



Bart de Bruin, DHV

Helle van der Roest, DHV

Philip Schyns, Waterschap Regge en Dinkel

Mathijs Oosterhuis, Waterschap Regge en Dinkel

# Ontwerpvoorbeelden en –grondslagen van de Nereda-technologie

**Binnen het Nationaal Nereda OnderzoeksProgramma (NNOP) is jarenlang gewerkt aan de ontwikkeling van de Nereda-technologie met als doel om een concurrerende, duurzame technologie te ontwikkelen voor de behandeling van huishoudelijk afvalwater. Alle activiteiten zijn niet voor niets geweest, want naast twee kleinere demonstratie-installaties in Zuid-Afrika en Portugal is 's werelds eerste grootschalige installatie in Epe sinds september 2011 met aansprekende resultaten in bedrijf. Twee andere Nereda-rwzi's, in Dinxperlo en Vroomshoop, zijn in aanbouw en zullen in de loop van 2013 in bedrijf worden genomen. Hoog tijd om stil te staan bij de toepassingsmogelijkheden en dimensioneringsgrondslagen van rwzi's met een Nereda-stempel.**

De Nereda-technologie is gebaseerd op de zuivering van afvalwater met aerobe slibkorrels. Deze korrels functioneren zonder dragermateriaal en hebben in tegenstelling tot actief slib buitengewoon goede bezinkings-eigenschappen. De slibvolume-index (SVI) na vijf minuten bezinking van puur aerob korrelslib bedraagt 30 tot 40 ml/g, daar waar actief slib na 30 minuten bezinking een SVI kent van 120 tot 150 ml/g. Daardoor kan het volledige zuiveringsproces batchgewijs en met een eenvoudige cyclus in één reactor worden uitgevoerd.

Door het gelijktijdig vullen en aflat van deze reactor en de extreem korte bezinktijd van het korrelslib zijn de nadelen van een conventioneel batchproces overwonnen. Hierdoor is het mogelijk om ook bij hogere RWA/DWA-verhoudingen de Nereda-technologie toe te passen. Daarnaast kunnen met aerob korrelslib hogere slibconcentraties worden toegepast. Dit beperkt het totaal te realiseren volume en oppervlak van de rioolwaterzuiveringsinstallatie sterk.

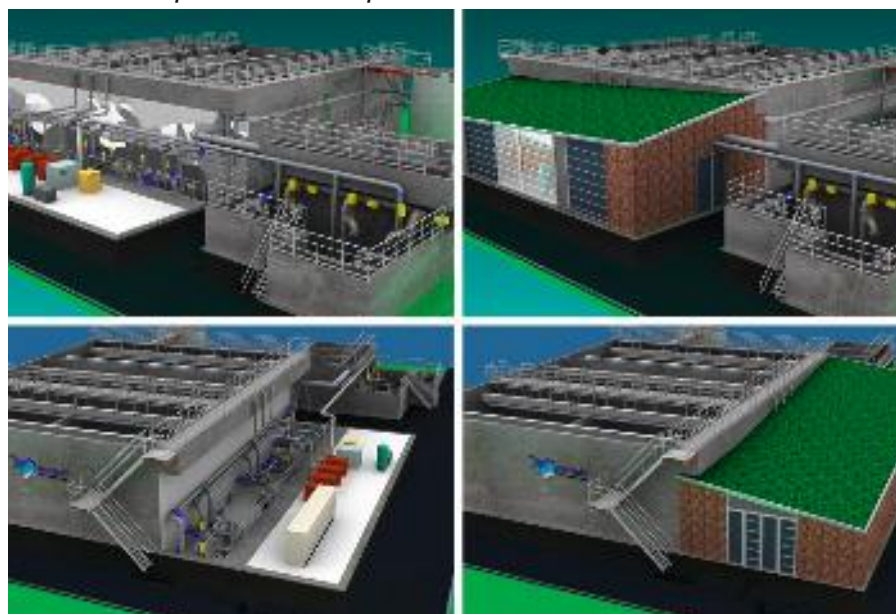
De praktijkresultaten van de rwzi Epe tot nu toe laten zien dat vergaande biologische stikstof- en fosfaatverwijdering mogelijk is, ook bij procestemperaturen ruim onder 10°C. Om aan de effluenteis ten aanzien van totaal fosfaat (zomereis 0,3 mg P/l) te

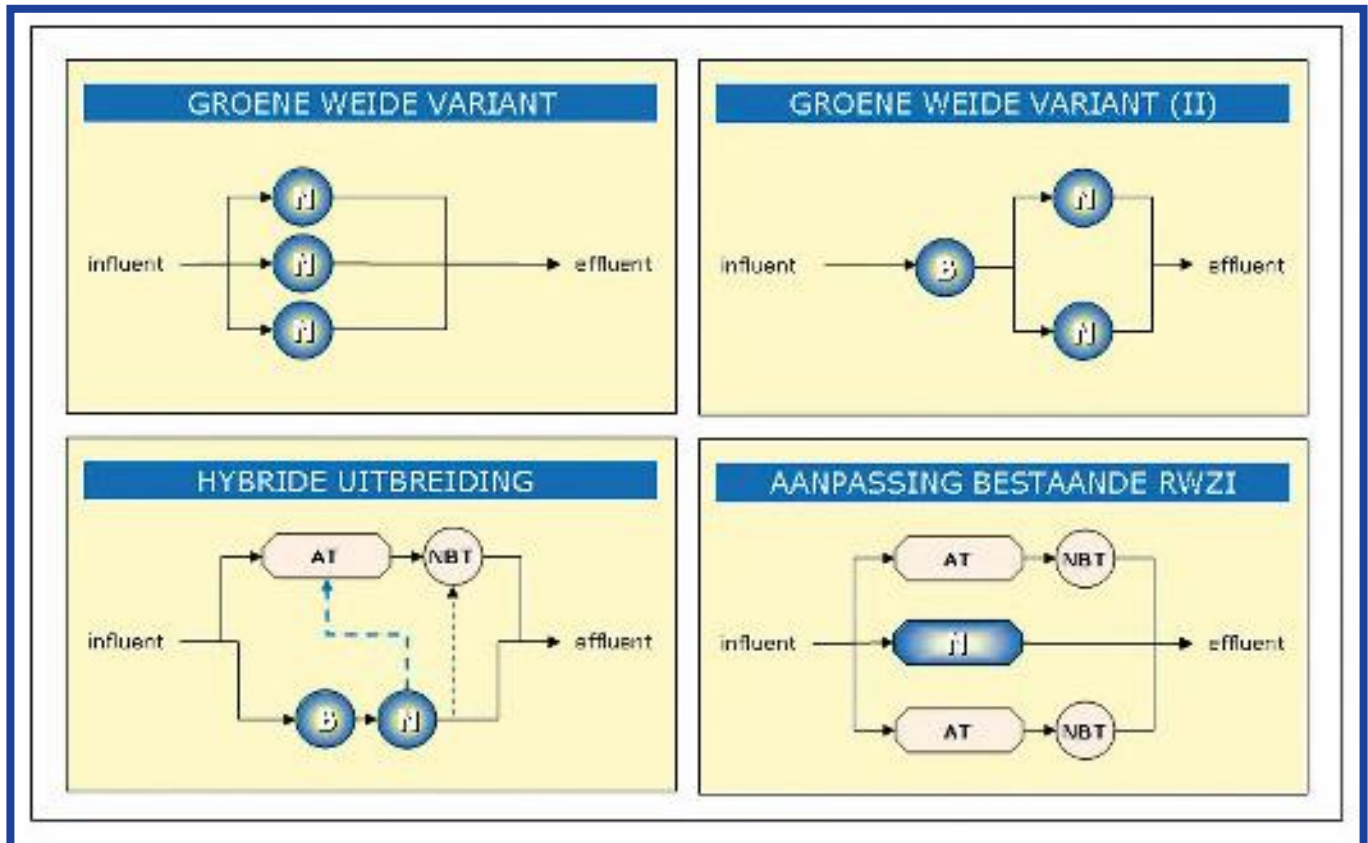
kunnen voldoen, hoeft bij de nageschakelde zandfilters slechts een beperkte hoeveelheid metaalzout te worden gedoseerd.

De opstart van een Nereda-installatie kan plaatsvinden met actief slib of door enting

met aerobe korrels. Voor de eerste situatie moeten specifieke procesomstandigheden worden aangelegd. Voor de tweede situatie blijkt dat geënte korrels in korte tijd hun zuiveringscapaciteit oppakken, zelfs als deze een langere periode zonder voeding en zuurstof zijn opgeslagen. Het korrelslib in de

*Driedimensionale impressie van de rwzi Dinxperlo.*





Schematische weergave van de vier toepassingsmogelijkheden van de Nereda-technologie.

installatie behoudt de biologische activiteit en blijkt in vergelijking met actief slib zeer robuust tegen incidentele (industriële) lozingen. Zowel op laboratorium- als op pilotschaal zijn veelvuldig testen uitgevoerd met pieklozingen met lage dan wel hoge pH. Telkens blijkt dat de structuur en de biologische activiteit van het korrelslib niet of nauwelijks worden beïnvloed. Ook bij de praktijkinstallaties heeft het inkomende afvalwater periodiek een sterk afwijkende pH. Tot nu toe worden op geen van de installaties de bedrijfsvoeringsresultaten hierdoor negatief beïnvloed.

### Toepassingen

Er zijn vier principeel verschillende toepassingen voor de Nereda-technologie te onderscheiden:

#### Groene weide-variant zonder buffer

Een nieuwe installatie bestaat veelal uit minimaal drie reactoren. Aangezien het afvalwater niet wordt gebufferd en maximaal één reactor tegelijkertijd wordt gevoed, dient de tijd voor het vullen van een reactor eerderde van de cyclustijd te bedragen - zie het voorbeeld met cyclustijden. Anders kan een continue verwerking van afvalwater niet worden gegarandeerd. Voorbeelden hiervan zijn de installaties te Epe en Dinxperlo alsmede de demonstratie-installatie in Zuid-Afrika (Gansbaai). De rwzi's Epe en Dinxperlo zijn op grond van de scherpe effluenteisen voorzien van nageschakelde zandfilters.

#### Groene weide-variant met buffer

Indien een influentbuffer wordt toegepast, hoeft niet altijd één reactor beschikbaar te zijn die kan worden gevuld. Dit heeft

als voordeel dat de cyclus effectiever kan worden opgezet zodat meer tijd beschikbaar is voor de biologische processen. Het benodigde volume van de reactoren wordt hiermee kleiner. Deze procesconfiguratie is het uitgangspunt van de nieuwe rwzi Stellenbosch in Zuid-Afrika, die momenteel wordt gebouwd. Ook in Nederland wordt deze variant op diverse locaties serieus overwogen.

#### Hybride uitbreiding

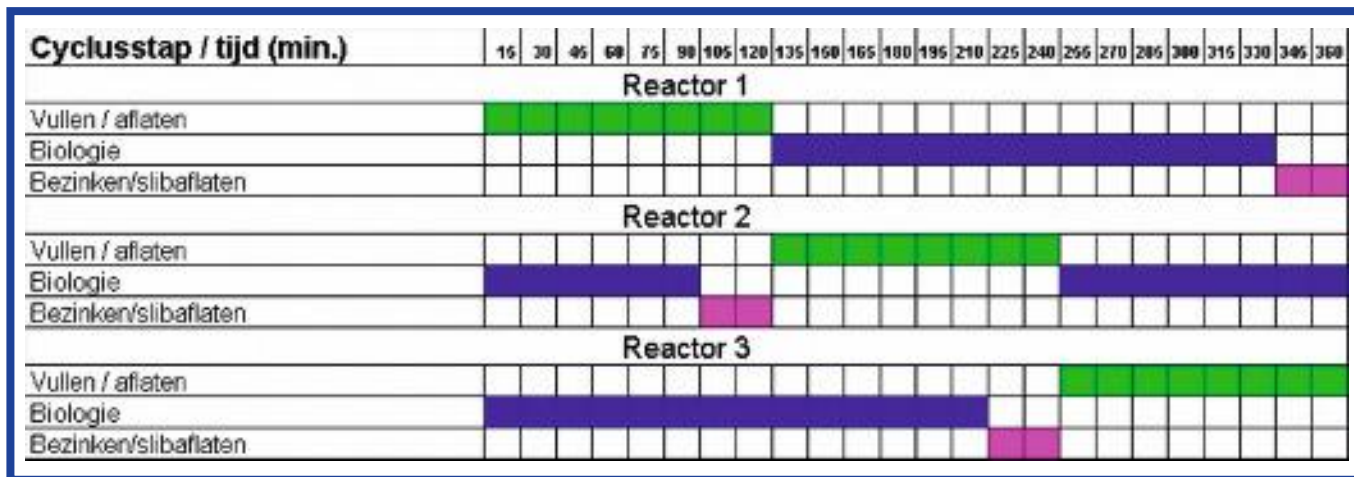
In de hybride variant krijgt de Nereda-installatie een deel van het influent voor haar rekening. Afhankelijk van de bestaande situatie kan deze variant op verschillende manieren worden uitgevoerd:

- Als de bestaande installatie onvoldoende hydraulische en biologische capaciteit heeft, kan de Nereda-installatie gescheiden van de bestaande installatie worden gerealiseerd. Conform de standaard opzet bij hybride installaties wordt de hydraulische capaciteit van de bestaande en nieuwe installatie geoptimaliseerd. Dit kan er overigens toe leiden dat minder reactoren hoeven te worden gebouwd. Ook hier kan afhankelijk van de effluenteisen een nabehandeling worden overwogen;
- Als de bestaande installatie voldoende hydraulische capaciteit heeft en alleen biologisch hoeft te worden aangepast, kan de uitbreiding op eenvoudige wijze plaatsvinden met één Nereda-reactor, eventueel aangevuld met een DWA-buffer. Het effluent van de Nereda-installatie wordt afgevoerd naar de conventionele installatie. Een voorbeeld hiervan is de nieuwe rwzi Vroomshoop.

Een interessant aspect in een hybride uitbreiding is de benutting van het Nereda-spuislib in de bestaande installatie. Hiermee wordt een continu enteffect bewerkstelligd en worden eigenschappen van het korrelslib mogelijk overgedragen aan het actief slib. Dit beïnvloedt en verbetert niet alleen de slibbezinkings-eigenschappen en de biologische fosfaatverwijdering, maar leidt bij een overbelaste installatie mogelijk ook tot een toename van de stikstofverwijdering. Met deze bedrijfsvoering is tijdens de eerste maanden van de opstart in Epe ervaring opgedaan; de resultaten zijn positief, dat wil zeggen dat de slibbezinkingseigenschappen van de bestaande installatie sterk verbeterden. Het is echter de vraag of dit effect helemaal is toe te schrijven aan het enteffect van de Nereda-installatie. Andere factoren, zoals een lagere belasting en wellicht periodiek minder tekort aan zuurstof, spelen hierbij mogelijk ook een rol.

#### Inpassing bestaande installatie

De Nereda-technologie kan goed worden ingepast in een bestaande actief slibinstallatie. Vooral voor installaties van grotere capaciteit is dit een interessante mogelijkheid, bijvoorbeeld door het ombouwen van één of meer actief slibstraten tot Nereda-reactoren. Het slibgehalte gaat omhoog met een factor twee. Nabezinktanks en retourslibgemalen worden dan uit bedrijf genomen. Hierdoor neemt de capaciteit toe en/of kan de effluentkwaliteit verbeteren. Eén van de belangrijke aandachtspunten hierbij is de beschikbare waterdiepte van de bestaande beluchtingstanks, omdat bij waterdieptes van minder dan vijf meter een goed hydraulisch functionerende reactor lastiger



Voorbeeld cyclustijden bij een groene weide-variant zonder buffer.

is te ontwerpen. Deze configuratie test men in de demonstratie-installatie in Portugal.

### Ontwerp

Een huishoudelijke Nereda-installatie wordt gedimensioneerd op biologische en hydraulische uitgangspunten. Tot op heden houdt men hiervoor biologische ontwerpgrondslagen aan, vergelijkbaar met die voor actief slib. Dit geldt dus voor slibbelastingen en voor zuurstofinbrengcapaciteit en slibproductie. Voor het slibgehalte wordt een ontwerpwaarde van 8 kilo per kubieke meter aangehouden, daar waar actief slibsystemen standaard worden ontworpen op 4 kilo per kubieke meter. De huidige ontwerp-aannames zijn veilig en zullen na langjarige praktijktoepassingen worden aangescherpt.

Verder dient bij het biologisch ontwerp rekening te worden gehouden met de specifieke eigenschappen van een batch-systeem. Mede afhankelijk van de cyclus-opbouw en het aantal reactoren dient onder meer gerekend te worden met de effectieve beluchtingstijd.

Alle reactoren doorlopen per cyclus dezelfde cyclusstappen maar deze worden niet tegelijkertijd uitgevoerd - zie de voorbeelden met cyclustijden. Dat betekent dat niet tegelijkertijd in alle reactoren de maximale luchtinbreng vereist is en daarom wordt rekening gehouden met een gelijktijdigheidsfactor. De luchtinbreng in huishoudelijke installaties vindt plaats met een fijne bellen-

beluchtingssysteem en wordt berekend voor de maximale batchgrootte onder maximale droogweer-condities ( $DWA_{max}$ ). Deze benadering betekent dat geen additionele piekfactoren meer nodig zijn.

Als vergaande stikstofverwijdering vereist is, wordt een cyclus uitgebreid met een anoxische voor- en/of nadenitrificatiefase. Ook de introductie van een recirculatie (van nitraathoudend water) kan dan aan de orde zijn.

Een nadere toelichting aan de hand van twee 'huishoudelijke' voorbeelden: de demonstratie-installatie te Gansbaai en de eerste grote praktijkinstallatie te Epe.

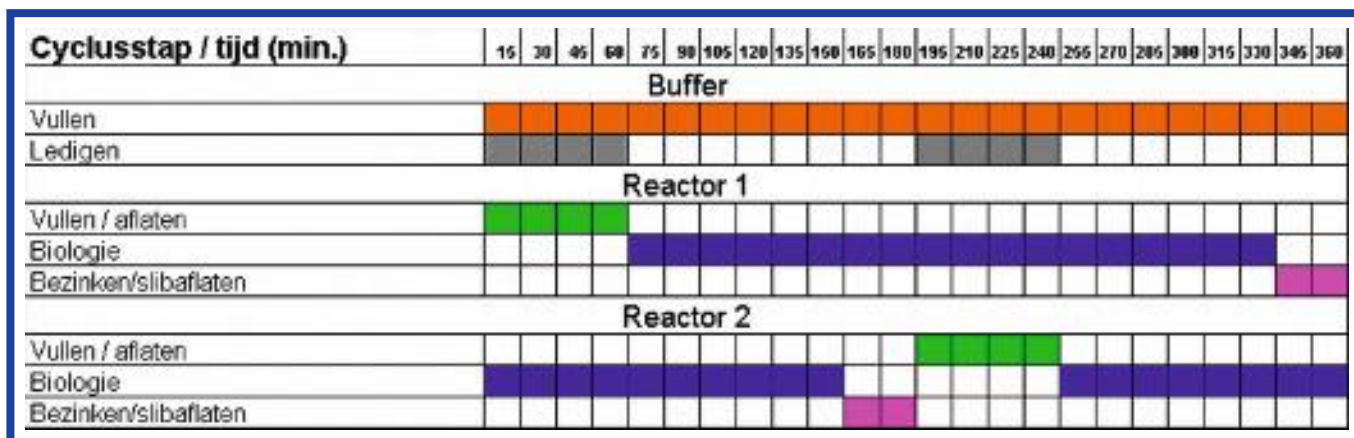
De demonstratie-installatie te Gansbaai heeft een ontwerpcapaciteit van 25.000 v.e.

en is eind 2008 opgestart. Deze installatie is gedimensioneerd voor standaard effluenteisen die binnen Zuid-Afrika gelden, te weten  $CZV < 75$  mg/l en  $N_{totaal} < 15$  mg/l. Onder specifieke lokale omstandigheden met hogere procestemperaturen voldoet het effluent ruimschoots aan deze eisen. Zonder nabehandeling en zonder aanvullende recirculatievoorzieningen wordt met deze installatie een  $CZV < 50$  mg/l, een stikstofverwijdering  $> 90$  procent en een zwevendstofconcentratie  $< 10$  mg/l bereikt. Dit zijn opvallende resultaten als de aard van het influent in acht wordt genomen. Een belangrijk deel van het influent bestaat uit per as aangevoerd septisch materiaal, waardoor de gemiddelde  $CZV$  en  $N_{kj}$  influentconcentraties respectievelijk ruim 1 g/l en  $> 100$  mg/l bedragen. De installatie wordt bedreven op een

Tabel 1. Standaard ontwerpparameters voor een groene weide-variant van een Nereda-installatie.

parameter	waarde (eenheid)	opmerkingen
aantal reactoren	3	bij lage RWA/DWA mogelijk twee reactoren
waterhoogte (meter)	6-9	afhankelijk van lokale omstandigheden
<b>cyclustijd</b>		
- totaal (uur)	3-9	afhankelijk van hydraulisch optimum (RWA/DWA)
- voeden en aflaten (uur)	1-3	
- beluchten (uur)	1,5-7,5	inclusief eventuele anoxische perioden
- bezinken (uur)	0,5	afhankelijk van korreleigenschappen

Voorbeeld cyclustijden bij een groene weide-variant met buffer.





slibgehalte van 6 tot 8 kilo per kubieke meter en heeft een  $SVI_5$  van 35 tot 70 ml/g. De tweede huishoudelijke praktijkinstallatie in Zuid-Afrika (Stellenbosch) met een capaciteit van 43.000 v.e. is op dezelfde ontwerpgrondslagen gebaseerd.

De installatie te Epe voldoet aan de effluenteisen voor een  $N_{\text{totaal}}$  effluentconcentratie  $< 5$  mg/l en een  $P_{\text{totaal}} < 0,3$  mg/l. Daarvoor wordt deze installatie bedreven met een geoptimaliseerde cyclus, inclusief anoxische fasen. Verder is de installatie uitgelegd met een recirculatievoorziening. De gemiddelde recirculatiefactor ten opzichte van het influentdebiet is beperkt en bedraagt 0,9.

Met betrekking tot de hydraulische capaciteit van een Nereda-installatie wordt onderscheid gemaakt naar de verschillende toepassingen. Zoals aangegeven zal bij een hybride uitbreiding een optimalisatie plaatsvinden van de biologische en hydraulische ontwerpgrondslagen tussen de bestaande en de nieuwe installatie. Een uitwerking tot de meest optimale variant is sterk locatie-specifiek en is niet in zijn algemeenheid aan te geven. Wel worden voornamelijk voor deze hybride installaties de uitgangspunten voor het ontwerp van een actief slibstelsysteem gehanteerd en wordt ook hier een veilig ontwerp slibgehalte van 8 kilo per kubieke meter aangehouden. Voor het functioneren van elke Nereda-installatie dient verder rekening te worden gehouden met een influentdistributiesysteem, een slibaflaat en een effluentaflaatsysteem.

De standaard ontwerpuitgangspunten van een Nereda-installatie volgens een groene weide-variant zijn weergegeven in tabel 1.

Met betrekking tot de voorbehandeling van een Nereda-installatie dienen dezelfde richtlijnen als bij conventionele systemen te worden aangehouden. Datzelfde geldt voor de slibbehandeling, waarbij rekening moet worden gehouden met de hoge biologische fosfaatverwijderingscapaciteit. De inzet van mechanische indikkingsapparatuur is hierbij een logische optie, ofschoon ook installaties met gravitatie-indikking worden ontworpen.

Voor de reguliere effluenteisen conform de Amvb 'Stedelijk afvalwater' is geen nabehandeling noodzakelijk. Als sprake is van strenge effluenteisen, zoals in Epe en Dinxperlo, kan men kiezen voor een nabehandeling, die op voorhand met standaard ontwerpgrondslagen kan worden berekend. Te denken valt aan doekfiltratie (trommel- of diskfilter) dan wel dieptefiltratie (zandfilters) voor de verwijdering van zwevendstof en eventueel restfosfaat.

### Rekenvoorbeeld

Met de hiervoor aangegeven ontwerpparameters en onderstaande uitgangspunten tonen we enkele berekeningen aan de hand waarvan de eerste berekeningen in systeemkeuzestudies kunnen worden uitgevoerd. Ook de uitkomsten zijn in tabel

parameter (eenheid)	zonder influentbuffer	met influentbuffer
biologische belasting		
- CZV (kg/d)		5.000
- N (kg/d)		500
hydraulische belasting		
- DWA (m <sup>3</sup> /h)		700
- RWA (m <sup>3</sup> /h)		2.100
- dagdebiet (m <sup>3</sup> /d)		8.500
aantal reactoren	3	2
waterhoogte (m.)	6	6
CZV slibbelasting (kg/(kg.d))	0,12	0,12
volume buffer (m <sup>3</sup> )		2.000
totaal volume reactoren (m <sup>3</sup> )	9.000	7.000
aantal cycli per reactor (-/d)	4	4
- voeden en aflaten (h)	2	1
- beluchten (h)	3,5	4,5
- bezinken (h)	0,5	0,5
beluchttingscapaciteit		
- alpha-factor (-)	0,7	0,7
- capaciteit (één reactor) (kg O <sub>2</sub> /h)	280	315
- idem (Nm <sup>3</sup> /h)	2.400	2.800
- gelijktijdigheidsfactor (%)	150	130
- totale capaciteit (Nm <sup>3</sup> /h)	3.600	3.600

Tabel 2. Rekenvoorbeeld voor de groene weide-variant van een Nereda-installatie onder Nederlandse procescondities en eisen.

2 weergegeven. Daarbij wordt met name ingegaan op het beluchttingsvolume en de beluchttingscapaciteit, aangezien deze voor een Nereda-installatie wezenlijk verschillen van een conventionele actief slibinstallatie.

Het benodigde volume voor de Nereda-reactoren zonder buffer bedraagt 9.000 kubieke meter (5.000 kg CZV/d : 0,12 kg CZV/(kg ds.d) : 8 kilo per kubieke meter x 6 uur : 3,5 uur). In het geval van een influentbuffer zijn twee reactoren met een totaal volume van 7.000 kubieke meter toereikend. Ter vergelijking: het benodigde volume voor een actief slibinstallatie bedraagt 10.400 kubieke meter (5.000 kg CZV/d : 0,12 kg CZV/(kg ds.d) : 4 kilo per kubieke meter).

De aangegeven uitkomst is standaard onder gangbare Nederlandse biologische en hydraulische condities, maar afhankelijk van de RWA/DWA-verhouding. Hierbij moet in acht worden genomen dat het anaerobe volume ten behoeve van de biologische defosfatering wel in het berekende Nereda-volume is opgenomen, maar niet bij het berekende volume van de actief slibinstallatie. Verder ontbreken bij een Nereda-installatie vanzelfsprekend de nabezinktanks en het retourslibgehaal.

### Hoge verwachtingen

De Nereda-technologie kan in veel situaties worden toegepast, variërend van groene weide-variant, een hybride uitbreiding tot het inpassen in bestaande tanks. Ook kan maatwerk worden geleverd als het gaat om de effluentkwaliteit, met aanvullende anoxische fasen als een eventuele nabehandeling. Een eenmaal gerealiseerde Nereda-installatie kan eenvoudig worden uitgebreid door het bijbouwen van een influentbuffer en/of één of meerdere reactoren, zonder dat de reeds gerealiseerde tanks aanpassingen behoeven. De extra mogelijkheden die ontstaan door een hybride uitbreiding van een conventionele rwz met de Nereda-technologie, zullen met de realisatie van de installatie te Vroomshoop verder naar voren komen. Op grond van de ervaringen met de opstart van de Nereda-installatie in Epe zijn de verwachtingen hiervoor hoog gespannen.