



SLIM WATERMANAGEMENT

Auteur en contactpersoon

Nathalie van Veen
Adviseur Waterverdeling Verzilting Rijkswaterstaat
nathalievaneen@rws.nl

Datum

11 december 2023

Mede mogelijk gemaakt door:

Thijs Ijpelaar (Waterschap Hollandse Delta)
Marco Vroege (Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard)
René van der Zwan (Hoogheemraadschap van Rijnland)
Jirôme van der Boon (Hoogheemraadschap Delfland)
Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden
Jaap Oosthoek (Waterschap Brabantse Delta)
Klaas-Jan Douben (Waterschap Brabantse Delta)
Mark van de Eijk (Waterschap Scheldestromen)
Wim Verstelle (Waterschap Scheldestromen)
Gerben Dekker (Rijkswaterstaat)

memo

Analyse van de verschillende methodes voor zoutafleiding van waterbeheerders in de Rijn-Maasmonding en de Zuidwestelijke Delta

1. Inleiding

Steeds vaker wordt er data uitgewisseld tussen verschillende waterbeheerders om zo optimaal mogelijk het waterbeheer in te richten. Dit gebeurt o.a. binnen het programma Slim Watermanagement (SWM), waarin de verschillende waterbeheerders samenwerken en data met elkaar delen in het SWM informatiescherm. Maar ook in de operationele systemen van Rijkswaterstaat, zoals het instrument voor waterpeilbeheer (IWP), wordt steeds vaker data van derden ontsloten.

Bij het ontsluiten en delen van chloridedata is de zogenaamde methode voor zoutafleiding van belang. Bij deze zoutafleiding wordt met behulp van geleidbaarheid en temperatuur van het water, de chlorideconcentratie berekend. Op dit moment gebruiken alle waterbeheerders nog hun eigen methode voor zoutafleiding (die soms zelfs meetpunt specifiek is¹). Verschillende zoutafleiding methodes kunnen mogelijk tot onjuiste veronderstellingen leiden als verschillende meetpunten onderling worden vergeleken. Indien het om verschillende watersamenstellingen gaat¹, kan het echter noodzakelijk zijn om verschillende methodes voor zoutafleiding te gebruiken om de chlorideconcentratie te berekenen. Vooral bij water van verschillende geografische herkomst kan de watersamenstelling en daarmee de relatie tussen geleidbaarheid, temperatuur en chlorideconcentratie verschillen. Hierbij wordt vooral onderscheid gemaakt tussen zeewater, rivierwater en polderwater. Omdat de samenstelling van het water per seizoen kan verschillen, is er soms ook sprake van seizoenvariatie, waarbij er per seizoen of periode een andere relatie bestaat tussen geleidbaarheid, temperatuur en chloride.

Deze memo biedt een eerste inzicht in welke methodes voor zoutafleiding door verschillende waterbeheerders (Rijkswaterstaat en waterschappen) worden gebruikt, en wat de consequentie van het gebruik van verschillende methodes is voor de chlorideconcentraties die worden berekend. In deze memo worden de verschillen tussen de verschillende methodes in kaart gebracht, zodat er in een

¹ De relatie tussen chlorideconcentratie en geleidbaarheid is afhankelijk van de watersamenstelling (concentratie en aard van de ionen) en de watertemperatuur. De watersamenstelling wordt bepaald op basis van de verhouding tussen de verschillende opgeloste ionen in het water (o.a. chloride, nitraat, sulfaat, ijzer en calcium). Deze verhouding verschilt per waterlichaam.

vervolgtraject bepaald kan worden of het wenselijk is om als waterbeheerders een consistente methode voor zoutafleiding te gebruiken.

Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving

2. Methode voor zoutafleiding Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat gebruikt voor alle wateren met lagere zoutgehalten de "Analysemethode F072: Berekende chlorideconcentratie - methode NDB 80-81" om de chlorideconcentratie te berekenen op basis van geleidbaarheid en de watertemperatuur (Kuijt, 2005). Deze methode is geschikt voor water waarbij het chloridegehalte maximaal ± 1000 mg/l is². Voor water met hogere chlorideconcentraties ($> \pm 1000$ mg/l) gebruikt Rijkswaterstaat de "Analysemethode F069: Bepaling chlorositeit van zeewater (RWS standaard)", maar dit valt buiten de scope van deze memo.

Datum

11 december 2023

De NDB-methode berekent de chlorideconcentratie op basis van de vijf onderstaande stappen (zie Kuijt (2005) voor meer informatie).

1) Metingen van geleidbaarheid en temperatuur

Rijkswaterstaat meet de watertemperatuur en ongecorrigeerde geleidbaarheid als eerste stap in het bepalen van de chlorideconcentratie.

2) Bepalen van de temperatuurcorrectieconstante

Op basis van de gemeten watertemperatuur (T in °C) kan vervolgens de temperatuurcorrectieconstante (r_T) worden bepaald met onderstaande formule.

$$r_T = c_0 + c_1T + c_2T^2 + c_3T^3 + c_4T^4$$

Met de constante $c_0=0,6766097$, $c_1=2,00564 \cdot 10^{-2}$, $c_2=1,104259 \cdot 10^{-4}$, $c_3=-6,9698 \cdot 10^{-7}$ en $c_4=1,0031 \cdot 10^{-9}$

3) R(t) en G(hulp) bepalen

Met behulp van de temperatuurcorrectieconstante (r_T) kan vervolgens de verhouding tussen het gemeten geleidingsvermogen en het geleidingsvermogen van zeewater van 15 °C met een praktische saliniteit³ van 35 (geen eenheid) bij een gemeten temperatuur T en luchtdruk P bepaald worden (R_T), waarbij G de gemeten geleidbaarheid betreft in Siemens per meter (S/m). Daarmee kan vervolgens een G_{hulp} bepaald worden, waarbij $G_{standaard,18}$ het geleidingsvermogen van standaard zeewater bij 18 °C betreft ($G_{standaard,18} = 45,89$ milliSiemens per centimeter (mS/cm)).

$$R_T = \frac{G}{4,291 * r_T}$$

$$G_{hulp} = R_T * G_{standaard,18} = R_T * 45,89$$

² De NDB 80-81 methode kan officieel gebruikt worden bij $R_T = (G / (4,3 * r_T)) < 0.1$. Met $r_T \approx 1,00$ bij water van 15 °C en $r_T \approx 1,24$ bij water van 25 °C en G de gemeten geleidbaarheid in S/m.

³ De geleidbaarheid van zeewater van 15 °C met een praktische saliniteit van 35 betreft 4,291 S/m.

4) **h0, h1 en h2 bepalen met behulp van de opzoektabel**

Met de gevonden G_{hulp} kunnen de constanten h_0 , h_1 en h_2 worden

Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving

Datum

11 december 2023

Tabel 1 h_0 , h_1 en h_2 zijn afhankelijk van G_{HULP}

	0,2<=HULP<=1,2	1,2<HULP<=2,5	2,5<HULP<=12,5	12,5<HULP<=19,0
H_0	-16,0	-137,0	-140,0	-330,0
H_1	139,0	345,0	345,0	380,0
H_2	95,8	5,1	3,0	1,4
	19,0<=HULP<=19,9	19,97<HULP<=33,0	19,97<HULP<=33,0	HULP>33,0
	7			
H_0	-340,0	-350,0	-350,0	-1960,0
H_1	380,0	380,0	380,0	475,0
H_2	1,4	1,4	1,4	0,0

Tabel 1: Opzoektabel voor de constanten H_0 , H_1 en H_2 op basis van G_{hulp} .

bepaald met behulp van onderstaande tabel. Afhankelijk van de gevonden G_{hulp} en dus afhankelijk van de gemeten geleidbaarheid en temperatuur, worden er andere constanten (h_0 , h_1 en h_2) gebruikt in de chloridebepaling. Zie Tabel 1 voor de waarde van de constanten.

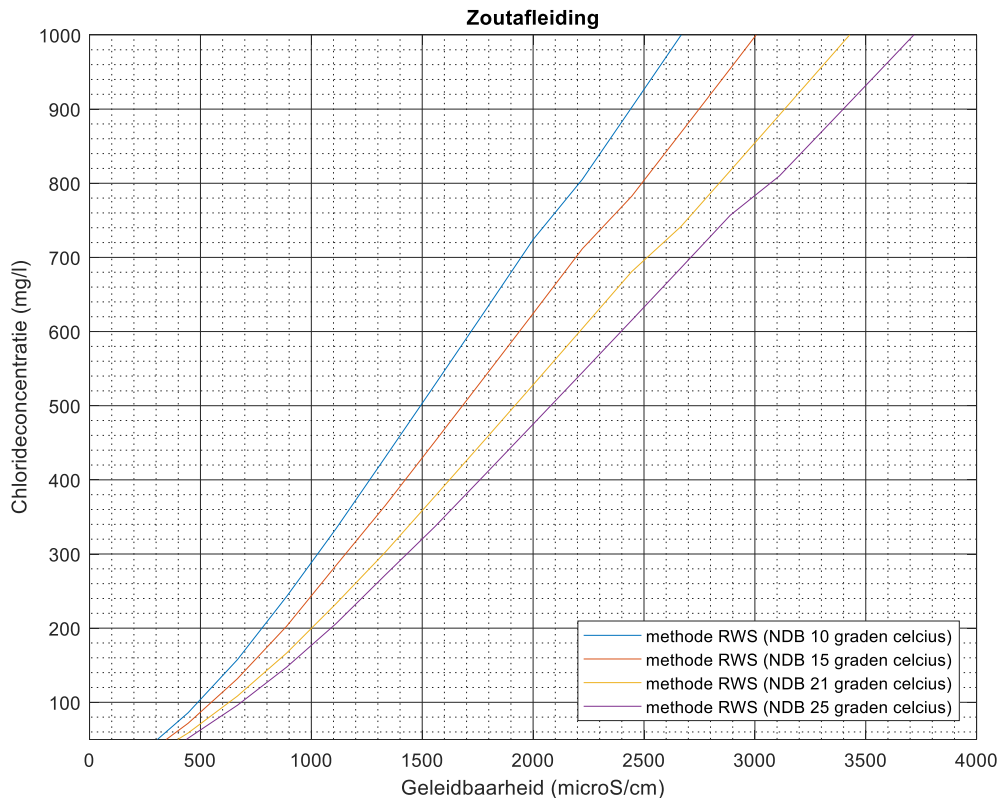
5) **Chlorideconcentratie (in mg/l) berekenen**

Als laatste stap kan de chlorideconcentratie (mg/l) berekend worden met onderstaande formule.

$$Cl = h_0 + h_1 * G_{hulp} + h_2 * G_{hulp}^2$$

In Figuur 1 wordt de relatie tussen geleidbaarheid, temperatuur en chlorideconcentratie (bepaald op basis van de NDB-methode) getoond.

Rijkswaterstaat is sinds december 2022 stapsgewijs de overstap aan het maken naar nieuwe geleidbaarheid- en temperatuursensoren in gebruik met anti-fouling (NKE Mosens UV sensoren). Op dit moment (december 2023) zijn er circa 100 oude sensoren voor de nieuwe anti-fouling sensoren. Door het toepassen van UV-licht is er minder aangroei op de sensoren en hoeven de sensoren minder frequent schoongemaakt te worden. De nieuwe optimale onderhouds- en validatiecyclus wordt op dit moment geëvalueerd.



Figuur 1: Visualisatie van de relatie tussen geleidbaarheid (x-as) en chlorideconcentratie (y-as) voor verschillende watertemperaturen (verschillende gekleurde lijnen) volgens de NDB-methode van Rijkswaterstaat.

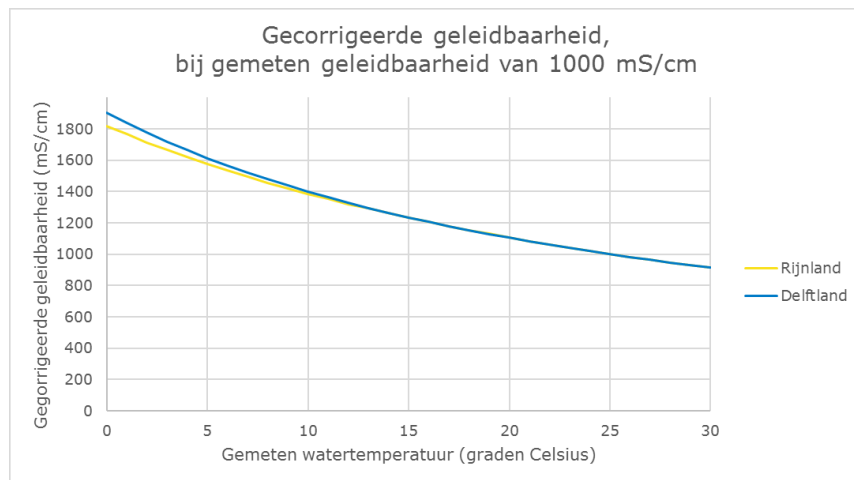
3. Methode voor zoutafleiding waterschappen

3.1. Algemene toelichting m.b.t. methode zoutafleiding waterschappen

De waterschappen die in deze memo zijn meegenomen hebben allen een iets andere methode voor zoutafleiding in vergelijking tot Rijkswaterstaat. Over het algemeen bepalen de waterschappen de chlorideconcentratie op hun meetpunten op basis van onderstaande twee stappen.

1) Gecorrigeerde geleidbaarheid bepalen

Veel sensoren die de waterschappen gebruiken bepalen geautomatiseerd de gecorrigeerde geleidbaarheid (naar een watertemperatuur van 25 °C). Deze sensoren corrigeren de geleidbaarheid dus automatisch en zenden direct de gecorrigeerde geleidbaarheid uit, waardoor het bij de waterbeheerders niet altijd bekend is hoe de gecorrigeerde geleidbaarheid precies wordt bepaald. Bij waterschap Delfland wordt de gecorrigeerde geleidbaarheid EC_k (in microS/cm) bepaald met onderstaande formule met een vaste constante (zie paragraaf 3.4), waar bij Rijnland er een temperatuurafhankelijke constante wordt gebruikt (zie paragraaf 3.1). In Figuur 2 wordt duidelijk dat door het gebruik van verschillende methodes er (kleine) verschillen ontstaan in de gecorrigeerde geleidbaarheid die wordt bepaald. Als voorbeeld zie je de gecorrigeerde geleidbaarheid bij een gemeten ongecorrigeerde geleidbaarheid van 1000 mS/cm (voor verschillende watertemperaturen).



Figuur 2: Gecorrigeerde geleidbaarheid, bij een gemeten geleidbaarheid van 1000mS/cm en verschillende gemeten watertemperaturen tussen de 0 en 30 °C (x-*as*) bij de methode die wordt toegepast door Rijnland (geel) en Delfland (blauw).

2) Chloride concentratie bepalen m.b.v. een lineaire relatie tussen gecorrigeerde geleidbaarheid en chloride

Vervolgens gebruiken waterschappen over het algemeen een lineaire formule (zie hieronder) waarmee de chlorideconcentratie wordt bepaald op basis van de gecorrigeerde geleidbaarheid. De constante a en b zijn meestal door het waterschappen in het verleden bepaald door lineaire regressie tussen gemeten geleidbaarheidswaardes en in het lab bepaalde chloridewaardes.

$$Cl = a * EC_k - b$$

In de paragrafen hieronder worden de methodes van een aantal individuele waterschappen in de Rijn-Maasmonding en de Zuidwestelijke Delta verder toegelicht.

3.2. Methode Hoogheemraadschap van Rijnland

Rijnland meet op circa 30 locaties gecorrigeerde geleidbaarheid die worden omgerekend naar een chlorideconcentratie. Metingen vinden hoofdzakelijk binnen het regionale watersysteem (in de boezem en in de polder) plaats, maar er wordt ook op een aantal locaties in het hoofdwatersysteem gemeten. Metingen in de boezem worden voornamelijk gebruikt voor operationele aansturing van het beslissingsondersteunend systeem (BOS) van Rijnland, waar metingen in de (kwel)polders voornamelijk worden gebruikt om doorspoeling in de droge zomer te optimaliseren. Metingen in het hoofdwatersysteem worden met name gebruikt om mogelijke zoutindringing vanaf het hoofdwatersysteem in beeld te brengen. Alle geleidbaarheidssensoren worden op dit moment 2 keer per jaar schoongemaakt, maar een hogere onderhoudsfrequentie wordt overwogen.

De geleidbaarheidsmeters van Rijnland corrigeren automatisch naar een temperatuur van 25 °C, dus hier hoeft geen rekening mee gehouden te worden bij de omrekening. De nieuwere geleidbaarheidssensoren (C4E van Aqualabo) gebruiken hiervoor onderstaande methode (AQUALAB, 2021):

$$EC_k = (1 + \alpha \frac{1}{100} (t_{25} - t)) EC_t$$

Hierbij is $\alpha = \alpha_{025} \times \alpha_{S25}$, $\alpha_{025} = 1,9112\%/^{\circ}\text{C}$ bij 25°C en is α_{S25} een temperatuurafhankelijke coëfficiënt (zie Tabel 2).

Tabel 2: Coëfficiënt α_{S25} die gebruikt wordt bij het bepalen van gecorrigeerde geleidbaarheid bij Rijnland.

T (°C)	aS25 (t)	T (°C)	aS25 (t)	T (°C)	aS25 (t)	T (°C)	aS25 (t)
0	1,708	9	1,373	18	1,147	27	0,963
1	1,667	10	1,344	19	1,129	28	0,946
2	1,623	11	1,316	20	1,105	29	0,929
3	1,582	12	1,29	21	1,083	30	0,913
4	1,543	13	1,266	22	1,061		
5	1,51	14	1,239	23	1,04		
6	1,47	15	1,213	24	1,019		
7	1,436	16	1,19	25	1		
8	1,404	17	1,167	26	0,981		

Rijnland gebruikt voor al hun meetpunten een lineaire formule voor zoutafleiding. In de Rijn-Maasmonding hebben de gemalen Verdoold, Nesse, Veurink en Middelwatering (gemalen HHSK, datastroom meetnet verloopt via Rijnland) allemaal dezelfde relatie ($Cl = EC * 0,3034 - 124,4$). Voor gemaal Gouda geldt net een andere relatie omdat hier relatief vaak ook boezemwater wordt uitgemalen ($Cl = EGV * 0,271 - 115$). Deze lineaire formule is in het verleden bepaald door lineaire regressie tussen gemeten geleidbaarheidswaardes en in het lab bepaalde chloride waardes. Daarnaast heeft Rijnland zijn eigen formules ook vergeleken met de methode voor zoutafleiding van Rijkswaterstaat. Meest recentelijk heeft Rijnland in de zomer van 2018 de methode voor zoutafleiding geëvalueerd door berekende en gemeten chlorideconcentraties te vergelijken.

3.3. Methode Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard

Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard (HHSK) meet op 22 locaties de naar 25°C gecorrigeerde geleidbaarheid. De helft van de sensoren bevindt zich in rijkswater (Hollandsche IJssel, Lek, Leuvehaven, en het Boerengat) en de andere helft van de sensoren bevindt zich in het regionale systeem. De sensoren zenden of gecorrigeerde geleidbaarheid uit of direct de chlorideconcentratie (deze wordt dan berekend in de software). Hoe de geleidbaarheid gecorrigeerd wordt, is grotendeels onbekend, net als dat het onbekend is hoe de chlorideconcentratie wordt berekend bij de sensoren die dit automatisch binnen de software doen. De kennis hierover is mede afhankelijk van de beschikbare leveranciers-handleidingen.

Voor de sensoren die gecorrigeerde geleidbaarheid uitzenden gebruikt HHSK een lineaire formule voor zoutafleiding ($Cl = 0,2867 * EC - 87,31$). Op dit moment worden sensoren circa één tot twee keer per jaar schoongemaakt en opnieuw gevalideerd. Er wordt overwogen om frequenter onderhoud te gaan plegen.

3.4. Methode Waterschap Hollandse Delta

Bij Waterschap Hollandsche Delta wordt op circa 40-50 locaties de chlorideconcentratie bepaald. De meeste sensoren bevinden zich in regionale wateren in het poldersysteem. Op dit moment bevinden 7 sensoren zich in Rijkswater en dit wordt naar verwachting in 2024 uitgebreid naar in totaal 15 sensoren. De sensoren zenden direct gecorrigeerde geleidbaarheid uit naar 25°C. Hoe de correctie van geleidbaarheid naar gecorrigeerde geleidbaarheid plaatsvindt is onbekend. Voor de metingen worden sensoren van Endress & Hauser en Sensorex TCS3020 gebruikt.

Vervolgens gebruikt waterschap Hollandse Delta (net als de meeste andere waterschappen in de Rijn-Maasmonding) een lineaire relatie om op basis van de gecorrigeerde geleidbaarheid, de chlorideconcentratie te bepalen. Op elke locatie wordt een andere relatie gebruikt, en daarnaast is er ook voor rivierwater een eigen relatie (zie Tabel 3). Deze relaties zijn afgeleid (en worden zo nu en dan geactualiseerd) door gebruik te maken van de waterkwaliteitsmetingen die regulier worden gedaan door Aquon. Op alle locaties wordt minimaal één keer per vier jaar, gedurende een jaar, maandelijks chloride gemeten in het lab. Er zijn ook locaties waar permanent maandelijks metingen worden gedaan.

Het vermoeden bestaat bij Hollandsche Delta dat de afleiding per locatie (eiland) die nu wordt gedaan nog steeds te grof is, omdat er soms dezelfde relatie wordt gebruikt bij water met een verschillende watersamenstelling (de relatie die voor het Brielse Meer wordt gebruikt is bijvoorbeeld hetzelfde als de relatie die wordt gebruikt in de waterlopen van het achterliggende poldersysteem). Daarnaast leert de ervaring van Waterschap Hollandsche Delta dat de lineaire afleiding op sommige locaties niet altijd goed werkt, met name bij lage concentraties, waardoor incidenteel zelfs negatieve chlorideconcentraties worden afgeleid. De schoonmaakfrequentie van de sensoren van Waterschap Hollandsche Delta wisselt per locatie. Op cruciale locaties (zoals inlaat Bernisse) worden elke 2 tot 4 weken de sensoren schoongemaakt. Andere locaties worden eens per half jaar schoongemaakt.

Tabel 3: Coëfficiënten die gebruikt worden door Waterschap Hollandsche Delta op de verschillende locaties/eilanden en voor rivierwater (bij metingen in rivierwater wordt er geen onderscheid per locatie/eiland gemaakt).

Locatie	Coëfficiënt a	Coëfficiënt b
IJsselmonde	0,2394	102,410
Goeree-Overflakkee	0,2997	190,790
Voorne-Putten	0,2870	136,360
Hoekse Waard/EvD	0,2869	180,130
Spuisluis Rozenburg	0,2870	136,370
Bernisse inlaat	0,2867	87,000
Rivierwater	0,2557	92,509

3.5. Methode Hoogheemraadschap van Delfland

Bij Delfland wordt er in het waterbeheer gestuurd op basis van de gecorrigeerde geleidbaarheid (in plaats van de chlorideconcentratie). Hierdoor hoeft de gecorrigeerde geleidbaarheid dus (meestal) niet te worden omgerekend naar een chlorideconcentratie. Het elektrisch geleidingsvermogen wordt omgerekend naar een elektrische geleidbaarheid bij een referentietemperatuur van 25 °C

doormiddel van onderstaande formule (Bouma, 1989).

$$EC_k = \frac{EC_t}{1 + Y_k(t - k)}$$

In bovenstaande formule is EC_k het elektrische geleidingsvermogen bij een referentietemperatuur van 25 °C, EC_t is het elektrische geleidingsvermogen bij de gemeten temperatuur, Y_k de temperatuurcoëfficiënt (0,019), t de gemeten temperatuur (in °C) en k de referentietemperatuur (25°C).

Ondanks dat bij Delftland over het algemeen met de gecorrigeerde geleidbaarheid wordt gewerkt (en er dus geen omrekening naar chlorideconcentratie nodig is) wordt er alsnog voor de diverse meetlocaties een chlorideconcentratie berekend. De coëfficiënten van de lineaire formules die worden gebruikt, worden regelmatig automatisch aangepast op basis van nieuwe lab-analyses. Voor elk meetpunt in het gebied wordt een eigen relatie afgeleid. Voor het meetpunt Beukelsbrug worden op dit moment de coëfficiënten $a=367,34$ en $b=233,82$ gebruikt, waarbij de gecorrigeerde geleidbaarheid (EC) in mS/cm moet worden gebruikt om de chlorideconcentratie te bepalen.

3.6. Methode Waterschap Scheldestromen

Bij Waterschap Scheldestromen wordt gecorrigeerde geleidbaarheid gemeten met sensoren van Hach (voor met name de inlaten op Tholen en St. Philipsland) en met divers van Van Essen (voor circa 30 meetpunten met name in Tholen, Noord- en Zuid-Beverland en Walcheren). De uitvoer van alle geleidbaarheidssensoren wordt automatisch gecorrigeerd naar 25°C.

Het is onduidelijk hoe dit precies gebeurt. Standaard corrigeren de geleidbaarheidssensoren van Hach lineair met 2% per graden Celsius. De geleidbaarheidssensoren van Van Essen corrigeren de geleidbaarheid met onderstaande formule.

$$K_{T_{ref}} = \frac{100}{100 + \theta(T - T_{ref})} * K$$

Waarbij $K_{T_{ref}}$ de specifieke (of gecorrigeerde) geleidbaarheid bij de referentie temperatuur (T_{ref}) van 25°C, K de geleidbaarheid bij de temperatuur van het monster (T) en θ de temperatuurcoëfficiënt (1,91% per graden Celsius).

Vervolgens gebruikt Scheldestromen een lineaire relatie voor het bepalen van de chlorideconcentratie bij hun meetpunten ($Cl = 342,85 * EC - 285,71$), met gecorrigeerde geleidbaarheid (EC) in mS/cm. Eén keer per jaar vindt er onderhoud aan de geleidbaarheidssensoren plaats waarbij ze ook worden gevalideerd en waar nodig gekalibreerd.

3.7. Methode Waterschap Brabantse Delta

Bij Waterschap Brabantse Delta wordt er geleidbaarheid gemeten bij zowel oudere stations van NORTEK als bij nieuwere AQUON-stations. Bij de oudere stations wordt alleen gecorrigeerde geleidbaarheid bepaald, waar bij de nieuwere stations zowel ongecorrigeerde als gecorrigeerde geleidbaarheid wordt bepaald. De geleidbaarheid wordt gecorrigeerd naar 25°C met behulp van onderstaande

formule, waarbij een temperatuur coëfficiënt (Y_k) van 0,0191 wordt gebruikt en een referentietemperatuur (k) van 25°C.

Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving

Datum

11 december 2023

$$EC_k = \frac{EC_t}{1 + Y_k(t - k)}$$

Bij Waterschap Brabantse Delta wordt over het algemeen geen chlorideconcentratie berekend op basis van de geleidbaarheid. Er wordt direct met de geleidbaarheid gewerkt. Naast de continue geleidbaarheidsmetingen worden er maandelijks monsters genomen waarbij er zowel geleidbaarheid als chloride wordt bepaald. Er is bij Waterschap Brabantse Delta bekend dat in hun beheergebied de relatie tussen geleidbaarheid, temperatuur en chloride niet overal hetzelfde is, omdat er sprake is van verschillende watersamenstellingen. In het westen van het beheergebied wordt de geleidbaarheid vooral door chloride bepaald, waar in het oosten in het beheergebied de geleidbaarheid vooral door calcium en magnesium wordt bepaald.

3.8. Methode Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

Bij Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden worden geen continue geleidbaarheidsmetingen en/of chloridebepalingen gedaan. Alleen in periodes waarin de Klimaatbestendige Wateraanvoorziening (KWA) wordt ingezet, en er water door hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden wordt doorgevoerd naar het westen van Nederland, worden er handmetingen uitgevoerd waarbij zowel chloride (lab resultaat), gecorrigeerde geleidbaarheid naar 25°C en temperatuur wordt gemeten. Omdat er geen continue geleidbaarheidsmetingen worden gedaan heeft Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden geen eigen methode voor chloride afleiding.

4. Vergelijking tussen methode Rijkswaterstaat en de methoden van de waterschappen

Een belangrijk verschil tussen de methode van Rijkswaterstaat en die van de waterschappen is dat Rijkswaterstaat de gemeten geleidbaarheid en gemeten watertemperatuur gebruikt in de methode voor chloridebepaling waar de (meeste) waterschappen de gecorrigeerde geleidbaarheid gebruiken (naar 25°C). Daarnaast gebruikt Rijkswaterstaat een kwadratische formule voor de uiteindelijke chloridebepaling waar de meeste waterschappen een lineaire relatie tussen gecorrigeerde geleidbaarheid en chlorideconcentratie gebruiken.

In Figuur 3 worden de methoden voor zoutafleiding tussen Rijkswaterstaat en de waterschappen vergeleken. Brabantse Delta en Stichtse Rijnlanden worden niet weergegeven omdat er geen methode voor zoutafleiding beschikbaar is.

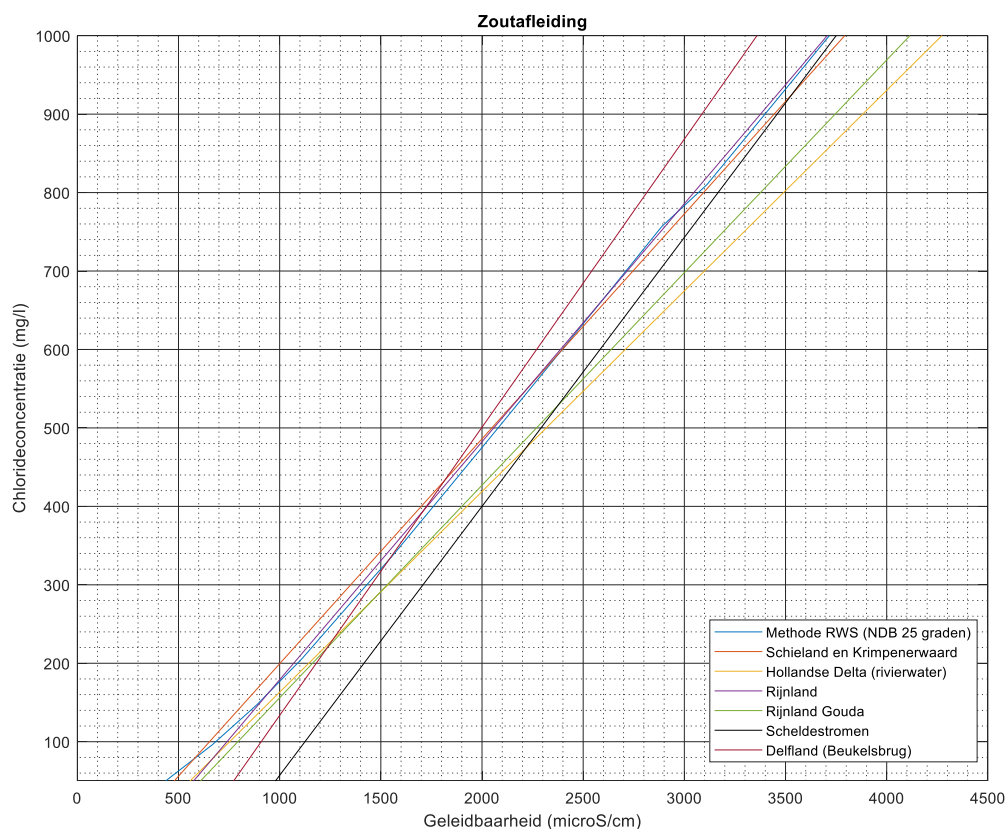
Bij de getoonde chlorideconcentraties tussen de 50 en 1000 mg/l geven de methoden van Rijkswaterstaat, Schieland en Krimpenerwaard en Rijnland de meest vergelijkbare uitkomsten. De methode van Hollandse Delta en Rijnland (Gouda) geven vergelijkbare uitkomsten als de methode van Rijkswaterstaat, HHSK en Rijnland bij de lagere waardes voor gecorrigeerde geleidbaarheid en chloride (chlorideconcentratie tussen de circa 50 en 350 mg/l), maar gaan een stuk meer afwijken bij hogere waardes voor gecorrigeerde geleidbaarheid en chloride. De methode van Delfland geeft vergelijkbare uitkomsten bij een gecorrigeerde geleidbaarheid van 1200 tot 2000 microS/cm (chlorideconcentratie

van 200 tot 500 mg/l). Bij waarden van gecorrigeerde geleidbaarheid lager dan 1200 microS/cm en waarden hoger dan 2000 microS/cm gaan de waarden meer afwijken ten opzichte van de andere methodes.

**Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving**

Datum

11 december 2023



Figuur 3: Visualisatie van de relatie tussen geleidbaarheid (x-as) en chlorideconcentratie (y-as) voor verschillende waterschappen en voor Rijkswaterstaat. Geleidbaarheid (x-as) betreft de gecorrigeerde geleidbaarheid naar 25 °C m.u.v. de afleiding van Rijkswaterstaat waar het de ongecorrigeerde geleidbaarheid betreft. Voor Hollandse Delta wordt alleen de formule die wordt gebruikt voor rivierwater getoond, voor Rijnland wordt zowel de formule voor Verdoold, Nesse, Veurink en Middelwatering (paars) als de formule voor Gouda (groen) weergegeven.

In Tabel 4 wordt een overzicht gegeven van de chlorideconcentraties die worden bepaald door de verschillende waterbeheerders bij een tiental waarden van gecorrigeerde geleidbaarheid (naar 25°C) tussen de 500 en 2300 microS/cm. Er is uitsluitend gekeken naar waarden van gecorrigeerde geleidbaarheid (in microS/cm) van 500, 700, 900, enzovoort. Uit de tabel blijkt dat bij een gecorrigeerde geleidbaarheid van bijvoorbeeld 900 microS/cm de bepaalde chlorideconcentratie kan variëren van 23 mg/l (Scheldestromen) tot 171 mg/l (HHSK).

Tabel 4: Chlorideconcentraties (mg/l) voor verschillende waarde van gecorrigeerde geleidbaarheid naar 25 °C (microS/cm) voor Rijkswaterstaat (RWS), Hoogheemraadschap van Schieland en Krimpenerwaard (HHSK), Hoogheemraadschap van Rijnland, Waterschap Hollandse Delta (HD), Waterschap Scheldestromen en Hoogheemraadschap van Delfland. Kleur arceringen zijn aangebracht per 50 mg/l groepen.

Gecorrigeerde geleidbaarheid (microS/cm)	RWS	HHSK	Rijnland	Rijnland (Gouda)	HD	Schelde- stromen	Delfland
500	62	56	27	21	35	-	-
700	103	113	88	75	86	-	23
900	150	171	149	129	138	23	97
1100	203	228	209	183	189	91	170
1300	261	285	270	237	240	160	244
1500	319	343	331	292	291	229	317
1700	381	400	391	346	342	297	391
1900	444	457	452	400	393	366	464
2100	506	515	513	454	444	434	538
2300	569	572	573	508	496	503	611

5. Conclusie en aanbevelingen

De verschillende waterbeheerders in de Rijn-Maasmonding gebruiken op dit moment allemaal hun eigen methode voor zoutafleiding (die soms zelfs meetpunt specifiek is⁴). Hierdoor kan bij eenzelfde gemeten gecorrigeerde geleidbaarheid een andere chlorideconcentratie worden afgeleid. De verschillen in bepaalde chlorideconcentratie, bij eenzelfde gecorrigeerde geleidbaarheid, kunnen in de praktijk oplopen tot tientallen milligrammen per liter. In sommige gevallen hebben de verschillende waterbeheerders daadwerkelijk te maken met een andere watersamenstelling, en dus met een andere relatie tussen geleidbaarheid en chlorideconcentraties. In dergelijke gevallen is het volkomen juist om een andere methode van chlorideafleiding te gebruiken. Indien er echter sprake is van eenzelfde soort watersamenstelling is het gewenst om eenzelfde methode voor chloride afleiding te gebruiken. In het operationele waterbeheer maken tientallen milligrammen per liter immers een groot verschil.

⁴ De relatie tussen chlorideconcentratie en geleidbaarheid is afhankelijk van de watersamenstelling. Om precies te zijn de verhouding tussen de verschillende opgeloste ionen in het water (o.a. chloride, nitraat, sulfaat, ijzer en calcium). Deze verhouding verschilt per waterlichaam.

Op basis van de resultaten in deze memo worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- *Vergroot de kennis over hoe gecorrigeerde geleidbaarheid wordt bepaald*
De meeste waterbeheerder zijn zich niet bewust van hoe de geleidbaarheid wordt gecorrigeerd. Het is echter bekend dat er verschillende methodes zijn om de geleidbaarheid te corrigeren en dat dit tot verschillen kan leiden in de bepaalde gecorrigeerde geleidbaarheid. Op basis van deze memo wordt waterbeheerders aanbevolen om hun kennis met betrekking tot het corrigeren van geleidbaarheid te vergroten en om ook de methode van correctie gedegen vast te leggen (o.a. door het bewaren van de gebruikershandleidingen).
- *Verbeter het proces voor chloride afleiding*
Veel waterbeheerders hebben geen regulier en gedegen proces waarbij de methode van chloride afleiding wordt geëvalueerd en waar nodig aangepast. De relatie tussen geleidbaarheid en chloride op een specifieke locatie kan echter met de tijd veranderen (bijv. door de aanleg van een nieuw gemaal of meer zoutindringing vanuit zee) of nooit goed zijn afgeleid. Gezien de knelpunten die worden ondervonden (bijv. het bepalen van negatieve chlorideconcentraties) is het van belang dat er kennis blijft bestaan bij de verschillende organisaties over de methode van chloride afleiding en dat de methodiek ook periodiek wordt geëvalueerd en waar nodig aangepast. Daarnaast moet er ook voldoende data in het gehele spectrum van mogelijke chloride concentraties beschikbaar zijn (lab metingen waarbij de chloride concentratie, de geleidbaarheid en de temperatuur wordt bepaald) om deze evaluatie en eventuele aanpassing te doen. Op basis van deze memo wordt aanbevolen om met elkaar na te gaan wat een optimale procesketen is (lab analyse, evaluatie van chloride afleiding en eventuele aanpassing) om de chloride concentratie zo goed mogelijk te kunnen bepalen. Vervolgens moet deze procesketen natuurlijk ook toegepast worden.
- *Onderzoek de mogelijkheden voor eenduidige methodes voor chloride afleiding voor locaties met eenzelfde watersamenstelling*
Vooral op locaties waar meerdere waterbeheerders in hetzelfde waterlichaam meten (bijvoorbeeld op de Hollandsche IJssel, de Lek, het Spui of in het Volkerak-Zoommeer) wordt aanbevolen om als waterbeheerders de mogelijkheid te onderzoeken om eenzelfde methode voor chloride afleiding toe te passen. Dit zal tot meer eenduidigheid leiden en ervoor zorgen dat chloride concentraties makkelijker met elkaar vergeleken kunnen worden.
- *Vergroot de kennis met betrekking tot de benodigde schoonmaak-, validatie- en kalibratiecyclus*
Bij veel waterbeheerders is het onbekend hoe vaak hun geleidbaarheids-sensoren moeten worden schoongemaakt, gevalideerd en gekalibreerd. Ook dit kan sensor- en watertype afhankelijk zijn. De eerste resultaten met de nieuwe anti-fouling sensoren van Rijkswaterstaat (met UV) laten bijvoorbeeld zien dat er een lagere schoonmaak frequentie nodig is indien er UV wordt toegepast. Waterbeheerders worden aanbevolen om hun kennis over hun eigen schoonmaak, kalibratie en validatie proces te vergroten, om (nieuwe) inzichten tussen waterbeheerders te delen, schoonmaak, validatie en kalibratie cyclussen periodiek te evalueren en de nieuw opgedane kennis ook vast te leggen en toe te passen.

**Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving**

Datum

11 december 2023

Bijlage 1: Bronnen

Bouma, 1989. Omrekening elektrisch geleidingsvermogen naar referentietemperatuur. Delfland.

Kuijt, 2005. Zoutafleiding, bijlage bij RIJKSWATERSTAAT standaard. Rijkswaterstaat.

AQUALAB, 2021. C4E NUMERICAL SENSOR User manual. Versie 1.2. Update Maart 2021.

**Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving**

Datum

11 december 2023