

Energiezuinige beluchterregelingen

DE VRAAG

Vanuit de Energiefabriek, een samenwerkingsverband van Nederlandse waterschappen, is gevraagd hoe een energiezuinige beluchterregeling er uit ziet. De achterliggende gedachte is dat de beluchting de bulk (50-60%) van de energie verbruikt op een rwzi. En in geval van energiebesparing (MJA3!) is het logisch om naar de grootste verbruikerspost te kijken. Een optimale beluchtingsregeling laat de verschillende zuiveringsprocessen zoveel mogelijk ongehinderd plaatsvinden. Teveel beluchten remt denitrificatie, te weinig belemmert de nitrificatie en biologische fosfaatopname. Teveel schakelen tussen compartimenten (beluchting aan/beluchting uit) hindert alle biologische processen. Bij overgangen tussen beluchte en niet-beluchte fasen activeren en deactiveren enzymsystemen en dat kost tijd (dus zuiveringscapaciteit en effluentkwaliteit).

Op basis van de vraag naar de energiezuinige beluchterregeling is een enquête onder alle waterschappen uitgevoerd, met het doel de eigenschappen van een energiezuinige beluchterregeling te achterhalen. De onderzoeksvragen van de Energiefabriek zijn ondergebracht bij Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA). Het onderzoek zelf is in 2011 uitgevoerd door DHV en HDSR. Hierbij is gebruikgemaakt van de expertise van de Begeleidingscommissie van het STOWA-onderzoek naar energiezuinige retourslibregelingen.

In feite is de vraag het vervolg op een in 2009 verschenen STOWA-rapport [referentie 1] waarin onderzoek naar de meest energiezuinige rwzi's in Nederland is weergegeven. Voor conclusies met betrekking tot de meest energiezuinige rwzi (zeg: de hardware) wordt verwezen naar dit rapport. Onderzoek naar de meest energiezuinige beluchterregeling (de software) is vrij lastig omdat naast de regeling, veel factoren van invloed zijn op het beluchtingverbruik van een beluchtingsinstallatie: type beluchting, wel/geen voorbezinking, drogestofgehalte, tankdiepte, belastinggraad om er maar een paar te noemen. Het is niet snel mogelijk om energiewinst toe te schrijven aan bijvoorbeeld de beluchterregeling. Ook de effluentkwaliteit speelt een rol: een laag energieverbruik kan het gevolg zijn van een goede beluchtingsregeling, maar ook van een belabberde effluentkwaliteit.

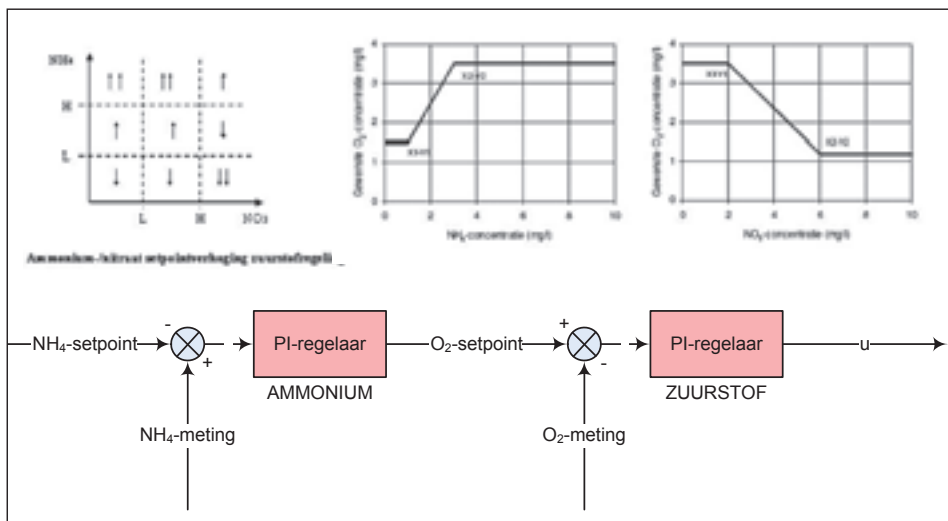
HET ANTWOORD

Aan technologen van ieder waterschap is onder andere de vraag voorgelegd 'Wat is de top 3 van rwzi's met de meest energiezuinige beluchterregelingen. Omschrijf deze en verklaar u nader.' Alle waterschappen reageerden. Er ontstond een lijst met 48 rwzi's. Hiervan was tweederde uitgerust met bellenbeluchting.

De Master-Slave-regeling op basis van zuurstof (Slave) en ammonium (Master, zie afbeelding) werd het vaakst toegepast op deze rwzi's. Op enkele rwzi's werd ook nitraat en soms fosfaat opgenomen in de regeling. De aanwezigheid van on-line sensoren werd als belangrijkste reden genoemd voor energiebesparing. Meer inzicht in de zuurstofvraag maakt minimale beluchting mogelijk en helpt overbeluchting te voorkomen. Drie waterschappen konden de gerealiseerde energiebesparing na introductie van een nieuwe beluchterregeling kwantificeren.

De energiebesparing lag tussen de 5 en 10%. Gehanteerde ammoniumsetpoints bleken tussen de 0,5 en 2,0 mg N-NH₄/l te liggen. Opvallend was wel dat energiebesparing meestal geen rol speelt bij de keuze van het setpoint. De regelingen zijn vrijwel altijd ingesteld om een zo goed mogelijke stikstofverwijdering mogelijk te maken. Daarnaast werden processtabiliteit, exploitatiekosten en lichtlibbeheersing (*Microthrix parvicella*) als doelen van een regeling genoemd.

In enkele gevallen werd aangegeven dat ook de lozingsheffing een rol speelt. In deze gevallen is dus een kostenafweging gemaakt tussen extra beluchten, een lage ammoniumconcentratie in het effluent (en dus een lage restheffing) versus minder beluchten en een hogere heffing accepteren. Over het algemeen is de heffing maatgevend. Een hogere heffing is snel duurder dan de te besparen beluchtingenergie.



Afbeelding: Tabel, grafiek en PI(D) als mastercomponenten van een Master-Slave-regelaar

Tijdens de enquête kwam een aantal, regeltechnisch interessante aspecten aan het licht (voor afkortingen zie afkortingenlijst aan het eind van het artikel):

- een beperkt aantal waterschappen regelt direct op ammonium en hanteert het zuurstofsignaal nog slechts als bewaker voor over- of onderbeluchting (WSNZ, WSDL, HDSR);
- er worden op kleine schaal intelligente regelingen toegepast als fuzzy-logic-control (WSRD, HDSR, WSNZ), model-based-control (WN, WSAM) en neurale netwerken (WN);

- op één rwzi maakt de beluchterregeling gebruik van een historisch voorspeld aanvoerpatroon (DWA-voorspelling) (WSVE);
- bij de waterschappen WSHD en WSSS wordt veel gebruikgemaakt van intermitterende regelingen, waarbij nitrificatie en denitrificatie in de tijd worden gescheiden op basis van redox (WSHD) of ammonium/nitraat (WSSS);
- bij twee waterschappen wordt het zuurstofsetpoint mede bepaald door de temperatuur van het actief slib (WSSS en WSRW).

Het lijkt er ook op dat steeds meer gebruikgemaakt wordt van het signaal van de inkomende ammoniumvracht als feed-forward component in de Master-Slave-regeling. Op basis hiervan kan sneller een extra beluchtingcompartiment worden bij- of afgeschakeld.

MASTER-SLAVE-REGELING

In nagenoeg alle van de 48 genoemde rwzi's met een energiezuinige beluchterregeling wordt de zuurstofconcentratie bepaald door een PI(D)-regelaar. Om deze reden wordt even kort ingezoomd op het fenomeen PID (zie kader) en op Master-Slave. Het ammoniumsignaal, dat in geval van een Master-Slave-regelaar het zuurstofsetpoint berekent, kan volgen uit een tabel/matrix (o.a. HHNK), een grafiek (o.a. WSRW) of ook weer een PI(D)-regelaar. In tabel 1 zijn de verschillen tussen de drie uitgelicht.

P-actie: de proportionele actie zorgt voor een verandering van de uitsturing, die evenredig is met het verschil tussen de meetwaarde en het setpoint. Een volledig proportionele regeling (P-regeling) bereikt nooit het setpoint, maar zal altijd een bepaalde afwijking handhaven.

I-actie: de integrerende term zorgt voor een constante sommatie van de fout (het verschil tussen meetwaarde en setpoint) en reageert sterker naarmate de fout langer duurt. In een PI-regelaar versnelt de I-actie de beweging van het proces in de richting van het setpoint en elimineert de afwijking die de P-regelaar heeft. Hoe hoger de I-waarde wordt gekozen, des te langzamer wordt de regeling.

D-actie: de D-actie reageert op de snelheid van de verandering van de fout. Deze actie vertraagt de veranderingssnelheid van de output, als deze in de buurt van het setpoint komt. De D-actie kan de regelaar onrustiger maken als er een zekere ruis/variatie op de meting zit. In de praktijk wordt de Master-regeling bijna altijd als PI-regeling gebruikt. De D-actie wordt niet gebruikt.

Tabel 1: Karakteristieken van de verschillende typen masterregelingen

Eigenschappen	Type masterregeling		
	Tabel / Matrix	Grafiek	PID
Gedrag (uitgedrukt in PID-acties)	I (D)	P	PI
Instelling op basis van?	ervaring	ervaring	regelgedrag
Wie stelt de regeling in?	operator	operator	regeltechnicus
Mogelijkheid kritische instelling?	nee	nee	ja
Bijstelling van de regelaar nodig?	nee	ja	nee
Inzichtelijk wat de regeling doet?	ja	ja	ja



Beluchtingstank met meetsensor.

Erg veel waarde wordt gehecht aan bedieningsgemak en inzichtelijkheid van een regeling. Dit klinkt erg logisch, maar er speelt meer. Een tabelregeling is overzichtelijk, maar de keuze voor de verschillende parameters in de tabel maakt het werken ermee al weer wat lastiger. Voor een grafiek geldt hetzelfde. Een PI(D) is moeilijk in te regelen, maar als dit correct is gebeurd, is er daarna geen omkijken meer naar. Het lijkt er echter wel op dat bij de keuze voor P- en I-waarden op veel rwzi's nog een wereld te winnen is. Regelmatig blijken beluchters uitgerust met een FO (frequentieomvormer), gedurende een groot deel van de tijd “misbruikt” te worden als aan/uit-apparaten, onder andere door de keuze van een te grote P-waarde.

SAMENGEVAT

Een Master-Slave-regeling op basis van ammonium (/nitraat/fosfaat) wordt overwegend als energiezuinige regeling aangeduid. Er is duidelijk een trend waargenomen waarbij in toenemende mate on-line meetsensoren worden opgenomen in de beluchterregeling, soms in combinatie met een feed-forward-component. De energiewinst, die met een goede (= tot een goed effluent leidende) beluchterregeling kan worden bereikt, is echter beperkt en zal niet snel meer dan 10% bedragen. Een goede regeling is namelijk niet per definitie energiezuinig. Denk hierbij aan de effluentkwaliteit. Directe regeling op ammonium kan meerdere voordelen bieden. Niet aangetoond is echter dat energiebesparing er hier één van is. De grootste energiebesparing in de beluchting moet dus vooral in de hard-

ware (punt- of bellenbeluchting, voorbezinking/fijnzeef of niet en dergelijke [zie referentie 1] worden gezocht. Good-housekeeping (= juiste parameterwaarden en goed onderhoud van de sensoren) en gebruikmaken van meerdere on-line meetsignalen kan een – zij het dus relatief beperkte – aanvulling hierop zijn.

REFERENTIES

STOWA 2009-W-07: Quick Scan Inventarisatie en Achtergronden Energiezuinige beluchting rwzi's.

STOWA 2012-binnenkort te verschijnen: Energiezuinige beluchterregelingen.

Afkortingen Waterschappen

WSNZ	Waterschap Noorderzijlvest
HHDL	Hoogheemraadschap van Delfland
HDSR	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
WSRD	Waterschap Regge en Dinkel
WN	Waternet
WSAM	Waterschap Aa en Maas
WSVE	Waterschap Vallei & Eem
WSHD	Waterschap Hollandse Delta
WSSS	Waterschap Scheldestromen
WSRW	Waterschap Reest en Wieden
HHNK	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Erik Rekswinkel, Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden

André van Bentem, Royal HaskoningDHV