

1990-01_zuurstoftoevoervermogen-heliummeetmethode

stora

90-01

Zuurstoftoevoervermogen
in
beluchtingssystemen

3. Voorschrift heliummeetmethode

stora

postbus 80200, 2508 GE den haag
johan van oldenbarneveltlaan 5

☎ 070-3512710

stichting toegepast onderzoek reiniging afvalwater

Zuurstoftoevoervermogen in beluchtingssystemen

3. Voorschrift heliummeetmethode

STOWA
Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 8090
3503 RB Utrecht
tel. 030-321199
fax 030-321766

Publikaties en het publikatieoverzicht
kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Verpakkers BV
Postbus 281
2700 AC Zoetermeer
tel. 079-611188
fax 079-613927
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.

Ten geleide

In het STORA-rapport "Zuurstoftoevoervermogen in beluchtingssystemen: 2. De heliummeetmethode (1984)" werd de ontwikkeling geschetst van een nieuwe, milieuvriendelijke methode om het zuurstoftoevoervermogen van beluchtingssystemen onder normale bedrijfsomstandigheden - in ademende slibmengsels - te bepalen.

Experimenten met de methode in enkele praktijksituaties verschaften waardevolle aanwijzingen voor het uitvoeren van dergelijke metingen. Het onderhavige rapport beschrijft de uitvoering van de meting, het omgaan met de apparatuur en het berekenen van het zuurstoftoevoervermogen voor verschillende zuiveringssystemen.

Het voorschrift werd in opdracht van het algemeen bestuur van de STORA opgesteld door het Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek van de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO en namens de STORA begeleid door een commissie bestaande uit ir. J.S.J. Dragt (voorzitter), ir. J. Ebbenhorst, ir. J.H.J.M. van der Graaf, ir. M. Ilsink en ing. J.H.A.M. Verbraaken.

Den Haag, maart 1990

De directeur van de STORA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

*

De Onderzoekadviescommissie, die tot dit project adviseerde, bestond uit:
prof.ir. A.C.J. Koot (voorzitter), drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff (secretaris) en ir. J. Boschloo, ir. R. den Engelse, prof.dr. P.G. Fohr, ir. A.E. van Giffen, ir. J.J. de Graeff, ir. R. Karper, drs. S.P. Klapwijk, dr. E.J.M. Kobus, ir. J.S. Kuyper, ir. Tj. Meijer, ir. L.P. Savelkoul, wijlen ir. H.M.J. Scheltinga, dr.ir. D.W. Scholte Ubink en ir. M. Tiessens (leden).

INHOUD

1.	DOEL EN TOEPASBAARHEID VAN DE He-TRACERMETHODE	1
2.	DE METING	4
2.1	Vorbereiding	4
2.1.1	Opstellen van een lijst van handelingen	4
2.1.2	De voorbespreking	4
2.1.3	De te meten parameters	5
2.1.4	Lijst van benodigdheden	7
2.1.5	Opstellen van apparatuur en hulpmiddelen	9
2.1.6	Vorzieningen om He te doseren	12
2.2	Uitvoering van de metingen	15
2.2.1	Controleren, afregelen en ijken van de apparatuur	15
2.2.2	Vorbereidende metingen	16
2.2.3	Doseren van He	16
2.2.4	Metten van de OC-relevante parameters	17
3.	DE BEREKENING VAN DE OC	18
3.1	Bewerken van de OC-relevante parameters	18
3.2	Grootheden die bij de OC-berekening zijn betrokken	19
3.3	Vergelijkingen voor de berekening van de OC	20
3.3.1	Berekening van k_{He}	20
3.3.1.1	Berekening van k_{He} voor een beluchtingssysteem met complete menging	20
3.3.1.2	Berekening van k_{He} voor een circuit met propstroming en beluchting met n horizontale-as-beluchters (oxydatiesloot)	21
3.3.1.3	Berekening van k_{He} voor een circuit met propstroming en bellenbeluchting	22
3.3.1.4	Berekening van k_{He} voor een Schreiberinstallatie	23
3.3.1.5	Algemene aanwijzingen voor de berekening van k_{He} in circuits met propstroming (oxydatiesloot, bellenbeluchting met horizontale waterstroming, Schreiberinstallatie)	25
3.3.2	Berekening van k_{O_2} uit k_{He}	29
3.3.2.1	Berekening van k_{O_2} voor een compleet gemengd beluchtingssysteem met oppervlaktebeluchters	29
3.3.2.2	Berekening van k_{O_2} voor een compleet gemengd systeem met beluchting via opstijgende luchtbellen	30

3.3.2.3	Berekening van k_{O_2} voor een compleet gemengd systeem waarin zowel belucht wordt met één of meer oppervlaktebeluchters als met een systeem met opstijgende luchtbell	30
3.3.2.4	Berekening van k_{O_2} voor een circuit met propstroming met een of meer om een horizontale as draaiende beluchters (rotoren in een oxydatiesloot)	31
3.3.2.5	Berekening van k_{O_2} voor een circuit met propstroming en beluchting door opstijgende luchtbell	31
3.3.2.6	Berekening van k_{O_2} voor een Schreiberinstallatie	32
3.3.3	Berekening van de standaard OC	33
4.	SYMBOLLEN EN EENHEDEN	35
4.1	Toelichting op de te gebruiken eenheden	35
4.2	Lijst met symbolen en hun eenheden	37

1. DOEL EN TOEPASBAARHEID VAN DE He-TRACERMETHODE

Dit voorschrift beschrijft een methode om onder bedrijfsomstandigheden, met behulp van helium als tracer, het zuurstoftoevoervermogen te meten van één of meer beluchters of van beluchtingselementen die werkzaam zijn in een met actiefslib gevuld beluchtingsbassin dat deel uitmaakt van een rioolwaterzuiveringsinrichting (RWZI). De methode is gebaseerd op het bestaan van een verband tussen de snelheden waarmee He en O₂ tijdens beluchten worden uitgewisseld tussen actiefslib en lucht; een verband dat afhankelijk is van het zuiveringssysteem en het beluchtingsproces.

De bepaling van het zuurstoftoevoervermogen (oxygenation capacity, OC) van een beluchtingssysteem met gebruik van He als tracer is over twee stappen verdeeld:

- het meten van de He-overdrachtsconstante tussen water en lucht, k_{He} ;
- het berekenen van de O₂-overdrachtsconstante k_{O_2} en van de OC uit k_{He} .

Bij een OC-bepaling wordt eerst He opgelost in het actief-slibmengsel van het beschouwde beluchtingssysteem (naast de reeds aanwezige, uit de atmosfeer afkomstige He). Daarbij blijft het beluchtingsproces in werking. Vervolgens wordt de snelheid waarmee de He-oververzadiging door het beluchtingsproces weer afneemt, op één punt*, gemeten. Er wordt dus, evenals bij de directe meting van de OC in rein water volgens de sulfietreaëratiemethode, gemeten onder niet stationaire condities.

De methode is van toepassing op systemen waarbij alle vloeistof in het beluchtingssysteem deelneemt aan het beluchtingsproces. Dat treedt op wanneer de vloeistof in z'n geheel regelmatig langs de beluchter(s) of beluchtingselementen circuleert, wanneer vele kleinere interne stromingen in de vloeistof optreden, wanneer de beluchters of beluchtingselementen gelijkmatig over of in de vloeistof zijn verdeeld of wanneer de beluchters of beluchtingselementen continu over of door de vloeistof worden verplaatst.

De aard van de mengprocessen, de grootte van de stromingen, enzovoorts, moeten bekend zijn of gemeten (kunnen) worden. Dit geldt ook voor vloeistof die eventueel tussen het beschouwde beluchtingsbassin en de omgeving wordt uitgewisseld (rioolwater, retourslib, afvoer actiefslibmengsel naar nabezinktank, uitwisseling van vloeistof, met andere, al of niet beluchte, bassins) alsmede voor mogelijke in de vloeistoffen aanwezige He-oververzadigingen.

Naarmate in een beluchtingssysteem het afnemen van de He-oververzadiging meer wordt bepaald door de zojuist genoemde parameters dan door het beluchtingsproces zelf, zal het meetresultaat (de verkregen OC-waarde) onnauwkeuriger zijn. Dit beperkt uiteindelijk de toepasbaarheid van de He-tracermethode.

* één-meetpuntmethode

Om uit de op één punt gemeten daling van de He-oververzadiging de He-overdrachtsconstante k_{He} en daaruit de O_2 -overdrachtsconstante k_{O_2} te kunnen berekenen moeten vergelijkingen die betrekking hebben op het onderzochte beluchtingssysteem beschikbaar zijn.

In dit voorschrift worden de vergelijkingen gegeven voor een aantal veel toegepaste beluchtingssystemen in RWZI's. Deze beluchtingssystemen zijn:

- Een systeem met complete menging van de vloeistof in het beluchtingsbassin;
- Een circuit met propstroming, waarbij op één of meer dwarsdoorsneden in het circuit, de vloeistof wordt belucht over een te verwaarlozen circuitlengte. De oxydatiesloot waarin wordt belucht met dwars over het circuit geplaatste, om een horizontale as draaiende borstels, benadert dit model;
- Een circuit met propstroming waarin op een of meer plaatsen over een kleinere of grotere circuitlengte, verspreid over de bodem, elementen zijn aangebracht voor bellenbeluchting. Dit model komt overeen met het principe van bellenbeluchting met horizontale stroming van de beluchte vloeistof. In plaats dat de vloeistof langs de beluchtingselementen stroomt, worden in een Schreiberinstallatie de beluchtingselementen door de vloeistof bewogen. Ook wordt daarin een combinatie van beide principes toegepast; stilstaande beluchtingselementen, met een zekere snelheid stromende vloeistof en nog sneller bewegende beluchtingselementen.

Als op meer, afzonderlijke plaatsen wordt belucht, kan de OC vaak alleen worden bepaald als de beluchtingscapaciteiten op die plaatsen nagenoeg gelijk zijn. Soms is ook vereist dat die plaatsen in het beluchtingssysteem ten opzichte van elkaar nagenoeg symmetrisch zijn gelegen en/of dat de volumina, waarin op die plaatsen complete menging bestaat, nagenoeg gelijk zijn.

Valt een beluchtingssysteem niet onder een van de hiervoor genoemde modellen dan kan de He-tracermethode toch nog wel toepasbaar zijn. Het is dan echter nodig eerst een bij dat beluchtingssysteem passend model te maken en aan de hand daarvan na te gaan hoe k_{He} en k_{O_2} moeten worden berekend.

Eventueel moeten nadere gegevens worden verkregen en/of afgeleide vergelijkingen worden getest door in het nog onbekende beluchtingssysteem met rein water de sulfietreaëratiemethode naast de He-tracermethode uit te voeren.

De maximum beluchtingscapaciteit en het maximum volume beluchte vloeistof waarbij de He-tracermethode nog kan worden toegepast, hangen in de eerste plaats af van de gevoeligheid van de He-meter en de capaciteit van de He-doseerapparatuur. Voorts zijn bepalend de toelaatbare He-doseertijd, de benodigde hoeveelheid He-gas en het rendement waarmee He-gas door de doseerapparatuur wordt opgelost. Daarnaast is voor de maximum volumieke beluchtingscapaciteit, waarbij de methode kan worden toegepast, nog de responsnelheid van de He-meetapparatuur van belang.

Voor het met succes toepassen van de He-tracermethode is het noodzakelijk op de hoogte te zijn met (de) theoretische achtergronden. Voor een gedeelte wordt daarop in een aparte toelichting nader ingegaan. Voor verdere "theoretische achtergronden" wordt verwezen naar het reinwatervoorschrift* en naar het over het onderzoek aan de He-tracermethode uitgebrachte rapport** .

* Zuurstoftoevoervermogen in beluchtingssystemen.
1. Bepaling in rein water (reaëratiemethode).
STORA-rapport 1980.

** Zuurstoftoevoervermogen in beluchtingssystemen.
2. De heliummeetmethode.
STORA-rapport 1984.

2. DE METING

2.1 Voorbereiding

2.1.1 Opstellen van een lijst van handelingen

Tijdens de voorbereiding van de OC-bepaling, de voorbereidende metingen en de eigenlijke OC-bepaling dienen zeer veel handelingen te worden verricht.

Voorkomen moet worden dat tijdens OC-bepalingen handelingen worden vergeten of over het hoofd gezien met het mogelijk gevolg dat de meetresultaten niet optimaal betrouwbaar zijn of nog erger, later niet bruikbaar blijken te zijn.

De te verrichten handelingen hangen gedeeltelijk af van de configuratie van de zuiveringsinrichting, het type zuiverings- en beluchtingssysteem en het doel van de bepaling van de OC. Het is derhalve niet mogelijk om in detail één voorschrift te geven dat zonder meer bij elke OC-bepaling kan worden gevolgd.

Stel daarom zelf voor het te onderzoeken project aan de hand van 2.1.3 t/m 2.1.7 en 2.2 een lijst van handelingen samen.

Splits de lijst in twee delen:

- Een lijst bevattende de handelingen die veel tijd vragen en dagen of weken van tevoren moeten worden uitgevoerd. Het gaat hierbij vooral om bestellingen, aanmaak en/of revisie van apparatuur of hulpmiddelen, het aanbrengen van extra voorzieningen in de zuiveringsinrichting en dergelijke.
- Een lijst bevattende de handelingen die moeten worden verricht kort voor en/of tijdens de OC-bepalingen.

De lijst van handelingen moet in een vroeg stadium van de voorbereiding worden samengesteld. Stel op basis van de eerst verkregen informatie(s) over het te onderzoeken project een voorlopige lijst van handelingen op.

Deze voorlopige lijst is een belangrijk gespreksonderwerp op de te houden voorbespreking (2.1.2). Met de op de voorbespreking nader verkregen gegevens wordt de lijst eventueel gewijzigd en aangevuld.

2.1.2 De voorbespreking

Met alle bij het onderzoek betrokkenen wordt, bij voorkeur ter plaatse van de zuiveringsinrichting, een voorbespreking gehouden..

Te bespreken onderwerpen zijn:

- Reden en doel van de OC-bepaling(en).
- Type zuiveringsinrichting en beluchtingssysteem.
- Toepasbaarheid van de He-tracermethode.
- De voor de zuiveringsinrichting, het beluchtingssysteem en de doelstelling van de OC-bepaling relevante parameters die moeten worden gemeten (aan de hand van 2.1.3).
- De te verwachten fouten in de meetresultaten, afgeleid uit geschatte fouten in de parameters.
- Het verkleinen van te groot beoordeelde te verwachten fouten door wijzigen van de metingen of verbeteren van de voorzieningen.

Uit dit deel van de besprekingen moet allereerst worden afgeleid of een OC-bepaling al dan niet mogelijk en/of zinvol zal zijn en wat de in de gegeven situatie hoogst bereikbare kwaliteit van het onderzoek zal zijn.

Verdere gespreksonderwerpen zijn:

- De gebruiksmogelijkheden van op de zuiveringsinrichting aanwezige meetapparatuur.
- Bijstellen en completeren van de opgestelde lijst van handelingen (zie 2.1.1).
- Opstellen lijst van benodigdheden (aan de hand van 2.1.4).
- Aan te brengen voorzieningen.
- Opstelplaatsen van meetwagen en meetapparatuur; kruisingen van leidingen en kabels met wegen; aansluitpunten voor water en elektriciteit (220/380 V).
- Beschikbaarheid van assistentie.
- Maatregelen van orde en veiligheid.
- Vaststellen van een programma en datum(s) voor het uitvoeren van de metingen.
- Het regelen van de samenwerking tussen de beheerder van de zuiveringsinrichting en de uitvoerder van de OC-metingen.

2.1.3 De te meten parameters

De volgende parameters moeten altijd, onafhankelijk van het type beluchtingssysteem, worden gemeten:

- $c_{s,He}$: de He-verzadigingswaarde van het beluchtingssysteem.
- c_{He} : het He-gehalte in de beluchte vloeistof (op één plaats) en het afnemen ervan met de tijd.
- V : het volume van de beluchte vloeistof in het beschouwde systeem
- $\sigma_{20^{\circ}C}$: de oppervlaktespanning (bij $20^{\circ}C$) van de beluchte vloeistof.
- t_C : de temperatuur van de beluchte vloeistof in $^{\circ}C$.
- q_{rw} : het debiet van de toevoer van rioolwater.
- q_{rs} : het debiet van de toevoer van retourslib.
- $c_{rs,He}$: het He-gehalte in retourslib.
- p_{amb} : de luchtdruk van de atmosfeer.
- Δp : de overdruk die behoort bij de oververzadiging van het beluchtingssysteem.

Opmerking: als rioolwater en retourslib gemengd naar het beluchtingssysteem worden gevoerd, meet dan niet $c_{rs,He}$ maar $c_{rw+rs,He}$, het He-gehalte in het mengsel. Gaat het om een OC-bepaling in een tweede of volgende trap van een meertrapszuiverings-systeem meet dan niet $c_{rs,He}$ maar het He-gehalte in de vloeistof van de voorgaande trap.

Voorts dient, afhankelijk van het type beluchtingssysteem, een keuze te worden gemaakt uit de volgende parameters:

- In circuits met propstroming het debiet van de propstroming. Bij toevoer van rioolwater en retourslib en afvoer van actief-slibmengsel kunnen drie verschillende debieten (q_1 , q_2 en q_3) voorkomen.
- In circuits met propstroming de volgorde van de plaatsen van afvoer van actief-slibmengsel en toevoer van rioolwater en van retourslib ten opzichte van de stromingsrichting van het actief-slibmengsel (onderscheid situatie I en II volgens 3.3.1.5).
- In circuits met propstroming de fractie a_1 , respectievelijk a_2 en a_3 , van de gehele beluchtingscapaciteit, die is opgesteld in het circuitgedeelte waar het debiet q_1 , respectievelijk q_2 en q_3 passeert.
Bij een Schreiberinstallatie ook de fractie a_4 van de gehele beluchtingscapaciteit die met de rondgaande brug door het circuit beweegt.
Verder afhankelijk van de debieten circuitvloeistof die passeren, de fracties a' , a_1 , a_2 of a_3 van de gehele beluchtingscapaciteit die zijn opgesteld in het circuitgedeelte RS dat zich bevindt benedenstrooms van de He-meetplaats tot aan de toevoerplaats van retourslib.
- In een circuit met propstroming het aantal (n) plaatsen met beluchtingsrotoren. Of bij bellenbeluchting het aantal, ongeveer evengrote en gelijkmatig over de circuitlengte verdeelde circuitgedeelten, waarin de beluchtingscapaciteit zich bevindt. Verder het gemiddelde volume V_A van elk van die circuitgedeelten.
Bij een Schreiberinstallatie daarnaast ook het aantal (m) ongeveer evengrote en gelijkmatig over de circuitlengte verdeelde circuitgedeelten waarin de met de roterende brug gekoppelde beluchtingscapaciteit zich bevindt en het gemiddelde volume V_B van elk van die circuitgedeelten.
- De tijd T waarin de vloeistof in een circuit met propstroming éénmaal het circuit rondgaat. In een Schreiberinstallatie ook de tijd T_B waarin de met de roterende brug meebewegende beluchtingselementen éénmaal het circuit rondgaan.
- De tijd ΔT_{RS} waarin een vloeistofdeeltje het circuitgedeelte RS passeert.
- Het debiet q_w van de vloeistof dat door een beluchter wordt verplaatst, of de O_2 -deficieten ($c_{sO_2} - c_{O_2,in}$) en ($c_{sO_2} - c_{sO_2,uit}$) in het naar en vanaf een beluchter stromende actief-slibmengsel.
- Het debiet q_{lu} van de bij het beluchtingsproces betrokken lucht.
- Het debiet van de vloeistof dat wordt uitgewisseld tussen het onderzochte beluchtingssysteem en een daarbuiten gelegen bassin en het He-gehalte in dat bassin.

Niet altijd behoeven deze parameters echt te worden gemeten. In bepaalde gevallen is het zonder meer duidelijk dat een parameter een waarde nul heeft, of te verwaarlozen klein is, soms kan worden volstaan met een schatting of is slechts een schatting mogelijk.

Naast de voor de berekening van de OC te meten parameters kan het zinvol zijn een of meer parameters te meten die nauw met de OC verband houden. Afhankelijk van het type beluchtingssysteem en het doel van de OC-bepaling kunnen bijvoorbeeld nog worden gemeten:

- Het energetisch vermogen dat door het beluchtingsproces wordt opgenomen.
- Het toerental en/of de indompeldiepte van oppervlaktebeluchters.
- De waterhoogte boven de luchtdispergeerelementen.
- De gemiddelde grootte (schatting) van de aan de oppervlakte komende luchtbelleten.
- Het O₂-gehalte in het beluchte actief-slibmengsel.
- De aard en de samenstelling van en/of de aanwezigheid van specifieke stoffen in het rioolwater, het beluchte actief-slibmengsel of het gezuiverde water uit de nabezinktank.

2.1.4 Lijst van benodigdheden

Om OC-bepalingen uit te voeren is een aantal apparaten in elk geval nodig. De voor de werking van die apparaten benodigde hulpmiddelen kunnen afhangen van de in onderzoek zijnde zuiveringsinrichting.

Sommige apparaten zijn alleen bij bepaalde typen beluchtingssystemen nodig. Ter oriëntering wordt onderstaand een lijst van (mogelijke) benodigdheden gegeven.

- He-meetapparatuur, bestaande uit een He-meter (meetbereik 0,05 - 0,5 · 10⁻⁶ m³ He per m³ vloeistof bij volle schaaluitslag), twee bemonsteringspompen (met een aan de He-meter aangepast debiet), een drijver, klemmen, kabels en dergelijke voor het opstellen van de bemonsteringspompen, bemonsteringsleidingen met verdeelstukken en kranen voor omschakelen. Zie foto nr. 1 op pagina 8.
- Recorder met papiersnelheden van 6 tot 360 cm per uur. Eventueel een tweelijnenrecorder waarvan één moduul een logaritmische versterkingkarakteristiek heeft.
- Oppervlaktetensspanningsmeter met toebehoren alsmede bemonsteringsmiddelen van metaal en glas.
- Barometer (barograaf).
- Zuurstofmeter plus recorder (papiersnelheid 6 cm.h⁻¹).
- Meetwagen of andere behuizing, aansluitbaar op netspanning (~ 220 V) en (leiding)water.
- He-doseerapparatuur bestaande uit cilinder(s) He-gas, reduceerventiel, debietmeter(s), een begasser, een pomp voor actief-slibmengsel, slangen en verdeelstukken. (In plaats van een begasser zijn afhankelijk van de situatie enkele gasdispergeerelementen te gebruiken). Zie foto nr. 2 op pagina 8.
- Vermogensmeter met integrator, recorder (papiersnelheid 6 cm.h⁻¹) en printer.
- Apparatuur voor debietmetingen van lucht.
- Vloeistofsnelheidsmeter, stokdrijver(s).
- Enkele thermometers (0-50°C).

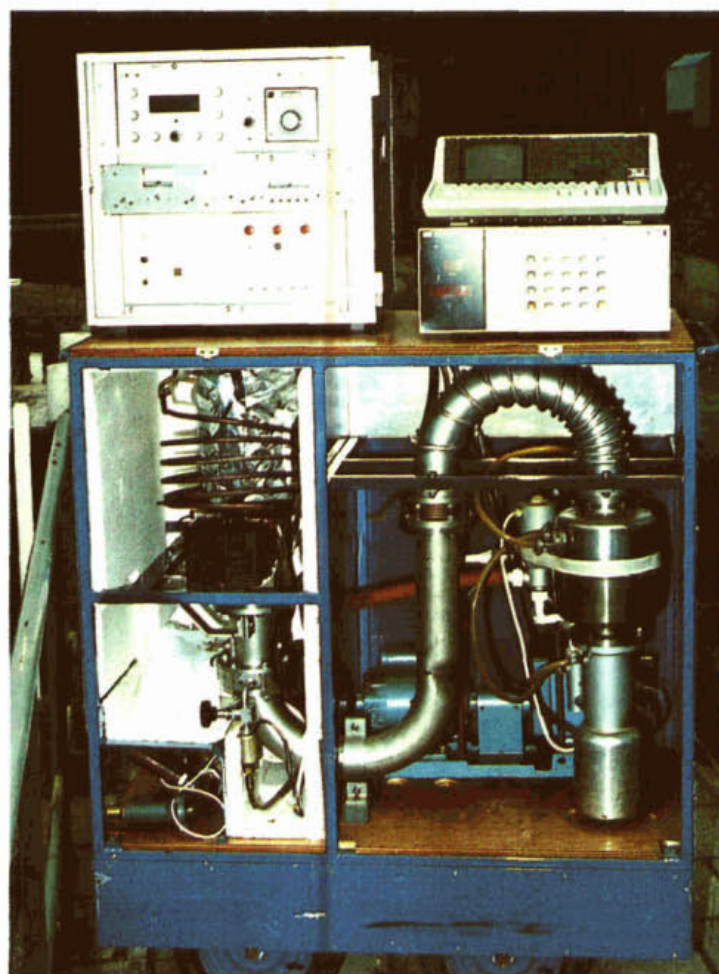


Foto 1 Heliummeetapparatuur.

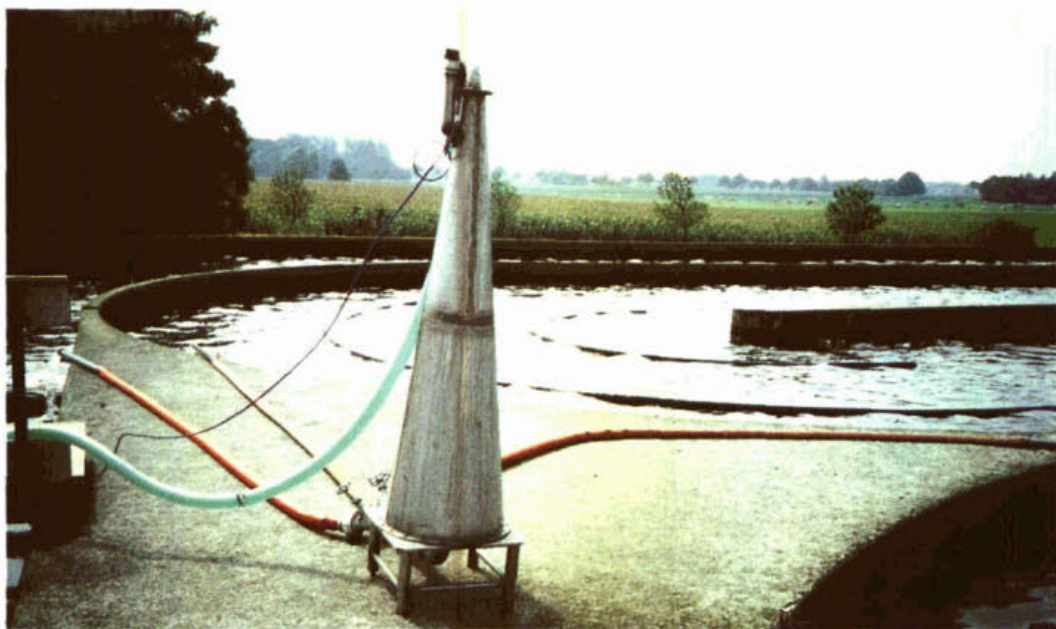


Foto 2 Heliumbegasser.

- Al naar de apparatuur dat vereist contactdozen met één- en driefase wisselspanning.
- Eén- en driefase verlengkabels (drie, vier en/of vijf aders).
- Draaiveld-richtingaanwijzer (voor draairichting pompen).
- Multimeter.
- Enkele stopwatches.
- Peilstok en/of niveaumeter.
- Rekenapparatuur, data-acquisitie-apparatuur of -systeem.
- (Klein) gereedschap en hulpmiddelen om meetapparaten op te stellen.
- Reserve-onderdelen.

2.1.5 Opstellen van apparatuur en hulpmiddelen

- Maak de He-meter voor gebruik gereed volgens het voorschrift van de leverancier.
- Koppel de elektronische randapparatuur aan.
- Sluit de pompen voor bemonstering van het retourslib en van de vloeistof in het beluchtingssysteem, alsmede de bemonsteringsleidingen en de terugvoerleidingen op de He-meter aan.

Beide bemonsteringssystemen moeten continu in bedrijf zijn. Monteer het kranenstelsel waarmee of de ene of de andere bemonsteringsstroom naar de He-meter wordt geleid, zo dicht mogelijk bij de He-meter.

Maak de looptijden in beide bemonsteringsleidingen zo goed mogelijk aan elkaar gelijk.

Zorg dat met de bemonsteringsstromen geen luchtbellens worden meegenomen. Zorg ook dat in de leiding tussen bemonsteringspunt en He-meter geen ontgassing (spontane belvorming) optreedt door onderdruk (aanzuigweerstand van het leidinggedeelte vóór de pomp, hooggeplaatste pomp, cavitatie in de pomp en/of hevelwerking van de terugvoerleiding in combinatie met hooggelegen gedeelten van de bemonsteringsleiding of hooggeplaatste He-meter). Bedenk hierbij dat bij diepe bellenbeluchting de totale evenwichtsdruk van de opgeloste gassen (voornamelijk N_2 , niet verbruikt O_2 en gevormd CO_2) groter kan zijn dan de druk van de atmosfeer.

- Breng één bemonsteringspomp aan in het retourslib, zo dicht mogelijk bij het punt waar het retourslib in het beluchtingssysteem wordt gevoerd. Worden retourslib en rioolwater gemengd aangevoerd breng de bemonsteringspomp dan in dit mengsel aan. Betreft het onderzochte beluchtingssysteem een tweede of volgende trap van een meertrapszuiveringssysteem breng de bemonsteringspomp dan aan in de vloeistof van de voorgaande trap.
- De plaats van de bemonstering in het actief-slibmengsel hangt af van het type beluchtingssysteem.

In een beluchtingssysteem met complete menging mag deze plaats vrij willekeurig worden gekozen. Neem bij voorkeur een punt dat op halve waterdiepte, niet te dicht bij een wand, niet te dicht bij een beluchter en niet in de stroom binnenkomend rioolwater of retourlib is gelegen. Onderstaande foto 3 geeft de meetconfiguratie aan bij de TNO-oxydatiesloot; de heliummeetopstelling voor een Carroussel wordt schematisch weergegeven in figuur 1 op pagina 11.

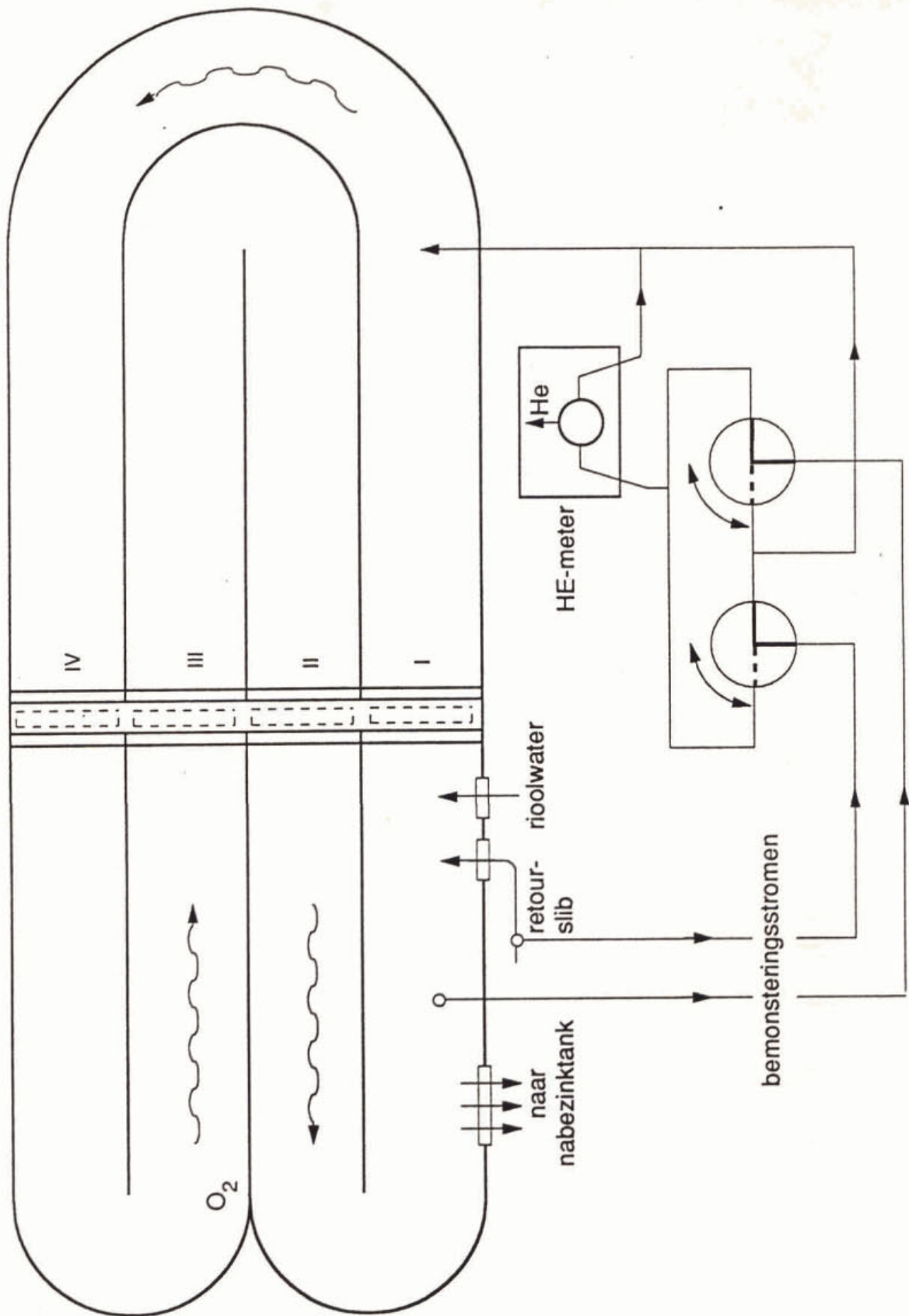
Neem in een circuit met propstroming (de oxydatiesloot, een bellenbeluchtingsysteem met horizontale waterstroming of een Schreiberinstallatie) bij voorkeur een plaats die gelegen is op korte afstand bovenstrooms van de plaats waar het retourlib wordt toegevoerd.

Is te verwachten dat rioolwater, dat stroomopwaarts van deze voorkeursplaats wordt toegevoerd, zich nog niet over de gehele circuitdwarsdoorsnede heeft verdeeld, kies dan een plaats die op korte afstand bovenstrooms van de toevoer van rioolwater is gelegen.

Onderstaande foto nr. 3 geeft de meetconfiguratie aan bij de TNO-oxydatiesloot; de heliummeetopstelling voor een oxydatiesloot met meerdere beluchtingsrotoren wordt schematisch weergegeven in figuur 1 op pagina 11.



Foto 3 Meetconfiguratie bij de TNO-oxydatiesloot.



Figuur 1 Heliummeetopstelling bij een oxydatiesloot met vier beluchtingsrotoren.

Zijn deze plaatsen moeilijk toegankelijk neem dan een nog wat verder stroomopwaarts gelegen plaats.

Neem zo mogelijk geen plaats waarbij in het circuitgedeelte stroomafwaarts van die plaats tot aan de plaats van toevoer van retourslib beluchting plaatsvindt.

Breng de bemonsteringspomp op de gekozen plaats bij voorkeur aan in het midden van het circuit en op halve waterdiepte.

Is geen brug of ander object aanwezig waaraan de bemonsteringspomp kan worden opgehangen breng dan daarvoor een voorziening aan, bijvoorbeeld in de vorm van een hulpbrug, een balk of buis of met een met kabels op de gewenste plaats gefixeerde drijver.

- Maak de oppervlaktespänningsmeter gebruiksgereed volgens het voorschrift van de leverancier.
- Breng eventueel een peilschaal of een referentiemeetvlak aan om het niveau van de beluchte vloeistof gemakkelijk te kunnen meten. Zorg, om het vloeistofvolume te kunnen bepalen voor een tekening van het betreffende beluchtingsbassin.
- Ga na of voor het meten van het rioolwaterdebiet naar het beluchtingssysteem een aanwezige debietmeter kan worden gebruikt. Tref eventueel een voorziening om dat debiet op een andere wijze te meten.
- Indien de capaciteit van de retourslibpomp niet bekend is, zorg dan voor apparatuur om deze capaciteit te meten.
- Zorg voor de nodige voorzieningen om via het meten van stroomsnelheden het debiet van de vloeistof te kunnen bepalen dat in een circuit met propstroming door een dwarsdoorsnede gaat, door een oppervlaktebeluchter wordt verplaatst of door verbindingsoeningen tussen het in beproeving zijnde beluchtingssysteem en een aangrenzend bassin wordt uitgewisseld.
Het debiet door een dwarsdoorsnede van een circuit is ook te bepalen uit de tijd die een plaatselijk in de circuitvloeistof aangebrachte hoge He-concentratie nodig heeft om enkele malen het He-bemonsteringspunt te passeren.
Zorg in dat geval voor een of meerdere vaten met hulpapparatuur om een geconcentreerde He-oplossing te maken.

Als bij de OC-berekeningen niet wordt uitgegaan van het door een beluchter verplaatste vloeistofdebiet, maar van de O_2 -gehalten in het naar en vanaf de beluchter stromende actief-slibmengsel, breng dan voorzieningen aan om deze gehalten te meten.

- Bepaal het debiet van de lucht die bij het beluchtingsproces is betrokken, bijvoorbeeld via een in de luchtleiding aanwezige meetflens, of met een anemometer via in de luchtleiding aanwezige meetstoppen, of uit de bekende capaciteit van de compressor(s) of via een aan de aanzuigzijde van een compressor aan te brengen meetbuis.

- Sluit, met behulp van een deskundige, een vermogensmeter aan op de voedingskabels van de beluchtingsapparaten om het opgenomen elektrisch vermogen te bepalen.
Sluit op de vermogensmeter een recorder en integrator aan.
- Maak volgens voorschrift van de leverancier de zuurstofmeter met de sensor gebruiksgereed en breng de sensor op de gewenste plaats aan in de beluchte vloeistof.
- Ga na of voor andere te meten parameters, zoals het toerental of de indompeldiepte van beluchters, de waterhoogte boven luchtdispergeerelementen, de samenstelling van rioolwater of andere vloeistoffen, het bewaren van de monsters (koeling) en de analyse ervan nog voorzieningen moeten worden getroffen.
- Breng volgens de in 2.1.6 gegeven aanwijzingen de voorzieningen aan om He te kunnen doseren.

2.1.6 Voorzieningen om He te doseren

De wijze waarop He in het belucht wordende actief-slibmengsel moet en kan worden opgelost is afhankelijk van:

- het type beluchtingssysteem;
- het beluchte volume vloeistof;
- de aard en capaciteit van het beluchtingsproces;
- de eigenschappen van de beluchte vloeistof;
- het He-gehalte waarbij men de OC-bepaling wil beginnen.

De algemeen toe te passen wijze om He te doseren is die waarbij He in de vorm van een geconcentreerde oplossing, waarin geen gasbellen mogen voorkomen, in het actief-slibmengsel wordt gevoerd.

Gebruik daarvoor een begasser. Daarin wordt actief-slibmengsel, dat met een pomp (debiet $q_{dos.}$) uit het beluchtingssysteem wordt gehaald, intensief in contact gebracht met He-gas. Het daarvoor benodigde debiet He-gas, q_{He} , wordt (via een debietmeter) uit een voorraadfles betrokken. In plaats van actief-slibmengsel kan voor de begassing ook water uit een bedrijfswaterleiding of een drinkwaterleiding worden gebruikt.

Schat, om na te gaan of de capaciteit van het doseersysteem voldoende groot is voor het verkrijgen van de gewenste He-oververzadiging in het beluchtingssysteem, globaal de OC van het beluchttingsproces en ga na of wordt voldaan aan de voorwaarde:

$$q_{dos.} \cdot \frac{c_{dos.}}{c_{sHe}} > 0,27 \cdot OC \cdot \left(\frac{c_{He,start}}{c_{sHe}} - 1 \right) \quad (1)$$

- $q_{dos.}$ is het debiet van de geconcentreerde He-oplossing;
- $c_{dos.}$ is het He-gehalte in de geconcentreerde He-oplossing. Met bij het begassen per toegevoerde m^3 vloeistof een energieverbruik van ongeveer 0,015 kwh en een He-toevoer van 0,005 tot 0,02 m^3 kan $c_{dos.}$ ongeveer gelijk zijn aan 50.000 c_{sHe} tot 100.000 c_{sHe} . Zijn de eigenschappen van de gebruikte begasser niet bekend, meet deze dan een keer.
 c_{sHe} is ongeveer gelijk aan $0,05 \cdot 10^{-6} m^3$ (herleid op 0 °C en 101,3 kPa) He per m^3 vloeistof.
- $c_{He,start}$ is het He-gehalte in het actief-slibmengsel waarbij men de eigenlijke OC-meting wil laten beginnen.

De voorwaarde is gebaseerd op een compleet gemengd beluchtingssysteem en op een geschatte waarde voor de OC. Voer daarom, als $q_{dos.} \cdot \frac{c_{dos.}}{c_{sHe}}$ ongeveer gelijk is aan $0,27 \cdot OC \cdot \left(\frac{c_{He,start}}{c_{sHe}} - 1 \right)$, een proefdosering uit om na te gaan of $q_{dos.} \cdot \frac{c_{dos.}}{c_{sHe}}$ werkelijk voldoende groot is.

Voor de doseertijd $t_{dos.}$, die nodig is om met $q_{dos.} \cdot \frac{c_{dos.}}{c_{sHe}} = 0,27 \cdot OC \cdot \left(\frac{c_{He,start}}{c_{sHe}} - 1 \right)$ het He-gehalte in het actief-slibmengsel van c_{sHe} op een oververzadiging van $1,25 \left(\frac{c_{He,start}}{c_{sHe}} - 1 \right) c_{sHe}$ te brengen geldt bij benadering:

$$t_{dos.} = \frac{8,5}{OC/V} \quad (2)$$

Om het He-gehalte in het actief-slibmengsel van c_{sHe} te verhogen tot een oververzadiging van $1,25 \left(\frac{c_{He,start}}{c_{sHe}} - 1 \right) c_{sHe}$ is, bij een oplosrendement in de begasser van 30 %, zeer globaal een volume He-gas nodig van

$$0,3 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{c_{He,start}}{c_{sHe}} - 1 \right) V m^3 \text{ (herleid op 0 °C en 101,3 kPa)} \quad (3)$$

Leid de geconcentreerde He-oplossing niet in het beluchtingssysteem op plaatsen waar de oplossing direct naar de nabezinktank, of naar een naastliggend bassin kan worden weggevoerd.

In een systeem met complete menging is het toevoeren van de geconcentreerde He-oplossing op één plaats voldoende.

Voer in een systeem met pseudo complete menging de He-oplossing op meerdere plaatsen toe, zodanig dat overal een zelfde He-oververzadiging wordt verkregen.

Doseer in een circuit met propstroming de He-oplossing met gelijke debieten op meerdere (drie tot zes), gelijkmatig over de circuitlengte verspreid gelegen plaatsen, gedurende een tijd waarin de circuitvloeistof één- tot tweemaal het circuit rondgaat. Dit is dus mede bepalend voor $t_{dos.}$ en $c_{He,start}$.

Deze algemene wijze om He in de beluchte vloeistof te doseren *moet* worden toegepast wanneer een min of meer stabiele schuimlaag op het vloeistofoppervlak aanwezig is.

Wanneer gasbellen geen stabiele schuimlaag vormen op de beluchte vloeistof en de vloeistofhoogte enkele meters (H) bedraagt kan He ook gedoseerd worden door het als gas via één of enkele op de bodem van het beluchtingsbassin te plaatsen gasdispergeerelementen in de vloeistof te brengen.

Deze doseermethode is dikwijls gemakkelijker toe te passen dan de hiervoor genoemde. De capaciteit van het doseren is ook gemakkelijker aan te passen.

Om de gewenste He-oververzadiging te kunnen verkrijgen moet worden voldaan aan de voorwaarde:

$$\frac{q_{\text{He}} \cdot H}{OC} > 0,4 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{c_{\text{He,start}}}{c_{\text{sHe}}} - 1 \right) \quad (4)$$

Bij dispergeren in horizontaal stromend water met zeer fijne bellen mag $\frac{q_{\text{He}} \cdot H}{OC}$ een factor 2 kleiner zijn.

Voor de plaatsen waar He gedoseerd moet worden geldt hetzelfde als bij de eerstgenoemde methode.

Bij **bellen**beluchtingssystemen, waarbij geen stabiele schuimlaag op het vloeistofoppervlak bestaat, kan He *nóg* eenvoudiger worden gedoseerd door He-gas aan de perslucht toe te voegen. Doe dit bijvoorbeeld via een meetstop in de luchtleiding, een condenswateraftapkraan of aan de inlaatzijde van de luchtcompressor.

De gewenste He-oververzadiging kan alleen worden verkregen als voldaan wordt aan de voorwaarde:

$$\frac{q_{\text{He}}}{q_{\text{lu}}} > 8 \cdot 10^{-6} \left(\frac{c_{\text{He,start}}}{c_{\text{sHe}}} - 1 \right) \quad (5)$$

2.2 Uitvoering van de metingen

2.2.1 Controleren, afregelen en ijken van de apparatuur

Schakel aan het begin van een werkdag waarop een of meer OC-bepalingen zullen worden uitgevoerd de diverse apparaten in en laat deze op temperatuur komen en zich stabiliseren.

Controleer daarna hun werking, regel de apparaten af en voer ijkingen uit volgens de door de leverancier gegeven voorschriften.

Bepaal vervolgens met de He-meter, nog voordat enig He is gedoseerd, de bij het beluchtingssysteem behorende He-verzadigingswaarde c_{sHe} (de werking van het beluch-

tingsproces in de voorafgaande uren of nacht is bepalend voor deze He-verzadigingswaarde).

2.2.2 Voorbereidende metingen

Sommige metingen kunnen worden uitgevoerd vóór de eigenlijke OC-bepalingen.

Bijvoorbeeld:

Bepaal hoe snel in een compleet gemengd systeem de menging verloopt. Voeg daartoe aan één zijde van het beluchtingsbassin in één keer vijftig à honderd liter geconcentreerde He-oplossing toe of doseer daar gedurende één of twee minuten He. Volg daarna het verloop van het He-gehalte aan de tegenoverliggende zijde van het beluchtingsbassin.

Ga aan de hand van het opgenomen vermogen na of oppervlaktebeluchters bij bepaalde indompeldiepten of toerentallen een onstabiele werking vertonen.

Bepaal bij een oxydatiesloot bij minimale, maximale en halve indompeling van de oppervlaktebeluchters en eventueel een aantal toerentallen de gemiddelde stroomsnelheid in het circuit. Zet de verkregen gegevens uit in een grafiek.

Meet de snelheid en de mate van veranderen van het He-gehalte in het retourslib tijdens en na een dosering van He in het beluchtingsbassin.

Dit is vooral van belang wanneer bij een grote beluchtingscapaciteit in een klein volume vloeistof, de He-oververzadiging zo snel afneemt dat het meten ervan niet kan worden onderbroken om enkele malen gedurende korte tijd het He-gehalte in het retourslib te meten.

2.2.3 Doseren van He

Start het doseren van He, nadat de gewenste bedrijfscondities aanwezig zijn, of zijn ingesteld en verwacht mag worden dat deze tijdens de meetprocedure niet of maar weinig zullen veranderen.

Doseer He totdat de oververzadiging aan He in de beluchte vloeistof wat groter (tot circa 25%) is dan de He-oververzadiging ($c_{\text{He,start}} - c_{\text{sHe}}$) waarbij men de OC-bepaling wil beginnen. Neem die extra dosering ook weer niet te groot om te voorkomen dat tijdens de OC-bepaling op een bepaald moment de He-oververzadiging in het retourslib meer dan driemaal zo groot is dan in het beluchte actief-slibmengsel.

Doseer in een circuit met propstroming minstens gedurende een tijd waarin de circuitvloeistof éénmaal of nog beter tweemaal het circuit is rondgegaan.

Ga bij het kiezen van $c_{\text{He,start}}$ uit van de gevoeligheid van de He-meter. De nauwkeurigheid van de meting is in het algemeen groter naarmate in een minder gevoelig meetbereik wordt gemeten. Neem $c_{\text{He,start}}$ niet groter dan ongeveer 1000 c_{sHe} . Bij

meten in het gevoeligste meetbereik is met He-doseerapparatuur met een gegeven capaciteit de beluchtingscapaciteit die maximaal nog is te meten evenwel het grootst. Neem $(c_{\text{He,start}} - c_{\text{sHe}})$ minstens gelijk aan c_{sHe} en bij voorkeur niet kleiner dan drie- tot vijfmaal c_{sHe} .

Zorg dat tijdens de OC-meting uit de He-doseerapparatuur, bijvoorbeeld door weglekken van in leidingen en slangen achtergebleven He-oplossing geen extra He in de beluchte vloeistof, terecht kan komen.

2.2.4 Meten van de OC-relevante parameters

Stel, na het stoppen van de He-dosering, de recorder op een zodanige papiersnelheid in, dat verwacht mag worden dat het papier 20 à 30 cm zal zijn opgeschoven wanneer de He-oververzadiging vanaf $(c_{\text{He,start}} - c_{\text{sHe}})$ met een factor tien is gedaald.

Schakel vóór, in en na die meetperiode enkele malen, gedurende bijvoorbeeld een minuut, over op meten van de He-oververzadiging in het retourslib.

Zet, wanneer de He-oververzadiging met een factor tien is afgenomen en de He-meter nog over een tienmaal gevoeliger meetbereik beschikt, de meting in dat gevoeliger bereik voort. De He-oververzadiging in het retourslib mag daarbij echter niet groter zijn dan enkele malen de He-oververzadiging in het beluchte actief-slibmengsel. Meet gedurende het dalen van de He-oververzadiging, een of enkele malen of continu de andere voor de OC-bepaling relevante parameters (zie de opgestelde lijst van handelingen van 2.1.2 en 2.1.3).

3. DE BEREKENING VAN DE OC

3.1 Bewerken van de OC-relevante parameters

De waarde van sommige OC-relevante parameters wordt bij het meten verkregen in een vorm die direct gebruikt kan worden bij OC-berekeningen (bijvoorbeeld c_{sHe} , c_{He} , de temperatuur).

Bereken de waarde van de overige OC-relevante parameters uit door meting of op andere wijze verkregen gegevens (bijvoorbeeld V , q_{rw} , q_{rs}).

In sommige gevallen moet de waarde worden geschat (bijvoorbeeld het volume van de beluchttingszone bij een oppervlaktebeluchter).

De volgende punten zijn nog van belang.

De He-gehalten en He-oververzadigingen in de beluchte vloeistof en in het retourslib kunnen worden aangegeven in schaaldelen van de He-meter of in lengte-eenheden van de grafiek.

Voor beide gehalten moeten dezelfde eenheden worden gebruikt.

Door de kortdurende in het retourslib uitgevoerde metingen ontbreken kleine gedeelten van de curve van de He-gehalten in de beluchte vloeistof. Maak de curve door interpoleren compleet.

Het verloop van het He-gehalte in het retourslib is slechts op een beperkt aantal tijdstippen gemeten. Maak, uitgaande van die punten, door interpoleren en schatten een continu verlopende curve. Dit is uiteraard niet nodig als bij een grote volumieke beluchttingscapaciteit het verloop van het He-gehalte in het retourslib onder gelijke bedrijfscondities in een aparte meting is bepaald (zie 2.2.2).

Breng tijdcorrecties aan wanneer de looptijden in de beide bemonsterleidingen in belangrijke mate verschillen en wanneer de He-gehaltemetingen in het retourslib niet bij het toevoerpunt van het retourslib in het beluchtingssysteem, maar op enige afstand daarvan in de toevoerleiding zijn gemeten.

De bovengenoemde opmerkingen over de He-gehalten gelden in het algemeen ook wanneer in een mengsel van retourslib en rioolwater of in een voorafgaande zuiveringstrap wordt gemeten.

Bereken het volume V van de beluchte vloeistof uit de gemeten vloeistofdiepte en de vorm en afmetingen van het beluchttingsbassin. Deze afmetingen worden aan de bouw- of constructietekening ontleend of door opmeten vastgesteld; corrigeer daarbij voor het volume dat door eventuele slibafzettingen in het beluchttingsbassin wordt ingenomen.

Bereken de oppervlaktespanning $\sigma_{20^{\circ}\text{C}}$ van het beluchte actief-slibmengsel uit de bij t_C gemeten waarde met de vergelijking:

$$\sigma_{20^{\circ}\text{C}} = \sigma_{t_C} \cdot \frac{0,0728}{\sigma_{t_C, \text{water}}} \quad (6)$$

Daarin is $\sigma_{t_C, \text{water}}$ de aan een handboek ontleende oppervlaktespanning (in $\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$) van zuiver water bij de temperatuur t_C .

Gebruik voor Δp de waarden van eventueel vroeger, volgens de sulfietreeratiemethode uitgevoerde reinwatermetingen.

Neem anders voor oppervlaktebeluchters $\Delta p = 0$; en voor een bellenbeluchtingssysteem, waarbij de vloeistofhoogte boven de luchtdispergeerelementen H (m) bedraagt bijvoorbeeld:

$$\Delta p = 4,53 \cdot H \quad (\text{kPa}) \quad (7)$$

3.2 Grootheden die bij de OC-berekening zijn betrokken

In de vergelijkingen voor het berekenen van de OC komen grootheden voor die een functie zijn van de OC-relevante parameters uit 3.1.

De functies worden hieronder gegeven. Voer deze functies als zodanig in de eindformules in of gebruik de voor die grootheden berekende waarden.

$$\bullet \quad \frac{K_{L, \text{He}}}{K_{L, \text{O}_2}} = 1,9 \cdot 0,9944 {}^t\text{C} \quad (8)$$

Voor (rein-)water, waarvan $\sigma_{20^{\circ}\text{C}} \geq 0,0723 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$.

$$\bullet \quad \frac{K_{L, \text{He}}}{K_{L, \text{O}_2}} = 1,034 \cdot 1,9 \cdot 0,9944 {}^t\text{C} \quad (9)$$

Voor vloeistof met zeer weinig oppervlakte-actieve stoffen, waarvan $0,0723 > \sigma_{20^{\circ}\text{C}} > 0,0718 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$.

$$\bullet \quad \frac{K_{L, \text{He}}}{K_{L, \text{O}_2}} = (1,33 - 3,59 \cdot \sigma_{20^{\circ}\text{C}}) \cdot 1,9 \cdot 0,9944 {}^t\text{C} \quad (10)$$

Voor vloeistof met oppervlakte-actieve stoffen, waarvan $\sigma_{20^{\circ}\text{C}} \leq 0,0718 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$.

$$\bullet \quad B\mu_{\text{He}} = \frac{0,007}{1 + 0,0062 \cdot t_C} + 0,00237 \quad (11)$$

$$\bullet \quad Bu_{O_2} = \frac{0,0445}{1 + 0,0343 \cdot t_C} + 0,0043 \quad (12)$$

$$\bullet \quad q_{L,O_2} = \frac{101,3 \cdot q_{lu}}{Bu_{O_2} (p_{amb} + \Delta p)} \quad (13)$$

$$\bullet \quad q_{L,He} = q_{L,O_2} \cdot \frac{Bu_{O_2}}{Bu_{He}} \quad (14)$$

3.3 Vergelijkingen voor de berekening van de OC

3.3.1 Berekening van k_{He}

3.3.1.1 Berekening van k_{He} voor een beluchtingssysteem met complete menging

Ga uit van de tijdstippen t_b en t_e . Kies deze zo dat tussen t_b en t_e de beluchtingscondities weinig of nagenoeg niet veranderen en de He-oververzadiging in de beluchte vloeistof bij voorkeur met een factor drie of meer is afgenomen; met aan het eind slechts een kleine He-oververzadiging wordt de meetfout echter relatief groot.

Bereken de tijdconstante $tg\alpha_{He}$ van het beluchtingssysteem uit de He-gehalten in de bassin-vloeistof volgens de vergelijking:

$$tg\alpha_{He} = \frac{\log(c_{He,t_b} - c_{sHe}) - \log(c_{He,t_e} - c_{sHe})}{t_e - t_b} \quad (15)$$

Bereken de correctieterm voor gescheiden toevoer van rioolwater en retourslib met een He-oververzadiging door numerieke integratie van de volgende integraal

$$corr.rw,rs,He = \frac{1}{t_e - t_b} \int_{t_b}^{t_e} \left\{ q_{rw} + q_{rs} \left(1 - \frac{c_{rs,He,t} - c_{sHe}}{c_{He,t} - c_{sHe}} \right) \right\} dt \quad (16)$$

Gebruik bij toevoer van een mengsel van rioolwater en retourslib met een oververzadiging aan He de integraal:

$$corr.rw,rs,He = \frac{1}{t_e - t_b} \int_{t_b}^{t_e} (q_{rw} + q_{rs}) \left(1 - \frac{c_{rs+rw,He,t} - c_{sHe}}{c_{He,t} - c_{sHe}} \right) dt \quad (17)$$

Gaat het om het bepalen van de OC van de tweede of volgende trap van een meertrapszuiveringssysteem gebruik dan ook vergelijking 17 voor de berekening van de correctieterm maar vervang $c_{rs+rw,He}$ door het He-gehalte in de vloeistof van de trap die voorafgaat aan de onderzochte trap.

Bereken vervolgens de He-overdrachtsconstante met de vergelijking:

$$k_{He} = \ln 10 \cdot tg \alpha_{He} V - corr.rw,rs,He \quad (18)$$

3.3.1.2 Berekening van k_{He} voor een circuit met propstroming en beluchting met n horizontale-as-beluchters (oxydatiesloot)

Er wordt op n , vrij gelijkmatig over de circuitlengte verspreid gelegen plaatsen belucht met dwars over het circuit geplaatste beluchters. Zowel q_{rw} als q_{rs} moet kleiner zijn dan $0,1 V/T$.

- Uitgangspunten voor de berekening zijn:
 - De tussen t_b en t_e bij de He-meetplaats gemeten He-gehalten in de circuitvloeistof.
 - De tussen t_b en t_e in het toegevoerde retourslib gemeten He-gehalten.
- Kies daarbij t_b en t_e zo dat:
 - * $t_e - t_b$ groter is dan $2T$;
 - * in die periode de He-oververzadiging in de circuitvloeistof bij voorkeur met een factor drie of meer is afgenomen; met aan het eind slechts een kleine He-oververzadiging wordt de meetfout echter relatief groot;
 - * in die periode de bedrijfscondities zoveel mogelijk constant zijn gebleven;
 - * de veranderingen in de beluchtingscapaciteit in die periode en bovendien de onderlinge verschillen in de beluchtingscapaciteiten van de beluchters niet meer dan 10 à 20% bedragen;
 - in die periode op dezelfde tijd de He-oververzadiging in het retourslib steeds kleiner is dan driemaal de He-oververzadiging in de circuitvloeistof.
- Bepaal, volgens de in 3.3.1.5 gegeven aanwijzingen of het gaat om Situatie I of II.
- Bepaal, volgens de aanwijzingen in 3.3.1.5 de debieten circuitvloeistof.
- Bereken $tg \alpha_{He}$ volgens de aanwijzingen in 3.3.1.5.
- Bepaal volgens de aanwijzingen in 3.3.1.5 de correctie die wegens de toevoer van rioolwater en retourslib moet worden aangebracht.

Als in het circuitgedeelte RS, gelegen benedenstrooms van de He-meetplaats tot aan de toevoerplaats van retourslib, wordt belucht bepaal dan:

- n_{RS} , het aantal plaatsen met beluchters in het circuitgedeelte RS .
- $\sum_{n_{RS}} q_A$ de som van de debieten circuitvloeistof die ter plaatse van de in het circuitgedeelte RS voorkomende beluchters de dwarsdoorsneden van het circuit passeren.
- Door schatting, bijvoorbeeld uit verschillen in beluchterindompeldiepten of opgenomen vermogens, de fractie a_{RS} van de gehele beluchttingscapaciteit, die zich in het circuitgedeelte RS bevindt. Hebben alle beluchters in het circuit een gelijke beluchttingscapaciteit dan geldt: $a_{RS} = n_{RS}/n$.

Ga voor de in de correctievergelijking voorkomende factor κ uit van de vergelijking:

$$\kappa = \left(1 - \frac{a_{RS} k_{He}}{\sum_{nRS} q_A} \right)^{-nRS} \quad (19)$$

- Bepaal $\sum_n q_A$, de som van de debieten circuitvloestof die ter plaatse van de n beluchters de dwarsdoorsneden van het circuit passeren.
- Bereken daarna de gezamenlijke He-overdrachtsconstante van de n beluchters met de vergelijking:

$$k_{He} = \sum_n q_A \cdot \left\{ 1 - 10^{-1/n (T \cdot tg\alpha_{He} + corr. rw,rs,He)} \right\} \quad (20)$$

3.3.1.3 Berekening van k_{He} voor een circuit met propstroming en bellenbeluchting

Het gaat hierbij om het principe van bellenbeluchting in horizontaal stromend water. De perslucht moet nagenoeg gelijkmatig worden gedispergeerd over de bodem van het hele circuit of van één circuitgedeelte of van een aantal vrijwel gelijke circuitgedeelten.

q_{rw} en q_{rs} moeten elk kleiner zijn dan $0,1 \frac{V}{T}$

- Uitgangspunten voor de berekening zijn:
 - De tussen t_b en t_e bij de He-metplaats gemeten He-gehalten in de circuitvloestof.
 - De tussen t_b en t_e in het toegevoerde retourslib gemeten He-gehalten.
 - Kies daarbij t_b en t_e zo dat:
 - * $t_b - t_e$ groter is dan $2T$;
 - * in die periode de He-oververzadiging in de circuitvloestof bij voorkeur met een factor drie of meer is afgenomen; met aan het eind slechts een kleine He-oververzadiging wordt de meetfout echter relatief groot;
 - * in die periode de bedrijfscondities zoveel mogelijk constant zijn gebleven;
 - * in die periode op dezelfde tijd de He-oververzadiging in het retourslib steeds kleiner is dan driemaal de He-oververzadiging in de circuitvloestof.
 - Bepaal, volgens de in 3.3.1.5 gegeven aanwijzingen of het gaat om Situatie I of II.
 - Bepaal, volgens de aanwijzingen in 3.3.1.5, de debieten circuitvloestof.
 - Schat, bijvoorbeeld uit het aantal luchtdispergeerelementen of uit de debieten van de toegevoerde perslucht, de fracties a_1 , a_2 en a_3 van de gehele beluchtingscapaciteit, die zich bevinden in respectievelijk de circuitgedeelten 1, 2 en 3 (er geldt dus $a_1 + a_2 + a_3 = 1$).
 - Bepaal $tg\alpha_{He}$ volgens de aanwijzingen in 3.3.1.5.
 - Bepaal, volgens de aanwijzingen in 3.3.1.5, de correctie die voor de toevoer van rioolwater en retourslib moet worden aangebracht.
- Als in het circuitgedeelte RS, gelegen benedenstrooms van de He-metplaats tot aan de toevoerplaats van retourslib, wordt belucht bepaal dan:

- Welk van de debieten q_1 , q_2 of q_3 in het circuitgedeelte RS voorkomen en over welke gedeelten.
- Door schatting, bijvoorbeeld uit het aantal luchtdispergeerelementen of uit het debiet van de toegevoerde perslucht, de fractie van de hele beluchttingscapaciteit die aanwezig is in elk van de gedeelten van circuitgedeelte RS waar eenzelfde debiet actief-slibmengsel passeert. Dat kunnen één of meer van de eerder genoemde fracties a_1 , a_2 of a_3 in hun geheel zijn, maar ook van één ervan slechts een gedeelte. Schat dit gedeelte dan als fractie a' van de gehele beluchttingscapaciteit.
- Voor elk gedeelte van RS waar eenzelfde debiet circuitvloeistof passeert het quotiënt van de geschatte fractie van de beluchting en het passerende debiet circuitvloeistof.
- De som van die quotiënten, $\sum_{RS} a'/q$, voor het circuitgedeelte RS.

Ga voor de in de correctievergelijking voorkomende factor κ uit van de vergelijking:

$$\kappa = e^{\sum_{RS} a'/q \cdot k_{He}} \quad (21)$$

- Bereken de He-overdrachtsconstante van het bellenbeluchttingsproces in het hele circuit met de vergelijking:

$$k_{He} = \frac{\ln 10}{(a_1/q_1 + a_2/q_2 + a_3/q_3)} (T \cdot tg \alpha_{He} + corr.rw,rs,He) \quad (22)$$

3.3.1.4 Berekening van k_{He} voor een Schreiberinstallatie

Het gaat om het principe van bellenbeluchting in horizontaal stromend water. De luchtdispergeerelementen worden in één of een aantal ongeveer gelijke groepen, op enige afstand van de bodem van het circuit, in dezelfde richting als, maar met een grotere snelheid dan de circuitvloeistof bewogen.

Daarnaast kan ook nog belucht worden via luchtdispergeerelementen die vrij gelijkmatig verdeeld over de bodem van het hele circuit of van één of van meerdere ongeveer gelijke circuitgedeelten vast zijn opgesteld.

q_{rw} en q_{rs} moeten elk kleiner zijn dan $0,1V/T$.

- Uitgangspunten voor de berekening zijn:
 - De tussen t_b en t_e bij de He-metplaats gemeten He-gehalten in de circuitvloeistof.
 - De tussen t_b en t_e in het toegevoerde retourslib gemeten He-gehalten.

Kies daarbij t_b en t_e zo dat:

- * $t_e - t_b$ groter is dan $2T$ en gelijk is aan T plus een geheel aantal malen T_B ;

- * in die periode de He-oververzadiging in de circuitvloeistof bij voorkeur met een factor drie of meer is afgenomen; met aan het eind slechts een kleine He-oververzadiging wordt de meetfout echter relatief groot;
 - * in die periode de bedrijfscondities zoveel mogelijk constant zijn gebleven;
 - * in die periode op dezelfde tijd de He-oververzadiging in het retourslib steeds kleiner is dan driemaal de He-oververzadiging in de circuitvloeistof.
- Bepaal, volgens de in 3.3.1.5 gegeven aanwijzingen, of het gaat om situatie I of II.
 - Bepaal, volgens de aanwijzingen in 3.3.1.5, de debieten circuitvloeistof.
 - Schat, bijvoorbeeld uit de aantallen luchtdispergeerelementen of uit de debieten van de toegevoerde perslucht de fracties a_1 , a_2 en a_3 van de hele beluchtingscapaciteit, die via de stationaire elementen worden geleverd in respectievelijk de circuitgedeelten 1, 2 en 3, en de fractie a_4 van de hele beluchtingscapaciteit, die wordt geleverd via de met de brug door het circuit bewogen elementen. (Er geldt dus $a_1 + a_2 + a_3 + a_4 = 1$).
- Breng de invloed van een verschil in waterhoogte boven de stationaire en de niet-stationaire beluchtingselementen evenredig met dat verschil in rekening.
- Bepaal $tg\alpha_{He}$ volgens de aanwijzingen in 3.3.1.5.
 - Bepaal, volgens de aanwijzingen in 3.3.1.5, de correctie die voor de toevoer van rioolwater en retourslib moet worden aangebracht. Als in het circuitgedeelte RS, gelegen benedenstrooms van de He-meetplaats tot aan de toevoerplaats van retourslib, wordt belucht via stationaire luchtdispergeerelementen bepaal dan:
 - Welk van de debieten q_1 , q_2 of q_3 in het circuitgedeelte RS voorkomen en over welke gedeelten.
 - Door schatting, bijvoorbeeld uit de aantallen luchtdispergeerelementen of uit de debieten van de toegevoerde perslucht de fractie van de hele beluchtingscapaciteit, die via de stationaire elementen wordt geleverd in elk van de gedeelten van circuitgedeelte RS waar eenzelfde debiet actief-slibmengsel passeert. Dat kunnen één of meer van de hiervoor genoemde fracties a_1 , a_2 of a_3 in hun geheel zijn, maar ook van één ervan slechts een gedeelte. Schat dit gedeelte dan als fractie a' van de hele beluchtingscapaciteit.
 - Voor elk gedeelte van RS waar eenzelfde debiet actief-slibmengsel passeert het quotiënt van de (door vast opgestelde luchtdispergeerelementen geleverde) geschatte fractie beluchtingscapaciteit en het passerende debiet actief-slibmengsel.
 - De som van die quotiënten, $\sum_{RS} a'/q$, voor het circuitgedeelte RS.

Ga voor de in de correctievergelijking voorkomende factor κ uit van de vergelijking:

$$\kappa = e^{\left(\sum_{RS} a'/q + a_4 \frac{\Delta T_{RS}}{V} \right) k_{He}} \quad (23)$$

- Bereken de He-overdrachtsconstante van het bellenbeluchtingsproces in het hele circuit (van stationaire plus niet-stationaire luchtdispergeerelementen) met de vergelijking:

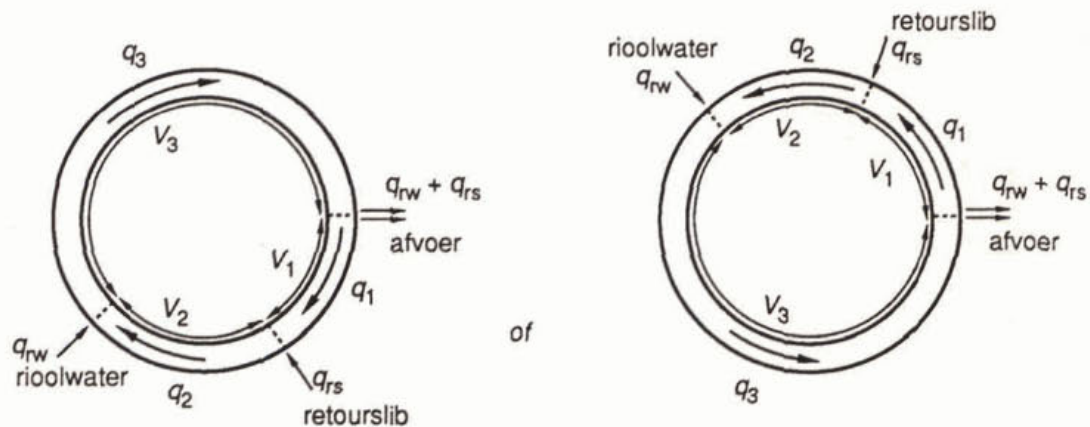
$$k_{He} = \frac{\ln 10}{(a_1/q_1 + a_2/q_2 + a_3/q_3 + a_4 T/V)} (T \cdot \text{tg} \alpha_{He} + \text{corr. rw, rs, He}) \quad (24)$$

3.3.1.5 Algemene aanwijzingen voor de berekening van k_{He} in circuits met propstroming (oxydatiesloot, bellenbeluchting met horizontale waterstroming, Schreiberinstallatie)

- Vaststellen van de volgorde van de toevoerplaatsen van rioolwater en retourslib en de afvoerplaats van actief-slibmengsel

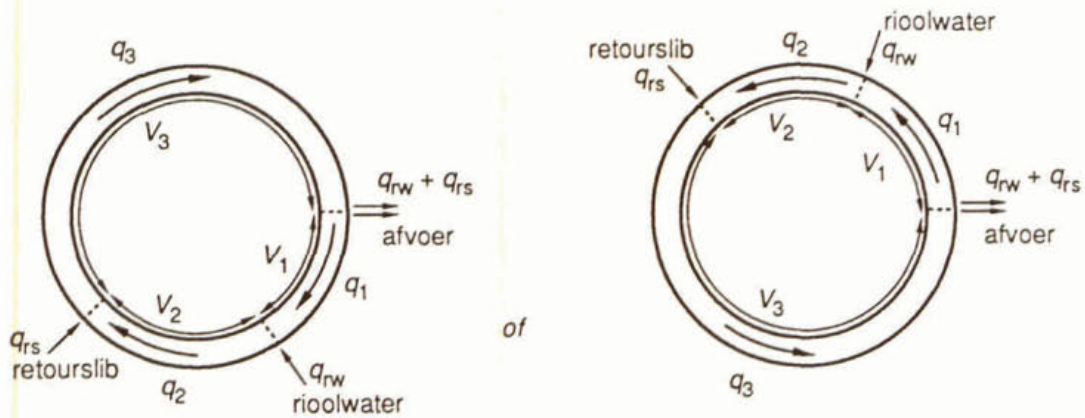
Situatie I

Benedenstrooms van de afvoer van circuitvloeistof eerst toevoer van retourslib, verderop pas de toevoer van rioolwater.



Situatie II

Benedenstrooms van de afvoer van circuitvloei­stof eerst de toevoer van rioolwater, verderop pas de toevoer van retourslib.



Deel ook een niet-cirkelvormig circuit naar Situatie I of II in.

Wordt in Situatie I het retourslib of in Situatie II het rioolwater op korte afstand benedenstrooms van de afvoerplaats van actief-slibmengsel toegevoerd dan is V_1 praktisch nul.

Worden rioolwater en retourslib op dezelfde of nagenoeg dezelfde plaats of gemengd toegevoerd dan kan geen onderscheid naar Situatie I of II worden gemaakt. Beschouw het dan als Situatie I. V_2 is dan (praktisch) nul en q_2 is niet van belang.

Worden zowel rioolwater als retourslib, al of niet gemengd, op korte afstand benedenstrooms van de afvoerplaats van actief-slibmengsel toegevoerd dan zijn V_1 en V_2 (praktisch) nul en is V_3 dus nagenoeg gelijk aan V .

Wordt geen rioolwater en/of retourslib toegevoerd neem dan bij de berekeningen eenvoudig $q_{rw} = 0$ en/of $q_{rs} = 0$.

- Het bepalen van de debieten actief-slibmengsel die in verschillende circuitgedeelten passeren.

Bereken, voorzover niet gemeten, de vloeistofdebieten in de verschillende circuitgedeelten via één of meer van de volgende formules:

$$T = \frac{V}{q_{\text{basis}}} = \frac{V_1}{q_1} + \frac{V_2}{q_2} + \frac{V_3}{q_3} \quad (25)$$

$$q_1 = q_3 - q_{rw} - q_{rs} \quad (26)$$

Voor Situatie I

$$q_3 = q_{\text{basis}} + \frac{V_1 + V_2}{V} q_{rw} + \frac{V_1}{V} q_{rs} \quad (27)$$

$$\text{en } q_2 = q_1 + q_{rs} \quad (28)$$

Voor Situatie II

$$q_3 = q_{\text{basis}} + \frac{V_1}{V} q_{rw} + \frac{V_1 + V_2}{V} q_{rs} \quad (29)$$

$$\text{en } q_2 = q_1 + q_{rw} \quad (30)$$

T en q_{basis} zijn bij een constant blijvende voortstuwing praktisch onafhankelijk van het al of niet toevoeren van rioolwater en retourslib (mits q_{rw} en q_{rs} beide kleiner zijn dan $0,1 q_{\text{basis}}$).

Zijn de debieten door niet te beïnvloeden variaties in de rioolwatertoevoer niet geheel constant, ga dan uit van gemiddelden over de tijd tussen t_b en t_e .

Bereken, als de He-gehalten in de circuitvloei-stof niet op korte afstand bovenstrooms van de plaats van toevoer van retourslib zijn gemeten, de tijd ΔT_{RS} die circuitvloei-stof nodig heeft om van de He-meetplaats naar de plaats van toevoer van retourslib te gaan.

- Bepaling van $tg \alpha_{He}$

Bereken door (numerieke) integratie tussen t_b en $(t_b + T)$ de gemiddelde waarde van $\log(c_{He} - c_{sHe})$ met de vergelijking:

$$\{\log(c_{He} - c_{sHe})\}_{\text{gem.,begin}} = \frac{1}{T} \int_{t_b}^{t_b + T} \{\log(c_{He} - c_{sHe})\} dt \quad (34)$$

Doe hetzelfde voor de periode tussen $(t_e - T)$ en t_e met de vergelijking:

$$\{\log(c_{He} - c_{sHe})\}_{\text{gem.,eind}} = \frac{1}{T} \int_{t_e - T}^{t_e} \{\log(c_{He} - c_{sHe})\} dt \quad (35)$$

Bereken:

$$tg \alpha_{He} = \frac{\{\log(c_{He} - c_{sHe})\}_{\text{gem.,begin}} - \{\log(c_{He} - c_{sHe})\}_{\text{gem.,eind}}}{t_e - t_b - T} \quad (36)$$

- Correctie voor de toevoer van rioolwater en al of niet met He oververzadigd retourslib

Bereken, afhankelijk van de circuitsituatie en de He-meetplaats in het circuit, de correctieterm voor de toevoer van rioolwater en retourslib volgens een van de drie vergelijkingen die in de volgende tabel worden weergegeven.

Circuit-situatie	He-meet-punt in:	$corr.rw,rs,He$
	V_2	$\frac{1}{t_e - t_b - T} \int_{t_b}^{t_e - T} \left\{ \log \left(\frac{q_1}{q_3} + \frac{q_{rs}}{q_2} \frac{c_{rs,He,t+\Delta T_{RS}} - c_{sHe}}{c_{He,t} - c_{sHe}} \kappa \right) \right\} dt$
I	V_1	
	V_3	
	V_1	$\frac{1}{t_e - t_b - T} \int_{t_b}^{t_e - T} \left\{ \log \left(\frac{q_1}{q_3} + \frac{q_{rs}}{q_3} \frac{c_{rs,He,t+\Delta T_{RS}} - c_{sHe}}{c_{He,t} - c_{sHe}} \kappa \right) \right\} dt$
	V_3	
II	V_2	$\frac{1}{t_e - t_b - T} \int_{t_b}^{t_e - T} \left\{ \log \left(\frac{q_1}{q_3} + \frac{q_{rs}}{q_3} \frac{q_1}{q_2} \frac{c_{rs,He,t+\Delta T_{RS}} - c_{sHe}}{c_{He,t} - c_{sHe}} \kappa \right) \right\} dt$

Correctieterm wegens toevoer van rioolwater en retourslib naar een circuit met propstrooming.

Als rioolwater en retourslib gemengd worden toegevoerd en de He-oververzadiging is gemeten in het mengsel, gebruik dan de tweede vergelijking uit de tabel en vervang daarin q_{rs} door $(q_{rw} + q_{rs})$ en $c_{rs,He,t+\Delta T_{RS}}$ door $c_{rw+rs,He,t+\Delta T_{RS}}$.

κ is een functie van de beluchtingscapaciteit en de debieten circuitvloeistof in het circuitgedeelte RS, dat zich bevindt benedenstrooms van de He-meetplaats tot aan de toevoerplaats van retourslib. Bovendien hangt κ af van het soort beluchtingsproces zodat de vergelijking ervoor bij de verschillende circuits afzonderlijk wordt gegeven.

Is in genoemd circuitgedeelte geen beluchting aanwezig dan geldt: $\kappa = 1$.
Is er wel beluchting dan is κ groter dan 1. In dat geval echter moeten *corr.rw,rs,He* en k_{He} te zamen iteratief worden berekend waarbij wordt begonnen met een geschatte waarde voor k_{He} of met *corr.rw,rs,He* gelijk aan nul te nemen.

3.3.2 Berekening van k_{O_2} uit k_{He}

3.3.2.1 Berekening van k_{O_2} voor een compleet gemengd beluchtingssysteem met oppervlaktebeluchters

De hieronder gegeven formules gelden onder de voorwaarden dat $\sum_n V_A$ vrij klein is ten opzichte van V en dat k_{He} enkele malen kleiner is dan $\sum_n q_w$.

- Indien $\sum_n q_w$, de som van de debieten vloeistof die door de beluchters worden "verpompt", gemeten is, bereken dan de beluchttingsconstante met de vergelijking:

$$k_{O_2} = \frac{k_{He}}{\frac{K_{L,He}}{K_{L,O_2}} - \left(\frac{K_{L,He}}{K_{L,O_2}} - 1 \right) \left(1 - \frac{\sum_n V_A}{V} \right) \frac{k_{He}}{\sum_n q_w}} \quad (37)$$

$\sum_n V_A$ is het gezamenlijke volume vloeistof aanwezig in de zones met een lucht-vloeistof mengsel waar de gasoverdracht plaatsvindt.

De gasoverdracht vindt voornamelijk plaats in de zeer directe nabijheid van de beluchter. $\sum_n V_A$ zal daarom in het algemeen kleiner zijn dan $0,1V$ zodat voor $\sum_n V_A/V$ eventueel $0,05$ als gemiddelde waarde kan worden ingevuld.

- Indien $\frac{c_{sO_2} - c_{sO_2,uit}}{c_{sO_2} - c_{sO_2,in}}$, de verhouding van de zuurstofdeficieten in het de beluchttingszone in en uit stromende actief-slibmengsel gemeten is, bereken dan de beluchttingsconstante met de vergelijking:

$$k_{O_2} = k_{He} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{K_{L,O_2}}{K_{L,He}} \right) \frac{c_{sO_2} - c_{O_2,uit}}{c_{sO_2} - c_{O_2,in}} \right\} \quad (38)$$

- Indien het gaat om "open" puntbeluchters – min of meer conische platen met daarop strippen of ribbels – waar $(1 - \sum_n V_A/V)$ circa 0,125 is - bereken dan de beluchtingsconstante met de vergelijking:

$$k_{O_2} = \frac{k_{He}}{0,875 \frac{K_{L,He}}{K_{L,O_2}} + 0,125} \quad (39)$$

- 3.3.2.2 Berekening van k_{O_2} voor een compleet gemengd systeem met beluchting via opstijgende luchtbellen

$$k_{O_2} = q_{L,O_2} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{k_{He}}{q_{L,He}} \right) \frac{K_{L,O_2}}{K_{L,He}} \cdot \frac{Bu_{O_2}}{Bu_{He}} \right\} \quad (40)$$

Als $\frac{k_{He}}{q_{L,He}} < 0,15$ kan ook gebruikt worden:

$$k_{O_2} = k_{He} \frac{K_{L,O_2}}{K_{L,He}} \left\{ 1 - 0,5 \cdot \frac{k_{He}}{q_{L,He}} \cdot \left(\frac{K_{L,O_2}}{K_{L,He}} \cdot \frac{Bu_{O_2}}{Bu_{He}} - 1 \right) \right\} \quad (41)$$

- 3.3.2.3 Berekening van k_{O_2} voor een compleet gemengd systeem waarin zowel belucht wordt met één of meer oppervlaktebeluchters als met een systeem met opstijgende luchtbellen

Schat de verhouding van de gezamenlijke capaciteit van de oppervlaktebeluchters ten opzichte van die van de beluchting via het luchtbellensysteem.

Of, laat beide systemen afzonderlijk werken en bepaal van elk de He-overdrachtsconstante en bereken daaruit een verhouding.

Splits de He-overdrachtsconstante van de gezamenlijk werkende systemen, die volgens 3.3.1.1 is berekend, op basis van de hiervoor genoemde geschatte of gemeten verhouding in een deel $k_{He,1}$ en een deel $k_{He,2}$ die worden toegedacht aan respectievelijk de oppervlaktebeluchters en de bellenbeluchting.

Bereken $k_{O_2,1}$ van de oppervlaktebeluchters uit $k_{He,1}$ volgens 3.3.2.1 en $k_{O_2,2}$ van de bellenbeluchting uit $k_{He,2}$ volgens 3.3.2.2.

3.3.2.4 Berekening van k_{O_2} voor een circuit met propstroming met een of meer om een horizontale as draaiende beluchters (rotoren in een oxydatiesloot)

Op n plaatsen wordt in het circuit belucht.

Bereken de gezamenlijke beluchttingsconstante met de vergelijking:

$$k_{O_2} = \frac{k_{He}}{\frac{K_{L,He}}{K_{L,O_2}} - \left(\frac{K_{L,He}}{K_{L,O_2}} - 1\right) \left(1 - \frac{nV_A}{V}\right) \frac{k_{He}}{\sum_n q_A}} \quad (42)$$

V_A is het volume actief-slibmengsel bij elke beluchter aanwezig in de vrij kleine zone waar de gasoverdracht hoofdzakelijk plaatsvindt. Schat aan de hand van de rotorlengte en het bellenpatroon V_A zo goed mogelijk.

nV_A zal in het algemeen kleiner zijn dan 0,1 V , zodat voor $\frac{nV_A}{V}$ eventueel 0,05 als gemiddelde waarde kan worden ingevuld.

$\sum_n q_A$ is de in 3.3.1.2 berekende som van de debieten actief-slibmengsel die ter plaatse van de beluchters door de dwarsdoorsneden van het circuit passeren.

3.3.2.5 Berekening van k_{O_2} voor een circuit met propstroming en beluchting door opstijgende luchtbellen

Bereken op basis van n , het aantal afzonderlijke, ongeveer gelijke circuitgedeelten (elk met een volume van ongeveer V_A), waarin de luchtdispergeerelementen zijn aangebracht, en de reeds bij de berekening van k_{He} gebruikte verhoudingen $\frac{a_1}{q_1}$, $\frac{a_2}{q_2}$ en $\frac{a_3}{q_3}$ de O_2 -overdrachtsconstante uit k_{He} met de vergelijkingen:

$$Z = \left(\frac{a_1}{q_1} + \frac{a_2}{q_2} + \frac{a_3}{q_3}\right) \frac{q_{L,O_2}}{n} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{k_{He}}{q_{L,He}}\right) \frac{K_{L,O_2}}{K_{L,He}} \cdot \frac{Bu_{O_2}}{Bu_{He}} \right\} \quad (43)$$

en

$$k_{O_2} = \frac{n \cdot Z}{\left(\frac{a_1}{q_1} + \frac{a_2}{q_2} + \frac{a_3}{q_3}\right) \left\{ \frac{nV_A}{V} + \left(1 - \frac{nV_A}{V}\right) \frac{Z}{1 - e^{-Z}} \right\}} \quad (44)$$

Als $\frac{k_{He}}{q_{L,He}} < 0,15$ kan ook gebruikt worden:

$$Z = \left(\frac{a_1}{q_1} + \frac{a_2}{q_2} + \frac{a_3}{q_3} \right) \frac{k_{\text{He}}}{n} \cdot \frac{K_{\text{L},\text{O}_2}}{K_{\text{L},\text{He}}} \cdot \left\{ 1 - 0,5 \frac{k_{\text{He}}}{q_{\text{L},\text{He}}} \left(\frac{K_{\text{L},\text{O}_2}}{K_{\text{L},\text{He}}} \cdot \frac{B\mu_{\text{O}_2}}{B\mu_{\text{He}}} - 1 \right) \right\} \quad (45)$$

3.3.2.6 Berekening van k_{O_2} voor een Schreiberinstallatie

Bereken de O_2 -overdrachtsconstante voor de gehele installatie uit k_{He} , n , V_{A} , m , V_{B} , q_{L,O_2} , $q_{\text{L},\text{He}}$ en de in 3.3.1.4 bij de berekening van k_{He} reeds gebruikte waarden voor q_1 , q_2 , q_3 , T , T_{B} , a_1 , a_2 , a_3 en a_4 met de vergelijkingen:

$$\bullet \quad \frac{V_{\text{A,gem.}}}{V} = \frac{nV_{\text{A}}}{V} (a_1 + a_2 + a_3) + \frac{mV_{\text{B}}}{V} a_4 \quad (46)$$

$$\bullet \quad a = \left[1 + \frac{5 \cdot \left\{ \left(\frac{nV_{\text{A}}}{V} \right)^2 - \left(\frac{mV_{\text{B}}}{V} \right)^2 \right\} \cdot a_4}{\left\{ \left(\frac{nV_{\text{A}}}{V} \right)^2 - \left(\frac{mV_{\text{B}}}{V} \right)^2 \right\}^2 - 2,5 \left\{ \left(\frac{nV_{\text{A}}}{V} \right)^2 - \left(\frac{mV_{\text{B}}}{V} \right)^2 \right\} + 1,5625} \right]^{-1} \quad (47)$$

$$\bullet \quad \frac{1}{q_{\text{gem.}}} = \frac{1}{n} \left(\frac{a_1}{q_1} + \frac{a_2}{q_2} + \frac{a_3}{q_3} \right) a + \frac{1}{m} \cdot \frac{1}{V/T_{\text{B}} - V/T} \cdot \left\{ 1 - (a_1 + a_2 + a_3) a \right\} \quad (48)$$

$$\bullet \quad Z = \frac{1}{q_{\text{gem.}}} q_{\text{L},\text{O}_2} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{k_{\text{He}}}{q_{\text{L},\text{He}}} \right) \frac{K_{\text{L},\text{O}_2}}{K_{\text{L},\text{He}}} \cdot \frac{B\mu_{\text{O}_2}}{B\mu_{\text{He}}} \right\} \quad (49)$$

$$\bullet \quad k_{\text{O}_2} = \frac{q_{\text{gem.}} \cdot Z}{\frac{V_{\text{A,gem.}}}{V} + \left(1 - \frac{V_{\text{A,gem.}}}{V} \right) \cdot \frac{Z}{1 - e^{-Z}}} \quad (50)$$

Als $\frac{k_{\text{He}}}{q_{\text{L},\text{He}}} < 0,15$ kan ook gebruikt worden:

$$Z = \frac{k_{\text{He}}}{q_{\text{gem}}} \cdot \frac{K_{\text{L},\text{O}_2}}{K_{\text{L},\text{He}}} \cdot \left\{ 1 - 0,5 \frac{k_{\text{He}}}{q_{\text{L},\text{He}}} \left(\frac{K_{\text{L},\text{O}_2}}{K_{\text{L},\text{He}}} \cdot \frac{Bu_{\text{O}_2}}{Bu_{\text{He}}} - 1 \right) \right\} \quad (51)$$

3.3.3 Berekening van de standaard OC

Bereken de OC van het beluchtingssysteem voor standaardcondities (temperatuur van de beluchte vloeistof 10°C, atmosferische luchtdruk 101,3 kPa) met de vergelijking:

$$OC_{\text{standaard}} = k_{\text{O}_2} \cdot 1,019^{(10-t_C)} \cdot 11,3 \cdot (1 + 0,01 \cdot \Delta p) \quad (52)$$

In het bijzondere geval dat beschreven is in 3.3.2.3 moet de berekening van de OC afzonderlijk worden uitgevoerd voor elk van de berekende beluchtungsconstanten. Sommeer daarna de beide berekende OC's om de standaard-OC voor dit beluchtingssysteem te verkrijgen.

In de berekening van de OC wordt ervan uitgegaan dat de O₂-verzadigingswaarde in het actief-slibmengsel nagenoeg gelijk is aan die van zuiver water, dat wil zeggen, dat de β-factor één is.

Is dat niet het geval vermenigvuldig de uitkomst dan nog met de β-factor.

In vergelijking 52 is ook nog geen rekening gehouden met een eventuele invloed die een verandering van de atmosferische luchtdruk heeft op k_{O₂}. Aangenomen wordt dat er bij oppervlaktebeluchters geen invloed is.

Bij een bellenbeluchtingssysteem wijzigen zich het aantal en de grootte van de luchtbellen. Breng dat (bij benadering voor beluchtingsdiepten tot ongeveer vijf meter) in rekening door de uitkomst van vergelijking 52 te vermenigvuldigen met:

$$\frac{p_{\text{amb}} + 0,6H}{101,3 + 0,6H}$$

Daarnaast kan, maar dat is afhankelijk van de in het bellenbeluchtingssysteem toegepaste soort luchtcompressor(s), het luchtdebiet (en eventueel het opgenomen energietisch vermogen) veranderen.

Als van het toegepaste luchtcompressiesysteem $100/q_{\text{lu}} \cdot dq_{\text{lu}}/dp_{\text{amb}}$ (de procentuele toename van het luchtdebiet bij een stijging van de atmosferische luchtdruk met 1 kPa) bekend is, of kan worden afgeleid, vermenigvuldig de berekende OC dan met:

$$\left\{ 1 - \frac{1}{q_{\text{lu}}} \cdot \frac{dq_{\text{lu}}}{dp_{\text{amb}}} \cdot (p_{\text{amb}} - 101,3) \right\}$$

Wordt niet met die laatste term vermenigvuldigd dan heeft de voor standaardcondities berekende OC betrekking op een luchtdebiet dat gelijk is aan het tijdens de OC-bepaling aanwezige luchtdebiet.

4. SYMBOLEN EN EENHEDEN

4.1 Toelichting op de te gebruiken eenheden

De in de formules toegepaste symbolen voor grootheden worden in 4.2 omschreven. Ook worden daar de gebruikte eenheden aangegeven. In het algemeen zijn dit S.I.-eenheden.

Op enkele uitzonderingen en enige bijzonderheden wordt hieronder nader ingegaan:

- He-gehalten

Het is niet zo eenvoudig een oplossing met een nauwkeurig bekend He-gehalte te maken om daarmee de He-meter te ijken. Dit is ook niet nodig, daar het bij OC-metingen en -berekeningen gaat om de verhouding van He-gehalten. Het is daarom het eenvoudigst om zoals in 4.2 wordt vermeld He-gehalten aan te geven in door de He-meter aangewezen schaaldelen of, als de He-gehalten in een grafiek zijn vastgelegd, met lengte-eenheden uit de grafiek

- He-verzadigingswaarde

In atmosferische lucht is van nature He in een volumefractie van ruim $5 \cdot 10^{-6}$ aanwezig. Daardoor bevat het actief-slibmengsel in een beluchtingssysteem wat He (c_{sHe}). Het gehalte hangt af van p_{amb} , het soort beluchtingsproces en de oplosbaarheid van He in het betreffende actief-slibmengsel.

Met $p_{amb} = 101,3$ kPa en oppervlaktebeluchters is per m^3 actief-slibmengsel bijna $0,05 \cdot 10^{-6} m^3$ (herleid op $0^\circ C$ en $101,3$ kPa) He-gas aanwezig. Met bellenbeluchting is dat door de overdruk Δp wat meer.

Als de He-meter een voldoende gevoeligheid bezit kan op basis van c_{sHe} globaal een ijking worden uitgevoerd zodat het mogelijk is bij benadering aan te geven bij welke He-gehalten een OC-meting is uitgevoerd.

In 4.2 is daarom voor c_{sHe} naast de eenheid meterschaaldeel of grafiek lengte ook de eenheid $m^3 \cdot m^{-3}$ vermeld.

- He-gehalte van doseervloeistof

In een begasser, bij een He-druk van ongeveer $101,3$ kPa kan het He-gehalte, $c_{dos.}$, in de begaste vloeistof in beginsel gelijk worden aan ongeveer $2 \cdot 10^5 \cdot c_{sHe}$. In de praktijk bij continu begassen wordt dat gehalte echter niet bereikt. Om de werking van de begasser te controleren kan $c_{dos.}$ het beste worden gemeten in verhouding tot c_{sHe} .

- Bu_{O_2} en Bu_{He}

Bij het berekenen van k_{O_2} uit k_{He} voor beluchtingssystemen, waar de benutting van O_2 uit de toegevoerde stroom lucht vrij groot is, moet rekening worden gehouden met de oplosbaarheid van O_2 en van He. Dit wordt gedaan via de Bunsense absorptiecoëfficiënt van beide gassen, die tussen $0^\circ C$ en 25 à $30^\circ C$ is te berekenen met vergelijking 11 respectievelijk vergelijking 12. De waarde wordt aangegeven in de eenheid m^3 gas (herleid op $0^\circ C$ en $101,3$ kPa) per m^3 vloeistof

en per O₂- of He-druk van 101,3 kPa. Via delen door 101,3 is de oplosbaarheid te verkrijgen per kPa O₂- of He-druk.

Eventueel kan, door Bu_{O_2} te vermenigvuldigen met $1,43 \cdot 10^3$ de oplosbaarheid van O₂ in g per m³ vloeistof bij een O₂-druk van 101,3 kPa worden verkregen. Vermenigvuldigen van Bu_{He} met 178 levert zo de oplosbaarheid van He in g per m³ vloeistof bij een He-druk van 101,3 kPa.

- Druk
Voor p_{amb} en Δp wordt de eenheid kPa en niet Pa gebruikt.
- Tijd
Voor de tijd en voor grootheden die met tijd te maken hebben wordt in 4.2 de S.I.-eenheid seconde vermeld.
In rioolwaterzuiveringsinrichtingen is het echter gebruikelijk bij debieten en dergelijke het uur als tijdseenheid te nemen. Dit wordt in het algemeen ook gedaan bij de OC. Het is mogelijk met de in de handleiding gegeven vergelijkingen alle metingen en berekeningen voor de OC direct met het uur als eenheid van tijd uit te voeren. Uiteraard moet dan voor alle grootheden die een relatie met tijd hebben een eenheid op basis van het uur worden gebruikt. Die eenheden worden in 4.2 tussen haakjes vermeld.
- OC
Voor de OC wordt in 4.2 de eenheid g·s⁻¹ of tussen haakjes het alternatief g·h⁻¹ vermeld. In de praktijk zal, met het uur als tijdbasis, voor de OC uiteindelijk meestal de eenheid kg·h⁻¹ worden gebruikt.
Bij de berekening van $c_{dos.}$, $q_{dos.}$, $t_{dos.}$ of q_{He} voor het doseren van He moet bij het schatten van de OC worden uitgegaan van de eenheid g·s⁻¹ of het alternatief g·h⁻¹.
- $corr.rw,rs,He$
De term $corr.rw,rs,He$ wordt in een beluchtingssysteem met complete menging aangegeven in de eenheid m³·s⁻¹ of het alternatief m³·h⁻¹.
In een beluchtingssysteem met een circuit met propstroming is deze term echter dimensieloos.

4.2 Lijst met symbolen en hun eenheden

	grootheid	eenheid
Symbool	naam/omschrijving	symbool
a_1, a_2, a_3	in een circuit met propstroming, de fractie van de gehele beluchtingscapaciteit die constant aanwezig is in V_1 , respectievelijk in V_2 en V_3	–
a_4	in een Schreiberinstallatie, de fractie van de gehele beluchtingscapaciteit die met de brug door het circuit wordt bewogen	–
a_{RS}	in een oxydatiesloot, de fractie van de gehele beluchtingscapaciteit die in het circuitgedeelte RS voorkomt	–
a'	als in het circuitgedeelte RS van een circuit met propstroming en bellenbeluchting, van één van de fracties a_1, a_2 of a_3 slechts een gedeelte aanwezig is, dat gedeelte als fractie van de gehele beluchtingscapaciteit	
a	bij de Schreiberinstallatie een rekengrootheid waarmee de fractie a_4 van de beluchtingscapaciteit, rekening houdend met het verschil tussen nV_A en mV_B , bij de OC-berekeningen in rekening wordt gebracht	–
Bu_{O_2}, Bu_{He}	Bunsense absorptiecoëfficiënt van O_2 , respectievelijk He: op standaardcondities (0 °C, 101,3 kPa) herleid volume gas dat bij een bepaalde temperatuur en in evenwicht zijnde met een druk van het gas van 101,3 kPa, is opgelost per volume-eenheid water	$\frac{m^3 \cdot m^{-3}}{101,3 \text{ kPa}}$ (standaard condities)

C_{He} , $C_{He,t}$, C_{He,t_b} , C_{He,t_e}	He-gehalte in het belucht wordende actief-slibmengsel van een beluchtingssysteem, in het algemeen, respectievelijk op een tijdstip t , t_b en t_e	
$C_{rs,He}$, $C_{rs,He,t}$, $C_{rw+rs,He,t+\Delta T_{RS}}$	He-gehalte in retourslib bij het binnenkomen in een beluchtingssysteem, in het algemeen, respectievelijk op een tijdstip t en $t + \Delta T_{RS}$	schaaldelen van He-meter of
$C_{rw+rs,He}$, $C_{rw+rs,He,t}$, $C_{rw+rs,He,t+\Delta T_{RS}}$	He-gehalte in gemengd rioolwater en retourslib bij het binnenkomen in een beluchtingssysteem, in het algemeen, respectievelijk op een tijdstip t en $t+\Delta T_{RS}$	lengte-eenheden van grafiek
$C_{He,start}$	He-gehalte in het actief-slibmengsel gekozen om daarbij de OC-meting te beginnen	
C_{sHe}	He-gehalte (He-verzadigingswaarde) in een actief-slibmengsel dat door het in een beluchtingssysteem aanwezige beluchtingsproces in evenwicht is gebracht met het natuurlijke He-gehalte in de atmosfeer	$m^3 \cdot m^{-3}$ (standaard condities)
$C_{dos.}$	He-gehalte in een voor het doseren van He gebruikte geconcentreerde He-oplossing	C_{sHe} $(m^3 \cdot m^{-3})$ (standaard condities)
$C_{O_2,in}$, $C_{O_2,uit}$	O_2 -gehalten in het naar en vanaf een oppervlakte-beluchter (de beluchtingszone in- en uit-) stromend actief-slibmengsel	$g \cdot m^{-3}$
C_{sO_2}	O_2 -gehalte (O_2 -verzadigingswaarde) in een actief-slibmengsel dat door het aanwezige beluchtingsproces in evenwicht is met het natuurlijke O_2 -gehalte in de atmosfeer	$g \cdot m^{-3}$

<i>corr.rw,rs,He</i>	correctie die bij de berekening van k_{He} moet worden aangebracht wegens de toevoer van rioolwater en met He oververzadigd retourslib en de afvoer van actief-slibmengsel: in een compleet gemengd systeem	$m^3 \cdot s^{-1}$ ($m^3 \cdot h^{-1}$)
	in een circuit met propstroming	—
<i>H</i>	de vloeistofhoogte boven luchtdispergeer-elementen	m
$K_{L,O_2},$ $K_{L,He}$	bruto gasoverdrachtscoëfficiënt van O_2 , respectievelijk He: de gasoverdrachtssnelheid per eenheid oppervlakte lucht-water-grensvlak en per eenheid verschil in gasconcentratie	$m \cdot s^{-1}$ ($m \cdot h^{-1}$)
k_{O_2}, k_{He}	overdrachtsconstante van een beluchtingsproces voor O_2 , respectievelijk voor He: de gasoverdrachtssnelheid per eenheid verschil in gasconcentratie	$m^3 \cdot s^{-1}$ ($m^3 \cdot h^{-1}$)
<i>m</i>	bij een Schreiberinstallatie het aantal ongeveer evengrote en gelijkmatig over de circuitlengte verdeelde circuitgedeelten waarin de met de brug bewegende beluchtingscapaciteit zich bevindt	—
<i>n</i>	in een beluchtingsbassin met complete menging het aantal oppervlaktebeluchters; in een oxydatiesloot het aantal plaatsen met beluchtingsrotoren; in een circuit met propstroming en bellenbeluchting, het aantal ongeveer evengrote en gelijkmatig over de circuitlengte verdeelde circuitgedeelten waarin de beluchtingscapaciteit zich (ongeveer gelijkmatig verspreid) bevindt; in een Schreiberinstallatie, het aantal ongeveer evengrote en gelijkmatig over de circuitlengte verdeelde circuitgedeelten waarin de vast opgestelde beluchtingscapaciteit zich (ongeveer gelijkmatig verspreid) bevindt	—
n_{RS}	in een oxydatiesloot het aantal plaatsen met beluchtingsrotoren in het circuitgedeelte RS	—

OC	"oxygenation capacity" of zuurstoftoevoervermogen van een beluchtingsproces of in een beluchtingssysteem: de O_2 -toevoer per tijdseenheid bij een O_2 -gehalte nul in de beluchte vloeistof	$g \cdot s^{-1}$ ($g \cdot h^{-1}$)
p_{amb}	de atmosferische luchtdruk	kPa
Δp	gemiddelde overdruk in een beluchtingssysteem ten gevolge van de hydrostatische drukken op de luchtbellen; daardoor is de O_2 - en He-verzadigingswaarde groter dan de O_2 -, respectievelijk He-verzadigingswaarde die in evenwicht is met p_{amb}	kPa
q_w	het debiet van de door een oppervlaktebeluchter verplaatste ("verpompte") vloeistof	$m^3 \cdot s^{-1}$ ($m^3 \cdot h^{-1}$)
q_{basis}	in een circuit met propstroming het debiet actief-slibmengsel dat, gerekend over de lengte van het circuit, gemiddeld het circuit passeert.	$m^3 \cdot s^{-1}$ ($m^3 \cdot h^{-1}$)
q_1, q_2, q_3	in een circuit met propstroming de debieten actief-slibmengsel die respectievelijk in de circuitgedeelten met de volumens V_1 , V_2 en V_3 passeren	$m^3 \cdot s^{-1}$ ($m^3 \cdot h^{-1}$)
q_A	in een oxydatiesloot het debiet q_1 , q_2 of q_3 dat ter plaatse van een beluchtingsrotor het circuit passeert	$m^3 \cdot s^{-1}$ ($m^3 \cdot h^{-1}$)
$q_{gem.}$	in een Schreiberinstallatie een rekengrootheid die al naar de grootte van de fracties a_1 , a_2 , a_3 en a_4 afhangt van q_1 , q_2 , q_3 en de snelheid van de brug ten opzichte van die van het actief-slibmengsel	$m^3 \cdot s^{-1}$ ($m^3 \cdot h^{-1}$)
q_{rs}	het constante debiet retourslib dat tijdens een bepaling van de OC naar het beluchtingssysteem wordt gevoerd	$m^3 \cdot s^{-1}$ ($m^3 \cdot h^{-1}$)
q_{rw}	het constante debiet rioolwater, of als de variaties niet te groot zijn, het gemiddelde ervan, dat naar het beluchtingssysteem wordt gevoerd, gedurende de tijd waarover de OC wordt berekend	$m^3 \cdot s^{-1}$ ($m^3 \cdot h^{-1}$)

$q_{dos.}$	het debiet van de geconcentreerde He-oplossing waarmee He in een beluchtingssysteem wordt gedoseerd	$m^3 \cdot s^{-1}$ ($m^3 \cdot h^{-1}$)
q_{He}	het debiet He-gas nodig om He direct of via een begasser in een beluchtingssysteem te doseren (herleid op 0°C en 101,3 kPa)	$m^3 \cdot s^{-1}$ ($m^3 \cdot h^{-1}$) (standaard condities)
q_{lu}	het debiet lucht dat betrokken is bij een beluchtingsproces (herleid op 0°C en 101,3 kPa)	$m^3 \cdot s^{-1}$ ($m^3 \cdot h^{-1}$) (standaard condities)
q_{L,O_2}	een denkbeeldig waterdebiet dat evenveel O ₂ transporteert als q_{lu} ; daarbij wordt ervan uitgegaan dat de luchtdruk gelijk is aan de bij het beluchtingssysteem behorende gemiddelde druk $p_{amb.} + \Delta p$ en dat het O ₂ -gehalte in de stroom water (oplosbaarheid van O ₂ gelijk gedacht aan die in het actief-slibmengsel van het beluchtingssysteem) in evenwicht is met de volumefractie O ₂ in de stroom lucht	$m^3 \cdot s^{-1}$ ($m^3 \cdot h^{-1}$)
$q_{L,He}$	evenals q_{L,O_2} een denkbeeldig waterdebiet dat nu echter evenveel He transporteert als q_{lu} , waarbij het He-gehalte in het water (de oplosbaarheid van He gelijk gedacht aan die in het actief-slibmengsel van het beluchtingssysteem) in evenwicht is met de volumefractie He in de stroom lucht	$m^3 \cdot s^{-1}$ ($m^3 \cdot h^{-1}$)
RS	in een circuit met propstroming de aanduiding van het circuitgedeelte dat zich bevindt benedenstrooms van het He-meetpunt tot aan de toevoerplaats van retourslib	—

Situatie I, Situatie II	de situatie waarbij in een circuit met propstroming benedenstrooms van de afvoerplaats van actief slibmengsel op meer of mindere grote afstand retourslib wordt toegevoerd en pas verderop rioolwater , respectievelijk de situatie waarbij benedenstrooms van de afvoerplaats van actief-slibmengsel op meer of minder grote afstand rioolwater wordt toegevoerd en pas verderop retourslib	–
t_C	temperatuur volgens de Celsiusschaal	°C
t	de tijd of een tijdstip	s (h)
t_b, t_e	begin en eind van de periode waarover een OC wordt berekend	s (h)
$t_{dos.}$	tijdsduur waarin He wordt gedoseerd in een actief-slibmengsel	s (h)
T	de tijd waarin in een circuit met propstroming het actief-slibmengsel éénmaal het circuit rondgaat	s (h)
T_B	de tijd waarin bij een Schreiberinstallatie de brug met luchtdispergeerelementen éénmaal rondgaat	s (h)
ΔT_{RS}	de tijd waarin een volumedeeltje actief-slibmengsel zich verplaatst over het circuitgedeelte RS	s (h)
$tg\alpha_{He}$	op basis van de tienmacht de (gemiddelde) decrescentie of de reciproke van de (gemiddelde) tijdconstante waarmee een He-oververzadiging in het actief-slibmengsel in een beluchtingssysteem afneemt door beluchting, door toevoer van rioolwater en retourslib, door afvoer van actief-slibmengsel of door uitwisseling van vloeistof met aangrenzende bassins of circuits	s ⁻¹ (h ⁻¹)
V	volume van het hele beluchte actief-slibmengsel in een beluchtingssysteem	m ³

V_1, V_2, V_3	in een circuit met propstroming de volumen van de circuitgedeelten 1, 2 en 3, die zich, te beginnen benedenstreams van de afvoerplaats van actief slibmengsel, bevinden tussen de plaatsen van afvoer van actief-slibmengsel en toevoer van rioolwater en retourslib	m^3
V_A	bij een oppervlaktebeluchter het ten opzichte van V kleine volume actief-slibmengsel in de beluchtingszone, die zich bevindt in en nabij de beluchter; in een circuit met propstroming en bellenbeluchting het (gemiddelde) volume van elk van de ongeveer evengrote circuitgedeelten waarover de beluchtingscapaciteit nagenoeg gelijkmatig is verdeeld en die van elkaar zijn gescheiden door ongeveer aan elkaar gelijke circuitgedeelten zonder beluchting; in een Schreiberinstallatie het (gemiddelde) volume van elk van de circuitgedeelten waarover de beluchtingscapaciteit van de vast opgestelde elementen is verdeeld	m^3
V_B	in een Schreiberinstallatie het (gemiddelde) volume van elk van de ongeveer evengrote circuitgedeelten waarover de met de brug door het circuit, bewegende beluchtingscapaciteit, ongeveer gelijkmatig, is verspreid en die van elkaar zijn gescheiden door ongeveer aan elkaar gelijke circuitgedeelten waarin geen door het circuit bewegende beluchting aanwezig is	m^3
$V_{A,gem.}$	bij een Schreiberinstallatie een rekengrootheid die, op basis van de verdeling van de beluchtingscapaciteit over de vast opgestelde en met de brug bewegende luchtdispergeerelementen, een gewogen gemiddelde is van nV_A en mV_B .	m^3
Z	bij een circuit met propstroming en bellenbeluchting een tussenvergelijking bij de berekening van k_{O_2} uit k_{He} . Er is daarin nog geen rekening gehouden met aantal en grootte van de circuitgedeelten waarin de beluchtingscapaciteit zich bevindt.	-

α_{He}	in een grafiek waarin de brigge logarithme van de He-oververzadiging in het actief-slibmengsel van een beluchtingssysteem is uitgezet tegen de tijd, de hoek, die de rechte lijn door twee punten van de curve of, door de gemiddelden van de logarithmen over twee perioden, maakt met de negatieve richting van de tijd	
β	de verhouding tussen de oplosbaarheid van O_2 in water dat één of meerdere stoffen bevat en de oplosbaarheid van O_2 in zuiver water	–
κ	in een circuit met propstroming een factor waarmee in rekening wordt gebracht dat toegevoerd retourslib met een He-oververzadiging, bij het bereiken van het He-meetpunt in het circuit, niet is begast door de beluchting die aanwezig is in het circuitgedeelte RS.	–
$\sigma_{t_C}, \sigma_{20^\circ C}$	respectievelijk de bij t_C gemeten en de naar $20^\circ C$ omgerekende oppervlaktespanning van een actief-slibmengsel	$N \cdot m^{-1}$
$\sigma_{t_C, water}$	de oppervlaktespanning bij t_C van zuiver water	$N \cdot m^{-1}$