

WWW.ENERGIEFABRIEK.NL

*Het project de Energiefabriek
is een krachtenbundeling van:*

Waterschap Aa en Maas

Waterschap Rivierenland

Waterschap Veluwe

*Hoogheemraadschap
Hollands Noorderkwartier*

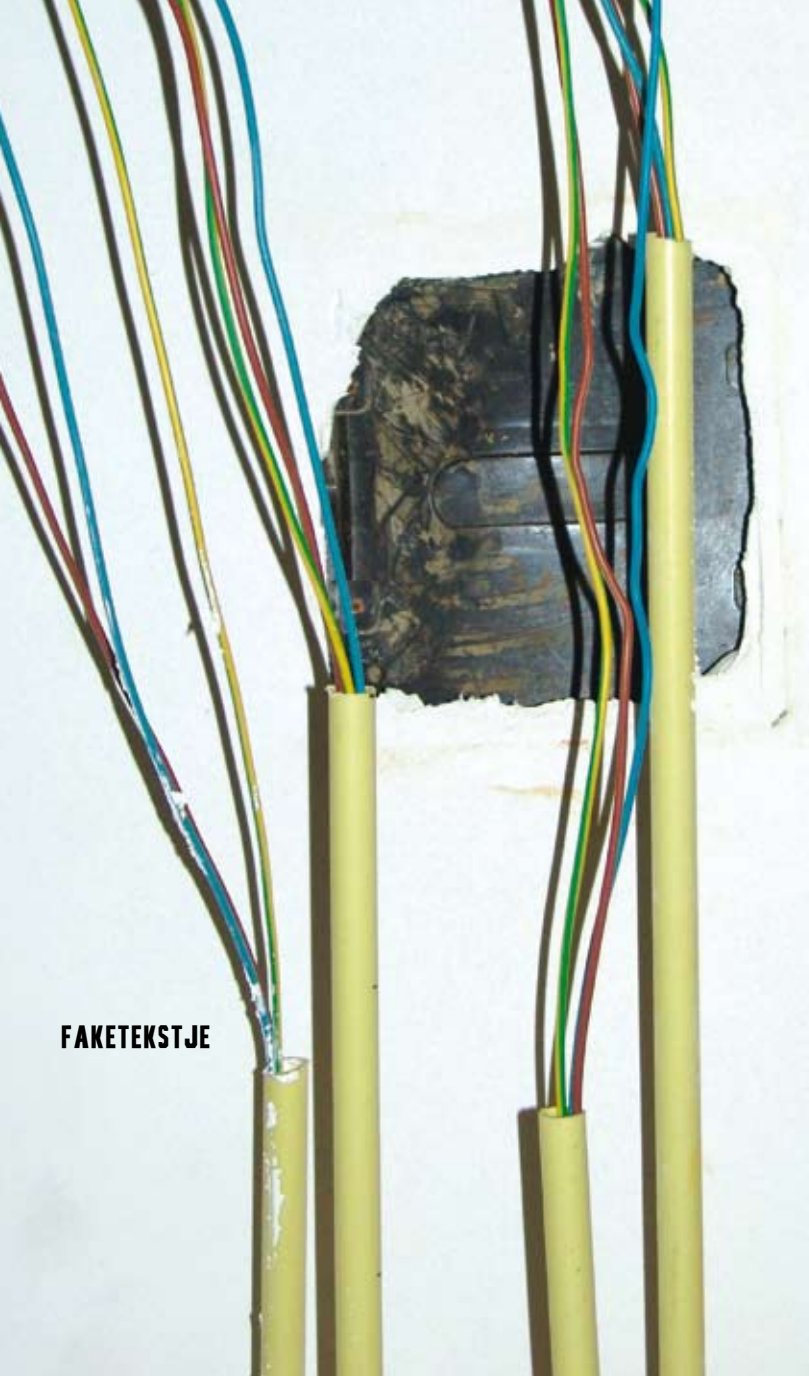


DE SCHAKELAAR OM

*Van donker naar licht,
van binnen naar buiten.
Dat is de nieuwe energie,
die het verschil maakt
tussen slurpend en neutraal.*



WATERSCHAPPEN BINNENSTE BUITEN



FAKETEKSTJE



FAKETEKSTJE

DE ENERGIE VAN DEZE UITGAVE

De energie van Lambert Verheijen	4
De energie van de uitdaging	8
De energie van de waterschappen	12
De energie van de markt	20
De energie van de businesscases	22
De energie van de omgeving	34
De energie van krachtenbundeling	40
De energie van de Energiefabriek	42
De energie van feitelijke kennis	46
Handige energieweetjes	54

COLOFON

Het project de Energiefabriek is een krachtenbundeling van: Ferdinand Kiestra, Judith Hoogenboom, Tessa Kastelein, George Zoutberg, Hielke van der Spoel en Ruud van Dalen; daarbij ondersteund door Grontmij, Royal Haskoning, Procede Biomass en AEF.

WWW.ENERGIEFABRIEK.COM

Concept/tekst: pen en potlood, 's-Hertogenbosch
Concept/vormgeving: Wapenfeit.com, Eindhoven
Oplage 250, drukwerk: naam drukker, plaatsnaam



Waterschap Veluwe



Waterschap
Aa en Maas



Waterschap
Rivierenland



hoogheemraadschap
Hollands
Noorderkwartier

DE ENERGIE VAN LAMBERT VERHEIJEN

LOESJE VROEG
ZICH LAATST AF:

**SPAARLAMP.
WAAR
BLIJVEN DE
SPAARAUTO
EN DE
SPAARFABRIEK?**

Loesje

DE SPAARFABRIEK KOMT ERAAN!

Althans, als het aan de projectgroep de Energiefabriek ligt. Deze enthousiaste club waterschappers heeft een ingenieuze fabriek voor ogen, die binnenkomende afvalstromen bij de waterschappen omzet in energie. Voor eigen gebruik, en wellicht ook voor gebruik van anderen. Met deze Energiefabriek kunnen de waterschappen hun bijdrage leveren aan de energie-uitdaging die wereldwijd voor de deur staat. En een serieuze partner worden op de energiemarkt.

OMSCHAKELING

Windmolenparken die als paddenstoelen uit de zee schieten. Koud zeewater omgezet in warmte voor woningen. Schone energie uit poep; in binnen- en buitenland buigen bedrijven, overheden en organisaties zich over het energievraagstuk en komen met innovatieve oplossingen.

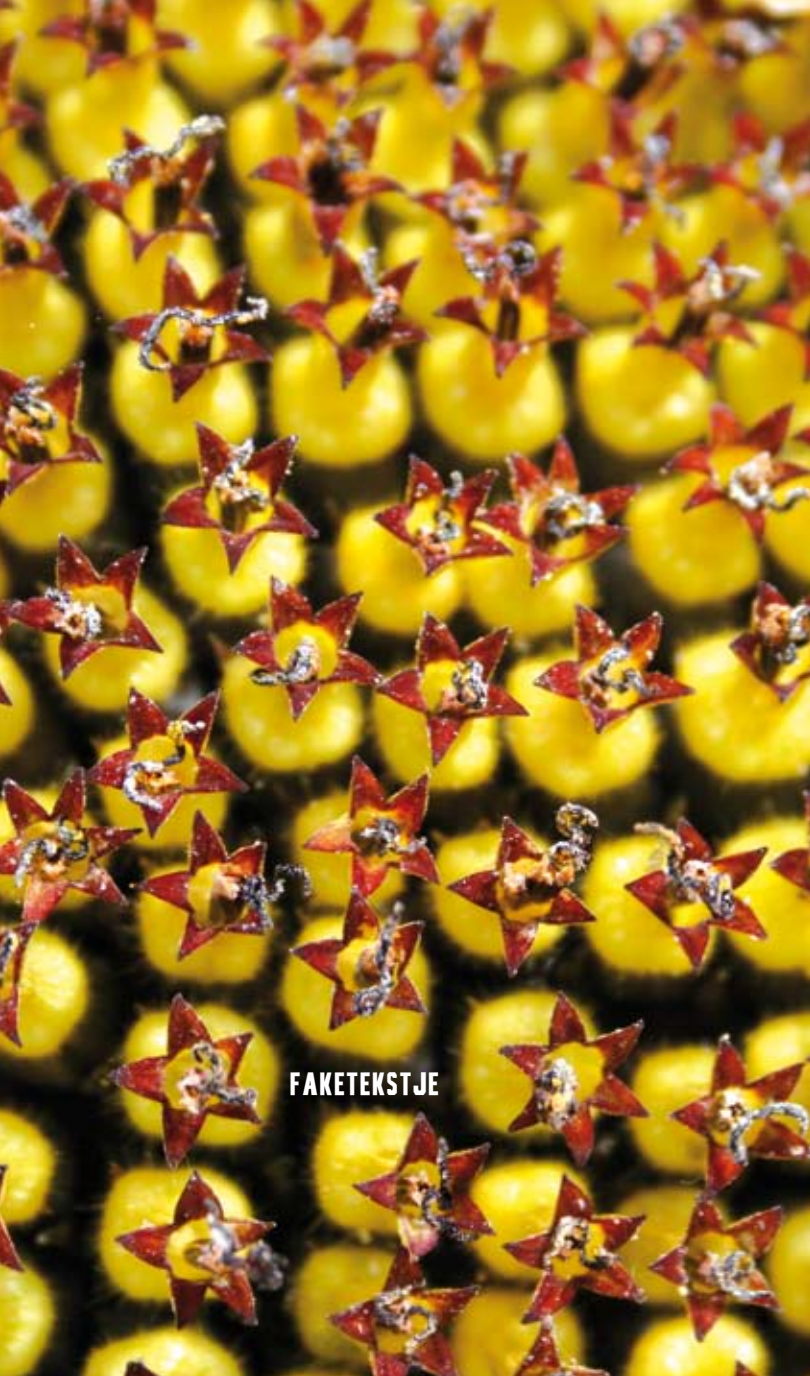
Waterschappen denken én doen vanaf nu volop mee. Met de ambitieuze, maar realistische plannen voor de Energiefabriek kunnen zij inspelen op de huidige en toekomstige ontwikkelingen; door na te denken over hoe we in de 22^e eeuw nog net zo vanzelfsprekend als nu het licht aandoen. Dat vraagt om een complete omschakeling van denken en doen. De waterschappen binnenste buiten gekeerd: bestaande technieken ombouwen, huidige taken uitbreiden. Vanuit een nieuwe visie, met de focus gericht op samenwerking met elkaar en derden.

Waar nu nog velen in het duister tasten, werpt dit document een licht op de mogelijkheden. Moge het een krachtige kennisbron zijn én een bron van inspiratie voor de energiebundeling in Nederland Waterschapsland.



LAMBERT VERHEIJEN

Dijkgraaf waterschap Aa en Maas



FAKETEKSTJE



FAKETEKSTJE

DE ENERGIE VAN DE UITDAGING

HOE ZIET HET WATERSCHAP VAN DE TOEKOMST ERUIT?

De Unie van Waterschappen daagde de 26 waterschappen in Nederland uit om 'fris en wild' mee te denken over vernieuwende initiatieven binnen het project WaterWegen. In dit visiedocument staat waar de waterschappen over tien jaar willen staan: als een sterke netwerkorganisatie, sturend in de ruimtelijke ontwikkeling en verbonden met de omgeving. Waarbij ze laten zien dat ze innovatief zijn en in staat om te anticiperen op de uitdagingen van morgen. Maar hoe geeft de sector daaraan handen en voeten? Deze vraag hield de waterschappers rond de zomer van 2007 flink bezig. Via een wedstrijd van de Unie.

VERANDEROPGAVE

Het wedstrijdreglement telde zeven compleet uiteenlopende thema's, waaruit de deelnemers een keuze maakten. En toen aan de slag; met het vormgeven van de verander-opgave, waarmee ze fungeerden als de motor van het vernieuwingsproces. Op weg naar het waterschap anno 2015.

AND THE WINNER IS...

...de Energiefabriek van waterschap Aa en Maas. De jury nam in haar oordeel ook het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, waterschap Veluwe en waterschap Rivierenland mee, die vergelijkbare ideeën instuurden. De hoofdprijs is geen zak met geld om de Energiefabriek te bouwen; het 'goud' biedt wel toegang tot een breed netwerk om de plannen uit te werken. Het concept de Energiefabriek behelst een stevige ambitie. Maar is die ook haalbaar en betaalbaar? De projectgroepleden van de Energiefabriek staken daarover koppen en kennis bijeen.

350 NIEUWE ENERGIEBRONNEN

Afvalwater, dáár zit energie in. Rioolwaterzuiveringen (RWZI's) ontvangen grote hoeveelheden van een energiedrager: afvalwater. Waarom de energie die aan de ene kant binnenkomt, niet gebruiken voor de processen die aan de andere kant vragen om energie? Dat gebeurt al bij grotere RWZI's, maar kan breder worden uitgerold. 350 RWZI's als 350 nieuwe energiebronnen; waarmee waterschappen in hun eigen energiebehoefte voorzien en wellicht nog overhouden voor energielevering.

PROJECT DE ENERGIEFABRIEK

De doelstelling van het project tot nu toe was om voor Nederland Waterschapsland een verwerkingsconcept en een businessplan te ontwikkelen. Daarmee kunnen de waterschappen rioolwater, eventueel in combinatie met andere energiehoudende organische stromen (bijvoorbeeld mest, maaisel of industriële reststromen) energieneutraal, dus zelfvoorzienend, zuiveren. En energie leveren, zoals groene elektriciteit, groen gas en warmte.

ROL RWZI

Een RWZI is dus dé locatie om de doelstelling te bereiken. RWZI's hebben nu al een dusdanige bedrijfsmatige opzet, dat ze tot een Energiefabriek zijn uit te bouwen. Zo ontwikkelen waterschappen zich tot duurzaam ingerichte organisaties, minder afhankelijk van de energiemarkt. Daarnaast kunnen ze met de juiste marktbenadering, door opbrengsten via energielevering, tegen aanzienlijk lagere netto kosten opereren. De projectgroep zocht en vond hiermee een concept dat geschikt is voor landelijke invoering. Zodra het geld oplevert, kan de burger delen in de winst!

ENERGIENEUTRAAL

De Energiefabriek moet bijdragen aan een energieneutrale sector. Om dit te bereiken, ontwikkelde de projectgroep een nieuw technisch zuiveringsconcept. Dit kan het waterschap toepassen bij volledig nieuwe zuiveringen, maar ook bij al bestaande RWZI's. Het energieneutrale waterschap bespaart op de langere termijn kosten, maar vraagt nu ook om investeringen.

KRACHTIGE ORGANISATIE

De Energiefabriek valt of staat verder met een vooruitstrevende organisatie, die in samenwerking met de waterschappen letterlijk gestalte krijgt. Een Doe- en Denktank van de waterschappen, die zich buigt over de concrete uitrol van Energiefabrieken. De projectgroep boog zich alvast over de uitwerking van de businesscases, inclusief de potenties en consequenties. Het resultaat zijn drie typen Energiefabrieken, die in deze uitgave zijn uitgewerkt. Tot zover het werk van de projectgroepleden. Wat voor hen het eindpunt is, is het startpunt voor de kartrekkers van de feitelijke bouw van de Energiefabriek.

DE ENERGIE VAN DE WATERSCHAPPEN

WAAR HEBBEN WE HET EIGENLIJK OVER?

Hoeveel energie verbruiken de waterschappen?

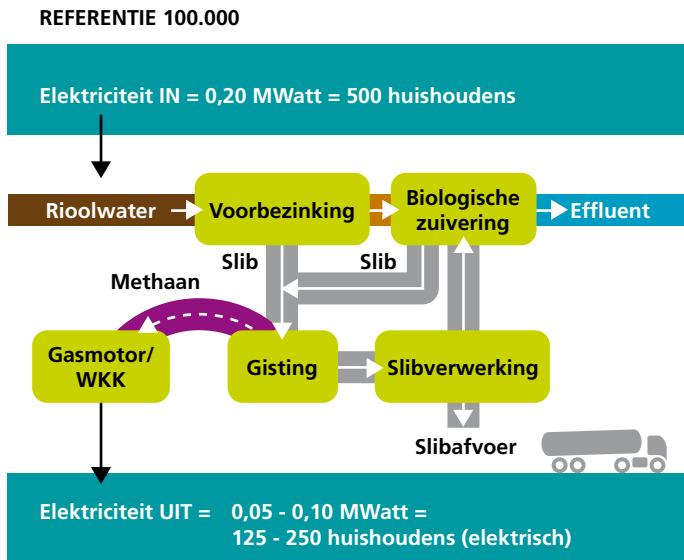
Is de sector een serieuze speler op de energiemarkt?

Is energieneutrale zuivering mogelijk? Dat blijkt uit de feiten en figuren op de komende pagina's; een aanzet om de Energiefabriek in een breder kader te plaatsen en de potentie af te tasten.

DE FEITEN

- Waterschappen kopen voor hun zuiveringsbeheer jaarlijks 600 GWh in. Vergisting van slib levert 150 GWh op. Het totaalverbruik is 750 GWh. Ter vergelijking: Nuon wekt jaarlijks 667 GWh aan duurzame elektriciteit op.
- Waterschappen verbruiken 29 miljoen m³ aardgas per jaar (exclusief slibdroging).
- Een gemiddeld huishouden verbruikt 3.000 kWh en 1.600 m³ gas per jaar.
- Het elektriciteitsverbruik van de waterschappen is dus gelijk aan het stroomverbruik van 250.000 huishoudens; qua grootte vergelijkbaar met E.On NL en Greenchoice.
- Energieneutrale waterschappen besparen met zuivering van afvalwater het verbruik van de inwoners van Rotterdam of 60% van het verbruik van de NS.

In Nederland heeft 25% van de RWZI's energieopwekking door slibgisting. Het gaat vooral om de grote installaties, die 55% van het rioolslib verwerken. Onderstaande figuur toont hoe de energiebalans er op zo'n zuivering uit ziet. Van hieruit krijgt de Energiefabriek vorm: een zuiveringsinstallatie voor 100.000 vervuilingseenheden (v.e.) met voorbezinking en slibgisting.



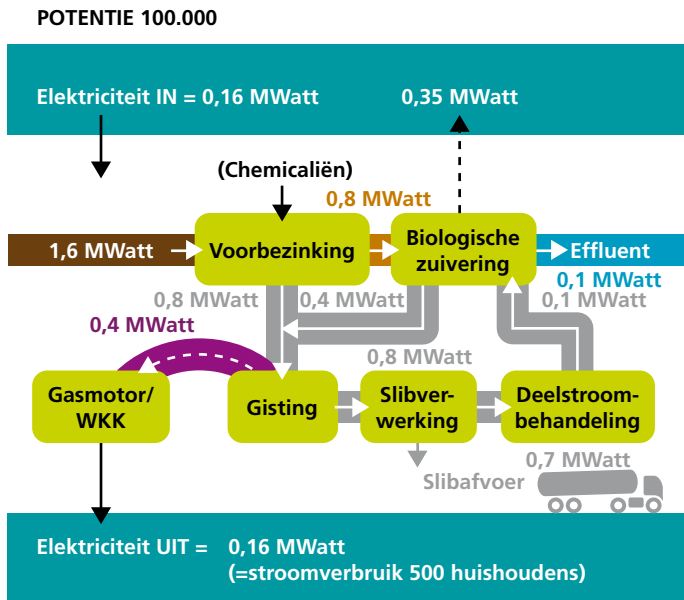
* Huishoudequivalent energie: 1,6 kW warmte (1600 m³ aardgas/jr) en 0,4 kW elektrisch (3000 kWh/jr)

OP DIT MOMENT...

- Wekken energieopwekkende zuiveringen 30 tot 50% van het eigen verbruik op;
- Wordt 30% van het geproduceerde slib omgezet in methaangas, dat een gasmotor met maximaal 40% rendement transformeert tot elektriciteit. Ook de restwarmte is vaak nuttig, bijvoorbeeld voor verwarming van gisting;
- Levert terugwinning van 40% energie op een zuivering van 100.000 v.e. 100 kW vermogen op, het stroomverbruik van 250 huishoudens;
- Moeten 500.000 v.e./jaar energieneutraal worden gezuiverd volgens MJA3.

NIEUWE ENERGIE OP DE ZUIVERINGEN

Een energieneutrale situatie, laat staan een energieléverende situatie, lijkt mijlenver weg. De zuiveringen moeten dan minstens het drievoudige opwekken met hetzelfde rioolwater. Maar vanuit de energiebalans ontstaat een heel ander, interessant beeld, dat geen afbreuk doet aan de effluentkwaliteit. Meer organische stof (energie) naar de biomassaconversie/slibgisting sturen, levert namelijk meer energie op. Tegelijkertijd kan de biologische zuivering minder energie verbruiken: een win-win-situatie ten top! De vraag is hoeveel energie het afvalwater vertegenwoordigt en of die energie niet efficiënter te winnen is.



* Huishoudequivalent energie: 1,6 kW warmte (1600 m³ aardgas/jr) en 0,4 kW elektrisch (3000 kWh/jr)

JA, ENERGIENEUTRAAL HET KAN!

- Met de bestaande technieken is energieneutraal zuiveren nu al mogelijk! Dit betekent voor een moderne zuivering een verbeterde voorbezinking, verbeterde gasmotor (39% rendement) en deelstroombehandeling voor stikstofverwijdering.
- De chemische energie-inhoud van het influent bevat zelfs zes keer de benodigde energie om het zuiveringsproces te laten draaien. De winbaarheid van deze energie-inhoud bepaalt of er sprake kan zijn van een energieleverende situatie.
- Het blijkt ook dat voor een energieneutrale zuivering een levering ontstaat, door slechts de gasmotor te vervangen door een brandstofcel (rendement van 60% in plaats van 38%).
- Met een warmtepomp wordt de warmte-energie van het effluent benut. Het effluent koelt enkele graden af, waardoor een extra leveringspotentie van enkele MW ontstaat; goed voor de warmtebehoefte van duizenden huishoudens.
- Zuiveringen zouden dus een overschot aan elektriciteit én warmte kunnen produceren voor levering aan derden.

De leverende zuivering kan dus ook!



FAKETEKSTJE



FAKETEKSTJE

DE ENERGIE VAN DE MARKT

De technische haalbaarheid van energieneutrale en energieleverende RWZI's is een feit. De lokale situatie en technische mogelijkheden leveren echter legio mogelijkheden op met ieder een eigen businesscase. Hoe zit het dan met de potentie? De waterschapskaart van Nederland laat zien dat nieuwbouwscenario's zelden voorkomen; de 'marketing' moet zich vooral richten op bestaande situaties. Op basis van strategische keuzes bepaalt elk waterschap zelf welk pad het bewandelt voor realisatie van een Energiefabriek.

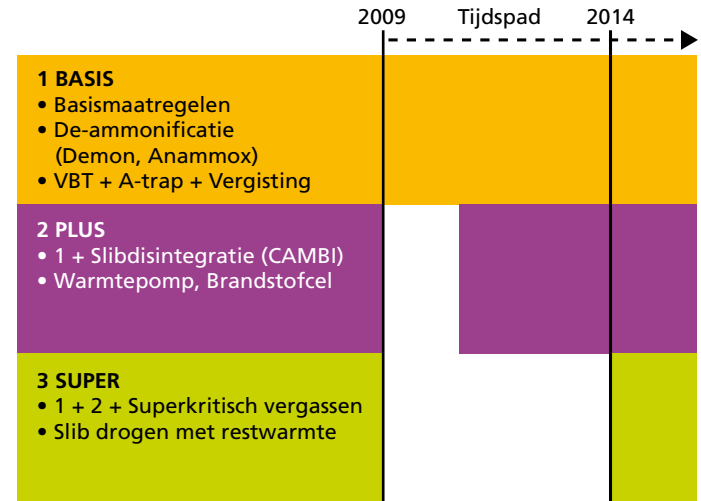
DRIE TYPEN

Om een beeld te schetsen van de mogelijkheden zijn, na een brede technische screening, drie typen Energiefabrieken gedefinieerd:

Basis: uitbreiding van de installatie met bewezen technieken. Dit levert een energieneutrale situatie op en is vandaag al mogelijk.

Plus: het basisscenario met toepassing van een brandstofcel en een extra ontsluitingsstap voor de slibbehandeling (bijvoorbeeld CAMBI), zodat netto energielevering plaatsvindt. Dit scenario is binnen twee jaar te realiseren.

Super: het plusscenario, waarbij de gisting plaatsmaakt voor superkritische vergassing van slib. Deze optie levert serieuze energielevering op, maar vergt nog wel enkele jaren ontwikkelingstijd.

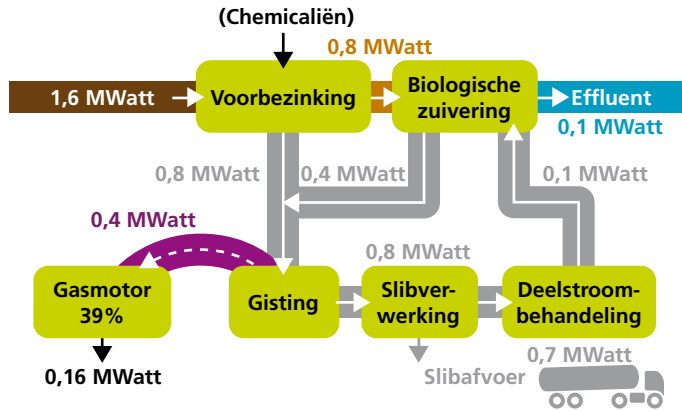


SYNERGIE

De scenario's zijn verder nog op hun gevoeligheid getest voor energieprijzen (verdubbeling in 10 jaar), schaalgrootte (100.000 en 350.000 v.e.) en het effect van verwerking van extra biomassa, waarvoor dunne fractie mest het uitgangspunt is. Deze mestfractie levert namelijk synergie met de installaties, kennis en expertise van de waterschappen en kan zelfs, door verwerking van mestoverschot, bijdragen aan verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit. Voor andere stromen, zoals houtsnippers, snoeihout, watervanavel en restanten uit de levensmiddelenindustrie, geldt dit minder.

DE ENERGIE VAN DE BUSINESSCASES

BASIS

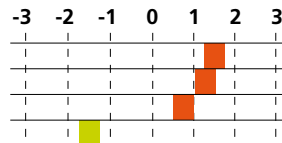


* Huishoudequivalent energie: 1,6 kW warmte (1600 m³ aardgas/jr) en 0,4 kW elektrisch (3000 kWh/jr)

BASISSCENARIO

- Basisscenario 100.000 v.e. **
- Basisscenario 350.000 v.e.
- Basisscenario + prijsstijging energie 10%/jr
- Basisscenario + mestverwerking***

Netto effect op v.e.-tarief (€/v.e.)*



- * Gemiddeld exploitatieverschil over 15 jaar (€/jr) gedeeld door capaciteit RWZI in v.e.'s
- ** Extra investering van € 1.600.000, prijsstijging energie 3% per jaar
- *** Dunne fractie mest, 50.000 m³/jr, 4000 kg CZV/d

TECHNIEK

Uitbreiding van bestaande, moderne installaties (zoals energiearme belichting, moderne meet®el) naar energieneutraal met bewezen technieken, zonder verwerking van extra biomassastromen. Dit betekent technisch:

- Toepassing van verbeterde voorbezinking (of tweetrapsysteem);
- Deelstroombehandeling voor stikstofverwijdering (de-ammonificatie);
- Verbeterde gasmotor (rendement 39%).

Door toepassing van de-ammonificatie vraagt het totale proces 0,16 MW. Datzelfde wordt opgewekt via gisting en gasmotor.

BUSINESSCASES

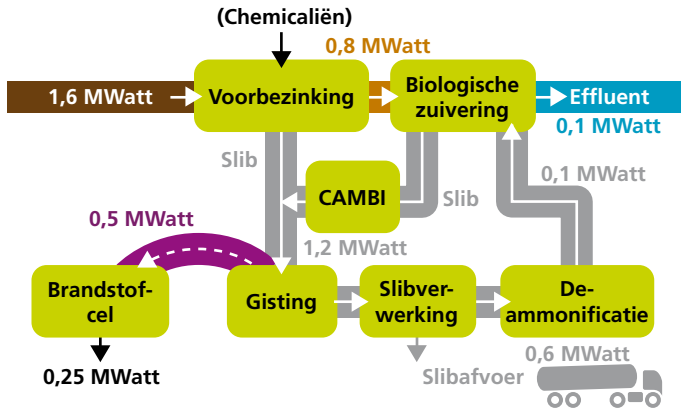
Basis hiervoor is een voor de Energiefabriek opgezette modelberekening. De uitkomsten laten fictieve zuivering zien van 100.000 v.e., die 18.000 m³/d verwerkt en beschikt over een voorbezinktank en gisting. In de praktijk zijn daarnaast, door lokale omstandigheden, talloze uitkomsten mogelijk.

CONCLUSIES

De techniek van het basisscenario is bewezen en kan dus direct, relatief risicoloos worden ingevoerd. Energieneutrale zuivering is daarmee technisch dichtbij. De businesscases bewijzen verder, dat waterschappen de investering zelfs kunnen terugverdienen binnen de technische levensduur van 15 jaar. Kortom: bij mestverwerking of zuiveringen boven 350.000 v.e. levert de investering geld op, dat terugvloeit naar de burger.

DE ENERGIE VAN DE BUSINESSCASES

PLUS

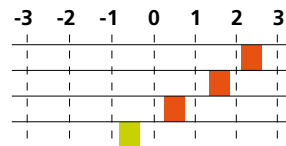


* Huishoudequivalent energie: 1,6 kW warmte (1600 m³ aardgas/jr) en 0,4 kW elektrisch (3000 kWh/jr)

PLUSSCENARIO

Basisscenario 100.000 v.e.**
 Basisscenario 350.000 v.e.
 Basisscenario + prijsstijging energie 10%/jr
 Basisscenario + mestverwerking***

Netto effect op v.e.-tarief (€/v.e.)*



* Gemiddeld exploitatieverschil over 15 jaar (€/jr) gedeeld door capaciteit RWZI in v.e.'s
 ** Extra investering van € 3.700.000, prijsstijging energie 3% per jaar
 *** Dunne fractie mest, 50.000 m³/jr, 4000 kg CZV/d

TECHNIEK

Dit energieleverende scenario is een uitbreiding van de basisvariant met een brandstofcel in plaats van gasmotor en extra ontsluitingsstap voor de slibbehandeling (CAMBI). Dit laatste levert ook voordeel op voor de slibverwerking. Voor zuivering van 100.000 v.e. ontstaat, na aftrek van het eigen gebruik, nog een energielevering van 0,1 MW elektrisch; het stroomverbruik van 225 huishoudens.

BUSINESSCASES

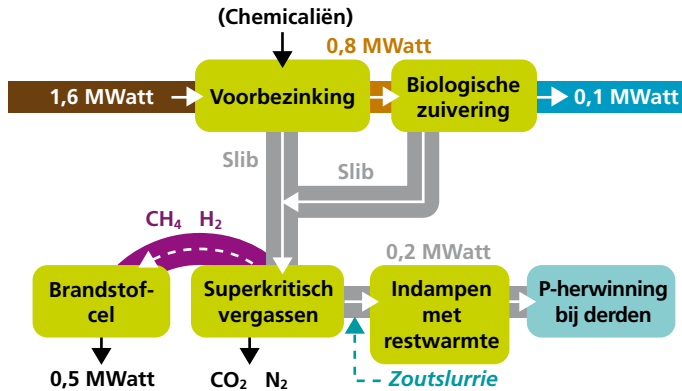
De modelberekening geeft de uitkomsten voor een fictieve zuivering van 100.000 v.e., die 18.000 m³/d verwerkt en een voorbezinktank en gisting heeft. Ook hier zijn daarnaast in de praktijk talloze uitkomsten mogelijk.

CONCLUSIES

Het plusscenario is technisch onzekerder, omdat Nederland met CAMBI en brandstofcellen nog geen ruime ervaring heeft. Uit de businesscases blijkt dat de extra energiewinst bij een zuivering van 100.000 v.e. niet opweegt tegen de extra investeringen. Bij grote RWZI's, door mestverwerking of stijging van de energieprijzen, kan ook hier worden verdiend op de investering. De investeringen kunnen dus netto geld opleveren, dat terugvloeit naar de burger.

DE ENERGIE VAN DE BUSINESSCASES

SUPER

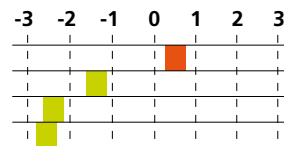


* Huishoudequivalent energie: 1,6 kW warmte (1600 m³ aardgas/jr) en 0,4 kW elektrisch (3000 kWh/jr)

SUPERSCENARIO

- Basisscenario 100.000 v.e.**
- Basisscenario 350.000 v.e.
- Basisscenario + prijsstijging energie 10%/jr
- Basisscenario + mestverwerking***

Netto effect op v.e.-tarief (€/v.e.)*



* Gemiddeld exploitatieverschil over 15 jaar (€/jr) gedeeld door capaciteit RWZI in v.e.'s

** Extra investering van € 7.000.000, prijsstijging energie 3% per jaar

*** Dunne fractie mest, 50.000 m³/jr, 4000 kg CZV/d

TECHNIEK

Het superscenario borduurt voort op het plusscenario, met de vervanging van gisting door superkritische vergassing van slib en verwerking van de resterende zoutslurrie. Een groot voordeel van vergassing is dat er geen slibstroom meer ontstaat; die is volledig in gasvorm omgezet. Conventionele eindverwerking van slib is dus niet meer noodzakelijk. Voor een zuivering van 100.000 v.e. ontstaat een everingspotentie van 0,35 MW elektriciteit; gelijk aan het stroomverbruik van 900 huishoudens.

BUSINESSCASES

Deze businesscase is op dezelfde manier berekend als de andere scenario's. Hier is in de praktijk, door lokale omstandigheden, eveneens een range aan uitkomsten mogelijk.

CONCLUSIES

Superkritisch vergassen is nog geen volwassen techniek en vraagt nog 3 tot 5 jaar ontwikkeling voor full-scale inzet. De businesscases laten zien dat de investering al bij zuiveringen van 100.000 v.e. kan worden terugverdiend binnen de technische levensduur. Dit levert dus netto geld op.

ER IS GEEN MEST IN ONS GEBIED

Andere biomassastromen als snoeihout, maaisel en GFT kunnen ook interessant zijn voor verwerking. Door thermische ontsluiting van deze stromen ontstaat toch een interessante businesscase, zeker in combinatie met een bestaande vergisting en zuivering. Een andere optie: toepassing van warmtepompen op het effluent voor warmtelevering in de omgeving (zie ook de bijlage voor uitleg over de warmtepomp).

ONZE ZUIVERINGEN ZIJN VEELAL KLEINER DAN 100.000 V.E.

Dan is slibinzameling vanuit meerdere locaties interessant om het vervolgens te drogen met restwarmte van de WKK (gasmotoren), een externe locatie of met een warmtepomp op het effluent. Voor een gevoel van grootte: wanneer op een zuivering van 100.000 v.e. slib wordt voorgedroogd tot 100%, is 225 kW aan restwarmte nodig. Deze energie wordt vervolgens bespaard bij de eindverbranding, waardoor 100 kW extra elektriciteit kan worden opgewekt. Een netto besparing in de keten, gelijk aan het verbruik van 250 huishoudens.

ZUIVERING WORDT AL UITGEBREID

Voor RWZI's zonder voorbezinking is uitbreiding mét voorbezinking, gisting en deelstroombehandeling gunstig. De stikstofbelasting naar de zuivering neemt met 15 tot 20% af, waardoor uitbreiding niet nodig is. Kiezen voor een Energiefabriek kan dus voldoende zijn voor het opvangen van de benodigde uitbreiding.

WELKE ENERGIEVORMEN KUNNEN WIJ LEVEREN AAN DERDEN?

- Groene elektriciteit aan het lokale net;
- Biogas (groen gas) na opwerking aan het lokale gasnet;
- Met behulp van een warmtepomp warmte uit het influent of effluent via een warmtenet rechtstreeks aan derden of via de lokale energiemaatschappij.

Zie ook het hoofdstuk:

'De energie van feitelijke kennis' en de uitleg van de warmtepomp onder het kopje 'Technieken'.



FAKETEKSTJE



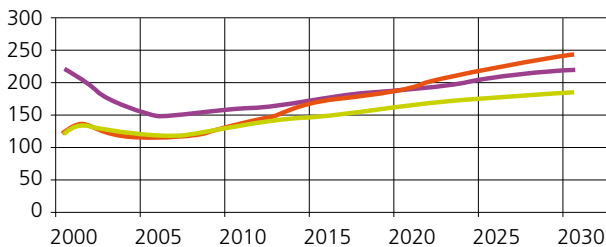
FAKETEKSTJE

DE ENERGIE VAN DE OMGEVING

Het succes van de Energiefabriek hangt uiteraard ook af van autonome ontwikkelingen en trends. De projectgroep de Energiefabriek heeft bij de uitwerking van de plannen rekening gehouden met deze ontwikkelingen en gekeken in hoeverre ze van invloed zijn op de Energiefabriek.

ENERGIEPRIJZEN

Uit het verloop van de energieprijzen ontstaat geen duidelijke lijn voor de toekomst. Prijsvorming vindt immers plaats op de beurs en is daarmee onzeker. De meeste instanties, waaronder het International Energy Agency (IEA), maken voor de toekomst een inschatting van een stijgende lijn als gevolg van schaarste. Daarin worden ramingen tot een prijsverdubbeling in 20 jaar genoemd.



- Ruwe aardolie - basisscenario
- Aardgas - basisscenario
- Aardgas - prijsvariatie

NIEUWE SANITATIE

Nieuwe sanitatie betekent het aan de bron scheiden en apart behandelen van bepaalde afvalwaterstromen. Dit is een mogelijk alternatief voor steeds verdergaande, centrale zuivering. Daarin bestaat grofweg het onderscheid tussen decentrale urinescheiding en volledige zwart-water behandeling. Urinescheiding kan een positief effect hebben op het concept, omdat minder stikstof hoeft te worden verwijderd. Decentrale behandeling van zwart-water is in feite een lokale invulling van de Energiefabriek.

AFKOPPELEN VAN HEMELWATER

Het afkoppelen van hemelwater kan een positief effect hebben op de Energiefabriek. De concentraties in het aangevoerde afvalwater nemen toe (minder verdunning), waardoor energie eenvoudiger en efficiënter te winnen is. Het te behandelen debiet neemt ook af, maar het rendement van de zuivering moet omhoog door de hogere concentraties. Tot slot wordt het water met een hogere temperatuur aangevoerd met een gunstig effect op de investeringskosten voor de biologische zuiveringsstap en op de winbare warmte-energie.

CO2-EMISSIERECHTEN

CO2-emissierechten zijn verhandelbaar. Het besparen van CO2 is daarmee voor sommige bedrijven commercieel interessant. De RWZI's vallen echter niet binnen de opgestelde kaders van emissierechten. Dat doen vooralsnog alleen energieproducenten met verbrandingsinstallaties met een nominaal thermisch ingangsvermogen van meer dan 20 MW. De energie die een energieleverende Energiefabriek geproduceerd, is echter wel CO2-neutraal. Daarmee kunnen afnemers van deze energie die zelf wel CO2-rechten hebben, emissierechten overhouden. Ter indicatie: wanneer het basisscenario wordt doorgevoerd voor 100.000 v.e., ontstaat een CO2-emissiereductie van ongeveer 800 ton per jaar.

STRENGERE EFFLUENTEISEN EN DE KRW

De drie varianten van de Energiefabriek zijn 'doorge-rekend' bij effluentgehalten van stikstof en fosfaat van respectievelijk 10 en 1 mg/l. Wanneer die worden aangescherpt vanuit de nieuwe Europese richtlijnen, de Kaderrichtlijn Water, gaat dat ten koste van de energie-opbrengst van de zuivering. Ook aanvullende verwijdering van 'nieuwe stoffen', zoals geneesmiddelen, levert extra energieverbruik op.

VERGUNNINGEN EN PROCEDURES

Energiewinning uit het binnenkomende rioolwater op een RWZI en levering van energie aan het lokale netwerk: waterschappen kunnen dit realiseren zonder extra vergunningen of ingewikkelde procedures. Wanneer ze extra biomassa verwerken, moet de vergunning van de Wet milieubeheer worden aangepast (afvalverwerker). Bij de meeste RWZI's is dit al opgenomen. Bij levering van energie aan derden moet het waterschap -in het kader van de elektriciteits- en gaswet- een vergunning aanvragen bij de Energiekamer. Dit is een onderdeel van de NMa, een uitvoeringsorgaan van het ministerie van Economische Zaken.

CENTRALE SLIBVERWERKING

De huidige, grootschalige (maar daardoor ook kostenefficiënte) infrastructuur laat kleinschaligere nieuwe verwerkingstechnieken lastig toe. Aan de andere kant kan bij slimme keuzes worden 'meegelift' met het schaalvoordeel.

SCHAALEFFECTEN

Zoals in hoofdstuk 'De energie van de markt' al zichtbaar is geworden, levert een grotere Energiefabriek absoluut schaalvoordelen. Met een verdrievoudiging van de grootte loopt de terugverdientijd met 25% terug.



FAKETEKSTJE



FAKETEKSTJE

DE ENERGIE VAN DE KRACHTENBUNDELING

VAN BINNEN NAAR BUITEN

Uiteraard heb je met een technisch concept en een sluitende businesscase nog geen energieleverende waterschappen gerealiseerd. Daarvoor is simpelweg actie nodig. En de drive om op een andere manier naar de zuivering te kijken en met elkaar samen te werken. Waterschappen met waterschappen, waterschappen met techniekleveranciers, waterschappen met de energiesector. Ook in het kader van de ambitie van de MJA3-afspraken en de realisatietermijn, is het daarbij van essentieel belang dat we slim samenwerken en kennis uitwisselen. Want het ontbreekt de sector aan voldoende kennis en ervaring met de technieken voor nieuwe installaties. Voor het breder en slimmer inzetten van de bestaande installaties, met zuiveringsconcepten en met het daadwerkelijk realiseren van 'business', geldt hetzelfde. Duurzame energieproductie op onze schaal doet er toe. Zie deze businesskansen en benut hem. Op al deze vlakken moeten we 'buiten de poort' treden; onze focus van binnen naar buiten richten.

DENK- EN DOETANK

Uitgangspunt van de projectgroep de Energiefabriek is dat alle waterschappen gezamenlijk aan de lat staan voor energiebesparing. Samenwerking biedt bovendien de mogelijkheid om de meest interessante locaties voor energie-investeringen te bepalen en uit te nutten. Last but not least: door krachtenbundeling worden de waterschappen een serieuze onderhandelingspartner voor private partijen, zoals industrie, glastuinbouw, natuurbeschermende organisaties en andere energieleveranciers. Deze aanpak sluit naadloos aan op de opgave voor al deze partijen om 2% energiezuiniger te werken. Door de handen ineen te slaan, zowel binnen de sector als daarbuiten, versterken we elkaar hierin.

Samenwerking en kennisontwikkeling ontstaan uiteraard niet vanzelf. Daarom roept de projectgroep op om deel te nemen aan een Denk- en vooral Doetank voor het realiseren van Energiefabrieken: een groep enthousiaste koplopers binnen het waterschap, die samen naar buiten treedt. Wilt u hierin uw energie steken? Maak dat dan kenbaar via telefoonnummer (073) 615 66 66 of info@energiefabriek.com.

DE ENERGIE VAN DE ENERGIEFABRIEK

BINNENSTE BUITEN

De Energiefabriek keert de waterschappen binnenste buiten. Ja. Waterschappen verbreden hun kerntaak met een heel nieuwe functie, begeven zich op nieuwe markten en verdiepen zich in nieuwe technieken. En dragen zo bij aan een voor ons nog onbekende, maar o zo belangrijke ontwikkeling in de maatschappij om de energie-uitdaging aan te gaan. Zo verstevigt de Energiefabriek de maatschappelijke positie van de waterschappen richting samenwerkingspartners en burgers.

VAN DONKER NAAR LICHT

De projectgroep de Energiefabriek heeft het licht gezien. Wat begon met een zoektocht in het donker naar 'vernieuwende ideeën binnen het project WaterWegen', heeft geleid tot een concreet en technisch haalbaar concept. In dit hoofdstuk, tot slot, de belangrijkste conclusies en aanbevelingen van de projectgroep op een rij. In de hoop dat vanaf nu ook anderen hierover even enthousiast hun licht laten schijnen.

ER ZIT ENERGIE IN DE ENERGIEFABRIEK!

- Energieneutraal zuiveren is mogelijk: technisch en financieel.
- De totale energie-inhoud van rioolwater is aanzienlijk hoger dan nodig om datzelfde rioolwater te zuiveren.
- De potentie van energielévering is tweemaal het huidige verbruik van de zuiveringen: van 'min 100%' naar 'plus 200%!'
- Een compleet energieneutrale branche zou deze in de markt tot de grootste 'groene energie'-leverancier van Nederland maken.
- Treed buiten je poort om, in synergie met de huidige installaties, een betere businesscase te maken.
- Energielevering zet waterschappen op de kaart en maakt de sector duurzaam.

WAAROP MOETEN WE DE ENERGIE NU RICHTEN?

- Ontwerp zuiveringen vanuit het energie oogpunt.
- Organiseer een Denk- en Doetank van de waterschappen die de uitrol van Energiefabrieken gaat initiëren en faciliteren.
- Bouw een demonstratie-installatie voor de basis- en plusvariant.
- Zet collectieve onderzoekslijnen uit voor invoering van het Superscenario over 5 jaar en ontwikkelingen als anaërobe zuivering en de-ammonificatie in de hoofdlijn.



DE ENERGIE VAN FEITELIJKE KENNIS

ELEKTRICITEIT OF GAS?

Hieronder enkele feiten rondom deze 'discussie', die voor de keuze bepalend kunnen zijn.

TECHNIEK

Technisch zijn beide vormen goed uitvoerbaar en bewezen. Bij gaslevering vindt, vanwege de strenge normen van het aardgasnet, nog een opwerking van het biogas plaats. Met name H₂S (max 5 mg/m³), CO₂ (max 6 vol%), siloxanen (max 5 ppm) en water zijn vaak kritisch. Tot 150 m³/h mag levering op het lokale net (100 mbar); daarboven mag dat alleen op het regionale net van 8 bar. Elektriciteitsopwekking kan met een WKK-installatie met gasmotoren of via een brandstofcel.

ENERGIE EN CO₂

De referentiesituatie van 100.000 v.e. levert circa 1100 m³ methaan per dag. Daarmee kan circa 160 kW aan elektrische energie worden opgewekt, waarmee de zuivering zowel energieneutraal als klimaatneutraal kan werken. De vrijkomende restwarmte is voldoende om de zuivering van warmte te voorzien.

Bij productie van groen gas uit biogas blijft na aftrek van de energie voor gisting en gasstripper 455 kWhHV aan aardgas over (behoefte van 243 huishoudens). De elektriciteitsvraag van de zuivering (circa 150 kW) moet wel volledig worden ingekocht, zodat de productie netto 300 kW is. Bij inkoop van groene elektriciteit resulteert dit in 715 ton/jr aan vermeden CO₂. Bij inkoop van grijze elektriciteit is de netto CO₂-besparing verwaarloosbaar ten opzichte van het alternatief van een gasmotor. Nederland wekt elektriciteit namelijk grotendeels op door gebruik van kolengestookte elektriciteitscentrales met een beperkt rendement. Vergelijk dus vooral op basis van de lokale energiebehoefte: elektriciteit heeft dan veelal de voorkeur.

FINANCIËN

De investeringsgrootte voor gaslevering is circa € 450.000 tegenover € 150.000 voor elektriciteitslevering. De meerinvestering voor groen gas verdient zich terug bij een prijs van € 0,38 per m³ gas. In de praktijk is deze waarde lager, zodat een gasmotor ook uit financieel oogpunt momenteel de voorkeur heeft.

BRANDSTOFCEL

Een brandstofcel wekt elektriciteit op uit pure waterstof of uit stoffen met een hoog waterstofgehalte, zoals syngas, methanol of benzine. In de brandstofcel wordt biogas via een membraan gecombineerd met zuurstof. Wanneer de twee gassen reageren, ontstaan stoom van ongeveer 600°C en elektriciteit. Het elektrisch rendement (50 tot 60%) is veel hoger dan bijvoorbeeld bij gasmotoren (35 tot 39%); de omzetting van brandstof in energie vindt direct plaats en niet in meerdere fasen. De warmte/krachtverhouding van een brandstofcel past beter bij de energiebehoefte van een zuivering dan die van een gasmotor.

CAMBI

Een thermische hydrolyse van zuiverings-slib om de vergistbaarheid en biogasproductie te vergroten. Na indikking tot 15 tot 20% ds wordt het slib voorverwarmd tot 100°C. Daarna thermische hydrolyse in 30 minuten bij circa 150°C en 9 bar. Tot slot afkoeling tot 35°C voor de toevoer naar de gisting. De gistingstank kan hierdoor ongeveer 50% kleiner dan conventioneel en de afbraak van organische stof kan oplopen tot maximaal 60%. Bij de eindontwatering zijn resultaten tot 30 tot 40% ds aangetoond.

DE-AMMONIFICATIE

Met de-ammonificatie wordt ammoniumverwijdering gerealiseerd via de nitrietroute. Dit betekent dat slechts de helft van het ammonium oxideert tot nitriet (=50% energiebesparing); de rest wordt samen met het gevormde nitriet omgezet naar stikstofgas. Dit laatste gebeurt onder anaërobe condities. Bijkomend voordeel is dat het proces autotroof is en daarom géén koolstofbron behoeft.

HYDROTHERMALUPGRADING (HTU)

Bij HTU wordt natte biomassa (circa 15% ds) met een energetisch rendement van ongeveer 70% onder druk (circa 180 Bar) en bij circa 300 °C omgezet in een waterfractie, oliefractie (biocrude) en gasfractie. De olie kan worden bijgestookt in een kolencentrale of na hydrogenering worden opgewerkt tot transportbrandstof (diesel). Deze techniek is echter nog niet uitontwikkeld.

PYROLYSE

Bij pyrolyse van biomassa wordt relatief droge biomassa (> 90% ds) in afwezigheid van zuurstof onder hoge temperatuur (circa 400 °C) omgezet in een koolfractie en condenseerbaar gas; af te voeren (snelle pyrolyse) als vloeistof (pyrolyse-olie) , of als een brandbaar gas en een koolfractie (langzame pyrolyse). De benodigde warmte voor het opwarmen van de voeding wordt meestal verkregen door verbranding van de koolfractie. Deze techniek is nog niet uitontwikkeld.

TORREFACTIE

Het 'roosteren' van droge (> 90% ds) biomassa bij 200 à 300°C, waarbij het materiaal een maalbaarheid krijgt vergelijkbaar met die van kolen. Daarnaast krijgt het hydrofobe eigenschappen die de opslag en het transport verbeteren. De calorische waarde blijft grotendeels behouden en stijgt per massa eenheid. Het kan heterogene stromen meer homogene eigenschappen geven. Zuiveringsslib is na droging al goed maalbaar. Ook blijven de componenten in het slib, die bij inzet in een energiecentrale problematische zijn, grotendeels aanwezig.

VERBRANDING

Bij het biomassaverbranding wordt organisch materiaal bij hoge temperatuur en toevoer van een overmaat aan zuurstof volledig omgezet in CO₂ en H₂O. Dit wordt commercieel toegepast op een schaalgrootte tussen 5 kW en ca 2000 MW. Biomassa is normaliter goed brandbaar vanaf een calorische waarde van circa 9 MJ/kg; ongeveer 35 tot 40% ds. In de bestaande slibverbrandingsinstallaties kan door toepassing van speciale maatregelen voor warmteterugwinning ook nat slib worden verbrand met een veel lager ds gehalte.

VERGASSING (SUPERKRITISCH)

Bij vergassing van biomassa wordt onder zuurstofarme condities, bij hoge druk en temperatuur, het organische deel omgezet in een brandbaar gas dat bestaat uit CO, CH₄, H₂ en N₂. Een variant hierop voor natte biomassa (bijvoorbeeld 15% ds) is superkritische vergassing. Hierbij wordt de natte slurry ingebracht in een reactor op een druk van circa 300 Bar en 450 tot 700°C. Binnen een reactietijd van enkele minuten wordt de biomassa volledig omgezet in syngas, dat door de aanwezigheid van water vooral uit H₂ bestaat. Dit gas kan worden ingezet in een brandstofcel voor E-opwekking of opgewerkt tot pure H₂.

VERGISTING

Een anaëroob proces bij circa 30 tot 35°C, waarbij organische stof wordt omgezet in methaangas. Bij grotere zuiveringen is dit een gangbaar proces voor de verwerking van rioolslib om energie uit de slibstroom te halen en de drogestofvracht te reduceren. De methaanbacteriën produceren een gas dat voor circa 70% uit methaan bestaat. Dit gas wordt meestal in gasmotoren verbrand om elektriciteit op te wekken. De restwarmte van de motor houdt de gisting op temperatuur.

VOORBEZINKING

Mogelijke eerste stap in een zuiveringsproces, waarbij het afvalwater door gravitaire bezinking wordt ontdaan van zwevende delen/organisch materiaal. Door hieraan chemicaliën te doseren (ijzer of aluminiumzouten en/of polyelectrolyt) kan het rendement voor CZV worden verhoogd. Uit een STOWA-onderzoek (rapport 2001-21) is gebleken dat de afscheiding van CZV op die manier kan variëren van 20 tot 60% en voor stikstof van 5 tot 15%. Deze CZV kan vervolgens via een biomassaconversie worden omgezet in energie.

WARMTEPOMP

Warmtepompen nemen bij lage temperatuur warmte op die bij hoge temperatuur weer wordt afgegeven door toepassing van een compressor en turbine. De warmtepomp vraagt daarmee elektrische energie die thermische energie oplevert. De laagwaardige warmte-inhoud van bijvoorbeeld effluent (10-tot 25°C) kan daarmee worden opgewaardeerd tot warmte van circa 50°C. In energietermen kan de toevoer van een elektrisch vermogen van bijvoorbeeld 0,5 MW een thermisch vermogen van circa 2 MW opleveren. Het effluent daalt daarmee enkele graden (2 tot 5°C) in temperatuur. Andersom kan een warmtepomp ook voor koeling worden gebruikt.

ZEVEN/FILTERS

Zeven en filters kunnen een alternatief zijn voor voorbezinking, of een aanvulling daarop. Ze kunnen met poriegroottes van 0,01 tot 1 mm een significant deel van de aangevoerde organische stof/CZV afvangen. Voor behandeling van rioolwater worden bijvoorbeeld trommelfilters al vaak toegepast bij membraanbioreactoren. Met poriegroottes van 0,5 tot 0,8 mm wordt daar circa 10 tot 25% van de aangevoerde CZV verwijderd.

HANDIGE ENERGIEWEETJES

Gasopbrengst 1 kg CZV	= 0,35 Nm ³ methaan
Energie-inhoud van 1 kg CZV	= 0,35 m ³ x 35,9 MJ/m ³ = 12,6 MJ
Vermogen van 1 kg CZV/uur	= 12600 kJ/3600 sec = 3,5 kW (theoretisch)
Energie rioolwater (gemiddeld)	= 15 W/v.e.
Soortelijke warmte van water	= 4,18 kJ/kg.K-1
Verdampingswarmte water	= 2,26 MJ/kg
500 m ³ /h water DT= 5 °C opwarmen	= 4,18 x 500.000 x 5 = 10.500 MJ/h = 2,9 MW thermisch
Rendement gasmotor	= 37,4% elektrisch = 45% thermisch
Rendement brandstofcel	= 60% elektrisch = 35% thermisch
Energieverbruik Nederland	= 100 miljard kWh elektrisch + 50 miljard m ³ aardgas
Energieverbruik huishoudens	
Warmte	= 1.600 m ³ aardgas per jaar = 1,7 kW thermisch
Elektriciteit	= 3.000 kWh = 0,35 kWe
Groene energie Nederland	
Windmolens	= 800 tot 1200 kWh/jaar per m ² rotoroppervlak
Zonnecellen	= 50 tot 100 kWh/m ² paneel
Grijze energie Nederland	
Aardgas	= 1,78 kg CO ₂ per m ³
Elektriciteit	= 0,6 kg CO ₂ per kWh

