



Deltafact: effecten van zoet-zout dynamiek op natuur en landbouw

Deze Deltafact geeft een overzicht van hoe verzilting en verzoeting en de hiermee samenhangende zoet-zout dynamiek doorwerken op de natuur (terrestrisch en aquatisch) en landbouw (grondgebonden). Hierbij wordt ingegaan op het effect van zout op soorten, levensgemeenschappen en gewassen ten gevolge van hydrologische, biogeochemische en biologische processen. Er staan twee vragen centraal: wat is het effect van verzilting of verzoeting op de natuur en de landbouw? En wat is de hersteltijd na deze (tijdelijke) verzilting of verzoeting? In deze Deltafact wordt de bestaande kennis over deze twee vragen uiteengezet. Daarnaast wordt aandacht besteed aan een 'Afwegingskader zoet-zout dynamiek' dat recent ontwikkeld is. Dit afwegingskader geeft water- terreinbeheerders handvatten.

In de documenten 'Kennisrapportage beschikbare kennis' en 'Notitie beslisboom' (zie bronnen & links) is een nadere toelichting te vinden.

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING
2. GERELATEERD ONDERWERPEN EN DELTAFACTS
3. STRATEGIE
4. SCHEMATISCHE WEERGAVE
5. WERKING
6. KOSTEN en BATEN
7. RANDVOORWAARDEN
8. GOVERNANCE
9. PRAKTIJKERVARINGEN EN LOPENDE INITIATIEVEN
10. KENNISLEEMTES

11. BRONNEN & LINKS

12. COLOFON

1. Inleiding

Verzilting en verzoeting spelen een grote rol in Laag-Nederland.

Dit betekent dat het zoutgehalte in de bodem en het water kan veranderen, wat invloed heeft op het milieu. Door klimaatverandering zullen deze effecten sterker worden. Dit komt door extremere weersomstandigheden, zoals hevige regenval en droogte, de stijgende zeespiegel en meer vraag naar zoet water.

Door de toenemende vraag naar zoet water tijdens droogte neemt de beschikbaarheid van zoet water af, wat vraagt om doordachte keuzes in het waterbeheer. Een belangrijke onbekende is hoe (tijdelijke) verzilting of verzoeting en de ermee samenhangende zoet-zout dynamiek de landbouw en de natuur (terrestrisch en aquatisch) beïnvloeden.

In deze context doelt de term 'zoet-zout dynamiek' op het samenspel van hydrologische en biogeochemische processen die spelen als grondwater en/of oppervlaktewater in contact komt met grondwater en/of oppervlaktewater met een hoger of lager zoutgehalte. Met natuur doelen we op gebieden met een natuurwaarde die vallen onder de N2000, NNN en ook waardevolle gebieden daarbuiten ([basiskwaliteit natuur](#)).

Deze Deltafact bundelt de beschikbare kennis uit de wetenschappelijke- en grijze literatuur en de praktijk om een overzicht te geven over wat we nu weten over het zoet-zout vraagstuk en waar nog kennisleemtes liggen. Daarbij wordt de impact van zout op soorten, levensgemeenschappen en landbouwgewassen uitgediept aan de hand van hydrologische, biogeochemische en biologische processen. Centraal staan de vragen: wat zijn de effecten van verzilting of verzoeting, en hoelang duurt herstel na (tijdelijke) verzilting of verzoeting? Alleen binnendijkse gebieden worden in beschouwing genomen die nu al onder invloed staan van zoet-zout dynamiek. Dit wil overigens niet zeggen dat de informatie in deze Deltafact niet ook toepasbaar kunnen zijn op grotere wateren en buitendijkse gebieden.

Het kennisoverzicht vormt de basis voor een [afwegingskader](#) dat helpt bij het formuleren van waterbeleid en het vergroten van begrip van de effecten van waterbeheer in relatie tot de zoet-zout dynamiek.

2. Gerelateerde onderwerpen en Deltafacts

Trefwoorden: Zoet-zout dynamiek, zoetwater, zoutwater, aquatische natuur, terrestrische natuur, landbouw, waterkwaliteit, verzilting, klimaatverandering

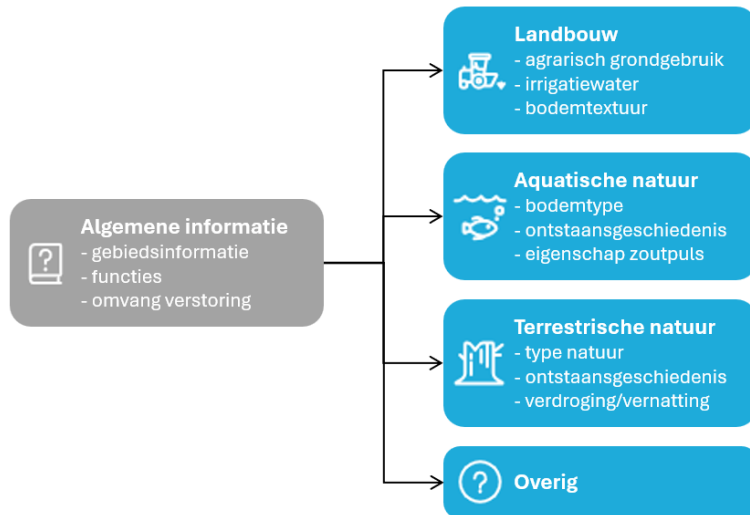
Relevante Deltafacts: [Effecten klimaatverandering op landbouw](#); [Effecten klimaatverandering terrestrische natuur](#); [Brakke wateren](#); [Vegetatie in brakke wateren](#); [Zoutindringing](#); [Zouttolerantie van teelten](#); [Effecten verzilting zoete aquatische ecosystemen](#); [Effecten zeespiegelstijging voor het beheer van zoet grond- en oppervlaktewater](#).

3. Strategie

Deze Deltafact is opgesteld in de context van verschillende belangrijke strategieën en beleidsterreinen voor de waterhuishouding in Nederland. Dit omvat de ruimtelijke ordening en crisisbeheersing, het deltaplan ruimtelijke adaptatie (DPRA), programma water en bodem sturend, de realisatie van de Kaderrichtlijn Water (KRW) doelen en Natura 2000 (N2000) doelen. Tevens wordt rekening gehouden met de verdringingsreeks voor zoetwater en de zoetwaterbeschikbaarheid die centraal staan in het Deltaprogramma Zoet Water. Deze context is essentieel voor het begrijpen van de uitdagingen die verzilting en de zoet-zout dynamiek met zich meebrengen.

4. Schematische weergave

Hoe de zoet-zout dynamiek en vice versa doorwerkt op soorten, levensgemeenschappen (aquatisch en terrestrisch) en op landbouwgewassen hangt af van allerlei diverse abiotische en biotische eigenschappen van een beheergebied. Binnen een beheergebied (dit kan variëren van een enkel perceel tot een hele polder of waterboezem) zijn er algemene eigenschappen, waaronder algemene gebiedsinformatie, de functies (hoe wordt het gebied gebruikt) en de omvang van de verzilting of verzoeting (= verstoring) die dit beïnvloeden. Voor de functies landbouw, aquatische natuur en terrestrische natuur zijn verschillende eigenschappen van een gebied dominant en bepalend in hoe de zoet-zout dynamiek doorwerkt op de soorten en gewassen. Dit wordt nader toegelicht in de volgende paragraaf Werking.



Figuur 1 Belangrijkste eigenschappen die een invloed uitoefenen op de zoet-zout dynamiek in een beheergebied, uitgesplitst naar algemene eigenschappen, eigenschappen specifiek voor de landbouw en natuur en overige eigenschappen.

5. Werking

Zoet-zout dynamiek

Om de zoet-zout dynamiek te begrijpen, is inzicht nodig in de werking van ons landschap en het specifieke gebied met aandacht voor de hydrologische, biogeochemische en biologische processen. Zoet-zout dynamiek speelt al lang in Laag-Nederland, waar een mariene waterbodem en zoute zeetong interacteren met zoet water (neerslag). Enkele voorbeelden zijn: zoute kwel naar een overwegend zoet oppervlaktewatersysteem en het actief beheerd inlaten van water met een hoger of lager zoutgehalte. Dit laatste gebeurt in de Nederlandse context steeds vaker om bijvoorbeeld het waterpeil te beheren, effecten van droogte tegen te gaan en te voldoen aan de watervraag. Het woord 'dynamiek' refereert dus naar de verandering van het zoutgehalte in de ruimte en de tijd.

Metten aan zoet-zout dynamiek

Om 'het zoutgehalte' te bepalen zijn twee methoden gangbaar om deze uit te drukken. Een manier is de mate van verzilting uitdrukken als het chloridegehalte (mg Cl/l). Een andere manier is het uit te drukken als het elektrisch geleidend vermogen (EGV (in dS/m)). Het chloridegehalte betreft de concentratie opgeloste chloride ionen in het water, terwijl het EGV een maat is voor de geleidbaarheid van het water. De geleidbaarheid is een goede indicatie voor de som van de concentraties positief geladen ionen (bijv.: Na, K, Ca, Mg) en negatief geladen ionen

(bijv.: Cl , HCO_3 , SO_4). EGV geeft dan ook een vollediger beeld van de begrippen zoet of zout dan alleen Cl . In de ecologie wordt doorgaans alleen het chloridegehalte gemeten, terwijl bij de landbouw ook meer wordt gemeten in EGV.

Omrekening EGV en Cl

Met name bij lage zoutgehaltes zijn het EGV en het chloridegehalte moeilijk naar elkaar om te rekenen. Dit komt doordat chloride bij een laag zoutgehalte niet per se het dominante negatieve ion is, waardoor er geen goed verband aanwezig is tussen het chloridegehalte en het EGV. Pas bij een hoog zoutgehalte ($> 2 \text{ dS/m}$) zijn natrium en chloride wel de dominante ionen en is de correlatie tussen het EGV en chloridegehalte sterk. Op basis van verschillende studies ([Deltares](#); [De Vos et al., 2016](#); [BMW](#); [Van Dam et al., 2007](#); [Cultuurtechnisch Vademecum, 1998](#)) is de volgende correlatie tussen chloride en het EGV opgesteld: $\text{Chloridegehalte} = 165 \cdot \text{EGV}^{1.3438}$. Voor bodems wordt het zoutgehalte uitgedrukt in EGVe (EGV extract) volgens de internationale standaard.

Interne en externe verzilting

Om te begrijpen waar effecten van zoet-zout dynamiek op kunnen treden in laag-Nederland, is het eerst noodzakelijk de bron van het zoute en zoete water te achterhalen. Hierbij is een onderscheid te maken tussen interne bronnen (bronnen in het gebied zelf) en externe bronnen (bronnen die van buiten het gebied afkomstig zijn). Interne bronnen zijn bijvoorbeeld grondwaterformaties met oud marien water aanwezig in de ondergrond, wat samenhangt met de ontstaansgeschiedenis van het Nederlandse landschap. Externe bronnen zijn bijvoorbeeld het intreden van zout zeewater vanuit de Noordzee naar het grond- en oppervlaktewatersysteem. Dit treedt op pal langs de kustlijn en via onze rivieren, vooral in periodes met lage afvoer (bijvoorbeeld zoutindringing via een zouttong). Klimaatverandering kan de zoet-zout dynamiek beïnvloeden. Klimaatverandering kan bijvoorbeeld bijdragen aan een verhoogd zoutgehalte als gevolg van het vaker optreden van (extreme) droogte, maar ook voor een sterkere verzoeting als gevolg van meer neerslag.

Biogeochemische effecten

Zodra zouter water terecht komt in zoet water (of vice versa), heeft dit weerslag op de biogeochemische processen die in het oppervlaktewater en de (water)bodem optreden. Een stijgend zoutgehalte leidt o.a. tot de mobilisatie van aan het bodemadsorptiecomplex gebonden kationen (bijv.: ammonium en calcium)

([Seitzinger et al., 1991](#)) en flocculatie van zwevende deeltjes in de waterkolom (o.a. [Hoag & Price, 1997](#); [Van Dijk et al., 2015](#)). Ook worden redoxreacties beïnvloed (hoofdzakelijk door toename van sulfaat) en zijn er effecten op de stikstof- en fosforcycli. De fosforcyclus is namelijk nauw verbonden met de ijzer- en zwavelcyclus en wordt gestuurd door chemische processen (o.a. redoxreacties). Deze interacties hebben een grote invloed op de nutriëntenbeschikbaarheid in aquatische ecosystemen en kunnen leiden tot interne eutrofiëring, sulfidetoxiciteit, ammoniaktoxiciteit, nalevering van fosfor en stijging van de zuurgraad (o.a. [Herbert et al. 2015](#), [Van Dijk et al. 2019](#), [Van Geest et al. 2022](#)). Zoet heeft dan ook meer effect dan alleen de toename van de som van positief en negatief geladen ionen.

Welke biogeochemische effecten optreden, hangt nauw samen met de ontstaansgeschiedenis van een gebied. Gebieden die onder brakke condities zijn ontstaan en naderhand zijn verzoet, zijn veelal minder gevoelig voor de effecten van verzilting dan gebieden met een zoete ontstaansgeschiedenis. In gebieden met een brakke voorgeschiedenis zijn de concentraties van zwavel van nature namelijk vele malen hoger dan in gebieden met een zoete ontstaansgeschiedenis. Door de hoge zwavelconcentraties in gereduceerde vorm is vaak nauwelijks ijzergebonden fosfor aanwezig in de voormalige brakke waterbodems. Als gevolg hiervan kan fosfor slecht gebonden worden en is de fosforbeschikbaarheid vaak hoog, maar is ook de kans op nalevering van fosfor vanuit deze bodems na verzilting gering. In zoete bodems is er daarentegen beduidend minder gereduceerd zwavel aanwezig en kan verzilting resulteren in een aanzienlijke nalevering van fosfor. Naast de aanwezigheid van ijzergebonden fosfor bepaalt ook de beschikbaarheid van gemakkelijk afbreekbaar (reactief) organisch materiaal de grootte van fosfornalevering.

Ook op terrestrische bodems maakt de bodemsamenstelling uit voor hoe een gebied reageert op verzilting of verzoeting. Wanneer zeewater in een zoetwater kleibodem terechtkomt, dan kan dit resulteren in structuurschade. De overmaat aan natrium-ionen zorgt ervoor dat de bodemstructuur uiteenvalt en poriën verstopt raken. Doorlaatbaarheid en beluchting nemen af, wat gevolgen heeft voor de doorwortelbaarheid en de bewerkbaarheid van de bodem. Effecten van verzilting zijn groter als de bodem (1) een laag waterbergend vermogen heeft (weinig (zoet) bodemvocht aanwezig om zouter gietwater te verdunnen), (2) een lage mate van infiltratie kent (water spoelt langzamer uit) en (3) een lage veldcapaciteit (ook wel: vochttoestand) heeft. Over het effect van brak of zout water op veenbodems bestaat

discussie. Zo is nog onvoldoende duidelijk of, en onder welke omstandigheden, toevoeging van brak of zout water veenafbraak remt dan wel versnelt.

De hydrologie en biogeochemie beïnvloeden de biologische processen die kunnen plaatsvinden in een watersysteem of perceel. Soorten en gewassen kunnen stress ervaren als ze worden blootgesteld aan zouter (of juist zoeter) water. Op korte termijn is er afname van blad- en wortelgroei, maar op langere termijn kan de opbouw van zouten leiden tot zout-, ammonium- en/of sulfidetoxiciteit en sterfte. Soorten en gewassen zijn in verschillende mate tolerant voor zout (en andere aan verzilting gerelateerde toxische stoffen zoals sulfide), en deze mate van tolerantie kan verschillen tussen de verschillende levensstadia. Zowel voor individuele soorten als levensgemeenschappen en gewassen is over de mate van tolerantie vooralsnog onvoldoende bekend.

Effecten op natuur en landbouw

De hydrologische, biogeochemische en biologische processen werken door op de natuur en de landbouw. In zekere zin komt aquatische natuur vaak als eerste in aanraking met verzilting of verzoeting door directe gevolgen van inlaat of kwel naar het oppervlaktewater. Daar waar het oppervlaktewater in direct contact staat met (semi-)terrestrische natuur ofwel waar bevoeiing plaatsvindt, kan zout water de bodem intrekken en zo de terrestrische natuur beïnvloeden. Landbouw ondervindt effecten als er met zouter oppervlaktewater wordt geïrrigeerd of als de invloed van brakke of zoute kwel toeneemt. Hier bespreken we de belangrijkste conclusies ten aanzien van de effecten van zoet-zout dynamiek op de aquatische natuur, terrestrische natuur en landbouw.

Aquatische natuur

Door al dan niet gereguleerde inlaat en kwel kan het oppervlaktewater verzilten (of verzoeten). Hierbij treedt een complex samenspel in werking tussen de eigenschappen van de zout- of zoetpuls (bijv.: duur, zoutgehalte, frequentie, omvang van het water dat onder invloed staat) met biogeochemische processen die potentieel kunnen leiden tot eutrofiëring en sulfide- en ammoniumtoxiciteit. De mate waarin eutrofiëring en toxiciteit optreden, hangt sterk af van het bodemtype en de bodemeigenschappen. De potentiële nadelige effecten van verzilting zijn het grootst bij organisch-rijke bodems (veen, organisch rijke sliblaag). Ook het moment van verzilting is van belang (tabel 1). In het voorjaar bijvoorbeeld, wanneer de meeste

waterplanten kiemen en opkomen, zijn de risico's op nadelige effecten van verzilting voor waterplanten naar verwachting het grootst. In de winter, wanneer de biologische activiteit laag is, zijn de risico's lager. Wanneer verzilting, dan wel verzoeting, het grootste ecologische effect heeft verschilt per soortgroep en is afhankelijk van de soort specifieke fenologie en levenscyclus. Vissen merken bijvoorbeeld pas bij een toename van ongeveer 1000 mg Cl/l dat water zouter of zoeter wordt en zullen daarna proberen weg te zwemmen naar water met een gunstiger zoutgehalte (afhankelijk van de soort). Effecten op vis zijn dus groter wanneer een waterlichaam in slechte verbinding staat met andere wateren en verzilt of verzoet. Kortom, de belangrijke parameters voor de effectbepaling op aquatische natuur zijn het bodemtype, de ontstaansgeschiedenis van de bodem en de eigenschappen van de zout- of zoetpuls, evenals de connectiviteit van het water met omringende gebieden die niet zijn aangetast door verzilting. Ondanks deze meer globale kennis en grenswaarden o.b.v. een deskundigenoordeel (tabel 1 en kennisrapportage zoet-zout dynamiek ([STOWA 2025-11](#))), zijn er op het gebied van aquatische natuur nog veel kennisleemten.

Tabel 1 Risico inschatting van het type 'zoet water (<300 mg Cl/l)' voor verschillende mate van verzilting op verschillende momenten in het jaar. Een 'zoutpuls' doelt op een (tijdelijke) verstoring van het zoutgehalte. Grenswaarden en risico's naar deskundigenoordeel van Van Geest Ecologie en B-WARE. Voor andere typen water, zie kennisrapportage zoet-zout dynamiek ([STOWA 2025-11](#)).

Type water	Periode	Zoutpuls	Risico	Onderbouwing
zoet (<300 mg Cl/l)	voorjaar	> 300 mg Cl/l	zeer sterk	kwetsbare levensfase van organismen; sterfte van soorten; oplading waterbodem met zout
zoet (<300 mg Cl/l)	zomer	300 - 3.000 mg Cl/l	sterk	sterfte van soorten; oplading waterbodem met zout; afname waterplanten
zoet (<300 mg Cl/l)	zomer	> 3.000 mg Cl/l	zeer sterk	sterfte van soorten; oplading waterbodem met zout; afname waterplanten

zoet (<300 mg Cl/l)	winter	300 - 3.000 mg Cl/l	matig	oplading waterbodem met zout
zoet (<300 mg Cl/l)	winter	>3.000 mg Cl/l	sterk	sterfte van soorten; oplading waterbodem met zout

Terrestrische natuur

Door al dan niet gereguleerde inlaat en kwel kan er geleidelijke of acute verzilting of verzoeting optreden. Voor terrestrische natuur treedt verzilting via kwel veelal op via het oppervlaktewater. Geleidelijke verzilting (of verzoeting) ontstaat door de intrek van zouter (of zoeter) water via de oevers. Hierbij is met name de slootdichtheid, hydraulische weerstand in de bodem en de verblijftijd van het oppervlaktewater bepalend voor de grootte van de effecten. Acute verzilting (of verzoeting) ontstaat door bevloeiing met te zout (of te zoet) water. Sommige terrestrische beheer- en habitattypen vereisen namelijk bevloeiing, bijvoorbeeld voor het op peil houden van basenrijke standplaatscondities. Bevloeiing met oppervlaktewater met zouter water (bijv. >150 mg Cl/l voor H6410 Blauwgraslanden) vormt dan een risico. Dit risico dient echter wel te worden vergeleken met gevolgen door droogte. In droge perioden kan het namelijk juist gunstig zijn om hoge oppervlaktewaterpeilen te realiseren, ook al is de waterkwaliteit niet optimaal. Hierdoor zakken grondwaterstanden minder uit, wat zeker in veenbodems wenselijk is om veenafbraak te minimaliseren.

Daarnaast is de uitwerking van de ecologische effecten van verzilting (of verzoeting) op terrestrische beheer- en habitattypen afhankelijk van de staat van 'kwaliteit van het natuurtype'. Als een natuurtype een goede kwaliteit heeft, dan is het aandeel zeldzame soorten (veelal met smallere ecologische amplitudo) vaak groter. Hierdoor is er sprake van een hogere gevoeligheid, maar het risico op verlies van alle kenmerkende soorten is minder groot. Een natuurtype met een slechte kwaliteit zal meer bestaan uit robuuste soorten (veelal brede ecologische amplitudo). Hier is de gevoeligheid van het natuurtype voor een ingreep kleiner, maar het risico op het geheel verdwijnen van het type is groter omdat het gaat om de laatste kenmerkende soorten. Kortom, de belangrijkste parameters voor de effectbepaling op terrestrische natuur zijn (de kwaliteit van) het natuurtype en de noodzaak voor bevloeiing. Ook de

ontstaansgeschiedenis van de (land)bodem en de eigenschappen van de zoutpuls (of zoetpuls) zijn bepalend, vergelijkbaar met de aquatische natuur. Ondanks deze meer globale kennis en grenswaarden o.b.v. een deskundigenoordeel (tabel 2 en kennisrapportage zoet-zout dynamiek ([STOWA 2025-11](#))), zijn er op het gebied van terrestrische natuur nog veel kennisleemten.

Tabel 2 Grenswaarden voor zoutgehalte in mgCl/l bij verzoeting en verzilting van N2000 habitattypen. Minder kritische grenswaarden zijn aangegeven tussen haakjes. De betreffende plantengemeenschappen waarvoor deze grenswaarden van toepassing zijn staan vermeld in de kolom 'Toelichting'. Grenswaarden naar deskundigenoordeel. Voor de volledige lijst, zie [STOWA 2025-11](#).

Natuurdoel (Natura 2000 habitattypen)	kritische grens verzoeting (mg Cl/l)	kritische grens verzilting (mg Cl/l)	Toelichting
H1320 - slijkgrasvelden	3.000	n.v.t.	
H1330_B - schorren en zilte graslanden (binnendijks)	1.000	n.v.t.	
H6430_B - ruigten en zomen (harig wilgenroosje)	n.v.t.	10.000	
H6510_B - glanshaver- en vossenstaarthooilanden (grote vossenstaart)	n.v.t.	300	
H2140_A - duinheiden met kraaihei (vochtig)	n.v.t.	150 (300)	grens 300: 20AB04

Landbouw

De bron van zout in landbouw is voornamelijk het irrigatiewater, dat uit het oppervlaktewater of uit bassins kan komen. Het oppervlaktewater wordt op diens beurt weer beïnvloed door inlaat en de aan- of afwezigheid van brakke of zoete kwel. Brakke kwel kan ook een rol spelen als er niet kan of mag worden beregend, bijvoorbeeld in droge perioden. In dat geval kan het oppervlaktewater verzilten en de bodem verzilten. Irrigatie op het blad kan leiden tot blad- en vruchtschade, wat met name voor sierteelt, fruitteelt, bladgewassen en boomteelt sterk nadelig is. Landbouwgewassen verschillen in hun zouttolerantie, wat kan variëren met het groeistadium. Nadelige effecten (afgezien van directe bladschade) zijn het kleinst als de bodemstructuur een goed bufferend vermogen heeft en gemakkelijk kan

uitspoelen. Dit is het geval voor bodems met een laag kleipercantage, een goed bufferend klei-humuscomplex en een hoog organisch stofgehalte. Ook maakt het volume van het irrigatiewater uit. Een gewas kan inherent gevoelig zijn voor zout, maar als het irrigatievolume met zouter water beperkt is, zullen de risico's op het gewas meevallen. Kortom, voor de effectbepaling op landbouwgewassen is het belangrijk te kijken naar het doelgewas, de eigenschappen van het irrigatiewater (zoutgehalte, volume) en de bodemstructuur. Ondanks deze meer globale kennis en grenswaarden o.b.v. een deskundigenoordeel (tabel 3 en kennisrapportage zoet-zout dynamiek ([STOWA2025-11](#))), zijn er op het gebied van landbouw nog veel kennisleemten.

Tabel 3 Maximale EC-waardes (en bijpassende Cl-gehaltes) voor irrigatiewater op basis van bodemtextuur, voor gewassen die tolerant zijn voor zout tijdens de zaailing-, vegetatieve groei- en oogstfase (bijv. gerst, suikerbiet, raaigras). Grenswaarden naar deskundigenoordeel The Salt Doctors. Voor grenswaarden voor matig tolerante en gevoelige gewassen, zie [STOWA 2025-11](#).

Bodemtextuur (% klei)	Grondsoort	Maximale EC irrigatiewater	Maximaal Cl-gehalte (mg Cl/l)
fijn (>30% klei)	lichte tot zware klei	4,5	1.250
matig fijn (20-30% klei)	zware zavel, licht klei	8,0	2.600
matig grof (10-20% klei)	lichte tot zware zavel	8,5	2.800
grof (<10% klei)	zand tot licht zavel	10,0	3.400

6. Kosten en baten

Bij afwegingen rondom de zoet-zout dynamiek is het van belang om zowel de effecten op de landbouw als op de natuur mee te nemen. Om hier sturing aan te geven, is een [afwegingskader zoet-zout dynamiek](#) (figuur 2) opgesteld gebaseerd op bestaande kennis, wetende dat er ook nog veel kennislacunes zijn. De bestaande kennis en lacunes zijn te vinden in kennisrapportage zoet zout dynamiek ([STOWA 2025-11](#)). Met behulp van het [afwegingskader](#) krijgt (1) de gebruiker meer inzicht in hoe de zoet-zout dynamiek doorwerkt op de landbouw en natuur en (2) geeft informatie voor de dialoog voor het vormgeven van waterbeleid dat meer uniform is

over de verschillende waterschappen. Er is tevens een [instructievideo](#) gemaakt, waarin de werking en toepassing van het afwegingskader wordt toegelicht.

Afbakening projectgebied voor afwegingskader

Wat is het schaalniveau* waarvoor u het afwegingskader gebruikt (zelf invullen, geen keuzemenu)? landbouwperceel

Bijv.: individuele polder, boezemsysteem, geheel beheergebied

*De rest van de vragen in dit afwegingskader gaan over dit projectgebied

Gebiedsinformatie

In dit blok worden algemene vragen gesteld over de ontstaansgeschiedenis van uw projectgebied, hoe het huidige waterbeheer is geregeld en wat de huidige zoutstatus is.

Ontstaansgeschiedenis

Wat is het meest voorkomende bodemtype? Zavel (licht)

Welke andere bodemtipes komen voor?

Voor uitleg over de manier van invoer bij deze vraag, zie legenda.

In welk type milieu (zout of brak) is het projectgebied ontstaan? Brak

Meer specifiek: is de bodemlaag die nu aan het oppervlak ligt gevormd onder brakke of zoete omstandigheden? Zout

Wat is nu het heersende milieu (zout of brak) in het projectgebied?

Meer specifiek: is het oppervlaktewater nu overheersend zout (>300 mg Cl/l of EC > 2) of brak?

Huidig waterbeheer

Als er binnen het projectgebied regionale verschillen zijn in waterbeheer, kies hier dan waarden die zo representatief mogelijk zijn voor het hele projectgebied (of kies ervoor om een kleiner schaalniveau toe te passen).

Hoe is de aanvoer van water in het watersysteem hoofdzakelijk geregeld? Kwel

Wat is de verblijftijd? > 21 dagen

Wat is het leidend peilbeheer? Flexibel peil

Heeft u de STOWA toets 'Inlaatwater vs. gebiedsreemdwater' doorlopen? [link](#)

Wat zijn de redenen om water wel in te laten? Ja

Wat zijn de redenen om water niet in te laten?

Zout (huidige situatie)

Hier wordt gevraagd om de zoutstatus in de huidige situatie. Dit kunt u zien als de nulstatus waar u een vertaling op kunt toetsen. Let op, ook in de huidige situatie kunnen er afwijkingen zijn voor een verhoogd risico ten opzichte van de zout status dynamisch.

In welke eenheid wilt u gegevens opgeven over het zoutgehalte van het oppervlaktewater? Chloridegehalte

Wat is de huidige situatie van het zoutgehalte in het oppervlaktewater?

Vul op x'n min een zomerhalfjaar- of jaargemiddelde in. Meer informatie geeft een beter overzicht.

N.B. in de deze velden van het afwegingskader magt alleen ingevuld met de juiste waarde die vermeldt.

Legenda

Een invulveld waar nog geen waarde is ingevuld*

Een invulveld waar een correcte waarde is ingevuld

Een klik-keuze menu**

Een veld dat, afhankelijk van de invoer van andere vragen, een invulveld wordt of instructies geeft

N.B. Alleen gegevens in groene velden wordt meegenomen in de afweging

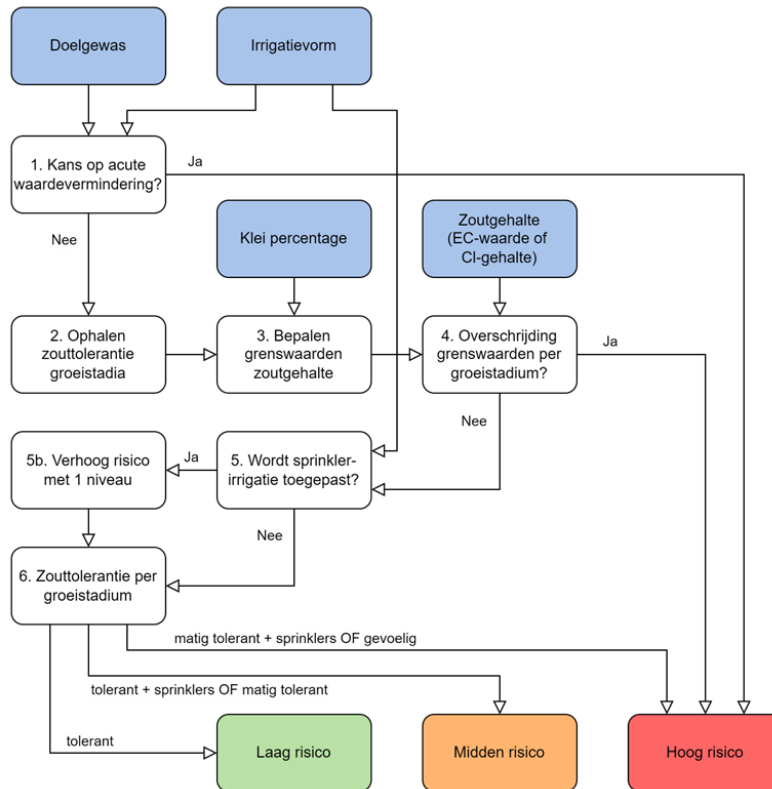
*als de cel geen dropdownlijst bevat, dan dient u zelf een antwoord in te vullen.
**het klik-keuze menu stelt u in staat om meerdere keuzes door te geven

het klik-keuze menu werkt als volgt:

- Klik op het paarse vlak
- Maak een keuze
- Wilt u nog een optie toevoegen, herhaal dan stap 1 en 2
- Heeft u een fout gemaakt, of wilt u een nieuwe situatie invullen?
Klik dan op het groene vak direct rechts van het keuzemenu (in kolom K) en druk de DELETE knop op uw toetsenbord in.

Figuur 2 Voorbeeld van het [afwegingskader](#) van tabblad 1. Algemeen, waar om algemene gegevens wordt gevraagd die van toepassing zijn op het projectgebied. Er zijn invoertabbladen (groen), een dashboard met een samenvatting van de risico's (blauw) en risicoleggers die meer onderbouwing verschaffen van de risico's op het dashboard (paars).

Het afwegingskader gaat vooral in op de risico's van verzilting en verzoeting afhankelijk van belangrijke onderscheidende parameters waaronder de ontstaansgeschiedenis, abiotische en biotische eigenschappen en de kwaliteit en inlaat- en irrigatiewater zoals hier boven aangegeven. Middels diverse stroomschema's (zie figuur 3 voor een voorbeeld van de gebruiksfunctie landbouw) worden risico's bepaald voor o.a. doelgewassen, KRW-doeltypen, NNN-beheertypen en N2000-habitattypen.



Figuur 3 Schematisch stroomdiagram voor de beoordeling van het zoutgehalte voor de gebruiksfunctie landbouw. De blauwe blokken zijn benodigde invoerparameters. De witte blokken zijn de stappen die in het afwegingskader worden doorlopen. De inkomende pijlen geven aan welke invoer nodig is voor elke vraag. De uitkomst van de witte blokken bepaalt hoe het stroomschema verder wordt doorlopen.

Het afwegingskader is bedoeld om te ondersteunen bij het opstellen van een redeneerlijn hoe om te gaan met zoet-zout dynamiek in het waterbeheer. Tegelijkertijd geeft deze tool te kennen dat er nog veel kennisleemten zijn en dat veel grenswaarden vooralsnog op een deskundigenoordeel berusten. Het is daarom aan de gebruiker om het afwegingskader te combineren met praktijkkennis en specialistische kennis om tot een weloverwogen eindbeoordeling te komen hoe om te gaan met zoet-zout dynamiek.

Op basis van dit afwegingskader kan de gebruiker met experts tevens een doorvertaling maken naar kosten en baten. Een maatschappelijke kosten- en batenanalyse (MKBA) is hier het beste instrument voor. Daarbij dient rekening te worden gehouden met de economische waarde van landbouw en natuur, maar ook de intrinsieke waarde die natuur vertegenwoordigt. Voorbeelden van kosten die kunnen optreden, zijn potentiële vernietiging van ecosystemen met een onbekende hersteltijd, economische schade in de landbouw en schade aan infrastructuur.

7. Randvoorwaarden

Als uitgangspunt geldt dat er behoefte is voor een breed draagvlak in hoe nu te handelen inzake zoet-zout dynamiek in Laag-Nederland. Anticiperen op de toekomst is geen startpunt, maar kan wel een uitkomst van het afwegingskader zijn. In de ruimte ligt de focus op hoe een toename van het zoutgehalte doorwerkt op het gebruik van zoetwater, en in mindere mate hoe een afname van het zoutgehalte doorwerkt op brak/zout water. Problemen door verzilting spelen immers meer in de Nederlandse context en zijn beter onderzocht dan problemen door verzoeting.

Gegeven dat er nog veel kennisleemten zijn, is het van belang kritisch te blijven nadenken hoe zoet-zout dynamiek doorwerkt op de natuur en landbouw. Het afwegingskader is een hulpmiddel om dit te bepalen en is in principe toepasbaar voor binnendijkse gebieden die thans onder invloed staan van zoet-zout dynamiek. Dit wil overigens niet zeggen dat deze Deltafact, de kennisrapportage en het afwegingskader niet ook toepasbaar kunnen zijn op grotere wateren en buitendijkse gebieden. Binnen deze Deltafact kijken we alleen naar de functies aquatische en terrestrische natuur en de landbouw. Andere functies die hinder kunnen ondervinden van zoet-zout dynamiek, die hier niet zijn meegenomen, zijn bijvoorbeeld drinkwater, recreatie (bijvoorbeeld de discussie rondom verzilting [Volkerak-Zoommeer](#)) en infrastructuur.

De introductiepagina in het afwegingskader licht toe wat wel en niet kan met het instrument. Het afwegingskader tracht om ook met minimale invoer risico's te bepalen, maar hoe meer gegevens worden ingevoerd, hoe vollediger de resultaten zijn. De invoer en interpretatie van de risicobepalingen vereist specialistische kennis van bijvoorbeeld agrariërs en ecologen. Het afwegingskader staat toe om scenario's door te rekenen (bijvoorbeeld een huidige en een toekomstige situatie, of een vergelijking tussen waterbeleid en werkelijke situatie in het veld).

8. Governance

Het hoofdwatersysteem (de grote wateren, zoals de zee en de rivieren) vallen onder de verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat. De waterschappen zijn verantwoordelijk voor de regionale watersystemen in hun eigen beheergebied. Dit zijn meestal kleinere wateren, zoals kanalen en poldervaarten. Ook

terreinbeheerders en gemeenten delen een verantwoordelijkheid in het waterbeheer in hun beheergebieden.

Verschillende (internationale) wetten en regels beschermen de natuur in Nederland. Het Natuurnetwerk Nederland en Natura 2000 moeten natuurgebieden beschermen en versterken door deze beter met elkaar en met het omringende agrarisch gebied te verbinden.

Gegeven dat er nog veel kennisleemten zijn, zijn deze Deltafact, het kennisdocument en het afwegingskader dan ook een eerste stap richting specifiekere grenswaarden waarboven of -onder soorten of doelgewassen onomkeerbare schade ondergaan. In gesprek met waterbeheerders en terreinbeheerders moet nader duidelijk worden of er normen gesteld moeten worden om natuur- en landbouwdoelstellingen te waarborgen nu en in de toekomst.

9. Praktijkervaringen en lopende initiatieven

Er lopen reeds verschillende veldproeven en initiatieven om beter grip te krijgen op de effecten van zoet-zout dynamiek op aquatische en terrestrische natuur en de landbouw. Enkele voorbeelden van ervaringen en initiatieven zijn:

- Provincie Noord-Holland overweegt het zoutgehalte in (delen van) Polder Westzaan te verhogen naar 2.500 mg Cl/l en laat de effecten hiervan onderzoeken. Dit laagveengebied met een Natura 2000-doelstelling herbergt brakke verlandingsvegetaties (habitattypen H6430B Ruigten en Zomen (harig wilgenroosje) en de brakke vorm van H7140B Veenmosrietlanden (veenmosbiezenlanden)). Veld- en labonderzoek richt zich op effecten op vegetatiesamenstelling, abiotische condities (zoals eutrofiëring en broeikasgasuitstoot) en interacties met natuurbeheer ([Van Dijk et al. 2024](#)).
- Het Natura 2000-gebied Yerseke en Kapelse Moer is aangewezen voor zoute habitattypen (H1310A en H1330B) en kampt met verdroging door landbouw en droogte, wat leidt tot inklinking van de klei- en deels veenbodem en verlies van steltlopers. Vernatting via inlaat is nodig, maar er is discussie over zoet of zout water. De [Ecologische Autoriteit \(2023\)](#) adviseert zoute inlaat bij droogte via hevels uit het Kanaal door Zuid-Beveland t.b.v. de instandhoudingsdoelstellingen, terwijl omwonenden pleiten voor zoet water uit omliggende polders. Provincie Zeeland onderzoekt proefondervindelijk de mogelijkheden.

- De nationale netwerkorganisatie [SALTA](#): kenniscluster verzilting bundelt 40 publieke en private partijen om verzilting en zoetwatervoorziening langs de Nederlandse kust aan te pakken. SALTA ontsluit beschikbare kennis, draagt bij aan ontwikkeling van projecten, deelt praktijkervaringen en toont innovaties. Een voorbeeld is het programma [Proeftuin Zoet Water](#) in Zeeland, waar wordt onderzocht hoe de zoetwatervoorraad kan groeien en wat de gevolgen zijn voor verzilting en de landbouw.
- Op initiatief van LVVN, I&W, RWS en STOWA wordt gewerkt aan een meerjarenprogramma, nu in voorbereiding onder de werktitel 'Kennisprogramma Zout een stap verder in landbouw, natuur en waterbeheer' (zie o.a. [link](#)). De focus ligt op het scherper krijgen wanneer effecten/schades optreden aan gewassen en natuur en de integratie daarvan in bijvoorbeeld hydrologische modellen.

10. Kennisleemten

Er zijn nog veel kennisleemten. Hieronder worden de belangrijkste genoemd.

Milieuranges van levensgemeenschappen, soorten en rassen veelal onbekend

Het is grotendeels onbekend hoe soorten, levensgemeenschappen en rassen van zowel landbouwgewassen als aquatische en terrestrische natuur reageren op verzilting of verzoeting tijdens de verschillende levensstadia. Hierdoor ontbreken grenswaarden over wanneer schade optreedt. Deze kennislacune vereist experimenteel werk waarin omgevingsparameters en zoutgehalte systematisch worden getoetst. In het afwegingskader 'zoet-zout dynamiek' is middels een deskundigenbeoordeling een eerste set aan globale grenswaarden bepaald die verder dienen te worden aanscherpt.

Gebrek aan goede metingen

Het is vooralsnog voornamelijk een kwalitatieve bevinding dat een verandering van het zoutgehalte tezamen gaat met en doorwerkt op een scala aan biogeochemische en biologische processen. Er zijn namelijk nauwelijks metingen bekend die alle verschillende parameters van een zoutpuls (bijv.: intensiteit, duur, concentratie, frequentie) en startcondities (bijv.: bodemtype, hoeveelheid organisch materiaal, zwavelconcentraties in de bodem) van elkaar weten te scheiden. Hierdoor is het lastig om effecten van zoet-zout dynamiek in ruimte en tijd te duiden en hierop te kunnen handelen. Wetenschappelijk experimenteel onderzoek dat is toegespitst op de Nederlandse context, is nodig om deze kennislacune te verhelpen.

Gebrek aan inzicht in hersteltijd

Er is nagenoeg niets bekend over de abiotische en biotische hersteltijd na verzilting (of verzoeting). Abiotische hersteltijd doelt op de vraag of bijvoorbeeld het zoutgehalte, sulfaatgehalte en mate van eutrofiëring de beoogde doelsoorten weer toe staat. Biotische hersteltijd doelt op de vraag of soorten zich opnieuw kunnen vestigen als de abiotiek weer geschikt is. Wetenschappelijk experimenteel onderzoek en veldonderzoek is nodig om beter grip te krijgen op hersteltijd. In het afwegingskader 'zoet-zout dynamiek' wordt nog geen uitspraak gedaan over hersteltijd.

Effecten van verzilting en verdroging onvoldoende in beeld

Verzilting en verdroging leiden soms tot moeilijke dilemma's over wat minder schadelijk is voor soorten en gewassen: een uitzakkend waterpeil (droogte) of het inlaten van gebiedsvreemd water met een ander zoutgehalte (verzilting/verzoeting). De effecten van verdroging en verzilting, en het onderscheid hiertussen, zijn nog onvoldoende in beeld en dienen te worden onderzocht. Hoewel er voor het dilemma verzilting-verdroging nog geen eenduidig praktisch handvat beschikbaar is voor waterbeheerders, kunnen het afwegingskader '[zoet-zout dynamiek](#)' en het afwegingskader '[toets inlaatwater vs. gebiedsvreemd water](#)' worden gebruikt ter ondersteuning van de risicodialoog.

11. Bronnen & links

Boeren Meten Water, <https://boerenmetenwater.nl/ec-tabel-schetst-zouttolerantie/>

Cultuurtechnisch Vademecum (1988).

<https://library.wur.nl/WebQuery/hydrotheek/288191>

De Vos, A.C., Bruning, B., van Straten, G., Oosterbaan, R., Rozema, J., & van Bodegom, P. (2016). Crop salt tolerance under controlled field conditions in The Netherlands, based on field trials conducted by Salt Farm Texel. 39 pagina's.

Ecologische Autoriteit (2023). Advies over de Natuurdoelanalyse Yerseke en Kapelse Moer, provincie Zeeland

Herbert, E.R., Boon, P., Burgin, A.J., Neubauer, S.C., Franklin, R.B., Ardón, M., Hopfensperger, K.N., Lamers, L.P. & Gell, P. (2015). A global perspective on wetland salinization: ecological consequences of a growing threat to freshwater wetlands. *Ecosphere*, 6(10), pp.1-43.

Hoag, R.S. & Price, J.S. (1997). The effects of matrix diffusion on solute transport and retardation in undisturbed peat in laboratory columns. *Journal of Contaminant Hydrology*, 28(3), pp.193-205.

Seitzinger, S.P., Gardner, W.S. & Spratt, A.K. (1991). The effect of salinity on ammonium sorption in aquatic sediments: implications for benthic nutrient recycling. *Estuaries*, 14, pp.167-174.

STOWA (2025). Rapport 2025-11: Kennisrapportage beschikbare kennis inclusief beschrijving huidig functioneren.
<https://www.stowa.nl/onderwerpen/klimaatadaptatie/van-kennis-naar-praktijk/kennisprogramma-droogte#3744>

STOWA (2025). Rapport 2025-12: Huidige beheerpraktijk.
<https://www.stowa.nl/onderwerpen/klimaatadaptatie/van-kennis-naar-praktijk/kennisprogramma-droogte#3744>

STOWA (2025). Afwegingskader zoet-zout.
<https://www.stowa.nl/onderwerpen/klimaatadaptatie/van-kennis-naar-praktijk/kennisprogramma-droogte#3744>

STOWA (2025). Tutorial afwegingskader zoet-zout (2025).
<https://www.stowa.nl/onderwerpen/klimaatadaptatie/van-kennis-naar-praktijk/kennisprogramma-droogte#3744>

Van Dam, A.M., Clevering, O.A., Voogt, W., Aendekerk, Th.G.L., & Van der Maas, M.P. (2007). Deelrapport leven met zout water. PPO nr 3234019400.

Van Dijk, G., A.J.P. Smolders, R. Loeb, A. Bout, J.G.M. Roelofs & L.P.M. Lamers (2015). Salinization of coastal freshwater wetlands; effects of constant versus fluctuating salinity on sediment biogeochemistry *Biogeochemistry DOI* 10.1007/s10533-015-0140-1.

Van Dijk, G., L.P.M. Lamers, R. Loeb, P.J. Westendorp, R. Kuiperij, H.H. Van kleef, M. Klinge & A.J.P. Smolders (2019). Salinization lowers nutrient availability in

formerly brackish freshwater wetlands; unexpected results from a long-term field experiment Biogeochemistry; <https://doi.org/10.1007/s10533-019-00549-6>.

Van Geest, G.J., Arts, G.H.P., Van Dijk, G., van Dam, H., van Riel, M. & van Smeden, J. (2022). Systeemkennis brakke wateren (No. 2022-39). STOWA.

Van Dijk, G., R. van 't Veer, C. Cusell & M.A.E. Ursem (2024). Onderzoek naar herstelmaatregelen voor het behoud van brakke natuur in Polder Westzaan, Witteveen+Bos, 19268/24-013.661

12. Colofon

Auteurs:

M. van der Kamp, Witteveen+Bos

S.A.H. Weisscher, Witteveen+Bos

R. van Ek, Witteveen+Bos

T.M.J. te Winkel, Acacia Water

T.C. van Hateren, Acacia Water

G.J. van Geest, Van Geest Ecologie

G. van Dijk, Onderzoekcentrum B-WARE

A.C. de Vos, The Salt Doctors

Versie: 1.0 (mei 2025)

Dit Deltafact is geschreven in het kader van het kennisprogramma DROOGTE, www.stowa.nl/droogte

14. Disclaimer

De in deze publicatie gepresenteerde kennis is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteur(s) en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit deze publicatie.