

WATERSCHOON SNEEK
ACTUALISERING DUURZAAMHEIDSANALYSE

RAPPORT

2018
63B



COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEUR ir. W. Debucquoy, dr.ir. G.P. 't Lam

EINDREDACTIE ir. P.G.B. Hermans, Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Maarten Nederlof, Waterschap Aa en Maas
Brendo Meulman, Flip Kwant, Nico Elzinga, DESAH
Ytsen Strikwerda, Elkien
Anne van Scheltinga, Gemeente S-W Fryslân
Martin Bos, Sybren Gerbens, Bonnie Bult., Wetterskip Fryslân
Marcel Zandvoort/Rob Ververs, Waternet
Grietje Zeeman, LEAF
Ad de Man Waterschapsbedrijf Limburg
Leo van Efferen, Waterschap Zuiderzeeland
Bert Palsma STOWA

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2018-63B

COPYRIGHT Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

DISCLAIMER Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

SAMENVATTING

Woningstichting Elkien, gemeente Súdwest-Fryslân, provincie Friesland, DeSaH, STOWA en Wetterskip Fryslân willen een voortrekkersrol spelen in de transitie naar een duurzame woon- en leefomgeving door het toepassen van innovatieve technologieën. Zij hebben hieraan invulling gegeven door gezamenlijk een innovatief decentraal sanitatiesysteem aan te leggen in de wijk Noorderhoek in Súdwest-Fryslân. Dit sanitatiesysteem, genaamd Waterschoon, bestaat uit het decentraal zuiveren van afvalwater en verwerken van groente- en fruitafval in een geïntegreerd systeem met vergisting en een grijswatersysteem.

In 2014 is de werking van dit systeem geanalyseerd op een groot aantal deelaspecten¹, waaronder op duurzaamheid. Omdat het systeem indertijd onderbelast was (79 inwoners ten opzichte van een berekende capaciteit van 1.200 inwoners), is besloten tot een nadere evaluatie bij meer aangesloten bewoners. Dat werd eind 2016 bereikt, met inmiddels 327 inwoners.

Witteveen+Bos is gevraagd om de in 2014 uitgevoerde duurzaamheidsanalyse te actualiseren op basis van nieuwe meetresultaten en gegevens.

DOEL

Het doel van de actualisering duurzaamheidsanalyse is om de duurzaamheidsprestatie van de decentrale afvalwaterzuivering te vergelijken met twee referenties. De eerste is een traditionele gecentraliseerde rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) met een capaciteit van 100.000 i.e., en de tweede een Nereda-installatie met een capaciteit van 30.000 i.e.^{2,3} Deze laatste referentie is nieuw. De verschillen tussen de systemen zijn geïnventariseerd, doorgerekend en met elkaar vergeleken. Het resultaat is een relatieve en geen absolute duurzaamheidsprestatie.

METHODE

De duurzaamheidsprestatie van de afvalwaterzuiveringssystemen is vergeleken aan de hand van vijf relevante thema's uit het programma Duurzaam GWW, te weten:

1. energie en klimaat;
2. materialen en grondstoffen;
3. water en bodem;
4. natuur en ruimte;
5. leefomgeving.

De beoordeling is deels kwalitatief uitgevoerd en waar mogelijk op basis van kwantitatieve data. De impact van de systemen op het milieu zijn door middel van een grofmazige levenscyclusanalyse (LCA) bepaald.

RESULTATEN

Tabel 1 bevat een overzicht van de beoordeelde duurzaamheidsthema's en de deelaspecten binnen de thema's. De beoordelingen + en - betekenen respectievelijk beter en slechter dan het andere systeem, de beoordeling 0 betekent neutraal, ofwel geen duidelijk verschil tussen

- 1 Zie de STOWA-rapportage 'Evaluatie Nieuwe Sanitatie Noorderhoek, Sneek, rapport 2014-38.
- 2 Voor de referentiesystemen wordt het begrip i.e. gehanteerd om de capaciteit te duiden. Voor het decentrale systeem wordt het begrip 'inwoners' gebruikt; omdat hier GF wordt bijgevoegd, is de belasting per inwoner decentraal hoger dan in de referenties.
- 3 De Nereda-installatie is modulair met herbruikbare elementen.

de systemen. De beoordeling +/- geeft aan dat door bewoners zeer verschillend wordt gedacht over geluidsoverlast binnenshuis en over gebruiksgemak.

TABEL 1. OVERZICHT BEOORDELING DUURZAAMHEIDASPECTEN

Thema	Aspect	Centrale rwzi		Decentraal systeem
		30.000 i.e.	100.000 i.e.	1.530 inw
energie en klimaat	uitputting van fossiele grondstoffen;	-	0	+
	CO ₂ uitstoot gedurende levensduur van 50 jaar.	-	0	0
materialen en grondstoffen	milieueffecten van materiaalgebruik gedurende levensduur van 50 jaar;	-	+	-
	kwalitatief: herbruikbaarheid en recyclebaarheid materialen;	0	0	0
	gebruik van hulpstoffen: chemicaliën;	+	0	0
	terugwinnen grondstoffen: fosfaat.	0	0	0
water en bodem	watergebruik;	0	0	+
	effecten op waterkwaliteit;	0	0	0
	effecten op waterkwantiteit.	0	0	0
natuur en ruimte	landschappelijke waarden;	0	0	0
	ruimtebeslag.	-	0	+
leefomgeving	gezondheid:			
	geluidsoverlast binnenshuis;	+	+	-/+
	geluidsoverlast buitenshuis;	0	0	0
	visuele hinder;	0	0	0
	gebruiksgemak.	+	+	-/+

CONCLUSIES

De beoordelingen op deelaspecten in tabel 1 tonen dat decentrale systemen in grote lijnen hetzelfde scoort als centrale afvalwaterzuivering op een schaal van 100.000 i.e. Op materiaalgebruik scoort de grote rwzi beter.

De referentie van 30.000 i.e. scoort op alle onderdelen minder goed. Dat vindt zijn oorsprong in relatief hoog materiaalgebruik en een hoog energieverbruik omdat de technologie ter plaatse geen nuttig toepasbare energie oplevert.⁴

In de praktijk heeft het decentrale systeem in 2016, de periode waarover wordt geanalyseerd, de nodige storingen gekend met als gevolg dat het systeem energetisch niet optimaal heeft gepresteerd. Zie hiervoor ook de actualisering van de energieanalyse. De conclusies in deze duurzaamheidsanalyse zijn gebaseerd op de aanname dat deze storingen bij verdere bedrijfsvoering niet opreden. Een belangrijke randvoorwaarde voor de conclusies over het decentrale systeem in dit rapport is dan ook een goede (optimale) bedrijfsvoering.

De aspecten binnen het thema 'energie en klimaat' kennen de grootste onzekerheid, maar de systemen zijn daar in evenwicht. In de endpointanalyse van de LCA worden milieueffecten wel onderling gewogen. In dat geval is de negatieve impact op het milieu van het decentrale systeem 5% lager dan van een centrale rwzi van 100.000 i.e.. Hierbij zijn de kwalitatieve aspecten in de totaalbeoordeling niet inbegrepen.

Wij concluderen dat geen van de vergeleken systemen uitgesproken anders scoort dan de andere. Het decentrale systeem heeft een goede praktische toepasbaarheid in situaties waar aansluiting op of een uitbreiding van een rwzi en bijbehorend rioolsysteem niet mogelijk is.

4 Hierbij twee nuanceringen: 1. De Verdygo-Nereda is modulair en herbruikbaar. Dit biedt voordelen als grote onderdelen binnen de technische levensduur (30-50 jaar) anders zouden worden afgebroken. 2. De Nereda produceert aeroob gestabiliseerd slib, dat mogelijk elders kan worden vergist.

Een goede en storingsvrije bedrijfsvoering van het decentrale systeem is een belangrijke randvoorwaarde. Door het decentrale systeem nog verder te optimaliseren, met name op energetisch gebied, kunnen de duurzaamheidsaspecten verder verbeteren.

AANBEVELINGEN

In het decentrale systeem wordt in de huidige situatie biogas ingezet voor ruimteverwarming en verwarming van warm tapwater, waarmee gebruik van aardgas in de woningen wordt voorkomen. Aardgas heeft echter een lagere negatieve impact op het milieu dan elektriciteit uit niet-duurzame bronnen.

Een aandachtspunt voor verdere verduurzaming van het decentrale systeem is of het biogas in het decentrale systeem op een andere manier kan worden ingezet, die minder negatieve milieueffecten oplevert of meer negatieve milieueffecten voorkomt. Bij het ontwerp van het systeem moet ook de energiebalans van de woning in de tijd meegenomen worden om te bekijken of de restwarmte van de zuiveringsinstallatie nuttig kan worden toegepast, eventueel door middel van opslag in de bodem.

Uit de actualisering van de energieanalyse blijkt dat door het optreden van storingen het energierendement lager is dan de nu doorgerekende bedrijfsvoering. Het doorrekenen van een minder gunstige energiebalans in de decentrale variant kan grote consequenties hebben voor de nu getrokken conclusies. Daarnaast blijkt in de praktijk van het project Waterschoon een elektriciteitspost van 10 tot 20 kWh/inwoner niet verklaarbaar. Als deze post een noodzakelijk onderdeel is van het zuiveringssysteem en het warmtesysteem, heeft dit uiteraard invloed op de getrokken conclusies.

DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoeklijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede aan alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

WATERSCHOON SNEEK

ACTUALISERING

DUURZAAMHEIDSANALYSE

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	DE STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
	1.1 Aanleiding	1
	1.2 Leeswijzer	2
	1.3 Afkortingen	2
2	ONDERZOEKSMETHODE	3
	2.1 Definitie van duurzaamheid	3
	2.2 Vergelijkingsbasis: de functionele eenheid	4
	2.3 Verschillen systemen en systeemgrenzen	6
	2.4 Beoordelingsmethodiek	8
	2.5 Dataverzameling	10
3	RESULTATEN	11
	3.1 Levenscyclusanalyse	11
	3.2 Energie en klimaat	14
	3.3 Materialen en grondstoffen	15
	3.4 Water en bodem	18
	3.5 Natuur en ruimte	19
	3.6 Leefomgeving	20
	3.7 Overzicht beoordeling duurzaamheidprestatie	23

4	DISCUSSIE EN CONCLUSIE	24
4.1	Discussie	24
4.2	Geoptimaliseerd decentraal systeem	25
4.3	Onzekerheid	25
4.4	Conclusies	26
5	REFERENTIES	27
Bijlage 1	Resultaten berekeningen	28
Bijlage 2	Nieuwe input LCA analyse	35
Bijlage 3	Resultaten lca decentraal optimaal	36
Bijlage 4	Normalisatie -en wegingsfactoren end-point analyse	41

1

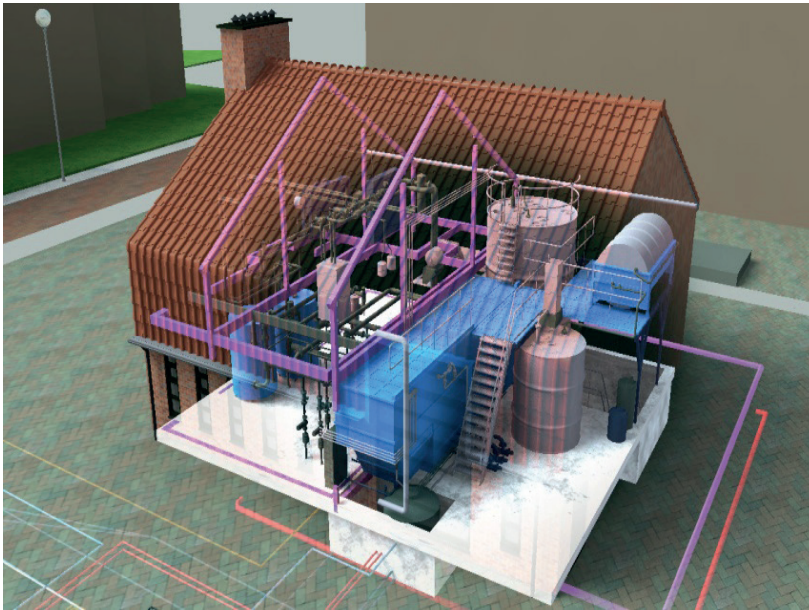
INLEIDING

1.1 AANLEIDING

Woningstichting Elkien, gemeente Súdwest-Fryslân, provincie Friesland, DeSaH, STOWA en Wetterskip Fryslân willen een voortrekkersrol spelen in de transitie naar een duurzame woon- en leefomgeving door het toepassen van innovatieve technologieën. Zij hebben hieraan invulling gegeven door gezamenlijk een innovatief decentraal sanitatiesysteem, genaamd Waterschoon, aan te leggen in de wijk Noorderhoek in Súdwest-Fryslân. Het systeem bestaat uit het decentraal zuiveren van afvalwater en verwerken van GF-afval met behulp van een vergistingsinstallatie en een grijswaterzuivering. Het systeem bevindt zich in een energiehuis (afbeelding 1.1).

In 2014 is de werking van Waterschoon geanalyseerd op een groot aantal deelaspecten⁵, waaronder op duurzaamheid. Omdat Waterschoon indertijd onderbelast was (79 inwoners⁶ ten opzichte van een berekende capaciteit van 1.200, is besloten tot een nadere evaluatie bij meer aangesloten bewoners. Dat werd eind 2016 bereikt, met inmiddels 327 inwoners

AFBEELDING 1.1 ENERGIEHUIS IN NOORDERHOEK, SÚDWEST-FRYSLÂN



CONTEXT

Noorderhoek is een wijk in Súdwest-Fryslân waar een deel van de woningen in een matige staat verkeerde, het aanbod eenzijdig was en bovendien ongeschikt voor senioren. De belangrijkste stap in de herstructurering van deze wijk was het herontwikkelen van het naoorlogse

⁵ Zie de STOWA-rapportage 'Evaluatie Nieuwe Sanitatie Noorderhoek, Sneek, rapport 2014-38).

⁶ Gehanteerd wordt de eenheid 'inwoners', in plaats van i.e. (gebruikelijke eenheid om hoeveelheden afvalwater uit te drukken), omdat de stroom naast afvalwater vermalen GF-afval bevat.

deel van wijk Noorderhoek 1. Ten opzichte van de vorige evaluatie in 2014, is het aantal gebruikers van het systeem toegenomen van 79 tot 327.

Alle woningen in de wijk worden aangesloten op het Nieuwe Sanitatiesysteem. Dit betekent dat in de woningen vacuümtoiletten en groente- en fruitvermalers voor organisch afval worden geplaatst. Het afvalwater en de organische reststromen worden afgevoerd naar een zuiveringssysteem voor zwartwater (toiletwater en GF-afval) en grijswater (overig huishoudelijk afvalwater).

VOORTSCHRIDDEND INZICHT: WATERSCHOON KAN MEER

Het voorliggende rapport bevat een actualisering van de duurzaamheidsanalyse uit 2014. In 2014 is, op basis van analysesresultaten en berekeningen vastgesteld dat de werkelijke capaciteit van het systeem 1.200 inwoners was.⁷ Dat had tot consequentie dat de duurzaamheidsanalyse toen is uitgevoerd onder het fictieve startpunt dat ook daadwerkelijk water en GF-afval van 1.200 inwoners werd behandeld (oogmerk: materiaalgebruik toerekenen aan 1.200 inwoners, niet aan 79 inwoners). Nu, in 2017, heeft DeSaH op basis van de prestaties van het systeem berekend dat het systeem afvalwater en GF-afval van 1.530 inwoners kan verwerken.⁸ Dit betekent dat de grondslag voor de analyse in deze actualisering is aangepast van 1.200 naar 1.530 inwoners

1.2 LEESWIJZER

Dit rapport is opgedeeld in de volgende hoofdstukken en onderwerpen:

- hoofdstuk 2 bevat een beschrijving van de onderzochte systemen en de gebruikte beoordelingsmethode;
- in hoofdstuk 3 worden de resultaten van de beoordeling toegelicht;
- de resultaten worden geanalyseerd en bediscussieerd in hoofdstuk 4;
- de conclusies van het onderzoek zijn uiteengezet in hoofdstuk 5.

1.3 AFKORTINGEN

CZV _t	chemisch zuurstofverbruik (totaal)
GF	groente en fruit (afval)
GWW	Grond/Weg/Waterbouw
i.e.	inwonerequivalent
LCA	levenscyclusanalyse
N _t	stikstof (totaal)
P _t	fosfor (totaal)
RWA	regenweerafvoer
rwzi	rioolwaterzuiveringsinstallatie
WKK	warmte kracht koppeling

⁷ De oorspronkelijke ontwerpcapaciteit was 536 inwoners.

⁸ Onder voorwaarde dat het grijswatersysteem wordt uitgebreid.

2

ONDERZOEKSMETHODE

Het doel van de actualisering duurzaamheidsanalyse is om de duurzaamheidprestatie van Waterschoon te vergelijken met traditionele gecentraliseerde afvalwaterzuiveringsinstallaties (rwzi). Daarbij zijn als referentie gebruikt een actief-slibstelsysteem met een capaciteit van 100.000 i.e. en een Nereda-systeem met een capaciteit van 30.000 i.e. Voor de vergelijking worden de verschillen tussen de systemen geïnventariseerd en met elkaar vergeleken op duurzaamheidsaspecten. Het resultaat is een relatieve, geen absolute, duurzaamheidprestatie. In dit hoofdstuk wordt uiteengezet wat is onderzocht en hoe het onderzoek is uitgevoerd.

De functie van de drie zuiveringssystemen is de enige overeenkomst: ze zuiveren huishoudelijk afvalwater. De basis van de duurzaamheidvergelijking is dan ook het zuiveren van een bepaalde hoeveelheid huishoudelijk afvalwater gedurende een bepaalde tijd. Dit noemen wij de functionele eenheid in het duurzaamheidsonderzoek (paragraaf 2.1). De manier waarop het afvalwater getransporteerd en gezuiverd wordt is heel verschillend voor het decentrale systeem ten opzichte van de twee referenties. Er zijn verschillende voorzieningen voor nodig. In paragraaf 2.2 worden de verschillen in beeld gebracht en de systeemgrenzen aangegeven, oftewel: wat wordt er meegenomen in de vergelijking en wat niet.

2.1 DEFINITIE VAN DUURZAAMHEID

Duurzaamheid is een veelomvattend begrip, waarvoor een groot aantal definities in omloop is. Aspecten als people, planet, prosperity (mensen, ecologie/milieu en welvaart) maken altijd deel uit van het verzamelbegrip. De kern van duurzame ontwikkeling is het op een goede manier realiseren van doelstellingen in het hier en nu, zonder daarbij elders en later problemen te veroorzaken. Oftewel: wentel geen problemen af op anderen, nu of in de toekomst.

In dit rapport vergelijken wij de duurzaamheidprestatie van het decentrale systeem ten opzichte van twee centrale rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi). Wij kijken daarbij naar de verschillen tussen de drie systemen voor de duurzaamheidsthema's zoals deze gedefinieerd zijn in de Aanpak Duurzaam GWW [ref. 1.]:

- energie en klimaat (planet);
- materialen en grondstoffen (planet);
- water en bodem (planet);
- natuur en ruimte (planet);
- leefomgeving (veiligheid, gezondheid en hinder, planet en people).

Het zesde thema, kosten en waarde (prosperity), is apart beoordeeld in het deelonderzoek financieel-economische analyse [ref. 2.]. Het zevende thema, mobiliteit en bereikbaarheid, is niet relevant in deze analyse omdat zuiveringssystemen geen invloed hebben op weginfrastructuur, de mobiliteit van mensen en/of de bereikbaarheid van woningen en andere functies en wordt daarom buiten de analyse gehouden.

2.2 VERGELIJKINGSBASIS: DE FUNCTIONELE EENHEID

In het onderzoek wordt het decentrale systeem op wijkniveau vergeleken met centrale afvalwaterzuiveringen (rwzi) die hele steden bedienen.

Hierbij worden twee rwzi-types gebruikt als referentie:

- een rwzi van 100.000 i.e., type actief slib met slibgisting;
- een rwzi van 30.000 i.e., type Nereda zonder slibgisting.

De vergelijkingsbasis, of functionele eenheid, van het onderzoek is als volgt gedefinieerd:

FUNCTIONELE EENHEID

Het zuiveren van huishoudelijk afvalwater en het verwerken van huishoudelijk groente- en fruitafval van 100.000 inwoners gedurende 50 jaar tot minimaal voldoende kwaliteit om het volgens de milieuvergunning op het oppervlaktewater te mogen lozen

Twee elementen van de functionele eenheid zijn 1. de omvang van het systeem en 2. de te verwerken afvalstoffen. Geen van de systemen is echter precies geschikt voor 100.000 inwoners en direct na de productie van het huishoudelijke afval(water) gebeuren er al verschillende dingen mee. Het groente- en fruitafval is in het decentrale systeem onlosmakelijk onderdeel van het zuiveringssysteem, terwijl het bij de referenties apart wordt ingezameld en verwerkt.

In het decentrale systeem wordt hemelwater lokaal geïnfiltreerd, terwijl bij de referenties een aanzienlijk deel via een (verbeterd gescheiden) stelsel bij het afvalwater terecht komt. Daardoor wordt het volume te verwerken water vergroot, maar niet de hoeveelheid te verwijderen verontreinigingen.

Opvallend aan het laatste element in de functionele eenheid is dat de kwaliteit van het gezuiverde water niet is gedefinieerd. De vergunningseisen voor de drie systemen zijn niet gelijk en bovendien afhankelijk van de specifieke locatie, omdat op oppervlaktewateren met verschillende omvang en eigenschappen wordt geloosd. De kwaliteit van het effluent wordt beschouwd als een systeemeigenschap en wordt beoordeeld in het thema water en bodem.

DECENTRAAL SYSTEEM VAN 1.530 INWONERS

Het decentrale systeem Waterschoon, bedient momenteel 327 bewoners. Dit is aanzienlijk meer dan de 79 bewoners ten tijde van de vorige rapportage, maar nog steeds minder dan de oorspronkelijk voorziene 530.

In 2014 is, met kennis van toen, vastgesteld dat het systeem een theoretische capaciteit had van 1.200 inwoners. Aanvullende berekeningen door DeSaH laten zien dat de capaciteit nu wordt geschat op 1.530 inwoners⁹. Daarom is vanuit de kennis over het huidige systeem een extrapolatie gemaakt en een systeem gedefinieerd dat 1.530 inwoners bedient. Om 100.000 inwoners te bedienen zijn 65,3 lokale systemen benodigd.

REFERENTIE 1: ACTIEF SLIBSYSTEEM VAN 100.000 I.E.

De rwzi in Deventer staat model voor een centraal zuiveringssysteem. De huidige maximale capaciteit is 165.000 inwonerequivalenten (i.e.) en de gemiddelde belasting is 126.000 i.e. [ref. 3.]. Om tot een systeem te komen voor 100.000 inwoners is het materiaalgebruik in de zuiveringsinstallatie gecorrigeerd tot 100/165 van de maximale capaciteit. Daarna is een correctiefactor van 1,25 toegepast om de 80% belasting van het systeem in rekening te brengen¹⁰. Het energiegebruik en toegepaste hulpmiddelen (chemicaliën) zijn gecorrigeerd tot 100/126 van

⁹ Onder voorwaarde dat het grijswatersysteem wordt uitgebreid (zie ook sectie 2.5).

¹⁰ rwzi's worden in de regel 'op de groei' gebouwd, waardoor ze per saldo in enige mate onderbelast zijn. Het materiaalgebruik wordt berekend door het totaal te delen door een kleiner aantal i.e. dan de maximale capaciteit.

het huidige gebruik. Waar nodig zijn correcties uitgevoerd om bedrijfsafvalwater uit de gegevens te verwijderen. Het systeem maakt gebruik van voorbezinking en slibgisting.

REFERENTIE 2: NEREDA-SYSTEEM VAN 30.000 I.E.

De rwzi met de Nereda technologie staat model voor een nieuw type centraal zuiveringsstelsel van relatief beperkte omvang met een capaciteit van 30.000 i.e. Het systeem kent een RWA-buffer en Neredabassins waarin geïntegreerd wordt belucht en bezonken. Er is geen voorbezinking, het slib wordt in de Nereda-installatie aeroob gestabiliseerd (laagbelast systeem). Surplusslib wordt afgetapt, ingedikt en afgevoerd.

Er is geen energierugwinning op locatie. Om een bevolking van 100.000 inwoners te bedienen zijn 3,3 systemen nodig. Ook in het centrale Nereda-systeem wordt uitgegaan 80% belasting en is dus een correctiefactor van 1,25 toegepast.¹¹ De RWA capaciteit van dit systeem is 2.190 m³/h, waarvan 1/3^e naar een RWA buffer gaat.¹²

AFVALWATER EN GROENTE- EN FRUITAFVAL

De samenstelling en hoeveelheid van het huishoudelijk afvalwater (productie per inwoner, in termen van vrachten) is in beide systemen gelijk verondersteld. In de centrale systemen wordt grijs afvalwater (uit wasbakken, douche en huishoudelijke apparaten) samen met zwart afvalwater (uit toiletten) via de riolering naar de rwzi afgevoerd. Er wordt uitgegaan van een verbeterd gescheiden stelsel, wat betekent dat circa 75 % van het hemelwater via het rioolstelsel in de rwzi terecht komt.

In het decentrale systeem worden grijs en zwart afvalwater gescheiden naar de afvalwaterzuivering gevoerd. Het zwart afvalwater wordt via een vacuümsysteem getransporteerd, waarvoor minder water nodig is. Daarnaast wordt groente- en fruitafval door middel van een vermaler in de keuken toegevoegd aan het zwart afvalwater. Het hemelwater wordt lokaal geïnfiltreerd en komt niet in het zuiveringssysteem terecht. De samenstelling en concentratie van afvalstoffen die in de zuiveringen terecht komen zijn dus anders (hoger) in het decentrale systeem dan in de referentiesystemen.



11 Het Nereda-systeem is gebaseerd op het Verdygo-concept van Waterschapsbedrijf Limburg (WBL). Relevante data als materiaalengebruik, energiegebruik en kosten zijn verstrekt door WBL.

12 Het gestabiliseerde slib wordt mogelijk elders vergist - deze optie is hier buiten scope.



2.3 VERSCHILLEN SYSTEMEN EN SYSTEEMGRENZEN

In tabel 2.1 geeft een overzicht van de verschillen in *aanleg* tussen beide zuiveringssystemen en tabel 2.2 geeft de verschillen in de *gebruiksfase*. Vervolgens worden de verschillen toegelicht.

TABEL 2.1 VERSCHILLEN IN AANLEG TUSSEN DE SYSTEMEN

Centrale rwzi's	Categorie	Decentraal systeem
	voorzieningen in de woning 	<ul style="list-style-type: none"> aanvullende binnenriolering; groeten- en fruitvermaler in keuken.
<ul style="list-style-type: none"> langere afstand, groter volume; pompen en gemalen; materialen: kunststof en beton. 	transport	<ul style="list-style-type: none"> kortere afstand, kleiner volume; vacuümsysteem; materialen: kunststof.
rwzi's	zuiveringsinstallatie 	<ul style="list-style-type: none"> energiehuis; chemicaliën voor opstartfase.

TABEL 2.2 VERSCHILLEN IN GEBRUIK TUSSEN DE SYSTEMEN

Centrale rwzi's	Categorie	Decentraal systeem
transport gescheiden ingezameld GF-afval	voorzieningen in de woning 	energiegebruik groente- en fruitvermaler
<ul style="list-style-type: none"> energiegebruik; drinkwatergebruik. 	transport	<ul style="list-style-type: none"> energiegebruik; drinkwatergebruik.
<ul style="list-style-type: none"> energiegebruik; elektriciteitsproductie uit biogas; (alleen 100.000 i.e. referentie) chemicaliën (soort, hoeveelheid). 	zuiveringsinstallatie 	<ul style="list-style-type: none"> energiegebruik; warmte uit biogas; chemicaliën (soort, hoeveelheid); transport beheer en onderhoud.

SYSTEEMGRENZEN

Voor de analyse zijn de volgende systeemgrenzen aangehouden:

Centrale rwzi's, inbegrepen in de analyse:

- transport van het gescheiden ingezamelde GF-afval; niet: verwerking van het afval en eventuele productie van energie uit het GF-afval;
- drinkwatergebruik, inclusief energie voor zuivering en transport;
- bouw, vervanging van onderdelen en sloop van het rioleringsnetwerk voor transport van afvalwater en bijgemengd hemelwater naar de rwzi;
- infiltratievoorzieningen hemelwater in de openbare ruimte en voorzieningen voor onderhoud en beheer in het rioleringsnetwerk;
- transportenergie: pompen en gemalen;

- bouw, vervanging van onderdelen en sloop van de rwzi; Voor de referentie van 100.000 i.e.: inclusief bedrijfsgebouw;
- alle energie die wordt ingekocht en terug geleverd aan het netwerk (elektriciteit, dieselolie);
- alle elektriciteit die intern via de warmtekrachtkoppeling uit biogas wordt opgewekt, wordt gebruikt in de rwzi (alleen 100.000 i.e. referentie);
- chemicaliën benodigd voor het zuiveringsproces;
- niet: vervoersbewegingen van medewerkers voor beheer en onderhoud, omdat er één locatie is voor het systeem.

Decentraal systeem, inbegrepen in de analyse:

- aanvullende binnenriolering voor gescheiden transport van grijs en zwart water;
- energiegebruik van de groente- en fruitvermaler;
- drinkwatergebruik, inclusief energie voor zuivering en transport;
- bouw, vervanging van onderdelen en sloop van het rioleringsnetwerk voor transport van afvalwater met bijgemengd GF-afval naar de lokale zuiveringsinstallatie;
- transportenergie: vacuümsysteem;
- bouw, vervanging van onderdelen en sloop van het energiehuis;
- chemicaliën benodigd voor de opstartfase gedurende 3 maanden;
- benutte warmte in de aangesloten woningen geproduceerd uit biogas en warmteterugwinning uit grijs water met warmtepomp in de vorm van 'vermeden gasgebruik' voor verwarming van de woningen; Niet: het energiesysteem van de woningen;
- chemicaliën benodigd voor het zuiveringsproces;
- vervoersbewegingen van medewerkers voor beheer en onderhoud.

Identiek in alle systemen, niet inbegrepen in de analyse:

- standaard binnenriolering en toiletvoorziening in woningen;
- standaard hemelwaterafvoervoorzieningen van het dak van woningen naar het maaiveld;
- woon-werkverkeer van medewerkers;
- milieuwinsten door terugwinning fosfaat (vermeden milieu-impact van kunstmestproductie)¹³.

Het energiegebruik in de aanlegfase bestaat uit energie die nodig is om grondstoffen te winnen, bewerken en transporteren tot aan een grote Europese haven of de groothandel in bouwmaterialen. Er is geen energiegebruik voor materieel op de bouwplaats meegenomen. In de gebruiksfase is energiegebruik voor processen in de zuiveringsinstallaties, transport voor beheer en onderhoud (decentraal systeem) en transport voor de inzameling van groente- en fruitafval (centrale rwzi) in de analyse opgenomen. Ingekochte elektriciteit heeft een gemiddelde samenstelling van alle opgewekte en geïmporteerde elektriciteit in Nederland. Er wordt dus geen groene stroom ingekocht voor de zuiveringssystemen. In de sloopfase is energiegebruik voor afvalverwerking opgenomen.

Voor de centrale rwzi's geldt dat de specifieke chemicaliën die in het proces worden gebruikt niet beschikbaar zijn in de milieudatabase EcoInvent. Werkzame stoffen in de chemicaliën zijn omgerekend naar andere chemicaliën met dezelfde werkzame stoffen die ook in de praktijk toegepast worden. Zo is in de centrale rwzi ijzerhydroxide gebruikt voor defosfatering.

¹³ Er wordt van uitgegaan dat evenveel fosfaat kan worden teruggewonnen in een centraal en decentraal systeem (zie ook sectie 3.3) Daarom wordt de vermeden milieu-impact van kunstmestproductie niet meegenomen. De LCA analyse is immers een relatieve beoordeling, geen absolute. Fosfaat teruggewinning in centrale systemen is overigens op dit moment nog geen gemeengoed maar toenemend.

Aangezien deze stof niet beschikbaar was in de database is een equivalent aan ijzerchloride geanalyseerd. Als alternatief vlokhelpmiddel is polyacrylamide genomen, in plaats van het elektrolyt dat in de praktijk wordt gebruikt.

2.4 BEOORDELINGSMETHODIEK

De duurzaamheidprestatie van het decentrale systeem is beoordeeld ten opzichte van een traditionele gecentraliseerde rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) in een vergelijkende analyse. De te beoordelen thema's zijn ontleend aan de Aanpak Duurzaam GWW [ref. 1]:

- energie en klimaat (planet);
- materialen en grondstoffen (planet);
- water en bodem (planet);
- natuur en ruimte (planet);
- leefomgeving (veiligheid, gezondheid en hinder, planet & people).

In tabel 2.3 toont per thema welke aspecten zijn beoordeeld. Vervolgens wordt toegelicht hoe de aspecten zijn geanalyseerd. De beoordeling is deels kwantitatief en deels kwalitatief.

TABEL 2.3 BEOORDELINGSKADER DUURZAAMHEIDPRESTATIE

Thema	Aspecten
energie en klimaat	uitputting van fossiele grondstoffen CO ₂ uitstoot gedurende levensduur van 50 jaar <ul style="list-style-type: none"> • energiegebruik aanleg systeem; • ingekochte energie gebruik zuiveringssysteem; • opgewekte energie gebruik zuiveringssysteem; • transportafstanden beheer en onderhoud; • energiegebruik sloop systeem.
materialen en grondstoffen	milieueffecten van materiaalgebruik gedurende levensduur van 50 jaar: <ul style="list-style-type: none"> • materiaalgebruik ontwerp, hoeveelheid en kwaliteit; • materiaalgebruik beheer en onderhoud. kwalitatief: herbruikbaarheid en recyclebaarheid materialen gebruik van hulstoffen: chemicaliën terugwinnen grondstoffen: fosfaat
water en bodem	watergebruik effecten op waterkwaliteit effecten op waterkwantiteit
natuur en ruimte	landschappelijke waarden ruimtebeslag
leefomgeving	gezondheid: geluidoverlast visuele hinder gebruiksgemak

ANALYSE KWANTITATIEVE MILIEUEFFECTEN

De duurzaamheidprestatie van een systeem kan op verschillende manieren beoordeeld worden, te weten op end-point niveau, waarin een aggregatie van milieucategorieën plaatsvindt, en op mid-point niveau waarin verschillende deelthema's apart worden beoordeeld. Het voordeel van een end-point analyse is de relatief enkelvoudige uitspraak of het Nieuwe Sanitatie-concept beter is dan de referentiesystemen. Tegelijkertijd gaat daarmee de nuance van de vergelijking verloren. Dat is vooral het geval bij vergelijkingen waarin veel verschillende aspecten gemeten en beoordeeld worden, zoals het project Waterschoon. Bovendien ontnemt een enkele noemer het zicht op afzonderlijke aspecten die op zichzelf verbeterd of geoptimaliseerd kunnen worden.

De keuze tussen een endpoint analyse of een midpoint analyse speelt vooral voor de duurzaamheidsaspecten die gekwantificeerd kunnen worden. Dat zijn de ecologische en economische aspecten, ofwel de 'planet' en 'prosperity' aspecten uit de people-planet-prosperity drieenheid. De 'people' aspecten laten zich veel moeilijker kwantificeren. Daarnaast geldt dat voor de ecologische aspecten reeds een onderlinge weging van verschillende milieueffecten is afgesproken op basis van consensus. De economische en sociale aspecten zijn niet in deze weging opgenomen.

In deze actualisering is voor de ecologische aspecten met behulp van levenscyclusanalyse (LCA) zowel een midpoint als een endpoint analyse uitgevoerd. Voor de invulling van deze midpoint en endpoint analyses is in deze actualisering gebruik gemaakt van de ReCiPe 2016 (v1.0) methode¹⁴. Als *life cycle inventory* (LCI) is de EcoInvent database, versie 3.3, gebruikt¹⁵. Er wordt op gewezen dat in ReCiPe 2016 (v1.0), in tegenstelling tot de in 2014 gehanteerde versie (ReCiPe 2008 (v1.11)), geen normalisatiefactoren en wegingsfactoren beschikbaar zijn, die noodzakelijk zijn om in de end-point analyse om tot één getal te komen. Deze normalisatie- en wegingsfactoren zijn nog in ontwikkeling. Daarom zijn voor de normalisatie en weging de factoren gebruikt van ReCiPe 2008 (v1.11). Deze zijn weergegeven in bijlage IV.

ENERGIE EN KLIMAAT

In de actualisering van het deelonderzoek Energieanalyse is van zowel het decentrale als de centrale zuiveringssystemen de energiebalans opgemaakt en geanalyseerd [ref. 4.]. In de duurzaamheidsanalyse kijken wij naar de milieueffecten die optreden als gevolg van energiegebruik. Deze analyse is uitgevoerd door middel van een grofmazige levenscyclusanalyse (LCA). De LCA is grofmazig in die zin dat enkel beschikbare materialen, producten en energievoorzieningen in de EcoInvent database zijn gebruikt en dat de geïnventariseerde gegevens een zekere mate van onnauwkeurigheid hebben. De gevoeligheid van aannames voor de conclusies zijn opgenomen in dit rapport.

MATERIALEN EN GRONDSTOFFEN

De toegepaste grondstoffen en materialen zijn kwantitatief beoordeeld in dezelfde LCA als is toegepast bij het thema energie en klimaat. Dit geldt ook voor de toeslagstoffen en chemicaliën die worden gebruikt in het zuiveringsproces.

De hoeveelheden materialen en grondstoffen in de zuiveringssystemen en het rioolstelsel zijn geïnventariseerd aan de hand van materiaalstaten, tekeningen en expert judgement dan wel zijn aangeleverd door WBL. Het gaat hierbij om de bulkmaterialen met een in alle systemen vergelijkbaar detailniveau en betrouwbaarheid.

Naast de kwantitatieve analyse van de effecten van het materiaal- en grondstofgebruik is de kwaliteit van de materialen beoordeeld naar de mate van herbruikbaarheid en recyclebaarheid.

WATER EN BODEM

De beoordeling van de kwaliteit van het lokale watersysteem is via expert judgement onderbouwd. Waterbesparing en watergebruik zijn kwantitatief vastgesteld aan de hand van de

¹⁴ Zie <http://www.lcia-recipe.net/> voor een uitgebreide beschrijving van deze life cycle impact assessment (LCIA) methodologie - met deze systematiek kunnen zowel midpoint als end-point beoordelingen in één analyse worden uitgevoerd.

¹⁵ In de vorige duurzaamheidsanalyse is respectievelijk Recipe versie 1.11 en Ecoinvent versie 2.2 gebruikt als LCIA en LCI. De resultaten van deze analyse kunnen dus niet een op een vergeleken worden met de resultaten uit de vorige rapportage. Enkel resultaten uit analyses waarbij dezelfde LCI en LCIA methodologie gebruikt zijn, kunnen vergeleken worden.

gebruiksgegevens van het nieuwe systeem [ref. 5]. De milieueffecten van het gebruik van drinkwater zijn ontleend aan de levenscyclusanalyse.

NATUUR EN RUIMTE

Het thema natuur en ruimte bevat aspecten die kwalitatief beoordeeld zijn op basis van expert judgement.

LEEFOMGEVING

Het thema leefomgeving bevat aspecten die kwalitatief beoordeeld zijn op basis van expert judgement.

2.5 DATAVERZAMELING

DECENTRAAL SYSTEEM

De gegevens over het decentrale systeem zijn verkregen uit het project Waterschoon. Voor deze actualisering van de duurzaamheidsanalyse zijn de gegevens uit STOWA-rapport 2014-38 overgenomen, met dien verstande dat:

- materiaalgebruik voor de uitbreiding van de grijswaterzuivering is meegenomen;
- nieuwe energiegegevens zijn gebruikt (elektriciteit/warmte/biogas - deelrapport energie-analyse);
- nieuwe chemicaliëngegevens zijn gebruikt (deelrapport effectiviteit);
- waterverbruik is aangepast volgens nieuwste gegevens (deelrapport effectiviteit).

REFERENTIE 1: ACTIEF SLIBSYSTEEM VAN 100.000 I.E.

De gegevens over het referentiesysteem van 100.000 i.e. zijn ongewijzigd overgenomen uit STOWA-rapport 2014-38.

REFERENTIE 2: NEREDA-SYSTEEM VAN 30.000 I.E.

De gegevens voor riolering, de verwerking van GF-afval en het specifieke drinkwatergebruik zijn gelijk aan die voor het referentiesysteem van 100.000 i.e., en ongewijzigd overgenomen uit STOWA-rapport 2014-38.

De benodigde materialen voor de bouw van het Nereda systeem (civiel en installaties) zijn aangeleverd door Waterschapbedrijf Limburg, op basis van hun gegevens van het Verdygo-systeem: beton (2.370 ton), constructiestaal (115 ton), wapeningsstaal (145 ton) en aluminium (2,6 ton).¹⁶ Daarnaast is aangenomen dat er evenveel elektronica aanwezig is als bij de referentie 100.000 i.e. (procesbewaking en besturing). Er is geen bedrijvengebouw opgenomen. Op de materiaal invoer is een correctiefactor van 1,25 toegepast om de 80% belasting van het systeem te verdisconteren.

Het Nereda-systeem gebruikt geen chemicaliën. Het specifieke energiegebruik van de Nereda is opgegeven door WBL (ontwerpwaarde = 21 kWh/i.e.j).

¹⁶ Het Nereda Verdygo concept bestaat uit herbruikbare modules. In de LCA is de herbruikbaarheid beperkt tot recyclage van de grondstoffen.

3

RESULTATEN

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de levenscyclus gepresenteerd. Vervolgens wordt per thema de beoordeling van de diverse aspecten toegelicht en worden waar van toepassing de resultaten van de levenscyclusanalyse geïnterpreteerd. Tot slot volgt een totaaloverzicht van de beoordeling van de verschillende duurzaamheidsthema's.

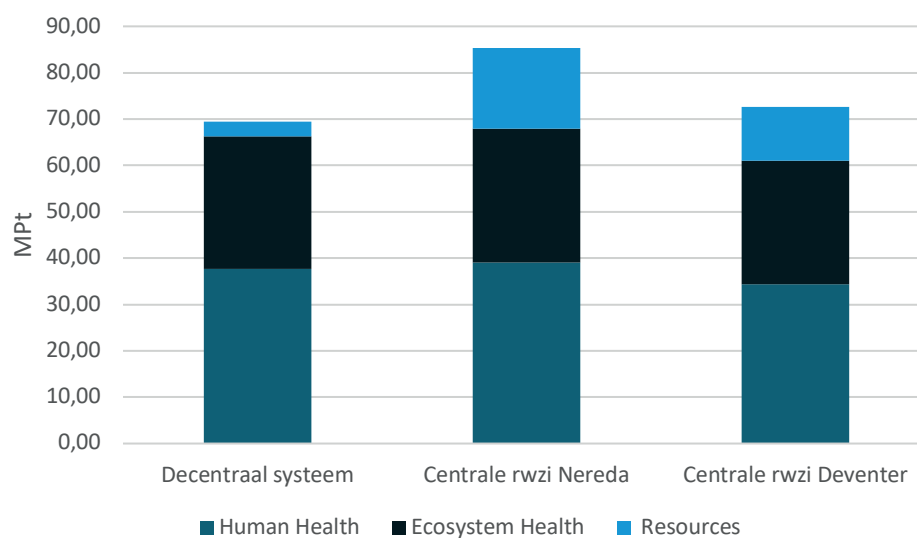
3.1 LEVENSCYCLUSANALYSE

Voor de duurzaamheidsthema's Energie en klimaat, Materialen en grondstoffen en Water en bodem is een nieuwe levenscyclusanalyse uitgevoerd. Hiertoe zijn beide referenties vergeleken met het decentrale systeem (gedurende een levensduur van 50 jaar met een capaciteit van 100.000 inwoners). In de analyse zijn inbegrepen de aanleg en sloop van het systeem, beheer en onderhoud, en exploitatie. Exploitatie houdt in het jaarlijkse energiegebruik en -opwekking, drinkwatergebruik en het gebruik van chemicaliën voor het zuiveringstelsel.

ENDPOINT ANALYSE

Afbeelding 3.1. toont de uitkomsten van de analyses op endpoint niveau voor een levensduur van 50 jaar. In de analyse is de bijdrage van de systemen aan verschillende milieuproblemen doorgerekend tot het uiteindelijke effect op menselijke gezondheid, ecosystemen en grondstofvoorraden. In de berekening vindt een weging plaats van de ernst van milieuproblemen ten opzichte van elkaar (voor de wegingsfactoren zie appendix IV). De resultaten zijn weergegeven in punten (MPt). Hoe hoger de score, hoe groter de negatieve (milieu)impact.

AFBEELDING 3.1 ENDPOINT ANALYSE (H) LEVENSCYCLUS (RECIPE 2016 (V1.0), NORMALISATIE EN WEGING VOLGENS RECIPE 2008 (V1.11))¹⁷



¹⁷ Zie p.16 voor de gehanteerde methodiek (sectie 2.4)

Tabel 3.1. toont de verschillen tussen de systemen, en laat de score zien in MPt per functionele eenheid¹⁸. Om een indicatie te geven van de impact hiervan, het volgende: 1Pt komt overeen met 29 km autorijden in een middenklasse benzineauto [ref 8.], of met 8 m drinkwater, thuis uit de kraan [ref 9.].¹⁹

TABEL 3.1 RESULTATEN ENDPOINT ANALYSE (H) LEVENSCYCLUS (RECIPE 2016 (V1.0), NORMALISATIE EN WEGING VOLGENS RECIPE 2008 (V1.11))²⁰

Endpoint	Decentraal systeem	Centrale rwzi Nereda	Centrale rwzi Deventer
Human Health [MPt]	37,66	38,99	34,29
Ecosystem Health [MPt]	28,62	28,87	26,68
Resources [MPt]	3,20	17,49	11,62
totale score [MPt]	69,47	85,35	72,59

Het decentrale systeem, geëxtrapoleerd naar 1.530 i.e. capaciteit, scoort lichtjes beter dan de rwzi met een capaciteit van 100.000 i.e. Hierbij wordt de kanttekening gezet dat gerekend is met a) de storingsvrije bedrijfsvoering van de installatie en b) niet meegerekend is de energie die nodig is om de warmte te distribueren naar de woningen. De actualisering van het energierapport [ref. 4] laat zien dat deze aannamen van betekenis zijn²¹.

Het Nereda-systeem heeft de grootste impact met 85,35 10⁶ punten en scoort daarmee minder dan de referentie van 100.000 i.e. Dat is conform verwachting, omdat dit systeem elektriciteit gebruikt voor slibstabilisatie in plaats van energieopwekking door gisting.

MIDPOINT ANALYSE

Afbeelding 3. 2 toont het resultaat van de vergelijking op midpoint niveau, met op de horizontale as de verschillende milieueffectcategorieën (ofwel: verschillende milieuproblemen). De drie systemen zijn met elkaar vergeleken. De scores van de centrale rwzi van 100.000 i.e. zijn gehanteerd als de benchmark, ofwel 100% per milieueffectcategorie. De scores van de andere systemen zijn daaraan gerelateerd. Voor elke categorie geldt: een hogere score betekent een hoger negatief effect op het milieu. Een lagere score is dus beter.

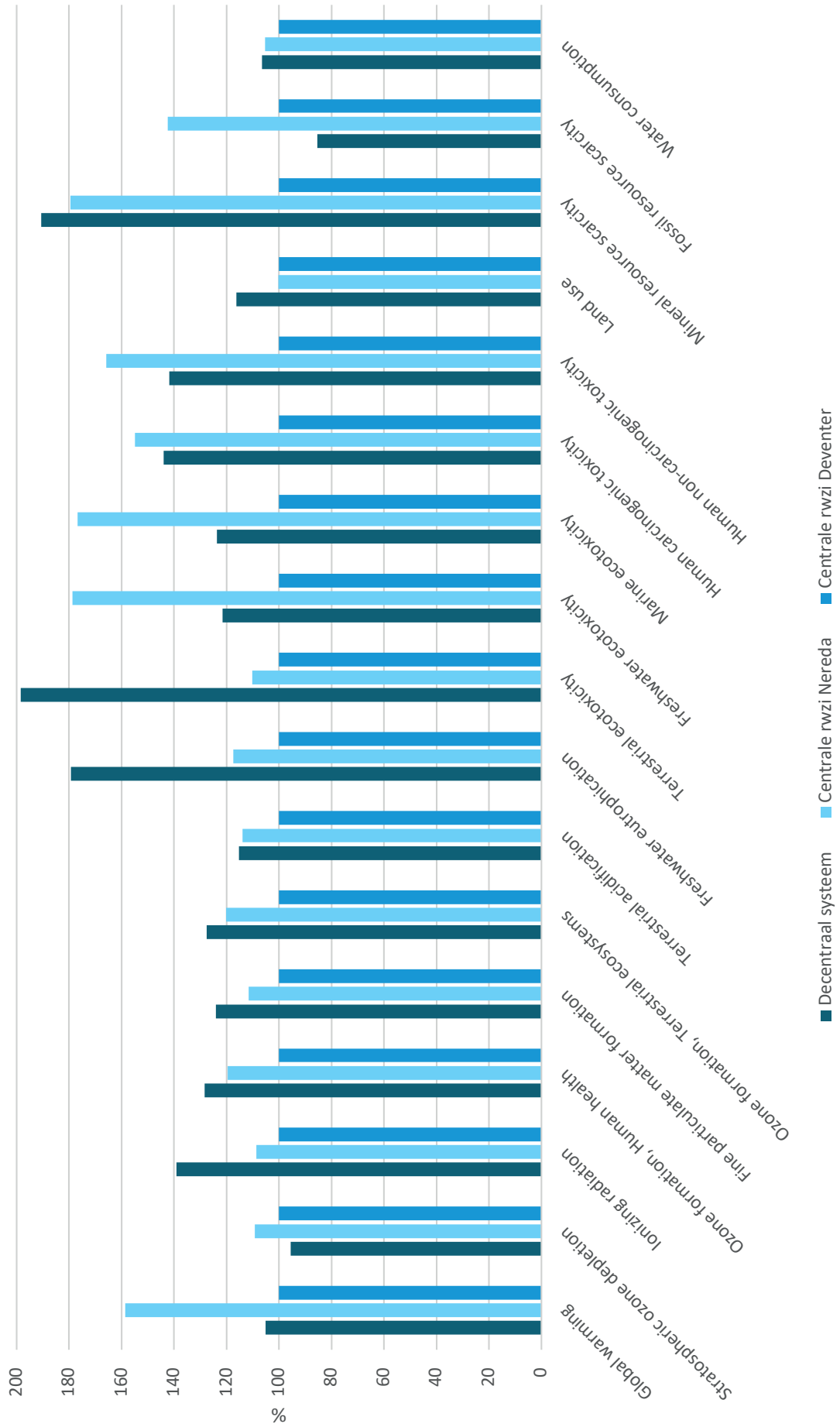
18 100.000 inwoners gedurende 50 jaar.

19 Het verschil in milieubelasting tussen decentraal en 100.000 i.e. is dus vergelijkbaar met 18 km autorijden per inwoner per jaar.

20 Zie p.16 voor de gehanteerde methodiek (sectie 2.4).

21 Oxygen limited autotrophic nitrification-denitrification.

AFBEELDING 3.2 MIDPOINT ANALYSE (H) LEVENSCYCLUS (RECIPE 2016 (V1.0))



De resultaten van de midpoint-analyse laten zien dat de referentie van 100.000 i.e. op bijna alle aspecten beter scoort dan zowel het decentrale systeem als de referentie van 30.000 i.e. Op de milieueffectcategorieën 'uitputting fossiele grondstoffen' en 'aantasting ozonlaag' scoort het decentrale systeem beter. De lagere negatieve score bij het milieueffect aantasting ozonlaag wordt veroorzaakt doordat in het decentrale systeem vermeden gasgebruik in de woningen wordt meegeteld als een aftrekpost. Het decentrale systeem zorgt ervoor dat er een negatief effect wordt vermeden in een ander systeem, te weten verwarming van de woningen. Op de andere categorieën scoort de referentie van 100.000 i.e. beter.

In bijlage I zijn de uitgesplitste resultaten opgenomen, waarin te zien is welke onderdelen van de levenscyclus het grootste aandeel hebben in de milieueffectscores.

De verschillen tussen het decentrale systeem en het centrale systeem van 100.000 i.e. zijn minder geprononceerd in de endpoint analyse dan in de midpoint analyse. Dit komt doordat de milieueffecten waar het decentrale systeem relatief goed op scoort zwaarder wegen in de omzetting naar de endpoint score. In de endpoint analyse wordt, door weging, de milieu-impact van energieverbruik en -opwekking doorslaggevend in de eindscore. In de midpoint analyse is de milieu-impact voor materiaalgebruik doorslaggevend voor de meeste afzonderlijke impactcategorieën.

3.2 ENERGIE EN KLIMAAT

De milieueffecten uit de levenscyclusanalyse die gerelateerd zijn aan het thema energie en klimaat zijn uitputting van fossiele grondstoffen en klimaatverandering.

UITPUTTING FOSSIELE GRONDSTOFFEN

Het decentrale zuiveringssysteem scoort 15% beter op uitputting van fossiele grondstoffen dan referentie 100.000 i.e. en 40% beter dan de Nereda. Dit komt voornamelijk door de aftrekpost die in rekening is gebracht voor het vermijden van gasgebruik in de woningen wanneer warmte terug geleverd wordt voor ruimteverwarming. In het onderzoek is ervan uitgegaan dat alle warmte ook daadwerkelijk nuttig gebruikt kan worden en is er geen rekening gehouden met verliezen die optreden bij teruglevering. In een zomersituatie is de warmte niet direct nuttig toepasbaar. In dat geval zou er een warmte-koudeopslag ingezet kunnen worden om de warmte tijdelijk op te slaan. De inzet van een warmte koude opslag (WKO) betekent echter wel dat het rendement van de warmtelevering lager wordt dan nu is aangenomen.

Het decentrale systeem wordt als beter beoordeeld dan de centrale rwzi's op het milieueffect uitputting van fossiele grondstoffen (+). Hierbij wordt opgemerkt dat de teruggewonnen warmte en warmte uit het biogas in de toekomstige systemen in de toekomst wel nuttig ingezet moet gaan worden.

CO₂ UITSTOOT

Het decentrale zuiveringssysteem veroorzaakt 5% meer uitstoot van CO₂ equivalenten dan de referentie van 100.000 i.e. en 34% minder dan de referentie van 30.000 i.e.. De verklaring voor een hogere CO₂ uitstoot, terwijl de uitputting van fossiele grondstoffen lager is, is dat de verhouding tussen (vermeden) gasgebruik en elektriciteit anders is. Het omzetten van fossiele brandstoffen naar elektriciteit is minder efficiënt dan het omzetten naar warmte, waardoor de CO₂ uitstoot van elektriciteit hoger is. In het geoptimaliseerde decentrale systeem slaat de

verhouding tussen elektriciteitsgebruik en vermeden gasgebruik om, waardoor het decentrale systeem CO₂ neutraal is.

In de referentie van 100.000 i.e. wordt een relatief beperkte hoeveelheid elektriciteit afgenomen uit het elektriciteitsnet. De overige benodigde elektriciteit wordt binnen het systeem opgewekt uit het teruggewonnen biogas. In het decentrale systeem wordt alle benodigde elektriciteit uit het elektriciteitsnet afgenomen. Het teruggewonnen biogas en warmteterugwinning uit het afvalwater wordt terug geleverd aan de woningen als warmte.

De referentie 100.000 i.e. en het decentrale systeem worden als gelijk beoordeeld op uitstoot van CO₂ equivalenten. De referentie van 30.000 i.e. scoort beduidend minder.

Naast CO₂, worden ook andere broeikasgassen zoals methaan- en lachgas uitgestoten in zuiveringsprocessen en de riolering. Deze gassen hebben, per mol, een grotere broeikaswerking dan CO₂. Deze uitstoot in de afvalwaterketen, en daarmee de impact op de duurzaamheid van dergelijke emissies, is nog niet gedocumenteerd en gekwantificeerd. Daarom kunnen deze verschijnselen niet worden doorgerekend in een LCA-analyse. Bekend is dat bij zowel denitrificerende processen (referentiesystemen), alsook in het OLAND-proces²² (decentrale systeem) lachgas wordt uitgestoten. Daarnaast is bekend dat methaan wordt geëmitteerd via anaerobe systemen en het riool.

TRANSPORT

De invloed van transport van medewerkers voor beheer en onderhoud bij het decentrale systeem en het transport van GF afval bij de centrale rwzi heeft een geringe invloed op de resultaten, minder dan 1%. De resultaten van het onderzoek zijn daarom robuust voor de aannames die gedaan zijn over transportafstanden en aantal ritten.

3.3 MATERIALEN EN GRONDSTOFFEN

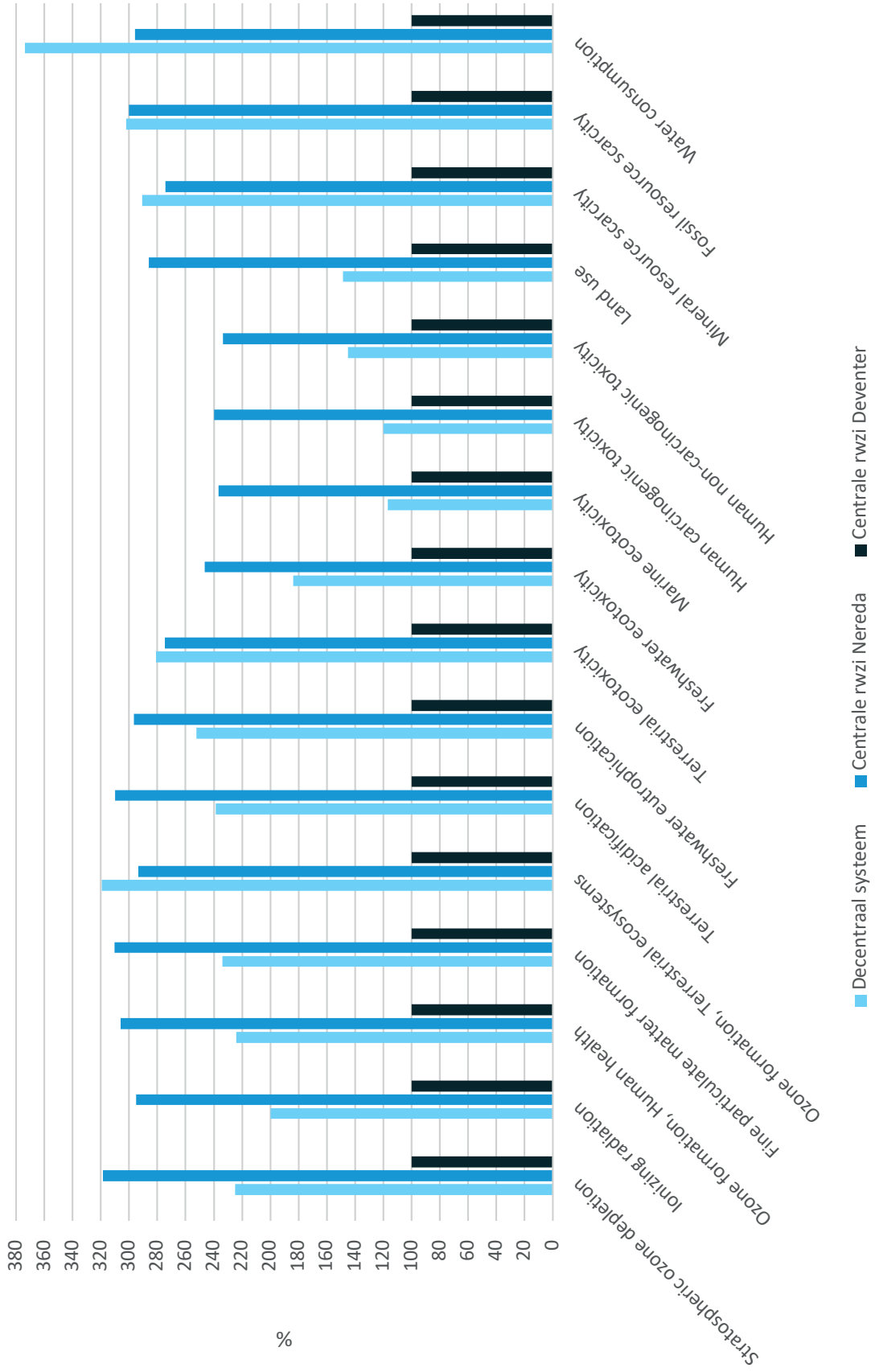
Het gebruikte materiaal kan op basis van absolute hoeveelheden vergeleken worden. Met behulp van een levenscyclusanalyse wordt ook de kwaliteit van de materialen meegenomen, zoals de schaarste van de grondstof, de milieueffecten die optreden bij delving en productie en de effecten van het verwerken van het afval. In de gebruiksfase is gekeken naar het gebruik van chemicaliën in het zuiveringsproces.

MATERIAALGEBRUIK

In afbeelding 3.3 zijn de milieueffectscores van alleen de aanleg, onderhoud en sloop van de centrale rwzi's vergeleken met die van het decentrale systeem. Uit de midpoint resultaten van de levenscyclusanalyse blijkt dat de milieueffecten gerelateerd aan materiaalgebruik en afvalverwerking voor de referentie van 100.000 i.e. voor alle criteria het laagst zijn. Het decentrale systeem scoort het hoogst voor de categorieën 'aantasting ozonlaag', 'terrestische ecotoxiciteit', 'uitputting abiotische en fossiele grondstoffen' en 'uitputting drinkwater'. Op alle andere categorieën scoort de referentie van 30.000 i.e. het laagst. In bijlage I zijn de resultaten in cijfers terug te vinden. Op basis van deze resultaten wordt de referentie van 100.000 i.e. als beter beoordeeld (+) en het decentrale systeem en de 30.000 i.e. referentie als minder goed (-).

²² Oxygen limited autotrophic nitrification-denitrification.

AFBEELDING 3.3 MIDPOINT ANALYSE (H) LEVENSCYCLUS (RECIPE 2016 (V1.0)) MATERIAALGEBRUIK EN SLOOP, EN 50 JAAR ONDERHOUD



HERBRUIKBAARHEID MATERIALEN

In alle systemen worden hetzelfde type materialen gebruikt: steenachtig materiaal zoals beton en bakstenen, metalen en plastics. Al deze materialen kunnen in principe hergebruikt of gerecycled worden. Steenachtig materiaal wordt doorgaans vermorzeld en vervolgens als toeslag in beton of als fundering voor wegen gebruikt. Hergebruik van betonnen rioleringsbuizen is ook mogelijk. Doordat het toeslagmateriaal in beton beperkt toepasbaar is en de nuttige toepassing van de materialen een achteruitgang in kwaliteit met zich meebrengen, is dit geen optimale vorm van hergebruik. Alle metalen kunnen in principe gescheiden worden na de sloop en omgesmolten tot nieuwe producten. In principe is er hier geen sprake van kwaliteitsverlies. Voor sommige materialen is er veel energie nodig om er een nieuw bruikbaar product van te maken, maar niet zoveel als het winnen van nieuwe grondstoffen. Plastics kunnen ook hergebruikt worden.

In Nederland zijn programma's voor de gescheiden inzameling van verschillende typen plastics in de bouwsector. Deze worden verwerkt tot nieuwe producten, waarbij geen kwaliteitsverlies hoeft op te treden. Ondanks dat de gebruikte materialen hergebruikt kunnen worden, worden er in nieuwe producten zelden expliciet hergebruikte en gerecyclede materialen toegepast. De gebruikte data uit de milieudatabase EcoInvent gaat uit van de gemiddelde productie in Nederland. Bij metalen zit daar een gedeelte gerecycled metaal bij, beton, baksteen, kalkzandsteen en kunststoffen zijn nieuwe producten. Er wordt gerekend met een afdankscenario waarbij van de bulk van de materialen gemiddeld 70% gescheiden wordt ingezameld op zodanige manier dat het opnieuw gebruikt kan worden. De overige materialen worden gestort of verbrand. Het detailniveau van de materiaalstaten van beide systemen geeft geen uitsluitsel dat voor een van beide systemen een hogere mate van recyclebaar en/of herbruikbaar materiaal is toegepast, noch informatie over de hoeveelheid toegepast hergebruikt of gerecycled materiaal.

De referentie van 30.000 i.e. bestaat uit modulaire bouw, zodat onderdelen in zijn geheel kunnen worden verplaatst en hergebruikt. Dit is een voordeel, als de bouwwerken anders binnen de levensduur van 30-50 jaar gesloopt zouden worden. Dit potentiële voordeel is niet in de LCA meegenomen.

HULPSTOFFEN

Uit de resultaten van de levenscyclusanalyse blijkt dat in de rwzi van 100.000 i.e. de chemicaliën die gebruikt worden in het zuiveringsproces een niet te verwaarlozen bijdrage leveren aan de milieueffectscores gedurende de levenscyclus van 50 jaar. De relatieve bijdrage van chemicaliën aan het decentrale systeem is minder dan 1%, aangezien het chemicaliëngebruik lager is per inwoner en er andere elementen zijn met grote bijdragen. De referentie van 30.000 i.e. gebruikt geen chemicaliën.

Niet alle stoffen die in de praktijk gebruikt worden zijn beschikbaar in de EcoInvent database. Werkzame stoffen in de chemicaliën zijn omgerekend naar andere chemicaliën met dezelfde werkzame stoffen die ook in de praktijk toegepast worden. De invloed van de aannames op de absolute resultaten is onbekend, aangezien de juiste hulpstoffen niet beschikbaar zijn in de database.

Het chemicaliëngebruik in de decentrale variant is ten opzichte van 2014 toegenomen. Op basis van het chemicaliëngebruik per inwoner wordt het decentrale systeem gelijk beoordeeld aan de centrale rwzi van 100.000 i.e. De milieueffecten van het chemicaliëngebruik heeft een

hoge onzekerheid vanwege kennisleemten in de milieudatabase, maar heeft dezelfde verhouding als de absolute hoeveelheid chemicaliëngebruik in beide systemen.

TERUGWINNEN GRONDSTOFFEN

De noodzaak voor het terugwinnen van fosfaat zal de komende decennia naar verwachting alleen maar toenemen. Het project Waterschoon is hierop al ingericht. Het proces van struvietvorming is ook op grootschalige rwzi's goed toepasbaar (onder meer ingevoerd in Amsterdam). Weliswaar zijn op een centrale rwzi de stromen iets minder geconcentreerd door toepassing in een deelstroom, maar door het schaalgrootte-effect en door logistieke voordelen zal fosfaat teruggewinning toch concurrerend kunnen plaatsvinden. Daarnaast staat voor centrale rwzi's binnenkort de route open om fosfaat terug te winnen uit as van de slibverbranding. Er wordt daarom van uitgegaan dat evenveel fosfaat kan teruggewonnen in een centraal en decentraal systeem.

3.4 WATER EN BODEM

WATERGEBRUIK

Uit de actualisering van het deelrapport Effectiviteit van het Decentrale Verwerkingssysteem Waterschoon [ref. 5.] blijkt dat er bij het decentrale zuiveringssysteem 24 liter water per persoon per dag bespaard kan worden door toepassing van vacuümriolering. Dat komt overeen met 20% minder water dan gemiddeld in de Nederlandse huishoudens. In Súdwest-Fryslân blijken de bewoners gemiddeld 10 liter grijswater per persoon per dag méér te gebruiken dan landelijk gemiddeld. Omdat dit geen systeemeigenschap lijkt, is dit meerverbruik niet meegenomen in de analyse.

In de levenscyclusanalyse is ook drinkwatergebruik opgenomen. De effecten van drinkwatergebruik komen tot uitdrukking in het milieueffect 'uitputting drinkwater'. Hierbij tekenen wij aan dat in Nederland een dergelijk probleem niet bestaat, maar de definitie van het milieueffect in de levenscyclusanalyse is dat van een mondiaal probleem. Andere milieueffecten die bij drinkwatergebruik horen zijn die gerelateerd aan het energiegebruik voor drinkwaterproductie en -transport (0,0005 kWh/liter). De relatieve verschillen in de milieueffecten tussen beide zuiveringssystemen zijn gelijk aan de verhouding in drinkwatergebruik, aangezien beide drinkwater uit dezelfde bron aanbieden.

WATERKWALITEIT

Het effluent van zowel de rwzi's als van het decentrale zuiveringssysteem voldoet aan vigerende lozingsisen. De emissies per inwoner (of inwonerequivalent) per dag voor organische stof, stikstof en fosfaat zijn weergegeven in tabel 3.1.

TABEL 3.1

EMISSIES, VOOR REFERENTIES PER I.E.D, VOOR DECENTRAAL SANITATIE PER INWONER PER DAG

Stof	Referentie	Referentie	Decentraal
	30.000	100.000	
CZVt (g/i.e.d)	6,6	6,7	6,2
N-totaal (g/i.e.d)	1,6	2,1	0,9
P-totaal (g/i.e.d)	0,2	0,3	0,3

De tabel laat zien dat de emissies van het decentrale systeem en de centrale systemen beperkt afwijken. Daarbij moet bedacht worden dat de basis voor beide systemen aan de voorkant niet

gelijk is: het decentrale systeem wordt belast met uitsluitend huishoudelijk afvalwater en GF, de centrale rwzi's ook met regenwater en industrieel afvalwater.

Voor het ontvangende oppervlaktewater is van belang hoe groot de absolute restlozing is in relatie tot de omvang van het ontvangende water en het zelfreinigende vermogen - de oppervlaktewaterkwaliteit wordt immers in belangrijke mate bepaald door de concentraties van nutriënten en organische stof. Deze eigenschap kan daarom niet als een generieke systeemeigenschap beoordeeld worden, maar is afhankelijk van de specifieke situatie waar het systeem wordt toegepast.

WATERKWANTITEIT

Het decentrale verwerkingssysteem is geënt op een volledige scheiding van afvalwater en hemelwater. Het hemelwater dient in de directe omgeving te worden opgevangen in oppervlaktewater, wadi's of in het grondwatersysteem. Het gezuiverde afvalwater zal moeten worden geloosd op een lokaal oppervlaktewatersysteem. Dit betekent dat het decentrale verwerkingssysteem maximaal bijdraagt aan de suppletie in het lokale boven- en/of ondergrondse watersysteem.

Bij centrale rwzi's wordt het effluent typisch niet lokaal geloosd, maar op een centrale plek in een meestal groter oppervlaktewater. Afhankelijk van de mate van afkoppeling van hemelwater in het verzorgingsgebied wordt ook bij centrale systemen het hemelwater zeer lokaal opgevangen, geborgen en verwerkt in oppervlaktewater, wadi's of infiltratiesystemen.

Bij nieuwe aanleg van riolering en woonwijken is het inmiddels gebruikelijk om maximaal af te koppelen. Dit betekent dat naar de toekomst bezien de verwerking van hemelwater in beide concepten soortgelijk plaatsvindt.

3.5 NATUUR EN RUIMTE

Voor het aspect natuur en ruimte van beide systemen wordt naar de volgende aspecten gekeken:

- inpassing in de omgeving (landschappelijke waarden);
- kwantitatief ruimtebeslag.

INPASSING

Het decentrale systeem bevindt zich tussen de woningen die het bedient. In nieuwbouwwijken zal het energiehuis visueel en ruimte technisch goed in te passen zijn in de omgeving. In de bewonersonderzoeken is niet gevraagd naar de visuele kwaliteit van het energiehuis. Wel weten de bewoners dat dit pand iets met het systeem te maken heeft en een aantal ervaart het als positief dat ze er een verhaal bij kunnen vertellen.²³ Een centraal systeem heeft een industrieel uiterlijk, maar dat wordt in de meeste gevallen aan het oog onttrokken door een groenstrook en is hooguit in de winter enigszins zichtbaar vanaf de straat.

Het decentrale systeem kan beter ingepast worden in dichtbevolkte gebieden. Beide systemen dienen in de nabijheid op oppervlaktewater te kunnen lozen. Door de kleinere capaciteit van het decentrale systeem hebben zij een kleiner oppervlaktewater nodig. Als zij in een woonwijk lozen op oppervlaktewater wat niet snel ververst wordt, zullen de lozingseisen strenger zijn. Centrale systemen hebben grote oppervlaktewateren in de buurt nodig om het effluent

²³ In de zoektocht naar mogelijkheden om kosten te besparen, is geopperd om decentrale zuiveringen in soberder gebouwen weg te werken. Dergelijke uitvoeringen hebben uiteraard invloed op de beoordeling door en ervaringen van bewoners.

te kunnen lozen. Door hun oppervlakte zijn centrale systemen of uitbreidingen ervan minder goed in te passen in drukbevolkte gebieden.

RUIMTEBESLAG

Het energiehuis in Noorderhoek is gebouwd op een kavel van circa 150 m². Dit systeem is bedoeld voor 232 woningen, ofwel 40% van een systeem met een capaciteit van 1.530 inwoners. Volgens de leverancier van het systeem past een systeem met een capaciteit van 1.530 inwoners in een energiehuis van dezelfde omvang. Bij een equivalent van 100.000 inwoners is dat in totaal 1, hectare, verdeeld in 83 kavels. In principe is het decentrale systeem geschikt om meerlaags ruimtegebruik toe te passen, ofwel om het op te nemen in een multifunctioneel gebouw. Dit is met een rwzi niet het geval. In de praktijk kan de productie van biogas en mogelijke reukoverlast de mogelijkheden om een decentraal in een multifunctioneel gebouw op te nemen verminderen.

De oppervlakte van rwzi Deventer is circa 5,5 ha aaneengesloten kavel. Deze rwzi heeft zuiveringscapaciteit voor afvalwater van 168,000 inwoners plus hemelwater. Teruggerekend naar 100.000 inwoners is een oppervlakte van 3,5 ha nodig. Hemelwater levert geen extra vervuilingsoverlast op, maar het zorgt wel voor verdunning van het afvalwater waardoor extra volume behandeld moet worden en de zuiveringstanks groter zullen zijn, wat een grotere oppervlakte oplevert.

Het ruimtebeslag van een decentraal systeem is kleiner dan een centraal systeem en kan beter ingepast worden in een dichtbevolkte omgeving. Op basis van deze redenering wordt het decentrale systeem beter beoordeeld voor het kenmerk ruimtebeslag dan het centrale systeem. De optimalisatie van het decentrale systeem heeft geen invloed op het ruimtebeslag.

3.6 LEEFOMGEVING

Voor de invloed op de leefomgeving van beide systemen wordt naar de volgende aspecten gekeken:

- gezondheid: geluidsoverlast;
- visuele hinder;
- veiligheid (besmetting);
- gebruiksgemak.

GEZONDHEID

Voor het decentrale zuiveringssysteem in Noorderhoek is in 2012 een tevredenheidsonderzoek uitgevoerd onder gebruikers van het systeem door Wageningen Universiteit [ref. 6.] en is in 2017 een nader onderzoek uitgevoerd door Partoer, consultants en onderzoekers [ref. 7.]. In 2017 is met dezelfde vragenlijst gewerkt als in 2012, behoudens enkele kleine aanpassingen.²⁴ Zowel in 2012 als in 2017 wordt door een aantal respondenten aangegeven dat de vacuümtoiletten maken bij doortrekken als storend wordt ervaren. Dit geldt in 2017 voor 81% van de respondenten. Hier zijn ingrepen op uitgevoerd. Het grootste deel van de respondenten vindt het nieuwe sanitatie anders dan een gewoon toilet (zonder waardeoordeel), terwijl bijna 20% de spoeling niet afdoende vindt. Dit zijn met name gezinnen met jonge kinderen een klein deel (8%) vindt de toiletten onhygiënisch in gebruik, en bijna 30% vindt ze lastig schoon te maken. Het geluid dat de groente- en fruitvermaler in de keuken maakt wordt door 60% van de bewoners als storend ervaren.. Voor het tuinafval blijft een groene afvalbak nodig. Voor

²⁴ 30% van de bewoners heeft gereageerd. Dit is niet genoeg om representatieve uitspraken te doen voor de hele populatie, wel geeft het een goed beeld van de gebruikerservaringen.

geluid in de woning door de installatie, wordt de centrale zuiveringsinstallatie voorlopig als beter beoordeeld dan een decentrale zuiveringsinstallatie met een vacuümsysteem en een groente- en fruitvermaler.

Voor geluid van de zuiveringsinstallatie zelf naar de omgeving, is te verwachten dat het decentrale systeem in absolute decibellen beter presteert. Dit is immers een kleinschalig systeem dat zich binnen een gebouw bevindt, terwijl een centrale zuivering een grootschalige openluchtinstallatie is. Los van deze observatie vallen beide systemen onder de milieuwetgeving en zijn gebonden aan maximale geluiduitstraling op de gevels van nabijgelegen woningen. Aangezien rwzi's doorgaans in buitengebieden liggen, kan het zijn dat deze installaties minder geluiduitstraling op gevels mogen veroorzaken omdat in buitengebieden de eisen strenger zijn. Omdat beide systemen volgens de wetgeving geen hinder mogen veroorzaken, is de beoordeling van dit aspect neutraal.²⁵

VISUELE HINDER

Een centrale zuiveringsinstallatie met een bedieningsgebied van 30.000 of 100.000 inwoners bevindt zich doorgaans aan de rand van bebouwd gebied, nabij oppervlaktewater waarop geloosd kan worden. In afbeelding 3.2 is de locatie van de rwzi in Deventer aan de rand van de stad en in de buurt van de IJssel te zien. Aan de zuidoostzijde bevinden zich sportaccommodaties. Een dergelijke locatie wordt vaak door bomen en ander groen aan het zicht onttrokken, maar gedurende de winter zal de industriële installatie mogelijk zichtbaar zijn en als minder fraai worden beoordeeld.

AFBEELDING 3.2 LOCATIE RWZI DEVENTER



De decentrale afvalwaterzuivering wordt ingebouwd in een pand dat zich in de wijk bevindt die het bedient. Deze zogenoemde energiehuizen kunnen qua uiterlijk aan de architectuur in de omgeving worden aangepast. In afbeelding 3.3 is het energiehuis in Noorderhoek te zien. Dit energiehuis ziet niet uit als een industriële installatie en zal daardoor als minder storend worden ervaren. Bovendien kunnen bewoners, bij een goede voorlichting, een verhaal

25 Overigens: in het algemeen zijn de bewoners van Noorderhoek tevreden over het nieuwe systeem. Het beeld dat bewoners hebben over het nieuwe systeem is voornamelijk milieuvriendelijk, besparend en zuinig. Over het algemeen zijn ze er ook trots op dat ze de eerste wijk zijn die dit nieuwe systeem gebruikt en dat het een voorbeeld is voor andere wijken. Innovatief, uniek en modern zijn woorden die ze hierbij aangeven.

vertellen bij deze installatie waar ze trots op kunnen zijn, waardoor acceptatie meer voor de hand ligt.

AFBEELDING 3.3 ENERGIEHUIS IN NOORDERHOEK, SÚDWEST-FRYSLÂN



Wij beoordelen het aspect visuele kwaliteit als neutraal, omdat geen van beide uitgesproken visuele hinder of kwaliteit oplevert voor de omgeving.

GEBRUIKSGEMAK

Ongeveer twee derde van respondenten heeft wel eens een storing aan het vacuümtoilet gehad. De meeste storingen (20%) gaan over het niet doorspoelen van het toilet. Een aantal van deze storingen had te maken met onderhoud in de wijk of een storing die plaatsvond in de hele wijk (acht bewoners) en het hebben van geen vacuüm door een stroomstoring (vier bewoners). Daarnaast wordt verstopping ook door acht bewoners benoemd als een storing: 'Verstopping, toiletpapier vormt snel een prop.' en 'Te veel wc-papier waardoor het toilet verstopt raakt. Het heeft zichzelf opgelost.'

Er is geen reden om aan te nemen dat door deze storingen er significant minder hygiënisch situaties ontstaan.

Ongeveer de helft van respondenten heeft wel eens een storing gehad aan de groente- en fruitvermaler. De meest voorkomende storing is dat de vermaler niet meer werkt. Dit kan door een verstoring in het apparaat komen, maar ook doordat het apparaat plotseling te vol is en daardoor vastloopt. Tien procent van de respondenten geeft aan dat de vermaler verstopt raakt en daardoor niet meer goed werkt. Het komt ook voor dat er een storing ontstaat omdat er een zekering gesprongen is. Vastgelopen en kapotte of losse messen worden door twee bewoners aangegeven als storing.

In een woning die is aangesloten op een centraal systeem zijn deze voorzieningen in principe niet aanwezig. Groenafval wordt in de afvalbak gedeponneerd, al dan niet gescheiden van ander afval. Het centrale zuiveringssysteem wordt daarom voorlopig als gebruiksvriendelijker beoordeeld dan de decentrale zuivering.

Het bewonersonderzoek in 2017 geeft op grote lijnen dezelfde uitkomsten als het onderzoek in 2012. In beide onderzoeken is er sprake van veel 'nieuwe' bewoners. Bijna de helft van de bewoners (48%) hoorde voor het eerst van het sanitatiesysteem ruim voordat ze in de wijk zijn komen wonen. Een klein deel hoorde pas van het systeem op het moment dat ze

in Noorderhoek zijn komen wonen. Iets meer dan de helft van de bewoners (54%) vindt de informatie die ze hebben gekregen over het systeem nuttig, maar er is ook 5% die de informatie niet nuttig vindt. Bewoners vinden het vooral handig dat er goed wordt uitgelegd hoe het systeem werkt en welke middelen er gebruikt kunnen worden. Een aantal bewoners geeft aan dat de informatie uitgebreider kan en dat ze graag informatie op papier willen hebben, zodat ze wanneer het nodig is kunnen nalezen wat ze moeten doen bij een storing of met schoonmaken.

3.7 OVERZICHT BEOORDELING DUURZAAMHEIDPRESTATIE

Tabel 3.2 bevat een overzicht van de beoordeelde duurzaamheidsthema's en de deelaspecten binnen de thema's. De beoordelingen + en - betekenen respectievelijk beter en slechter dan het andere systeem, de beoordeling 0 betekent een neutrale beoordeling. De beoordeling ++ geeft aan dat er milieueffecten worden vermeden, dus een positief effect op het milieu. De beoordeling -/+ geeft aan dat door bewoners zeer verschillend wordt gedacht over geluidsoverlast binnenshuis en over gebruiksgemak.

TABEL 3.2 OVERZICHT BEOORDELING DUURZAAMHEIDASPECTEN

Thema	Aspect	Centrale rwzi		Decentraal systeem
		30.000 i.e.	100.000 i.e.	1.530 inw
energie en klimaat	uitputting van fossiele grondstoffen	-	0	+
	CO ₂ uitstoot gedurende levensduur van 50 jaar	-	0	0
materialen en grondstoffen	milieueffecten van materiaalgebruik gedurende levensduur van 50 jaar	-	+	-
	kwalitatief: herbruikbaarheid en recyclebaarheid materialen	0	0	0
	gebruik van hulpstoffen: chemicaliën	+	0	0
	terugwinnen grondstoffen: fosfaat	0	0	0
water en bodem	watergebruik	0	0	+
	effecten op waterkwaliteit	0	0	0
	effecten op waterkwantiteit	0	0	0
natuur en ruimte	landschappelijke waarden	0	0	0
	ruimtebeslag	-	0	+
leefomgeving	gezondheid:			
	geluidoverlast binnenshuis	+	+	-/+
	geluidoverlast buitenshuis	0	0	0
	visuele hinder	0	0	0
	gebruiksgemak	+	+	-/+

4

DISCUSSIE EN CONCLUSIE

4.1 DISCUSSIE

Het decentrale zuiveringssysteem heeft voordelen wat betreft inpassing in woonwijken, de zichtbaarheid van het systeem en de positieve verhalen die bewoners daarover kunnen vertellen. Omdat het decentrale systeem op kleinere schaal opereert, is er relatief veel materiaal nodig voor de aanleg van het systeem en relatief veel energie om afvalstromen te transporteren en zuiveren met de vacuümriolering. Het decentrale systeem heeft kortom niet de schaalvoordelen van een centraal systeem, ondanks dat centrale systemen langere transportafstanden kennen.

In deze analyse zijn twee centrale systemen als referentie meegenomen: een van 100.000 i.e. met slibgisting en energieopwekking, en een referentie van 30.000 i.e. met aerobe slibstabilisatie zonder energieopwekking. De analyse laat zien dat voor materiaalgebruik het decentrale systeem iets gunstiger scoort dan de 30.000 i.e. referentie, maar dat de 100.000 i.e. referentie onderscheidend beter scoort.

Het decentrale systeem en de referentie van 100.000 i.e. winnen biogas uit slib²⁶. In het centrale zuiveringssysteem wordt dit omgezet in elektriciteit, die rechtstreeks in het zuiveringsproces wordt gebruikt. Hierdoor wordt de inkoop van elektriciteit uit het stroomnet (deels) vermeden. In de energieanalyse komt dit tot uitdrukking in een relatief lage elektriciteitsinkoop (33,8 kWh/i.e.j)

In het decentrale systeem wordt het biogas ingezet om warmte op te wekken en terug te leveren aan de aangesloten huishoudens. Hiermee wordt voorkomen dat aardgas uit het net moet worden betrokken voor verwarming van de woningen en warm tapwater (besparing op aardgasinkoop: 15 m /inw.j). De milieueffecten van elektrische energie uit het stroomnet zijn echter veel groter dan de milieueffecten van aardgas uit het aardgasnet. Daarom zijn de milieueffectbaten door energierugwinning voor het centrale systeem veel groter dan dat van het decentrale systeem. In de duurzaamheidsbeoordeling wordt, met andere woorden, rekening gehouden hoe een bepaalde zuiveringstechnologie is ingebed in het energiesysteem (hoe de teruggewonnen energie gebruikt wordt).

De analyse is uitgevoerd onder de aanname dat in het decentrale systeem geen storingen optreden in het energiesysteem, omdat suboptimaal beheer en bedrijfsvoering (in het algemeen, dus ook bij centrale rwzi's) leidt tot slechtere resultaten. In de onderzoeksperiode zijn storingen opgetreden. Het is bij het Waterschoon project lastig te duiden of de suboptimale bedrijfsvoering inherent is aan het systeem (ontwerp, schaalgrootte, intensiteit van bedrijfsvoering), of dat hier nog duidelijke operationele kansen liggen.

²⁶ In de praktijk kan het voorkomen dat ook het aeroob gestabiliseerde slib uit de Nereda (op deze schaal) alsnog wordt vergist. Dat is in praktijk op een andere locatie. Omdat het gestabiliseerd slib betreft, is de energieopbrengst substantieel lager dan de twee andere systemen. Bovendien moet het slib getransporteerd worden. In deze LCA is dit niet meegenomen.

4.2 GEOPTIMALISEERD DECENTRAAL SYSTEEM

Het onderzochte decentrale systeem is gebaseerd op meetgegevens uit 2017, uit een extrapolatie naar een volledige belasting met afvalwater en GF-afval van 1.530 inwoners.

In de energieanalyse is tevens een doorkijk gemaakt naar een verder geoptimaliseerd en geïnnoveerd decentraal systeem. Daarin is een groot aantal theoretische en nog niet geëffectueerde maatregelen en aannames doorgerekend, waaronder: vermindering van het energiegebruik voor groente- en fruitvermalers, inzameling en transport, effectievere verwarming van de gister, beter functionerende warmtepomp, minder energie voor warmtedistributie, geen verlies van biogas en niet optreden van storingsen. De energieanalyse laat zien dat in dat geval het *gebruik* van primaire energie omslaat in *productie*, of dat bij gebruik van groene stroom de productie toeneemt. Voor deze variant is eveneens de LCA-analyse uitgevoerd, en zijn de resultaten opgenomen in bijlage III.

Voor de midpoint analyse van deze variant geldt dat het geoptimaliseerde decentrale systeem qua score voor sommige milieucategorieën beter scoort dan de centrale rwzi van 100.000 i.e. en voor andere milieucategorieën een score heeft die ligt tussen de centrale rwzi van 100.000 i.e. en het huidige decentrale systeem. De geoptimaliseerde decentrale variant levert (bij storingsvrije bedrijfsvoering) zelfs energie op: de verhouding tussen elektriciteitsgebruik en vermeden gasgebruik slaat om, waardoor het decentrale systeem CO₂ neutraal is. Op de categorie 'uitputting fossiele brandstoffen' leidt dit tot negatieve score, ofwel positieve bijdrage. Dit wordt veroorzaakt doordat in het decentrale systeem vermeden gasgebruik in de woningen wordt meegeteld als een aftrekpost wanneer warmte terug geleverd wordt. Het systeem heeft dus niet een positieve bijdrage op het milieueffect, maar zorgt ervoor dat er een negatief effect elders wordt vermeden (te weten verwarming van de woningen). Kanttekeningen bij deze conclusie zijn: er is geen rekening mee gehouden of de warmte wel op het juiste moment nuttig kan worden ingezet in de woningen; de positieve effecten in de decentrale zuivering kunnen teniet worden gedaan als beheer en bedrijfsvoering niet optimaal worden uitgevoerd, zoals eerder reeds opgemerkt; energie die nodig is voor de distributie van warmte is niet meegerekend.

Voor de end-point analyse geldt dat het geoptimaliseerde systeem aanzienlijk beter scoort dan de centrale rwzi van 100.000 i.e. en dan het huidige decentrale systeem. (geoptimaliseerd decentraal systeem -50% lager dan deze referentie). Huidig decentraal systeem scoort -5% lager dan de referentie van 100.000 i.e.

4.3 ONZEKERHEID

Een aandachtspunt in het onderzoek is de onzekerheid in de gebruikte gegevens voor de LCA, vanwege het beschikbare detailniveau van de oorspronkelijke data. Het detailniveau van de informatie over het decentrale systeem is hoger; door de kleinere schaal is er een completer beeld. Voor de referentie van 100.000 i.e. is rekening gehouden met dit verschijnsel door het berekende materiaalgebruik voor de installatie te vermeerderen met onvolledigheids-toeslagen. Daarnaast zijn aannames gedaan die eerder een overschatting opleveren dan een onderschatting. Voor de rwzi van 30.000 i.e. zijn de gegevens van WBL gebruikt.

De verschillen in de resultaten op het gebied van materiaalgebruik tussen de referenties van 30.000 en 100.000 i.e. en het decentrale systeem zijn dusdanig, dat het detailniveau van de gebruikte gegevens en de aannames geen invloed hebben op de uiteindelijke beoordeling van de systemen.

Een bijkomende onzekerheid in de analyse is de uitstoot van broeikasgassen in de zuiveringsprocessen of de riolering. Deze zijn niet meegenomen in de LCA analyse aangezien hier geen betrouwbare kwantitatieve gegevens over beschikbaar zijn. Het is echter wel geweten dat bij zowel denitrificerende processen (referentiesystemen), alsook in het OLAND-proces²⁷ (decentrale systeem) lachgas wordt uitgestoten. Daarnaast is bekend dat methaan wordt geëmitteerd via anaerobe systemen en het riool. Bij gebrek aan kwantitatieve informatie zijn deze milieueffecten buiten beschouwing gelaten.

4.4 CONCLUSIES

Het overzicht van de beoordelingen op deelaspecten in paragraaf 3.7 toont dat de centrale afvalwaterzuivering op een schaal van 100.000 i.e. op grote lijnen hetzelfde scoort als het decentrale systeem. Op materiaalgebruik scoort de grote rwzi beter. De referentie van 30.000 i.e. scoort op quasi alle onderdelen minder goed in de duurzaamheidsanalyse. Dat vindt zijn oorsprong in relatief hoog materiaalgebruik (voor riolering en rwzi) en door een technologie die relatief veel energie verbruikt (aerobe slibstabilisatie).

Een belangrijke randvoorwaarde voor de conclusies over het decentrale systeem is een goede bedrijfsvoering en minimalisatie van frequentie en duur van storingen. Zie hiervoor ook de actualisering van de energieanalyse.

De aspecten binnen het thema energie en klimaat kennen de grootste onzekerheid, maar de systemen zijn daar in evenwicht. In de endpoint analyse van de LCA worden milieueffecten wel onderling gewogen. In dat geval is de negatieve impact op het milieu 5% lager dan een centrale rwzi van 100.000 i.e..

Per saldo is de conclusie dat er geen uitgesproken verschil is tussen het decentrale systeem in zijn huidige vorm en een centrale rwzi van 100.000 i.e. Het decentrale systeem heeft een goede praktische toepasbaarheid in situaties waar aansluiting op of een uitbreiding van een rwzi en bijbehorend rioolsysteem niet mogelijk is.

Ten opzichte van een alternatief op een schaalgrootte van 30.000 i.e. of kleiner, heeft een storingsvrije goed bedreven decentrale installatie, goede kansen op het vlak van duurzaamheid.

²⁷ Oxygen limited autotrophic nitrification-denitrification.

5

REFERENTIES

1. Aanpak Duurzaam GWW. Praktische werkwijze om duurzaamheid in GWW-projecten concreet te maken. April 2012. www.duurzaamgww.nl.
2. Financiële Economische Analyse 2017 Noorderhoek Waterschoon te Súdwest-Fryslân. RDGM, maart 2018.
3. Jaarverslag zuiveringstechnische-werken 2010. Overzicht 2.7.f RWZI Deventer, gegevens 2011-2012.
4. Energieanalyse decentrale sanitatie Noorderhoek, Súdwest-Fryslân. Saxion Enschede, 22 februari 2018.
5. Waterschoon 2017 Deelrapport effectiviteit, Nico Elzinga, DeSaH, 15 februari 2018.
6. Over Spoelen en Vermalen. Bewonersonderzoek naar percepties en gebruikerservaringen van het project Waterschoon in Sneek. Joeri Naus en Bas van Vliet, Wageningen University, maart 2012.
7. Tevredenheidsonderzoek project Waterschoon in Noorderhoek, Sneek. Partoer, consultants en onderzoekers Leeuwarden, december 2017.
8. Folega and Burchart-Korol, Environmental Assessment of Road Transport in a Passenger Car Using Life Cycle Approach, Transport Problems, 2017 volume 12 issue 2 (p147-153).
9. LCA analyse: decentraal versus centraal drinkwaterproductie. Tessa van den Brand, KWR Watercycle Research Institute.

BIJLAGE 1

RESULTATEN BEREKENINGEN

TABEL I.1 RESULTATEN BEREKENINGEN CENTRALE RWZI DEVENTER, GRIJZE STROOM - CUMULATIEVE MILIEUBELASTING GEDURENDE LEVENSCYCLUS VAN 50 JAAR, 100.000 I.E.

Milieueffectcategorie	Eenheid	Totaal	Bouw en sloop			Exploitatie				
			Aanleg	Onderhoud	Afval	Elektriciteit	Dieselolie	GF transp.	Chemicaliën	Drinkwater
klimaatverandering	kg CO ₂ eq	2,07E+08	2,64E+07	5,05E+06	1,56E+07	3,86E+07	5,17E+06	9,24E+05	2,86E+07	8,71E+07
aantasting ozonlaag	kg CFC-11 eq	9,40E+01	6,79E+00	1,56E+00	3,94E+00	1,57E+01	4,79E+00	7,49E-01	3,18E+01	2,87E+01
ioniserende straling	kBq Co-60eq	6,61E+07	1,94E+06	3,65E+05	5,40E+05	5,78E+06	8,79E+04	1,27E+05	7,93E+06	4,93E+07
fotochemische oxidantvorming, menselijke gezondheid	kg Nox eq	4,55E+05	5,72E+04	1,08E+04	1,36E+04	4,97E+04	8,53E+04	7,36E+03	6,48E+04	1,66E+05
fijnstofvorming	kg PM2.5 eq	2,17E+05	3,16E+04	8,40E+03	1,39E+03	1,09E+04	1,31E+04	6,29E+02	5,60E+04	9,46E+04
fotochemische oxidantvorming, ecosysteemgezondheid	kg Nox eq	4,63E+05	5,94E+04	1,12E+04	1,38E+04	5,01E+04	8,61E+04	7,52E+03	6,59E+04	1,69E+05
verzuring	kg SO ₂ eq	6,49E+05	8,32E+04	1,88E+04	8,44E+03	4,42E+04	3,99E+04	3,59E+03	1,45E+05	3,06E+05
vermesting zoet water	kg P eq	1,30E+05	1,10E+04	4,21E+03	1,61E+03	1,59E+04	1,46E+02	9,48E+01	2,74E+04	6,98E+04
terrestrische ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	1,64E+05	3,78E+04	1,00E+04	8,89E+02	1,65E+04	1,45E+03	1,21E+03	6,10E+04	3,50E+04
zoetwater ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	1,77E+07	1,43E+06	2,51E+06	7,77E+06	5,87E+05	7,95E+03	1,36E+04	2,66E+06	2,74E+06
mariene ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	2,35E+07	2,06E+06	3,15E+06	9,76E+06	8,72E+05	2,06E+04	2,17E+04	3,77E+06	3,87E+06
humane toxiciteit, carcinogeen	kg 1,4-DB eq	2,18E+07	6,17E+06	1,81E+06	1,85E+06	1,19E+06	2,75E+04	3,80E+04	2,43E+06	8,27E+06
humane toxiciteit, niet-carcinogeen	kg 1,4-DB eq	1,16E+10	1,56E+09	7,66E+08	2,98E+09	6,44E+08	1,01E+07	1,69E+07	2,84E+09	2,82E+09
landgebruik	m2a crop eq	6,82E+06	6,39E+05	1,34E+05	3,09E+04	2,52E+05	6,96E+03	1,77E+04	1,71E+06	4,03E+06
uitputting abiotische grondstoffen	kg CU eq	1,51E+06	6,22E+05	1,19E+05	8,62E+03	3,63E+04	2,46E+03	3,25E+03	3,23E+05	3,95E+05
uitputting fossiele grondstoffen	kg oil eq	4,87E+07	5,61E+06	9,14E+05	3,68E+05	1,17E+07	1,63E+06	3,08E+05	7,15E+06	2,10E+07
uitputting drinkwater	m ³	8,24E+08	5,08E+05	1,13E+05	6,68E+06	2,24E+07	1,01E+06	1,76E+06	9,09E+05	7,90E+08

TABEL I.2 RESULTATEN BEREKENINGEN CENTRALE RWZI DEVENTER, GROENE STROOM - CUMULATIEVE MILIEUBELASTING GEDURENDE LEVENSCYCLUS VAN 50 JAAR, 100.000 I.E.

Milieueffectcategorie	Eenheid	Totaal	Bouw en sloop			Exploitatie			Chemicaliën	Drinkwater
			Aanleg	Onderhoud	Afval	Elektriciteit	Dieselolie	GF transp		
klimaatverandering	kg CO ₂ eq	1,69E+08	2,64E+07	5,05E+06	1,56E+07	6,29E+05	5,17E+06	9,24E+05	2,86E+07	8,71E+07
aantasting ozonlaag	kg CFC-11 eq	7,86E+01	6,79E+00	1,56E+00	3,94E+00	2,88E-01	4,79E+00	7,49E-01	3,18E+01	2,87E+01
ioniserende straling	kBq Co-60eq	6,04E+07	1,94E+06	3,65E+05	5,40E+05	9,53E+04	8,79E+04	1,27E+05	7,93E+06	4,93E+07
fotochemische oxidantvorming, menselijke gezondheid	kg Nox eq	4,07E+05	5,72E+04	1,08E+04	1,36E+04	1,37E+03	8,53E+04	7,36E+03	6,48E+04	1,66E+05
fijnstofvorming	kg PM2.5 eq	2,07E+05	3,16E+04	8,40E+03	1,39E+03	1,02E+03	1,31E+04	6,29E+02	5,60E+04	9,46E+04
fotochemische oxidantvorming, ecosysteemgezondheid	kg Nox eq	4,14E+05	5,94E+04	1,12E+04	1,38E+04	1,41E+03	8,61E+04	7,52E+03	6,59E+04	1,69E+05
verzuring	kg SO ₂ eq	6,07E+05	8,32E+04	1,88E+04	8,44E+03	2,28E+03	3,99E+04	3,59E+03	1,45E+05	3,06E+05
vermesting zoet water	kg P eq	1,15E+05	1,10E+04	4,21E+03	1,61E+03	3,92E+02	1,46E+02	9,48E+01	2,74E+04	6,98E+04
terrestrische ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	1,49E+05	3,78E+04	1,00E+04	8,89E+02	1,66E+03	1,45E+03	1,21E+03	6,10E+04	3,50E+04
zoetwater ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	1,72E+07	1,43E+06	2,51E+06	7,77E+06	4,82E+04	7,95E+03	1,36E+04	2,66E+06	2,74E+06
mariene ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	2,27E+07	2,06E+06	3,15E+06	9,76E+06	6,95E+04	2,06E+04	2,17E+04	3,77E+06	3,87E+06
humane toxiciteit, carcinogeen	kg 1,4-DB eq	2,08E+07	6,17E+06	1,81E+06	1,85E+06	2,13E+05	2,75E+04	3,80E+04	2,43E+06	8,27E+06
humane toxiciteit, niet-carcinogeen	kg 1,4-DB eq	1,10E+10	1,56E+09	7,66E+08	2,98E+09	4,83E+07	1,01E+07	1,69E+07	2,84E+09	2,82E+09
landgebruik	m2a crop eq	6,61E+06	6,39E+05	1,34E+05	3,09E+04	3,83E+04	6,96E+03	1,77E+04	1,71E+06	4,03E+06
uitputting abiotische grondstoffen	kg Cu eq	1,54E+06	6,22E+05	1,19E+05	8,62E+03	7,12E+04	2,46E+03	3,25E+03	3,23E+05	3,95E+05
uitputting fossiele grondstoffen	kg oil eq	3,72E+07	5,61E+06	9,14E+05	3,68E+05	1,72E+05	1,63E+06	3,08E+05	7,15E+06	2,10E+07
uitputting drinkwater	m ³	8,06E+08	5,08E+05	1,13E+05	6,68E+06	5,21E+06	1,01E+06	1,76E+06	9,09E+05	7,90E+08

TABEL I.3 RESULTATEN BEREKENINGEN CENTRALE RWZI NEREDA, GRIDZE STROOM CUMULATIEVE MILIEUBELASTING GEDURENDE LEVENSCYCLUS VAN 50 JAAR, 100.000 I.E.

Milieueffectcategorie	Eenheid	Totaal			Bouw en sloop			Exploitatie		
		Aanleg systeem	Onderhoud	Afvalverwerk-king	Elektriciteit	Transport beheer	Drinkwater			
klimaatverandering	kg CO ₂ eq	9,16E+07	8,92E+06	4,94E+07	9,12E+07	9,24E+05	8,71E+07			
aantasting ozonlaag	kg CFC-11 eq	2,09E+01	2,84E+00	1,25E+01	3,70E+01	7,49E-01	2,87E+01			
ioniserende straling	kBq Co-60eq	6,44E+06	5,15E+05	1,76E+06	1,37E+07	1,27E+05	4,93E+07			
fotocchemische oxidantvorming, menselijke gezondheid	kg Nox eq	1,89E+05	2,09E+04	4,33E+04	1,17E+05	7,36E+03	1,66E+05			
fijnstofvorming	kg PM2.5 eq	9,78E+04	1,92E+04	4,49E+03	2,48E+04	6,29E+02	9,46E+04			
fotocchemische oxidantvorming, ecosysteemgezondheid	kg Nox eq	1,96E+05	2,16E+04	4,40E+04	1,18E+05	7,52E+03	1,69E+05			
verzuring	kg SO ₂ eq	2,64E+05	3,62E+04	2,71E+04	1,02E+05	3,59E+03	3,06E+05			
vermesting zoet water	kg P eq	3,20E+04	9,07E+03	5,21E+03	3,65E+04	9,48E+01	6,98E+04			
terrestrische ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	1,06E+05	1,13E+04	2,88E+03	2,41E+04	1,21E+03	3,50E+04			
zoetwater ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	3,88E+06	1,98E+06	2,19E+07	1,20E+06	1,36E+04	2,74E+06			
mariene ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	5,58E+06	2,63E+06	2,77E+07	1,79E+06	2,17E+04	3,87E+06			
humane toxiciteit, carcinogeen	kg 1,4-DB eq	1,49E+07	2,23E+06	5,88E+06	2,48E+06	3,80E+04	8,27E+06			
humane toxiciteit, niet-carcinogeen	kg 1,4-DB eq	1,93E+10	1,42E+09	9,50E+09	1,29E+09	1,69E+07	2,82E+09			
landgebruik	m ² a crop eq	6,84E+06	2,52E+05	9,92E+04	5,85E+05	1,77E+04	4,03E+06			
uitputting abiotische grondstoffen	kg CU eq	2,71E+06	2,95E+05	2,78E+04	6,23E+04	3,25E+03	3,95E+05			
uitputting fossiele grondstoffen	kg oil eq	6,93E+07	1,82E+06	1,19E+06	2,76E+07	3,08E+05	2,10E+07			
uitputting drinkwater	m ³	8,67E+08	8,40E+04	2,18E+07	5,19E+07	1,76E+06	7,90E+08			

TABEL I.4 RESULTATEN BEREKENINGEN CENTRALE RWZI NEREDA, GROENE STROOM CUMULATIEVE MILIEUBELASTING GEDURENDE LEVENSCYCLUS VAN 50 JAAR, 100.000 I.E.

Milieueffectcategorie	Eenheid	Totaal	Bouw en sloop			Exploitatie			Transport beheer	Drinkwater
			Aanleg systeem	Onderhoud	Afvalver-werking	Elektriciteit	Transport beheer			
klimaatverandering	kg CO ₂ eq	2,43E+08	9,16E+07	1,28E+07	4,94E+07	1,51E+06	9,24E+05	8,71E+07		
aantasting ozonlaag	kg CFC-11 eq	6,72E+01	2,09E+01	3,66E+00	1,25E+01	6,92E-01	7,49E-01	2,87E+01		
ioniserende straling	kBq Co-60eq	5,86E+07	6,44E+06	6,69E+05	1,76E+06	2,29E+05	1,27E+05	4,93E+07		
fotochemische oxidantvorming, menselijke gezondheid	kg Nox eq	4,38E+05	1,89E+05	2,89E+04	4,33E+04	3,29E+03	7,36E+03	1,66E+05		
fijnstofvorming	kg PM2.5 eq	2,27E+05	9,78E+04	2,76E+04	4,49E+03	2,45E+03	6,29E+02	9,46E+04		
fotochemische oxidantvorming, ecosysteemgezondheid	kg Nox eq	4,50E+05	1,96E+05	2,99E+04	4,40E+04	3,38E+03	7,52E+03	1,69E+05		
verzuring	kg SO ₂ eq	6,55E+05	2,64E+05	4,92E+04	2,71E+04	5,48E+03	3,59E+03	3,06E+05		
vermesting zoet water	kg P eq	1,17E+05	3,20E+04	9,21E+03	5,21E+03	9,43E+02	9,48E+01	6,98E+04		
terrestrische ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	1,61E+05	1,06E+05	1,21E+04	2,88E+03	3,99E+03	1,21E+03	3,50E+04		
zoetwater ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	3,10E+07	3,88E+06	2,33E+06	2,19E+07	1,16E+05	1,36E+04	2,74E+06		
mariene ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	4,03E+07	5,58E+06	3,01E+06	2,77E+07	1,67E+05	2,17E+04	3,87E+06		
humane toxiciteit, carcinogeen	kg 1,4-DB eq	3,30E+07	1,49E+07	3,49E+06	5,88E+06	5,12E+05	3,80E+04	8,27E+06		
humane toxiciteit, niet-carcinogeen	kg 1,4-DB eq	1,79E+10	4,25E+09	1,17E+09	9,50E+09	1,16E+08	1,69E+07	2,82E+09		
landgebruik	m2a crop eq	6,43E+06	1,86E+06	3,30E+05	9,92E+04	9,20E+04	1,77E+04	4,03E+06		
uitputting abiotische grondstoffen	kg CU eq	2,98E+06	1,93E+06	4,55E+05	2,78E+04	1,71E+05	3,25E+03	3,95E+05		
uitputting fossiele grondstoffen	kg oil eq	4,29E+07	1,74E+07	2,59E+06	1,19E+06	4,13E+05	3,08E+05	2,10E+07		
uitputting drinkwater	m ³	8,28E+08	1,51E+06	1,11E+05	2,18E+07	1,25E+07	1,76E+06	7,90E+08		

TABEL I.5 RESULTATEN BEREKENINGEN DECENTRAAL SYSTEEM, GRIJZE STROOM CUMULATIEVE MILIEUBELASTING GEDURENDE LEVENSCYCLUS VAN 50 JAAR, 100.000 I.E.

Milieueffectcategorie	Eenheid	Totaal	Bouw en sloop			Exploitatie			Chemicaliën	Drinkwater
			Aanleg	Onderhoud	Afval	Elektriciteit	Dieselolie	GF transp		
klimaatverandering	kg CO ₂ eq	2,18E+08	3,71E+07	4,56E+07	2,20E+07	3,02E+08	-2,70E+08	1,07E+06	9,06E+05	8,02E+07
aantasting ozonlaag	kg CFC-11 eq	8,99E+01	1,05E+01	1,05E+01	2,98E+00	1,23E+02	-8,37E+01	5,73E-01	9,21E-02	2,64E+01
ioniserende straling	kBq Co-60eq	9,20E+07	1,97E+06	2,06E+06	2,15E+06	4,51E+07	-5,00E+06	2,00E+05	4,10E+04	4,54E+07
fotocchemische oxidantvorming, menselijke gezondheid	kg Nox eq	5,84E+05	8,61E+04	8,57E+04	1,45E+04	3,91E+05	-1,51E+05	4,71E+03	7,26E+02	1,53E+05
fijnstofvorming	kg PM2.5 eq	2,69E+05	5,09E+04	7,61E+04	4,32E+03	8,99E+04	-4,10E+04	8,83E+02	5,09E+02	8,71E+04
fotocchemische oxidantvorming, ecosysteemgezondheid	kg Nox eq	5,90E+05	9,23E+04	8,96E+04	1,47E+04	3,94E+05	-1,62E+05	4,88E+03	7,37E+02	1,56E+05
verzuring	kg SO ₂ eq	7,49E+05	1,18E+05	1,41E+05	1,68E+04	3,60E+05	-1,73E+05	3,12E+03	9,97E+02	2,82E+05
vermesting zoet water	kg P eq	2,33E+05	1,62E+04	2,75E+04	3,47E+03	1,30E+05	-8,59E+03	2,22E+02	8,20E+01	6,43E+04
terrestrische ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	3,25E+05	3,20E+04	5,34E+04	2,92E+03	2,19E+05	-1,57E+04	1,23E+03	3,77E+01	3,22E+04
zoetwater ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	2,15E+07	1,97E+06	7,91E+06	3,77E+06	5,73E+06	-4,79E+05	3,84E+04	8,96E+04	2,52E+06
mariene ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	2,91E+07	2,78E+06	1,04E+07	4,72E+06	8,46E+06	-9,99E+05	5,67E+04	1,23E+05	3,56E+06
humane toxiciteit, carcinogeen	kg 1,4-DB eq	3,14E+07	4,97E+06	8,11E+06	1,11E+06	1,12E+07	-1,87E+06	4,85E+04	1,27E+05	7,62E+06
humane toxiciteit, niet-carcinogeen	kg 1,4-DB eq	1,65E+10	2,08E+09	4,63E+09	1,12E+09	6,44E+09	-5,34E+08	4,82E+07	9,81E+07	2,59E+09
landgebruik	m2a crop eq	7,93E+06	1,13E+06	1,12E+06	6,11E+04	2,05E+06	-1,74E+05	2,32E+04	6,40E+03	3,72E+06
uitputting abiotische grondstoffen	kg CU eq	2,88E+06	7,58E+05	1,48E+06	2,28E+04	4,28E+05	-1,78E+05	5,86E+03	2,03E+02	3,64E+05
uitputting fossiele grondstoffen	kg oil eq	4,16E+07	1,37E+07	1,06E+07	1,04E+06	9,13E+07	-9,48E+07	3,43E+05	2,90E+04	1,94E+07
uitputting drinkwater	m ³	8,77E+08	1,46E+06	9,31E+05	2,58E+07	1,82E+08	-6,33E+07	2,85E+06	1,97E+03	7,28E+08

TABEL I.6 RESULTATEN BEREKENINGEN DECENTRAAL SYSTEEM, GROENE STROOM CUMULATIEVE MILIEUBELASTING GEDURENDE LEVENSCYCLUS VAN 50 JAAR, 100.000 I.E.

Milieueffectcategorie	Eenheid	Totaal	Bouw en sloop			Exploitatie			Chemicaliën	Drinkwater
			Aanleg	Onderhoud	Afval	Elektriciteit	Dieselolie	GF transp		
klimaatverandering	kg CO ₂ eq	-7,88E+07	3,71E+07	4,56E+07	2,20E+07	4,76E+06	-2,70E+08	1,07E+06	9,06E+05	8,02E+07
aantasting ozonlaag	kg CFC-11 eq	-3,05E+01	1,05E+01	1,05E+01	2,98E+00	2,18E+00	-8,37E+01	5,73E-01	9,21E-02	2,64E+01
ioniserende straling	kBq Co-60eq	4,76E+07	1,97E+06	2,06E+06	2,15E+06	7,21E+05	-5,00E+06	2,00E+05	4,10E+04	4,54E+07
fotochemische oxidantvorming, menselijke gezondheid	kg Nox eq	2,04E+05	8,61E+04	8,57E+04	1,45E+04	1,04E+04	-1,51E+05	4,71E+03	7,26E+02	1,53E+05
fijnstofvorming	kg PM2.5 eq	1,87E+05	5,09E+04	7,61E+04	4,32E+03	7,70E+03	-4,10E+04	8,83E+02	5,09E+02	8,71E+04
fotochemische oxidantvorming, ecosysteemgezondheid	kg Nox eq	2,07E+05	9,23E+04	8,96E+04	1,47E+04	1,06E+04	-1,62E+05	4,88E+03	7,37E+02	1,56E+05
verzuring	kg SO ₂ eq	4,06E+05	1,18E+05	1,41E+05	1,68E+04	1,73E+04	-1,73E+05	3,12E+03	9,97E+02	2,82E+05
vermesting zoet water	kg P eq	1,06E+05	1,62E+04	2,75E+04	3,47E+03	2,97E+03	-8,59E+03	2,22E+02	8,20E+01	6,43E+04
terrestrische ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	1,19E+05	3,20E+04	5,34E+04	2,92E+03	1,26E+04	-1,57E+04	1,23E+03	3,77E+01	3,22E+04
zoetwater ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	1,62E+07	1,97E+06	7,91E+06	3,77E+06	3,65E+05	-4,79E+05	3,84E+04	8,96E+04	2,52E+06
mariene ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	2,12E+07	2,78E+06	1,04E+07	4,72E+06	5,26E+05	-9,99E+05	5,67E+04	1,23E+05	3,56E+06
humane toxiciteit, carcinogeen	kg 1,4-DB eq	2,17E+07	4,97E+06	8,11E+06	1,11E+06	1,61E+06	-1,87E+06	4,85E+04	1,27E+05	7,62E+06
humane toxiciteit, niet-carcinogeen	kg 1,4-DB eq	1,04E+10	2,08E+09	4,63E+09	1,12E+09	3,66E+08	-5,34E+08	4,82E+07	9,81E+07	2,59E+09
landgebruik	m2a crop eq	6,18E+06	1,13E+06	1,12E+06	6,11E+04	2,90E+05	-1,74E+05	2,32E+04	6,40E+03	3,72E+06
uitputting abiotische grondstoffen	kg Cu eq	2,99E+06	7,58E+05	1,48E+06	2,28E+04	5,39E+05	-1,78E+05	5,86E+03	2,03E+02	3,64E+05
uitputting fossiele grondstoffen	kg oil eq	-4,83E+07	1,37E+07	1,06E+07	1,04E+06	1,30E+06	-9,48E+07	3,43E+05	2,90E+04	1,94E+07
uitputting drinkwater	m ³	8,77E+08	1,46E+06	9,31E+05	2,58E+07	1,82E+08	-6,33E+07	2,85E+06	1,97E+03	7,28E+08

BIJLAGE 2

NIEUWE INPUT LCA ANALYSE

DECENTRAAL SYSTEEM WATERSCHOON

- uitbreiding grijswatertank: +12 136 kg aan Aluminium;
- verbruik Magnesiumchloride: toegenomen met 38,9% (van 18 mol/i.e. jaar naar 25 mol/i.e. jaar): 266,7 kg MgCl₂/jaar;
- waterverbruik: naar 114,2 l/persoon dag;
- energieverbruik waterschoon (uit actualisering energieanalyse).

Energieverbruik	Decentraal huidig [kWh/i.e./j]	Decentraal optimaal [kWh/i.e./j]
Groente- en fruitvermaler	6	1,5
Zwart water -vacuüm systeem incl. grijs water transport	20,4	12,0
<i>energiegebruik</i>	58,82	44,92
netto ingekochte elektriciteit		
vermeden gasgebruik, thermische energie	-50,2	-126,7
vermeden gasgebruik, chemische energie uit biogas	-149,9	-149,9

NEREDA-SYSTEEM

- materialen voor Nereda-systeem (civiel en installaties), aangeleverd door Waterschapbedrijf Limburg:
- beton: 2.370 ton;
- constructiestaal: 115 ton;
- wapeningsstaal: 145 ton;
- aluminium: 26 ton;
- elektronica: 3750 kg (idem als Deventer, 5 x hoeveelheid in decentrale zuivering);
- elektriciteitsverbruik zuivering: 21kWh/i.e. jaar.

BIJLAGE 3

RESULTATEN LCA DECENTRAAL OPTIMAAL

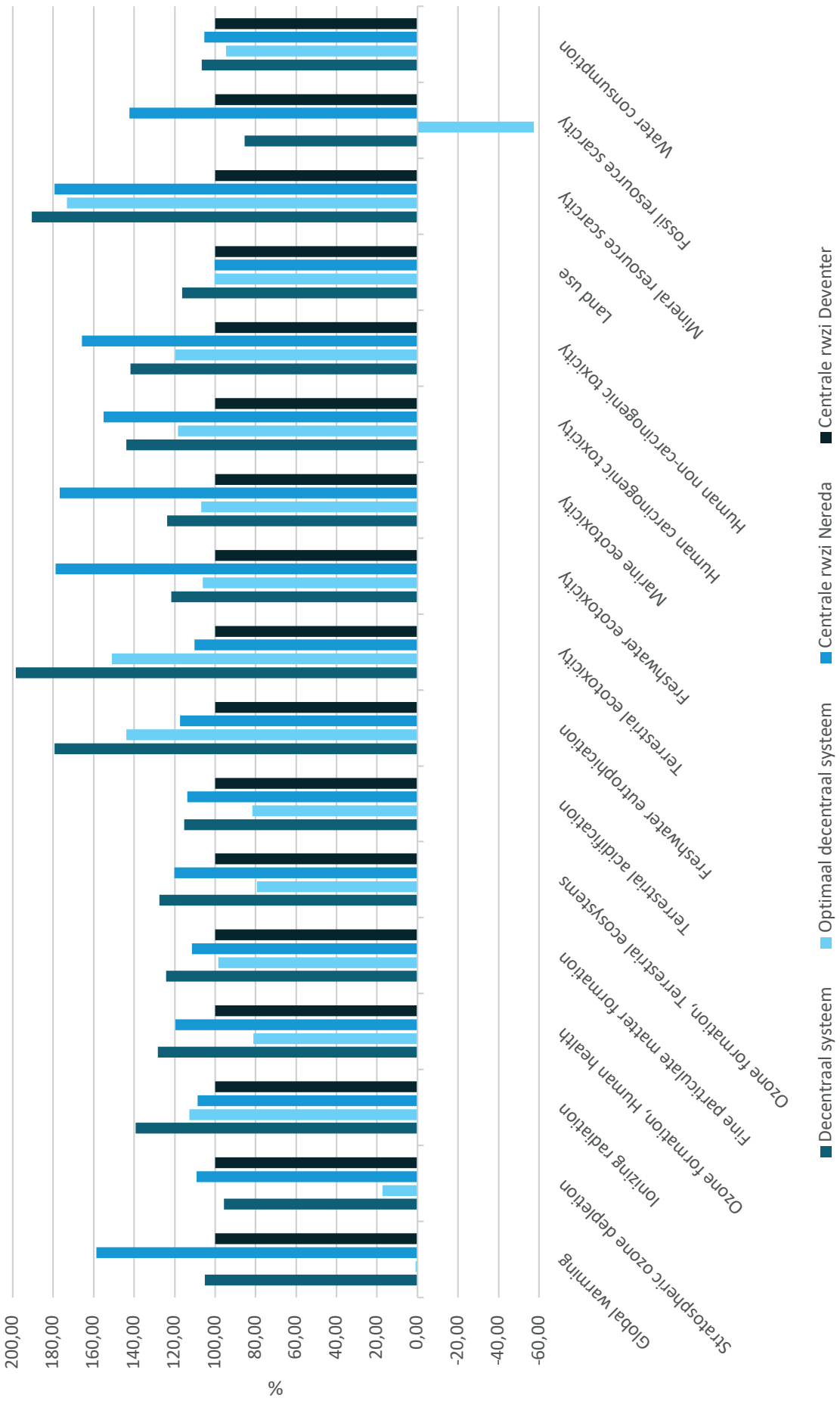
TABEL III 1 RESULTATEN BEREKENINGEN GEOPTIMALISEERD DECENTRAAL SYSTEEM, GRIDZE STROOM CUMULATIEVE MILIEUBELASTING GEDURENDE LEVENSCYCLUS VAN 50 JAAR, 100.000 I.E.

Milieueffectcategorie	Eenheid	Totaal	Bouw en sloop			Exploitatie				
			Aanleg	Onderhoud	Afval	Elektriciteit	Dieselolie	GF transp	Chemicaliën	Drinkwater
klimaatverandering	kg CO ₂ eq	1,80E+06	2,34E+07	4,47E+07	1,11E+07	2,14E+08	-3,74E+08	1,07E+06	9,06E+05	8,02E+07
aantasting ozonlaag	kg CFC-11 eq	1,62E+01	6,01E+00	1,03E+01	1,38E+00	8,71E+01	-1,16E+02	5,73E-01	9,21E-02	2,64E+01
ioniserende straling	kBq Co-60eq	7,45E+07	1,28E+06	2,02E+06	3,97E+05	3,21E+07	-6,92E+06	2,00E+05	4,10E+04	4,54E+07
fotochemische oxidantvorming, menselijke gezondheid	kg Nox eq	3,69E+05	5,27E+04	8,42E+04	5,79E+03	2,78E+05	-2,09E+05	4,71E+03	7,26E+02	1,53E+05
fijnstofvorming	kg PM2.5 eq	2,13E+05	4,12E+04	7,53E+04	8,92E+02	6,39E+04	-5,66E+04	8,83E+02	5,09E+02	8,71E+04
fotochemische oxidantvorming, ecosysteemgezondheid	kg Nox eq	3,67E+05	5,57E+04	8,80E+04	5,89E+03	2,80E+05	-2,24E+05	4,88E+03	7,37E+02	1,56E+05
verzuring	kg SO ₂ eq	5,29E+05	8,31E+04	1,39E+05	4,41E+03	2,56E+05	-2,39E+05	3,12E+03	9,97E+02	2,82E+05
vermesting zoet water	kg P eq	1,87E+05	1,38E+04	2,73E+04	8,17E+02	9,25E+04	-1,19E+04	2,22E+02	8,20E+01	6,43E+04
terrestrische ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	2,47E+05	2,66E+04	5,30E+04	6,02E+02	1,56E+05	-2,17E+04	1,23E+03	3,77E+01	3,22E+04
zoetwater ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	1,88E+07	1,77E+06	7,69E+06	3,31E+06	4,07E+06	-6,62E+05	3,84E+04	8,96E+04	2,52E+06
mariene ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	2,51E+07	2,49E+06	1,01E+07	4,12E+06	6,01E+06	-1,38E+06	5,67E+04	1,23E+05	3,56E+06
humane toxiciteit, carcinogeen	kg 1,4-DB eq	2,58E+07	3,99E+06	7,98E+06	6,30E+05	7,98E+06	-2,58E+06	4,85E+04	1,27E+05	7,62E+06
humane toxiciteit, niet-carcinogeen	kg 1,4-DB eq	1,39E+10	1,88E+09	4,54E+09	8,90E+08	4,58E+09	-7,39E+08	4,82E+07	9,81E+07	2,59E+09
landgebruik	m2a crop eq	6,84E+06	7,67E+05	1,10E+06	1,60E+04	1,45E+06	-2,40E+05	2,32E+04	6,40E+03	3,72E+06
uitputting abiotische grondstoffen	kg CU eq	2,61E+06	7,16E+05	1,46E+06	5,13E+03	3,04E+05	-2,46E+05	5,86E+03	2,03E+02	3,64E+05
uitputting fossiele grondstoffen	kg oil eq	-2,79E+07	7,75E+06	1,05E+07	2,26E+05	6,49E+07	-1,31E+08	3,43E+05	2,90E+04	1,94E+07

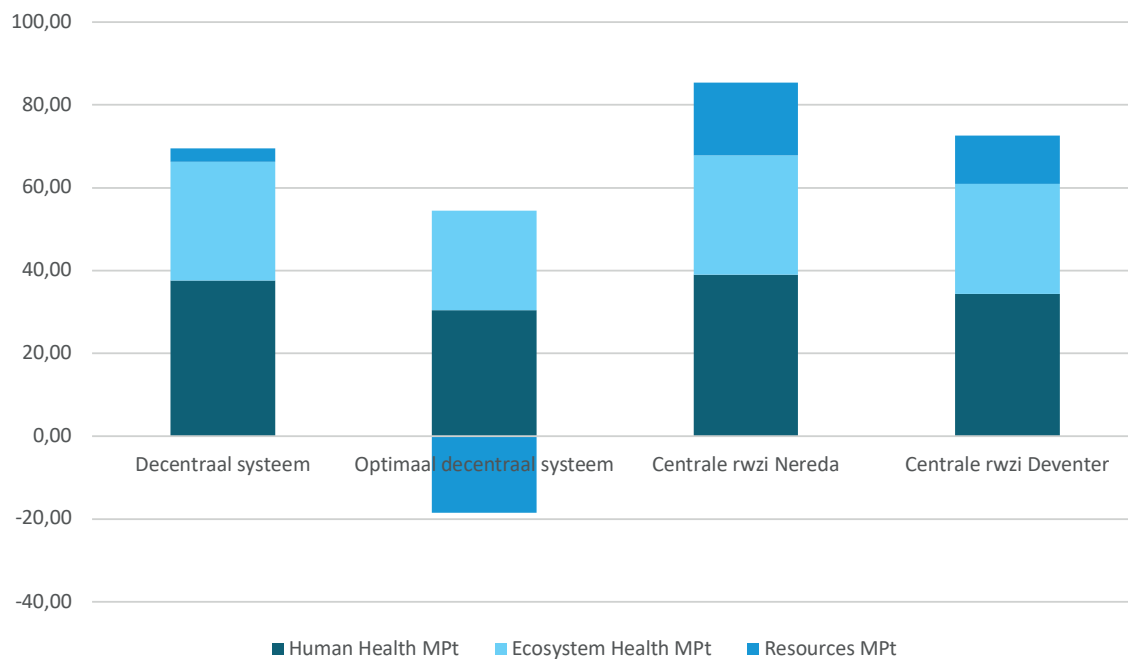
TABEL III.2 RESULTATEN BEREKENINGEN GEOPTIMALISEERD DECENTRAAL SYSTEEM, GROENE STROOM CUMULATIEVE MILIEUBELASTING GEDURENDE LEVENSCYCLUS VAN 50 JAAR, 100.000 I.E.

Milieueffectcategorie	Eenheid	Totaal	Bouw en sloop			Exploitatie			Chemicaliën	Drinkwater
			Aanleg	Onderhoud	Afval	Elektriciteit	Dieselolie	GF transp		
klimaatverandering	kg CO ₂ eq	-2,09E+08	2,34E+07	4,47E+07	1,11E+07	3,38E+06	-3,74E+08	1,07E+06	9,06E+05	8,02E+07
aantasting ozonlaag	kg CFC-11 eq	-6,94E+01	6,01E+00	1,03E+01	1,38E+00	1,55E+00	-1,16E+02	5,73E-01	9,21E-02	2,64E+01
ioniserende straling	kBq Co-60eq	4,30E+07	1,28E+06	2,02E+06	3,97E+05	5,13E+05	-6,92E+06	2,00E+05	4,10E+04	4,54E+07
fotochemische oxidantvorming, menselijke gezondheid	kg Nox eq	9,92E+04	5,27E+04	8,42E+04	5,79E+03	7,37E+03	-2,09E+05	4,71E+03	7,26E+02	1,53E+05
fijnstofvorming	kg PM2.5 eq	1,55E+05	4,12E+04	7,53E+04	8,92E+02	5,47E+03	-5,66E+04	8,83E+02	5,09E+02	8,71E+04
fotochemische oxidantvorming, ecosysteemgezondheid	kg Nox eq	9,46E+04	5,57E+04	8,80E+04	5,89E+03	7,56E+03	-2,24E+05	4,88E+03	7,37E+02	1,56E+05
verzuring	kg SO ₂ eq	2,86E+05	8,31E+04	1,39E+05	4,41E+03	1,23E+04	-2,39E+05	3,12E+03	9,97E+02	2,82E+05
vermesting zoet water	kg P eq	9,68E+04	1,38E+04	2,73E+04	8,17E+02	2,11E+03	-1,19E+04	2,22E+02	8,20E+01	6,43E+04
terrestrische ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	1,01E+05	2,64E+04	5,30E+04	6,02E+02	8,93E+03	-2,17E+04	1,23E+03	3,77E+01	3,22E+04
zoetwater ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	1,50E+07	1,77E+06	7,69E+06	3,31E+06	2,60E+05	-6,62E+05	3,84E+04	8,96E+04	2,52E+06
mariene ecotoxiciteit	kg 1,4-DB eq	1,95E+07	2,49E+06	1,01E+07	4,12E+06	3,74E+05	-1,38E+06	5,67E+04	1,23E+05	3,56E+06
humane toxiciteit, carcinogeen	kg 1,4-DB eq	1,90E+07	3,99E+06	7,98E+06	6,30E+05	1,15E+06	-2,58E+06	4,85E+04	1,27E+05	7,62E+06
humane toxiciteit, niet-carcinogeen	kg 1,4-DB eq	9,58E+09	1,88E+09	4,54E+09	8,90E+08	2,60E+08	-7,39E+08	4,82E+07	9,81E+07	2,59E+09
landgebruik	m2a crop eq	5,59E+06	7,67E+05	1,10E+06	1,60E+04	2,06E+05	-2,40E+05	2,32E+04	6,40E+03	3,72E+06
uitputting abiotische grondstoffen	kg CU eq	2,69E+06	7,16E+05	1,46E+06	5,13E+03	3,83E+05	-2,46E+05	5,86E+03	2,03E+02	3,64E+05
uitputting fossiele grondstoffen	kg oil eq	-9,19E+07	7,75E+06	1,05E+07	2,26E+05	9,25E+05	-1,31E+08	3,43E+05	2,90E+04	1,94E+07

AFBEELDING III.1 MIDPOINT ANALYSE (H) LEVENSCYCLUS (RECIPE 2016 (V1.0))



AFBEELDING III.2 ENDPOINT ANALYSE (H) LEVENSCYCLUS (RECIPE 2016 (V1.0), NORMALISATIE EN WEGING VOLGENS RECIPE 2008 (V1.11))

TABEL III.3 RESULTATEN ENDPOINT ANALYSE (H) LEVENSCYCLUS (RECIPE 2016 (V1.0), NORMALISATIE EN WEGING VOLGENS RECIPE 2008 (V1.11))²⁸

Endpoint	Decentraal systeem	Optimaal Decentraal systeem	Centrale rwzi Nereda	Centrale rwzi Deventer
Human Health [MPt]	37,66	30,35	38,99	34,29
Ecosystem Health [MPt]	28,62	24,06	28,87	26,68
Resources [MPt]	3,20	-18,53	17,49	11,62
totale score [MPt]	69,47	35,89	85,35	72,59

28 Zie p.16 voor de gehanteerde methodiek (sectie 2.4)

BIJLAGE 4

NORMALISATIE -EN WEGINGSFACTOREN

END-POINT ANALYSE

TABEL IV.1 NORMALISATIEFACTOREN RECIPE 2008 (V1.11)

Perspective	Midpoint (I)	Midpoint (H)	Midpoint (E)	Midpoint (I)	Midpoint (H)	Midpoint (E)
	Individualist	Hierarchist	Egalitarian	Individualist	Hierarchist	Egalitarian
	Europe	Europe*	Europe	World	World	World
Human health	2,10E-02	2,02E-02	4,11E-02	1,51E-02	1,36E-02	2,42E-02
Ecosystems	1,86E-04	1,81E-04	2,75E-04	8,00E-04	9,17E-04	2,48E-03
Resources	1,31E+02	3,08E+02	3,08E+02	9,85E+01	2,45E+02	2,45E+02
Human health	2,10E-02	2,02E-02	4,11E-02	1,51E-02	1,36E-02	2,42E-02

* gebruikte normalisatiefactoren

TABEL IV.2 WEGINGSFACTOREN RECIPE 2008 (V1.11)

Perspective:	Ecosystems	Human health	Resources	Total
Average	400	400	200	1.000
Individualist	250	550	200	1.000
Hierarchist*	400	300	300	1.000
Egalitarian	500	300	200	1.000

* gebruikte wegingsfactoren

