

Toepassing zout zeezand

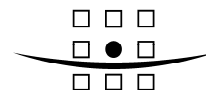
Geohydrologische aspecten

Provincie Zeeland

21 september 2005

Definitief rapport

9P5675



ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND BV
RUIMTELIJKE ONTWIKKELING

Boschveldweg 21
Postbus 525
5201 AM 's-Hertogenbosch
+31 (0)73 687 41 11 Telefoon
+31 (0)73 612 07 76 Fax
info@den-bosch.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel Toepassing zout zeezand

Verkorte documenttitel Geohydrologische aspecten

Status Definitief rapport

Datum 21 september 2005

Projectnaam Toepassing zout zeezand

Projectnummer 9P5675

Opdrachtgever Provincie Zeeland

Referentie 9P5675/R00002/FVe/DenB

Auteur(s) ir. F.Th. Verhagen

Collegiale toets ir. S. Seinen

Datum/paraaf

Vrijgegeven door ir. J.W.P.M. van Poppel

Datum/paraaf

SAMENVATTING

In de Provincie Zeeland worden wegcunetten en terreinen opgehoogd met zout (zee)zand. Na toetsing van het Bouwstoffenbesluit blijken de concentraties chloride in het zand vaak te hoog te zijn. Het grondwater in Zeeland is van nature op veel plekken brak tot zout. Dit betekent dat het aanbrengen van zout zand in dit geval geen verslechtering oplevert van de chemische toestand van het water. De Provincie Zeeland wil daarom een toetsingsinstrument opstellen waarin wordt aangegeven waar zout zand mag worden toegepast onder welke voorwaarden. Dit rapport kan daarom als hulp en voeding worden gebruikt bij de voorgenomen vernieuwing van het Bouwstoffenbesluit.

In dit rapport wordt beschreven met welke factoren rekening dient te worden gehouden. Op voorhand kunnen gebieden worden aangewezen waar geen zout zeezand mag worden toegepast (Bijlage 1a). Dit zijn de zoetwatervoorkomens, grondwater-beschermingsgebieden en kwetsbare gebieden voor natuur en landbouw (circa 37% van het totale landoppervlak van Zeeland).

Waar zout zeezand wel mag worden toegepast is moeilijker te bepalen. Hiervoor is een analyse nodig van de plaatselijke situatie. In het rapport wordt aangegeven hoe de beïnvloeding naar grondwater en oppervlaktewater bepaald kan worden met eenvoudige formules. Zo kunnen de huidige vrachten en concentraties in oppervlakte en grondwater vergeleken worden met de nieuwe situatie. Criteria voor aanvaardbare grenzen moeten nog door het bevoegd gezag worden aangegeven en maken geen deel uit van dit rapport. De berekeningen kunnen later eventueel vergemakkelijkt worden met een geautomatiseerde tool.

INHOUDSOPGAVE

	Blz.	
1	INLEIDING	1
1.1	Aanleiding van de vraag	1
1.2	Doelstelling	1
1.3	Huidige wetgevende context bouwstoffenbesluit (Bsb)	2
1.4	Voorziene veranderingen in het bouwstoffenbesluit (2007)	3
2	STROOMSCHEMA: AANPAK OP HOOFDLIJNEN	4
3	NADERE TECHNISCHE BESCHOUWING	9
3.1	Stap 1: Ligging in kwetsbaar gebied	9
3.1	Stap 2: Verandering concentratie in watervoerend pakket	9
3.2	Stap 3: de uitspoeling naar het oppervlaktewater	15
4	SYNTHESE EN VOORSTEL VOOR SYSTEMATIEK	17
4.1	Hoeveelheid chloride in zeezand ten opzichte van overige emissies	17
4.2	Op weg naar één beoordelingskaart	18
4.2.1	Een systeem met alleen kaarten	18
4.2.2	Een systeem met een kaart aangevuld met simpele berekeningen	19
BIJLAGEN		
1a.	Gebieden waar geen zout zand mag worden toegepast	
1b.	Zoetwatervoorkomens	
1c.	Grondwaterbeschermingsgebieden	
1d.	Kwetsbare natuurgebieden	
1e.	Natuurdoeltypenkaart	

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding van de vraag

In de Provincie Zeeland worden wegcunetten en terreinen opgehoogd met zand dat is gewonnen uit een zoute omgeving. Het zand wordt gewonnen van de bodem van de Noordzee, als plaatszand uit de Westerschelde of als 'doelzand' bij het uitdiepen van de Schelde. Dit zand bevat verhoogde concentraties chloride. Zand uit de Noordzee heeft hogere concentraties dan bijvoorbeeld het 'doelzand' uit de Schelde. Na toetsing van het Bouwstoffenbesluit blijken de concentraties chloride in het zand vaak te hoog te zijn.

Uit Cobouw 12 juni 2004

Uit het Regionaal ontgrondingenplan Noordzee 2 blijkt dat de behoefte aan zeezand steeds groter wordt. In 1974 werd nog maar 2,8 miljoen kuub zand gewonnen uit de Noordzee. Tot eind jaren tachtig groeide het aantal kuubs gestaag om begin jaren negentig even te stabiliseren rond 13 miljoen m³. Eind jaren negentig is de hoeveelheid toegenomen tot 23 miljoen m³. Na 2000 trad een sterke toename op tot 35 miljoen m³. Daarvan is 20 miljoen m³ aangevoerd voor ophoogzand op land en 15 miljoen m³ voor kustsuppletie. De verwachting is dat de stijgende trend de komende jaren zal doorzetten.

Vooraf voor grote infrastructurele projecten zijn nog enorme hoeveelheden zand nodig. Voor de tweede Maasvlakte gaat het om 400 miljoen m³, voor de containerterminal in Vlissingen is vorig jaar een vergunning verleend voor 20 miljoen m³. Het ministerie doet geen concrete voorspellingen over de hoeveelheden beton- en metselzand.

Rijkswaterstaat wil diepere winning toestaan (beneden de 2 meter NAP) en ook vaker toestemming geven voor de aanleg van permanente depots.

Om het chloride uit het zeezand te halen is het nodig om het gewonnen zeezand te spoelen met zoet oppervlaktewater. Dit gebeurt in speciale schepen. Echter in Zeeland is nauwelijks zoet oppervlaktewater te vinden om zeezand mee te spoelen. Voor het inladen van zoet water moet een (soms lange) omweg gemaakt worden, waardoor de kosten van het zeezand omhoog gaan.

Het grondwater in Zeeland is van nature op veel plekken brak tot zout. Dit betekent dat het aanbrengen van zout zand in dit geval geen verslechtering oplevert van de chemische toestand van het water. De Provincie Zeeland wil daarom een toetsingsinstrument opstellen waarin wordt aangegeven waar zout zand mag worden toegepast onder welke voorwaarden.

1.2 Doelstelling

Doelstelling van het project is het maken van een toetsingsinstrument dat:

- provincie dekkend een differentiatie aangeeft in beschermingsniveau van het grondwater rekening houdend met de natuurlijke chloride concentratie en de ruimtelijke status van het gebied;
- een inschatting geeft van de chloride flux rekening houdend met de grootte van de ophoging, de chlorideconcentratie van het zand en de plaatselijke infiltratiesterkte. Het project richt zich op open inrichtingen ('ophogingen'); constructies onder een vloeistofdichte verhardingslaag vallen buiten dit rapport.

Dit moet samen resulteren in een kaart die aangeeft waar zout zand wel, niet of onder voorwaarden kan worden gebruikt.

1.3 Huidige wetgevende context bouwstoffenbesluit (Bsb)

Het Bsb is sinds 1 januari 1999 van kracht. Het legt normen vast voor 130 stoffen. Het besluit is van toepassing op grond of overige steenachtige materialen die buiten in een werk worden toegepast en in contact kunnen komen met regen-, grond- of oppervlaktewater.

Toepassing van schone grond

De toepassing van zeezand als ophoogmateriaal valt onder het Bouwstoffenbesluit. Volgens het Bsb geldt een maximumconcentratie chloride van 200 mg/kg droge stof. Voor plaatsen waar direct contact mogelijk is met brak oppervlaktewater of zeewater met van nature een chloridegehalte van meer dan 5000 mg/l is er een vrijstelling van deze regel. Deze uitzondering geldt niet bij toepassing op landbodemp, ook al is het grondwater zout.

Toepassing voor bouwstoffen, niet zijnde schone grond

Voor toepassing van materialen binnen een werk gelden immissie-eisen. Voor gebruik op of in de landbodemp van een niet vormgegeven bouwstof die als categorie I bouwstof wordt toegepast geldt een immissiewaarde van 87.000 mg/m² per 100 jaar. Voor gebruik in oppervlaktewater is deze grens 174.000 mg/m² per 100 jaar. Toepassing van niet schone grond valt verder buiten het voorliggende rapport.

De Adviescommissie uitvoeringsknelpunten Bouwstoffenbesluit (augustus 2004)

De Adviescommissie uitvoeringsknelpunten Bouwstoffenbesluit heeft, na vragen van gebruikers van zout zand, geantwoord (VROM, 2004) dat het Bsb niet tussentijds aangepast kan worden. Wel is het mogelijk om gebruik te maken van de vrijstellingsregeling grondverzet (Stcrt. 1999, 180). Binnen deze vrijstellingsregeling kan grond met een volgens het Bsb te hoog chloridegehalte worden gebruikt voor grondverzet als een geldige bodemkwaliteitskaart beschikbaar is. De aan te brengen grond moet dan vergeleken worden met de kwaliteit van de ontvangende grond.

De adviescommissie benadrukt de relatie met het grondwater

“Gezien de grote oplosbaarheid en kortdurende verblijftijd van chloride in de onverzadigde zone van de bodemp, zal de invloed van chloride op de bodemkwaliteit zich vooral doen gelden in het grondwater. Derhalve geeft de Adviescommissie in overweging om in een gebied waarvoor een bodemkwaliteitskaart en beheersplan is vastgesteld en waar substantiële aanvoer van zand met een verhoogd chloridegehalte verwacht wordt, de van nature voorkomende chloride concentraties in het grondwater vast te laten stellen (eventueel bij de 5 jaarlijkse actualisatie van de bestaande bodemkwaliteitskaart). Op deze wijze kan de vracht die wordt toegevoegd aan het grondwater door toepassing van een partij zand met een verhoogd chloridegehalte, worden getoetst op vergelijkbare bodemkwaliteit’.

Ontwerpwijziging bodem en oppervlaktewaterenbescherming (oktober 2004)

Vooruitlopend op de definitieve aanpassing van het Bouwstoffenbesluit is door VROM een overgangsregeling getroffen, bestaande uit de tijdelijke Vrijstellingsregeling Bouwstoffenbesluit 2004 en de wijziging Uitvoeringsregeling Bouwstoffenbesluit, beide gepubliceerd in de Staatscourant van 29 oktober 2004. Voor chloride heeft dit wijzigingsvoorstel weinig veranderingen tot gevolg gehad. Alleen voor het gebruik van kleischelpen in duingebieden wordt een vrijstelling gegeven.

Op 22 december 2004 is de 'Voorpublicatie ontwerp tot wijziging Bouwstoffenbesluit bodem- en oppervlaktewaterenbescherming' in de Staatscourant gepubliceerd. Zandsuppleties op of in de kust van de Noordzee, Waddenzee of in de zoute Zeeuwse en Zuid-Hollandse wateren worden hierin vrijgesteld van informatieplicht zolang het zand uit die wateren afkomstig is. Met andere woorden: zand uit zoute wateren hoeft bij kustsuppleties niet meer onderzocht te worden. Het is nog niet helemaal zeker of dit artikel onverkort in het definitieve besluit terecht komt. Verwacht wordt dat deze aanpassing halverwege 2005 van kracht zal worden.

Gedoogregeling Bouwstoffenbesluit in Wvo gebied

Op 3 juni 2005 is een brief van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat verstuurd aan alle waterkwaliteitsbeheerders in Nederland. Daarin staat onder andere (in artikel i) dat zout zeezand dat gebruikt wordt voor zand- en kustsuppletie niet gekeurd hoeft te worden, mits er op grond van kennis of visuele waarneming geen enkele aanleiding is om te veronderstellen dat het zand niet voldoet aan de samenstellingswaarden voor schone grond. Tot 1 januari 2006 mag deze situatie gedoogd worden. Na die datum is een aangepast Bouwstoffenbesluit van kracht.

1.4 Voorziene veranderingen in het bouwstoffenbesluit (2007)

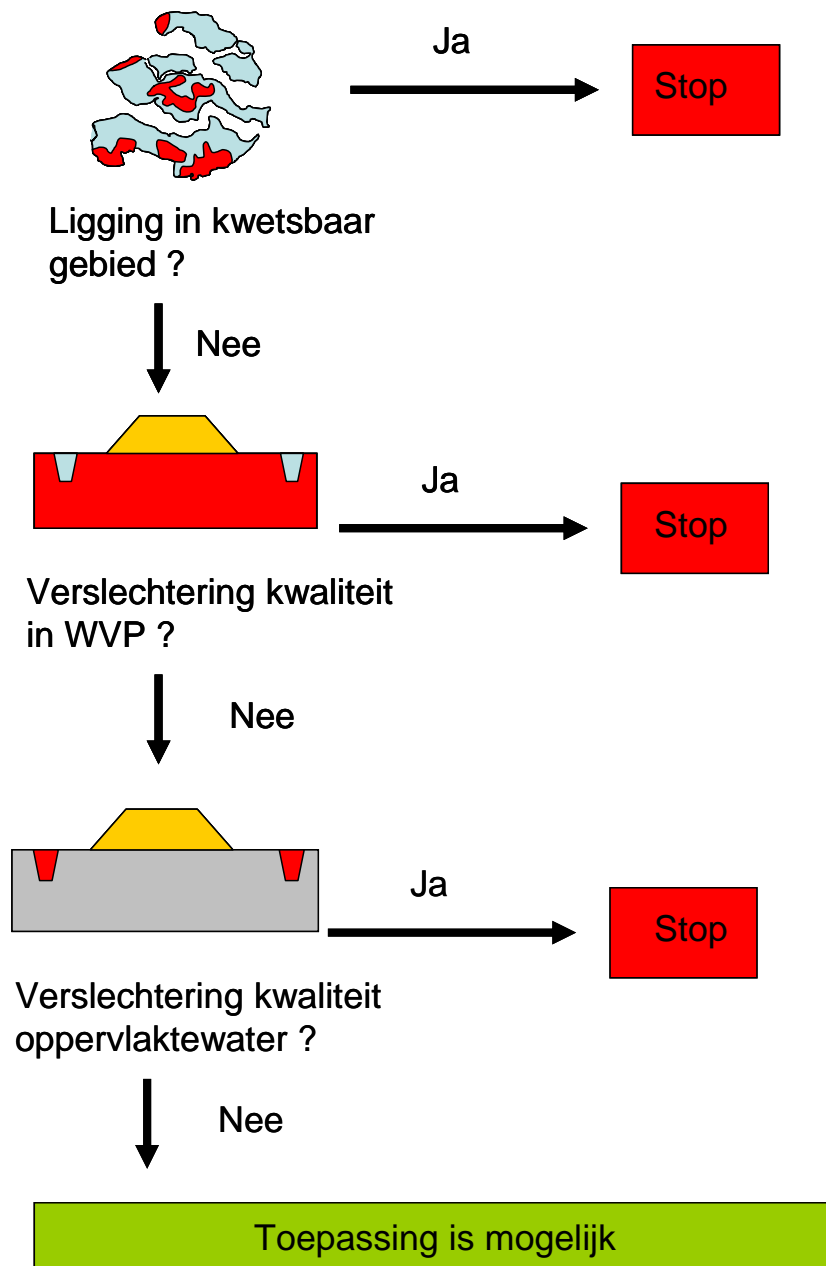
Momenteel is het Ministerie van VROM bezig om het Bouwstoffenbesluit te wijzigen. Zo het er nu uitziet, gaat er een 'AMvB bouwstoffen' en 'AMvB grond en bagger' komen. Voor zover nu bekend zal de toepassing van grond vallen onder de AmvB grond en bagger. Er wordt gestreefd naar meer vrijheid voor het invullen van lokaal beleid.

Deze wijzigingen in het besluit zijn niet eerder voorzien dan in 2007 met mogelijk uitstel tot nog later. Vooruitlopend op deze bevoegdheden voor lagere overheden is bij de Provincie Zeeland behoefte om de mogelijkheden van toepassing van zout zeezand en de effecten daarvan te verkennen.

2 STROOMSCHEMA: AANPAK OP HOOFDLIJNEN

In welke gevallen kan zout zeezand worden toegepast zonder milieurisico's voor de omgeving te geven? De centrale vraag van deze studie wordt toegelicht aan de hand van onderstaand stroomschema waarin 3 vragen worden behandeld:

1. ligt de locatie in een kwetsbaar gebied voor natuur of drinkwaterwinning?
2. wordt de kwaliteit van het watervoerend pakket verslechterd?
3. wordt de kwaliteit van het oppervlaktewater verslechterd?



Figuur 2.1 Stroomschema voor beoordeling van toepassingsmogelijkheden zout zand

Alleen als alle drie vragen met 'nee' beantwoord worden mag het zoute zand toegepast worden.

1. Ligt de locatie in een kwetsbaar gebied?

Deze stap is technisch uitgewerkt in paragraaf 3.1.

Kwetsbare gebieden zijn de gebieden die door de Provincie Zeeland zijn aangemerkt als zoetwatervoorkomen, grondwaterbeschermingsgebied of kwetsbare gebied voor natuur en landbouw. Op basis van de door Provincie Zeeland aangeleverde GIS-bestanden is bepaald dat ongeveer 37% van het totale landoppervlak als kwetsbaar gebied is aangemerkt. Dit is ongeveer 66.000 ha op een totale oppervlakte van 180.000 ha. De kwetsbare gebieden zijn op kaart weergegeven in bijlage 1d.

2. wordt de kwaliteit van het watervoerend pakket verslechterd?

Deze stap is technisch uitgewerkt in paragraaf 3.2.

Wanneer de zoutconcentratie van het ophoogzand hoger is dan de concentratie in het watervoerend pakket zal de zoutconcentratie in het watervoerend pakket toenemen. Of dit ook daadwerkelijk een probleem is hangt af van een aantal factoren:

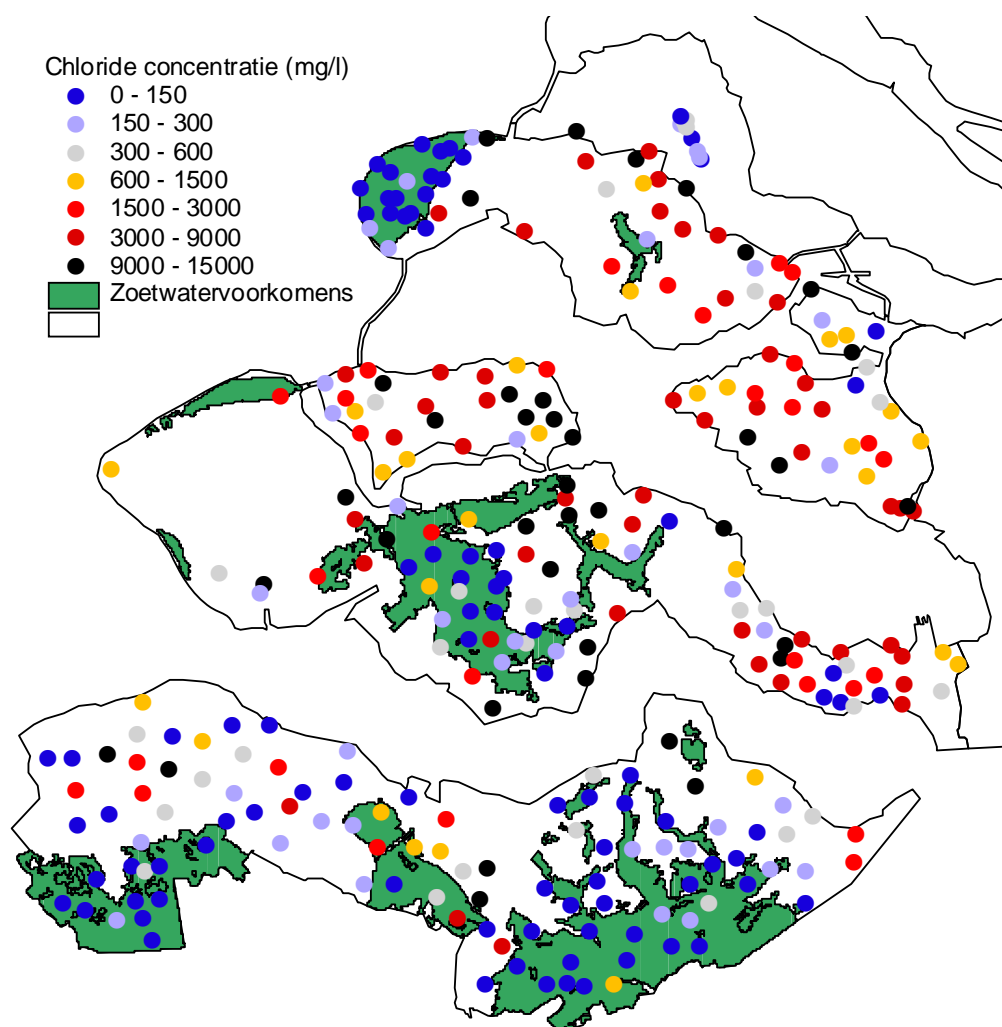
- de mate waarin de concentratie chloride verandert. Hiervoor moet in overleg met de provincie Zeeland nog een criterium worden afgesproken;
- het grondwatergebruik in de omgeving van de ophoging.

In paragraaf 3.2 wordt een handleiding gegeven hoe met een simpele formule de concentratieverandering in het grondwater bepaald kan worden. Aangeraden wordt om bij een ophoging van aanzienlijke grootte een peilbuis te plaatsen en het chloridegehalte ter plaatse te controleren. In figuur 2.2 wordt een kaart gepresenteerd met de gemeten chloride gehalten in het freatische pakket. Op dit kaartje is te zien dat chloride gehalten aanmerkelijk kunnen verschillen en dat het daarom moeilijk is om op regionale schaal conclusies te trekken. Bovendien bepalen lokale omstandigheden in sterke mate de chloride concentratie. Bijvoorbeeld een peilbuis naast een sloot of een weg is anders geochemisch beïnvloed dan een peilbuis midden in een weiland.

Gebruikte data chloride metingen Figuur 2.2

Er is gebruik gemaakt van de dataset uit een eerdere studie [IWACO, 1999], op basis van door de Provincie Zeeland beschikbaar gestelde data. Chloride metingen zijn beschikbaar met meetreeksen van soms meer dan 300 waarnemingen. Van alle metingen is de gemiddelde chloride concentratie bepaald. Uit de dataset zijn de peilbuizen geselecteerd met een filter ondieper dan NAP -10meter. In geval er meerdere filters voorkomen is het bovenste filter gekozen. De kaart met zoetwatervoorkomens is aangeleverd door de Provincie Zeeland.

Een betere manier voor inzicht in de chloride concentraties is een geïnterpreteerde kaart van het zoet-zout grensvlak. Een dergelijke kaart, opgesteld door TNO-NITG, is in concept gereed (zie later in dit rapport in figuur 3.4). Opgemerkt dient te worden dat deze kaart nog aanmerkelijk aangepast zal worden de komende tijd.



Figuur 2.2 Gemeten concentraties chloride in het freatische grondwater in relatie tot de ligging tot de zoetwatervoorcomens in het grondwater. Het zoutgehalte wordt vaak beïnvloed door lokale factoren

Als tweede criterium dient gekeken worden naar de relatie van het grondwater met de directe omgeving. Het meest belangrijk zijn:

- waardevolle natuurgebieden (die niet als kwetsbaar zijn getypeerd in stap 1) en de afhankelijkheid hiervan voor zoet of zout grondwater;
- landbouwgebieden en de kwetsbaarheid voor verandering in zoutgehalte in het grondwater.

3. wordt de kwaliteit in het oppervlaktewater verslechterd?

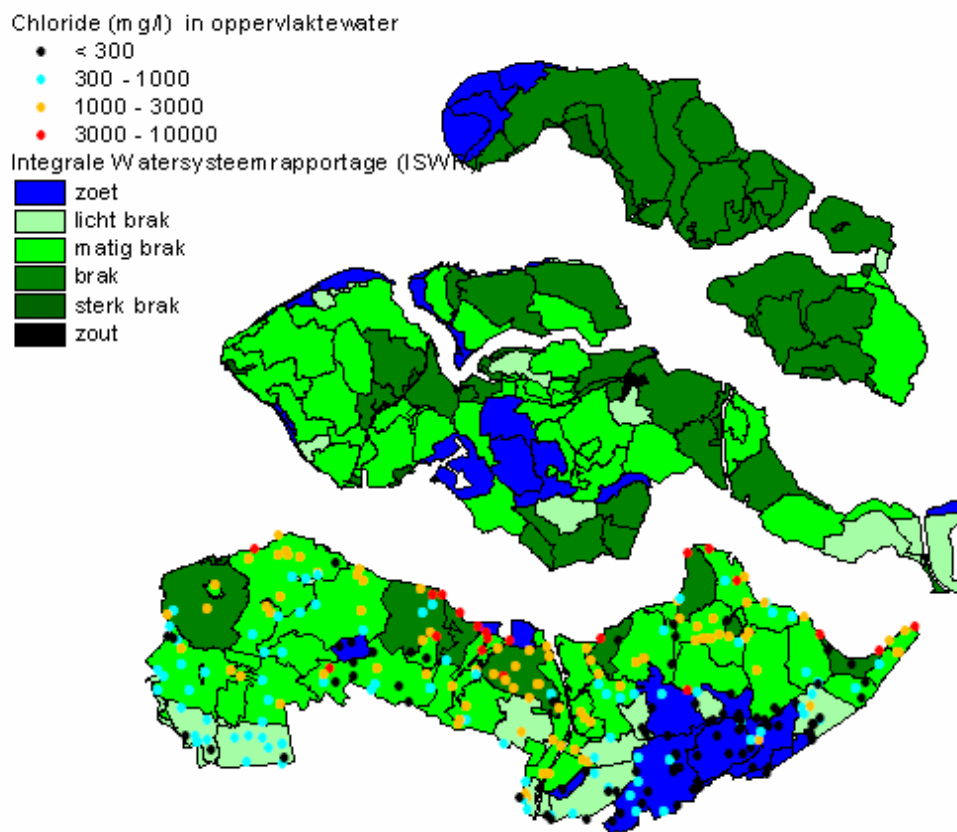
Deze stap is technisch uitgewerkt in paragraaf 3.3.

Uit eerder onderzoek blijkt dat de piek in extra chloride concentratie na ongeveer 1 aan 1,5 jaar is te verwachten. In paragraaf 3.3 wordt toegelicht hoe deze concentratie uit een tabel is af te leiden. Daarnaast moet rekening worden gehouden met de stroomsnelheid en de verversing in het oppervlaktewater van de waterloop. In samenspraak met het waterschap dient bepaald te worden of de verandering acceptabel is. Hierbij kan zowel gekeken worden naar de toename in concentratie chloride als de toename in chloridevracht.

In de praktijk wordt door het waterschap per lozingsgeval gekeken naar de 'natuurlijke' achtergrondwaarden in het oppervlaktewater. Globaal wordt er onderscheid gemaakt in vier klassen:

- zoet water tot 300 mg/l chloride;
- licht brak van 300 tot 3.000 mg/l chloride;
- brak water van 3.000 tot 10.000 mg/l chloride;
- sterk brak water > 10.000 mg/l chloride.

Het te lozen water mag globaal binnen het interval met achtergrondconcentraties vallen. Grotere schommelingen hebben een negatief effect op de aquatische leefgemeenschappen. Voor deze beoordeling is het van belang om ook de duur en het jaargetijde van de lozing te weten. In de praktijk is dit voor elke lozing maatwerk. De kaart uit de integrale watersysteemrapportage (ISWR) geeft een globaal regionaal overzicht (Figuur 2.3). Om een indruk te krijgen hoe deze indeling overeenkomt met puntwaarnemingen, zijn de gemiddeld gemeten concentraties (in de periode 1985-2004) uit het meetnet van het Waterschap Zeeuws Vlaanderen ook op deze kaart gepresenteerd. De twee kaarten komen redelijk met elkaar overeen. Opvallend is dat de gemeten concentraties gedurende het seizoen en het jaar sterk kunnen fluctueren. Het gepresenteerde beeld in figuur 2.3 moet daarom gezien worden als een gemiddelde en niet als een nauwkeurige weergave van de huidige situatie.



Figuur 2.3 Indeling in zoet/zout kwaliteit van het oppervlaktewater per ISWR eenheid (vlakken op de kaart) en gemiddeld gemeten chloride concentraties (stippen op de kaart; alleen beschikbaar in Zeeuws Vlaanderen)

3 NADERE TECHNISCHE BESCHOUWING

3.1 Stap 1: Ligging in kwetsbaar gebied

In stap 1 is een onderverdeling gemaakt in de kwetsbare en niet kwetsbare gebieden. Zout zand mag niet toegepast worden in de kwetsbare gebieden. Als kwetsbare gebieden zijn gedefinieerd:

- de gebieden met zoetwatervoorkomens tot een diepte van minimaal 15 meter of die reikt tot aan de geohydrologische basis (kaart 1b);
- de grondwaterbeschermingsgebieden. Deze gebieden liggen logischerwijs allemaal binnen de zoetwatervoorkomens (kaart 1c);
- de door de provincie Zeeland aangewezen kwetsbare gebieden voor natuur en landbouw, inclusief de omliggende bufferzones (kaart 1d). Deze gebieden liggen deels binnen de zoetwatervoorkomens, maar kunnen ook brakwatergebieden zijn (bijvoorbeeld het land van Saeftinghe).

De drie bovengenoemde kaarten zijn over elkaar heen gelegd. Dit geeft een kaart met kwetsbare gebieden waar geen zout zand mag worden toegepast (Kaart 1a). Voorlopig is aangenomen dat in natuurgebieden weinig ophoogzand zal worden aangebracht. Een nadere beschouwing van de zoutafhankelijkheid van verschillende type natuurgebieden is daarom nog niet gemaakt. Voor een nadere analyse kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van de natuurdoeltypenkaart (Bijlage 1e). De natuurdoeltypes 'zilt grasland en brakke ruigte', 'brakwatergemeenschap', en 'deltawateren' vragen en verdragen veel hogere chloridegehalten dan de andere natuurdoeltypes. Op basis van deze kennis kan een meer gedetailleerde kaart worden gemaakt. Deze analyse is nog niet gemaakt

Ook is nog geen rekening gehouden met de mogelijkheid om watervorraden verder te verzoeten (de zoet waterkansenkaart).

3.1 Stap 2: Verandering concentratie in watervoerend pakket

Stap 2a: Concentraties in het zeezand en effect van spoelen

Het zeewater heeft een chlorideconcentratie van ongeveer 15.000 mg/l. Wanneer het zand wordt opgepompt is het mengsel geheel verzadigd met ongeveer 40% water en een zoutrest van ongeveer 4.500 mg/kg ds. Door het water af te pompen resteert een vochtpercentage van ongeveer 10 a 15 procent met een chloride concentratie van 2100 mg/kg ds. Door het zand te spoelen kan de chloride concentratie in het zand en het water verder worden teruggebracht (zie tabel 3.1).

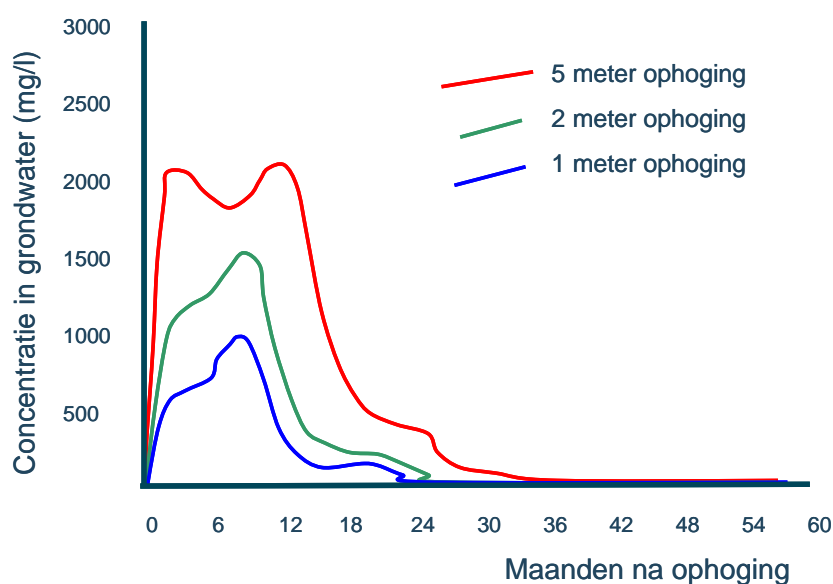
Tabel 3.1 Chloride concentraties in het zand en het poriënwater bij verschillende ontziltingsniveau's

	Chloride concentratie in zand (mg/kg ds)	Chloride concentratie in het poriënwater (mg/l)
Geheel verzadigd	4500	14.000 – 17.000
Ongespoeld	2100	14.000 – 17.000
Matig ontzilt	500	3500 – 5000
Goed ontzilt	200	1300 – 2000
'volledig'ontzilt	35	200 – 300

Stap 2b: Concentraties chloride uit het opgebrachte zand

Wanneer zout zeezand als ophoogmateriaal wordt aangebracht zal het chloride uitspoelen naar de ondergrond. Stroming vindt plaats door de onverzadigde zone langs voorkeursstroombanen. Daarom spoelt het zand geleidelijk en vertraagd uit naar het grondwater. Het transport wordt niet verder vertraagd door andere processen zoals adsorptie.

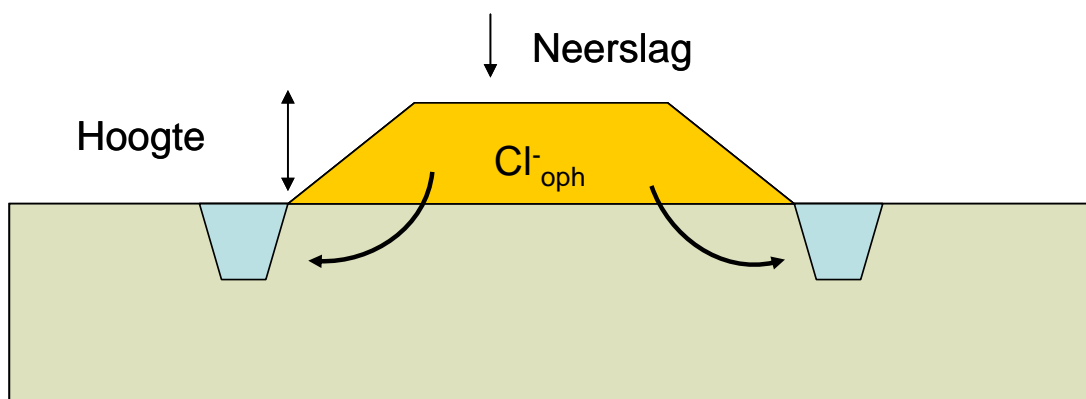
Voor een kwantitatieve inschatting van de hoeveelheid chloride dat uitspoelt is gebruik gemaakt van eerder onderzoek [De Meent, 1998]. In figuur 3.1 is de uitspoeling uit zeezand berekend met een gemiddelde concentratie van 2000 mg/l. Er is gebruik gemaakt van een onverzadigd transportmodel.



Figuur 3.1 Concentratieverloop in chloride (mg/l) van het uittrekkende poriënwater voor verschillende ophogingen

De concentratie chloride van het water dat uit het zandlichaam spoelt wordt bepaald door een aantal factoren:

- de chloride concentratie van het ophoogzand (Cl^-_{oph});
- de hoogte van de ophoging;
- de effectieve neerslag (neerslag minus verdamping).



Figuur 3.2 Factoren die de concentratie chloride van het uitgespoelde poriënwater bepalen

De berekeningen zijn gecombineerd met een expert opinion van Royal Haskoning. Door ons is aangenomen dat chloride zich conservatief gedraagt en dat daarom een twee keer zo lage zoutlast resulteert in een twee keer zo lage uitspoeling. In tabel 3.2 is te zien dat als 1 meter ongespoeld zeezand als ophoogmateriaal wordt gebruikt een maximum concentratie van 10.000 mg/l chloride naar het grondwater is te verwachten.

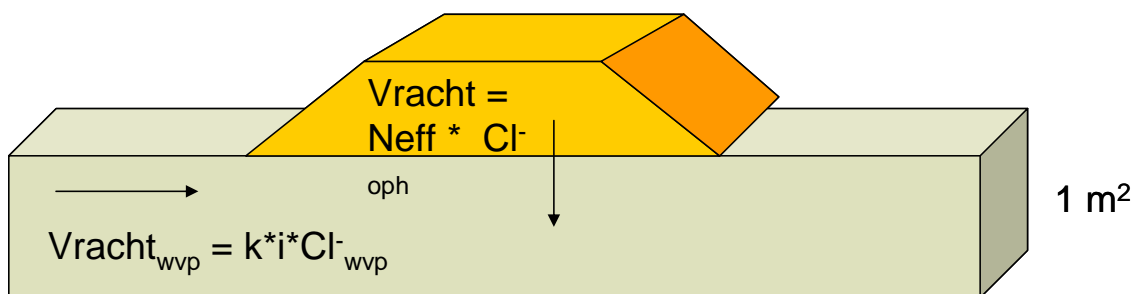
Tabel 3.2 De te verwachten maximale concentratie chloride (mg/l) in het uittrekkende poriënwater

Concentratie in water ophoogzand	Hoogte ophoging		
	1 meter	2 meter	5 meter
300 mg/l	200	225	300
2.000 mg/l	1000	1500	2000
5.000 mg/l	3333	3750	5000
15.000 mg/l	10000	11250	15000

Stap 2c: de verandering in concentratie in het grondwater

Het zoute poriënwater infiltreert naar het grondwater en zal hier mengen tot een nieuwe gemiddelde concentratie. Deze concentratie kan worden bepaald door de verhouding in vrachfluxen uit te rekenen (figuur 3.3):

- de vrachflux chloride uit het opgehoogde materiaal wordt bepaald door de gemiddelde concentratie in het zeezand (Cl^-_{oph}) en de grondwateraanvulling (N_{eff});
- de vrachflux chloride van het grondwater wordt bepaald door de grondwatergradiënt (i), de doorlatendheid van de ondergrond (k) en de achtergrondconcentratie chloride in het grondwater (Cl^-_{wvp}).



Figuur 3.3 Verhouding in vracht uit ophoging en de vracht in het watervoerend pakket bepaalt de resulterende concentratie in het grondwater

Toelichting bij vrachtflux uit ophoging

In Zeeland valt gemiddeld 800 mm neerslag. Op een vers opgehoogd terrein kan dit water makkelijk in de bodem infiltreren. We hebben aangenomen dat een hoeveelheid van 400 mm/jaar kan infiltreren. De overige 400 mm verdampt. Ook is aangenomen dat er geen grondwater snel via (nog resterende) drainage wordt afgevoerd. Beide zijn een worst case aanname. In onderstaande tabel is te zien dat afhankelijk van de zoutconcentratie van het opgehoogde zand jaarlijks 0,08 tot 6 kg per m² opgehoogd terrein kan uitspoelen.

Tabel 3.3 Vier rekenvoorbeelden van de hoeveelheid chloride die kan uitspoelen uit een ophoging

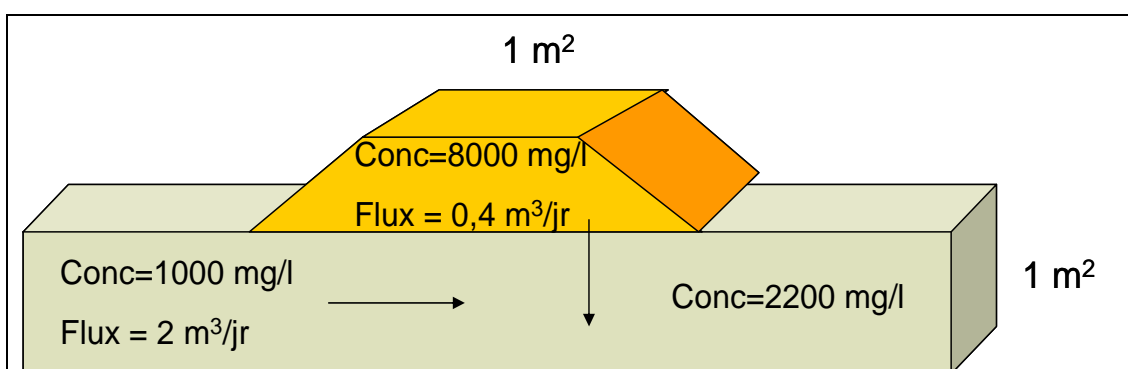
Grondwateraanvulling (mm/jaar)	Chloride concentratie in het uittrekende poriënwater van het opgehoogde zand (mg/l)	Uitgespoelde vracht chloride per m ² ophoging (kg/jr/m ²)
400	200	0,08
400	1.000	0,4
400	5.000	2
400	15.000	6

Toelichting bij vrachtflux in watervoerend pakket

Grondwater stroomt horizontaal door de watervoerende pakketten onder de ophoging door. De opbouw van de ondergrond in Zeeland is sterk heterogeen. In Zeeuws Vlaanderen komen de fijne dekzanden van Formatie van Twente ondiep voor (doorlatendheid circa 10 m/dag). Op de Zeeuwse eilanden geven de heterogene holocene zanden plaatselijk een sterkere variatie in doorlatendheid (van circa 5 m/dag tot 25 m/dag). De gradiënt in grondwaterstroming is het hoogste in de buurt van de hoog gelegen infiltratiegebieden (de duinen) en laag gelegen kwelgebieden. Rond deze zones is de gradiënt in grondwaterstroming het grootst (1m per km). In het westelijk gedeelte van Zeeuws Vlaanderen is de grondwaterstroming het minst groot (< 1m per 6 km). De achtergrondconcentratie in het grondwater varieert sterk (zie figuur 2.2): van 100 mg/l in de zoetwaterbellen waardes tot groter dan 15.000 mg/l. Voor drie situaties is de vracht aan chloride berekend die door een oppervlakte van 1m² heen stroomt (Tabel 3.4). Dit zijn ongeveer de maximum, gemiddeld en minimum vrachten chloride in het grondwater.

Tabel 3.4 Drie rekenvoorbeelden van de hoeveelheid vracht chloride die jaarlijks door het watervoerend pakket stroomt

Doorlatendheid van het watervoerend pakket (m/dag)	Gradiënt in het watervoerend pakket (m/m)	Achtergrond Concentratie chloride (mg/l)	Vracht chloride in wvp per m ² doorstroomd oppervlak (kg/jr/m ²)
20	0,001	10.000	73
10	0,0005	3000	5,5
5	0,0001	300	0,1



Figuur 3.4 Voorbeeld van het mengen van water uit een ophoging en het watervoerend pakket

Een rekenvoorbeeld

De resulterende concentratie in het grondwater kan eenvoudig worden berekend door rekening te houden met de verhouding in grondwaterfluxen tussen de ophoging en het watervoerende pakket. In onderstaand voorbeeld stroomt door het watervoerende pakket 5 keer zo veel water in vergelijking met de uitspoeling uit de ophoging. Daarom stijgt de concentratie in het watervoerende pakket van 1000 mg/l tot 2200 mg/l wanneer uit de ophoging 8000 mg/l stroomt. Bij andere afmetingen van de ophoging wordt de verhouding in concentraties uiteraard anders. Ook bij verdere infiltratie in het watervoerend pakket worden de concentraties verder verdund.

Stap 2d: Beoordeling van verandering in concentratie in het watervoerend pakket

Wanneer de concentratie chloride in het grondwater hoger wordt ten gevolge van een ophoging moet beoordeeld worden of dit negatieve gevolgen heeft voor de omgeving.

De volgende vier risico's worden onderscheiden:

- verandering in oppervlaktewaterkwaliteit. Dit wordt nader uitgewerkt in stap 3;
- wanneer er geen oppervlaktewater in de buurt ligt kan het water infiltreren en elders weer opkwellen¹. Vanwege de lange reisweg zal het chloride door dispersie kunnen uitwaaieren en aanzienlijk verdund worden. Dit zal naar onze mening geen significante verandering in grondwaterkwaliteit in het kwelgebied tot gevolg hebben. Dit geeft dus geen risico voor de omgeving;

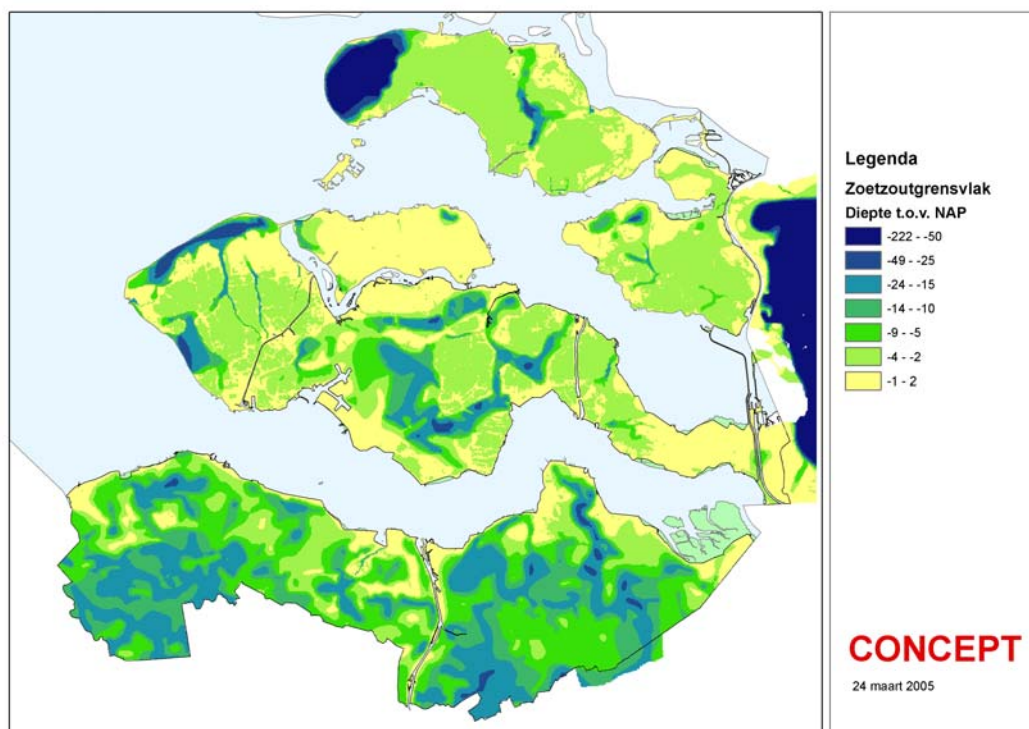
¹ De regionale infiltratiegebieden zijn ook de zoetwatervoorkomens en al in stap 1 als kwetsbaar gebied gedefinieerd. Het betreft in dit geval de overblijvende kleinere infiltratiegebieden

- risico's voor waardevolle natuurgebieden (die niet als kwetsbaar zijn getypeerd in stap 1) in de omgeving. Nagegaan moet worden in hoeverre de terrestrische natuur gevoelig is voor verandering in het zoutgehalte van het grondwater. Dit is in de praktijk vaak maatwerk. Per type natuurgebied en natuurdoeltype gelden specifieke eisen;
- risico's voor landbouwgebieden en de kwetsbaarheid voor verandering in zoutgehalte in het grondwater voor de teelt van gewassen. Tabel 3.4 geeft de kritieke grens aan van verschillende bomen en struiken. Boven deze grens kan er schade optreden. In de winter, als planten en struiken in rust zijn, is de gevoeligheid minder groot (mondelinge mededeling BPB).

Tabel 3.5 Gevoeligheid van bomen en struiken voor chloride concentratie van het bodemvocht (BPB, 2000)

Boomsorten	Gevoeligheid	Gewenste chloride concentratie in de bodem
Kers,	Gevoelig	< 600 mg/l
Esdoorn, berk, beuk, eik, es, lariks, spar, den, iep	Matig gevoelig	< 1200 mg/l
Els, duindoorn, plataan, populier, wilg, linde	Matig tolerant	< 3500 mg/l

Om na te gaan in welk type geohydrologisch gebied een beoogd op te hogen terrein ligt kan gebruik worden gemaakt van de (concept) kaart met de ligging van het brak-zout vlak. Uit deze kaart kunnen ook de kwel en de infiltratiegebieden worden afgeleid. Onder de infiltratiegebieden (bijvoorbeeld de duinen) ligt het brak-zout vlak diep; onder de kwelgebieden komt het brak-zout vlak op geringe diepte voor.

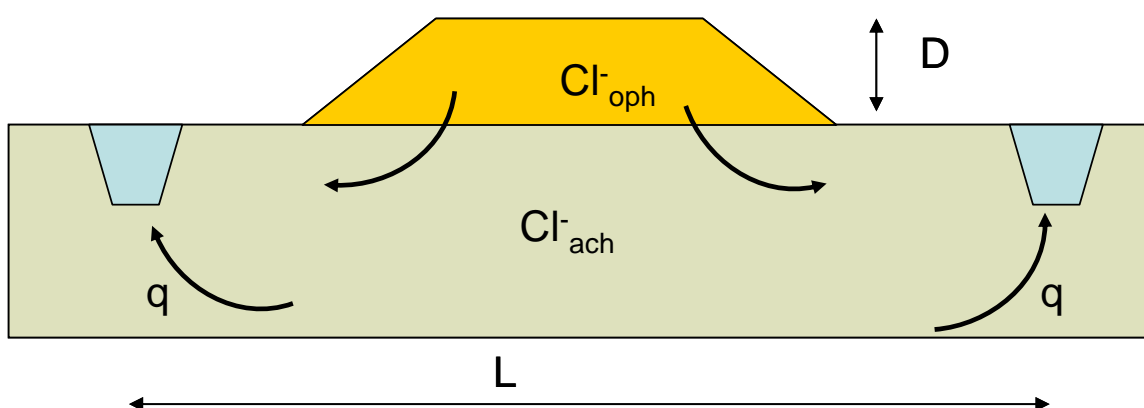


Figuur 3.5 Diepteligging van het brak-zout grensvlak (1000 mg/l) (Aangeleverd door Provincie Zeeland op basis van studie van TNO-NITG)

3.2 Stap 3: de uitspoeling naar het oppervlaktewater

Wanneer de ophoging in een kwelgebied is gelegen zal het grondwater worden gedraineerd door de omliggende sloten. De concentratie van het uitstromende grondwater naar de sloot is afhankelijk van:

- de slootafstand (L);
- de concentratie van het uittredende poriënwater (Stap 2b);
- de kwelintensiteit (q);
- de achtergrondconcentratie in het watervoerend pakket (C_{wvp}).



In hoeverre het chloridegehalte in de waterloop ook daadwerkelijk verandert is afhankelijk van de hoeveelheid water die door de sloot stroomt. Dit kan in de beschouwing mee worden genomen door de verhouding tussen grondwater-drainagedebiet en het oppervlaktewaterdebiet te bepalen.

Voor inzicht in de afstroming naar het oppervlaktewater wordt gebruik gemaakt van het eerder uitgevoerde onderzoek 'Zeezand als ophoogzand in Noord-Brabant' [De Meent, 1998]. In dit onderzoek zijn 48 berekeningen gemaakt voor uitspoeling van zout zeezand. Uitgangspunt in dit onderzoek is een zoete (Brabantse) ondergrond waarop een ophoging met zout zeezand van 2000 mg/l wordt aangebracht². Voor verschillende hoogtes van ophoging, slootafstand en kwelintensiteit is berekend wat dit betekent voor de uitstroming naar de sloot. In alle gevallen wordt na circa 1 tot 1,5 jaar een piekbelasting berekend in de sloot. Deze piekbelasting kan dus gezien worden als de extra zoutbelasting ten opzichte van de hoeveelheid zout die normaal wordt gedraineerd en afgevoerd. De chloridevracht wordt voornamelijk bepaald door de kwelintensiteit en de slootafstand. De doorlatendheid van de ondergrond blijkt een minder grote rol te spelen.

² Bij een andere concentratie van het opgehoogde zand kan de berekende concentratie en vracht met een evenredig deel gecorrigeerd worden

De resultaten zijn samengevat in onderstaande tabel. Als de kwelintensiteit toeneemt, zal meer water naar de sloot toestromen. Daarom neemt de totale vracht aan chloride toe (met iets lagere concentraties). Als de slootafstand toeneemt, wordt het te draineren gebied groter. Daarom zal ook de vracht toenemen.

Tabel 3.6 Maximaal extra uittredende chloride concentratie (mg/l) per meter slootlengte bij een ophoging met een concentratie van 2000 mg/l

L=	Ophoging 1m				Ophoging 2m				Ophoging 5m			
	25	50	100	200	25	50	100	200	25	50	100	200
Q = 0,1	300	280	250	210	540	490	460	420	920	850	810	800
Q = 0,5	260	230	220	190	450	420	390	360	890	740	710	670
Q = 1,0	230	200	190	180	420	350	330	320	790	710	670	620
Q = 2,0	200	160	150	140	350	300	290	260	620	560	550	550

Q = kwel (mm/dag)

L = Slootafstand (m)

Tabel 3.7 Maximaal extra uittredende chloride vracht (g/dag) per meter slootlengte bij een ophoging met een concentratie van 2000 mg/l

L=	Ophoging 1m				Ophoging 2m				Ophoging 5m			
	25	50	100	200	25	50	100	200	25	50	100	200
Q = 0,1	4	7	12	22	7	13	24	44	17	31	59	113
Q = 0,5	4	8	14	24	8	15	27	49	20	34	64	121
Q = 1,0	5	9	16	29	10	17	32	58	23	39	73	138
Q = 2,0	6	11	20	38	12	21	40	75	25	46	90	173

Q = kwel (mm/dag)

L = Slootafstand (m)

Om een indruk te krijgen van de zoutvracht zijn in onderstaande tabel een aantal situaties berekend. Voor een gemiddelde sloot, wetering en boezemkanaal is berekend welke vrachten chloride ongeveer dagelijks door het systeem stromen. Vergelijking van tabel 3.7 en 3.8 leert dat alleen in een zeer beperkt aantal gevallen de vracht vanuit een ophoging van vergelijkbare grootte kan zijn als de vracht die van nature door de waterloop stroomt. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer een aanzienlijke ophoging (qua dikte en oppervlak) langs een zoete waterloop wordt aangebracht.

Tabel 3.8 Berekende vracht chloride (kg/dag) voor verschillende typen waterlopen qua grootte en chlorideconcentratie

	Debiet (m ³ /s)	Chloride concentratie		
		300 mg/l	3000 mg/l	10000 mg/l
Sloot	0,05	1.4	365	328050
wetering	0,5	14	3645	3280500
boezemkanaal	5	135	36450	32805000

4 SYNTHESE EN VOORSTEL VOOR SYSTEMATIEK

Doel is het maken van een kaart die eenvoudig kan worden gebruikt ter beoordeling of zout zand wel of niet mag worden toegepast. In hoofdstuk 2 en 3 is aangegeven welke factoren een rol spelen: de concentratie van het zand, de hoeveelheid en dikte van het zand, de geohydrologische omstandigheden, de achtergrondconcentratie en de omgeving (oppervlaktewater, natuurgebieden).

4.1 Hoeveelheid chloride in zeezand ten opzichte van overige emissies

Om een indruk te krijgen van de belasting van de ondergrond met chloride is een vergelijking gemaakt met de jaarlijkse emissie van chloriden naar het oppervlaktewater (Tabel 4.1) en het gebruik van strooizout (Tabel 4.2). In deze tabel is te zien dat jaarlijks gemiddeld ongeveer 5000 ton chloride wordt gebruikt als strooizout. De belasting naar het oppervlaktewater uit industrie en rioolwater bedraagt ongeveer 12.000 ton per jaar (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Emissie van chloride naar het oppervlaktewater in de provincie Zeeland in 2002 (bron www.emissieregistratie.nl)

	Jaarlijkse emissie (ton)
Industrie	3911
RWZI's	8005
Overig	69
TOTAAL	11.985

Tabel 4.2 Gebruik van strooizout op de wegen in Zeeland (Colsen, 2004)

	Gebruik in ton/jaar	
	Zout (NaCl)	Chloride (Cl)
Provincie Zeeland	± 2400	± 1450
Waterschappen	± 1100	± 670
Gemeenten	± 1250	± 760
Rijkswaterstaat	± 3000	± 1820
TOTAAL	± 7750	± 4700

Ter vergelijking:

1. voor het ophogen van een woonwijk van 40 ha met één meter zand is 400.000 m³ zand nodig, ofwel ongeveer 700.000 kg zand. Wanneer dit zand niet gespoeld wordt geeft dit een vracht chloride van ongeveer 1,5 ton;
2. bij de aanleg van rondweg Zaamslag in de Gemeente Terneuzen is 53.657 m³ zand gebruikt. Het chloride gehalte van zout zand is volgens opgave van De Hoop uit Terneuzen ongeveer 600 mg/kg. Bij een soortelijke massa van 1400 kg/m³ geeft dit 75120 ton zand waarin 45071 kg zout in de fundatie zou zijn verwerkt. Per m² komt het neer op 1,2 kg (Rijkswaterstaat, 2005). In de praktijk is hier geen zout zand gebruikt;
3. in een gemiddelde winter wordt 30 keer per jaar gestrooid. Bij het nat strooien staan de strooiers afgesteld op 7 gram per m². Per jaar komt er aan zout per m² meter weg 210 gram strooizout in de wegbermen terecht (Rijkswaterstaat, 2005).

Conclusie: de hoeveelheden chloride in zout zand zijn in absolute termen gering ten opzichte van het jaarlijkse gebruik in strooizout en de jaarlijkse emissie naar het oppervlaktewater. De belasting per m² is wel hoger.

4.2 Op weg naar één beoordelingskaart

Doel van dit project is het maken van een eenvoudig beoordelingsinstrument voor het gebruik van zout zeezand.

Wij voorzien twee opties voor een systematiek:

1. een systeem met alleen kaarten;
2. een systeem met simpele berekeningen aangevuld met een kaart waar zout zand nooit mag worden toegepast.

Voordeel van de eerste systematiek is dat deze het makkelijkst te gebruiken is. Nadeel is dat mogelijke negatieve lokale aspecten over het hoofd worden gezien. Bijvoorbeeld de aanwezigheid van bijzondere vegetatie, natuur of zoetwatervoorkomens. In de tweede optie wordt daarom meer maatwerk geleverd.

4.2.1 Een systeem met alleen kaarten

Op basis van een set van kaarten wordt beslist of het zand wel of niet mag worden toegepast. De volgende onderverdeling is mogelijk:

1. gebieden waar het zout zand niet mag worden toegepast (zoetwatervoorraden, natuurgebieden, drinkwaterbeschermingsgebieden). Als basis kan de huidige kaart bijlage 1a worden gebruikt;
2. gebieden waar zout zand altijd mag worden toegepast. Dit zijn de gebieden waar het zoet-zout vlak minder dan 5 meter diep ligt;
3. overige gebieden waar een expert opinion nodig is. Toepassing is afhankelijk van de hoeveelheid, dikte en concentratiegraad van het gebruikte zand en de lokale omstandigheden. Naar verwachting is het areaal van dit gebied relatief klein.

Om dit verder te kunnen uitwerken zijn minimaal nog de volgende acties nodig:

- het opnemen van de definitieve zout-zoutkaart van TNO-NITG. Deze kaart geeft een beeld van de regionale verdeling van zoet en zoutwatergebieden;
- een beslissing of de bufferzones rond de natuur en landbouwgebieden wel of niet worden meegenomen. Het wel meenemen van de bufferzones is een meer veilige methode.

Met de volgende verfijningen kunnen de kaarten nog eventueel verfijnd worden:

- het verwerken van geleidbaarheidsgegevens uit stedelijke Bodem Informatie Systemen. Hiermee kan binnen stedelijk gebied waarschijnlijk een meer precieze uitspraak worden gedaan over chloride concentraties in de ondergrond. Hiervoor moet eerst nog een ijkrelatie worden gemaakt tussen de gemeten geleidbaarheid en chloride gehalte. Binnen de bebouwde kom kunnen deze aanvullende gegevens worden gebruikt;
- het differentiëren van natuurgebieden op basis van bijvoorbeeld natuurdoeltypes.

4.2.2 Een systeem met een kaart aangevuld met simpele berekeningen

Als alternatief kan een beslissysteem worden gemaakt waarin een combinatie wordt gebruikt van een kaart en berekeningen.

1. als eerste stap worden de gebieden aangegeven waar het zout zand niet mag worden toegepast (zoetwatervoorraden, natuurgebieden, drinkwaterbeschermingsgebieden). Als basis kan de huidige kaart bijlage 1a worden gebruikt;
2. de tweede stap is een nadere beschouwing voor de overige gebieden. Hiervoor wordt beoordeeld wat het effect is van het gebruik van zout zand op het watervoerend pakket, het oppervlaktewater en de omgeving. Per geval wordt dus de beïnvloeding beoordeeld. Dit kan door het toepassen van eenvoudige formules en tabellen zoals gepresenteerd in dit rapport. Dit kan worden vergemakkelijkt door de systematiek onder te brengen in een geautomatiseerde versie.

LITERATUUR

BPB 2000

Adviesbasis voor de bemesting van boomkwekerijgewassen vollegrondsteelt.
ISBN 90-802469-9-9. Boomteelt Praktijkonderzoek Boskoop 2000

Colsen 2004

Colsen bv adviesbureau voor milieutechniek. Wat is duurzame innovatie? Een leerproces voor overheid en MKB. Case 'strooizout uit Egypte'. Juni 2004.

De Meent 1998

Zeezand als ophoogzand in Noord-Brabant. Projectnummer 999ZA1, november 1998

IWACO 1999

Evaluatie en optimalisatie waterkwaliteitsmeetnet Waterschap Zeeuwse Eilanden; Projectnummer 1076520; april 1999

Provincie Zeeland

'Samen slim met Water'; Waterhuishoudingsplan 2001-2006

Rijkswaterstaat 2005

Memo Rijkswaterstaat District Westerschelde; M. Verhelst; 20 april 2005

Staatscourant 1995

Besluit van 23 november 1995, houdende regels met betrekking tot het op of in de bodem of in het oppervlaktewater gebruiken van bouwstoffen (Bouwstoffenbesluit bodem- en oppervlaktewaterenbescherming) Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden Jaargang 1995.

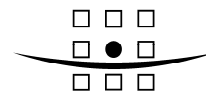
Staatscourant 2004

Voorpublicatie ontwerp tot wijziging Bouwstoffenbesluit bodem- en oppervlaktewaterenbescherming. Staatsblad 247 van 22 december 2004:

VROM 2004

Adviescommissie Uitvoeringsknelpunten Bouwstoffenbesluit
Advies chloride in schone grond. 13 augustus 2004

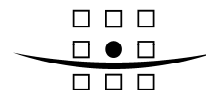
A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

Bijlage 1a **Gebieden waar geen zout zand mag worden toegepast**

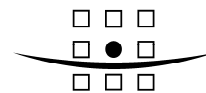
A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

Bijlage 1b **Zoetwatervoorkomens**

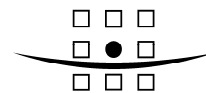
A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

Bijlage 1c **Grondwaterbeschermingsgebieden**

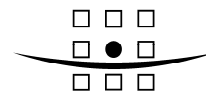
A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

Bijlage 1d **Kwetsbare natuurgebieden**

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

Bijlage 1e **Natuurdoeltypenkaart**

