweedse meelbes
Tilia tomentosa	— zilverlinde
Tilia x vulgaris	— Europese of Hollandse linde
Ulmus x hollandica	— Hollandse iep
Ulmus pumila var arborea	— Turkestaanse iep
Soms vermeld; minder „vaststaand"	
Acer campestre	— Spaanse aak of veldesdoorn
Acer platanoides	— Noorse esdoorn
Acer negundo	— vederesdoorn
Crataegus monogyna	— eenstijlige meidoorn
Crataegus laevigata	— tweestijlige meidoorn
Fraxinus ornus	— pluimes of mannaes
Fraxinus pennsylvanica	— Amerikaanse rode es
Populus alba	— witte abeel
Populus x canescens	— grauwe abeel
Salix alba	— schietwilg
Ulmus glabra	— bergiep

NB. Deze tabel kan op sommige punten afwijken van de inhoud van de andere, in de literatuur voorkomende lijsten. Verder is geen rekening gehouden met de vatbaarheid voor ziekten, plagen, luchtverontreiniging enz.

Tabel 2. Boomsoorten, die tolerant zijn voor spatzout (bruikbaar langs autowegen)

Min of meer „vaststaand"	
Acer campestre	— Spaanse aak of veldesdoorn
Acer platanoides	— Noorse esdoorn
Acer pseudoplatanus	— gewone esdoorn
Betula verrucosa	— ruwe berk
Elaeagnus angustifolia	— olijfwilg
Fraxinus excelsior	— es
Gleditsia triacanthos 'Inermis'	— doornloze valse christusdoorn
Populus nigra cultivars*	
Quercus robur	— zomereik
Robinia pseudoacacia	— „Acacia" of gewone Robinia
Ulmus carpinifolia	— veldiep
Ulmus glabra	— bergiep

NB. Er is geen rekening gehouden met de vatbaarheid voor ziekten, plagen, luchtverontreiniging enz.

*** Vermoedelijk zijn ook cultivars van de euramerikaanse populieren en andere populieren tolerant voor spatzout (zie ook: „Enkele voorbeelden...").**

Burg, J. van den, en J. Kopinga. 1981