



Piet de Boks, Evides Industriewater
 Hans Paardekooper, Evides Industriewater
 Rick Jansen, Evides Industriewater

Milieuwinst door koppeling van zuiveringsinstallaties

Het koppelen van de percolaatwaterzuivering Noord- en Midden-Zeeland aan de afvalwaterzuiveringsinstallatie Sloe bij een aangepaste bedrijfsvoering blijkt aanzienlijke milieutechnische en economische voordelen te bieden. In het hierna beschreven project leidt het minder vergaand denitrificeren op de percolaatwaterzuivering met doorschakeling van nitraatrijk effluent naar de awzi Sloe tot zowel een reductie van de milieubelasting naar water en lucht als tot een daling van de operationele kosten.

Evides Industriewater verzorgt in het havengebied van Vlissingen-Oost (het Sloegebied) de bedrijfsvoering van twee biologische afvalwaterzuiveringen. Het betreft de percolaatwaterzuivering (pwzi) van stortplaats Noord- en Midden-Zeeland (NMZ) met een maximale capaciteit van 20.000 vervuilingseenheden en 25 kubieke meter per uur en de zuivering awzi Sloe met haar transport- en verzamelsysteem met een capaciteit van 45.000 v.e. en 500 kubieke meter per uur. De awzi Sloe verzamelt en zuivert het aangeboden industriële afvalwater van de circa 60 aangesloten bedrijven. Beide afvalwaterzuiveringen lozen het gezuiverde water uiteindelijk op de Westerschelde.

Om na te gaan wat de optimale situatie is voor het Sloegebied, onderzocht Evides diverse varianten. Eén daarvan is het inzetten van de pwzi als voorzuivering en vervolgens zuiveren op de awzi Sloe. Hiermee kan potentieel worden bespaard op de dosering

van externe koolstofbron op de pwzi en kan de kwaliteit van de totale stroom gezuiverd afvalwater worden verbeterd bij een lager energieverbruik en een lagere emissie van kooldioxide.

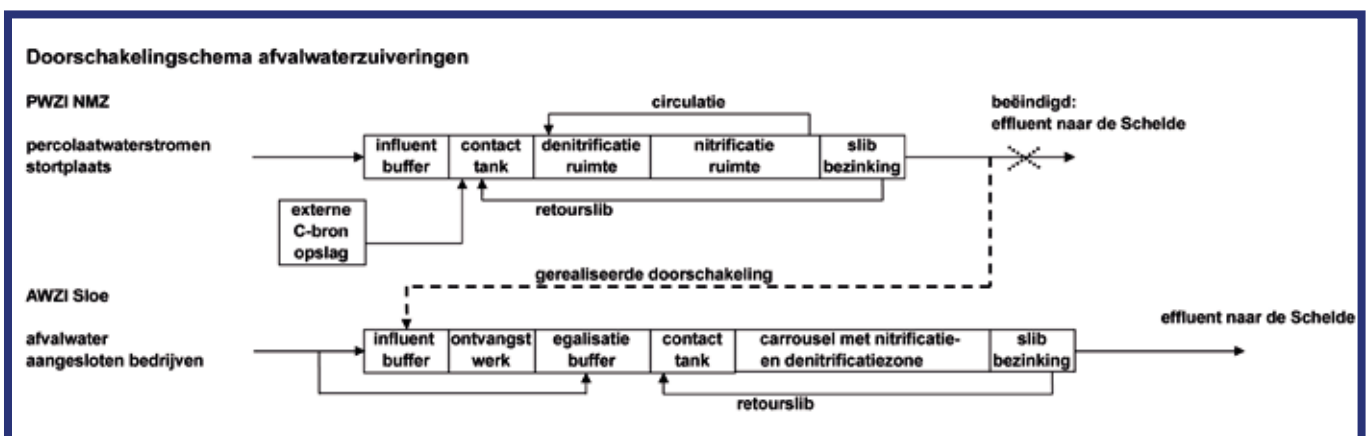
Bestaande situatie

Percolaat is regenwater dat op het afval van de stortplaats valt en vervolgens daar doorheen percoleert. De bodem van de stortplaats is voorzien van een voor water ondoordringbare laag. Het opgevangen verontreinigde regenwater kenmerkt zich vooral door hoge stikstofconcentraties (circa 800 mg N/l) en naar verhouding lage CZV-concentraties (circa 1700 mg O₂/l met BZV-concentraties van minder dan 200 mg O₂/l). De relatief lage CZV-concentraties in het percolaat zijn het gevolg van anaerobe afbraakprocessen in het stortlichaam. Hierdoor wordt organisch materiaal grotendeels verwijderd. Dit resulteert in een CZV/N-ratio in het percolaat van circa 2. Dit is onvoldoende voor de benodigde

denitrificatie. Om voldoende denitrificatie te realiseren, wordt geconcentreerde CZV in de vorm van een externe koolstofbron (bijvoorbeeld methanol) gedoseerd. Door voorde-nitrificatie toe te passen wordt optimaal gebruik gemaakt van de nog aanwezige afbreekbare CZV in het percolaat.

Met het ouder worden van het stortlichaam is een stijging waar te nemen in de concentraties biologisch niet afbreekbaar CZV en Kj-N in zowel het percolaat als het effluent van de pwzi.

Het influent van de awzi Sloe bestaat uit het verzamelde afvalwater van het industriegebied. Dit is afkomstig van een groot aantal bedrijven (waaronder (petro)chemische en energiebedrijven) en heeft in tegenstelling tot percolaat juist een hoge CZV/N-ratio van gemiddeld 13. De awzi Sloe is een actief-slijbsysteem van het type Carousel. Door aanpassing van de zuurstofregeling is aan de zuurstofarme kant een voldoende grote denitrificatiezone ontstaan.





De haven van Vlissingen-Oost met de awzi Sloe rechts op de voorgrond.

Varianten

In de periode 2003-2008 zijn de mogelijkheden bekeken voor een verbetering van de prestaties van de percolaatwaterzuivering. In 2003 begon een onderzoek met continu aerob korrelslib. Dit korrelslib is gedurende drie jaar in diverse stadia gekweekt en getest, van laboratoriumreactor via een pilotreactor naar een complete installatie.

De voornaamste doelen van het korrelslib-onderzoek waren een verhoging van de afbreekbaarheid van recalcitrante verbindingen (CZV) met 20 tot 50 procent, vermindering van het verbruik van een koolstofbron met 30 tot 50 procent én vermindering van de slibproductie met 30 tot 50 procent.

Tijdens het beproeven van de continu aerob korrelslibtechnologie zijn diverse varianten van het in serie bedrijven van de pwzi en awzi Sloe bestudeerd. Hierbij loost de pwzi via de awzi Sloe en heeft de pwzi geen directe lozing meer op het oppervlaktewater. Met het in serie bedrijven ontstaat een nieuw regiem in de CZV/N-verhouding op de awzi Sloe, wat mogelijkheden biedt voor procesoptimalisaties en onderhoud/beheeraspecten van de zuiveringen.

Als alternatieven voor de huidige situatie, waarbij beide zuiveringen hun functie behouden (= nulsituatie), zijn benoemd:

- de pwzi volledig in functie houden, met een extra polishingstap in de awzi Sloe;
- de pwzi in functie houden zonder methanoldosering en aanvullende denitrificatie en polishing in de awzi Sloe;
- de pwzi volledig in functie houden met

korrelslibtechnologie, met een extra polishingstap in de awzi Sloe;

- de pwzi in functie houden met korrelslibtechnologie zonder methanoldosering, en aanvullende denitrificatie en polishing in de awzi Sloe;
- de pwzi volledig in functie houden met korrelslibtechnologie, zonder extra polishingstap in de awzi Sloe.

Het geheel of gedeeltelijk verwerken van ongezuiverd percolaat op de awzi Sloe is als aparte variant niet meegenomen vanwege de beperkte biologische restcapaciteit van de awzi Sloe. De benodigde investering in extra beluchtingcapaciteit wordt als kapitaalvernietiging gezien, daar voldoende beluchtingcapaciteit op de pwzi aanwezig is.

Als uitgangspunt voor de afweging van de varianten zijn de resultaten van beide zuiveringen over 2004 gehanteerd. Hierbij is aangenomen dat met toepassing van de korrelslibtechnologie de beoogde voordelen worden behaald. Op basis van deze uitgangspunten zijn de te verwachten zuiveringsrendementen en effluentkwaliteiten bepaald voor alle scenario's.

Vervolgens is een multicriteria-analyse uitgevoerd om een inschatting te kunnen maken van de milieuvordelen. In deze analyse zijn de alternatieven kwalitatief gewogen op de criteria 'totale emissie naar water', uitstoot van kooldioxide, chemicalienverbruik, energieverbruik, onderhoud en flexibiliteit. Hieruit bleek dat de voorlaatste variant in theorie de best toepasbare was.

De doelstellingen van de korrelslibtechnologie zijn tot en met de pilotproeven grotendeels behaald. Toepassing op de *full scale* installatie van de pwzi bleek echter weerbarstiger. Zo werd onvoldoende verlaging van het resterende CZV in het percolaat waargenomen en geen vermindering van de slibproductie. Wel verminderde het koolstofverbruik met 21 procent. Omdat het proces onstabiel werd in de tijd door verschuiving van korrelslib naar weer deels klassiek actiefslib is, na intensieve beproeving, afgezien van blijvende toepassing van deze techniek op de pwzi. Hierdoor vallen de drie laatste alternatieven af en is een mix van de eerste twee alternatieven verder uitgewerkt. Een mix van deze alternatieven is nodig om een stabiele bedrijfsvoering op de pwzi te kunnen blijven garanderen. Dit houdt in dat slechts een beperkte denitrificatie met een externe koolstofbron wordt uitgevoerd en dat gestuurd wordt op een relatief hoge restconcentratie nitraat in het effluent van de pwzi naar de awzi Sloe.

Rijkswaterstaat Zeeland is het bevoegd gezag voor de effluentlozingen van beide zuiveringen. Gedurende het doorlopen van de vergunningstrajecten voor deze zuiveringen is intensief contact geweest tussen Evides Industriewater en Rijkswaterstaat. Deze rijksdienst was op de hoogte van de onderzoeken en de geboekte resultaten. Ook de studie naar het oplijnen van de pwzi naar de awzi Sloe en onderzoek naar de mogelijke milieuwinst daarvan is in nauw overleg met Rijkswaterstaat tot stand

gekomen. Door deze betrokkenheid is de complexe vergunningaanvraag voor het verantwoord lozen van het gehele industriegebied inclusief de stortplaats soepel verlopen. Uiteindelijk is de integrale lozing vergunningstechnisch geregeld.

Modellering

Om de effecten van het doorschakelen van het effluent van de pwzi te kwantificeren, is een model opgezet op basis van de bestaande pwzi en de bestaande awzi Sloe. Voor de pwzi kunnen de effluentconcentraties (CZV, N_{totaal}), de methanoldosering als koolstofbron, de kooldioxide-emissie en de te behalen economische besparing worden berekend. De validatie is uitgevoerd met behulp van effluentconcentraties die zijn gemeten door een gecertificeerd extern laboratorium.

Naast de concentraties van CZV en N in mg/l wordt van deze componenten ook de beschikbaarheid als percentage aangegeven. Bijvoorbeeld van het CZV in het influent is 20 procent biologisch beschikbaar, waarvan 90 procent (= 18 procent van het totaal) beschikbaar is voor denitrificatie. Omdat het Kj-N hoofdzakelijk in de vorm van ammoniumstikstof voorkomt in het influent, is de beschikbaarheid met 96 procent van het totaal aanmerkelijk hoger dan die van CZV.

In het invoergeedeelte wordt aangegeven wat de nitraatconcentratie in het effluent van de pwzi mag zijn bij nabehandeling op de awzi Sloe. Tevens worden bij de invoer meerdere constanten ingegeven, zoals het aandeel van de methanoldosering dat voor slibgroei wordt gebruikt en de rendementen van de apparatuur. De hoogte van deze constanten is gebaseerd op de praktijksituatie van de pwzi. Waar praktijkgegevens niet of ontoereikend beschikbaar waren, is gebruik gemaakt van literatuurbronnen.

Simulatie

Op basis van de invoergegevens worden balansen berekend over de verschillende onderdelen van de pwzi. Een onderscheid wordt gemaakt tussen biologisch beschikbare en niet beschikbare CZV en Kj-N, zowel in concentraties als in vrachten. Gebaseerd op de biologisch beschikbare vrachten CZV en Kj-N en de toelaatbare hoeveelheid nitraat in het effluent, wordt berekend hoeveel methanol voor denitrificatie moet worden gedoseerd. Rekening wordt gehouden met het gedeelte van de methanol dat voor slibgroei wordt gebruikt (30 procent), alsmede een verlies aan methanol dat met zuurstof wordt omgezet (vier procent).

In de zuurstofbalans wordt de hoeveelheid in te brengen zuurstof theoretisch berekend. De zuurstofvraag wordt grotendeels bepaald door de oxidatie van het biologisch beschikbare stikstof. De zuurstofvraag voor afbraak van CZV vormt slechts één procent van de totale zuurstofvraag. Op basis van de zuurstofvraag en het inbrengrendement van de blowers wordt het benodigd aantal kWh per dag onder praktijkcondities bepaald. Vervolgens wordt een inschatting gemaakt van de emissies van de pwzi. Deze worden uitgedrukt in een kooldioxidevracht en in lozingsvrachten met het effluent. De kooldioxide-uitstoot van methanol en CZV wordt stoichiometrisch berekend. Deze uitstoot - door het gebruik van electriciteit voor beluchting - is berekend door het benodigde aantal kWh te vermenigvuldigen met een kental voor de kooldioxide-uitstoot per kWh van 427 gram per kWh.

Modelvalidatie

Het model berekent onder andere de effluentkwaliteit, het methanolverbruik, de kooldioxideproductie en de bijbehorende kosten voor deze parameters. Om goed onderbouwde conclusies te kunnen trekken, is het model gevalideerd op basis van eerder

gemeten en geanalyseerde gegevens van de pwzi en de awzi Sloe. Validatie van het model heeft plaatsgevonden op basis van de jaargemiddelde resultaten. Tijdens de validatie is gezocht naar de kleinste procentuele afwijking van de modelresultaten ten opzichte van de daadwerkelijk gemeten resultaten. De afwijkingen in het definitieve model bedragen gemiddeld over een periode van vier jaar voor CZV, N_{totaal} en methanol respectievelijk 1 en 4,1 en 0 procent.

Resultaten

De uiteindelijke resultaten zijn gebaseerd op de jaargemiddelde afvalwatersamenstelling van de pwzi en de awzi Sloe in 2008. De mate van denitrificatie wordt zo gestuurd dat in het effluent van de pwzi een nitraatgehalte van 300 mg/l wordt verkregen.

Methanoldosering

Ervan uitgaande dat de pwzi direct op oppervlaktewater loost en daarvoor aan de lozingsseisen moet voldoen, dient 432 kg methanol per dag te worden gedoseerd om te voorzien in voldoende denitrificatiecapaciteit. Door gebruik te maken van de mogelijkheid van doorschakelen naar de awzi Sloe met een concentratie van 300 mg nitraat per liter is de methanolbehoefte gedaald naar 256 kg per dag, ofwel een daling van ruim 40 procent.

Electriciteitsverbruik

De lozing van extra nitraat vanuit de pwzi leidt op de awzi tot extra denitrificatie. Hierdoor neemt de zuurstofvraag voor de verwijdering van CZV af. Evenredig met de zuurstofvraag daalt het electriciteitsverbruik voor beluchting van 285 naar 253 MWh/jaar, ofwel een daling van ruim tien procent.

CO₂-uitstoot

De uitstoot van kooldioxide daalt door de reductie van het methanol- en electriciteitsverbruik van 272 naar 196 ton per jaar. Dit is een reductie van 28 procent. Aangezien zowel in de nulsituatie als in de doorgeschaalde situatie evenveel CZV wordt verwijderd, leidt dit niet tot een verdere wijziging in de reductie van de uitstoot van kooldioxide.

Effluentsamenstelling

De lozing van de CZV-vracht van de gekoppelde zuiveringen naar het oppervlaktewater blijkt in de praktijk met circa 20 procent af te nemen. Dit positieve effect is meer dan verwacht. In het model was rekening gehouden met een reductie van 20 procent van alleen het pwzi-aandeel, dit ten gevolge van het alsnog verwijderen van een deel van de inerte fracties en het afvangen van slib in het pwzi-effluent door de awzi Sloe.

Operationele kosten

Naast de positieve milieueffecten heeft de doorschakeling, met onder andere een vermindering in het gebruik van hulpstoffen, geleid tot reductie van de totale operationele kosten. Beide zuiveringen leveren in de nieuwe situatie een stabiele bedrijfsvoering op.

De ooststraat van de percolaatwaterzuivering NMZ met de opslagtanks voor de koolstofbrondosering.

