



Voorschrift - RWSV

Versie: 3

Code: 913.00.W015

Bepaling fysisch-chemische veldparameters


Advies en overlegorgaan: MT-IGA

datum vrijgave: 11-04-2022


913.00.W015 Bepaling fysisch-chemische veldparameters

Versiebeheer

versie nummer	datum vrijgave	versie nummer	datum vrijgave	versie nummer	datum vrijgave	versie nummer	datum vrijgave
1	01-12-2011						
2	24-01-2019						
3	11-04-2022						

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 2 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

Uitgegeven door RWS CIV
<p>Wijzigingen in deze versie ten opzichte van de vorige versie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Als aan het einde van de meetdag de toetsing van een sensor is afgekeurd wordt niet meteen de data van deze parameter afgekeurd. Aan het einde van de dag kan het zijn dat de sensor niet goed is geacclimatiseerd bij toetsing door temperatuurverschil buiten en binnen. Dan wordt de toetsing eerst de volgende dag opnieuw uitgevoerd waarbij de sensor wel dezelfde temperatuur heeft als de kalibratievloeistof. • De berekening van de extinctiecoëfficiënt voor de dynamische sferische cel methode is binnen Rijkswaterstaat geüniformeerd. In de nieuwe inwinsoftware voor Rijkswaterstaat wordt deze berekeningsmethode opgenomen. Het 'Advies extinctie meetdienst Noord-Nederland' [lit.11] wordt als basis gebruikt. Dit advies voor de Waddenzee was al opgenomen met een literatuurverwijzing. Deze werkwijze is op de andere wateren ook toepasbaar en hiermee landelijk uitgerold. Dit resulteert in kleine aanpassingen: <ul style="list-style-type: none"> • Een meer gedetailleerde beschrijving van de meetopstelling. • Een correctie van de lichtintensiteit van de onderwater sensor met een donkermeting. • Het gebruik van zowel de 'upcast' als 'downcast' van de meetgegevens. • Het achterwege laten van een afbakening tussen de 20 en 80 procent van de relatieve lichtintensiteit. • De geschatte extinctiecoëfficiënt is de helling van de regressielijn door de uitgezette punten {diepte; $-\ln(I/I_0)$}. De regressielijn wordt niet meer door de oorsprong {0;0} gedwongen. • Logboek is aangepast waarbij de specificaties van de gebruikte apparatuur met de sensoren op hetzelfde werkblad staat als de randvoorwaarden van de meetaanvraag. Tevens is een werkblad aangemaakt waarin de registraties van de meetinstrumenten staan die gebruikt zijn voor de meting. Hierin is een waarschuwing voor jaarlijks onderhoud toegevoegd. In het werkblad geleidendheid is de eenheid aangepast mS/m naar $\mu\text{S/cm}$. Deze eenheid wordt door leveranciers van instrumenten veelal gebruikt in de bijhorende software en voor referentiewaarden van kalibratievloeistoffen. De eenheid voor geleidendheid bij de levering van data aan Rijkswaterstaat is in mS/m. • Tekstuele aanpassingen doorgevoerd.


Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 3 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

1. DOEL EN TOEPASSINGSGBIED


Deze RWSV beschrijft de bepaling van fysisch-chemische veldparameters en de kwaliteitsborging daarvan. Voor het gebruik van de sensoren dient de handleiding van de betreffende apparaten gebruikt te worden. De veldparameters welke in dit document zijn gebundeld, betreffen extinctie, temperatuur, zuurgraad, geleidendheid en opgelost zuurstof.

2. TERMEN EN DEFINITIES

Veldparameter	Een eigenschap (stof, stofgroep of grootheid) van een systeem, medium, organisme of object die – in situ of in loco - kan worden gemeten of bepaald.
In situ	Het uitvoeren van een handeling op de oorspronkelijke plaats, zonder het naar een speciaal medium te verplaatsen of de handeling op een andere locatie uit te voeren. Een voorbeeld is een analyse van oppervlaktewater op de plek van de meet- of monsterlocatie. [lit.6].
In loco	De aanduiding van een fysieke plaats waar een handeling is of wordt verricht. Dit kan bijvoorbeeld zijn in een pompsysteem of emmer waar de bepaling van veldparameters gebeurt [lit.6].
Extinctie	De verzwakking van de straling door absorptie en verstrooiing wanneer ze door een medium gaat. De uitdoving (verzwakking) van diffuus licht in de verticale richting in de waterkolom [lit.6].
Lichtflux	Lichtflux of lichtintensiteit: De grootte van de lichtstroom die per seconde op het meetoppervlak van een lichtsensor valt [lit.6].
Extinctiecoëfficiënt	Maat voor de extinctie [lit.6].
Photosynthetic Active Radiation (PAR)	Het golflengtebereik met voor fotosynthese actieve elektromagnetische straling. Het golflengtebereik is tussen de 400 tot 700 nanometer. Zichtbaar licht heeft een bereik van 380 tot 780 [lit.6].
Zuurgraad	pH; de negatieve waarde van de logaritme van de relatieve concentratie van H_3O^+ . $pH = -^{10}\log [H^+]$ - Schaal van 1 tot 14, waarbij pH7 is een neutraal milieu, $pH > 7$ is een basisch milieu en $pH < 7$ is een zuur milieu [lit.6]
Geleidendheid	Een maat voor het vermogen van een stof (vast, vloeibaar, gas of in oplossing) om de elektrische stroom te geleiden [lit.6].
Praktische saliniteit	De saliniteit die berekend wordt uit de geleidendheid bij 25 graden Celsius. De omrekening van het geleidend vermogen naar een saliniteit is gedefinieerd op de geleidendheid van het standaard zeewater (het zogenoemde Kopenhagener water). [lit.8].

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 4 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

Opgelost zuurstof	In water opgelost zuurstofgas onder een aanwezige druk en temperatuur. Voor het aquatische milieu geldt dat opgeloste zuurstof essentieel is voor het zelfherstel proces van water en aquatische organismen. Factoren zoals watertemperatuur, atmosferische druk en zoutgehalte beïnvloeden de hoeveelheid opgeloste zuurstof [lit.6].
Hoedanigheid	De vorm waarin de eenheid behorend bij een meetwaarde wordt uitgedrukt of de fractie van de parameter waarop de meetwaarde betrekking heeft. De vorm van de eenheid kan een equivalent zijn waarin de meetwaarde wordt uitgedrukt, als ware het een andere vergelijkbare parameter. Voorbeeld hiervan is 'bij 20°C' voor geleidendheid [lit.6].
Eenheid	De dimensie van de grootheid waarin een parameter wordt uitgedrukt [lit.6].
Resolutie	Het kleinst waarneembare detail [lit.6]. In dit RWSV is de resolutie het detailniveau die in de meetaanvraag wordt gevraagd.
Bereik	De bandbreedte van het meetinstrument voor de meting, begrenst door een laagste en hoogste meetbare waarde [lit.6].
Meetonzekerheid	Een grootheid, in verband met het resultaat van een meting, die de spreiding van waarden, die redelijkerwijs aan de meetgrootheid kunnen worden toegekend, karakteriseert [lit.6].
Toetsing	Rekenstap waarin de waarnemingen worden gecontroleerd door het vergelijken van de toetsingsgrootheid (kritieke waarde) met de waarneming [lit.6]. In dit RWSV is de toetsing de controle van het meetinstrument op de randvoorwaarden. De toetsing van sensoren wordt uitgevoerd met kalibratievloeistoffen voor geleidendheid en pH. Voor zuurstof met zuurstof-verzadigd water of water-verzadigd lucht.
Steilheid	Richtingscoëfficiënt; de richtingscoëfficiënt van een rechte lijn in een vlak met een rechthoekig xy-assenstelsel. De steilheid of richtingscoëfficiënt is een maat voor de helling van de lijn ten opzichte van de x-as. De steilheid is ook te bepalen via de tangens van de hoek die de rechte maakt met de positieve x-as [lit.6].
Kalibratie	Het vergelijken van een systeem of instrument met een standaard om de eigenschappen vast te stellen en het vastleggen van de afwijking ten opzichte van deze standaard [lit.15].
Justeren	Het af- of instellen van een systeem of instrument om het in overeenstemming te brengen met de specificatie [lit.15]. Als de sensor bij de toetsing is afgekeurd, dient deze opnieuw te worden gejusteerd volgens handleiding instrument.
Datalogger	Het systeem of apparaat dat gegevens meet en opslaat over een vastgestelde periode [lit.6].

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 5 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

3. PROCESBESCHRIJVING

In de procesbeschrijving wordt de kwaliteitsborging van de meting vastgelegd. De randvoorwaarden van de meetaanvraag met de specificaties van de sensoren staan in paragraaf 3.1 beschreven. In paragraaf 3.2 staat uitleg over de registratie van de apparatuur met de sensoren die gebruikt zijn voor de meetaanvraag. In de paragrafen 3.3 tot en met 3.7 wordt per fysisch-chemische veldparameter het gehele proces van de meting beschreven inclusief de kwaliteitsborging. Hieronder wordt uitleg gegeven over de toetsing en aandachtspunten voor alle fysisch-chemische veldparameters.


Toetsing


In de meetaanvraag staan de randvoorwaarden als resolutie, bereik en meetonzekerheid. De sensoren van het meetinstrument worden gecontroleerd door middel van een toetsing. De meting wordt uitgevoerd. Achteraf wordt wederom het meetinstrument gecontroleerd door middel van een toetsing. De toetsing voor en na de meting maakt deel uit van de kwaliteitsborging.

De sensoren hebben tijd nodig om te acclimatiseren aan de temperatuur. Aan de start van een meetdag zijn de sensoren en kalibratievloeistoffen op kamertemperatuur en is de sensor snel stabiel tijdens een toetsing. Aan het einde van de meetdag kan door temperatuurverschil tussen sensor (koud) en kalibratievloeistof (warm) het lang duren voordat de meetwaarde tijdens toetsing stabiel is. Als de meetwaarde van de toetsing aan het einde van de meetdag is afgekeurd, wordt niet meteen alle meetdata van die dag afgekeurd. Doe dan de volgende dag de toetsing over. Indien de sensor dan wel is goedgekeurd, worden de meetdata alsnog goedgekeurd. Let er dan op dat de sensor niet wordt gerepareerd voor de toetsing. Het processchema op pagina 5 geeft het proces van het meten van fysisch-chemische veldparameters schematisch weer.

Voor de kwaliteitsborging is het 'Logboek kwaliteitsborging fysisch-chemische veldparameters' ontwikkeld (bijlage 1). Het logboek bestaat uit een aantal werkbladen.

- Randvoorwaarden en specificaties
- Meetinstrument
- Extinctie
- Temperatuur
- Geleidendheid
- Zuurstof
- Zuurgraad


In het logboek zijn de **grijze** invulvelden de randvoorwaarden uit de meetaanvraag. De **gele** invulvelden worden gebruikt voor de toetsing. In het logboek is een automatische toetsing ingebouwd op basis van de randvoorwaarden. De toetsing wordt goedgekeurd (**groen**) of afgekeurd (**rood**). In het logboek kunnen regels voor toetsing bijgemaakt worden door button  aan te klikken met de muis.

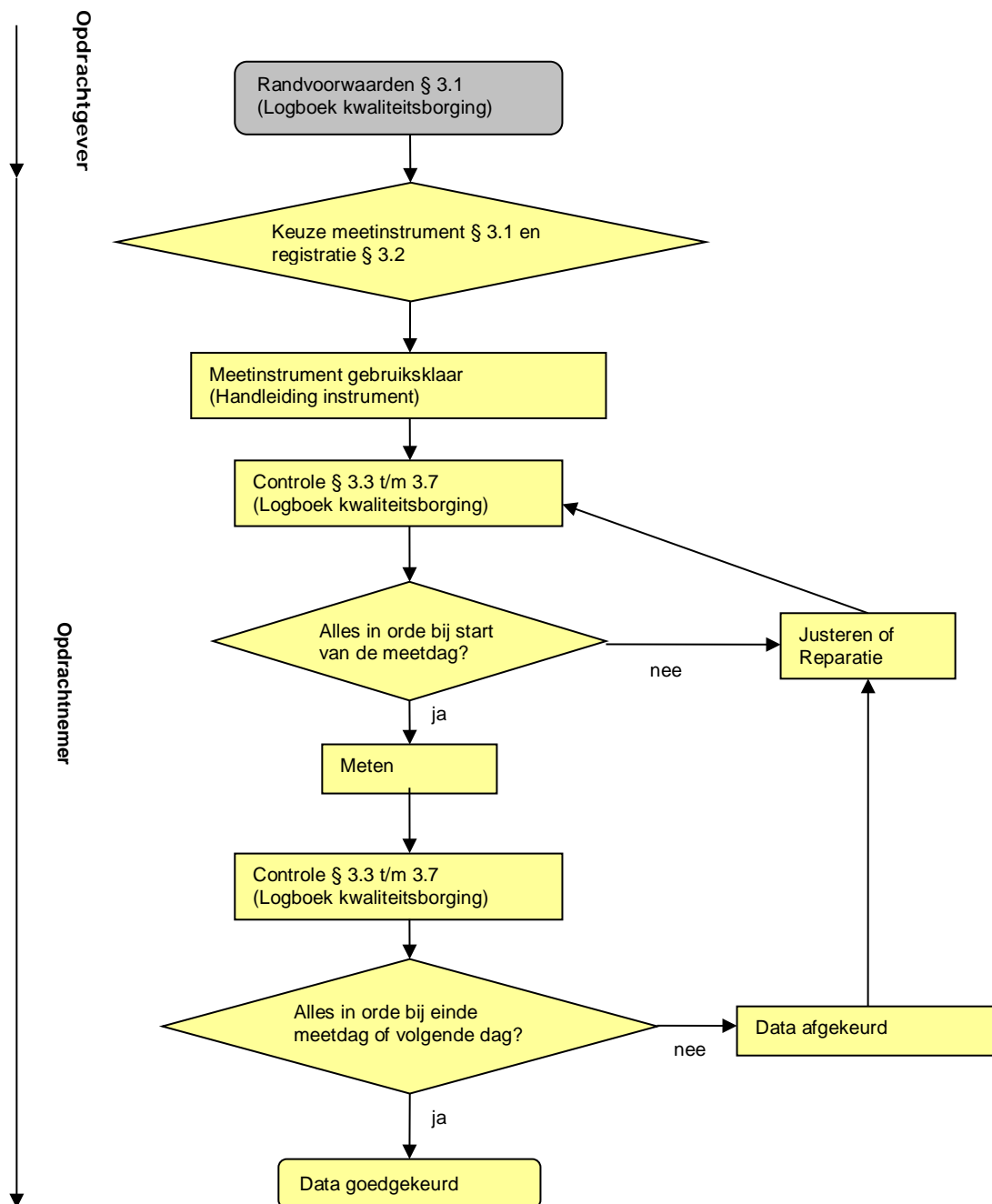
Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 6 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	


Meting

Aandachtspunten voor de meting van fysisch-chemische veldparameters:

- Geef de sensor voldoende tijd om de temperatuur van het water aan te nemen. Lees, als de aanwijzing constant is de waarde af.
- Als er een berekening ten grondslag ligt aan de veldparameter dan de in dit RWSV vermelde formule gebruiken.
- Let op of in de meetaanvraag een voorkeur is aangegeven. Het meten dient met de voorkeursmethode te worden gemeten. De volgende methodes zijn mogelijk:
 - 1 Meting op aangegeven diepte (in situ).
 - 2 Meting in water afkomstig van aangegeven diepte (in loco).
- Indien geen voorkeursmethode is aangegeven heeft methode 1 de voorkeur.
- Indien de meting niet in-situ plaats kan vinden maar in een met bijvoorbeeld een pomp of emmer genomen monsterwater (in loco): neem het monster conform het daarvoor vigerende RWSV. Het in loco bemonsterde water na de metingen van de veldparameters niet meer gebruiken voor het afvullen van monsterflessen ten behoeve van laboratoriumonderzoek i.v.m. kans op contaminatie.

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 7 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	



Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 8 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

3.1 Randvoorwaarden en specificaties meetinstrument

In de meetaanvraag staan de randvoorwaarden voor de meting vermeld. Deze randvoorwaarden zijn projectafhankelijk. In het logboek kwaliteitsborging fysisch-chemische veldparameters is hiervoor het eerste werkblad gereserveerd. Voer de randvoorwaarden uit de meetaanvraag in de grijze velden in. In figuur 1 is een voorbeeld van een ingevuld werkblad gegeven. Tabel 1 geeft de internationale standaard weer van de verschillende fysisch-chemische veldparameters. Deze dient als leidraad voor de randvoorwaarden.

De uitvoerder kiest een meetinstrument welke voldoet aan de randvoorwaarden van de meetaanvraag. In het logboek kwaliteitsborging fysisch-chemische veldparameters worden per veldparameter de specificaties van het meetinstrument gevraagd. Deze worden automatisch getoetst aan de randvoorwaarden. De aangegeven specificaties moeten aantoonbaar zijn door bijvoorbeeld fabrieksspecificaties of eigen onderzoek. In figuur 2 is een voorbeeld van een ingevuld werkblad gegeven. Verantwoording voor de gekozen toetsfrequentie moet zijn beschreven. De steilheid is voor sommige sensoren een indicatie voor de levensduur van de sensor. De frequentie van toetsing en steilheidsregistratie kan per veldparameter worden aangegeven in het betreffende werkblad.

Figuur 1 Voorbeeld randvoorwaarden in werkblad Randvoorwaarden_Specificaties


Randvoorwaarden						
Fysisch-chemische veldparameter	Hoedanigheid	Eenheid	Resolutie minimaal	Bereik minimaal van tot		Meetonzekerheid
Extinctie						
lichtintensiteit		$\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$	1	1	5000	5 %
coëfficiënt (berekend)		m^{-1}	0.01	0	10	
Diepte		cm	10	0	200	10 cm
Temperatuur		$^{\circ}\text{C}$	0.01	-4	40	0.1 $^{\circ}\text{C}$
Geleidendheid	20 $^{\circ}\text{C}$	mS/m	0.5	0	200	2 %
Zuurgraad (pH)		-	0.01	4	10	0.1 -
Zuurstof						
absoluut		mg/l	0.02	0	20	0.2 mg/l
verzadiging		%	0.1	0	150	2 %

Tabel 1 Internationale standaard [lit. 1, 2, 3 en 5]

Veldparameter	Eenheid	Internationale Standaard	Resolutie	Bereik		Meetonzekerheid
				van	tot	
Temperatuur	$^{\circ}\text{C}$	NEN 6414:2008	0,1	Temperatuur van gebied		0,5
Zuurgraad (pH)	-	NEN-EN-ISO 10523:2012	0,01	2	12	0,03
Zuurstof absoluut	mg/l	NEN-EN-ISO 5814:2012	0,1			

De vigerende versie staat op het internet: www.rws.nl.

Gebruikers van afgedrukte documenten zijn zelf verantwoordelijk voor het verifiëren van de status van deze papieren documenten door middel van vergelijking van het versienummer en de datum van vrijgave..


Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 9 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

Figuur 2 Voorbeeld specificaties in werkblad Randvoorwaarden_Specificaties

Specificaties meetinstrument									
Fysisch-chemische veldparameter	Algemeen	Eenheid	Resolutie	Bereik van tot		Meetonzekerheid		Merk	Type
Extinctie									
lichtintensiteit 1	ja	$\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$	1	0.03	10000	2	%	LI-COR	LI-192
lichtintensiteit 2	ja	$\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$	1	0.03	10000	2	%	LI-COR	LI-192
Multiprobe	ja							YSI	EXO2
Diepte		cm	0.001	0	250	0.1	cm		-
Temperatuur		°C	0.001	-5	50	0.01	°C		599870
Geleidendheid		mS/m	0.0001	0	20000	0.5	%		599870
Zuurgraad (pH)		-	0.01	0	14	0.1	-		EXOISE01
Zuurstof									599100
absoluut		mg/l	0.01	0	50	0.1	mg/l		
verzadiging		%	0.1	0	500	1	%		
Temperatuur	toetsing	°C	0.01	-10	50	0.053	°C (25 °C)	AOIP	6612/Pt100

De vigerende versie staat op het internet: www.rws.nl.


Gebruikers van afgedrukte documenten zijn zelf verantwoordelijk voor het verifiëren van de status van deze papieren documenten door middel van vergelijking van het versienummer en de datum van vrijgave..

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 10 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

3.2 Meetinstrument registratie


De meetinstrumenten die gebruikt worden voor de meetaanvraag worden geregistreerd in het werkblad Meetinstrument. Bij het gebruik van een multiprobe worden naast de probe ook de verschillende sensoren geregistreerd zie figuur 3. De meetinstrumenten dienen jaarlijks te worden onderhouden door de leverancier. Een aantal sensoren wordt jaarlijks door de leverancier gekalibreerd en indien nodig vernieuwd. Dit zijn bijvoorbeeld de sensoren voor de diepte, chlorofyl, blauwalg en lichtintensiteit. Indien de sensor langer dan een jaar in gebruik is, verandert de cel met de datum van groen naar rood. Het meetinstrument dient dan voor onderhoud gestuurd te worden naar de leverancier.

Figuur 3 Voorbeeld ingevuld werkblad Meetinstrument

Meetinstrument 				
Datum in gebruik genomen	Apparaat_sensor	Serienummer	Intern nummer	Opmerking
1-1-2020	Multiprobe	78643	28588	
1-1-2020	Diepte	78643	28588	
1-1-2020	Temperatuur_Geleidendheid	13F100198	29387	
1-1-2020	Zuurstof	10C 101689	19232	
1-1-2020	Zuurgraad	54322	34987	
1-1-2020	Troebelheid	90101779	28539	
1-1-2020	Chlorofyl	14F102507	28560	
1-1-2020	Blauwalg	11A100785	30533	
1-1-2020	Lichtintensiteit referentie lucht	UWQ4386	67294	
1-1-2020	Lichtintensiteit dynamisch water	UWQ4629	34984	
5-5-2021	Multiprobe	7665432111	96593	
5-5-2021	Diepte	655432	59376	
5-5-2021	Temperatuur_Geleidendheid	11C 102783	39863	
5-5-2021	Zuurstof	789906	28958	
5-5-2021	Zuurgraad	765321	39087	
5-5-2021	Troebelheid	10M10123	19284	
5-5-2021	Chlorofyl	10M101025	31319	
5-5-2021	Blauwalg	89900	39876	
5-5-2021	Lichtintensiteit referentie lucht	UWQ2543	89000	
5-5-2021	Lichtintensiteit dynamisch water	UWQ6271	13499	
1-8-2021	Zuurstof	10C 101876	56784	Sensor vervangen i.v.m. storing sensor 19232

De vigerende versie staat op het internet: www.rws.nl.

Gebruikers van afgedrukte documenten zijn zelf verantwoordelijk voor het verifiëren van de status van deze papieren documenten door middel van vergelijking van het versienummer en de datum van vrijgave..

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 11 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	


3.3 Extinctie

Deze paragraaf beschrijft de toetsing en bepaling van de extinctiecoëfficiënt (Kd) als maat voor de extinctie (uitdoving, verzwakking) van diffuus licht in de verticale richting in de waterkolom. De extinctiecoëfficiënt wordt berekend uit de lichtintensiteit (lichtflux) van twee lichtcellen (PAR). De veldparameter extinctiecoëfficiënt (Kd) heeft in het dataopslagsysteem van Rijkswaterstaat de parametercode E.

De lichtcellen dienen voor plaatsing in de meetopstelling minder dan 2 jaar geleden gekalibreerd te zijn. Na 1 jaar gebruik dienen de lichtcellen voor onderhoud en kalibratie te worden teruggestuurd naar de leverancier. Elke lichtcel heeft een unieke kalibratieconstante voor lucht en voor water (1/multiplier=negatieve waarde!). Deze twee waarden worden bij elke kalibratie op het kalibratiecertificaat vermeld. Let er op dat bij het ene type sensor de kalibratieconstante wordt opgeslagen in de lichtcel door de leverancier en de waarden van de lichtintensiteit al gecompenseerd zijn. Voor een ander type sensor dient de juiste kalibratieconstante lucht of water handmatig te worden opgenomen in de logger of inwinsoftware voor compensatie.

Figuur 4 geeft het werkblad Extinctie weer uit het logboek kwaliteitsborging fysisch-chemische veldparameters. Tijdens plaatsing van nieuwe sensoren dient dit ingevuld te worden. Dit om er bewust van te zijn of de kalibratieconstante in de lichtcel is opgenomen of handmatig moet worden opgenomen in de logger of inwinprogramma zie kolom 'Logger'. Let er ook op dat als de kalibratieconstante in de lichtcel is opgeslagen, de compensatie in de logger of inwinprogramma is uitgezet.

Figuur 4 Voorbeeld ingevuld werkblad Extinctie


Extinctie								
Methode Dynamische sferische cel 								
Controle	Sensor 1				Sensor 2			
	Compartment		Plaatsing		Compartment		Plaatsing	
			lucht			water		
			dak MMC			dynamisch		
	Datum	Nummer	Factor	Logger	Datum	Nummer	Factor	Logger
vanaf	1-1-2020	UWQ4386	-234.00	in sensor	1-1-2020	UWQ4629	-432.00	ja
vanaf	1-5-2021	UWQ2543	-342.70	in sensor	1-5-2021	UWQ6271	-453.00	nee

Er zijn twee methodes om verticale lichtextinctie te bepalen: de statische platte cel methode en de dynamische sferische cel methode.

In troebel water kan de extinctie alleen nauwkeurig gemeten worden als de afstand tussen beide sensoren kleiner is dan 0,5 m. Hiervoor wordt de statische platte cel methode gekozen, waarbij de sensoren in het water meten op een vaste afstand 0,3 m van elkaar. Deze methode is tevens geschikt

De vigerende versie staat op het internet: www.rws.nl.

Gebruikers van afgedrukte documenten zijn zelf verantwoordelijk voor het verifiëren van de status van deze papieren documenten door middel van vergelijking van het versienummer en de datum van vrijgave..

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 12 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	


voor wateren met een beperkte diepte. Naarmate het water dieper en/of helderder wordt, kan het zonlicht dieper de waterkolom indringen. De lichtintensiteit verandert dan over 0,3 m te weinig om nauwkeurig de verticale extinctie te bepalen met deze methode. In dit geval wordt de extinctiemeting uitgevoerd door de afstand tussen beide lichtsensoren te variëren. Hiervoor wordt de dynamische sferische cel methode gekozen. Op dat moment meet een referentie sensor in de lucht en meet een andere sensor de instraling van zonlicht in de waterkolom.

Voor elke locatie wordt een van de methoden gekozen. Om trendbreuk tegen te gaan wordt de gekozen methode gehandhaafd. Voor de Rijkswateren wordt de statische platte cel methode gebruikt bij de zoete binnenwateren. De dynamische sferische cel methode wordt gebruikt in brakke overgangswateren of zoute wateren. Een extinctiemeting kan alleen overdag uitgevoerd worden als de zonne-instraling voldoende groot is. De onderwater lichtcellen dienen net onder het wateroppervlak (i.v.m. de kalibratiefactor), minimaal een lichtintensiteit te meten van $0,5 \mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ bij een platte cel en $50 \mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ bij een sferische cel.

Voorbereiding

De extinctiemeting kan worden uitgevoerd vanaf een vaste meetopstelling, vaartuig of de wal.

1. Neem twee lichtsensoren die niet langer dan twee jaar geleden zijn gekalibreerd; bij gebruik geldt een periode van een jaar.
2. Door de eigen vaarbeweging of voorbijgaande vaartuigen kunnen wervelingen van slib van de bodem ontstaan. Wacht enige tijd tot het water tot rust gekomen is.
3. Zoek een geschikte plaats die niet overschaduw wordt door objecten (antennes, gebouwen, vaartuigen e.d.) of verstoord zijn met diffuus zonlicht (bomen e.d.).
4. Sluit de lichtsensoren aan op de datalogger (aparte logger of computer); let er op dat de juiste kabel op het juiste kanaal is aangesloten;
5. Controleer of de datalogger of inwinprogramma correct geconfigureerd is; let o.a. op de correcte invoer van de kalibratieconstante (1/multiplieur=negatieve waarde!) per lichtcel. Indien de kalibratieconstante door de leverancier in de lichtcel wordt opgeslagen zet dan de compensatie uit in de logger of inwinprogramma.
6. Verwijder de beschermkapjes van de lichtsensoren. Controleer visueel of de sensoren schoon zijn. Indien deze vuil zijn reinig dan de sensoren met demiwater, mild detergent (normaal afwasmiddel) of schoonmaakazijn bij hardnekkige verontreiniging als kalkaanslag. Gebruik bij voorkeur lenspapier of een zacht tissue (zonder houtvezels) om krassen tegen te gaan. Afwasmiddel of schoonmaakazijn weer afspoelen met demiwater.
7. Voer de onderstaande twee controlemetingen uit. Als er geen afwijkingen geconstateerd zijn, is de meetopstelling geschikt voor de meting. Bij afwijkingen nogmaals de sensoren controleren of deze schoon zijn en goed aangesloten. Indien de meetwaarden nog niet goed zijn, raadpleeg dan de leverancier.
 - o Controle 1: Verricht een meting boven water en controleer of op de kanalen 1 en 2 een onderling verschil binnen 3% van dezelfde waarde ingelezen wordt;
 - o Controle 2: Dek de onderwater sensor(en) af met bijhorende kap(je), de meetwaarden moeten dan lager worden.
8. Tijdens het meten moeten de sensoren loodrecht naar boven gericht zijn, let hierbij op de stroming, gebruik eventueel een extra treklijn.

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 13 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

Statische platte cel methode

Deze methode wordt uitgevoerd met twee Quantum Sensoren, platte lichtsensoren en wordt uitgevoerd in zoet water.

Op de locatie worden minimaal 20 metingen uitgevoerd; deze serie wordt als 1 extinctiebepaling beschouwd. Uit de meting wordt de extinctiecoëfficiënt (diffuse uitdovingscoëfficiënt) berekend met behulp van formule 1. De d bedraagt hierbij 0,3 m. De gemiddelde E wordt gerapporteerd.

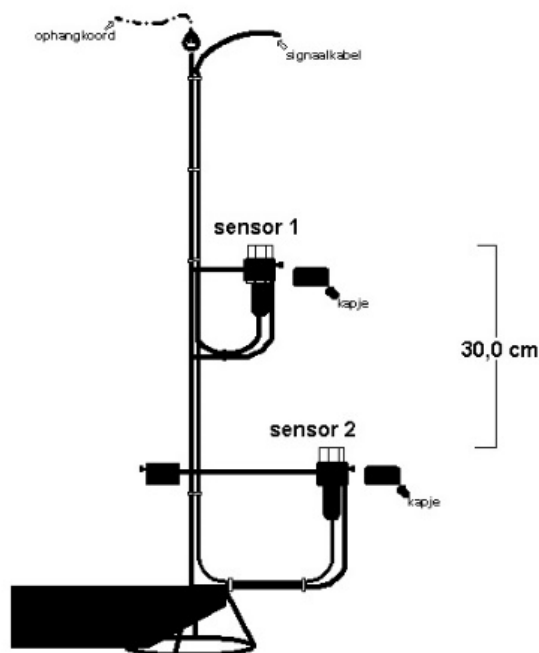
Formule 1 $E = \frac{-\ln(I/I_0)}{d}$

E [m ⁻¹]	=	extinctiecoëfficiënt (Kd)
I [μmol s ⁻¹ m ⁻²]	=	lichtintensiteit (lichtflux) van de onderste lichtsensor
I ₀ [μmol s ⁻¹ m ⁻²]	=	lichtintensiteit (lichtflux) van de bovenste lichtsensor
d [m]	=	de afstand tussen beide lichtsensoren
ln	=	natuurlijk logaritme


Indien er meer dan 25% uitschieters zijn, wordt de meting herhaald. Bij een blijvend hoog aantal uitschieters dient de meetopstelling en haar onderdelen gecontroleerd te worden. Uitschieters worden bepaald volgens de Grubbs-methode zie bijlage 2. De Grubbs-uitschieterstest wordt toegepast op de reeks met de berekende extinctiecoëfficiënt. Tijdens de meting kan de mate van instraling veranderen door wolken die voor de zon langs gaan. Beide lichtcellen meten dan minder licht maar dit heeft geen invloed op de berekende extinctiecoëfficiënt en is dan geen uitschieter. Indien een van de lichtcellen verstoord wordt door bijvoorbeeld plantenresten of vis zal dit wel invloed hebben op de extinctiecoëfficiënt en kan dit als een uitschieter worden aangemerkt.

In Figuur 5 is de opstelling geschetst voor het meten van extinctie:

1. Bevestig de lichtsensoren met het meetoppervlak loodrecht naar boven gericht aan een dofzwart frame. De verticale afstand tussen beide sensoren dient 30 cm te bedragen en de sensoren mogen elkaar niet overschaduwen;
2. Meet tegelijkertijd de lichtintensiteiten van beide sensoren waarbij de bovenste sensor zich 0,5 m onder de waterspiegel dient te bevinden.



Figuur 5 Frame voor lichtsensoren zoet water

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 14 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

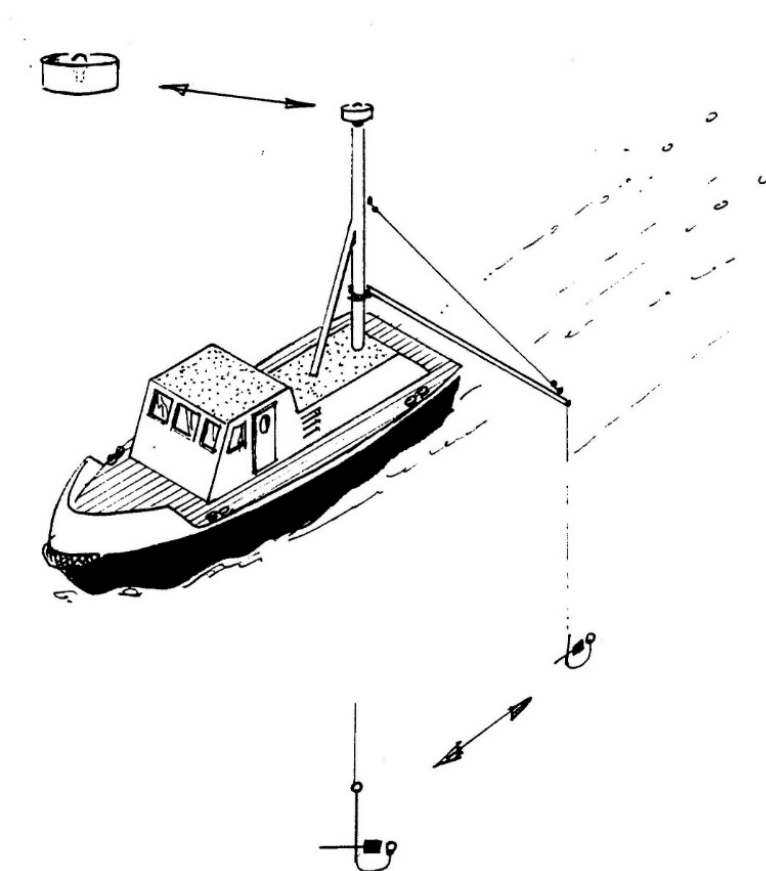
Dynamische sferische cel methode


Deze methode wordt uitgevoerd met twee Quantum Sensoren, sferische lichtsensoren en wordt uitgevoerd in brak tot zout water. De methode kan gebruikt worden bij helder tot troebel water [lit.10, 11 en 12].

De bepaling van de extinctie bestaat uit een serie metingen waarbij de onderlinge afstand tussen de sensoren varieert. Een dieptesensor is vereist om vast te stellen op welke afstand onder de wateroppervlakte de onderste lichtsensor zich bevindt. In Figuur 6 is de opstelling geschetst voor het meten van extinctie:

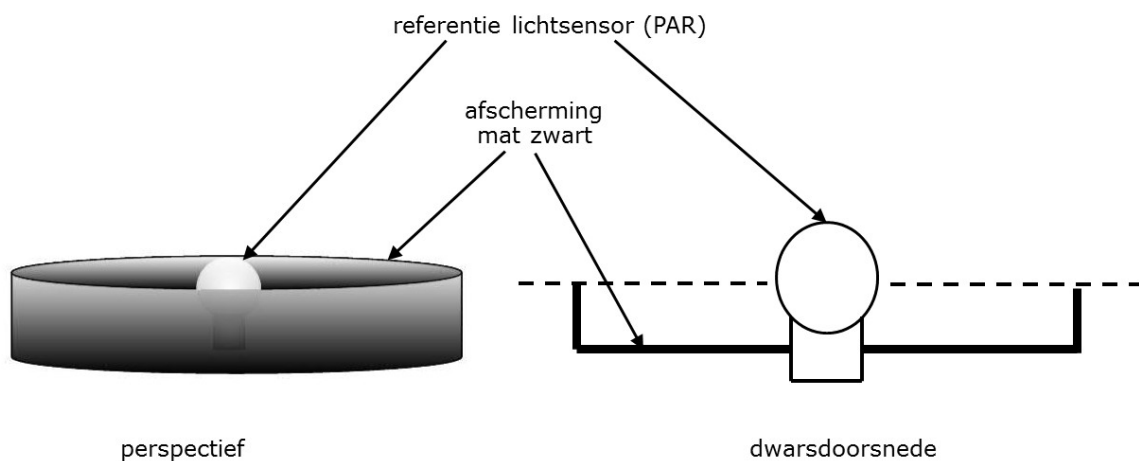
1. Bevestig een PAR sensor op het dek of in de mast (Figuur 7) en bevestig de andere sensor op een meetvis, meetframe of rosette-sampler die ook uitgerust is met een dieptesensor (Figuur 8), waarbij de sensoren loodrecht naar boven gericht zijn;
2. Meet tegelijkertijd de lichtintensiteiten van beide sensoren waarbij de meetvis of rosette-sampler een diepteprofiel meet; gebruik de 'downcast' (meting naar beneden toe) en de 'upcast'-meting (meting naar boven toe) voor de extinctiemeting.

Figuur 6 Meetopstelling dynamische sferische cel methode



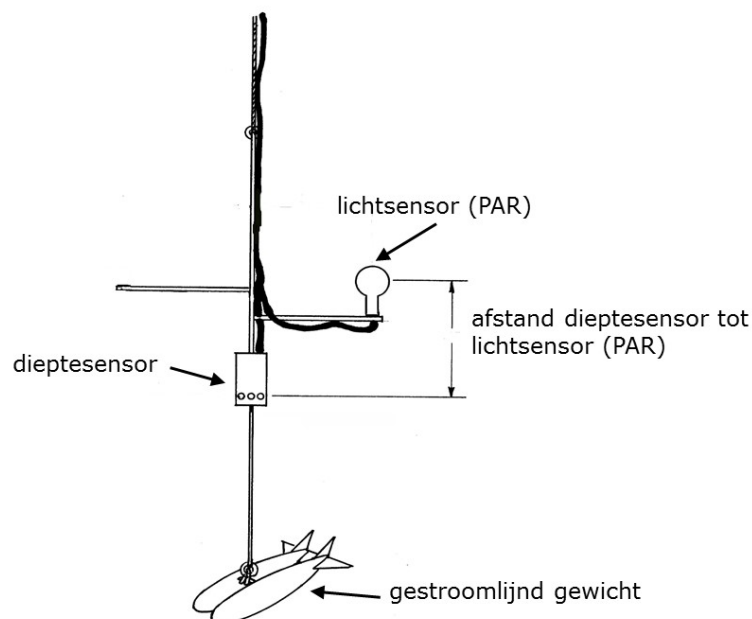
Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 15 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	


Figuur 7 Afscherming referentie lichtsensor (PAR)



De referentie lichtsensor (PAR) dient afgeschermd te worden tegen ongewenste reflecties. De mat zwarte afscherming moet zo geconstrueerd zijn dat de opstaande randen tot halverwege de hoogte van de sferische sensor komen [lit.11].

Figuur 8 Schets meetframe met dieptesensor en de onderwater lichtsensor (PAR)



Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 16 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

Reflecties en schaduwval verstoren de meting. Het frame dient daarom zo zijn geconstrueerd dat deze zo min mogelijk verstoring geeft. Hierom wordt dit zo klein mogelijk gehouden en van een mat zwarte laag voorzien. Naast de lichtcel wordt ook een dieptesensor gemonteerd. De afstand tussen de dieptesensor en het hart van de lichtsensor moet exact bekend zijn om later te kunnen corrigeren in de dataverwerking. De gecorrigeerde diepte is de diepte van de onderwater lichtsensor [lit.11].

Start de meting door eerst een zogenaamde donkermeting uit te voeren van de onderwater lichtsensor. Dek de sensor af zodat deze geheel van het licht is afgeschermd. Noteer de waarde die de sensor aangeeft. De waarde van de donkerstroom geeft aan dat wanneer de sensor geen licht kan detecteren deze toch een uitgangssignaal afgeeft terwijl dit eigenlijk 0 had moeten zijn. Dit resulteert dan in een afwijking van de meetgegevens. Hierom moet de waarde van de donkermeting ook worden afgetrokken van de meetresultaten. De gecorrigeerde lichtintensiteit is de lichtintensiteit van de onderwatersensor waarmee de extinctie wordt berekend [lit.11].

Bepaal de lichtintensiteit van de referentie lichtsensor (I_0 -waarde) gelijk met dezelfde frequentie als de onderwater lichtsensor (I -waarde). Laat de sensor met zodanige snelheid door de waterkolom dalen en stijgen, dat tenminste 20 meetwaarden worden verkregen die min of meer regelmatig verspreid liggen over de diepte-range. Bij grote uitdoving kan het nodig zijn eerst een proef te doen om de snelheid te bepalen teneinde voldoende meetwaarden te verkrijgen. Let op dat het meetframe niet de bodem raakt; werveling van slib kan de meting verstoren.


De opgeslagen meetwaarden zijn lichtintensiteiten met diepte en geen extinctiecoëfficiënten. Hiervoor zijn een aantal rekenkundige bewerkingen nodig:

- Berekening diepte van de onderwatersensor. De correctie van de waarden van de diepte sensor met de vaste afstand tussen deze sensor en de onderwater lichtcel op het frame;
- Corrigeer de lichtintensiteit van de onderwatersensor met de donkermeting;
- De meetwaarden opschonen die buiten de meting vallen. Filter en verwijder alle waarden boven water ($d < 0$) en alle waarden van de onderwatersensor in het donker ($I < 1 \mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$);
- De overige punten kunnen grafisch worden uitgezet. Voor de X-as de diepte en voor de Y-as de berekende waarde $-\ln(I/I_0)$. Hierbij geldt formule 2.

Formule 2 $-\ln(I/I_0) = E \cdot d$

$E \text{ [m}^{-1}\text{]}$	=	extinctiecoëfficiënt (Kd)
$I \text{ [}\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}\text{]}$	=	lichtintensiteit (lichtflux) van de onderwatersensor na correctie voor de donkerstroom bij een diepte (d)
$I_0 \text{ [}\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}\text{]}$	=	lichtintensiteit (lichtflux) van de gedeeltelijk afgeschermd referentiesensor
$d \text{ [m]}$	=	diepte onderwatersensor
\ln	=	natuurlijk logaritme

Deze relatie geeft een lineair verband tussen $-\ln(I/I_0)$ en de diepte d. Wijken de uitgezette punten $\{-\ln(I/I_0); d\}$ teveel af van een rechte lijn (lineaire regressielijn), dan dient de meting opnieuw te worden uitgevoerd. Bij verstoring van de meting bij uitvoering (geen lineair verband te zien in de grafiek) wordt deze opnieuw uitgevoerd. Daarnaast wordt ook de meting herhaald indien er meer dan 25% uitschieters aanwezig zijn (getoetst volgens de Grubbs-methode; zie bijlage 2). De Grubbs-uitschieterstest wordt toegepast op het verschil van de Y-as berekend met $-\ln(I/I_0)$ en berekend met de

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 17 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

formule ($y=ax+b$) van de lineaire regressielijn. Verwijder de uitschieters eenmalig voor een betere correlatie van de regressielijn.

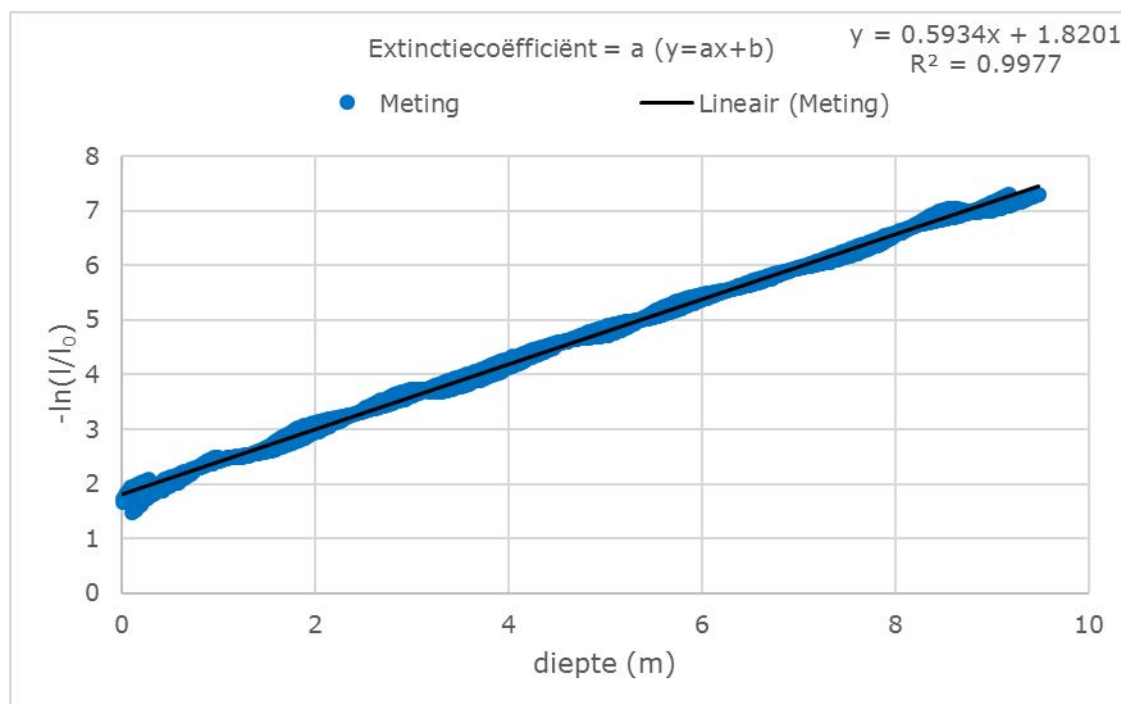
De geschatte E-waarde is de helling van de regressielijn ($y=ax+b$) door de uitgezette punten, waarbij deze lijn niet gedwongen wordt door het punt $\{0;0\}$ te gaan. Waarbij a de helling dan de extinctiecoëfficiënt is en b de verschuiving vanaf het nulpunt (offset). Figuur 9 geeft de grafiek van de meetwaarde met de regressielijn. Op grond van een kleinste kwadratenbenadering kan E als volgt worden geschat;


Formule 3 $a = E = \frac{n \sum XY - \sum X - \sum Y}{n \sum X^2 - \sum X \sum X}$

- a = helling = E extinctiecoëfficiënt
- X = waarde X-as = d diepte
- Y = waarde Y-as = $-\ln(I/I_0)$
- n = aantal meetwaarden

In figuur 9 is de extinctiecoëfficiënt **0.593 m⁻¹** (afgerond op 3 decimalen) gemeten op 5 juli 2021 op de locatie Noordwijk 2 km uit de kust NOORDWK2

Figuur 9 Bepaling van de extinctiecoëfficiënt




Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 18 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	


3.4 Temperatuur

Deze paragraaf beschrijft de toetsing van de temperatuur. De veldparameters zuurgraad en geleidendheid zijn temperatuur afhankelijk. Temperatuur wordt getoetst aan een gekalibreerde thermometer, voorzien van een geldig certificaat¹. Figuur 10 geeft het werkblad Temperatuur weer uit het logboek kwaliteitsborging veldparameters. In het logboek worden de specificaties van de sensor en het instrument gevraagd naast de gemeten temperatuur. Leidingwater kan gebruikt worden om de toetsing uit te voeren. Bepaling temperatuur volgens handleiding instrument.

Figuur 10 Voorbeeld ingevuld werkblad Temperatuur

Temperatuur				
Toetsing	wekelijks			
Meting	Datum	Gemeten sensor °C	Gemeten thermometer certificaat °C	Vershil °C
Start	1-5-2021	13.00	13.10	0.10
Einde		13.20	13.31	0.11
Start	7-5-2021	13.23	13.27	0.04
Einde		13.43	13.51	0.08
Start				0.00
Einde				0.00

¹ In verband met een veiligheidsrisico wordt geadviseerd geen kwikthermometer te gebruiken. Kwik is een metaal dat giftig is voor mens en milieu.

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 19 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

3.5 Geleidendheid

Deze paragraaf beschrijft de toetsing van de geleidendheid. Figuur 11 geeft het werkblad Geleidendheid weer uit het logboek kwaliteitsborging fysisch-chemische veldparameters. In het logboek worden de specificaties van de sensor, het instrument en de kalibratievloeistof gevraagd. Voor zoet en zout water wordt de toetsing van de sensor met verschillende kalibratievloeistoffen uitgevoerd, passend in de range van te verwachten geleidendheid van het oppervlaktewater. Voor zoet water wordt gekozen voor KCl 0,01 mol/l en voor zout water KCl 0,2 mol/l (zie tabellen in bijlage 3 en 4). Kalibratievloeistof heeft een beperkte houdbaarheid. Daarnaast kan de kalibratievloeistof vervuld raken door gebruik. Geef de datum van openen aan op de fles en ververs tijdig.

Volg het processchema voor toetsing. In de randvoorwaarde wordt de frequentie van toetsing aangegeven. Als de toetsing wordt afgekeurd, herhaal de toetsing dan met verse kalibratievloeistof en gooi de oude weg. Wordt de toetsing wederom afgekeurd, justeer dan de sensor en voer de toetsing opnieuw uit. Als de sensor na justeren geen goede toetsing levert, dient de sensor te worden teruggestuurd naar de leverancier. De toetsing wordt na de meting herhaald om de kwaliteit van de meting te borgen.


Figuur 11 Voorbeeld ingevuld werkblad Geleidendheid

Geleidendheid				Kalibratievloeistof						
Toetsing	wekelijks			Zoet	Zout					
Steilheid	nee			KCl mol/l	KCl mol/l					
Eenheid van tot	Merk			0	0.2					
	Type			Hanna	Bernd kraft					
	Meeteonzekerheid %			HI7031L/C	12923.3000					
				0.35						
Meting	Datum	Steilheid	Zoet Buffer KCl 0,01 mol/l				Zout Buffer KCl 0,2 mol/l			
			Temperatuur °C	Theoretisch µS/cm	Gemeten µS/cm	Vershil %	Temperatuur °C	Theoretisch µS/cm	Gemeten µS/cm	Vershil %
Start	17-2-2022		17.0	1197	1180	1.4	25.0	24800	24900	0.4
Einde			18.2	1230	1240	0.8	16.0	20517	20330	0.9
Start	18-2-2022		20.0	1278	1278	0.0	20.0	22392	22400	0.0
Einde			20.3	1286	1287	0.1	20.3	22535	22400	0.6
Start	25-2-2022		25.0	1412	1412	0.0	25.0	24800	24760	0.2
Einde			25.0	1412	1455	3.0	25.0	24800	24500	1.2

De eenheid van geleidendheid in het logboek is in micro Siemens per centimeter (µS/cm). Deze eenheid wordt door leveranciers van instrumenten veelal gebruikt in de bijhorende software en voor referentiewaarden van kalibratievloeistoffen. De eenheid voor geleidendheid bij de levering van data aan Rijkswaterstaat is in milli Siemens per meter (mS/m).

1 milli Siemens per meter (mS/m) = 10 micro Siemens per centimeter (µS/cm)

De geleidendheid van oppervlaktewater is afhankelijk van de temperatuur van het water. Voor de vergelijking van de gegevens wordt er temperatuurcompensatie toegepast. Temperatuurcompensatie betekent in dit verband dat de geleidendheid bij de watertemperatuur waarbij de meting is uitgevoerd (absoluut), wordt omgerekend naar geleidendheid bij een referentietemperatuur. Deze

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 20 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

referentietemperatuur is vaak 20 °C of 25 °C. De waarde staat dan als specifieke geleidbaarheid gegeven.

In het logboek wordt met de temperatuur de theoretische waarde van de geleidbaarheid berekend van de kalibratievloeistof. Met de toetsing kan gekozen worden om de geleidbaarheid absoluut te noteren en wordt de gemeten temperatuur van de kalibratievloeistof in het logboek opgenomen. De geleidbaarheid gecompenseerd naar 25 °C is de internationale standaard [lit.2]. Indien met de toetsing de specifieke geleidbaarheid bij 25 °C wordt gekozen, dient deze referentietemperatuur ingesteld te zijn in de inwinsoftware van het meetinstrument en logboek. De referentie waarde van de kalibratievloeistof wordt dan in het logboek omgerekend naar 25 °C (zie bijlage 3 en 4).

In de meetaanvraag staat de gewenste referentietemperatuur gegeven en deze wordt overgenomen in het veld met randvoorwaarden (hoedanigheid) van het logboek. Wordt in de meetaanvraag gevraagd om het bepalen van de specifieke geleidbaarheid, controleer dan in de inwinsoftware of de absolute geleidbaarheid wordt omgerekend naar de gevraagde temperatuurreferentie (bijv. 20 °C bij MWTL Chemie). De compensatie naar 20 °C is intern Rijkswaterstaat een veel gebruikte standaard voor het dataopslagsysteem. Verander dit, indien nodig, in de instellingen van de inwinsoftware.

Temperatuurcompensatie kan bij veel meetinstrumenten intern worden uitgevoerd. Als de absolute geleidbaarheid gemeten is kan geleidbaarheid met de gewenste referentietemperatuur berekend worden. Deze berekening is verschillend voor zoet en zout water en wordt uitgevoerd met de volgende empirische formules:

Temperatuurcompensatie zoet water bij geleidbaarheid G_{25} 6 tot 100 mS/m [lit. 2,7,13]

Formule 4 $G_{25} = \frac{G_t}{(1 + 0,0191 * (t - 25))}$ **Formule 5** $G_{20} = G_{25} * \frac{1}{1,116}$

G_t [mS/m] = de gemeten geleidbaarheid bij de watertemperatuur van t °C
 G_{25} [mS/m] = de gemeten geleidbaarheid bij de watertemperatuur van 25 °C
 G_{20} [mS/m] = de gemeten geleidbaarheid bij de watertemperatuur van 20 °C

Temperatuurcompensatie zout/brak water bij geleidbaarheid $G_{25} > 100$ mS/m [lit. 2,8,9,13]

Formule 6 $G_{20} = G_{stzw,15°C} * R_t * r_{20} * R_p = 4291,4 * R_t * 1,11649 * R_p$

Formule 7 $G_{25} = G_{stzw,15°C} * R_t * r_{25} * R_p = 4291,4 * R_t * 1,23654 * R_p$

Waarin:

Formule 8 $\frac{G_m}{G_{st,15}} = R_t * R_p * r_t$ of $R_t = \frac{G_m}{4291 * R_p * r_t}$



Formule 9 $r_t = C_0 + C_1 t + C_2 t^2 + C_3 t^3 + C_4 t^4$

$$\begin{aligned} C_0 &= 0,6766097 \\ C_1 &= 0,0200564 \\ C_2 &= 1,104259 \cdot 10^{-4} \\ C_3 &= -6,9698 \cdot 10^{-7} \\ C_4 &= 1,0031 \cdot 10^{-9} \end{aligned}$$

Formule 10


$$R_p = 1 + \frac{\{p(e_1 + e_2 p + e_3 p^2)\}}{\{1 + d_1 t + d_2 t^2 + (d_3 + d_4 t) * R\}}$$

Bij oppervlaktemetingen is p gelijk aan nul dus $R_p=1$. Voor de vloeistof water neemt de hydrostatische druk met elke 10 meter diepte toe met ongeveer 1 atm \approx 1 Bar (100 000 Pascal)

$$\begin{aligned} e_1 &= 2,070 \cdot 10^{-4} & d_1 &= 3,426 \cdot 10^{-2} \\ e_2 &= -6,370 \cdot 10^{-8} & d_2 &= 4,464 \cdot 10^{-4} \\ e_3 &= 3,989 \cdot 10^{-12} & d_3 &= 4,215 \cdot 10^{-1} \\ & & d_4 &= -3,107 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

Formule 11 $R = \frac{G_m}{G_{st,15}}$

G_m [mS/m]	=	de geleidendheid van het gemeten zoute water bij een temperatuur van t en een druk van p atm
$G_{st,15}$ [mS/m]	=	4291,4 mS/m = de geleidendheid van standaard zeewater (praktische saliniteit van 35) gemeten bij 15°C en een druk van 1 atm
r_{20}	=	1,11649 = correctie voor de temperatuur bij t = 20 °C volgens formule 9
r_{25}	=	1,23654 = correctie voor de temperatuur bij t = 25 °C volgens formule 9
R_t	=	de verhouding van de geleidendheid van het gemeten zoute water tot de geleidendheid van zeewater met een praktische saliniteit van 35 bij een temperatuur van t °C en een druk van p atm
r_t	=	correctie voor de temperatuur
R_p	=	correctie voor de waterdruk
p [bar]	=	druk boven 1 standaard atmosfeer, in bars (10^5 Pa)
t [°C]	=	gemeten temperatuur

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 22 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

3.5.1 Praktische saliniteit

De praktische saliniteit wordt berekend uit de gemeten geleidbaarheid, temperatuur en bij dieptemeting de druk van het oppervlaktewater volgens de Unesco-formule [lit.7,8]. De berekeningswijze is geldig voor een temperatuurrange van -2 tot 35°C, een druk van 0 tot 1000 bar en een saliniteit van 2 tot 42. De nauwkeurigheid van de bepaling is afhankelijk van de gebruikte meetinstrumenten.

Formule 12 $S = a_0 + a_1 R_t^{0,5} + a_2 R_t + a_3 R_t^{1,5} + a_4 R_t^2 + a_5 R_t^{2,5} + S_d$


a_0	=	0,0080
a_1	=	-0,1692
a_2	=	25,3851
a_3	=	14,0941
a_4	=	-7,0261
a_5	=	2,7081

Waarin:

Formule 13 $S_d = \left[\frac{(t-15)}{\{1 + 0,0162(t-15)\}} \right] * b_0 + b_1 R_t^{0,5} + b_2 R_t + b_3 R_t^{1,5} + b_4 R_t^2 + b_5 R_t^{2,5}$

b_0	=	0,0005
b_1	=	-0,0056
b_2	=	-0,0066
b_3	=	-0,0375
b_4	=	0,0636
b_5	=	-0,0144

S = praktische saliniteit
 R_t = zie paragraaf 3.5
t = zie paragraaf 3.5

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 23 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

3.6 Zuurstof

Deze paragraaf beschrijft de toetsing van opgelost zuurstof. Opgelost zuurstof in water kan gemeten worden met een elektrochemische methode, optische methode of via bepaling met iodometrische methode (Winkler- titratie). Deze RWSV is toegespitst op een meting met een sensor via een elektrochemische of optische methode. Voor een bepaling van de concentratie aan opgeloste zuurstof met de iodometrische methode wordt verwezen naar NEN-ISO 5813:1993 [lit.4].

Figuur 12 geeft het werkblad Zuurstof weer uit het logboek kwaliteitsborging veldparameters. In het logboek worden de specificaties van de sensor en het instrument gevraagd. Opgelost zuurstof wordt uitgedrukt in mg/l of %. Volg het processchema voor toetsing. Toetsing wordt uitgevoerd met water verzadigd met lucht of lucht verzadigd met water ¹.


- Zuurstof-verzadigd water: Laat lucht door drinkwater borrelen tot het water verzadigd is met zuurstof. Stel experimenteel vast (b.v. iodometrisch [lit.4]) of de toegepaste beluchtingstijd en wijze van luchtdosering leidt tot een 100% verzadigde oplossing van zuurstof.
- Water-verzadigde lucht: Gebruik de methode welke in de handleiding van het instrument wordt aangegeven.

Figuur 12 Voorbeeld ingevuld werkblad Zuurstof

Zuurstof											
Toetsing	dagelijks		Toetsing in water-verzadigd lucht of zuurstof-verzadigd water								
Steilheid	nee										
Eenheid van tot											
Meting	Datum	Steilheid	Luchtdruk	Temperatuur	Theoretisch	Gemeten	Verschil	Theoretisch (1atm)	Gemeten (1atm)	Verschil	
			hPa	°C	mg/l	mg/l	mg/l	%	%	%	
Start	7-1-2021		1008	6.0	12.32	12.31	0.01	99.5	100.0	0.5	
Einde			1008	6.8	12.08	12.00	0.08	99.5	101.0	1.5	
Start	8-1-2021		998	5.0	12.51	12.57	0.06	98.5	100.5	2.0	
Einde			997	5.8	12.26	12.31	0.05	98.4	100.0	1.6	
Start	9-1-2021		1010	14.6	10.17	10.14	0.03	99.7	99.8	0.1	
Einde			1011	14.6	10.17	10.41	0.24	99.8	103.0	3.2	
Start					#DEEL/0!		#DEEL/0!	0.0		0.0	
Einde					#DEEL/0!		#DEEL/0!	0.0		0.0	

¹Toetsing op water-verzadigd lucht of zuurstof verzadigd water, theoretische waarde in mg/l de saliniteit op 0 gesteld. Theoretische waarde % bij 1 atm (1013 mbar) = 100 %. Gemeten waarde in mg/l is gemeten bij huidige luchtdruk. De waarde in % wordt weergegeven tov van de verzadigingswaarde bij 1 atm. (980/1013*100%=96,7%)

In de toetsing is een controle op de zuurstofconcentratie in mg/l. Deze is afhankelijk van de luchtdruk (nauwkeurigheid 5 hPa) en temperatuur zie bijlage 5. In het logboek kwaliteitsborging wordt na het invullen van de luchtdruk en temperatuur de zuurstofconcentratie berekend. De zuurstofconcentratie in % van water verzadigd met lucht of lucht verzadigd met water leidt tot een 100% verzadigde oplossing van zuurstof (zie ook formule 19). Let op de instelling van het instrument. Een aantal apparaten kunnen ingesteld worden op verzadiging in % bij 1 atmosfeer of bij de huidige luchtdruk. De 100% verzadiging geldt bij een instelling bij de huidige luchtdruk. Standaard wordt gecompenseerd naar 1 atmosfeer.

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 24 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

Controleer de goede werking van het instrument. Als de toetsing wordt afgekeurd dient de sensor te worden gejusteerd zoals in de handleiding van het instrument is aangegeven. Als de toetsing wederom wordt afgekeurd dient het instrument en sensor te worden teruggestuurd naar leverancier. De toetsing wordt na de meting herhaald om de kwaliteit van de meting te borgen. Bepaling opgelost zuurstof volgens handleiding instrument.

Let op bij de bepaling van de concentratie aan opgelost zuurstof.

- Bij de elektrochemische methode (membraan) dient het water in beweging te zijn. Aangezien zuurstof wordt verbruikt tijdens de meting is aanvoer van vers water essentieel. Dit kan door middel van het rustig rond bewegen van de sensor. Een aantal leveranciers leveren een houder voor de sensor waar het water door heen wordt geleid of een roeraccessoire. Membraan en elektrolyt dienen regelmatig te worden vervangen (zie handleiding instrument).
- Bij de optische methode kan de sensor stil worden gehouden. Beweging van water heeft geen invloed op de meting.

Bij oppervlaktewateren met een zoutconcentratie >500 mg/l chloride is een meting van geleidendheid/saliniteit noodzakelijk voor een correctie op de zuurstofconcentratie in verband met de verminderde oplosbaarheid van zuurstof bij toenemende zoutconcentraties. Voor de bepaling van het zuurstofverzadigingspercentage moet de atmosferische druk, de watertemperatuur en de saliniteit op het moment van de meting bekend zijn. Zuurstofmeetinstrumenten kunnen uitgerust zijn met:

- Ingebouwde druksensor voor automatische luchtdrukcorrectie en een temperaturopnemer.
- Keuze mogelijkheid voor correctie (handmatig instelbaar) voor zoutinvloed. Bij gegevensinwinning met behulp van Aqua-DAS (RWS-software) wordt direct softwarematig voor de invloed van zout gecorrigeerd. Let er op dat dan de correctie in het instrument uit staat.


Zuurstofverzadigingswaarde [lit.3]

Formule 19 $\%O_2 = \frac{p(O_2)}{C_{pz,ps}} * 100$

%O₂ [%] = opgelost zuurstof concentratie, verzadiging
p(O₂) [mg/l] = de gemeten zuurstofconcentratie na zoutcorrectie
C_{pz,ps} [mg/l] = de concentratie van met zuurstof verzadigd water bij de gemeten
temperatuur, druk en saliniteit van zoet respectievelijk zout/brak water.

Waarbij:

- C_{pz} voor zoetwater is af te lezen in bijlage 5.
- C_{ps} voor zout/brak water is te berekenen volgens de formule uit bijlage 5

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 25 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

3.7 Zuurgraad (pH)


Deze paragraaf beschrijft de toetsing van de zuurgraad (pH). Figuur 13 geeft het werkblad Zuurgraad weer uit het logboek kwaliteitsborging fysisch-chemische veldparameters. De pH-meters zijn uitgerust met een temperatuuropmeter welke automatisch voor de temperatuurinvloed op de sensor (elektrode-keten) wordt gecorrigeerd. Deze correctie kan ook via een data-aquisitiesysteem (bv. Aquadas) worden uitgevoerd. Let er op dat dan de correctie in het instrument uit staat. In het logboek worden de specificaties van de sensor en het instrument gevraagd. Volg het processchema voor toetsing.

Figuur 13 Voorbeeld ingevuld werkblad Zuurgraad

Zuurgraad (pH)							
Toetsing		dagelijks		Verplicht pH 8		Extra pH 7 en 9 of 10	
Steilheid		nee		Kalibratievloeistof (Buffer)			
Eenheid van tot		Merk		VWR			
		Type		VWR VWR VWR			
		Meetonzekerheid		0.01			
		Temperatuur		pH Laag		pH Hoog	
		°C		7		9	
		0.0		7.13		9.24	
		5.0		7.09		9.17	
		10.0		7.05		9.11	
		15.0		7.02		9.05	
		20.0		7.00		9.00	
		25.0		6.98		8.95	
		30.0		6.98		8.91	
		35.0		6.96		8.88	
		40.0		6.95		8.85	
Controle	Meting	Datum	Steilheid	Temperatuur °C	Theoretisch	Gemeten	Vershil
8	Start	7-1-2021		7.3	8.09	8.02	0.07
8	Einde			7.5	8.09	8.07	0.02
8	Start	8-1-2021		8.2	8.08	8.06	0.02
8	Einde			8.4	8.08	8.04	0.04
7	Start			8.2	7.06	7.00	0.06
9	Start			8.2	9.13	9.11	0.02

Toetsing wordt uitgevoerd rond de verwachte meetwaarden van het te meten oppervlaktewater. In het logboek is buffer pH 8 vastgesteld als verplichte toetswaarde. Daarnaast kan op twee extra buffers een controle worden uitgevoerd. Voor het maken van extra regels voor toetsing zijn twee buttons aangemaakt in het logboek:


1. pH 8
2. pH 7 en 9 of 10.

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 26 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

Doordat de zuurgraad temperatuurafhankelijk is, worden in het kwaliteitslogboek de specificaties van de buffers gevraagd. Dit schema met zuurgraad en temperatuur staat meestal op de bufferflessen gegeven. Indien het schema niet op de fles staat, dient het aangevraagd te worden bij de leverancier. In de kolom voor de theoretische waarde wordt de juiste waarde geïnterpoleerd met behulp van deze tabel.

Bij toetsing wordt de temperatuur en zuurgraad van de buffer ingevuld in het logboek. Het logboek geeft aan of de gemeten zuurgraad is goedgekeurd of afgekeurd. Let op de houdbaarheidsdatum van de buffer zelf. Buffers met een pH-waarde van ≥ 8 zijn na openen van de fles beperkt houdbaar (reageren met koolzuurgas uit de lucht). Geef de datum van openen aan op de fles. Gooi de gebruikte buffervloeistof weg zodat de buffer in de fles niet vervuild raakt. Als de toetsing wordt afgekeurd, justeer dan de sensor opnieuw en voer de toetsing opnieuw uit. Als de sensor na justeren geen goede toetsing levert, dient de sensor te worden teruggestuurd naar de leverancier. De toetsing wordt na de meting herhaald om de kwaliteit van de meting te borgen.

Justeren is nodig als de sensor na toetsing op buffer pH 8 is afgekeurd. De sensor dient gejusteerd te worden op twee verschillende buffers, waarbij één van de punten altijd pH 7 is. Gebruik hiervoor nieuwe buffers. In het instrument is dit of de standaard methode of kan worden gekozen voor de 2 punten methode. Weeg af of de steilheid na justeren dient te worden geregistreerd. Een sensor voor het meten van de zuurgraad heeft een beperkte houdbaarheid. Dit is te zien aan de steilheidswaarde die afloopt. Als de steilheidswaarde onder het minimum komt, geeft het instrument een foutmelding bij het justeren. In het logboek wordt bij de steilheid de range gevraagd welke voor het instrument geldt. Na justeren kan de steilheidswaarde worden ingevuld bij de toetsing en wordt de sensor tevens goed of afgekeurd. Als na justeren de steilheid wordt goedgekeurd kan een toetsing opnieuw worden uitgevoerd. Bepaling zuurgraad volgens handleiding instrument.

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 27 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

4. UITVOERINGSOPDRACHT EN RAPPORTAGE


In de meetaanvraag dient beschreven te worden op welke wijze gegevens gerapporteerd dient te worden.

5. WERKWIJZE

Niet van toepassing, zie per veldparameter in procesbeschrijving.

6. KWALITEITSBORGING


Niet van toepassing, zie per veldparameter in procesbeschrijving.

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 28 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

7. REFERENTIES


Nationale en Internationale Standaarden

- | | | |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1 | NEN 6414 nl Water en slib-Bepaling van de temperatuur | 12-2008 |
| 2 | NEN-ISO 7888 en, Water Quality, Determination of electrical conductivity (ISO 7888:1985, IDT) | 01-1994 |
| 3 | NEN-EN-ISO 5814 Water, Bepaling van het gehalte aan opgeloste zuurstof, Electrochemische methode (ISO 5814:2012) | 10-2012 |
| 4 | NEN-ISO 5813 Water, Bepaling van het gehalte aan opgeloste zuurstof, Iodometrische methode ((ISO 5813:1983) | 02-1993 |
| 5 | NEN-EN-ISO 10523 en Water, Bepaling van de pH (ISO 10523:2012, IDT) | 02-2012 |
| Overig | | |
| 6 | Aquo-lex https://www.aquo.nl per 4-2-2022 | |
| 7 | Standard methods for examination of water and waste-water, 21st Edition | 2005 |
| 8 | The Practical Salinity Scale 1978 and the International Equation of State of Seawater 1980; UNESCO 1981, UNESCO technical papers in Marine Science 36. | 1981 |
| 9 | De Rijkswaterstaatstandaard voor de inwinning, verwerking en uitgifte van hydrologische en meteorologische gegevens uit operationele meetnetten (RMI), Ministerie van V&W. | 2010 |
| 10 | J.R. Roberti, Extinctie meten in troebel water met RWSV in de hand, RIKZ/IT Werkdocument 2001.027X | 09-2001 |
| 11 | M.D. Hartogs, Advies extinctie meetdienst Noord-Nederland RIKZ/IT Werkdocument 2001.028X | 07-02-2002 |
| 12 | Extinctie AMD Handleiding uitvoeren extinctiemeting | 15-01-2003 |
| 13 | Oort, R.C. van, H.A.J. van Rodijnen, Gevolgen standaardisatie rekenformules voor milieuparameters in Aquadas. Werkdocument RIKZ 2000-119X RIZA 2000-192X | 18-12-2000 |
| 14 | Funk, W., V. Dammann, C. Vonderheid, G. Oehlmann, GDCh-Fachgruppe Wasserchemie, Statistische Methoden in der Wasseranalytik; Begriffe, Strategien, Anwendungen, Umweltbundesamtes (BRD), ISBN 3-527-26307-1 | 1985 |
| 15 | Uitdrukken van de meetonzekerheid van kalibraties, Raad voor Accreditatie (RvA), RvA-Tk2.8 | 15-09-2004 |

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 29 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

8. BIJLAGEN


- Bijlage 1 Logboek kwaliteitsborging veldparameters
- Bijlage 2 Toetsen op uitschieters in meetresultaten met Grubbs-uitschietertest
- Bijlage 3 Geleidendheid in mS/m van kaliumchloride-oplossing 0,01 mol/l, in afhankelijkheid van de temperatuur
- Bijlage 4 Geleidendheid in mS/m van kaliumchloride-oplossing 0,20 mol/l, in afhankelijkheid van de temperatuur
- Bijlage 5 Zuurstof

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 30 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

Bijlage 1 Logboek kwaliteitsborging veldparameters

Logboek invulbestand RWSV 913-00-W015 kan worden opgevraagd via de volgende link:

<http://publicaties.minienm.nl/documenten/de-rijkswaterstaat-standaard-voor-de-inwinning-verwerking-en-uitgifte-van-chemische-gegevens>

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 31 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

Bijlage 2 Toetsen op uitschieters in meetresultaten met Grubbs-uitschietertest

Deze bijlage beschrijft een methode voor het bepalen van uitschieters in meetresultaten met de Grubbs-uitschietertest zoals beschreven door Funk et al [lit.14]. Gebruik onderstaand stroomschema voor het vaststellen van een individuele uitschieter. Verwijder de uitschieter en start de procedure opnieuw.

Volgnummer <i>l</i>	Meetwaarde x_i
1	x_1
2	x_2
3	x_3
4	x_4
5	x_5
6	x_6
7	x_7
8	x_8
9	x_9
10	x_{10}
11	x_{11}
12	x_{12}
13	x_{13}
14	x_{14}
15	x_{15}
16	x_{16}
17	x_{17}
18	x_{18}
19	x_{19}
20 = <i>N</i>	$x_{20} = x_N$

Gemiddelde	=	\bar{x}	1
Standaardafwijking	=	<i>s</i>	2
Aantal waarden	=	<i>N</i>	3
Aantal vrijheidsgraden	=	<i>f</i>	4
Tabel waarde (berekend)	=	<i>rM</i>	5

Te onderzoeken *x*-waarde = x_i 6


$$\text{Toetswaarde } TW = \frac{\left| x_i - \bar{x} \right|}{s}$$

als $TW \leq rM \rightarrow x_i$ geen uitschieter \rightarrow Toets de volgende *x*-waarde x_{i+1}
als $TW > rM \rightarrow x_i$ is uitschieter! \rightarrow Verwijder x_i en start opnieuw

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

$f=N-1$
zie formule onder

$$TW = \frac{|x_i - \bar{x}|}{s}$$

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 32 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

Voor de tM -waarden zijn tabellen vastgesteld. Door Funk et al [lit.14] is een afgeleide formule aangereikt voor berekening van de rM (met voor dit RWSV verwaarloosbare verschillen t.o.v. de officiële tabelwaarden). In dit RWSV wordt de volgende formule voor tweezijdige toetsing met $\alpha_2=10\%$ gehanteerd (voor eenzijdige toetsing geldt overigens dezelfde rM met $\alpha_1=5\%$):

$$rM(\alpha_2=10\%,N) = 0,09629538 - 0,34793615 * \ln(N) + 3,0114541 * \ln(N)^2 - 2,6795162 * \ln(N)^3 + 1,248081 * \ln(N)^4 - 0,34413191 * \ln(N)^5 + 0,056443109 * \ln(N)^6 - 0,0050986162 * \ln(N)^7 + 0,0001955846 * \ln(N)^8$$

Voorbeeld voor 20 meetwaarden¹:

29,28 25,19 25,16 25,19 25,16 25,12 25,15 25,18 25,14 25,11
25,01 24,88 24,97 24,94 24,97 24,91 24,86 24,87 24,9 24,88

$$\bar{x} = 25,2435$$


$$s = 0,9582 \quad N = 20$$

$$rM = 2,5566 \quad TW = |29,28 - 25,2435| / 0,9582 = 4,2125 \quad (\text{voor de 1e meetwaarde})$$

Conclusie: TM is groter dan rM dus 29,28 is een uitschieter.

Actie: Verwijder deze waarde uit de reeks en start de uitschieterprocedure opnieuw (nu met 19 meetwaarden).

¹ De 20 meetwaarden zijn willekeurig en niet gerelateerd aan een extinctiemeting.


Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 33 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

Bijlage 3 Geleidendheid in mS/m van kaliumchloride-oplossing 0,01 mol/l, in afhankelijkheid van de temperatuur

T in °C ↓	decimale °C→									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
15	114,4	114,6	114,9	115,2	115,4	115,7	116,0	116,2	116,5	116,8
16	117,1	117,3	117,6	117,9	118,1	118,4	118,7	118,9	119,2	119,5
17	119,7	120,0	120,3	120,5	120,8	121,1	121,3	121,6	121,9	122,2
18	122,4	122,7	123,0	123,2	123,5	123,8	124,0	124,3	124,6	124,8
19	125,1	125,4	125,6	125,9	126,2	126,4	126,7	127,0	127,2	127,5
20	127,8	128,1	128,3	128,6	128,9	129,1	129,4	129,7	129,9	130,2
21	130,5	130,7	131,0	131,3	131,5	131,8	132,1	132,3	132,6	132,9
22	133,2	133,4	133,7	134,0	134,2	134,5	134,8	135,0	135,3	135,6
23	135,8	136,1	136,4	136,6	136,9	137,2	137,4	137,7	138,0	138,2
24	138,5	138,8	139,1	139,3	139,6	139,9	140,1	140,4	140,7	140,9
25	141,2	141,5	141,7	142,0	142,3	142,5	142,8	143,1	143,3	143,6
26	143,9	144,2	144,4	144,7	145,0	145,2	145,5	145,8	146,0	146,3
27	146,6	146,8	147,1	147,4	147,6	147,9	148,2	148,4	148,7	149,0
28	149,2	149,5	149,8	150,1	150,3	150,6	150,9	151,1	151,4	151,7
29	151,9	152,2	152,5	152,7	153,0	153,3	153,5	153,8	154,1	154,3
30	154,6	154,9	155,2	155,4	155,7	156,0	156,2	156,5	156,8	157,0

Berekeningswijze: $G_t = G_{25} * \{1 + 0,0191 * (t - 25)\}$

G_{25} [mS/m] = 141,2

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 34 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	


Bijlage 4 Geleidendheid in mS/m van kaliumchloride-oplossing 0,20 mol/l, in afhankelijkheid van de temperatuur

T in °C	decimale °C→									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
15	2006	2010	2015	2019	2024	2029	2033	2038	2042	2047
16	2052	2056	2061	2066	2070	2075	2080	2084	2089	2093
17	2098	2103	2107	2112	2117	2121	2126	2131	2136	2140
18	2145	2150	2154	2159	2164	2168	2173	2178	2182	2187
19	2192	2197	2201	2206	2211	2216	2220	2225	2230	2234
20	2239	2244	2249	2253	2258	2263	2268	2273	2277	2282
21	2287	2292	2296	2301	2306	2311	2316	2320	2325	2330
22	2335	2340	2344	2349	2354	2359	2364	2368	2373	2378
23	2383	2388	2393	2397	2402	2407	2412	2417	2422	2426
24	2431	2436	2441	2446	2451	2456	2460	2465	2470	2475
25	2480	2485	2490	2495	2500	2504	2509	2514	2519	2524
26	2529	2534	2539	2544	2549	2553	2558	2563	2568	2573
27	2578	2583	2588	2593	2598	2603	2608	2613	2618	2623
28	2627	2632	2637	2642	2647	2652	2657	2662	2667	2672
29	2677	2682	2687	2692	2697	2702	2707	2712	2717	2722
30	2727	2732	2737	2742	2747	2752	2757	2762	2767	2772

Berekeningswijze [lit.8]

$$G_t = G_{25} * \frac{r_t}{r_{25}}$$

G ₂₅ [mS/m]	=	2480
r ₂₅	=	1,2365374
r _t	=	0,6766097 + 2,00564*10 ⁻² t + 1,104259*10 ⁻⁴ t ² - 6,9698*10 ⁻⁷ t ³ + 1,0031*10 ⁻⁹ t ⁴
t [°C]	=	gemeten temperatuur

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 35 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

Bijlage 5 Zuurstof

Oplosbaarheid van zuurstof in zoet water in mg/l (verzadigingswaarde $C_{p,z,ps}$), in afhankelijkheid van temperatuur en druk [lit.3 tabel A2 uitgewerkt tussen luchtdruk 97 en 104 kPa]

Temperatuur °C	Luchtdruk kPa							
	97,0	97,5	98,0	98,5	99,0	99,5	100,0	100,5
0,0	13,99	14,07	14,14	14,21	14,28	14,36	14,43	14,50
1,0	13,61	13,68	13,75	13,82	13,89	13,96	14,03	14,10
2,0	13,24	13,31	13,37	13,44	13,51	13,58	13,65	13,72
3,0	12,88	12,95	13,02	13,08	13,15	13,22	13,28	13,35
4,0	12,55	12,61	12,68	12,74	12,81	12,87	12,94	13,00
5,0	12,22	12,29	12,35	12,41	12,48	12,54	12,60	12,67
6,0	11,91	11,97	12,04	12,10	12,16	12,22	12,28	12,35
7,0	11,62	11,68	11,74	11,80	11,86	11,92	11,98	12,04
8,0	11,33	11,39	11,45	11,51	11,57	11,63	11,69	11,75
9,0	11,06	11,12	11,18	11,23	11,29	11,35	11,41	11,46
10,0	10,80	10,86	10,91	10,97	11,03	11,08	11,14	11,20
11,0	10,55	10,61	10,66	10,72	10,77	10,83	10,88	10,94
12,0	10,31	10,37	10,42	10,47	10,53	10,58	10,63	10,69
13,0	10,08	10,13	10,19	10,24	10,29	10,34	10,40	10,45
14,0	9,86	9,91	9,96	10,01	10,07	10,12	10,17	10,22
15,0	9,65	9,70	9,75	9,80	9,85	9,90	9,95	10,00
16,0	9,44	9,49	9,54	9,59	9,64	9,69	9,74	9,79
17,0	9,25	9,29	9,34	9,39	9,44	9,49	9,54	9,58
18,0	9,06	9,10	9,15	9,20	9,25	9,29	9,34	9,39
19,0	8,87	8,92	8,97	9,01	9,06	9,11	9,15	9,20
20,0	8,70	8,74	8,79	8,83	8,88	8,93	8,97	9,02
21,0	8,53	8,57	8,62	8,66	8,71	8,75	8,80	8,84
22,0	8,36	8,41	8,45	8,49	8,54	8,58	8,63	8,67
23,0	8,20	8,25	8,29	8,33	8,38	8,42	8,46	8,51
24,0	8,05	8,09	8,13	8,18	8,22	8,26	8,31	8,35
25,0	7,90	7,94	7,98	8,03	8,07	8,11	8,15	8,19
26,0	7,76	7,80	7,84	7,88	7,92	7,96	8,00	8,05
27,0	7,62	7,66	7,70	7,74	7,78	7,82	7,86	7,90
28,0	7,48	7,52	7,56	7,60	7,64	7,68	7,72	7,76
29,0	7,35	7,39	7,43	7,47	7,51	7,55	7,59	7,63
30,0	7,22	7,26	7,30	7,34	7,38	7,42	7,46	7,49
31,0	7,10	7,14	7,18	7,21	7,25	7,29	7,33	7,37
32,0	6,98	7,02	7,05	7,09	7,13	7,17	7,20	7,24
33,0	6,86	6,90	6,94	6,97	7,01	7,05	7,08	7,12
34,0	6,75	6,78	6,82	6,86	6,89	6,93	6,97	7,00
35,0	6,64	6,67	6,71	6,74	6,78	6,82	6,85	6,89

De vigerende versie staat op het internet: www.rws.nl.

Gebruikers van afgedrukte documenten zijn zelf verantwoordelijk voor het verifiëren van de status van deze papieren documenten door middel van vergelijking van het versienummer en de datum van vrijgave..




Voorschrift - RWSV

Versie: 3

Code: 913.00.W015

Bepaling fysisch-chemische veldparameters

Temperatuur °C	Luchtdruk kPa						
	101,0	101,5	102,0	102,5	103,0	103,5	104,0
0,0	14,57	14,65	14,72	14,79	14,86	14,94	15,01
1,0	14,17	14,24	14,31	14,38	14,45	14,52	14,59
2,0	13,79	13,85	13,92	13,99	14,06	14,13	14,20
3,0	13,42	13,48	13,55	13,62	13,68	13,75	13,82
4,0	13,07	13,13	13,20	13,26	13,33	13,39	13,46
5,0	12,73	12,79	12,86	12,92	12,98	13,05	13,11
6,0	12,41	12,47	12,53	12,59	12,66	12,72	12,78
7,0	12,10	12,16	12,22	12,28	12,34	12,40	12,46
8,0	11,80	11,86	11,92	11,98	12,04	12,10	12,16
9,0	11,52	11,58	11,64	11,70	11,75	11,81	11,87
10,0	11,25	11,31	11,36	11,42	11,48	11,53	11,59
11,0	10,99	11,05	11,10	11,16	11,21	11,27	11,32
12,0	10,74	10,80	10,85	10,90	10,96	11,01	11,06
13,0	10,50	10,56	10,61	10,66	10,71	10,77	10,82
14,0	10,27	10,32	10,38	10,43	10,48	10,53	10,58
15,0	10,05	10,10	10,15	10,20	10,25	10,30	10,35
16,0	9,84	9,89	9,94	9,99	10,04	10,09	10,14
17,0	9,63	9,68	9,73	9,78	9,83	9,88	9,92
18,0	9,44	9,48	9,53	9,58	9,63	9,67	9,72
19,0	9,25	9,29	9,34	9,39	9,43	9,48	9,53
20,0	9,06	9,11	9,15	9,20	9,25	9,29	9,34
21,0	8,89	8,93	8,98	9,02	9,07	9,11	9,16
22,0	8,71	8,76	8,80	8,85	8,89	8,94	8,98
23,0	8,55	8,59	8,64	8,68	8,72	8,77	8,81
24,0	8,39	8,43	8,48	8,52	8,56	8,60	8,65
25,0	8,24	8,28	8,32	8,36	8,40	8,45	8,49
26,0	8,09	8,13	8,17	8,21	8,25	8,29	8,33
27,0	7,94	7,98	8,02	8,06	8,10	8,15	8,19
28,0	7,80	7,84	7,88	7,92	7,96	8,00	8,04
29,0	7,67	7,71	7,74	7,78	7,82	7,86	7,90
30,0	7,53	7,57	7,61	7,65	7,69	7,73	7,77
31,0	7,41	7,44	7,48	7,52	7,56	7,60	7,63
32,0	7,28	7,32	7,36	7,39	7,43	7,47	7,51
33,0	7,16	7,20	7,23	7,27	7,31	7,35	7,38
34,0	7,04	7,08	7,11	7,15	7,19	7,22	7,26
35,0	6,93	6,96	7,00	7,03	7,07	7,11	7,14

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat		Pagina 37 van 37
Voorschrift - RWSV		Versie: 3
Code: 913.00.W015	Bepaling fysisch-chemische veldparameters	

Zoutcorrectie op de zuurstofconcentratie [lit.7 blz 4-139]

1. Bereken de zuurstofconcentratie bij de verzadigingswaarde bij de gegeven temperatuur/saliniteit en bereken de zuurstofconcentratie bij de verzadigingswaarde van zoet water (waarbij S=0) volgens:

Formule 14

$$\ln C_{s,z} = -139,34411 + (1,575701 * 10^5 / T) - (6,642308 * 10^7 / T^2) + (1,243800 * 10^{10} / T^3) - (8,621949 * 10^{11} / T^4) - S[(1,7674 * 10^{-2}) - (10,754 / T) + (2,1407 * 10^3 / T^2)]$$

- $C_{s,z}$ [mg/l] = de maximaal verzadigd zuurstofconcentratie in water met een saliniteit S respectievelijk in zoet water (waarbij S=0) bij een luchtdruk van 1013 mbar
- C_s [mg/l] = de maximaal verzadigd zuurstofconcentratie in water met een saliniteit S bij een luchtdruk van 1013 mbar
- C_z [mg/l] = de maximaal verzadigd zuurstofconcentratie in zoet water (S=0) bij een luchtdruk van 1013 mbar
- T [K] = gemeten temperatuur (Kelvin °K = °C + 273,15)
- S = gemeten saliniteit

2. Corrigeer voor de heersende luchtdruk ten tijde van de meting volgens:

Formule 15
$$C_{ps,pz} = C_{s,z} * P \left[\frac{(1 - P_{ww} / P) * (1 - \Theta P)}{(1 - P_{ww}) * (1 - \Theta)} \right]$$

Waarin:

Formule 16
$$\ln P_{ww} = 11,8571 - (3840,70 / T) - (216961 / T^2)$$

Formule 17
$$\Theta = 0,000975 - (1,426 * 10^{-5} t) + (6,436 * 10^{-8} t^2)$$

- $C_{pz,ps}$ [mg/l] = de concentratie van met zuurstof verzadigd water bij de gemeten temperatuur, druk en saliniteit van zoet respectievelijk zout /brak water
- C_{pz} [mg/l] = de maximaal verzadigd zuurstofconcentratie in zoet water (waarbij S=0) bij de gemeten luchtdruk, af te lezen uit tabel bijlage 5 of formule 15
- C_{ps} [mg/l] = de maximaal verzadigd zuurstofconcentratie in water met een saliniteit S bij de gemeten luchtdruk, te berekenen volgens formule 15
- t [°C] = gemeten temperatuur
- P_{ww} [atm] = verdampingswaarde, berekend uit formule 16
- P [atm] = heersende luchtdruk, gemiddelde atmosferische druk is 76 cm Hg (760 mm Hg) = 1013 hPa = 1,013 bar = 1 atmosfeer

Bereken de zuurstofconcentratie in het brakke/zoute water(monster)volgens:

Formule 18
$$p(O_2) = pO_{2,meetw} * C_{ps} / C_{pz}$$

- $p(O_2)$ [mg/l] = de zuurstofconcentratie in brak/zout water na zoutcorrectie
- $pO_{2,meetw}$ [mg/l] = de gemeten zuurstofconcentratie in brak/zout water zonder zoutcorrectie