Aandachtspunten voor energie en kunstmest uit afvalwater

Nederlandse waterschappen streven ernaar om de huidige rioolwaterzuiveringinstallaties (rwzi's) energie-efficiënter te maken. In de meerjarenafspraak 3 wordt gestreefd naar 30% efficiëntieverbetering in het jaar 2025. In het initiatief 'de Energiefabriek' wordt zelfs gestreefd naar energieproducerende rwzi's. In het klimaatakkoord wordt een inspanning gevraagd om fosfaat op een duurzame manier terug te winnen. Waterschappen kijken door deze afspraken en akkoorden met hernieuwde interesse naar hun sliblijn.

Diverse technologieën worden toegepast om meer biogas te produceren of vrijkomende nutriënten af te scheiden. Technologieën die hiervoor worden genoemd zijn onder andere thermische slibhydrolyse (TDH) en struvietterugwinning. Deze technologieën worden al op verschillende plaatsen ter wereld zelfstandig toegepast op communale rioolwaterzuiveringen, IMD heeft een studie verricht naar de effecten van de TDH en struvietterugwinning, als individuele toepassing en bij gezamenlijke toepassing op rwzi's.

HUIDIGE SITUATIE

Bij veel zuiveringsschappen is de infrastructuur gericht op de vergisting van slib van meerdere zuiveringen op centrale locaties. Na vergisting wordt het slib ontwaterd en getransporteerd naar de eindverwerker. Het doel van slibvergisting is het reduceren van slibvolumes en de productie van biogas voor energieopwekking.

SLIBGISTING

Bij slibgisting wordt zowel primair als surplusslib vergist. Primair slib is afkomstig bij de voorbezinking van rioolwater. Dit slib is energierijk en relatief goed



STULZ GmbH proefinstallatie voor TDH in Stockach, Duitsland.



Airprex-installatie t.b.v. fosfaatterugwinning in Mönchengladbach, Duitsland

te vergisten. Surplusslib is biologisch slib dat wordt verwijderd uit de actiefslibinstallatie om de biomassagroei in de waterzuivering te compenseren. Dit slib is moeilijker te vergisten omdat een groot deel van de organische verbindingen is vastgelegd in de cellen. Vergeleken met primair slib duurt de vergisting van surplusslib lang en levert weinig biogas op. Door het verloop van het proces zijn grote vergistingtanks nodig om voldoende slibreductie te realiseren.

Tijdens gisting worden organische verbindingen deels omgezet naar biogas (CH_4 en CO_2). Vrijkomende anorganische verbindingen vormen neerslagreacties of komen in oplossing. Organisch gebonden stikstof komt voornamelijk vrij als ammonium, organisch gebonden fosfor als fosfaat. Door de afbraak van organische verbindingen neemt de hoeveelheid drogestof in het slib af waardoor minder slib hoeft te worden ontwaterd en afgevoerd voor verwerking.

CENTRAAT EN NUTRIËNTEN

Rwzi's worden in toenemende mate ontworpen voor biologische fosfaatverwijdering. Fosfaat wordt opgeslagen in de bacteriën waardoor minder chemicaliëndosering nodig is om te voldoen aan de lozingseisen. Op locaties waar biofosfaatslib wordt vergist komt het biologisch gebonden fosfaat vrij, met verhoogde concentraties in het centraat tot gevolg.

Hoge fosfaatconcentraties kunnen leiden tot struvietafzettingen op leidingen en andere oppervlakten in contact met uitgegist slib. Struviet is een kristal dat wordt gevormd indien het oplosbaarheidproduct van magnesium, ammonium en fosfaat wordt overschreden. Dit vindt voornamelijk plaats door een toename in pH, bijvoorbeeld door het strippen van CO_2. Bekende locaties in de sliblijn zijn de overstort uit de gistinginstallatie en in de slibontwateringinstallatie. Het verwijderen van struviet, aanvullend onderhoud, extra chemicaliëndosering (antiscalant) en vervanging van onderdelen heeft op veel rwzi's een aanzienlijk effect op bedrijfszekerheid en operationele kosten.

De fosfaatbelasting op een rwzi met centrale slibgisting en ontwatering kan met een factor 1,3-1,4 toenemen ten opzichte van de influentvracht. Om aan de gestelde effluenteisen voor fosfaat te voldoen moet er vaak aanvullende chemische fosfaatverwijdering worden toegepast (ijzer- en/of aluminiumzouten). Bovendien heeft biofosfaatslib minder goede ontwateringeigenschappen dan conventioneel slib. Dit wordt veroorzaakt door exopolysacharides (EPS) die in hoge mate rond de cellen van biofosfaatslib wordt gevormd. EPS vormt een slijmlaag rond de bacteriecellen in het slib waardoor het minder goed te ontwateren is.

THERMISCHE SLIBHYDROLYSE

TDH wordt in het concept van de Energiefabriek genoemd als methode om een hogere gasopbrengst te realiseren en op deze wijze meer energie te produceren. Het principe van TDH werkt als een snelkookpan. Het surplusslib wordt onder hoge druk verhit door middel van stoominjectie (4-6 bar, 160 – 180 °C). De behandeling heeft de volgende effecten op het slib:

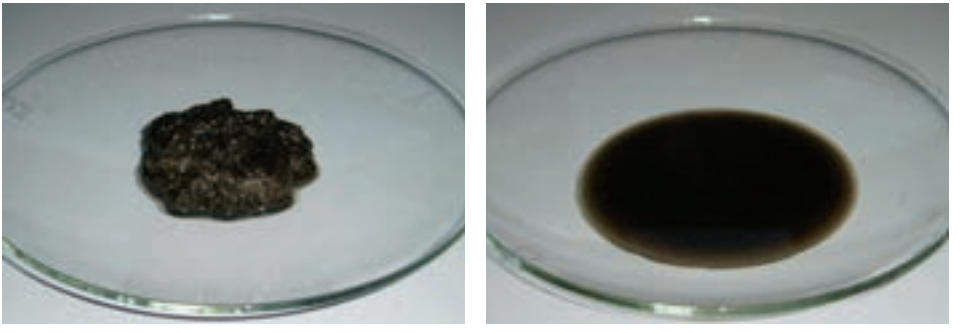
– Het behandelde slib vervloeit door deze behandeling waardoor de in de cellen opgeslagen voedingsstoffen vrijkomen. Doordat de hydrolysestap al heeft plaats gevonden kan de verblijftijd in de gisting met ongeveer 20-25% worden teruggebracht.
– Het slib wordt minder visceus waardoor slib met hogere drogestofgehalten kan worden vergist. Door extra slibontwatering (tot 20%ds) voorafgaand aan de thermische slibhydrolyse neemt de capaciteit van de gistinginstallatie sterk toe (+ 50%). Ontwatering zorgt tevens voor een effectievere warmteoverdracht in de TDH-installatie; minder water wordt verwarmd.
– Het grootste voordeel van thermische slibhydrolyse is de verbeterde slibafbraak. Tijdens onderzoek en praktijksituaties wordt een verbeterde afbraak van 30-50% waargenomen, waardoor minder slib moet worden ontwaterd en verwerkt. Verbeterde slibafbraak zorgt tevens voor een hogere biogasproductie, deze neemt evenredig toe met de verbeterde afbraak.
– Door de verbeterde afbraak van de organische fractie in slib wordt het slib meer mineraal van aard, waardoor de ontwaterbaarheid toeneemt. Na ontwatering worden drogestofgehaltes van boven 30% gehaald.

Door de hogere slibafbraak worden anorganische verbindingen in oplossing gebracht. De gewijzigde omstandigheden in de vergister zorgt voor een hogere pH en meer kationen. Hierdoor worden omstandigheden gecreëerd waarin een deel van het herwinbare fosfaat wordt neergeslagen. Door neerslagreacties kan het herwinbare fosfaat afnemen met 40% ten opzichte van de situatie zonder TDH.

De ammoniumconcentraties nemen aanzienlijk toe tot waarden van ongeveer 1500-3000 mg/l. Om de waterlijn van de zuivering niet zwaar te belasten met stikstofverbindingen moeten voorzorgsmaatregelen genomen worden. Bijvoorbeeld door middel van een deelstroombehandeling op basis van de anammox-bacterie.

NUTRIËNTENTERUGWINNING

Terugwinning van fosfaat kan plaatsvinden op twee verschillende plaatsen in het proces. De eerste mogelijkheid is na gisting in de toevoer naar de slibontwateringsinstallatie (in de sliblijn). Magnesiumchloride wordt gedoseerd om het



Het effect van TDH: surplusslib (6 procent drogestof) voor en na behandeling met TDH (bron: PCS-service GmbH).

herwinbare fosfaat te binden, 90% van het herwinbare fosfaat wordt gebonden waardoor struviet wordt gevormd. Het gevormde struviet is voor 50-70% af te scheiden en in te zetten als (basis voor) kunstmest, het resterende struviet wordt niet afgescheiden en wordt afgevoerd met de slibkoek. Bovendien is met het verwijderen van vrij fosfaat de voorwaarde weggenomen voor ongewenste struvietvorming in leidingwerk en ontwateringsinstallaties.

Voordeel van deze technologie is dat het herwinbare fosfaat vóór slibontwatering wordt verwijderd. Dit heeft een reducerend effect op de EPS rond de cellen waardoor de ontwaterbaarheid van het slib toeneemt (+ 3 tot 5%ds). Het struviet dat wordt gevormd in de reactor bevat een kleine hoeveelheid organische stof, waardoor het moeilijk als meststof af te zetten is. Het struviet dient op dit moment als een afvalstof met een geringe waarde te worden afgevoerd. Verwacht wordt dat struviet dat op deze wijze wordt gewonnen, op korte termijn als meststof zal worden erkend.

Menging in de reactor vindt plaats door middel van beluchting. Door de beluchting verdwijnt een deel van de CO_2 en neemt de buffercapaciteit van het water af. Dit heeft een negatief effect op anammox-bacteriën. Uit Duits onderzoek is gebleken dat er géén significant negatief effect is op de werking van een DEMON na toepassing van deze technologie, dit blijft echter een punt van aandacht.

Een tweede mogelijkheid om struviet terug te winnen is door magnesiumchloride te doseren in het centraat. De procesvoering van deze installatie is ingewikkelder dan bij fosfaatterugwinning in de sliblijn, het voordeel is dat door de lagere organische vervuiling in het centraat struvietkristallen met een hoge



Uit de sliblijn teruggewonnen fosfaat (Airprex). De grijze kleur is afkomstig van organische vervuiling.

zuiverheid worden gevormd. De struvietkristallen kunnen met verschillende korrelgroottes worden afgescheiden. De korrels kunnen direct worden afgezet als kunstmest. De opbrengsten per ton struviet liggen daarom een factor 3 à 4 hoger dan het struviet uit de sliblijn.

Bij fosfaatterugwinning in centraat kan >95% van het vrije fosfaat wordt verwijderd. Het herwinbare fosfaat kan voor meer dan 90% worden teruggewonnen. Nadeel van fosfaatverwijdering ná ontwatering is een geringer effect de ontwaterbaarheid en een hoger risico op struvietvorming.

Om de hoeveelheden herwinbaar struviet te maximaliseren voor struvietvorming in het centraat en het risico op struvietvorming te reduceren kan het slib worden gestript voorafgaand aan indikking ten behoeve van TDH. Door het surplusslib langdurig onder anaërobe omstandigheden te stellen wordt het biologisch gebonden fosfaat vrijgemaakt. Het fosfaat kan worden afgescheiden in de ontwateringstap voor TDH.

EFFECTEN OP ELKAAR

Thermische slibhydrolyse heeft een groot effect op de bedrijfsvoering van een gistinginstallatie. Het proces vraagt veel energie om het slib te verwarmen. Het is een technologie die met name interessant is als een externe energiebron kan worden gebruikt om stoom op te wekken, bijvoorbeeld rookgaswarmte van een warmtekrachtkoppeling.

Thermische slibhydrolyse beïnvloedt het gistingsproces door hogere drogestofgehalten in de gisting en een snellere en verdere reductie van surplusslib. Door het proces kunnen bestaande installaties worden aangepast voor hogere capaciteiten of nieuwe installaties kleiner worden ontworpen. De hogere slibreductie resulteert in een hogere biogasproductie en voornamelijk hogere concentraties ammonium in het centraat. De fosfaatconcentraties in het centraat zullen door neerslagreacties ongeveer gelijk blijven ten opzichte van de huidige situatie (ca. 200-400 mg/l).

Fosfaat kan worden verwijderd door struvietterugwinning. De maximale hoeveelheid fosfaatterugwinning kan worden gerealiseerd door struvietwinning in de waterlijn. Deze methode kan goed worden gecombineerd met P-strippen voorafgaand aan vergisting. Een klein deel van het gevormde ammonium (ca. 10%) wordt verwijderd door struvietvorming. Om de stikstofbelasting op de zuivering niet toe te laten nemen moet aanvullende stikstofverwijdering plaatsvinden. Als struviet wordt teruggewonnen in de sliblijn moet rekening worden gehouden met het verminderd bufferend vermogen van het centraat.

EFFECTEN OP DE ZUIVERING

Door thermische slibhydrolyse en struvietwinning toe te passen in de sliblijn verandert de belasting op de zuivering voor met name fosfaat. Door struviet te vormen wordt de fosfaatbelasting op de zuivering met 25 - 35% verlaagd. Dit



Ontwaterd slib na TDH. Drogestofpercentages van boven 30% worden gehaald (bron: Cambi).

heeft tot gevolg dat minder fosfaat chemisch moet worden verwijderd. Minder chemicaliëndosering heeft hiernaast tot gevolg dat er minder slib wordt gevormd, waardoor de gisting wordt ontlast. Uiteindelijk wordt een nieuwe fosfaatbalans gevormd over de waterzuivering.

KOSTENEFFECTEN

Kostenbesparingen worden bij beide technologieën voornamelijk gerealiseerd door een beter te ontwateren en een sterk gereduceerde hoeveelheid slibkoek. Verbetering in ontwatering zijn deels aanvullend. Overige financiële winstpunten zijn verminderde chemicaliënkosten en de afzetopbrengst van struviet. Het energierendement verbeterd alleen als een niet benutte hoogwaardige warmtebron (bijvoorbeeld rookgassen) kan worden toegepast om stoom op te wekken. Is dit niet het geval, dan zal een aanzienlijk deel van het geproduceerde gas worden aangewend voor stoomopwekking.

De terugverdientijd van TDH en struvietterugwinning is grotendeels afhankelijk van de investeringen die ter plaatse moeten worden gedaan. Hiernaast is de afzet van vergaand gemineraliseerd slib en het gewonnen struviet een aandachtspunt .

CONCLUSIE

Er is al ervaring in de praktijk met stand-alone TDH- en fosfaatterugwinninginstallaties, deze installaties zijn echter nog niet gezamenlijk toegepast. Het onderzoek dat IMD heeft uitgevoerd laat zien dat beide technologieën elkaar. De implementatie van beide technologieën kan daarom niet worden gezien als het plaatsen van twee afzonderlijke technologieën, maar moet integraal worden bezien. De bedrijfsvoering van de hele rwzi verandert door de toepassing van één of meerdere nieuwe technologieën.

Thijs van Delft
IMD