


—
1



postbus 80200, 2508 GE den haag
johan van oldenbarneveltlaan 5

 070-512710

stichting toegepast onderzoek reiniging afvalwater

Capaciteitsvergroting van carrousel

92.000.000.000

	INHOUD	1
	TEN GELEIDE	3
1	SAMENVATTING	5
2	INLEIDING	9
3	INVENTARISATIE VAN DE CAPACITEIT, DE BELASTING EN DE WERKING VAN NEDERLANDSE CARROUSELS VOOR DE ZUIVERING VAN HUISHOUDELIJK AFVALWATER	11
3.1	De capaciteit	11
3.2	De belasting	12
3.3	De effluentkwaliteit	12
3.4	Toetsing procesgegevens	13
3.4.1	slibbelasting	13
3.4.2	slibindex	14
3.4.3	slibleeftijd	15
3.4.4	zuurstofverbruik	15
4	SYSTEMEN VOOR CAPACITEITSVERGROTING	17
4.1	Voorzuivering	17
4.2	Nazuivering	18
4.2.1	nitrificerende systemen	19
4.3	Verhoging van de actieve biomassa in de beluchtingsruimte	21
5	UITWERKING VAN TOEPASBARE SYSTEMEN	23
5.1	Algemeen	23
5.2	Capaciteitsvergroting door het bijbouwen van een Carrousel	24
5.3	Capaciteitsvergroting door verhoging van het slibgehalte	27
5.4	Capaciteitsvergroting door voorzuivering	32
5.4.1	voorzuivering door middel van voorbezinking	32
5.4.2	voorzuivering door middel van een hoogbelast oxydatiebed	33
5.4.3	voorzuivering door middel van een hoogbelaste actief-slibtrap	38
5.5	Capaciteitsvergroting door nazuivering	41
5.5.1	linpor-N-systeem	42
5.5.2	oxydatiebed(den)	42
5.6	Capaciteitsvergroting door verhoging van de slibbelasting	46
5.7	Capaciteitsvergroting door verhoging van de slibbelasting met voorzuivering door voorbezinking	50
5.8	Capaciteitsvergroting van de beluchting	52

BIBLIOTHEEK DE HAFF
 Droevendaalsesteeg 3a
 Postbus 241
 6700 AE Wageningen

4 DEC 2003



1702

6	KOSTEN	54
6.1	De investeringskosten	54
6.2	De jaarlijkse kosten	56
7	EVALUATIE	61
8	LITERATUUR	66

Bijlage 1	Uitgangspunten voor de technologische berekeningen
Bijlage 2	Berekening van de capaciteitsvergroting met biorotor in Carrousel
Bijlage 3	Berekening van de investeringskosten
Bijlage 4	Berekening van de jaarlijkse kosten
Bijlage 5	Berekening van de energiekosten

Ten geleide

Ruim 3 miljoen vervuilingseenheden worden behandeld in zeer laagbelaste oxydatiesloten, uitgevoerd als Carrousel. Een groot aantal daarvan blijkt biologisch en/of hydraulisch volledig belast of overbelast te zijn. Knelpunten in het proces, met overschrijding van de effluentkwaliteit als gevolg, zijn overbelasting van de nabezinktanks en een tekort aan zuurstofinbrengcapaciteit.

Het rapport beschrijft zeven systemen die capaciteitsvergrotingen tussen 20 en 150% mogelijk maken met handhaving van de bestaande installatie, voor twee effluentkwaliteiten en voor capaciteiten van 20.000, 50.000 en 100.000 i.e. De behaalde effluentkwaliteiten, de bedrijfsvoering, de milieu-effecten en de kosten van deze systemen worden gegeven. Het bijbouwen van een Carrousel voor de betreffende capaciteit diende daarbij steeds als referentie.

Het onderzoek werd door het algemeen bestuur van de STORA op voorstel van de Onderzoekadviescommissie* opgedragen aan DHV Raadgevend Ingenieursbureau B.V. en namens de STORA begeleid door een commissie bestaande uit ir. T.W.M. Wouda (voorzitter), ing. J.W. van de Berg, ing. W.K. Deen, ir. S. Gaastra en ir. K.F. de Korte.

Den Haag, april 1989.

De directeur van de STORA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

*Deze commissie bestond uit:

prof.ir. J.H. Kop (voorzitter), drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff (secretaris) en ir. J. Boschloo, ir. R. den Engelse, prof.dr. P.G. Fohr, ir. A.E. van Giffen, ir. J.J. de Graeff, dr.ir. P.J. Huiswaard, dr. S.P. Klapwijk, ir. A.B. van Luin, ir. Tj. Meijer, ir. L.P. Savelkoul, wijlen ir. H.M.J. Scheltinga, dr.ir. D.W. Scholte Ubink en ir. M. Tiessens (leden).

SAMENVATTING

Vanaf 1968 zijn in Nederland voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater 74 Carrousel's gebouwd met een totale capaciteit van ruim 3 miljoen i.e. Een toenemend aantal Carrousel's is overbelast, doordat òf de aangevoerde vuillast de ontwerpcapaciteit overschrijdt (ontwerpoverbelasting), òf de zuiveringscapaciteit geringer is dan de ontwerpcapaciteit (ontwerpondercapaciteit). Op basis van CBS-gegevens over de jaren 1983 t/m 1985 is een inventarisatie uitgevoerd van de mate van overbelasting en van de knelpunten waar het een overschrijding van de zuiveringscapaciteit betreft.

In de jaren 1983 tot en met 1985 is het aantal Carrousel's met een ontwerpoverbelasting toegenomen van 6 naar 13%. Wanneer de 90-percentielwaarden van het NKj-gehalte en van het BZV van het effluent als grenswaarden worden aangehouden, vond in 1985 op 25% van de rwzi's een overschrijding plaats van het BZV, het NKj-gehalte of van beiden. Knelpunten in het proces, welke deze overschrijding van de effluentkwaliteit tot gevolg hebben, zijn overbelasting van de nabezinktanks, met name als gevolg van een hoge slibindex, en een tekort aan zuurstofinbrengcapaciteit.

In situaties met een geringe overbelasting kan deze worden opgeheven door het nemen van betrekkelijk eenvoudige maatregelen, zoals het bestrijden van licht slib met een selector of het verhogen van de beluchtingscapaciteit. Wanneer deze maatregelen onvoldoende zijn en capaciteitsuitbreiding noodzakelijk is, zal alleen bijbouwen of het vergroten van procesonderdelen uitkomst bieden.

Om inzicht te verkrijgen in de mogelijkheden voor capaciteitsvergroting is een zevental systemen beschreven, dat capaciteitsvergrotingen van 20-150% bewerkstelligt; ter vergelijking is tevens de capaciteitsvergroting door het bijbouwen van een Carrousel opgenomen.

Bij de systemen is onderscheid gemaakt naar effluentkwaliteit.

Systemen, behorende tot klasse I, hebben een effluentkwaliteit die overeenkomt met die van de zeer laagbelaste systemen. Omdat in bepaalde situaties een geringe achteruitgang van de effluentkwaliteit geoorloofd is, zijn in klasse II systemen opgenomen met een hogere slibbelasting; uitgangspunt bij de laatste categorie is dat nitrificatie mogelijk is bij watertemperaturen van 10° C en hoger.

effluentklasse			klasse I	klasse II
CZV	jaargemiddelde	mg/l	66	78
BZV	jaargemiddelde	mg/l	5	8
NKj	temp. >10° C	mg/l	7	11

Tabel 1. Effluentkwaliteit voor klasse I en II.

In tabel 2 zijn de verschillende systemen met de percentuele capaciteitsvergrotingen aangegeven; uitgegaan is van Carrousel's van 20.000, 50.000 en 100.000 i.e. Ook is in de tabel aangegeven op welke wijze het slib gestabiliseerd wordt. Wanneer een Carrousel wordt bijgebouwd, is in principe elke capaciteitsuitbreiding realiseerbaar. In de andere gevallen is de capaciteitstoename afhankelijk van het te kiezen systeem.

effluent- klasse	systeem	procentuele capaciteits- vergroting	methode van slibstabilisatie	
			aëroob	anaëroob
klasse I	1. bijbouwen Carrousel	-	+	-
	2. verhoging slibgehalte in Carrousel	tot 40	+	-
	3. voorzuivering door			
	a. voorbezinking	33	+	+
	b. hoogbelast oxydatiebed	77	+	+
	c. hoogbelast actiefslib	63	+	+
klasse II	4. verhoging slibbelasting in Carrousel met nazuivering door			
	a. nitrificerend oxydatie- bed	150	-	+
	b. Linpor-N	150	-	+
klasse II	1. verhoging slibbelasting tot 0,09 kg BZV/kg d.s.d	tot 75	-	+
	2. verhoging slibbelasting tot 0,09 kg BZV/kg d.s.d met voorzuivering door voorbezinking	tot 135	-	+

Tabel 2. Behandelde systemen voor capaciteitsvergroting

Om een beoordeling van de systemen mogelijk te maken zijn, na berekening van de dimensioneringsgegevens, de effluentkwaliteit, de bedrijfsvoering, de milieuaspecten en de kosten onderling vergeleken. Bij de kostenberekening is een aantal aspecten niet in beschouwing genomen, zodat de bedragen alleen vergelijkenderwijs gebruikt kunnen worden. Niet in de kosten opgenomen zijn het influentgemaal, de grofvuilverwijdering en de zandvang, evenals de aansluiting van de nutsbedrijven, de grondverwerving en de milieuvoorzieningen. De weergegeven kosten, zowel de totale als per i.e., betreffen alleen de uitbreiding. De capaciteitsuitbreidingen zijn geëvalueerd voor de drie bereiken: tot 40%, tussen 40 en 80% en tussen 80 en 150%.

Voor capaciteitsvergrotingen tot maximaal 40% worden verhoging van het slibgehalte in de Carrousel en voorzuivering door voorbezinking toegepast. Uit kosten oogpunt is verhoging van het slibgehalte te prefereren. Voorzuivering door voorbezinking brengt bij een kleine rwzi zeer hoge investeringen met zich mee. De geringe stabiliteit van het proces bij verhoging van het slibgehalte is een bezwaar. Een geringe verhoging van de slibindex zal naarmate het slibgehalte toeneemt eerder tot slibverlies met het effluent leiden.

Voorzuivering door een hoogbelast oxydatiebed, een A-trap en verhoging van de slibbelasting (bij klasse II), zijn mogelijkheden om de capaciteit met 40 tot 80% te vergroten.

Systemen met voorzuivering zijn duurder dan het bijbouwen van een Carrousel, terwijl verhoging van de slibbelasting slechts weinig goedkoper is. Naarmate de capaciteit van de rwzi toeneemt, worden de verschillen kleiner. Omdat voorzuivering door een oxydatiebed of een A-trap tot een stabiel proces leidt en de

variabele kosten lager zijn dan van het Carrouselstelsel, is voor grotere rwzi's een nadere uitwerking voor beide systemen zinvol.

Voor capaciteitsvergrotingen van 80 tot 150% komen systemen met nazuivering in aanmerking. De slibbelasting in de Carrousel wordt verhoogd tot 0,10 - 0,15 kg BZV/kg d.s.d. en het effluent van deze installatie, dat een te hoog NKj-gehalte bevat, wordt nabehandeld in een nitrificerend systeem. Als nitrificerende systemen zijn het oxydatiebed en het Linpor-N-systeem in beschouwing genomen. Is een geringe daling van de effluentkwaliteit toelaatbaar dan kan de capaciteit meer dan verdubbeld worden door verhoging van de slibbelasting met voorzuivering door voorbezinking.

Qua kosten (tabel 3) zijn de systemen met nazuivering vergelijkbaar met het bouwen van een Carrousel. De effluentkwaliteit wordt in sterke mate beïnvloed door het functioneren van de Carrousel. Een hoog BZV (> 20 mg/l) of hoog gehalte aan zwevende en bezinkbare stoffen in het aangevoerde water verstoort de nitrificatie in de nazuivering. Indien een geringe daling van de effluentkwaliteit mogelijk is, is verhoging van de slibbelasting met voorzuivering door voorbezinking een aantrekkelijk alternatief.

stelsel	uitbreiding met %	20.000 i.e. kosten fl./i.e.	50.000 i.e. kosten fl./i.e.	100.000 i.e. kosten fl./i.e.
<u>tot 40%</u>				
bouwen Carrousel	20	-	39,83	35,07
	50	39,77	29,20	24,53
verhoging slibgehalte voorzuivering door:	40	35,70	28,41	24,52
- voorbezinking	33	64,62	37,52	30,59
<u>40 tot 80%</u>				
bouwen Carrousel	50	39,77	29,20	24,53
	75	35,18	26,74	22,44
voorzuivering door:				
- hoogbelast oxydatiebed	77	46,83	32,25	26,37
- A-trap	62,5	47,16	30,52	25,07
verhoging slibbelasting:				
- zonder voorbezinking	75	34,23	25,16	21,52
<u>80 tot 150%</u>				
bestaande Carrousel	---	33,07	27,96	23,13
bouwen Carrousel	75	35,18	26,74	22,44
nazuivering door:				
- oxydatiebed	150	33,05	25,45	22,22
- Linpor-N	150	33,37	27,63	24,01
verhoging slibbelasting:				
- met voorbezinking	134	27,99	21,28	16,48

Tabel 3. Jaarlijkse kosten van de uitbreiding in fl./i.e.

INLEIDING

De totale capaciteit van de oxydatiesloten voor behandeling van huishoudelijk afvalwater in Nederland bedraagt ongeveer vijf miljoen vervuilingseenheden. Het aandeel van de Carrousel is ruim 60%. Vooral de grotere oxydatiesloten zijn als Carrousel uitgevoerd.

In hoofdstuk 3 is, op basis van de jaargegevens van het CBS over de jaren 1983, 1984 en 1985 een overzicht opgesteld van de belasting en de werking van de Carrousel. Uit dit overzicht blijkt dat een groot aantal Carrousel biologisch en/of hydraulisch volledig belast of overbelast is. De verwachting is dat dit aantal in de nabije toekomst verder zal toenemen.

Vergroting van de capaciteit zal noodzakelijk zijn, wanneer geen verslechtering van de effluentkwaliteit toegestaan is. Aangezien de meeste Carrousel gebouwd zijn in de periode 1972 t/m 1982 en derhalve bouw-technisch nog niet afgeschreven zijn, zal de capaciteitsvergroting veelal gerealiseerd worden met handhaving van de bestaande installatie.

Het doel van deze studie is het verkrijgen van inzicht in de mogelijkheden voor deze capaciteitsvergroting. Hiertoe zijn in deze studie negen systemen onderzocht welke door het bijbouwen van zuiveringstechnische onderdelen tot een capaciteitsvergroting leiden. De systemen zijn beoordeeld op basis van de effluentkwaliteit, de bedrijfsvoering, de milieu-aspecten en de kosten. Technieken waarbij het accent ligt op verbetering van het zuiveringsproces zijn, omdat zij tot een slechts geringe capaciteitsvergroting leiden, niet in de beschouwing betrokken.

De in deze studie onderzochte systemen betreffen zowel systemen waarbij de effluentkwaliteit gehandhaafd blijft (effluentklasse I) als systemen waarbij door verhoging van de slibbelasting enige verslechtering van de effluentkwaliteit optreedt (effluentklasse II). Tot effluentklasse I behoren systemen waarbij de capaciteitsvergroting gerealiseerd wordt door:

- bijbouwen van een Carrousel;
- verhoging van de biomassa in de Carrousel;
- voorzuivering van het aangevoerde afvalwater door voorbezinking, een oxydatiebed of een A-trap;
- nazuivering van het effluent door een oxydatiebed of het Linpor-N-systeem.

Systemen behorende tot effluentklasse II bereiken de capaciteitsvergroting door:

- verhoging van de slibbelasting tot 0,09 kg BZV/kg d.s.d;
- verhoging van de slibbelasting tot 0,09 kg BZV/kg d.s.d met voorzuivering door voorbezinking.

Gegevens uit de literatuur en van leveranciers over de toe te passen systemen voor capaciteitsvergroting zijn beschreven in hoofdstuk 4. Omdat geen literatuur beschikbaar is over capaciteitsvergroting van Carrousel, is het onderzoek gericht op systemen voor capaciteitsvergroting van actief-slibinstallaties welke mogelijk ook toepasbaar zijn in Carrousel.

Uitgaande van capaciteiten van 20.000, 50.000 en 100.000 i.e. worden in hoofdstuk 5 alle systemen besproken en zijn de ontwerpgegevens, als berekeningsresultaat van de in bijlage 1 opgenomen uitgangspunten weergegeven.

In hoofdstuk 6 zijn op basis van de ontwerpgegevens de investerings- en jaarlijkse kosten als vergelijkende kosten opgenomen.

Een evaluatie van de systemen is opgenomen in hoofdstuk 7. Voor de capaciteitsvergroting van 0 tot 40%, 40 tot 80% en 80 tot 150% zijn de verschillende systemen vergeleken.

INVENTARISATIE VAN DE CAPACITEIT, DE BELASTING EN DE WERKING VAN NEDERLANDSE CARROUSELS VOOR DE ZUIVERING VAN HUISHOUDELIJK AFVALWATER.

Gebruikmakend van de CBS-gegevens over de jaren 1983 t/m 1985 is de belasting van de Carrousel geïnterpreteerd en is onderzocht in welke mate de Carrousel belast zijn. Hierbij is onderscheid gemaakt naar de ontwerpoverbelasting en de ontwerpondercapaciteit [27]. Bij ontwerpoverbelasting is de bedrijfsbelasting groter dan de ontwerpbelasting. Wanneer de zuiveringscapaciteit geringer is dan de ontwerpcapaciteit, terwijl geen sprake is van ontwerpoverbelasting, treedt ontwerpondercapaciteit op. Overschrijding van de ontwerpoverbelasting kan veroorzaakt worden door een vergrote aanvoer van afvalwater (hydraulische overbelasting) en/of van de vuilvracht (biologische overbelasting). Ontwerpondercapaciteit kan veroorzaakt worden door de samenstelling van het afvalwater, de eigenschappen van de rwzi of de bedrijfsvoering.

In dit hoofdstuk is onder 3.1 de verdeling van de ontwerpcapaciteiten weergegeven. In 3.2 is de ontwerpbelasting vergeleken met de werkelijke belasting en in 3.3 zijn de bedrijfsresultaten opgenomen. In eerste instantie is door vergelijking van de effluentkwaliteit een onderscheid gemaakt tussen goed en slecht functionerende rwzi's. Daarna zijn de belangrijkste procesparameters getoetst aan ontwerpgegevens. Op deze wijze is een indruk verkregen van de mate van ontwerpondercapaciteit en van de belangrijkste knelpunten in het functioneren van de rwzi's.

3.1 Capaciteit

Van alle onderzochte Carrousel zijn de ontwerpcapaciteiten als volgt in klassen ingedeeld:

capaciteits- klasse [i.e.]	aantal rwzi's	% van het aantal	totale capaciteit [i.e.]	% van de capaciteit
0- 20.000	31	42	395.000	12
20.000- 50.000	25	34	970.000	29
50.000-100.000	13	17	1.103.000	33
> 100.000	5	7	875.000	26
totaal	74	100	3.343.000	100

Tabel 4. Verdeling van de ontwerpcapaciteiten (i.e. = 54 g BZV/d) in klassen

Bij de verdere verwerking van de gegevens zijn negen rwzi's niet in de berekening betrokken, omdat bij deze rwzi's sprake is van een "afwijkende" procesvoering of omdat gegevens ontbreken. Niet meegenomen zijn rwzi's met voorbezinking en met simultane defosfatering.

3.2 Belasting

Vergelijking van de werkelijke belasting met de ontwerpbelasting geeft een beeld over de ontwerpoverbelasting. De gegevens zijn samengevat in tabel 10.

belasting in % van de ontwerpcapaciteit	% rwzi's		
	1983	1984	1985
0- 50	40	32	24
51- 75	31	40	38
76- 90	18	13	20
91-100	5	5	5
sub-totaal	94	90	87
101-110	3	3	3
> 110	3	7	10
totaal	100	100	100
aantal waarnemingen	61	62	61

Tabel 5. Belasting als percentage van de ontwerpcapaciteit

De totale capaciteit van de overbelaste rwzi's bedroeg in de jaren 1983, 1984 en 1985 respectievelijk 61.000, 178.000 en 281.000 i.e.

Uit deze gegevens kan geconcludeerd worden dat de ontwerpoverbelasting toeneemt en dat in 1985 13% van de rwzi's op deze wijze "overbelast" was. De categorie zeer sterk onderbelaste rwzi's (0 - 50%) is in deze periode sterk afgenomen.

3.3

Effluentkwaliteit

Door vergelijking van de effluentkwaliteiten van de onderzochte Carrousel's is een scheiding aangebracht tussen goed/voldoende en slecht functionerende rwzi's. Als maatstaf voor "slecht werkend" is gekozen voor een overschrijding van de 90-percentielwaarde uit alle bedrijfsresultaten.

In onderstaande tabel zijn naast de gemiddelde effluentkwaliteit ook de 50-, 80- en 90-percentielwaarden weergegeven.

	gemiddelde	50-per-centiel	80-per-centiel	90-per-centiel	aantal waarnemingen
CZV mg/l	53	50	64	73	181
BZV mg/l	5,6	4,3	7,0	10,0	180
NKj mg/l	7,3	5,7	9,7	12,7	180

Tabel 6. Effluentkwaliteit van de onderzochte Carrousel's

Wanneer de 90-percentielwaarde over de drie jaren van de verschillende parameters als grenswaarde wordt aangehouden, ontstaat het volgende beeld.

jaar/ parameter	% rwzi met overschrijding 90-perc.-waarde			90 perc. mg/l
	1983	1984	1985	
BZV	3	7	14	10,0
NKj	10	6	16	12,7
BZV+NKj	3	2	5	--

Tabel 7. Overschrijdingspercentage van de 90-percentielwaarde van de effluentkwaliteit

Uit tabel 7 kan geconcludeerd worden dat:

- het aantal rwzi's met een effluent-BZV hoger dan 10 mg/l snel toeneemt;
- met uitzondering van 1983 het beeld van de NKj-verwijdering overeen komt met dat van de BZV-verwijdering;
- in de meeste gevallen overschrijding van het BZV en NKj-gehalte afzonderlijk plaatsvindt.
In 1985 vond in 25% van de rwzi's een overschrijding plaats van de 90-percentielwaarde van het BZV of het NKj-gehalte.

3.4 Toetsing procesgegevens

Door vergelijking van de belangrijkste procesgegevens en door tevens de uit de procesgegevens berekende kengetallen te vergelijken met de dimensioneringsgrondslagen, is aangegeven of het proces of het procesonderdeel overbelast is.

In beschouwing genomen zijn:

- de slibbelasting
- de slibindex
- de slibleeftijd
- het zuurstofverbruik.

3.4.1 slibbelasting

De ontwerp-slibbelasting was in 94% van het aantal rwzi's gelijk aan 0,05 kg BZV/kg d.s.d. De maximale ontwerp-slibbelasting bedraagt 0,07 kg BZV/kg d.s.d.

In onderstaande tabel is de gemeten BZV-slibbelasting weergegeven.

jaar	1983	1984	1985
gemiddelde kg BZV/kg d.s.d slibbelasting	0,040	0,045	0,046
aantal waarnemingen	61	62	61

Tabel 8. Gemeten jaargemiddelde slibbelasting (kg BZV/kg d.s.d)

Vergelijking van de ontwerp-slibbelasting met de gemiddelde slibbelasting geeft aan dat er sprake is van onderbelasting. In de periode 1983 t/m 1985 is de onderbelasting afgenomen.

Onderbelasting op basis van de slibbelasting is overigens niet synoniem met ontwerponderbelasting, omdat in veel gevallen een lager slibgehalte gehandhaafd wordt dan de ontwerpwaarde.

3.4.2 slibindex

Er is sprake van overbelasting van de nabezinktanks wanneer grote slibverliezen met het effluent optreden. Door vergelijking van de aanwezige bezinkcapaciteit met de op basis van de STORA-richtlijnen [24] berekende bezinkcapaciteit, is vastgesteld in welke mate overbelasting voorkomt.

Bij deze beschouwing dient men zich te realiseren dat door gebruik te maken van jaargemiddelde slibindex-waarden periodes met hoge waarden, waarin overstort op kan treden, niet meegenomen worden. Aan de andere kant zijn de berekeningen gebaseerd op de maximale hydraulische capaciteit en wordt hydraulische onderbelasting derhalve buiten beschouwing gelaten.

jaar	1983	1984	1985
SVI gemiddelde SVI ml/g	140	140	158
% rwzi met SVI >150	62	67	56
Nabezinking rwzi's met onvoldoende bezinkcapaciteit			
% v.h. totaal	64	64	63
hiervan met SVI >150 %	51	47	65
aantal waarnemingen	61	61	61

Tabel 9. Slibindex (SVI)

Uit de tabel blijkt dat van meer dan de helft van het aantal Carroussels de gemiddelde slibindex hoger is dan 150 ml/g en dat uitgaande van de maximale hydraulische belasting de bezinkcapaciteit bij 64% van de rwzi's onvoldoende is. Bij ruim de helft van dit percentage is de slibindex hoger dan 150 ml/g.

De oorzaak van dit hoge percentage is toe te schrijven aan de in het verleden gehanteerde ontwerpgrondslagen voor de bezinking en de methode van lichtslibbestrijding. Tot 1980 werden nabezinktanks in het algemeen ontworpen op een oppervlaktebelasting van 1,0 m³/m².h.

In de huidige ontwerpen komt, op basis van de STORA-richtlijnen, de oppervlaktebelasting uit op waarden van 0,7-0,8 m³/m².h. Om bij een oppervlaktebelasting van 1,0 m³/m².h. te voldoen aan de STORA-richtlijnen moet de slibindex dalen tot ongeveer 90 ml/g.

Omdat pas in de laatste jaren goede ontwerpgrondslagen voor een selector/vlokbeladingsruimte vastgelegd zijn, is de bestrijding van licht slib op deze wijze bij Carrouselssystemen nauwelijks toegepast. Het is dan ook niet vreemd dat de gemeten slibindices hoog zijn. Of door het nemen van maatregelen een daling van de slibindex tot een maximale waarde van 90 ml/g mogelijk is, is gezien de ervaringen met de bestrijding van licht slib twijfelachtig.

In beschouwing genomen dat:

- de belasting van de rwzi's in de komende jaren toeneemt;
 - op basis van de STORA-richtlijnen, bij een slibindex van 150 ml/g, de aanwezig bezinkcapaciteit onvoldoende is;
 - daling van de maximale slibindex tot minder dan 90 ml/g in veel situaties niet mogelijk is,
- zal de kans op sliboverstort toenemen.

3.4.3 slibleeftijd

Een van de belangrijkste procesparameters in zeer laagbelaste actief-slibsystemen is de slibleeftijd. Zowel de nitrificatie als de slibstabilisatie zijn, naast de temperatuur, afhankelijk van de slibleeftijd. Omdat de voor stabilisatie benodigde slibleeftijd hoger is dan de voor nitrificatie vereiste minimale slibleeftijd is de eerstgenoemde maatgevend. Gebruikelijk is het om uit te gaan van een minimale slibleeftijd van 20 dagen bij 10°C. In tabel 10 zijn de praktijkwaarden aan deze waarde getoetst.

	1983	1984	1985
slibproductie kg d.s./kg BZV (gemid.)	1,1	1,0	1,0
slibleeftijd d (gemid.)	32	32	32
% rwzi met slibleeftijd < 20 d	24	16	26
aantal waarnemingen	47	57	54

Tabel 10. Slibproductie en slibleeftijd

De gemiddelde slibleeftijd blijft voldoende om 's zomers en 's winters een vergaande slibmineralisatie te krijgen. Op 25% van de rwzi's wordt de minimale slibleeftijd van twintig dagen onderschreden.

Onderschrijding van de slibleeftijd kan het gevolg zijn van een hoge specifieke slibproductie, zonder verhoging van het slibgehalte of van handhaving van een laag slibgehalte. Het handhaven van een te laag slibgehalte is in veel gevallen noodzakelijk om slibverlies met het effluent te voorkomen.

3.4.4 zuurstofverbruik

Bij de berekening van de zuurstofinbrengcapaciteit werd tot 1980 voor zeer laagbelaste systemen uitgegaan van een OC-load van 2,5 kg O₂/kg BZV. Later werd gerekend volgens Van der Emde en Beuthe, die met het zuurstofverbruik van de afzonderlijke componenten rekening hielden. Hierdoor is het mogelijk om ook bij afwijkende BZV/N-verhoudingen, slibgehalten en temperaturen de zuurstofinbrengcapaciteit te berekenen.

In tabel 11 zijn de op basis van de bedrijfsgegevens berekende zuurstofbehoeften vergeleken met de zuurstofinbrengcapaciteit.

	1983	1984	1985
behoefte > capaciteit aantal rwzi's als % van het totaal	43	64	58
aantal waarnemingen	42	47	48

Tabel 11. Zuurstofbehoefte en zuurstofinbrengcapaciteit

Uit de tabel blijkt dat ruim de helft van de bestaande Carrousel's over een te geringe zuurstofinbrengcapaciteit beschikt. Dit is hoog wanneer in aanmerking wordt genomen dat van ongeveer 90% van de Carrousel's de aangevoerde belasting lager is dan de ontwerpbelasting. De oorzaak van deze tegenstrijdigheid is niet vast te stellen zonder een verdere analyse van de gegevens.

SYSTEMEN VOOR CAPACITEITSVERGROTING

Capaciteitsvergroting van Carrousel-systemen kan worden gerealiseerd met methoden welke berusten op een verbetering van het proces en met methoden waarbij een uitbreiding van de zuiveringstechnische onderdelen noodzakelijk is.

Verbetering van het proces kan bereikt worden door [12] manipulatie met procesvariabelen, verlaging van de slibindex en dosering van actieve kool. De op deze wijze te bereiken capaciteitsvergroting is beperkt. Alleen door het bijbouwen van zuiveringstechnische onderdelen kan een grotere capaciteitstoename bereikt worden. Dit rapport zal beperkt blijven tot deze wijze van capaciteitsvergroting.

In dit hoofdstuk zijn de gegevens uit de literatuur en de informatie van de leveranciers samengevat.

Op het gebied van capaciteitsvergroting van Carrousel-systemen is in de literatuur geen informatie beschikbaar. Informatie over uitbreiding van actief-slibsystemen is echter in ruimere mate voorhanden. In dit rapport is dan ook van deze informatie gebruik gemaakt, in die zin, dat alleen systemen zijn opgenomen die inpasbaar zijn in een Carrousel-systeem.

Bij de behandeling van de uitbreidingssystemen is onderscheid gemaakt tussen systemen die berusten op voorzuivering (4.1), nazuivering (4.2) en verhoging van de actieve biomassa in de beluchtingsruimte (4.3).

4.1 Voorzuivering

Voorzuivering kan onderscheiden worden in systemen, waarbij alleen het primaire slib wordt verwijderd en in systemen, waarin tevens een biologische voorzuivering plaatsvindt.

Hoewel meer geavanceerde en met hoger rendement werkende systemen als flotatie en chemische behandeling toepasbaar zijn, blijft met name vanwege de lage kosten en de eenvoud in bedrijfsvoering, voorbezinking de meest toegepaste methode voor het verwijderen van primair slib.

Met betrekking tot de biologische voorzuivering zijn het A-B-proces en het hoogbelaste oxydatiebed de bekendste systemen.

A-B-proces [1, 3, 4, 9]

Bij het A-B-proces wordt het afvalwater, bij voorkeur zonder voorafgaande voorbezinking, in de hoogbelaste (2-5 kg BZV/kg d.s.d) actief-slibtrap behandeld. Na afscheiding van het slib in de tussenbezinking vindt een verdere zuivering plaats in de B-trap.

In de eerste trap treedt naast een BZV-verwijdering met primair slib, een gedeeltelijke verwijdering van BZV op door adsorptie van organische verontreinigingen, colloïden en zwevende stof aan de slibvlokken, terwijl er tevens vanuit wordt gegaan dat hoogmoleculaire verbindingen door microbiële uitgescheiden enzymen worden gesplitst. Deze voorverwijdering van BZV kan uiteenlopen van 40 - 70%.

De verblijftijd in de A-trap is echter dermate kort dat er weinig of geen afbraak van organische stof plaatsvindt.

De tweede biologische trap is laag tot zeer laag belast. Door de verwijdering van een deel van de organische stof en van het primair slib in de eerste trap is de slibaangroei in de tweede trap laag. Een vergaande nitrificatie is hierdoor mogelijk. Essentieel bij het A-B-proces is de strikte scheiding tussen het slib in de eerste en in de tweede trap. Naarmate door een onvoldoende afscheiding in de tussenbezinking meer slib uit de eerste trap in de tweede trap komt, is de kans groter dat door een afname van de slibleeftijd en een hoger zuurstofverbruik de nitrificatie geremd of gestopt wordt.

OBAS-Proces [5, 12, 13]

Bij toepassing van een hoogbelast oxydatiebed (BZV-belasting $> 1 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$) is een voorafgaande verwijdering van primair slib noodzakelijk. In het hoogbelaste bed vindt voornamelijk door adsorptie verwijdering van de organische stof plaats. Het geproduceerde humusslib wordt afgescheiden in een tussenbezinktank. In de laag tot zeer laagbelaste tweede actief-slibtrap is een vergaande nitrificatie mogelijk.

In tegenstelling tot de algemeen erkende strikte scheiding tussen de slibsoorten bij het A-B-proces, wordt bij het OBAS-proces het nut van tussenbezinking in twijfel getrokken. Zo zou het humusslib geen storende invloed hebben op het actief-slibproces en zou het tot een verbetering van de slibindex leiden.

Bij de dimensionering van de beluchtingstank, de nabezinktank, de slibretour en de sliblijn dient dan wel rekening gehouden te worden met het humusslib. Alleen na een uitgebreide systeem- en kostenvergelijking is het mogelijk een voorkeur aan te geven voor het wel of niet toepassen van een tussenbezinking. In deze studie is bij de uitwerking van het systeem uitgegaan van tussenbezinking.

Als belangrijkste voordelen van de tweetrapssystemen ten opzichte van de zeer laagbelaste één-trapssystemen worden genoemd:

- een stabiel proces met een gelijkmatige effluentkwaliteit;
- een lage specifieke slibproductie (bij het OBAS-systeem);
- een lage slibindex in de tweede trap;
- geringer terreinoppervlak;
- lager energieverbruik.

Nadeel van het tweetrapssysteem is de beperkte denitrificatiecapaciteit. Wanneer de volledige hoeveelheid afvalwater in de eerste trap behandeld wordt, zal als gevolg van een lage BZV/N-verhouding denitrificatie in de tweede trap beperkt zijn. Hoge NO_3 -gehalten in het effluent, met het risico van opdrijven van het slib in de nabezinktanks, zijn het gevolg. Dit risico leidt in de praktijk overigens vrijwel nergens tot grote problemen.

Door een deel van het ruwe afvalwater direkt naar de tweede trap te leiden, kan aan de voor denitrificatie minimaal benodigde BZV/N-verhouding van 3 voldaan worden en is ook een vergaande denitrificatie mogelijk.

4.2 Nazuivering

Nazuivering is aantrekkelijk in die gevallen waarin met een geschikte techniek op relatief eenvoudige wijze een verbetering van de effluentkwaliteit bereikt kan worden. De meeste nazuiveringsmethoden zijn dan ook gebaseerd op de verwijdering van één component, waarbij een eventuele verwijdering van andere componenten een bijkomend voordeel is.

Enkele nazuiveringsmethoden zijn in onderstaande tabel aangegeven:

te verwijderen component	methode
zwevende en bezinkbare stoffen	micro-filtratie zandfiltratie effluentvijver
fosfor	precipitatie kristallisatie vlokfiltratie
stikstof	nitrificerend oxydatiebed nitrificerende biorotoren Linpor-N

Tabel 12. Nazuiveringsmethoden

Nazuivering door micro-filtratie of zandfiltratie wordt toegepast in die situaties waarin een vergaande verwijdering van zwevende en bezinkbare bestanddelen vereist wordt. Capaciteitsvergroting is op deze wijze niet te realiseren.

De verwijdering van fosfaat als nazuiveringsmethode leidt niet tot een capaciteitsvergroting. Fosfaatverwijdering door nazuivering heeft wel als voordeel dat de bestaande capaciteit gehandhaafd blijft. Dit in tegenstelling tot de simultane fosfaatverwijdering waarbij door een mogelijke remming van de nitrificatie [20] rekening gehouden moet worden met een afname van de capaciteit.

Een aanzienlijke toename van de capaciteit is te realiseren door verwijdering van ammonium in de nazuivering; de eerste biologische trap kan dan aanzienlijk hoger belast worden. De verminderde nitrificatie in deze trap wordt gecompenseerd door nitrificatie in de nazuivering, terwijl nog een beperkte BZV-redukatie wordt verkregen.

In het kader van dit rapport wordt derhalve alleen aandacht besteed aan de laatste methode.

4.2.1 nitrificerende systemen

Nitrificerende systemen hebben gemeen dat de aanvoer van organische stof en slib gering moet zijn (BZV <20 mg/l) [1].

Door het grote aandeel nitrificeerders in de biomassa is de nitrificatiesnelheid hoog en de slibproductie gering. Afscheiding van het slib is daarom niet zinvol. Omdat een nabezinking ontbreekt, zijn hoge nitraatgehalten geen bezwaar.

Afhankelijk van de buffercapaciteit van het water moet rekening worden gehouden met een daling van de pH. In sommige gevallen zal pH-correctie noodzakelijk zijn. De verschillen tussen de nitrificerende systemen zijn terug te voeren op de gebruikte dragermaterialen.

Te onderscheiden zijn:

- vrij zwevend dragermateriaal o.a. het Linpor-N-proces;
- vast dragermateriaal o.a. oxydatiebedden;
- roterend dragermateriaal o.a. biorotoren.

Het Linpor-N-proces [13, 14]

Het systeem bestaat uit een volledig gemengde beluchtingstank waarin als dragermateriaal poreuze polyurethaan schuimdeeltjes ("pads") aanwezig zijn. Het totale volume aan "pads" bedraagt ongeveer 30-40% van het totale volume van de beluchtingstank. De "pads" zijn kubusvormig en hebben een ribbe van 15 mm.

De beluchting vindt plaats met bellenbeluchting.

Omdat een nabezinking met slibretour ontbreekt, is het noodzakelijk dat de nitrificerende bacteriën zich hechten op de "pads". De ervaringen met het systeem zijn nog zeer beperkt.

De kennis omtrent dimensioneringsgrondslagen en vereiste procesomstandigheden zijn derhalve nog gebaseerd op een gering aantal gegevens. De behaalde resultaten wijzen op een NKj-afname van 80-90%.

Het nitrificerend oxydatiebed [1, 7, 8, 10, 11, 31]

De toepassing van nitrificerende oxydatiebedden is in het buitenland op gang gekomen, nadat kunststof dragermaterialen ontwikkeld waren met een hoog specifiek oppervlak. Nitrificerende systemen vereisen als gevolg van de geringe laagdikte grote oppervlakken.

De in de literatuur beschreven ontwerpgrondslagen zijn grotendeels gebaseerd op resultaten van enkele specifieke onderzoeken waarbij in veel gevallen niet alle variabelen onderzocht zijn.

In de ontwerpgrondslagen dienen in principe de hydraulische belasting (incl. recirculatie), de NKj-belasting en de temperatuur te zijn opgenomen.

De randvoorwaarden zijn, dat bij een minimale belasting nog een volledige bevochtiging van het vulmateriaal mogelijk is en dat bij maximale hydraulische belasting geen uitspoeling van de biomassa optreedt. Aan deze randvoorwaarden kan worden voldaan door in de ontwerpfase rekening te houden met de aangevoerde hoeveelheid effluent, de recirculatie en de hoogte/diameter-verhouding. In het algemeen resulteert dit in hoge (6,5 m) bedden.

De nitrificatie verloopt met betrekking tot het NH_4 -gehalte volgens een eerste-ordereactie. Dit houdt in dat bij de berekening van het benodigde oppervlak uitgegaan moet worden van de maximale N-belasting. Omdat de NH_4 -belasting van de onderste lagen van het bed beperkt blijft tot enkele uren per dag en omdat 's zomers als gevolg van de hogere nitrificatiesnelheid in het bovenste deel, het onderste deel niet actief is, kan het de voorkeur hebben twee bedden in serie te plaatsen. Door de volgorde te wisselen wordt een meer evenredige verdeling van de biomassa verkregen.

Een belangrijk nadeel van het nitrificerend oxydatiebed is de grote temperatuurafhankelijkheid. Bij een lage temperatuur van het aangevoerde effluent, welke door de hoge recirculatieverhouding nog verder zal dalen, zal de nitrificatiesnelheid afnemen. Als gevolg van een daling van de pH kan de nitrificatie geremd worden.

De buffercapaciteit van het water zal daarom voldoende hoog moeten zijn.
De zuurstoftoevoer is in de meeste met kunststofelementen gevulde bedden voldoende.

Biorotoren [1, 7, 8, 26, 28]

Verscherping van de effluenteisen van bestaande actief-slib- en oxydatiebeddeninstallaties en de ontwikkeling van dragermaterialen met hoge specifieke oppervlakken hebben op enkele plaatsen geleid tot de toepassing van biorotoren als nitrificerend systeem bij de nazuivering.

Biorotoren bestaan uit kunststofslijven die, gedeeltelijk ondergedompeld, langzaam in een bak met afvalwater ronddraaien. Tijdens de onderdompeling ontstaat contact met het afvalwater, terwijl in het overige deel van de omwenteling zuurstof opgenomen wordt. Meestal doorstroomt het afvalwater een aantal compartimenten. Bij nitrificerende processen is serieschakeling zinvol om kortsluitstromingen te voorkomen. Meestal worden 4 - 6 eenheden in serie geplaatst.

In de literatuur worden voor de berekening van de effluentkwaliteit of het benodigde oppervlak meerdere formules gebruikt. Vrijwel altijd zijn deze formules het resultaat van één specifiek onderzoek. In zijn algemeenheid worden de volgende procesparameters gehanteerd:

- NKj-verwijdering
- NKj-belasting
- hydraulische belasting
- specifieke oppervlak
- watertemperatuur
- omtreksnelheid
- aantal eenheden.

Bij de verdere uitwerking van de nitrificerende systemen in hoofdstuk 5 is om het aantal systemen beperkt te houden het biorotorsysteem niet meegenomen.

4.3 Verhoging van de actieve biomassa in de beluchtingsruimte [6, 13, 14, 16, 17]

Wanneer als gevolg van een verhoging van de belasting de slibbelasting tot boven de gewenste waarde toeneemt, is door verhoging van het slibgehalte de gewenste daling van de slibbelasting te bereiken.

Deze toename van het slibgehalte is echter beperkt door:

- de maximale zuurstofinbrengcapaciteit;
- de maximale belasting van de nabezinktanks;
- de maximale slibretourcapaciteit.

Omdat een vergroting van de zuurstofinbrengcapaciteit in veel gevallen betrekkelijk eenvoudig te realiseren is, beperkt het probleem zich in belangrijke mate tot de belasting van de nabezinktanks en de slibretourcapaciteit. Afhankelijk van de slibindex is vergroting van het aantal nabezinktanks en van de slibretourcapaciteit noodzakelijk. Vergroting van nabezinktanks en slibretour is niet nodig wanneer de toename van de biomassa in de beluchtingsruimte bereikt wordt door hechting van bacteriën aan dragermateriaal.

Evenals bij de systemen voor nazuivering kan ook hier een onderscheid gemaakt worden op basis van het dragermateriaal:

- vast dragermateriaal: o.a. Bionet/Bio-2-Schlammverfahren;
- roterend dragermateriaal: o.a. biorotoren;
- vrij zwevend dragermateriaal: Linpor-C en Captor.

Indien toepassing wordt overwogen van vaste of roterende dragermaterialen bij omloopsystemen, zoals een Carrousel, is van belang te onderzoeken in hoeverre de minimale stroomsnelheid wordt gehandhaafd. Daarbij is het nodig te weten welk deel van de beluchtingsruimte wordt ingenomen door het dragermateriaal en welk effect dit heeft op de stroomsnelheid. Omdat biorotoren als roterend systeem uit het oogpunt van stroming de voorkeur verdienen, is in bijlage 2 aangegeven in hoeverre deze systemen in een Carrousel toepasbaar zijn. Geconcludeerd kan worden dat capaciteitsvergroting op deze wijze niet te realiseren is. Bij een capaciteitsvergroting van 50% wordt 20% van het volume van de Carrousel door biorotoren ingenomen.

Bij de systemen met vrijzwevende dragermaterialen zijn bovengenoemde problemen niet aanwezig. Hier doet zich, gezien de aard van het materiaal de vraag voor in hoeverre de "pads" bestand zijn tegen de door de puntbeluchter uitgeoefende krachten. Het ontbreken van praktijkgegevens op dit punt maakt het niet mogelijk een oordeel te geven over de economische haalbaarheid van het systeem.

UITWERKING VAN TOEPASBARE SYSTEMEN

5.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden enkele systemen uitgewerkt, die door het bijbouwen van zuiveringstechnische onderdelen tot een capaciteitsvergroting leiden. Door het bijbouwen van een Carrousel, verhoging van het slibgehalte in de Carrousel, voorzuivering, nazuivering en verhoging van de slibbelasting wordt bij deze systemen een capaciteitsvergroting verkregen.

Daarnaast is nog onderscheid gemaakt tussen systemen met handhaving van de bestaande effluentkwaliteit (klasse I) en systemen met een verminderde doch acceptabele effluentkwaliteit (klasse II). Zie tabel 13. Bij de indeling van de klassen is gebruik gemaakt van de resultaten van het statistisch onderzoek naar de effluentgegevens van Nederlandse afvalwaterzuiveringsinstallaties [25]. De voor klasse I opgenomen waarden behoren bij een BZV-slibbelasting van 0,05 kg/kg d.s.d. Deze waarden komen in belangrijke mate overeen met de in tabel 6 weergegeven gemiddelde effluentkwaliteit van de Carrousel.

De effluentkwaliteit van klasse II geldt voor een BZV-slibbelasting van 0,09 kg/kg d.s.d. Bij deze slibbelasting is gedurende vrijwel het gehele jaar nog nitrificatie mogelijk.

effluentklasse			klasse I	klasse II
CZV	jaargemiddelde	mg/l	66	78
BZV	jaargemiddelde	mg/l	5	8
NKj	temp. >10°C	mg/l	7	11

Tabel 13. Effluentkwaliteit voor klasse I en II

In totaal zijn negen verschillende systemen onderzocht. In tabel 14 zijn deze systemen met de te bereiken capaciteitsvergroting en effluentkwaliteit weergegeven. De keuze van deze negen systemen betekent niet dat er geen andere systemen als uitbreiding in aanmerking zouden kunnen komen. De gekozen systemen worden, in tegenstelling tot vele andere systemen, in Nederland toegepast of staan op zijn minst in Nederland in de belangstelling.

De te realiseren capaciteitsvergroting is afhankelijk van het systeem. In enkele gevallen is binnen een bepaald systeem tot een maximum, iedere gewenste capaciteitsvergroting mogelijk (bijvoorbeeld door bijbouwen van een Carrousel). In andere situaties wordt de vergroting van de capaciteit bepaald door het rendement van het zuiveringstechnische onderdeel (bijvoorbeeld voorzuivering met een voorbezinktank).

Op basis van de in Nederland geïnstalleerde Carrousel-capaciteiten is bij de uitwerking van de verschillende uitbreidingssystemen als uitgangssituatie gekozen voor capaciteiten van respectievelijk 20.000, 50.000 en 100.000 i.e.

In de hoofdstukken 5.2 tot en met 5.7 zijn de verschillende systemen nader uitgewerkt.

effluent-klasse	systeem van capaciteitsvergroting	procentuele capaciteitsvergroting (in %)
klasse I	1. bijbouwen Carrousel	-
	2. verhoging slibgehalte in Carrousel	tot ± 40
	3. voorzuivering door	
	a. voorbezinking	33
	b. hoogbelast oxydatiebed	77
	c. hoogbelast actiefslib	63
klasse II	4. verhoging slibbelasting in Carrousel met nazuivering door	
	a. nitrificerend oxydatiebed	150
	b. Linpor-N	150
	1. verhoging slibbelasting	tot 75
2. verhoging slibbelasting met voorzuivering door voorbezinking	tot 135	

Tabel 14. Overzicht van geselecteerde systemen voor capaciteitsvergroting

Per systeem zijn opgenomen een systeembeschrijving, een processchema en de dimensioneringsgegevens. Van de effluentkwaliteit, de bedrijfs- en procesvoering en de effecten op het milieu worden de belangrijkste aspecten belicht.

Aspecten, zoals bouwruimte, situering en verbouwingsproblemen, die bij een systeem wel belangrijk kunnen zijn, maar sterk afhankelijk zijn van de plaatselijke omstandigheden, zijn niet in de beschouwingen betrokken. Bij de beschouwingen wordt de uitbreiding door bijbouwen van de Carrousel als referentie gebruikt. Deze uitbreiding wijzigt immers niets aan de bestaande systeemopzet en is toepasbaar voor alle capaciteitsvergrotingen.

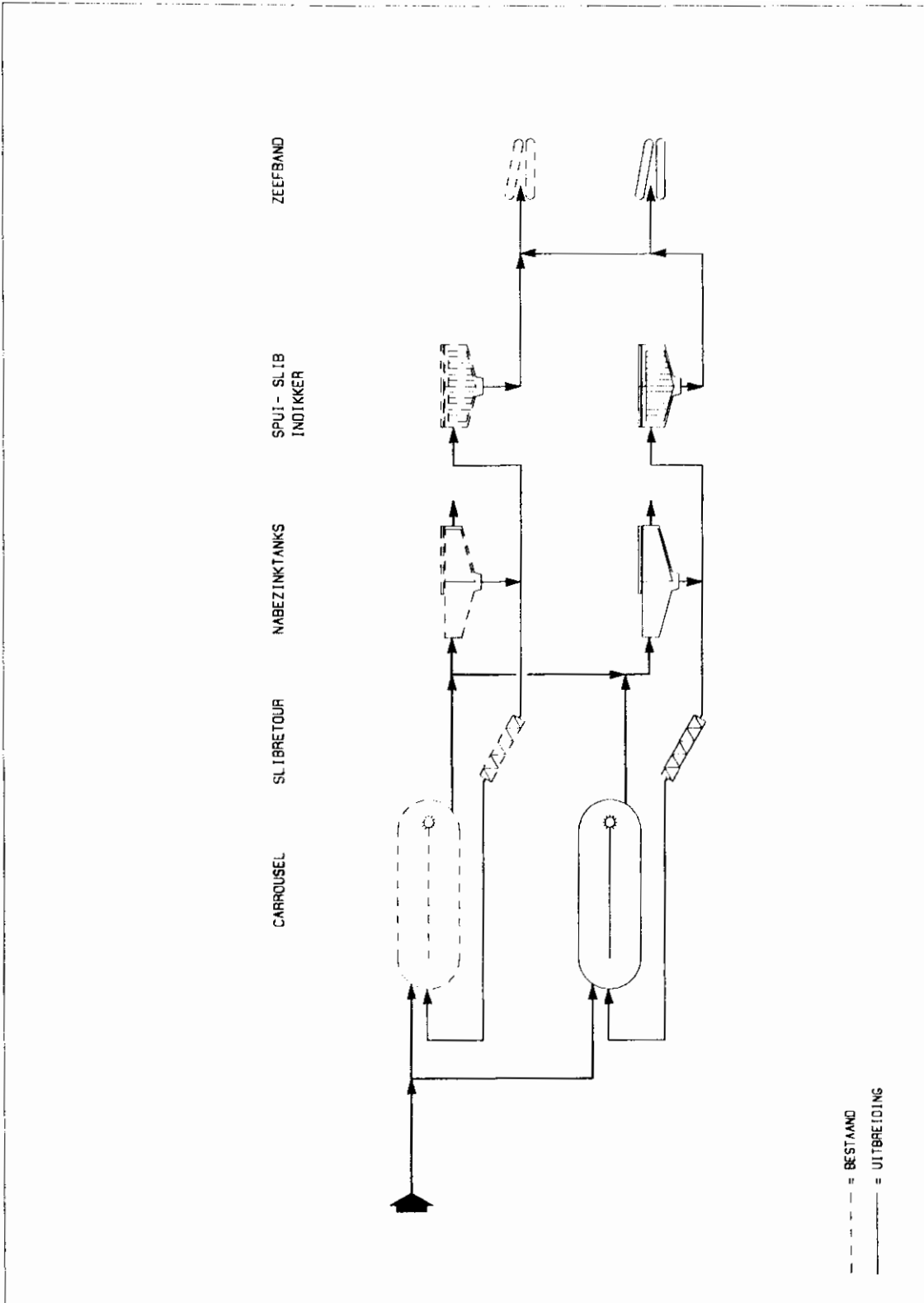
De uitgangspunten voor de berekening van de dimensioneringsgegevens zijn in bijlage 1 opgenomen.

Vergroting van de beluchtingscapaciteit is apart behandeld in 5.8. Aangezien in vrijwel alle uitbreidingssystemen in meer of mindere mate uitbreiding van de beluchtingscapaciteit noodzakelijk is, zijn verschillende manieren voor deze capaciteitsvergroting aangegeven.

In hoofdstuk 6 zijn de investeringskosten als vergelijkende kosten weergegeven. Daarnaast zijn de jaarlijkse kosten als som van de vaste kosten en de variabele kosten opgenomen.

5.2 Capaciteitsvergroting door het bijbouwen van een Carrousel

De uitbreidingsmogelijkheden van de capaciteit met dit systeem zijn in principe onbeperkt. In de rekenvoorbeelden is gekozen voor uitbreiding met respectievelijk 20, 50 en 75%. De bij te bouwen Carrousel kan zowel in serie als parallel bijgebouwd worden (figuur 1).



Figuur 1 - Processchema voor een capaciteitsvergroting door het bijbouwen van een Carrousel

In tabel 15 zijn voor de genoemde capaciteiten en capaciteitsvergrotingen de belangrijkste dimensioneringsgegevens weergegeven. De uitgangspunten bij de berekening van de dimensioneringsgegevens zijn in bijlage 1 opgenomen.

capaciteit - bestaand	r.o. z. 1599				
		20	24	30	35
- vergroot					
hydraulische capaciteit					
dwa	[m ² /d]	2700	3000	3750	4375
rwa	[m ³ /h]	675	750	938	1094
Carrousel					
BZV-slibbelasting	[kg BZV/kg d.s.s.d]	0,05	0,05	0,05	0,05
volume	[m ³]	5250	5646	6390	7350
slibgehalte	[kg/m ³]	4,0	4,0	4,0	4,0
benodigde 06	[kg/h]	210	226	256	294
nabezinktanks					
aantal		2	2	2	2
oppervlak	[m ²]	264	297	368	427
slibretourcapaciteit	[m ³ /h]	434	466	541	621
slibproductie	[kg/d]	347	373	433	501
indiker					
oppervlak	[m ²]	36	35	32	29
zeefband					
capaciteit	[m ³ /h]	6,7	8,1	10,0	11,7

capaciteit - bestaand	r.o. z. 1599				
		35	60	75	87,5
- vergroot					
hydraulische capaciteit					
dwa	[m ² /d]	6250	7500	9375	10938
rwa	[m ³ /h]	1563	1875	2344	2734
Carrousel					
BZV-slibbelasting	[kg BZV/kg d.s.s.d]	0,05	0,05	0,05	0,05
volume	[m ³]	15750	12600	15750	18375
slibgehalte	[kg/m ³]	4,0	4,0	4,0	4,0
benodigde 06	[kg/h]	227	267	311	368
nabezinktanks					
aantal		2	2	2	2
oppervlak	[m ²]	235	2576	3217	3709
slibretourcapaciteit	[m ³ /h]	1175	1367	1706	1967
slibproductie	[kg/d]	295	2511	3140	3661
indiker					
oppervlak	[m ²]	36	34	30	27
zeefband					
capaciteit	[m ³ /h]	16,7	20,1	25,7	29,8

Tabel 15. Dimensioneringsgegevens voor de capaciteitsvergroting door het bijbouwen van een Carrousel (effl.klasse I)

capaciteit - bestaand	i.e. x 1000	100			
			120	150	175
- vergroot					
hydraulische capaciteit					
dca	[m ³ /d]	12500	15000	18750	21875
rca	[m ³ /h]	5125	6250	7688	869

Carrousel					
BZV-slibbelasting	[kg BZV/kg d.s.d.]	0,05	0,05	0,05	0,05
volume	[m ³]	21000	25200	31500	36750
slibgehalte	[kg/m ³]	4,0	4,0	4,0	4,0
benodigde G.	[kg/h]	444	534	666	777

nabezinktanks					
aantal		3	4	4	5
oppervlak	[m ²]	4294	5092	6350	7439
slibretourca-					
paciteit	[m ³ /h]	2289	2647	3283	3880
slibproductie	[kg/d]	4185	5021	6278	7324

indikker					
oppervlak	[m ²]	130	167	209	244

zeefband					
capaciteit	[m ³ /h]	33,4	40,2	50,2	58,6

Tabel 15. Dimensioneringsgegevens voor de capaciteitsvergroting door het bijbouwen van een Carrousel (effl.klasse I) (vervolg)

Opmerkingen

Effluentkwaliteit

De effluentkwaliteit zal gelijk zijn aan die van het bestaande systeem. Een verbetering is mogelijk te bereiken wanneer bij de dimensionering van de uitbreiding rekening gehouden wordt met de proces- en bedrijfsgegevens van de bestaande zuivering.

Bedrijfs- en procesvoering

De bekendheid van het bedienend personeel met het systeem is een belangrijk voordeel ten opzichte van systemen waarbij het aantal verschillende procesonderdelen wordt vergroot.

Capaciteitsvergroting door verhoging van het slibgehalte

Een in de praktijk frequent toegepaste methode van capaciteitsvergroting is verhoging van het slibgehalte in de Carrousel. Wanneer het slibgehalte evenredig met de toegenomen belasting wordt verhoogd, blijft de slibbelasting gelijk. De verhoging van het slibgehalte is echter begrensd door de maximale belasting van de nabezinktanks en de slibretourcapaciteit. Belangrijke factoren in dit geheel zijn de slibindex en de hydraulische belasting.

De relatie tussen de slibindex en de ontwerpgrontheden wordt weergegeven in de "STORA-richtlijnen voor het ontwerpen van nabezinktanks".

In figuur 2 is deze relatie weergegeven voor een Carrousel met een capaciteit van 50.000 i.e., en tevens is de benodigde slibretourcapaciteit bij dwa in afhankelijkheid van de slibindex weergegeven. Hierbij is voor de bepaling van het slibgehalte in het retourslib uitgegaan van: $Gr = \frac{1200}{SVI}$. In de praktijk zal deze waarde voor uitbreiding moeten worden getoetst.

Uit figuur 2 blijkt dat bij een vergroting van de capaciteit tot 75.000 i.e. de bij dwa benodigde slibretourcapaciteit groter wordt dan de bij rwa benodigde capaciteit. De slibretourcapaciteit is in deze situatie reeds groter dan de hydraulische belasting bij rwa. De invloed van de slibindex op de slibretourcapaciteit neemt, zoals uit figuur 2 blijkt, sterk toe bij vergroting van de capaciteit van de rwzi.

Geconcludeerd kan worden dat bij een te grote uitbreiding van de capaciteit van de rwzi bij een geringe toename van de slibindex onder dwa-omstandigheden reeds slibverlies met het effluent op zal treden. Om deze reden bedraagt de in dit rapport uitgewerkte maximale capaciteitsvergroting 40%.

In de waterlijn zal uitbreiding nodig zijn van de zuurstofinbreng, de nabezinking en de slibretour. De hogere slibproductie zal effect hebben op de indikking en de verdere slibontwatering. In figuur 3 is de bestaande rwzi met de uitbreidingen schematisch weergegeven.

Voor de verschillende capaciteiten en capaciteitsvergrotingen zijn in tabel 16 de belangrijkste dimensioneringsgegevens weergegeven. De bij de berekening van de dimensioneringsgegevens gebruikte uitgangsgedaten zijn in bijlage 1 opgenomen.

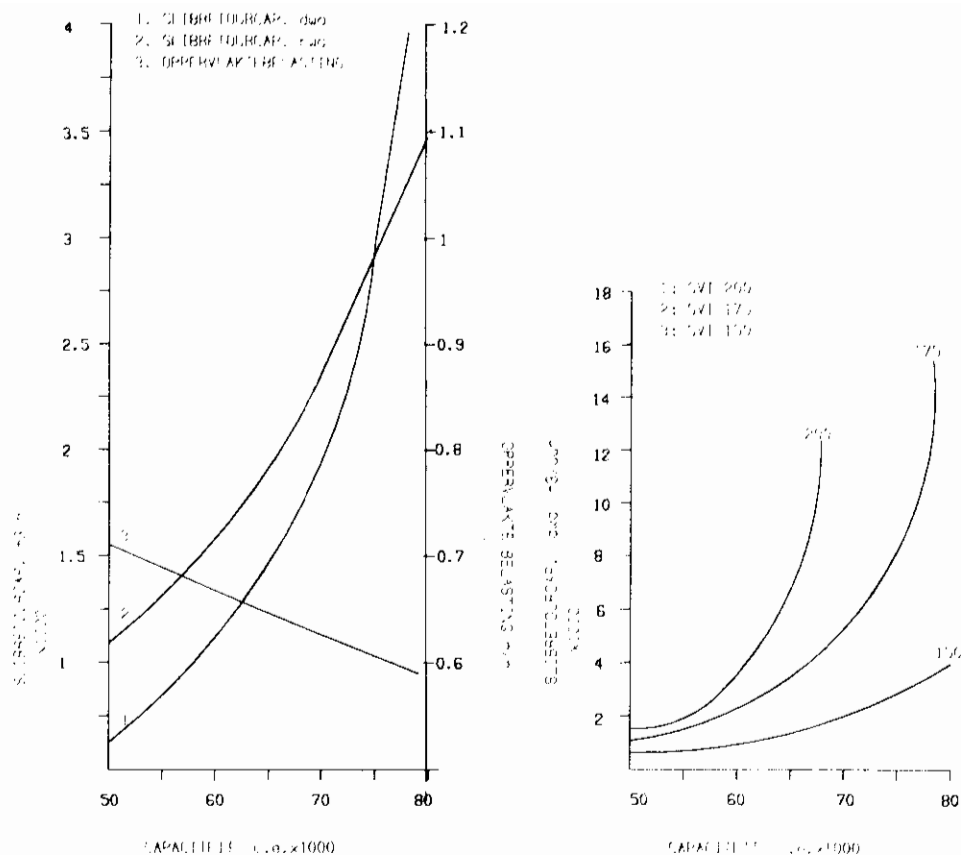
Opmerkingen

Effluentkwaliteit

Aangezien de slibbelasting bij deze capaciteitsvergroting niet verandert, zal ook de effluentkwaliteit gelijk blijven. De stabiliteit van de effluentkwaliteit is echter door de maximale belasting van het systeem afgenomen. Een geringe stijging van de slibindex leidt snel tot onvoldoende terugvoer van het slib en overstorten van slib uit de nabezinktank kan het gevolg zijn. Het is dan noodzakelijk het slibgehalte te verlagen. Bij lagere watertemperaturen kan dit tot een verstoring van het zuiveringsproces leiden. De afgenomen slibleeftijd zal in eerste instantie aanleiding zijn tot onvoldoende stabilisatie van het slib. Bij een verdergaande daling van het slibgehalte komt ook de nitrificatie in gevaar.

Bedrijfs- en procesvoering

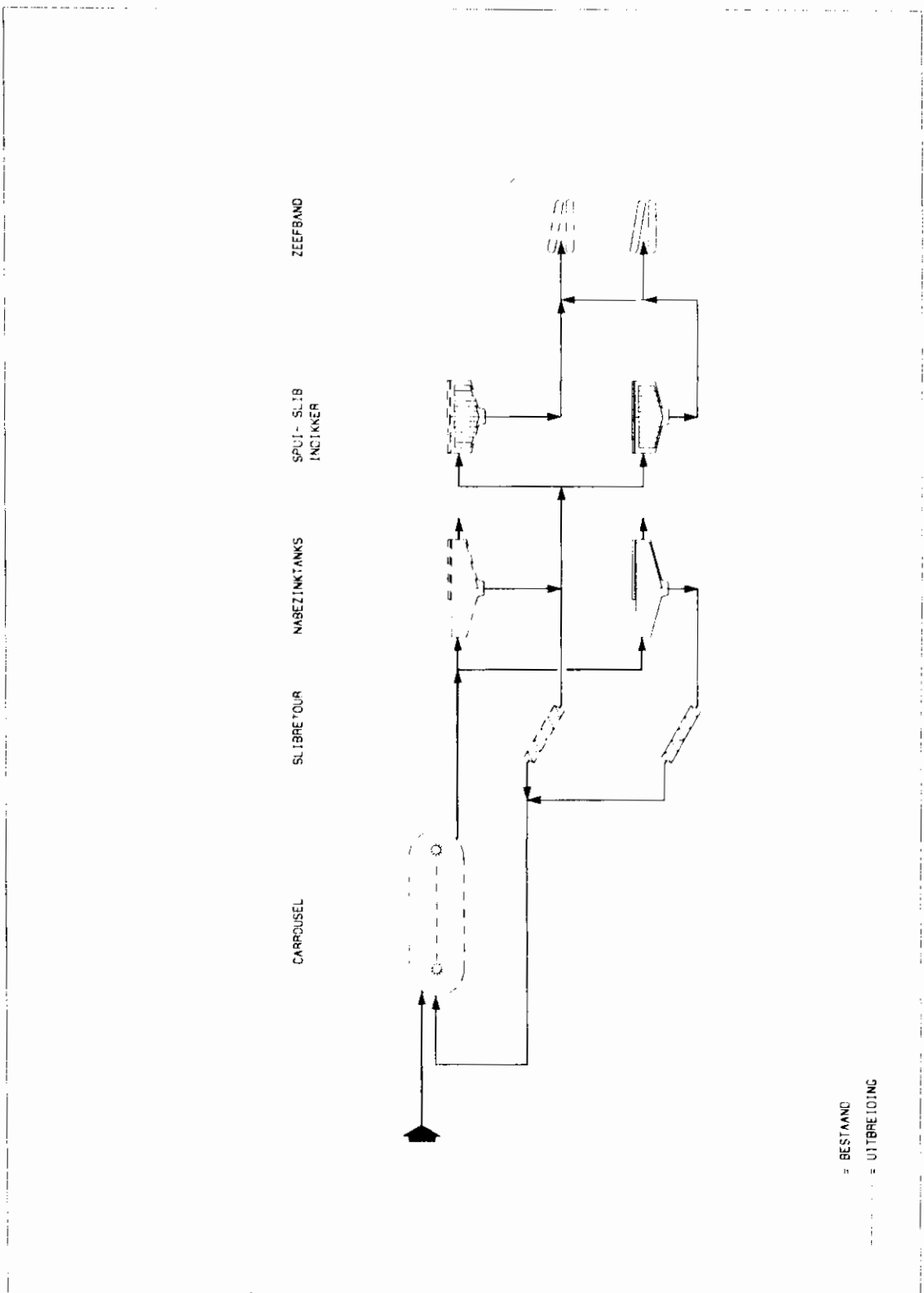
Het is van groot belang het vereiste slibgehalte zo nauwkeurig mogelijk te handhaven en overschrijding van de maximale slibindex te voorkomen.



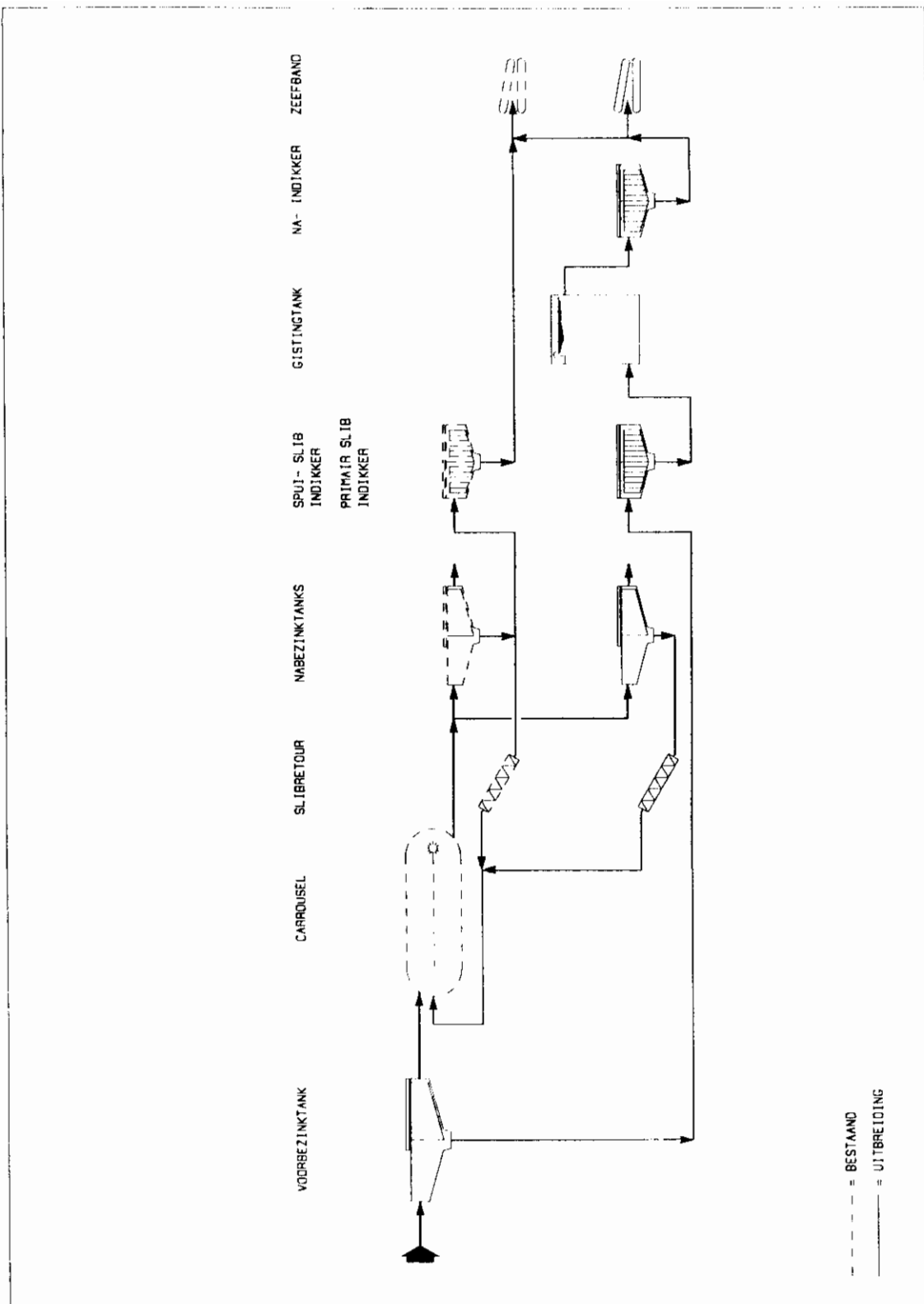
Figuur 2. Slibretourcapaciteit en oppervlaktebelasting in afhankelijkheid van de capaciteitsvergroting en de slibindex

capaciteit - bestand	[i.e. x 1000]					
	20	28	50	70	100	140
- vergroot						
hydraulische capaciteit						
dwa [m ³ /d]	2500	3500	6250	8750	12500	17500
rwa [m ³ /h]	625	875	1563	2188	3125	4375
Carrousel						
BZV-slibbelasting [kg BZV/kg d.s.d]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
volume [m ³]	4200	4200	10500	10500	21000	21000
slibgehalte [kg/m ³]	4,0	5,6	4,0	5,6	4,0	5,6
of [kg/h]	89	125	222	311	444	622
nabezinktank						
aantal	1	2	2	3	3	5
oppervlak totaal [m ²]	871	1421	2164	3452	4294	6807
slibretourcapaciteit [m ³ /h]	474	1032	1173	2433	2289	4716
slibproductie [kg/d]	837	1171	2093	2930	4185	5859
indikker						
oppervlak [m ²]	26	36	65	91	130	182
zeefband						
capaciteit [m ³ /h]	6,7	9,4	16,7	23,4	33,4	46,9

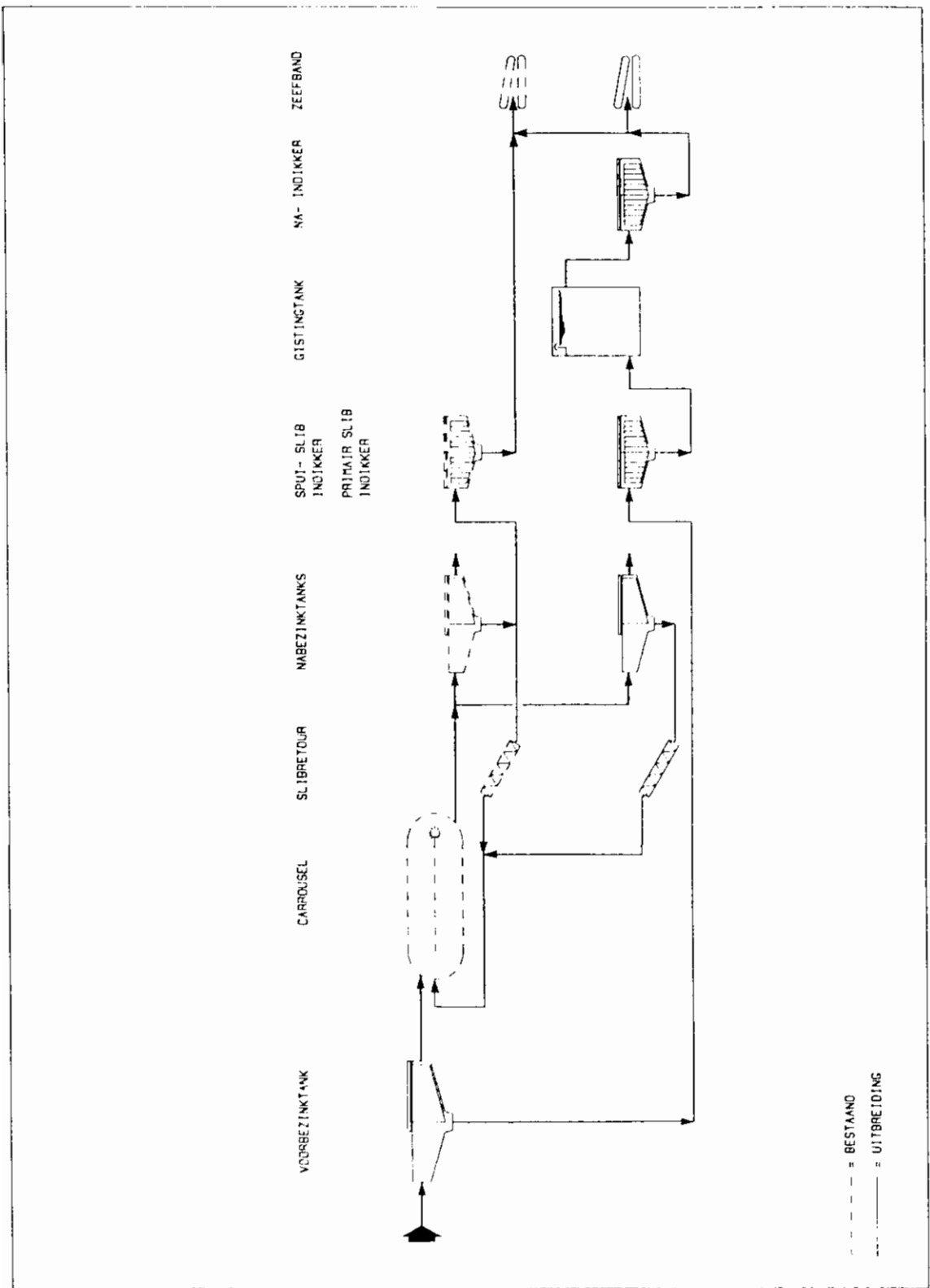
Tabel 16. Dimensioneringsgegevens van de capaciteitsvergroting door verhoging slibgehalte (effl. klasse I)



Figuur 3 - Processchema van een capaciteitsvergroting door verhoging van het slibgehalte



figuur 4. Processchema van een capaciteitsvergroting "door voorzuivering" door middel van voorbezinking



figuur 4. Processchema van een capaciteitsvergroting "door voorzuivering" door middel van voorbezinking

Ook de denitrificatie vraagt extra aandacht. Afhankelijk van de benodigde vergroting van de zuurstofinbrengcapaciteit en de wijze waarop deze wordt gerealiseerd, zal de regeling van de beluchting meer aandacht vragen.

De bedrijfsvoering blijft echter relatief eenvoudig en in wezen niet afwijkend van de bestaande situatie.

Ook de mogelijkheid om tot het maximum iedere gewenste uitbreiding te realiseren, maakt dit systeem bijzonder geschikt voor rwzi's met een wisselende belasting, bijvoorbeeld door seizoeninvloeden.

Milieu-aspecten

In de milieu-aspecten treedt weinig verandering op; het geringe extra ruimtebeslag maakt deze variant interessant in die gevallen waarin de beschikbare ruimte gering is.

Capaciteitsvergroting door voorzuivering

voorzuivering door middel van voorbezinking

De capaciteitsvergroting wordt gerealiseerd door voorschakeling van een bezinktank. Bij een gelijkblijvende slibbelasting en slibgehalte in de Carrousel zal de capaciteitsvergroting bepaald worden door het rendement van de voorbezinktank en ongeveer gelijk zijn aan 30%. Een verdere verbetering van dit rendement is mogelijk door dosering van chemicaliën.

Naast het simultaan aëroob gestabiliseerde slib uit de Carrousel wordt ook primair slib geproduceerd. In dit rapport wordt ervan uitgegaan dat dit slib wordt vergist.

In figuur 4 is de bestaande rwzi met de uitbreiding schematisch weergegeven. Behalve aanpassing van de sliblijn is met name een hydraulische uitbreiding van de waterlijn noodzakelijk. Afhankelijk van het hydraulisch verval in de installatie is aanpassing van de opvoerhoogte noodzakelijk. De uitbreiding van de zuurstofinbrengcapaciteit is marginaal.

Tabel 17 geeft voor de verschillende capaciteiten en capaciteitsvergrotingen de belangrijkste dimensioneringsgegevens weer. De gebruikte uitgangspunten bij de berekening van de dimensioneringsgegevens zijn opgenomen in bijlage 1.

Opmerkingen

Effluentkwaliteit

De belangrijkste gevolgen van de verwijdering van primair slib in de voorbezinktank voor het biologisch proces zijn:

- een afname van de BZV/N-verhouding (er wordt immers meer BZV dan N verwijderd);
- een toename van de slibleeftijd;
- minder schommelingen in de aanvoer van primair slib.

Met name de nitrificatie wordt beïnvloed door de afname van de BZV/N-verhouding. Een vergaande nitrificatie is ondanks de hogere N-belasting mogelijk doordat de nitrificatiesnelheid toeneemt. Door de toename van de slibleeftijd zal ook bij lage watertemperaturen de voor nitrificatie benodigde minimale slibleeftijd ruimschoots overschreden worden.

Uitspoeling van nitrificerende bacteriën, doordat meer bacteriën met het spuislib en effluent worden afgevoerd dan gevormd worden, zal hierdoor niet optreden. Ook in het geval de groei van de nitrificerders geremd wordt, is de veiligheidsmarge veelal nog voldoende groot om een volledige nitrificatie te garanderen. De stabiliteit ten aanzien van de stikstofoxydatie is derhalve groot. De denitrificatie zal bij deze lage slibbelasting nog in voldoende mate plaatsvinden. Het NO_3 -gehalte zal niet toenemen.

		25	30	35	40	45
capaciteit [m ³ /d] (contant)		25	30	35	40	45
vergroting		26,7	33,3	40,0	46,7	53,3
hydraulische capaciteit dwa [m ³ /d]		2500	3000	3500	4000	4500
oaa [m ³ /d]		800	800	800	800	800
voorzinktank						
aantal		1	1	1	1	1
oppervlak [m ²]		278	334	390	446	502
Carroussel						
BZV-slibbelasting [kg BZV/kg d. sld]		0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
volume [m ³]		4200	4200	4200	4200	4200
slibgehalte [kg/m ³]		4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
OC [kg/h]		80	97	122	153	187
nabezinktanks						
aantal		1	2	2	3	4
oppervlak totaal [m ²]		80	112	164	216	268
slibretourcapaciteit [m ³ /d]		30	37	44	51	58
slibproductie						
primaire slib [kg/d]		0	79	0	100	0
spuislib [kg/d]		30	77	109	156	203
primaire slibafdrager						
oppervlak [m ²]			16		8	80
slibbezinking						
volume [m ³]			10		10	1600
naandrukker						
oppervlak [m ²]			16		8	80
spuislibafdrager						
oppervlak [m ²]		80	35	63	63	130
zeefband						
capaciteit [m ³ /d]		6,7	8,5	16,7	21,7	33,4

Tabel 17. Dimensioneringsgegevens van de capaciteitsvergroting door voorzuivering door voorbezinking (effl. klasse I)

Met name de nitrificatie wordt beïnvloed door de afname van de BZV/N-verhouding. Een vergaande nitrificatie is ondanks de hogere N-belasting mogelijk doordat de nitrificatiesnelheid toeneemt. Door de toename van de slibleeftijd zal ook bij lage watertemperaturen de voor nitrificatie benodigde minimale slibleeftijd ruimschoots overschreden worden.

Uitspoeling van nitrificerende bacteriën, doordat meer bacteriën met het spuislib en effluent worden afgevoerd dan gevormd worden, zal hierdoor niet optreden. Ook in het geval de groei van de nitrificerders geremd wordt, is de veiligheidsmarge veelal nog voldoende groot om een volledige nitrificatie te garanderen. De stabiliteit ten aanzien van de stikstofoxydatie is derhalve groot.

De denitrificatie zal bij deze lage slibbelasting nog in voldoende mate plaatsvinden. Het NO_3 -gehalte zal niet toenemen.

capaciteit bestaand	[i.e. x 1000]	20		50		100	
vergroot			26,7		66,7		133,3
hydraulische capaciteit							
dwa	[m ³ /d]	2500	3333	6250	8333	2500	16667
rwa	[m ³ /h]	625	833	1563	2083	3125	4167
voorbezinktank							
aantal			1		1		1
oppervlak	[m ²]	278		694		1389	
Carrousel							
BZV-slibbelasting	[kg BZV/kg d.s.d]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
volume	[m ³]	4200	4200	10500	10500	21000	21000
slibgehalte	[kg/m ³]	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
OC	[kg/h]	89	97	222	231	444	457
nabezinktanks							
aantal		1	2	2	3	3	4
oppervlak totaal	[m ²]	871	1123	2164	2780	4294	5481
slibretourcapaciteit	[m ³ /h]	474	573	1173	1395	2289	2672
slibproductie							
primaair slib	[kg/d]	0	799	0	2000	0	4000
spui-slib	[kg/d]	837	717	2093	1787	4185	3574
primaair slibindikker							
oppervlak	[m ²]		16		40		80
slibgisting							
volume	[m ³]		320		800		1600
na-indikker							
oppervlak	[m ²]		16		40		80
spui-slibindikker							
oppervlak	[m ²]	26	25	65	65	130	130
zeefband							
capaciteit	[m ³ /h]	6,7	8,5	16,7	21,2	33,4	42,6

Tabel 17. Dimensioneringsgegevens van de capaciteitsvergroting door voorzuivering door voorbezinking (effl. klasse I)

De meer konstante belasting van primair slib op het biologische proces heeft een positieve invloed op de stabiliteit van het proces. Dit is met name van belang bij aanvoer van afvalwater via lange persleidingen, waarbij grote fluctuaties kunnen ontstaan in de aanvoer van primair slib.

Bedrijfs- en procesvoering

Met name de veranderingen in de sliblijn vereisen een grotere aandacht voor de bedrijfs- en procesvoering. Op zich brengt de gisting van alleen primair slib geen specifieke problemen met zich mee. Aan de verwijdering van grof vuil en zand zal zowel in het ontwerp als in de bedrijfsvoering meer aandacht moeten worden besteed.

Milieu-aspecten

Potentiële geurbronnen zijn:

- de voorbezinktank (zeker bij aanvoer van aangerot afvalwater);
- de primair slibindikker;
- de na-indikker.

Als gevolg van de huidige geurnormering moet aangenomen worden dat geheel of gedeeltelijke afdekking van de bovenstaande procesonderdelen noodzakelijk is.

De kans op geuremissie van het spuislib is verminderd als gevolg van de hogere slibleeftijd.

5.4.2 voorzuivering door middel van een hoogbelast oxydatiebed

De capaciteitsvergroting wordt gerealiseerd door voorzuivering in een eerste biologische trap, bestaande uit een hoogbelast oxydatiebed, voorafgegaan door een voorbezinking en gevolgd door een tussenbezinking.

Indien vergaande denitrificatie wordt nagestreefd zal een deel van het ruwe afvalwater direct naar de Carrousel gevoerd worden. In het in dit rapport opgenomen rekenvoorbeeld wordt 35% van het ruwe afvalwater direct naar de Carrousel gevoerd.

De op deze wijze te realiseren maximale capaciteitsvergroting, waarbij het rendement van de oxydatiebedden in de winter maatgevend is, bedraagt ongeveer 75%.

Bij de dimensionering van het oxydatiebed is uitgegaan van kunststofvulmateriaal. In de literatuur [12] worden als belangrijkste voordelen van kunststofvullingen genoemd:

- hoge belasting;
- ongevoeligheid voor wisselende belastingen;
- geen verstoppingsproblemen;
- eenvoudige bedrijfsvoering;
- goede zuurstofvoorziening.

De ten opzichte van lavastenen hogere kosten van het vulmateriaal kunnen gecompenseerd worden door de toepassing van een lichtere constructie. De gewichtsbesparing is met een factor 5-8 immers aanzienlijk.

In figuur 5 is de bestaande rwzi met de uitbreiding schematisch weergegeven. De uitbreiding van de waterlijn omvat naast de aanleg van een voorbezinking, oxydatiebedden en tussenbezinking ook de bouw van een tussengemaal en vergroting van de slibretourcapaciteit en het oppervlak van de nabezinktanks. De produktie van zowel vers als aëroob gestabiliseerd slib vereist een slibverwerking in twee lijnen, waarbij het verse slib na indikking vergist en onwaterd moet worden.

In tabel 18 zijn voor de verschillende capaciteiten en capaciteitsvergrotingen de belangrijkste dimensioneringsgegevens weergegeven. De bij de berekening van de dimensioneringsgegevens gebruikte uitgangspunten zijn opgenomen in bijlage 1.

Opmerkingen

Effluentkwaliteit

Dit tweetraps biologisch zuiveringssysteem wordt in belangrijke mate gekenmerkt door een stabiele effluentkwaliteit. In het hoogbelaste oxydatiebed wordt zeker in de zomerperiode een aanzienlijke BZV-reductie bereikt. In nog sterkere mate dan bij het systeem met alleen een voorafgaande voorbezinking, daalt de BZV/N-verhouding. Deze voor de nitrificatie gunstige daling van de verhouding dient echter beperkt te blijven, omdat om opdrijven van slib in de nabezinktanks te voorkomen ook denitrificatie gewenst is.

Daarnaast moet afhankelijk van het bufferend vermogen van het water een loogdosering plaatsvinden om de pH tussen de 7 en 8 te houden. Door het inbouwen van een regelbare verdeling tussen de aanvoer van ruw afvalwater en de aanvoer van voorgezuiverd afvalwater naar de Carrousel, kan zowel 's zomers als 's winters een vergaande stikstofverwijdering worden bereikt. De flexibiliteit van het systeem wordt op deze wijze vergroot.

Bedrijfs- en procesvoering

De bedrijfs- en procesvoering van dit systeem is door zijn grote stabiliteit betrekkelijk eenvoudig, indien uitsluitend de effluentkwaliteit maatgevend is.

Wanneer gestreefd wordt naar een optimale procesvoering, waarbij ook energieverbruik en slibproduktie betrokken worden, is de procesvoering gecompliceerd. Het temperatuurafhankelijke rendement van de oxydatiebedden en het verloop van nitrificatie en denitrificatie vereisen een relatief intensieve procesbegeleiding.

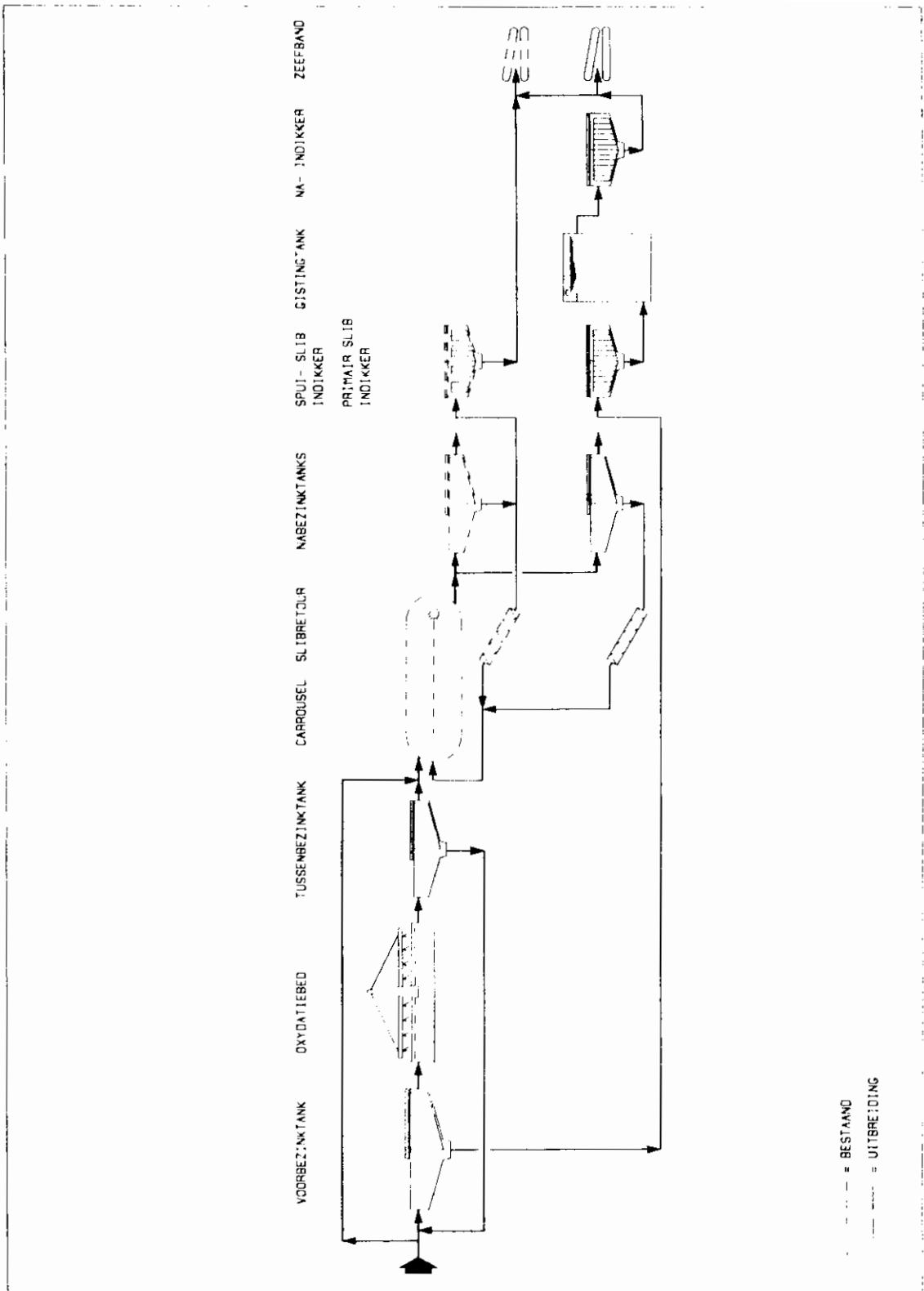
De mechanische en elektrische installatie en met name de meet- en regelapparatuur zullen in omvang en complexiteit ook sterk toenemen. De sliblijn zal door uitbreiding met indikkers, gisting en verdergaande slibontwatering aanzienlijk gecompliceerder worden. In het naar de oxydatiebedden afgevoerde water zal het grofvuil vergaand moeten worden verwijderd.

capaciteit	[i.e. x 1000]					
- bestaand		20		50		300
- vergroot			35,4		88,5	177
hydraulische capaciteit						
dwa	[m ³ /d]	2500	4425	6250	11063	12500
rwa	[m ³ /h]	625	1106	1563	2766	3125
voorbezinktank						
aantal			1		1	1
oppervlak	[m ²]		360		899	1797
tussengemaal						
capaciteit	[m ³ /h]		719		1797	3594
oxydatiebed(den)						
BZV-belasting	[kg BZV/m ³ .d]		2,2		2,2	2,2
hydraulische belasting	[m ³ /h]		719		1797	3594
volume	[m ³]		329		823	1647
tussenbezinktank						
aantal			1		1	1
oppervlak	[m ²]		360		899	1797
Carrousel						
BZV-slibbelasting	[kg BZV/kg d.s.s.d]	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65
volume	[m ³]	4206	4206	15500	15500	21000
slibgehalte	[kg/m ³]	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
benodigde OC	[kg/h]	89	92	222	229	464
nabezinktanks						
aantal		1	2	2	3	3
oppervlak tot slibroutcapaciteit	[m ²]	871	1444	2164	3543	4294
oppervlak tot slibroutcapaciteit	[m ³ /h]	474	693	1173	1648	2289
slibproductie						
primair + humus	[kg/d]		1019		2546	5093
spui-slib	[kg/d]	837	712	2093	1780	4183
primair slibindikker						
oppervlak	[m ²]		20,4		50,9	101,9
slibgisting						
volume na-100dikker	[m ³]		408		2018	2938
oppervlak	[m ²]		20,4		50,9	101,9
spui-slibindikker						
oppervlak	[m ²]	26	26	63	63	139
zeefband						
capaciteit	[m ³ /h]	6,7	9,3	16,7	23,2	33,4

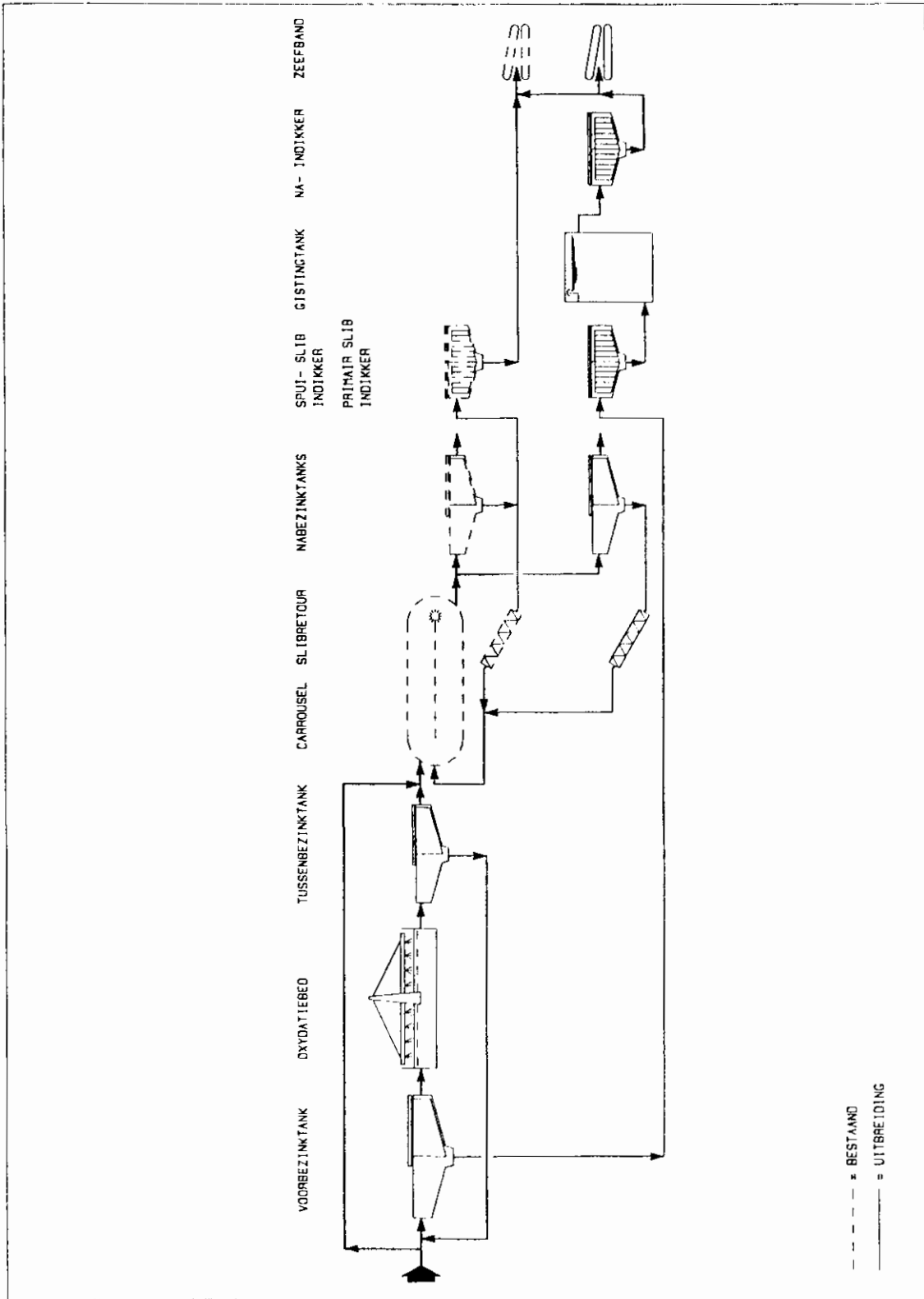
Tabel 18. Dimensioneringsgegevens van de capaciteitsvergroting door voorzuivering met hoogbelast oxydatiebed (effluentklasse I)

capaciteit - bestaand - vergroot	[i.e. x 1000]	20	35,4	50	88,5	100	177
hydraulische capaciteit							
dwa	[m ³ /d]	2500	4425	6250	11063	12500	22125
rwa	[m ³ /h]	625	1106	1563	2766	3125	5531
voorbezinktank							
aantal oppervlak	[m ²]		1 360		1 899		1 1797
tussengemaal							
capaciteit	[m ³ /h]		719		1797		3594
oxydatiebed(den)							
BZV-belasting	[kg BZV/m ³ .d]		2,2		2,2		2,2
hydraulische belasting	[m ³ /h]		719		1797		3594
volume	[m ³]		329		823		1647
tussenbezinktank							
aantal oppervlak	[m ²]		1 360		1 899		1 1797
Carrousel							
BZV-slibbelasting	[kg BZV/kg d.s.d]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
volume	[m ³]	4200	4200	10500	10500	21000	21000
slibgehalte	[kg/m ³]	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
benodigde OC	[kg/h]	89	92	222	230	444	459
nabezinktanks							
aantal oppervlak tot. slibretourcapaciteit	[m ²]	1 871	2 1444	2 2164	3 3544	3 4294	5 7021
slibproductie	[m ³ /h]	474	693	1173	1648	2289	3205
slibproductie							
primaair + humus spui-slib	[kg/d]		1019		2546		5093
primaair spui-slib	[kg/d]	837	712	2093	1780	4185	3562
primaair slibindikker							
oppervlak	[m ²]		20,4		50,9		101,9
slibgisting							
volume na-indikker	[m ³]		408		1018		2038
oppervlak	[m ²]		20,4		50,9		101,9
spui-slibindikker							
oppervlak	[m ²]	26	26	65	65	130	130
zeefband							
capaciteit	[m ³ /h]	6,7	9,3	16,7	23,2	33,4	46,3

Tabel 18. Dimensioneringsgegevens van de capaciteitsvergroting door voorzuivering met hoogbelast oxydatiebed (effluentklasse I)



Figuur 5 - Processchema van de capaciteitsvergroting door voorzuivering met een hoog belast oxydatiebed



Figuur 5 - Processchema van de capaciteitsvergroting door voorzuivering met een hoog belast oxydatiebed

Milieu-aspecten

Evenals bij het systeem met alleen voorbezinking dienen ook hier maatregelen in het kader van de geurbestrijding te worden genomen. Naast de geheel of gedeeltelijke afdekking van de voorbezinking, de primair slib- en de na-indikker moet ook rekening worden gehouden met afdekking van de oxydatiebedden.

5.4.3 voorzuivering door middel van een hoogbelaste actief-slibtrap

Het meest toegepaste systeem is het adsorptie-beluchtingsproces (A-B-proces). Het ruwe afvalwater wordt in een hoogbelaste actief-slibtrap gevoerd (2-5 kg BZV/kg d.s.d). Voornamelijk als gevolg van adsorptie wordt een groot deel van de organische stof verwijderd. Het in een tussenbezinking afgescheiden slib wordt als retourslib naar de beluchtingsruimte teruggepompt.

Evenals bij het systeem met voorzuivering door middel van een hoogbelast oxydatiebed, daalt de BZV/N-verhouding in de Carrousel door BZV-reductie in de A-trap. Wanneer in de Carrousel een vergaande denitrificatie nagestreefd wordt, dient een deel van het ruwe afvalwater direct naar de Carrousel gevoerd te worden. De op deze wijze te realiseren capaciteitsvergroting bedraagt dan ongeveer 60%.

In figuur 6 is de bestaande rwzi met de uitbreidingen schematisch weergegeven.

Naast de uitbreiding van de waterlijn moet ook de sliblijn worden aangepast.

Voor de verwerking van het ongestabiliseerde slib uit de A-trap is een gisting opgenomen.

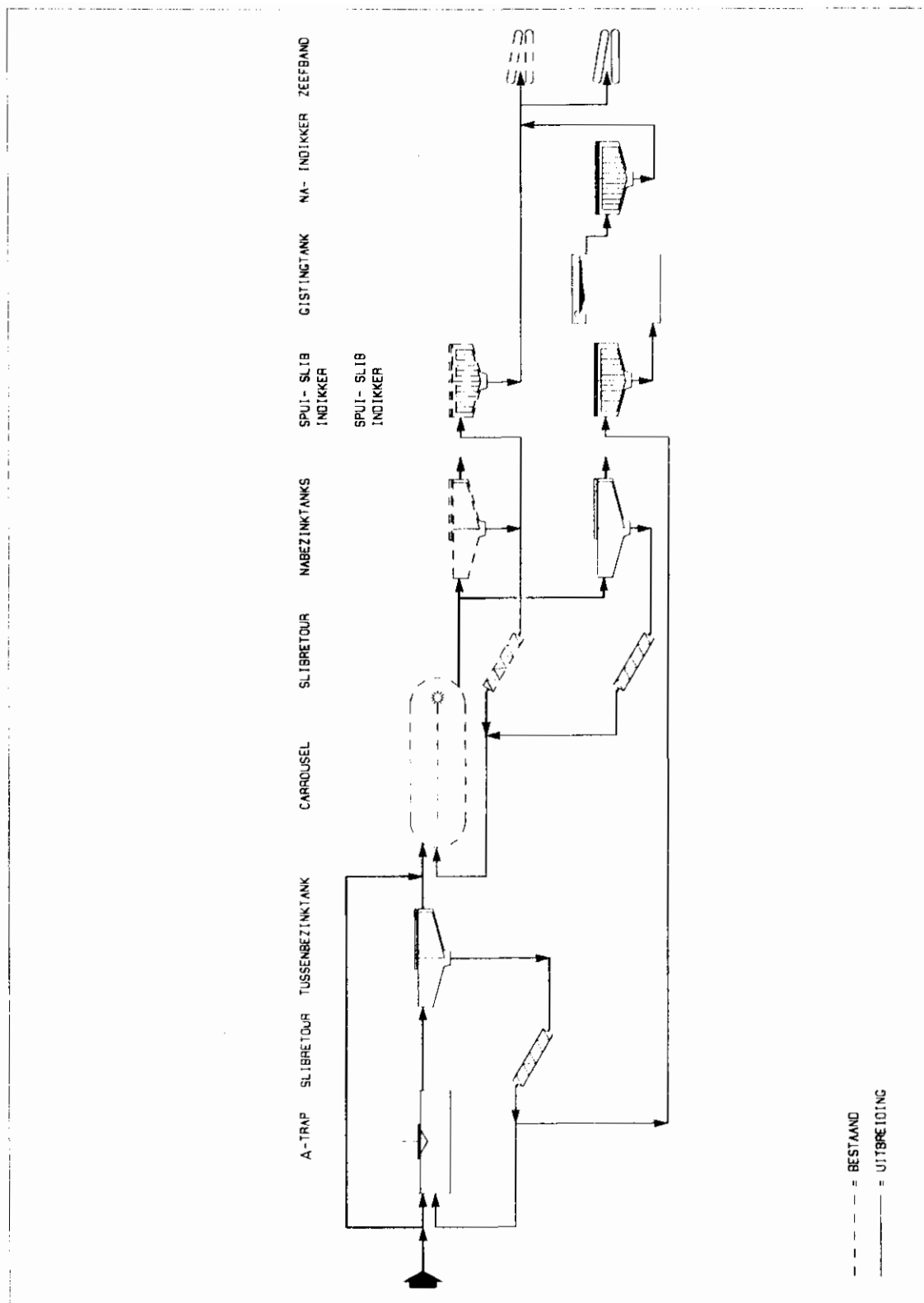
In tabel 19 zijn voor de verschillende capaciteiten en capaciteitsvergrotingen de belangrijkste dimensioneringsgrondslagen weergegeven. De bij de berekening van de dimensioneringsgegevens gebruikte uitganggegevens zijn in de bijlage 1 opgenomen.

Opmerkingen

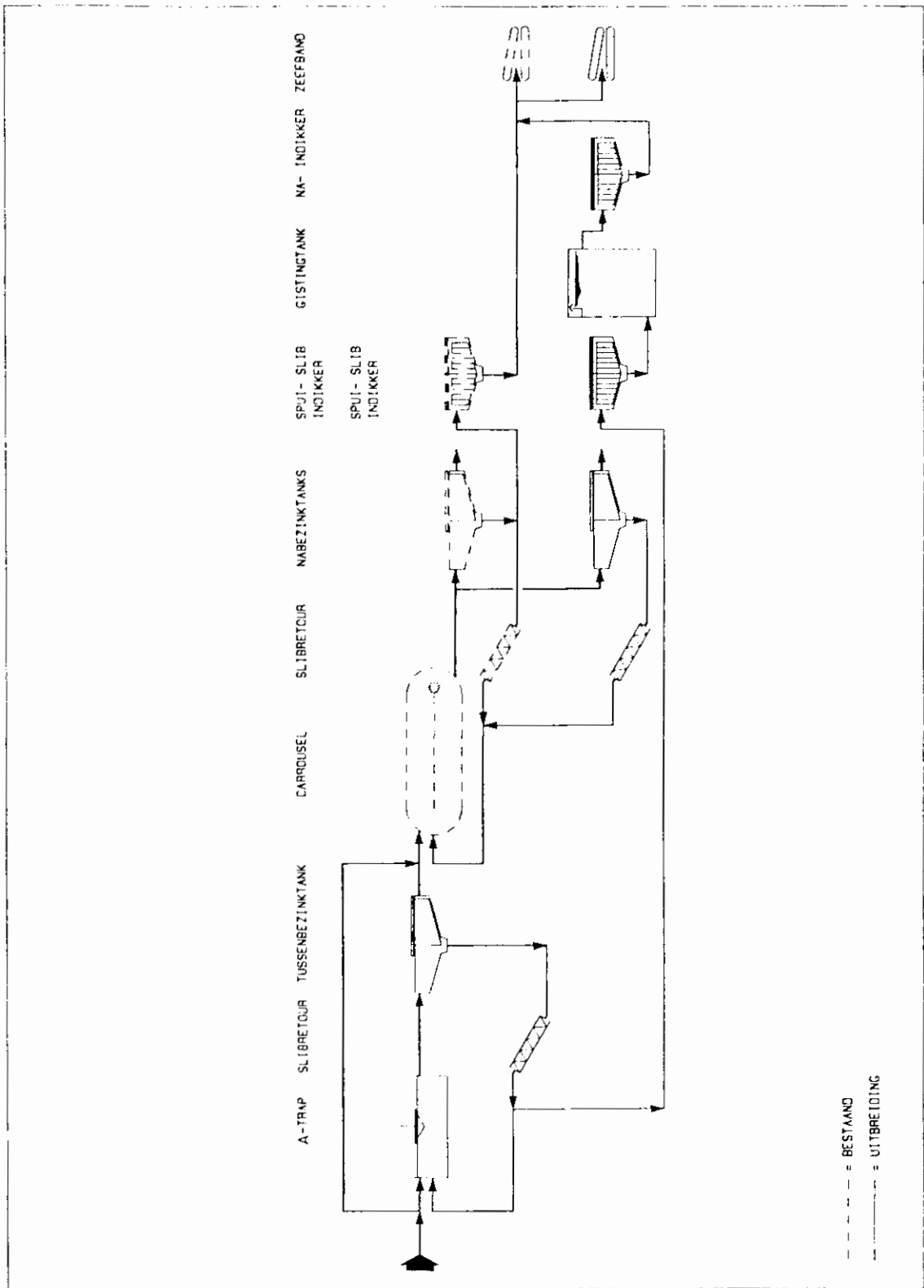
Effluentkwaliteit

Het A-B-proces levert een hoge zuiveringsprestatie en een stabiele effluentkwaliteit. In de hoogbelaste A-trap wordt door adsorptie een belangrijk deel van het BZV verwijderd. De voor nitrificatie gunstige BZV/N-verhouding garandeert lage NKj-gehalten in het effluent. Wanneer ook een vergaande denitrificatie wordt nagestreefd, is het noodzakelijk om de naar de Carrousel af te voeren hoeveelheden ruw afvalwater en voorgezuiverd afvalwater te kunnen regelen. Een belangrijk voordeel van het A-B-systeem ten opzichte van het systeem met hoogbelaste oxydatiebedden is de geringe temperatuurgevoeligheid. Andere voordelen betreffen de over het algemeen lage slibindex in de B-trap en de hogere gasproductie.

Verslechtering van de effluentkwaliteit is meestal het gevolg van onvoldoende functioneren van de A-trap; dit kan worden veroorzaakt door overstorten van slib uit de tussenbezinktank en/of door onvoldoende adsorptie aan het slib. Het laatste treedt onder meer op wanneer de verblijftijd te kort wordt.



Figuur 6 - Processchema van de capaciteitsvergroting door voorzuivering met een A-trap



Figuur 6 - Processchema van de capaciteitsvergroting door voorzuivering met een A-trap

capaciteit	[i.e. x 1000]	20	32,5	50	81,25	100	162,5
-	bestaand						
-	vergroot						
hydraulische capaciteit							
dwa	[m ³ /d]	2500	4062	6250	10157	12500	20313
rwa	[m ³ /h]	625	1015	1563	3902	3125	5078
A-trap							
BZV-belasting	[kg BZV/kg d.s.d.]		2,0		2,0		2,0
volume	[m ³]		195		488		977
slibgehalte	[kg/m ³]		2,7		2,7		2,7
benodigde OC	[kg O ₂ /h]		11		27		55
tussenbezinktank							
aantal			1		1		1
oppervlak	[m ²]		313		781		1563
slibretourcapaciteit	[m ³ /h]		390		976		1953
tussengemaal							
capaciteit	[m ³ /h]		781		1953		3906
Carrousel							
BZV-slibbelasting	[kg BZV/kg d.s.d.]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
volume	[m ³]	4200	4200	10500	10500	21000	21000
slibgehalte	[kg/m ³]	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
OC	[kg/h]	89	95	222	237	444	475
nabezinktanks							
aantal		1	2	2	3	3	5
oppervlak tot.	[m ²]	871	1340	2164	3297	4294	6532
slibretourcapaciteit	[m ³ /h]	474	656	1173	1570	2289	3053
slibproductie							
primaire slib	[kg/d]		1212		3158		6316
spuislib	[kg/d]	837	488	2093	1220	4185	2440
spuislibindikker A-trap							
oppervlak	[m ²]		48,5		126,3		252,6
slibgisting							
volume	[m ³]		484		1264		2526
na-indikker							
oppervlak	[m ²]		24,2		63,2		126,3
spuislibindikker							
oppervlak	[m ²]	26	26	65	65	130	130
zeefband							
capaciteit	[m ³ /h]	6,7	8,1	16,7	20,8	33,2	41,6

Tabel 19. Dimensioneringsgegevens van de capaciteitsvergroting door voorzuivering met een A-trap (effluentklasse I)

capaciteit	[i.e. x 1000]						
-	bestaand	20		50		100	
-	vergroot		32,5		51,25		162,5
hydraulische capaciteit							
dwa	[m ³ /d]	2500	4062	6250	10157	12500	20313
rwa	[m ³ /h]	625	1015	1563	3902	3125	5078
A-trap							
BZV-belasting	[kg BZV/kg d.s.d]		2,0		2,0		2,0
volume	[m ³]		195		488		977
slibgehalte	[kg/m ³]		2,7		2,7		2,7
benodigde OC	[kg O ₂ /h]		11		27		55
tussenbezinktank							
aantal			1		1		1
oppervlak	[m ²]		313		781		1563
slibretourcapaciteit	[m ³ /h]		390		976		1953
tussengemaal							
capaciteit	[m ³ /h]		781		1953		3906
Carrousel							
BZV-slibbelasting	[kg BZV/kg d.s.d]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
volume	[m ³]	4200	4200	10500	10500	21000	21000
slibgehalte	[kg/m ³]	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
OC	[kg/h]	89	95	222	237	444	475
nabezinktanks							
aantal		1	2	2	3	3	5
oppervlak tot.	[m ²]	871	1340	2164	3297	4294	6532
slibretourcapaciteit	[m ³ /h]	474	656	1173	1570	2289	3053
slibproductie							
primaair slib	[kg/d]		1212		3158		6316
spui-slib	[kg/d]	837	488	2093	1220	4185	2440
spui-slibindikker A-trap							
oppervlak	[m ²]		48,5		126,3		252,6
slibgisting							
volume	[m ³]		484		1264		2526
na-indikker							
oppervlak	[m ²]		24,2		63,2		126,3
spui-slibindikker							
oppervlak	[m ²]	26	26	62	65	130	130
zeefband							
capaciteit	[m ³ /h]	6,7	8,1	16,7	20,8	33,2	41,6

Tabel 19. Dimensioneringsgegevens van de capaciteitsvergroting door voorzuivering met een A-trap (effluentklasse J)

Bedrijfs- en procesvoering

Regeling van het slibgehalte, het slibretourdebiet en het zuurstofgehalte in de A-trap zijn voor de goede procesvoering van belang. De grote variaties in de aanvoer van primair slib ten opzichte van de geringe slibmassa in de A-trap hebben tot gevolg dat het slibgehalte sterk fluctueert. Om de slibbelasting niet te laag - er treedt dan afbraak op - of niet te hoog te laten worden - er treedt dan onvoldoende adsorptie op - is het noodzakelijk het slibgehalte te regelen. Om bij een toenemende hydraulische belasting slibverlies uit de A-trap zoveel mogelijk tegen te gaan, moet het slibretourdebiet geregeld worden.

Regeling van het zuurstofgehalte is eveneens noodzakelijk. Bij een lange verblijftijd moet het zuurstofgehalte laag zijn om afbraak te voorkomen; bij een korte verblijftijd moet het zuurstofgehalte worden verhoogd voor de ademing van de biomassa.

De bedrijfsvoering van de B-trap wordt bepaald door het verloop van de nitrificatie/denitrificatie. Belangrijke regelgrootheden hierin zijn de verdeling van de zuurstofinbreng en de verdeling van de aanvoer van het influent over de A-trap en de Carrousel.

De vergisting van het slib uit de A-trap vraagt geen bijzondere aandacht.

Milieuaspecten

De toepassing van de zeer hoogbelaste A-trap heeft tot gevolg dat het ruimtebeslag gering is. Voor geurbestrijding zullen de A-trap en de spui-slibindikker (A-trap) moeten worden afgedekt.

5.5

Capaciteitsvergroting door nazuivering

Bij een vrijwel gelijkblijvende effluentkwaliteit kan capaciteitsvergroting worden gerealiseerd door verhoging van de slibbelasting in de beluchtingstank, gevolgd door een nitrificerende trap. Verhoging van de slibbelasting tot een waarde van 0,10-0,15 kg BZV/kg d.s.d heeft voor de effluentkwaliteit tot gevolg dat:

- het gemiddelde BZV toeneemt van 5 tot 9 mg/l, waarbij de verschillen tussen zomer en winter gering zijn;
- het gemiddelde NKj-gehalte toeneemt tot 12 mg/l;
- in de winterperiode het NKj-gehalte sterk zal toenemen.

Uit het bovenstaande kan afgeleid worden dat voor een verbetering van de effluentkwaliteit de nazuivering allereerst gericht moet zijn op nitrificatie. Omdat in de winterperiode de nitrificatie in de eerste trap vrijwel volledig stopt, zal bij de dimensionering van de nazuivering uitgegaan moeten worden van de vrijwel volledige NKj-aanvoer. Het BZV zal door nazuivering nog dalen.

Wanneer geen eisen worden gesteld aan het maximale NO_3 -gehalte kan het effluent uit de nazuivering worden geloosd.

Verlaging van het NO_3 -gehalte in het effluent kan worden bereikt door recirculatie van het effluent via de eerste trap.

Als nitrificerende trappen zijn uitgewerkt het Linpor-N-systeem en het oxydatiebed. Door de slibbelasting in de Carrousel te verhogen tot 0,125 kg BZV/kg d.s.d. wordt een capaciteitsvergroting gerealiseerd van 150%.

Naast het bouwen van de nazuivering en de hydraulische aanpassing zal in de waterlijn de beluchttingscapaciteit moeten worden vergroot. In de sliblijn zal de ontwateringscapaciteit moeten worden uitgebreid en is een gisting noodzakelijk.

5.5.1 Linpor-N-systeem

De ervaringen met dit systeem zijn nog gering en onderzoek vindt nog plaats. Nog niet alle aspecten van het proces zijn bekend.

In het hier gebruikte rekenvoorbeeld zijn de door de leverancier verstrekte dimensioneringsgrondslagen [2] gebruikt.

Uitgangspunten zijn:

- aandeel "pads" : 30% van het totale volume
- nitrificatiesnelheid : 0,22 kg N/m³.d.

De beluchtingstank is als compleet gemengde tank uitgevoerd.

De beluchting vindt plaats met behulp van fijne bellen.

In figuur 7 is de bestaande rwzi met uitbreiding schematisch weergegeven.

In tabel 20 zijn voor de verschillende capaciteiten en capaciteitsvergrotingen de belangrijkste dimensioneringsgegevens weergegeven. De gebruikte uitgangspunten bij de berekening van de dimensioneringsgegevens zijn opgenomen in bijlage 1.

5.5.2 oxydatiebed(den)

Bij de dimensionering van het oxydatiebed is voor de berekening van het benodigde oppervlak uitgegaan van een specifiek oppervlak van $1,0 \cdot 10^3 \text{ m}^2/\text{kg N.d.}$

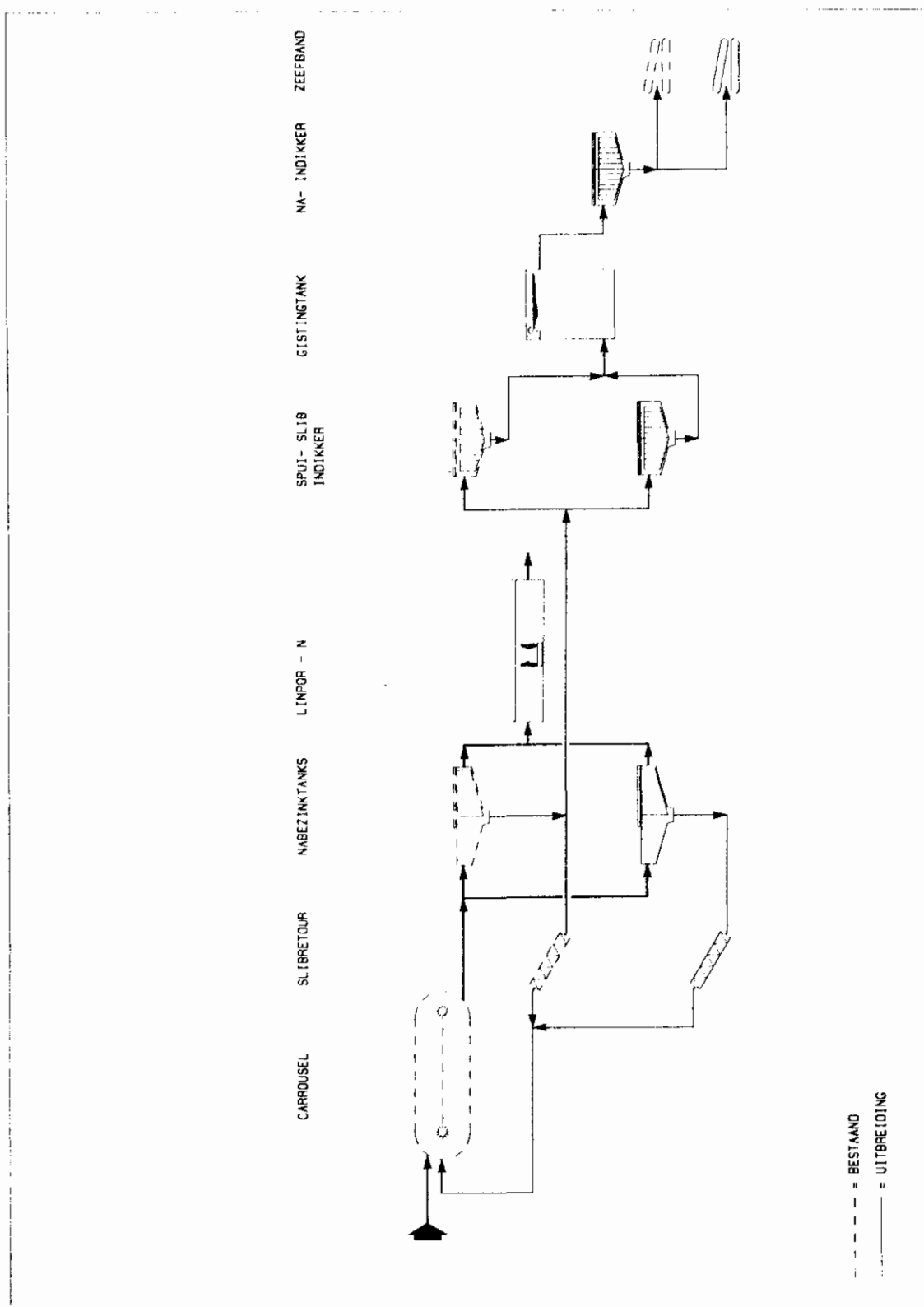
Het totaal berekende oppervlak is daarna met 50% verhoogd om piekbelastingen en een verminderde werking van het bed op te kunnen vangen.

Bij de berekening van het volume is uitgegaan van vulmateriaal met een oppervlak van $180 \text{ m}^2/\text{m}^3$.

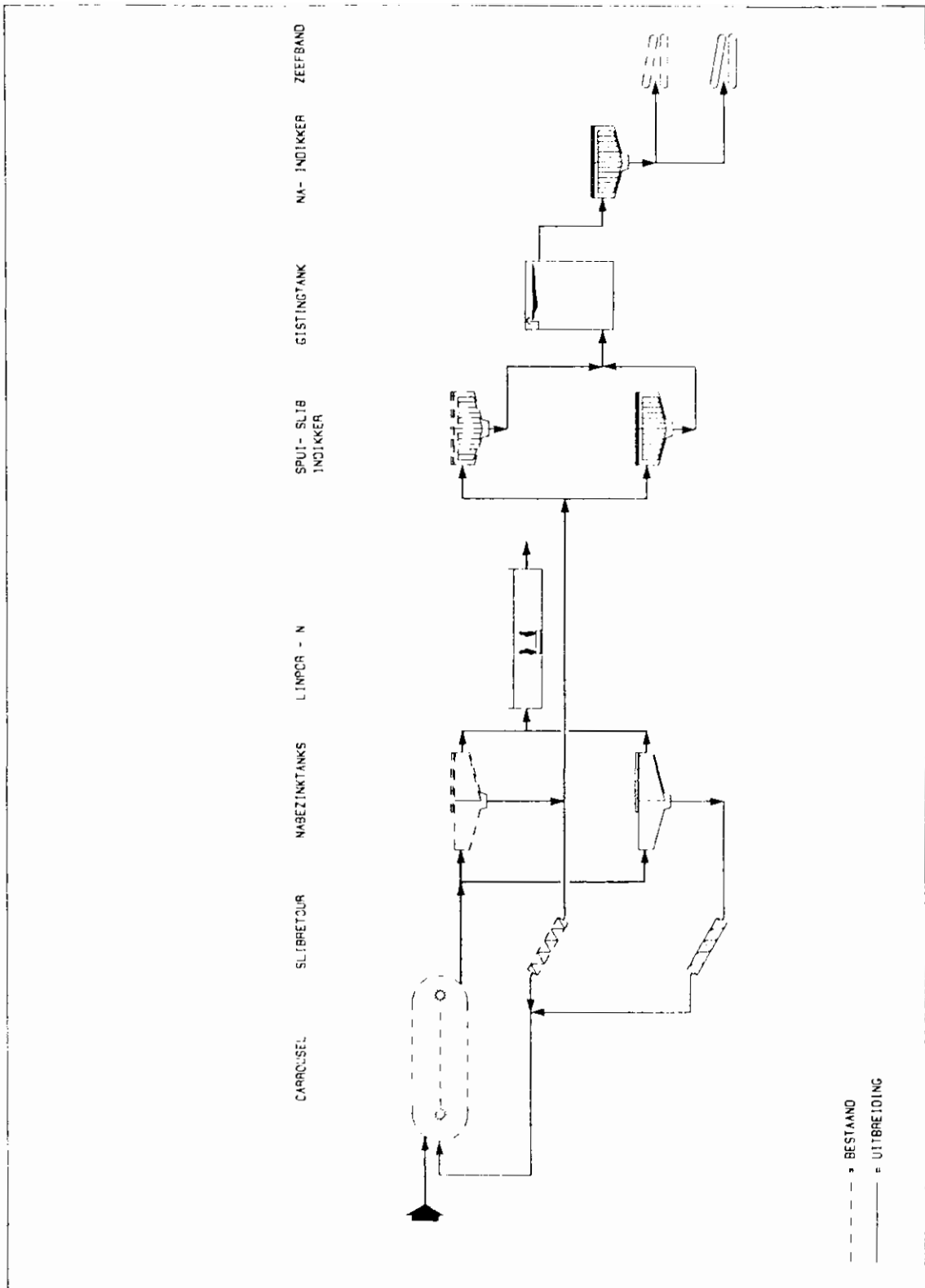
Om de minimale hydraulische belasting te garanderen is een recirculatieverhouding van één aangehouden en is gekozen voor een bedhoogte van 6 m.

In figuur 8 is de bestaande rwzi met uitbreiding schematisch weergegeven.

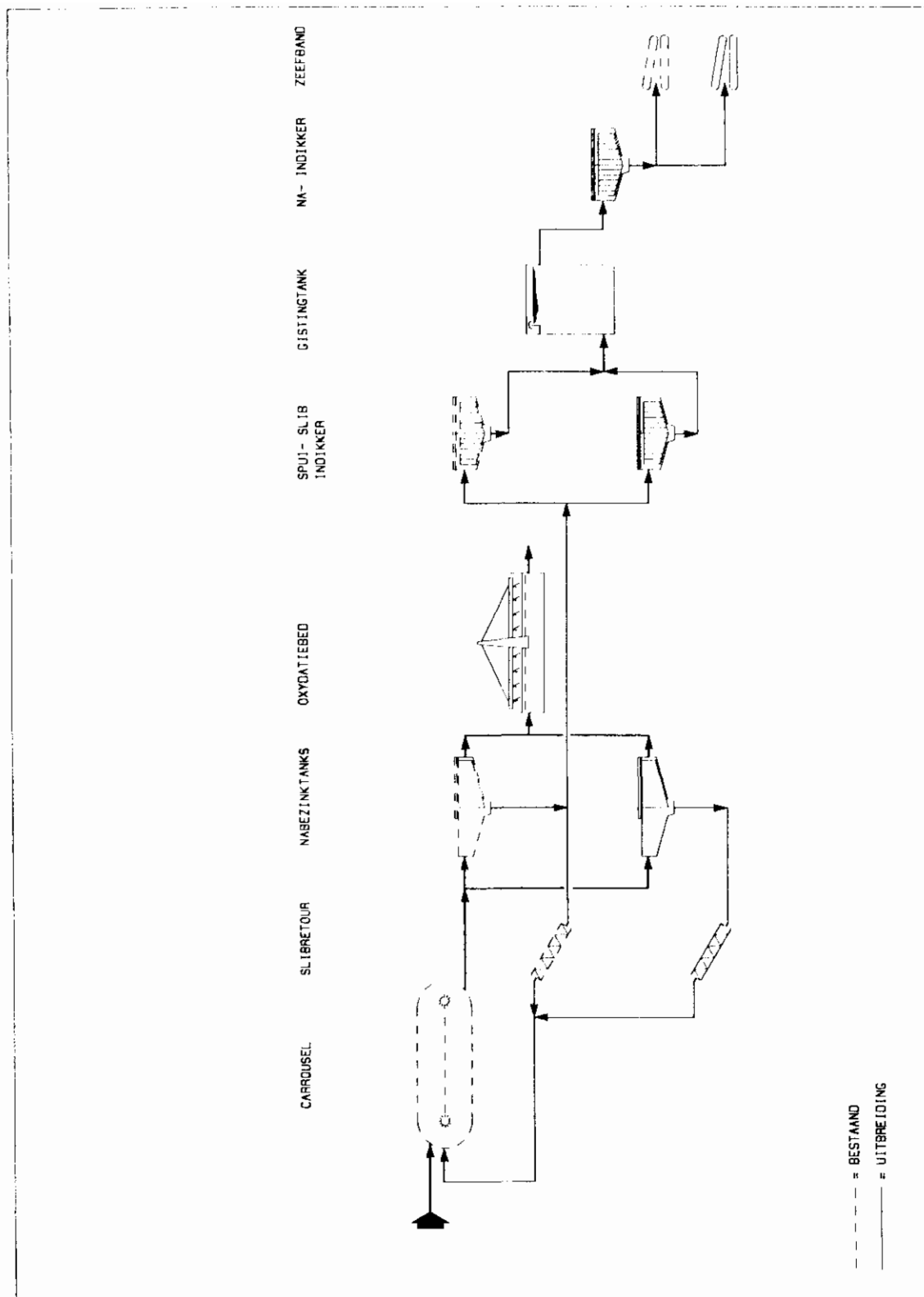
In tabel 20 zijn voor de verschillende capaciteiten en capaciteitsvergrotingen de belangrijkste dimensioneringsgegevens weergegeven. De gebruikte uitgangspunten bij de berekening van de dimensioneringsgegevens zijn in bijlage 1 opgenomen.



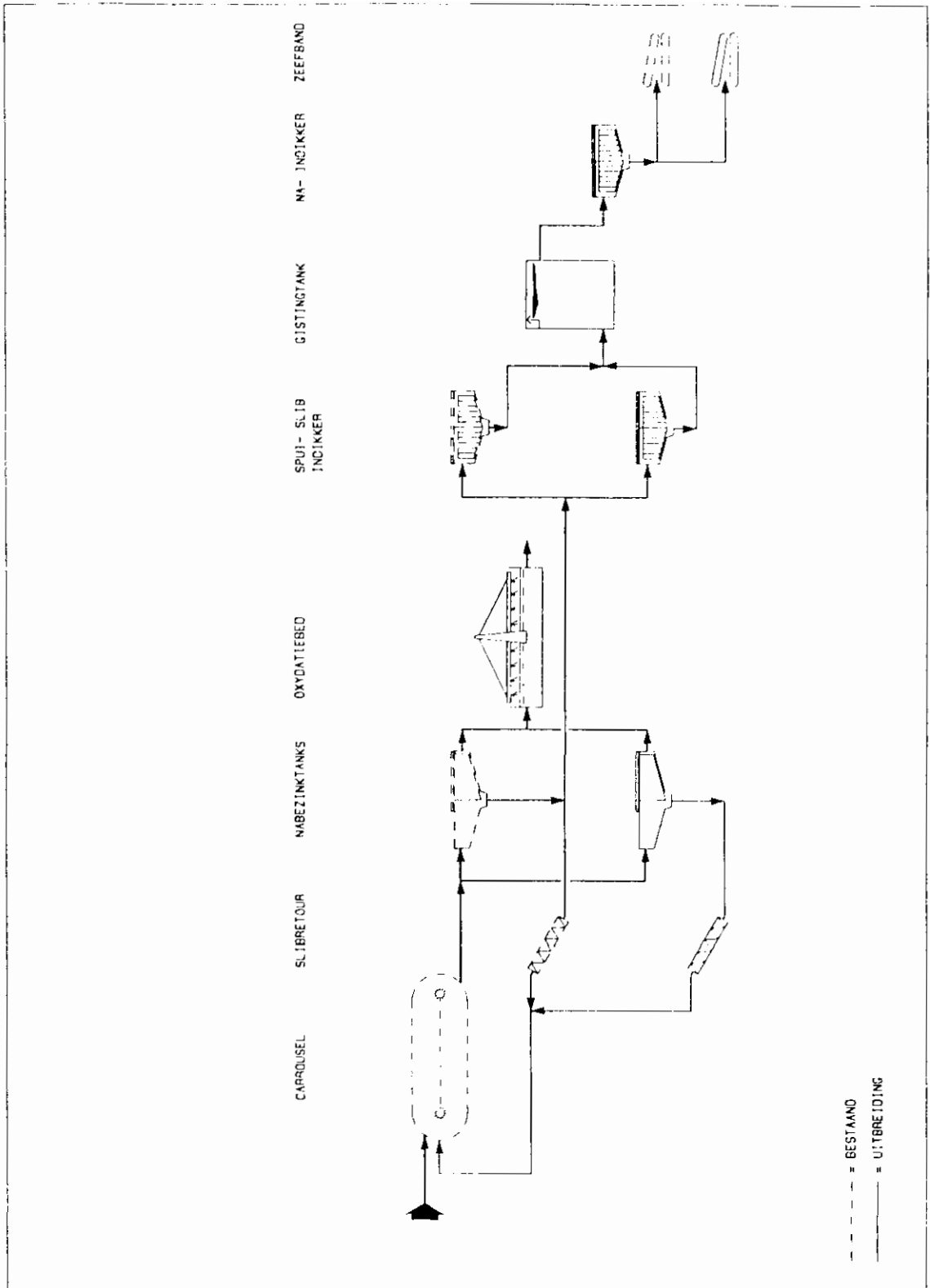
Figuur 7. Processchema uitbreiding door nazuivering met Linpor-N-system



Figuur 7. Processchema uitbreiding door nazuivering met Linpor-N-systeem



Figuur 8. Processchema van de capaciteitsvergroting door naziivering met oxydatiebed(den)



Figuur 8. Processchema van de capaciteitsvergroting door nazuivering met oxydatiebed(den)

Opmerkingen

Effluentkwaliteit

Ongeacht de methode waarop de nazuivering plaatsvindt, is het van primair belang het grote aandeel nitrificeerders in de nazuivering te handhaven. Hierbij zijn van belang de belasting met BZV en de wisselende N-belasting.

Wanneer het BZV (opgelost of in de vorm van slib) in het te behandelen water hoog is (>20 mg/l) zullen de heterotrofe bacteriën de nitrificeerders verdringen. De nitrificatiesnelheid daalt en het NKj-gehalte zal stijgen.

capaciteit bestaand	[i.e. x 1000]	20	50	100	150	
vergroot			50	125	150	
hydraulische capaciteit dwa	[m ³ /d]	2500	6250	6250	12500	31250
rwa	[m ³ /h]	625	1563	1563	3906	7813
Carrousel						
BZV-slibbelasting	[kg BZV/kg d.s.d.]	0,05	0,125	0,05	0,125	0,05
volume	[m ³]	4200	4200	10500	10500	21000
slibgehalte	[kg/m ³]	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
OC	[kg/h]	89	179	222	450	901
nabezinktanks						
aantal		1	2	2	4	6
oppervlak tot.	[m ²]	871	1930	2164	4768	9368
slibretourcapaciteit	[m ³ /h]	474	841	1173	2041	3901
slibproductie	[kg/d]	837	1839	2093	4597	9194
indikker						
oppervlak	[m ²]	26	80	65	199	399
slibgisting						
volume	[m ³]		920		2300	4600
na-indikker						
oppervlak	[m ²]		46		115	230
zeefband						
capaciteit	[m ³ /h]	6,7	9,2	16,7	23,0	33,4
tussengemaal						
capaciteit	[m ³ /h]	625	1563	1563	3906	7813
nazuivering met Linpor						
beluchtingstank						
volumebelasting	[kg N/m ³ .d.]		0,22		0,22	0,22
volume	[m ³]		1250		3125	6250
volume "pads"	[m ³]		375		938	1875
OC	[kgO ₂ /h]		125		313	625
nazuivering met oxydatiebed						
oxydatiebed spec. belasting						
	[m ² /kg N.d.]		1500		1500	1500
benodigd oppervlak	[m ²]		412.500		1.031.250	2.062.500
volume	[m ³]		2292		5730	11460
hoogte	[m]		6		6	6

Tabel 20. Dimensioneringsgegevens van de capaciteitsvergroting door nazuivering (effluentklasse I)

Opmerkingen

 Effluentkwaliteit

Ongeacht de methode waarop de nazuivering plaatsvindt, is het van primair belang het grote aandeel nitrificeerders in de nazuivering te handhaven. Hierbij zijn van belang de belasting met BZV en de wisselende N-belasting.

Wanneer het BZV (opgelost of in de vorm van slib) in het te behandelen water hoog is (>20 mg/l) zullen de heterotrofe bacteriën de nitrificeerders verdringen. De nitrificatiesnelheid daalt en het NKj-gehalte zal stijgen.

capaciteit bestaand	[i.e. x 1000]	20	50	100	150		
ver groot			50	125	150		
hydraulische capaciteit							
dwa	[m ³ /d]	2500	6250	6250	15625	12500	31250
rwa	[m ³ /h]	625	1563	1563	3906	3125	7813
Carrousel							
BZV-slibbelasting	[kg BZV/kg d.s.d.]	0,05	0,125	0,05	0,125	0,05	0,125
volume	[m ³]	4200	4200	10500	10500	21000	21000
slibgehalte	[kg/m ³]	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
OC	[kg/h]	89	179	222	456	444	901
nabezinktanks							
aantal		1	2	2	4	3	6
oppervlak tot.	[m ²]	871	1930	2164	4768	4294	9368
slibretourcapaciteit	[m ³ /h]	474	841	1173	2941	2289	3901
slibproductie	[kg/d]	837	1839	2093	4597	4185	9194
indikker							
oppervlak	[m ²]	26	80	65	199	130	399
slibgisting							
volume	[m ³]		920		2395		4600
na-indikker							
oppervlak	[m ²]		46		115		230
zeefband							
capaciteit	[m ³ /h]	6,7	9,2	16,7	23,0	33,4	46,0
tussengemaal							
capaciteit	[m ³ /h]	625	1563	1563	3906	3125	7813
nazuivering met Linpor							
beluchtingstank							
volumebelasting	[kg N/m ³ .d.]		0,22		0,22		0,22
volume	[m ³]		1250		3125		6250
volume "pads"	[m ³]		375		938		1875
OC	[kgO ₂ /h]		125		313		625
nazuivering met oxydatiebed							
oxydatiebed spec. belasting							
	[m ² /kg N.d.]		1500		1500		1500
benodigd oppervlak	[m ²]		412.500		1.031.250		2.062.500
volume	[m ³]		2292		5730		11460
hoogte	[m]		6		6		6

Tabel 20. Dimensioneringsgegevens van de capaciteitsvergroting door nazuivering (effluentklasse I)

De NKj-belasting van de nazuivering is afhankelijk van de nitrificatie in de Carrousel en zal variëren als gevolg van:

- verandering van de temperatuur;
- piekbelastingen;
- processtoringen in de Carrousel.

De geringe groeisnelheid van de nitrificeerders in aanmerking genomen is het van belang veranderingen in de NKj-belasting zo gelijkmatig mogelijk te laten verlopen. Wanneer piekbelastingen te verwachten zijn, verdient het aanbeveling om ook buiten de winterperiode de NKj-belasting van de nazuivering te verhogen om de nitrificerende biomassa in stand te houden.

De geringe slibaangroei en de vergaande mineralisatiegraad in de nazuivering maken een afscheiding van het slib overbodig. Het slibgehalte in het effluent is laag.

Bedrijfs- en procesvoering

De bedrijfs- en procesvoering van de nazuivering zijn in het algemeen weinig gecompliceerd. De regelbare grootheden zijn beperkt tot de recirculatieverhouding (oxydatiebedden) of de zuurstofinbreng. Bij oxydatiebedden is de beluchtingscapaciteit meestal voldoende. De zuurstofinbreng, door middel van bellenbeluchting bij het Linpor-N-systeem is regelbaar.

In die gevallen, waarin het bufferend vermogen van het water gering is, kan om een remming van de nitrificatie te voorkomen, een aanvullende pH-korrektie met loog noodzakelijk zijn.

Bij een goed functioneren van de eerste trap bereikt men goede resultaten met de nazuivering; hier dient men dan ook in de bedrijfs- en procesvoering de aandacht op te richten.

Een verdere toename van de voor de bedrijfsvoering benodigde tijd is het gevolg van de uitbreiding van de sliblijn met een gisting. De vergisting van alleen spuislib heeft goede perspectieven [6]. De ervaringen zijn echter nog gering.

De uit het oogpunt van geuremissie belangrijke procesonderdelen beperken zich tot de spuislibindikker en na-indikker.

Uitbreiding door verhoging van de slibbelasting

Wanneer ten opzichte van de bestaande situatie enige verruiming van de effluenteisen is toegestaan, ligt het voor de hand verhoging van de slibbelasting in de systeemkeuze te betrekken.

In dit rekenvoorbeeld is ervan uitgegaan dat bij 10°C een nog vergaande nitrificatie mogelijk moet zijn. Dit houdt in dat de bij deze temperaturen benodigde minimale slibleeftijd voor nitrificatie de bepalende faktor wordt voor de capaciteitsvergroting. De in dit rekenvoorbeeld maximaal bereikbare capaciteitsvergroting bedraagt 75%. De slibbelasting neemt dan toe tot 0,088 kg BZV/kg d.s.d. In de praktijk kan deze waarde anders zijn, onder andere als gevolg van een afwijkende specifieke slibproductie.

Aangezien het slib bij deze verhoogde belasting niet voldoende is gestabiliseerd, zal een aanvullende stabilisatie noodzakelijk zijn. Vergisting van dit slib is mogelijk. Praktijkervaringen met de vergisting van surplus-slib uit laagbelaste systemen is echter zeer beperkt.

De voor de capaciteitsvergroting benodigde uitbreiding betreft, naast hydraulische aanpassingen, de vergroting van het nabezinkoppervlak, de slibretour en de zuurstofinbreng. In de sliblijn moet de ontwateringscapaciteit worden vergroot.

In figuur 9 is de bestaande rwzi met uitbreiding schematisch weergegeven.

In tabel 21 zijn voor de verschillende capaciteiten en capaciteitsvergrotingen de belangrijkste dimensioneringsgrondslagen weergegeven. De gebruikte uitgangspunten bij de berekening van de dimensioneringsgegevens zijn opgenomen in bijlage 1.

capaciteit	[i.e. x 1000]	25		50		100	
- bestaand							
- vergroot			35		47,5		175
hydraulische capaciteit							
dwa	[m ³ /d]	2700	4375	6250	10938	12500	21875
rwa	[m ³ /h]	125	1094	1563	2734	3125	5469
Carrousel							
BZV-slibbelasting	[kg BZV/kg d.s.s.d]	0,05	0,088	0,05	0,088	0,05	0,088
volume	[m ³]	4250	4200	10500	10500	21000	21000
slibgehalte	[kg/m ³]	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Q ₀	[kg/h]	85	151	222	351	444	702
nabezinktank:							
aantal		1	2	2	3	3	5
oppervlak tot.	[m ²]	871	1428	2164	3507	4294	6946
slibretourcapaciteit	[m ³ /h]	474	685	1173	1633	2289	3177
slibproductie	[kg/d]	837	1577	2093	3943	4185	7886
indikker							
oppervlak	[m ²]	26	48	63	117	130	232
slibgisting							
volume	[m ³]		947		2366		4731
na-indikker							
oppervlak	[m ²]		63,1		157,7		315,4
zeefband							
capaciteit	[m ³ /h]	6,7	6,7	16,7	16,7	33,4	33,4

Tabel 21. Dimensioneringsgegevens van de capaciteitsvergroting door verhoging van slibbelasting (effluentklasse II)

Opmerkingen

Effluentkwaliteit

Het grootste verschil met de effluentkwaliteit van het zeer laagbelaste systeem betreft het NKj-gehalte dat in dit systeem in belangrijke mate afhankelijk is van de watertemperatuur.

Aangezien het slib bij deze verhoogde belasting niet voldoende is gestabiliseerd, zal een aanvullende stabilisatie noodzakelijk zijn. Vergisting van dit slib is mogelijk. Praktijkervaringen met de vergisting van surplusslib uit laagbelaste systemen is echter zeer beperkt.

De voor de capaciteitsvergroting benodigde uitbreiding betreft, naast hydraulische aanpassingen, de vergroting van het nabezinkoppervlak, de slibretour en de zuurstofinbreng. In de sliblijn moet de ontwateringscapaciteit worden vergroot.

In figuur 9 is de bestaande rwzi met uitbreiding schematisch weergegeven.

In tabel 21 zijn voor de verschillende capaciteiten en capaciteitsvergrotingen de belangrijkste dimensioneringsgrondslagen weergegeven. De gebruikte uitgangspunten bij de berekening van de dimensioneringsgegevens zijn opgenomen in bijlage 1.

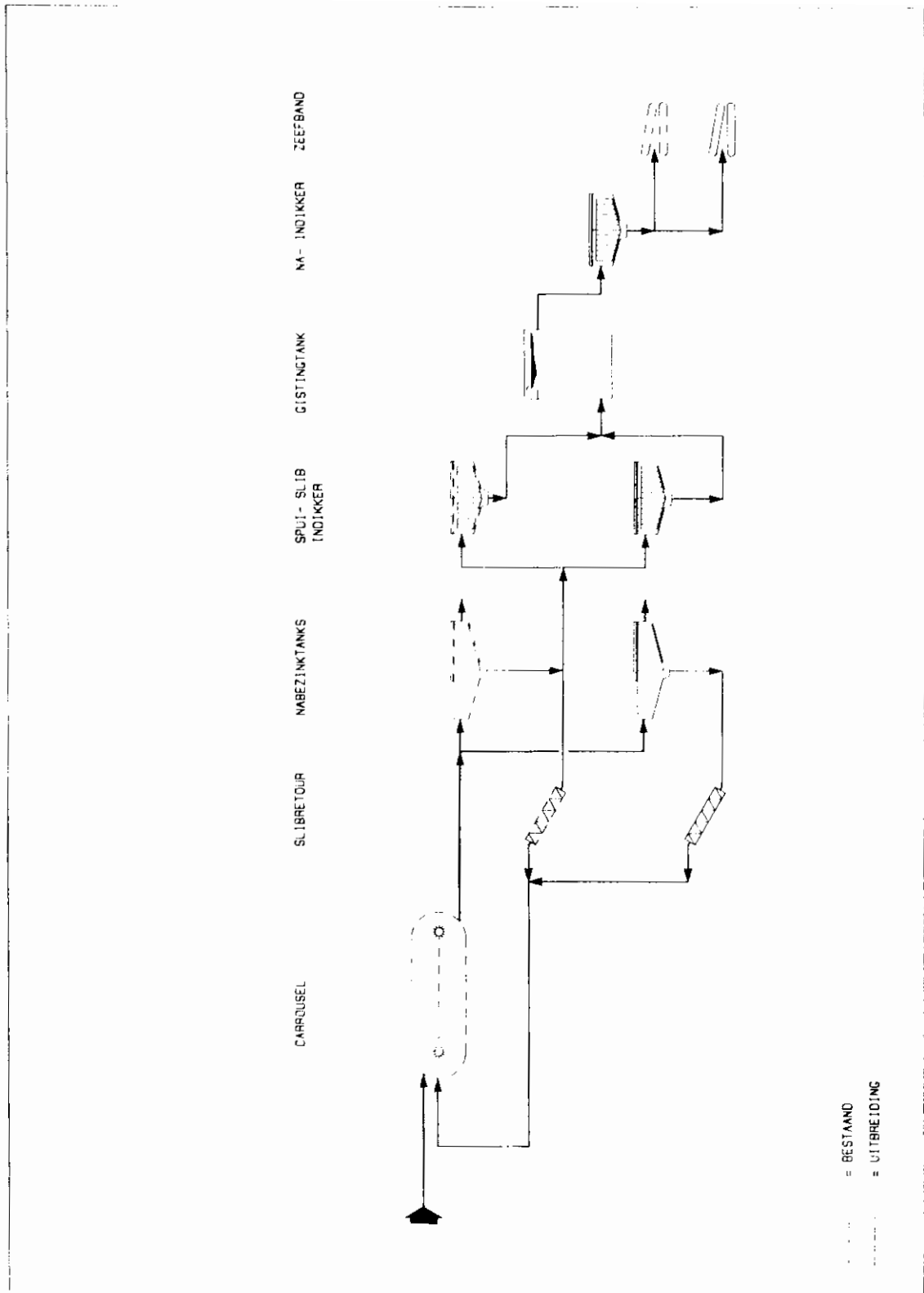
capaciteit - bestaand - vergroot	{i.e. x 1000}	20	35	50	87,5	100	175
hydraulische capaciteit							
dwa	[m ³ /d]	2500	4375	6250	10938	12500	21875
rwa	[m ³ /h]	625	1094	1563	2734	3125	5469
Carrousel							
BZV-slibbelasting	[kg BZV/kg d.s.d]	0,05	0,088	0,05	0,088	0,05	0,088
volume	[m ³]	4200	4200	10500	10500	21000	21000
slibgehalte	[kg/m ³]	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
OC	[kg/h]	89	151	222	351	444	702
nabezinktanks							
aantal		1	2	2	3	3	5
oppervlak tot.	[m ²]	871	1428	2164	3507	4294	6946
slibretourcapaciteit	[m ³ /h]	474	685	1173	1633	2289	3177
slibproductie	[kg/d]	837	1577	2093	3943	4185	7886
indikker							
oppervlak	[m ²]	26	48	65	117	130	232
slibgisting							
volume	[m ³]		947		2366		4731
na-indikker							
oppervlak	[m ²]		63,1		157,7		315,4
zeefband							
capaciteit	[m ³ /h]	6,7	6,7	16,7	16,7	33,4	33,4

Tabel 21. Dimensioneringsgegevens van de capaciteitsvergroting door verhoging van slibbelasting (effluentklasse II)

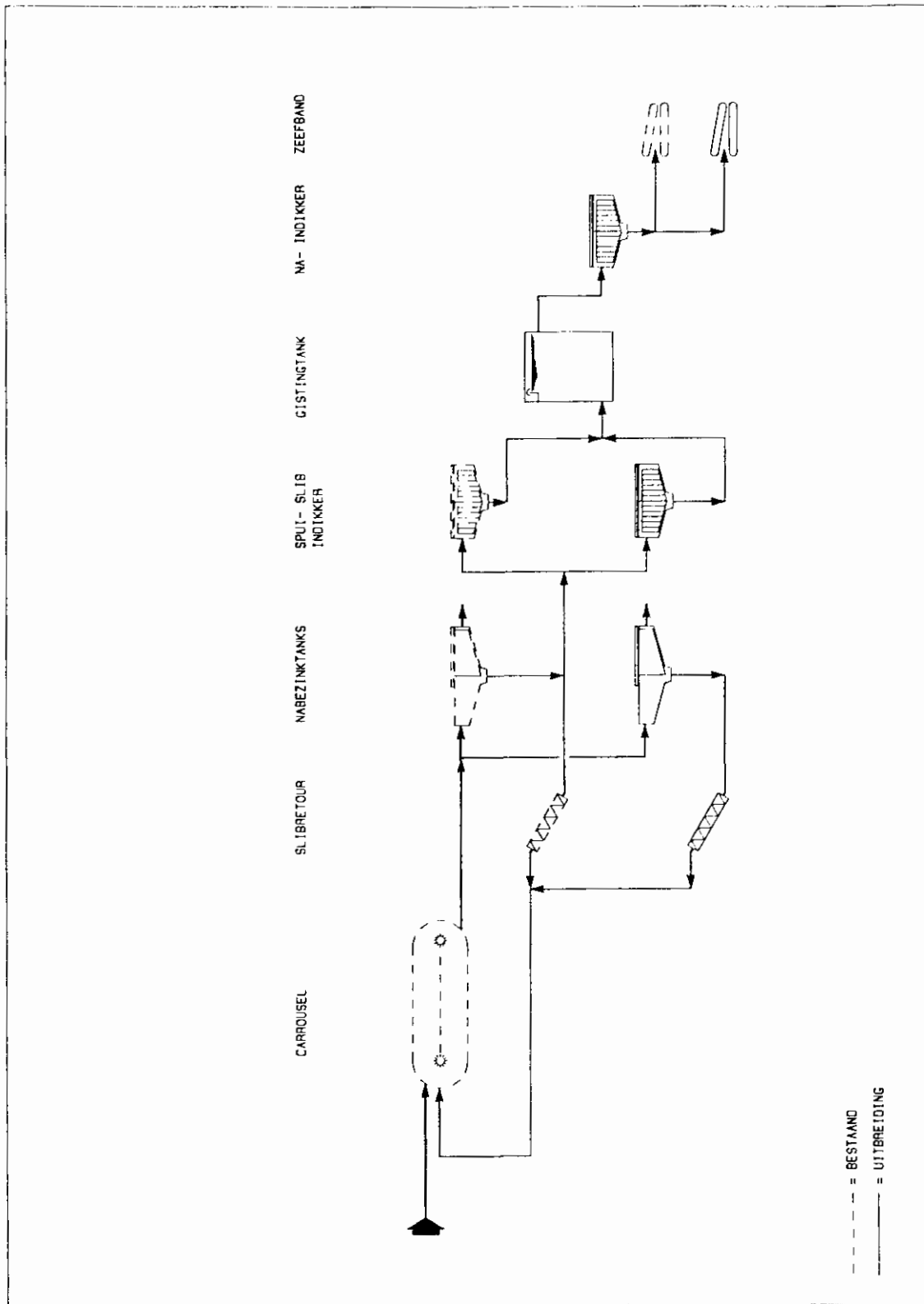
Opmerkingen

Effluentkwaliteit

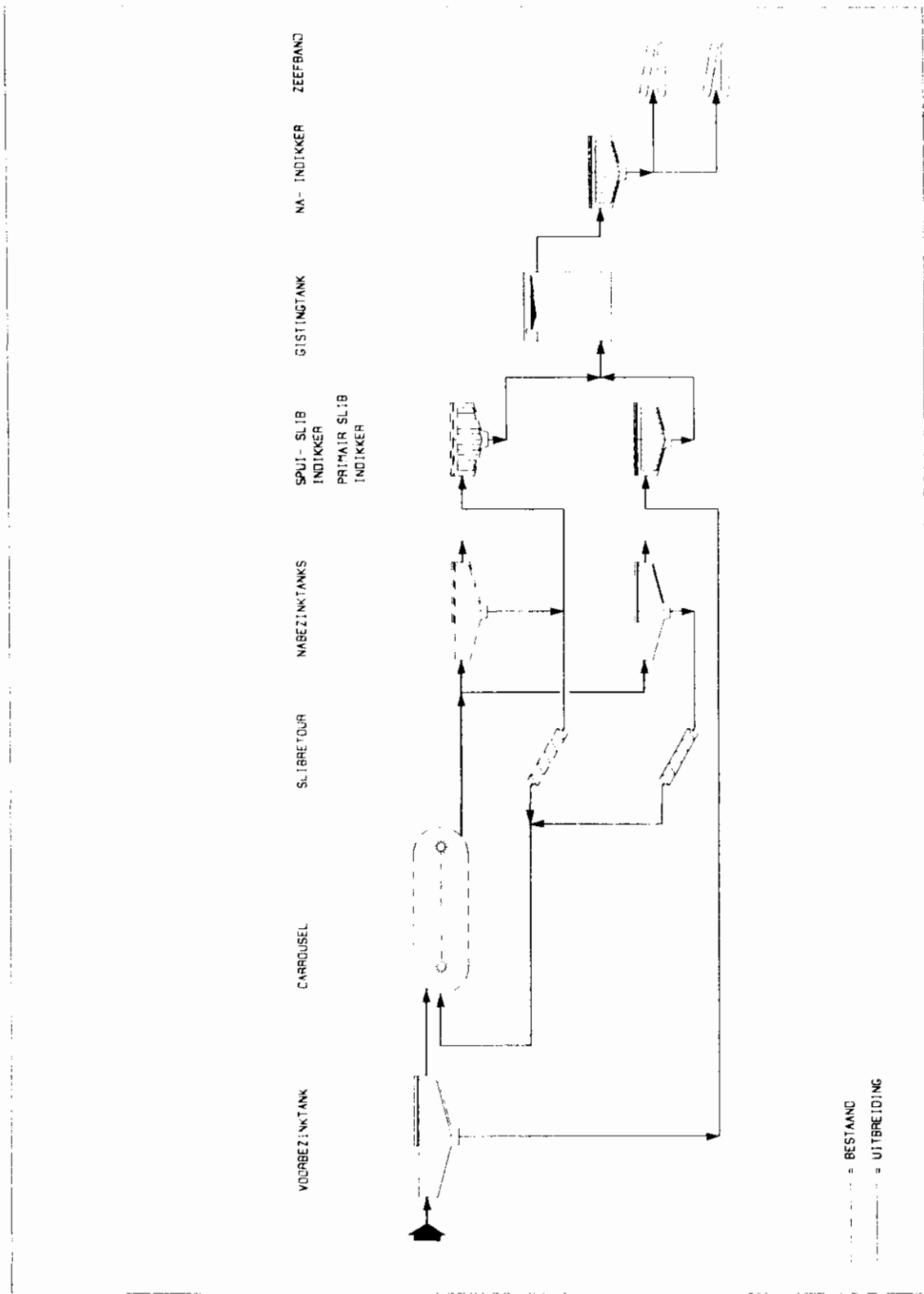
Het grootste verschil met de effluentkwaliteit van het zeer laagbelaste systeem betreft het NKj-gehalte dat in dit systeem in belangrijke mate afhankelijk is van de watertemperatuur.



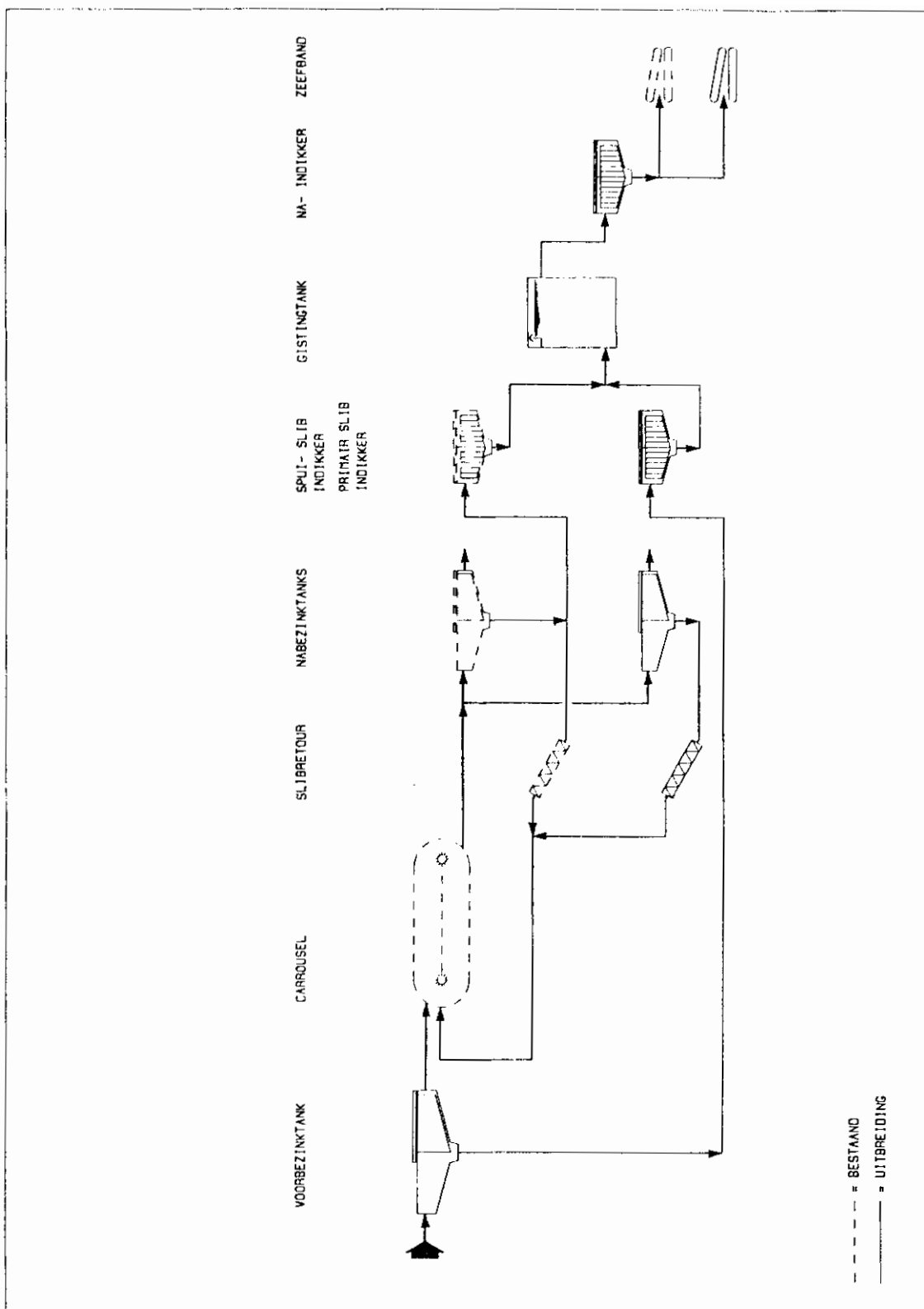
Figuur 9. Processchema capaciteitsvergroting door verhoging van de slibbelasting



Figuur 9. Processchema capaciteitsvergroting door verhoging van de slibbelasting



Figuur 10. Processchema capaciteitsvergroting door verhoging van de slibbelasting met voorzuivering door middel van voorbezinking



Figuur 10. Processchema capaciteitsvergroting door verhoging van de slijbelasting met voorzuivering door middel van voorbezinking

Naarmate de slibleeftijd de voor nitrificatie benodigde slibleeftijd nadert, zal zowel een toename van de slibproduktie als een verdere verlaging van de watertemperatuur tot een verhoging van de NKj-gehalten in het effluent leiden. In de winterperiode zal de nitrificatie vrijwel geheel verdwijnen. In de zomer is een vergaande denitrificatie mogelijk.

Bedrijfs- en procesvoering

Om de nitrificatie gedurende een zo groot mogelijke periode in het jaar te handhaven is bewaking en sturing van de slibleeftijd een belangrijk aspect in de procesvoering.

Bij een onregelmatige aanvoer van primair slib uit het riool en de daaruit voortvloeiende schommelingen in het slibgehalte, is extra aandacht vereist.

In aanmerking genomen dat het spui-slib slechter vergistbaar is dan het primaire slib en dat nog weinig ervaring opgedaan is met de vergisting van dit slib, verdient het aanbeveling de voor dit proces van belang zijnde procesparameters nauwlettend te bewaken.

De belangrijke potentiële geurbronnen blijven in dit systeem beperkt tot de indickers.

5.7 Capaciteitsvergroting door verhoging van de slibbelasting met voorzuivering door voorbezinking

Deze variant komt neer op een conventioneel laagbelast actief-slib-systeem. Door bij de berekening van de dimensioneringsgegevens de gekozen slibbelasting gelijk te houden aan het voorgaande systeem is onderlinge vergelijking goed mogelijk met het systeem uit 5.6.

De uitbreiding van de capaciteit bedraagt 135%. Om deze capaciteitsvergroting te bereiken moeten zowel in de waterlijn als in de sliblijn belangrijke uitbreidingen en aanpassingen tot stand gebracht worden.

De wijzigingen in de waterlijn betreffen, naast de uitbreiding van de hydraulische capaciteit, de aanleg van een voorbezinking en vergroting van de beluchtingscapaciteit.

De sliblijn moet ten behoeve van de stabilisatie van het primaire slib en het spuislib uitgebreid worden met een gisting. Voor de ontwatering van het slib moeten slibindickers voor primair en uitgestist slib aangelegd worden, en moet uitbreiding plaatsvinden van de spuislibindicker en de mechanische ontwatering.

In figuur 10 is de bestaande rwzi met de uitbreidingen schematisch weergegeven.

In tabel 22 zijn voor de verschillende capaciteiten en capaciteitsvergrotingen de belangrijkste dimensioneringsgegevens weergegeven.

De gebruikte uitgangspunten bij de berekening voor de dimensioneringsgegevens zijn in bijlage 1 opgenomen.

Opmerking

Effluentkwaliteit

In vergelijking met het voorgaande systeem zullen, gezien de gelijke BZV-slibbelasting, de effluentkwaliteiten van de beide hogerbelaste systemen in belangrijke mate overeenkomen.

Het belangrijkste verschil betreft de stikstofoxydatie. Zoals eerder beschreven in hoofdstuk 5 zal de hogere N-belasting niet tot een toename van het NKj-gehalte in het effluent leiden.

Omdat ook in de winterperiode de voor nitrificatie benodigde minimale slibleeftijd wordt overschreden, zal het nitrificatieproces stabiel verlopen dan in het systeem zonder voorbezinking. Een vergaande denitrificatie blijft mogelijk.

capaciteit [i.e. x 1000]						
- bestaand	20		50		100	
- vergroot		46,9		117,3		234,7
hydraulische capaciteit						
dwa [m ³ /d]	2500	5867	6250	14667	12500	29334
rwa [m ³ /h]	625	1467	1563	3667	3125	7333
voorbezinktank						
aantal		1		1		1
oppervlak [m ²]		489		1222		2444
Carrousel						
BZV-slibbelasting [kg BZV/kg d.s.d]	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088
volume [m ³]	4200	4200	10500	10500	21000	21000
slibgehalte [kg/m ³]	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
QC [kg/h]	89	140	222	352	444	704
nabezinktanks						
aantal	1	2	2	4	3	6
oppervlak [m ²]	871	1833	2164	4531	4294	8902
slibretourcapaciteit [m ³ /h]	474	815	1173	1980	2289	3777
slibproductie						
primaair slib [kg/d]	0	1408	0	3520	0	7040
spuislib [kg/d]	837	1091	2093	2728	4185	5455
primaair slibindikker						
oppervlak [m ²]	0	28	0	70	0	141
spuislibindikker						
oppervlak [m ²]	28	36	70	91	140	182
slibgisting						
volume [m ³]		1548		3872		7744
na-indikker						
oppervlak [m ²]		77		194		387
zeefband						
capaciteit [m ³ /h]	6,7	9,2	16,7	23,0	33,4	46,0

Tabel 22. Dimensioneringsgegevens van de capaciteitsvergroting door verhoging van de slibbelasting en voorbezinking (effluentklasse II)

Opmerking

Effluentkwaliteit

In vergelijking met het voorgaande systeem zullen, gezien de gelijke BZV-slibbelasting, de effluentkwaliteiten van de beide hogerbelaste systemen in belangrijke mate overeenkomen.

Het belangrijkste verschil betreft de stikstofoxydatie. Zoals eerder beschreven in hoofdstuk 5 zal de hogere N-belasting niet tot een toename van het NKj-gehalte in het effluent leiden.

Omdat ook in de winterperiode de voor nitrificatie benodigde minimale sibleeftijd wordt overschreden, zal het nitrificatieproces stabiel verlopen dan in het systeem zonder voorbezinking. Een vergaande denitrificatie blijft mogelijk.

capaciteit - bestaand - vergroot	[i.e. x 1000]	20	50	100	234,7
hydraulische capaciteit					
dwa	[m ³ /d]	2500	5867	14667	29334
rwa	[m ³ /h]	625	1467	3667	7333
voorbezinktank					
aantal			1	1	1
oppervlak	[m ²]		489	1222	2444
Carousel					
BZV-slibbelasting	[kg BZV/kg d.s.d]	0,088	0,088	0,088	0,088
volume	[m ³]	4200	4200	10500	21000
slibgehalte	[kg/m ³]	4,0	4,0	4,0	4,0
OC	[kg/h]	89	140	352	704
nabezinktanks					
aantal		1	2	4	6
oppervlak	[m ²]	871	1833	4531	8902
slibretourcapaciteit	[m ³ /h]	474	815	1989	3777
slibproductie					
primaire slib	[kg/d]	0	1408	3520	7040
spuislib	[kg/d]	837	1691	2728	5455
primaire slibindikker					
oppervlak	[m ²]	0	28	70	141
spuislibindikker					
oppervlak	[m ²]	28	36	91	182
slibgisting					
volume	[m ³]		1548	3872	7744
na-indikker					
oppervlak	[m ²]		77	194	387
zeefband					
capaciteit	[m ³ /h]	6,7	9,2	16,7	33,4

Tabel 22. Dimensioneringsgegevens van de capaciteitsvergroting door verhoging van de slibbelasting en voorbezinking (effluentklasse II)

Bedrijfs- en procesvoering

Aangezien het hier een conventioneel laagbelast actief-slibstelsysteem betreft, zijn voor de bedrijfs- en procesvoering geen bijzondere maatregelen vereist. De sliblijn wordt aanzienlijk uitgebreid en vraagt meer aandacht.

Gehele of gedeeltelijke afdekking van de voorbezinktank en de indicators is uit het oogpunt van geurbestrijding noodzakelijk.

5.8

Capaciteitsvergroting van de beluchtingscapaciteit

In vrijwel alle varianten is uitbreiding van de beluchtingscapaciteit noodzakelijk. Aangezien deze capaciteitsvergroting varieert tussen 20 en 150% is niet in zijn algemeenheid aan te geven op welke wijze de uitbreiding van de beluchtingscapaciteit gerealiseerd moet worden.

Onderstaand zal daarom een aantal mogelijkheden aangegeven worden om in de bestaande Carrousel de capaciteit te vergroten:

- installeren van een grotere schotel en/of verhoging van het toerental;
- installeren van extra oppervlaktebeluchters;
- installeren van bellenbeluchting.

De mogelijkheid voor het installeren van een grotere schotel in combinatie met een verhoging van het toerental, of een verhoging van het toerental alleen, dient per situatie onderzocht te worden. Afhankelijk van de vereiste capaciteitsvergroting kan ook vervanging van de tandwielkast noodzakelijk zijn. In veel gevallen zal ook de elektrische installatie moeten worden aangepast.

Bij het installeren van extra oppervlaktebeluchters kan afhankelijk van de uitvoering van de Carrousel en het aantal aanwezige beluchters gekozen worden voor vaste of drijvende beluchters. In een aantal situaties kan dit tot aanzienlijke bouwkundige kosten leiden.

Bij het installeren van bellenbeluchting moet men rekening houden met een afname van de stroomsnelheid.

In die gevallen waarin de kritische waarde onderschreden wordt, zijn aanvullende maatregelen in de vorm van extra voortstuwingsvoorziening nodig.

Tevens dient rekening gehouden te worden met een relatief ongunstig zuurstofinbrengrendement als gevolg van de vaak geringe diepte in de Carrousel. Extra aandacht vereist de verwijdering van grof vuil.

De continue circulatie van het afvalwater heeft tot gevolg dat zich lange vezels aan de beluchtingselementen hechten. Een laatste aspect betreffende de bellenbeluchting is het onderhoud aan het beluchtingsnet. In veel gevallen zal het buitenbedrijfstellen van de Carrousel niet mogelijk zijn. Het partieel buitenbedrijfstellen, zoals dat bij propstroomsystemen meestal mogelijk is, komt eveneens niet in aanmerking. Om deze reden is het derhalve noodzakelijk de beluchtingsnetten ophaalbaar uit te voeren zodat de reiniging boven water plaats kan vinden.

Wanneer simultane defosfatering met ijzerzouten al of niet gecombineerd met neutralisatie met kalk plaatsvindt, moet met een toename van het verstoppingsgevaar rekening gehouden worden [20].

Naast de methode van beluchten is ook de plaats van luchtinbreng van groot belang. In eerste instantie zal de plaats en de verdeling van de capaciteit van de beluchting bepaald worden door de voor nitrificatie en denitrificatie benodigde zones en door het invoerpunt van het influent. Daarnaast zal rekening gehouden moeten worden met bouwkundige en hydraulische aspecten.

KOSTEN

In dit hoofdstuk zijn de investeringskosten en de jaarlijkse kosten van de uitbreidingen weergegeven. De kostengegevens kunnen alleen gebruikt worden om de kosten onderling te vergelijken. De totale kosten van de investering en de jaarlijkse kosten zullen hoger zijn. Niet opgenomen zijn de kosten voor de bouw van het influentgemaal, de grofvuilverwijdering en de zandvang, omdat deze kosten voor alle varianten min of meer gelijk zijn.

Ook de kosten voor de aansluiting van de nutsbedrijven, voor de grondverwerving en de milieuvorzieningen zijn niet opgenomen, omdat deze kosten in belangrijke mate afhankelijk zijn van de plaatselijke situatie.

Voor de kosten van fundering, bemaling en terreinwerk (terreinleidingen, straat- en tegelwerk, hekwerken) is gerekend met een opslag van minimaal 26% en maximaal 57% van de civiele bouwkosten. De totale bouwkosten van het civiele en het mechanisch-elektrische deel zijn verhoogd met de kosten voor advies en directie (15%) en voor verzekering, keuring en vergunningen (2%). Het totaalbedrag is verhoogd met de BTW (20%). Het prijspeil is per januari 1988.

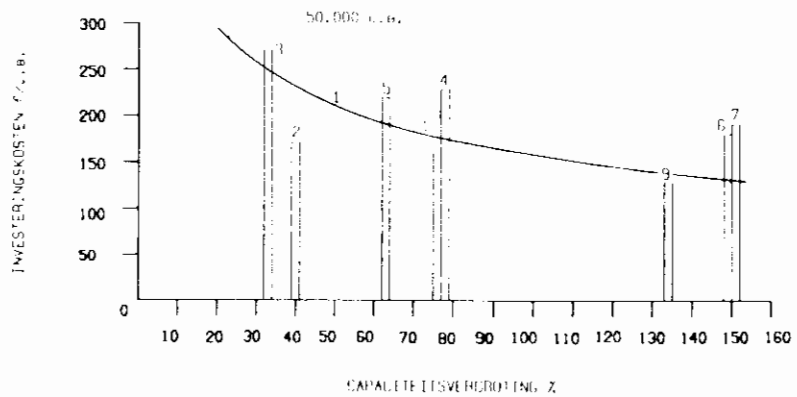
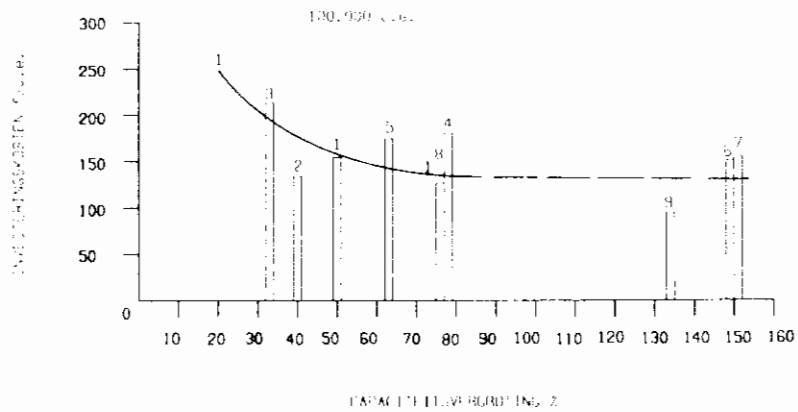
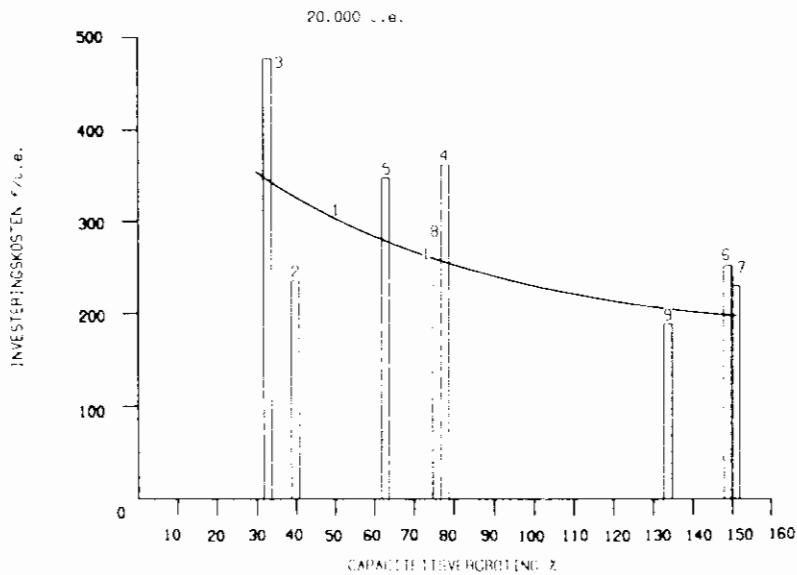
6.1 De investeringskosten

In tabel 23 en in figuur 11 zijn de gemiddelde kosten per i.e. voor de verschillende capaciteitsvergrotingen van de onderzochte systemen weergegeven. In bijlage 3 is een uitgebreid kostenoverzicht opgenomen. Ter vergelijking zijn ook de kosten voor de bouw van de reeds aanwezige Carrousel opgegeven.

stelsel	capaciteits- vergroting met %	20.000 i.e. kosten f/i.e.	50.000 i.e. kosten f/i.e.	100.000 i.e. kosten f/i.e.
<u>Effluentklasse I</u>				
bestaande Carrousel	-	238	192	142
bijbouwen Carrousel	20	-	297	247
	50	300	203	158
	75	259	180	139
verhoging slibgehalte	40	237	169	136
voorzuiivering door:				
- voorbezinking	33	485	273	215
- hoogbelast oxydatiebed	77	365	231	181
- A-trap	62,5	342	224	176
verhoging slibbelasting :				
nazuivering door:				
- oxydatiebed	150	254	180	151
- Linpor-N	150	238	189	157
<u>Effluentklasse II</u>				
verhoging slibbelasting:				
- zonder voorbezinking	75	231	158	128
- met voorbezinking	134	189	132	92

Tabel 23. Investeringskosten voor de capaciteitsvergrotingen in f/i.e.

Figuur 11. Investeringskosten



- 1 = BIJBOUWEN CARROUSEL
- 2 = VERHOGING SLIBGEHALTE
- 3 = VOORZUIVERING DOOR VOORBEZINKING
- 4 = VOORZUIVERING DOOR OXYDATIEBED
- 5 = VOORZUIVERING DOOR A-TRAP
- 6 = NAZUIVERING DOOR OXYDATIEBED
- 7 = NAZUIVERING DOOR LINPOR N
- 8 = VERHOGING SLIBBELASTING ZONDER VOORBEZINKING
- 9 = VERHOGING SLIBBELASTING MET VOORBEZINKING

In figuur 11 zijn de kosten voor de uitbreiding van de Carrousel met de getrokken lijn aangegeven. Op die plaatsen waar de meetpunten ontbraken is de lijn door extrapolatie bepaald.

Door deze methode van weergave is het mogelijk de kosten voor iedere capaciteitsvergroting te vergelijken met uitbreiding door een Carrousel. Onderlinge vergelijking tussen de varianten is niet zinvol, omdat ieder systeem zijn eigen capaciteitsvergroting kent.

Uit tabel 23 en figuur 11 kan geconcludeerd worden dat:

- de kosten voor uitbreiding van de systemen met een slechtere effluentkwaliteit niet veel lager zijn dan de kosten welke benodigd zijn voor het bijbouwen van een Carrousel;
- capaciteitsvergroting door voorzuivering met voorbezinking zeer kostbaar is bij kleine installaties;
- bij een capaciteitsvergroting tot ongeveer 40%, uitbreiding door verhoging van het slibgehalte de voorkeur verdient;
- wanneer hogere capaciteitsvergrotingen noodzakelijk zijn en geen verslechtering van de effluentkwaliteit gewenst is, het bijbouwen van een Carrousel te prefereren is;
- de kosten per i.e. bij uitbreiding van de kleine rwzi's aanzienlijk hoger zijn dan bij de uitbreiding van de grotere rwzi's.

6.2 De jaarlijkse kosten

De jaarlijkse kosten zijn het totaal van de vaste en de variabele kosten. Bij de berekening van de vaste kosten, bestaande uit rente, afschrijving en onderhoud zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- rente	7%
- afschrijving van het civieltechnisch deel	30 jaar
- afschrijving van het mechanisch/elektrisch deel	15 jaar
- kosten onderhoud (als % van de investering)	
. civiel technisch deel	0,5%
. mechanisch/elektrisch deel	2,0%

Het totaal van de kosten voor energie, poly-elektrolytverbruik en slibafvoer zijn de variabele kosten. De kosten voor het personeel zijn niet opgenomen. Voor de prijzen, inclusief BTW, is uitgegaan van:

- elektrische energie	f 0,144/kWh
- aardgas	f 0,46/m ³
- poly-elektrolyt	f 10,--/kg
- slibafvoer + storten	f 335,--/ton d.s.

In tabel 24 zijn de kosten van de uitbreiding voor de verschillende capaciteiten en capaciteitsvergrotingen weergegeven.

In figuur 12 zijn van de jaarlijkse kosten ook het vaste en het variabele deel aangegeven. Een verdere specificatie van de afzonderlijke kosten is opgenomen in bijlage 4.

De energiekosten zijn opgenomen in figuur 13 en de bijlagen 4 en 5. De gevoeligheid van de energiekosten is weergegeven voor een toename in de brandstofkosten met 25 en 50%.

systeem	uitbreiding met %	20.000	50.000	100.000
		i.e. kosten f/i.e.	i.e. kosten f/i.e.	i.e. kosten f/i.e.
bestaande Carrousel	---	33,07	27,96	23,13
bijbouwen Carrousel	20	-	39,83	35,07
	50	39,77	29,20	24,53
	75	35,18	26,74	22,44
verhoging slibgehalte	40	35,70	28,41	24,52
voorzuivering door:				
- voorbezinking	33	64,62	37,52	30,59
- hoogbelast oxydatiebed	77	46,83	32,25	26,37
- A-trap	62,5	47,16	30,52	25,07
nazuivering door:				
- oxydatiebed	150	33,05	25,45	22,22
- Linpor-N	150	33,37	27,63	24,01
verhoging slibbelasting:				
- zonder voorbezinking	75	34,23	25,16	21,52
- met voorbezinking	134	27,99	21,28	16,48

Tabel 24. Jaarlijkse kosten van de uitbreiding in f/i.e.

Uit de tabel, de figuren en de bijlage kunnen de volgende conclusies getrokken worden.

De verschillen in de jaarlijkse kosten tussen de systemen zijn bij de kleinere rwzi's aanzienlijk. Naarmate de capaciteit van de bestaande rwzi toeneemt, wordt het verschil in kosten geringer.

Bij handhaving van de effluentkwaliteit is alleen het systeem met verhoging van het slibgehalte goedkoper dan het bijbouwen van een Carrousel. Wanneer minder strenge eisen gesteld worden aan de effluentkwaliteit heeft het systeem met verhoging van de slibbelasting met voorbezinking de voorkeur.

Vaste kosten

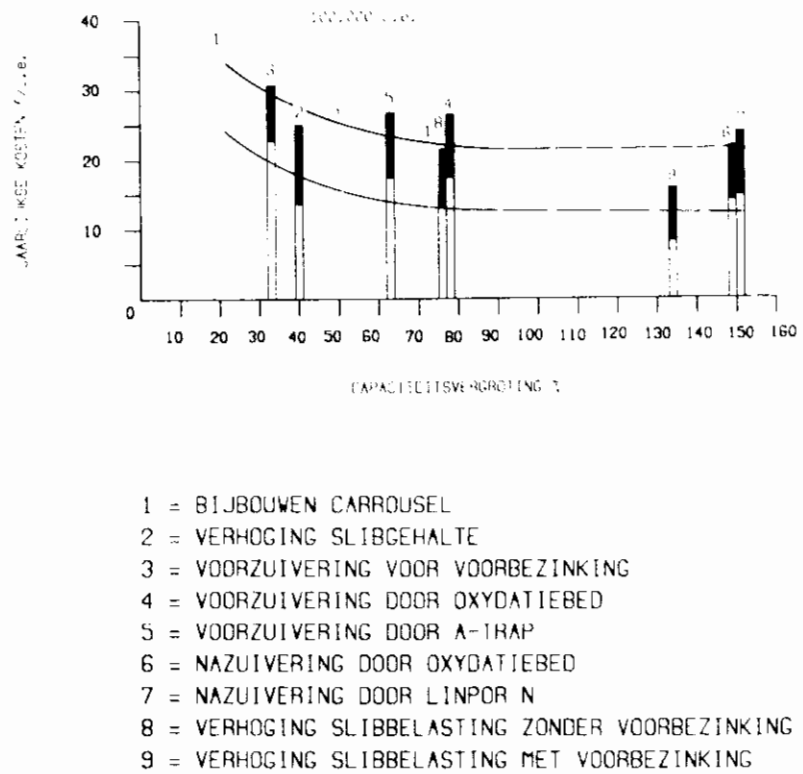
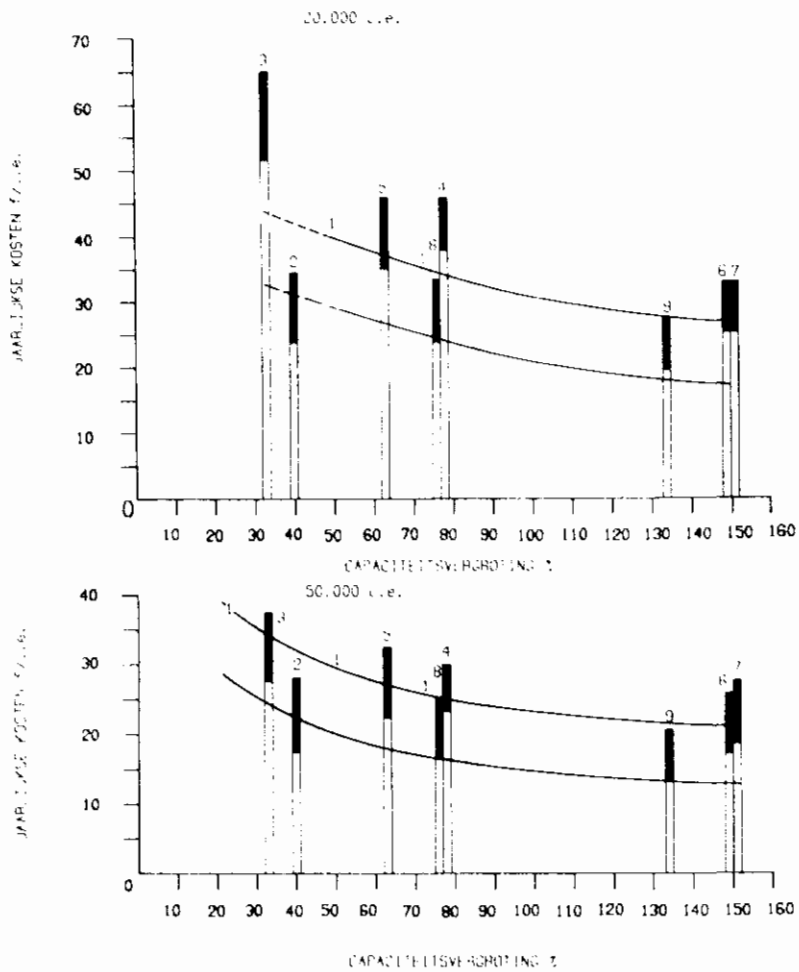
Hoewel de verhouding tussen de civiele en de mechanisch/elektrische investeringskosten niet voor alle systemen gelijk is, komt het beeld van de vaste kosten overeen met de investeringskosten.

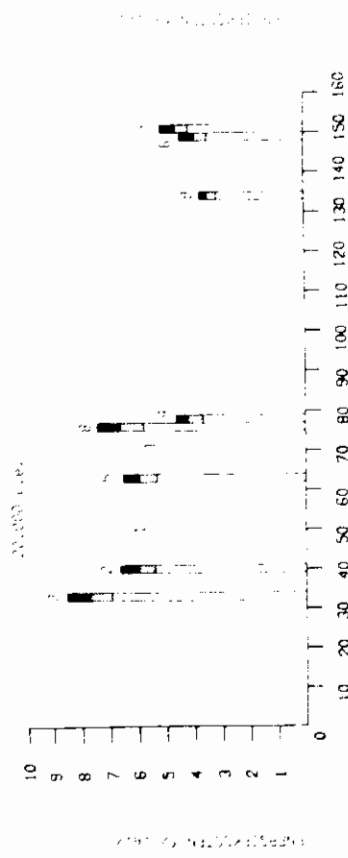
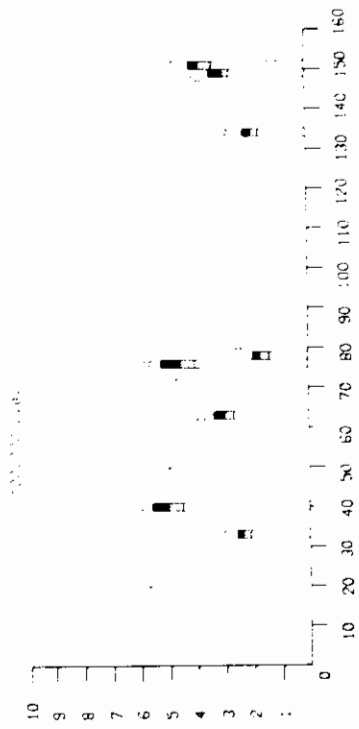
De conclusies voor de vaste kosten komen dan ook overeen met de eerdergenoemde conclusies voor de investeringen.

Het aandeel van de vaste kosten in de jaarlijkse kosten is groter dan het variabele deel en afhankelijk van de capaciteit van de installatie en het systeem. Het aandeel van de vaste kosten bedraagt voor de verschillende capaciteiten:

- 20.000 i.e. maximaal 80% minimaal 69%
- 50.000 i.e. maximaal 76% minimaal 64%
- 100.000 i.e. maximaal 74% minimaal 57%.

Figuur 12. Jaarlijkse kosten



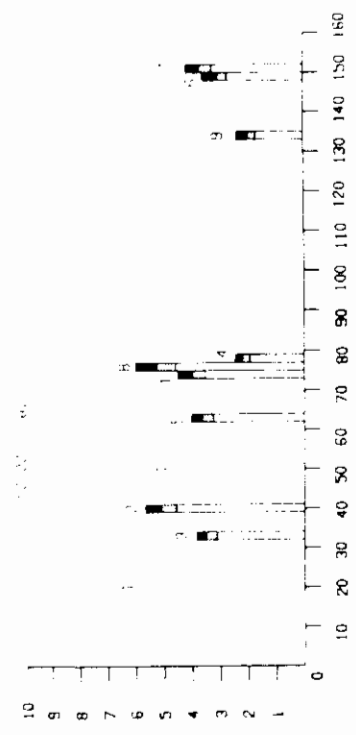


TOEGEWONDE ENERGIE

TOEGEWONDE ENERGIE

- TOENAME BRANDSTOFKOSTEN 25%
- TOENAME BRANDSTOFKOSTEN 50%

- 1 = BIJBOUWEN CARROUSEL
- 2 = VERHOOGING SLIRGEHALTE
- 3 = VOORZUIVERING VOOR VOORBEZINKING
- 4 = VOORZUIVERING DOOR OXYDATIEBED
- 5 = VOORZUIVERING DOOR A-TRAP
- 6 = NAZUIVERING DOOR OXYDATIEBED
- 7 = NAZUIVERING DOOR LINPOR N
- 8 = VERHOOGING SLIRBELASTING ZONDER VOORBEZINKING
- 9 = VERHOOGING SLIRBELASTING MET VOORBEZINKING



TOEGEWONDE ENERGIE

TOEGEWONDE ENERGIE

Figuur 13. Energiekosten

Variabele lasten

Energiekosten

De energiekosten zijn in figuur 13 weergegeven. Ter vergelijking zijn de kosten van de capaciteitsvergroting door bijbouwen van een Carrousel opgenomen en is een verhoging van de brandstofkosten met 25 en 50% aangegeven.

Het aandeel van de energiekosten in de totale jaarlijkse kosten varieert tussen 6 en 19%.

Het verschil in energiekosten tussen de systemen is aanzienlijk. Bij kleine rwzi's is het energieverbruik van een Carrousel in vergelijking tot de meeste andere systemen laag. Naarmate de capaciteit van de rwzi toeneemt, worden de verschillen kleiner of wordt het energieverbruik lager.

Het hoge specifieke energieverbruik van het systeem met voorzuivering door voorbezinking voor een capaciteit van 20.000 i.e. wordt veroorzaakt door de sterke toename van het aantal procesonderdelen bij een geringe capaciteitstoename. De overige systemen met voorbezinking zijn uit energetisch oogpunt voordeliger dan het carrouselstelsel.

Bij de grotere rwzi's (≥ 50.000 i.e.) heeft voorzuivering door oxydatiebedden het laagste energieverbruik. Het energieverbruik van de nazuiveringssystemen komt overeen met dat van de Carrousel.

Omdat bij het systeem met verhoging van de slibbelasting zonder voorbezinking voor de verwarming van de gistingstank onvoldoende biogas beschikbaar is, zijn hier de energiekosten hoog.

Toename van de brandstofkosten met 25% en 50% heeft voor alle systemen, uitgezonderd het systeem met verhoging van het slibgehalte zonder voorbezinking, een verhoging van de energiekosten tot gevolg van respectievelijk 12 en 24%. Door het gebruik van aardgas bij het systeem met verhoging van de slibbelasting nemen hier de energiekosten met 15, respectievelijk 30% toe.

Slibafzetkosten

Het aandeel van de slibafzetkosten in de jaarlijkse kosten is afhankelijk van het systeem en de capaciteit van de rwzi (uitgaande van afvoerkosten van f 335,-/ton d.s.):

- 20.000 i.e.	maximaal 19%	minimaal 9%
- 50.000 i.e.	maximaal 25%	minimaal 15%
- 100.000 i.e.	maximaal 32%	minimaal 19%

De toename van dit aandeel is geheel toe te schrijven aan de daling van de vaste kosten, omdat de slibproductie onafhankelijk is van de grootte van de rwzi.

Het verschil in slibafzetkosten tussen de systemen is relatief gering. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat bij de berekening van de af te voeren hoeveelheid slib geen rekening is gehouden met een verschil in ontwateringsresultaat op de zeefband tussen de verschillende systemen.

Met deze studie is beoogd het inzicht te vergroten in de mogelijkheden van capaciteitsvergroting van bestaande Carrousel's. Hiertoe is een netaal verschillende systemen onderzocht en vergeleken op effluentkwaliteit, bedrijfsvoering, milieu-aspecten en kosten. Op basis hiervan is aangegeven voor welke systemen een nadere uitwerking in een systeemkeuze zinvol is.

De in totaal negen beschreven systemen leiden, afhankelijk van het principe, tot capaciteitsvergroting tussen 20 en 150%. Bij zeven van deze systemen wordt de effluentkwaliteit gehandhaafd, terwijl bij de overige twee systemen de kwaliteit van het effluent iets slechter zal worden met name door een verhoging van het NKj-gehalte.

Naast een indeling op basis van de effluentkwaliteit is ook onderscheid gemaakt tussen systemen waarbij de capaciteitsvergroting bereikt wordt door verhoging van de biomassa in de Carrousel, door voorzuivering en door nazuivering.

Omdat door het bijbouwen van een Carrousel iedere capaciteitsvergroting te realiseren is, is dit systeem als referentie gebruikt bij de vergelijking van de kosten, de effluentkwaliteit, de bedrijfs- en procesvoering, en de milieu-aspecten.

Bij de berekeningen is uitgegaan van bestaande Carrousel's met capaciteiten van 20.000, 50.000 en 100.000 i.e.

Capaciteitsvergroting tot maximaal 40%

De mogelijkheden om deze capaciteitsvergroting te realiseren zijn, naast het bijbouwen van een Carrousel, voorzuivering door voorbezinking en verhoging van het slibgehalte. De capaciteitsvergroting door voorschakeling van een voorbezinktank wordt bepaald door het rendement van de bezinking en bedraagt ongeveer 30%. Bij verhoging van het slibgehalte wordt de maximale capaciteitsvergroting bepaald door de werking van de nabezinktank in relatie tot het debiet, de slibretourcapaciteit en de slibindex. Een capaciteitsvergroting van ongeveer 40% is bij een lage slibindex de maximaal haalbare.

Uit het oogpunt van kosten is verhoging van het slibgehalte te prefereren. Voorzuivering door voorbezinking is alleen bij een capaciteitsvergroting voor een grote rwzi te overwegen. Het bijbouwen van een voorbezinking bij de kleinere rwzi's is financieel onaantrekkelijk, omdat met name door uitbreiding van de sliblijn met indikking en gisting relatief veel kleine procesonderdelen toegevoegd worden. Opgemerkt moet worden dat in de opgegeven kosten geen kosten voor de geurbestrijding opgenomen zijn en dat deze afhankelijk van de eisen nog aanzienlijk kunnen zijn. Een nadeel van het systeem met verhoging van het slibgehalte is de geringe stabiliteit van het proces. Naarmate het slibgehalte meer toeneemt, zal de kans op slibverlies bij een verhoging van de slibindex toenemen. De kosten voor deze capaciteitsvergroting worden weergegeven in tabel 25.

Capaciteitsvergrotingen van 40 tot 80%

Behalve door het bijbouwen van een Carrousel kunnen capaciteitsvergrotingen van 40 tot 80% bereikt worden door voorzuivering met een hoogbelast oxydatiebed, door het bijbouwen van een A-trap, of wanneer enige achteruitgang in effluentkwaliteit geoorloofd is, door verhoging van de slibbelasting.

systeem	capaciteits- vergroting %	investe- ringskosten f/i.e.	jaarlijkse kosten		
			vast f/i.e.	variabel f/i.e.	totaal f/i.e.

bestaande capaciteit 20.000 i.e.					

bijbouwen Carrousel	50	300	29,56	10,21	39,77
verhoging slibge- halte	40	237	24,57	11,13	35,70
voorzuiivering door voorbezinking	33	485	51,97	12,65	64,62
bestaande capaciteit 50.000 i.e.					

bijbouwen Carrousel	20	297	29,51	10,32	39,83
	50	203	19,65	9,55	29,20
verhoging slibge- halte	40	169	18,09	10,32	28,41
voorzuiivering door voorbezinking	30	273	28,63	8,89	37,52
bestaande capaciteit 100.000 i.e.					

bijbouwen Carrousel	20	247	25,32	9,75	35,07
	50	158	15,24	9,29	24,53
verhoging slibge- halte	40	136	14,24	10,28	24,52
voorzuiivering door voorbezinking	30	215	22,72	7,87	30,59

Tabel 25. Kosten van capaciteitsvergrotingen tot 40%

Wanneer bij de systemen met voorzuiivering ook een vergaande denitrificatie nagestreefd wordt, moet een deel van het ruwe afvalwater direct naar de Carrousel gevoerd worden. De capaciteitsvergroting wordt hierdoor beperkt.

Zoals uit tabel 26 blijkt, zijn beide systemen met voorzuiivering duurder dan het bijbouwen van een Carrousel, en is verhoging van de slibbelasting slechts weinig goedkoper. Met name bij kleinere rwzi's zijn de investeringskosten voor het bijbouwen van een voorzuiivering door een A-trap of een hoogbelast oxydatiebed hoog omdat veel kleine procesonderdelen toegevoegd worden. Bij de grotere rwzi's is een verder uitgewerkte kostenvergelijking zeker zinvol, ondermeer omdat de variabele kosten van de systemen met voorzuiivering lager zijn.

Systemen met voorzuiivering worden vanwege het grote bufferend vermogen gekenmerkt door een grote stabiliteit. De A-trap heeft nog als voordeel dat de werking niet wordt beïnvloed door de temperatuur. Verhoging van de slibbelasting in de Carrousel tot 0,09 kg BZV/kg d.s.d. heeft tot gevolg dat door een onderschrijding van de minimale slibleeftijd, de nitrificatie in de winter vrijwel zal verdwijnen.

systeem	capaciteits- vergroting %	inverte- ringskosten f/i.e.	jaarlijkse kosten		
			vast f/i.e.	variabel f/i.e.	totaal f/i.e.

bestaande capaciteit 20.000 i.e.					

bijbouwen Carrousel	50	300	29,56	10,21	39,77
	75	259	25,26	9,92	35,18
voorzuivering door oxydatiebed	77	365	38,24	8,92	47,16
voorzuivering door A-trap	62,5	342	35,69	11,14	46,83
verhoging slibbe- lasting	75	231	24,46	9,77	34,23

bestaande capaciteit 50.000 i.e.					

bijbouwen Carrousel	50	203	19,65	9,55	29,20
	75	180	17,38	9,36	26,74
voorzuivering door oxydatiebed	77	231	23,49	7,23	30,52
voorzuivering door A-trap	62,5	224	23,17	9,08	32,25
verhoging slibbe- lasting	75	158	16,57	8,59	25,16

bestaande capaciteit 100.000 i.e.					

bijbouwen Carrousel	50	158	15,24	9,29	24,53
	75	139	13,25	9,19	22,44
voorzuivering door oxydatiebed	77	181	18,27	6,80	25,07
voorzuivering door A-trap	62,5	176	17,85	8,52	26,37
verhoging slibbe- lasting	75	128	13,48	8,04	21,52

Tabel 26. Kosten van capaciteitsvergrotingen tussen 40 en 80%

Door de aanzienlijke toename van het aantal verschillende procesonderdelen bij de voorzuiveringssystemen neemt de bedrijfs- en procesvoering in complexiteit en arbeidstijd toe.

In tabel 26 zijn geen kosten voor milieumaatregelen opgenomen. Met name bij voorschakeling van een hoogbelast oxydatiebed, waarbij ook een voorbezinking noodzakelijk is, kunnen de kosten voor afdekking hoog worden.

Uit het voorgaande kan worden geconcludeerd dat bij handhaving van de effluentkwaliteit een vergelijking tussen het A-B-systeem en de Carrousel zinvol is bij de grotere rwzi's. Bij kleinere rwzi's zijn de geringere kosten en de eenvoudiger bedrijfs- en procesvoering doorslaggevend.

Capaciteitsvergrotingen van 80 tot 150%

Wanneer uitbreiding met een voorzuiveringssysteem niet tot de noodzakelijke capaciteitsvergroting leidt, komen systemen met nazuivering in aanmerking. Bij verhoging van de slibbelasting in de Carrousel tot 0,10-0,15 kg BZV/kg d.s.d. neemt het BZV in geringe mate toe en loopt het NKj-gehalte met name in de winter op. Door een nitrificerende trap achter de Carrousel te schakelen, kan aan de effluenteisen voldaan worden.

Het nitrificerend oxydatiebed en het Linpor-N-systeem zijn daartoe nader uitgewerkt. De ervaringen in Nederland met deze systemen zijn echter nog zeer beperkt. Is een verslechtering van de effluentkwaliteit toelaatbaar, dan kan de capaciteit meer dan verdubbeld worden door verhoging van de slibbelasting, met voorzuivering door voorbezinking.

Zowel de investerings- als de jaarlijkse kosten van de systemen met nazuivering zijn hoger dan van het bijbouwen van een Carrousel bij capaciteiten van minder dan 100.000 i.e. Bij de grotere capaciteiten wordt met name nazuivering door oxydatiebedden goedkoper. Het systeem met verhoging van de slibbelasting en voorbezinking is financieel gezien aantrekkelijk. Zowel de investeringskosten als de variabele kosten zijn lager dan van het Carrouselstelsel.

Een vergaande nitrificatie in het oxydatiebed of in het Linpor-systeem is alleen mogelijk wanneer het BZV en het slibgehalte van het aangevoerde effluent laag zijn; het risico van verstoring door slecht functioneren van de Carrousel of de nabezinking is groot. Het NO_3 -gehalte van deze systemen is, door de afwezigheid van denitrificatie, hoog. De bedrijfs- en procesvoering van de nitrificerende trap is eenvoudig. Doordat de sliblijn uitgebreid wordt met indickers en gisting vergt het totale systeem meer aandacht en tijd dan het Carrouselstelsel. Dit is ook van toepassing op het laagbelaste systeem met voorbezinking. Door de aanwezigheid van een voorbezinking en een primair slibindicker zullen bij capaciteitsvergrotingen door verhoging van de slibbelasting met voorbezinking maatregelen genomen moeten worden om geuremissie te voorkomen.

Nazuivering door nitrificerende systemen is zowel financieel als uit het oogpunt van bedrijfs- en procesvoering en ook effluentkwaliteit niet te prefereren boven capaciteitsvergroting door het bijbouwen van een Carrousel.

Verhoging van de slibbelasting en voorzuivering door voorbezinking is aantrekkelijk, wanneer enige achteruitgang in de effluentkwaliteit geoorloofd is.

systeem	capaciteits- vergroting %	investerings- kosten f/i.e.	jaarlijkse kosten		
			vast f/i.e.	variabel f/i.e.	totaal f/i.e.
bestaande capaciteit 20.000 i.e.					
bijbouwen Carrousel nazuivering door oxydatiebed	75	259	25,26	9,92	35,18
nazuivering door Linpor N	150	254	24,96	8,09	33,05
verhoging slibbe- lasting met voor- bezinking	150	238	24,69	8,68	33,37
	134	189	19,65	8,34	27,99
bestaande capaciteit 50.000 i.e.					
bijbouwen Carrousel nazuivering door oxydatiebed	75	180	17,38	9,36	26,74
nazuivering door Linpor N	150	180	17,92	7,53	25,45
verhoging slibbe- lasting met voor- bezinking	150	189	19,50	8,13	27,63
	134	132	13,80	7,48	21,28
bestaande capaciteit 100.000 i.e.					
bijbouwen Carrousel nazuivering door oxydatiebed	75	139	13,25	9,19	22,44
nazuivering door Linpor N	150	151	14,91	7,31	22,22
verhoging slibbe- lasting met voor- bezinking	150	157	16,12	7,89	24,01
	134	92	9,44	7,04	16,48

Tabel 27. Kosten van capaciteitsvergrotingen tussen 80 en 150%

LITERATUUR

1. A.T.V.
Umwandlung und Elimination von Stickstoff im Abwasser Arbeitsbericht der ATV - Fachausschüsse 2.6 und 2.8
2. Anonymus
Ontwerpgrondslagen Linpor-N-systeem.
Opgave leverancier
3. Böhnke. B
Das Adsorptions - Belebungsverfahren - Korrespondenz Abwasser 2/77 24 jaargang (1977): 33 - 42
4. Böhnke. B
A-B Technology, Erfahrungsaustausch - Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Rhein - Westf. Techn. Hochschule Aachen (1984)
5. Bruce. B, Merkens J.C.
Further studies of partial treatment of sewage by high-rate biological filtration - J.W.P.C. vol. 5 1973: 21 - 22
6. Eberhardt. H, Klee. O, Weber. W
Leistungssteigerung einer Überlasteten Belebungsanlage durch Einbau submerser Festkörper - Wasserwirtschaft 74 (1984) : 47-53
7. De Renzo
Nitrogen control and phosphorus removal in sewage treatment - Pollution technology review no 44
8. E.P.A.
Process design manual for nitrogen control, U.S. Environmental Protection Agency, U.S.A., 1975
9. Gethke H.G.
Das A-B-Verfahren - Neuere Verfahrenstechnologien in der Abwasserreinigung, Abwasser und Gewässerhygiene (1984): 41-72
10. Gujer W. & Boller M.
Design of a nitrifying tertiary trickling filter based on theoretical concepts - Wat. res. Vol 20 no. 11 (1986) 1353-1362
11. Gullicks H.A. & Cleasby J.L.
Design of trickling filter nitrification towers - Journal WPCF - Vol. 58 no. 1 (1986): 60-67
12. Graaf v.d. J, Lauryssens P., Visscher K.
De toepassing van kunststofvulmaterialen in hoogbelaste oxydatiebedden - H₂O (10) 1977 no. 22: 505-513
13. Hegeman W.
Leistungsverbesserung biologische Anlagen - Korrespondenz Abwasser no. 10 (1983): 703-711

14. Hegeman W., Wildnoser A.,
Sanierung einer Belebungsanlage durch den Einsatz von schwimmenden Aufwuchskörpern zur Biomassen-anreicherung
SWF-wasser/abwasser 127 (1986): 415-421
15. Koot A.C.J.,
Behandeling van afvalwater - uitgeverij Waltman, Delft (1980)
16. Lassman E., Reimann H.
Der Einsatz von offenporigem Schaumstoff als Trägermaterial bei der biologischen Abwasserreinigung - Chem. Ing. Techn., 59 (1987) no. 2: 132-134
17. Rijnart F.A.W.M.
Het Stählermatic systeem: een integratie van het actief-slib en het slib op dragersysteem - H₂O, no. 26 (1986) 628-532
18. Pinnekamp J., Böhnke B.
Bemessung ein- und zweistufiger Belebungsanlagen zur Nitrifikation und Denitrifikation. Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Rhein - Westf. Techn. Hochschule Aachen (1987)
19. STORA
publicatie - Denitrificatie (1985)
20. STORA
publicatie - Nevenaspecten defosfatering (1982)
21. STORA
publicatie - Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces (1981)
22. STORA
publicatie - Het inwonerequivalent getoetst (1985)
23. STORA
publicatie - Mogelijkheden van slib op dragersystemen voor de aërobe biologische zuivering van stedelijk afvalwater, literatuurstudie (1986)
24. STORA
publicatie - Capaciteitsvergroting van rioolwaterzuiveringsinrichtingen (1987)
25. Trentelman C.C.M.
Statistische verwerking van effluentgegevens van Nederlandse afvalwaterzuiveringsinstallaties
DHV rapp. 4 - 5107-04-36
26. Watanabe Y., Ishiguro M., Nishidome K.
Nitrification kinetics in a rotating biological disk reactor - Progr. Wat. Techn. Vol 12 (1980): 233-251
27. Yecen W.C., Smith E.D., Gratz I.
Prediction of RBC performance for nitrification
ASCE Journal Environmental Engineering Division
No EE4 (1981): 635-653

28. Wolf P.
Weitgehende Stickstoffoxidation in Tropfkörpern - Korrespondenz
Abwasser no. 6 (1987): 645-649

B I J L A G E N

Uitgangspunten voor de technologische berekeningen

Belasting uitgaan is van de STORA-gegevens [22]

BZV	42 g/i.e.d
CZV	89 "
NKj	9,1 "
zwevende en bezinkbare stof	50 "
dwa	125 l/i.e.d
rwa	2,5 x dwa

Voorzuivering - Voorbezinking

verwijderingsrendementen	
zwevende en bezinkbare stof	50%
BZV	0,35 g/g zw+bez.stof
CZV	= BZV
Nkj-N	0,02 g/g zw+bez.stof

Dimensioneringsgrondslag

systeem met actiefslib:	opp. bel.	3,0 m ³ /m ² .h
systeem met oxydatiebed	"	2,0 m ³ /m ² .h

A-trap + tussenbezinktank

verwijderingsrendementen	
BZV	50%
CZV	50%
Nkj-N	2% slibprod.
Zw + bez. stof	97% van het slib- gehalte

Dimensioneringsgrondslag

minimale verblijftijd	15 min.
slibbelasting	2,0 kg BZV/kg d.s.d
OC	
oppervlaktebelasting (tussenbezinktank)	2,5 m ³ /m ² .h

Oxydatiebed + tussenbezinktank

rendementen verwijdering:	<u>zomer</u>	<u>winter</u>
BZV	70%	56%
CZV	70%	56%
NKj	5% van de slibproductie	

Dimensioneringsgrondslag

slibbelasting	2,2 kg/m ³ .d
oppervlaktebelasting (tussenbezinking)	2,0 m ³ /m ² .h

Carrousel + nabezinktanks

effluentkwaliteit berekend volgens het onderzoek DHV [25]

NO₃-gehalte berekend volgens methode STORA [19]

Bijlage 1

nabezinktanks berekend volgens STORA	[21]
slibretour " " "	[21]
slibindex	150 ml/g
<u>Nazuivering</u>	
<u>LINPOR-N</u>	
<u>Dimensioneringsgrondslag</u>	
Nitrificatiesnelheid (min)	0,22 kg N/m ³ .d
Aandeel "pads"	30% van het totale volume
<u>Nitrificerend oxydatiebed</u>	
<u>Dimensioneringsgrondslag</u>	
N-belasting	1,0.10 ³ m ² /kg N.d
Piekfactor	1,5
oppervlakte vulmateriaal	180 m ² /m ³
bedhoogte	6 m
<u>Primairslibindikker</u>	
drogestofbelasting	50 kg d.s./m ² .d
droge stof	5,0%
<u>Spui-slibindikker</u>	
drogestofbelasting	30 kg d.s./m ² .d
droge stof	2,5%
<u>Na-indikker</u>	
verblijftijd	3 dagen
droge stof	4,0%
<u>Slibgisting/gashouder</u>	
verblijftijd (primair slib)	20 dagen
verblijftijd (spui-slib)	15 dagen [20]
afbraak organische stof primair slib	40%
spui-slib	25-30%
gasproductie	900 l/kg o.d.s. afgebroken
verblijftijd (gashouder)	4 uur
<u>Zeefbandpers</u>	
bedrijfstijd	35 uur per week
droge stof	20%
poly-elektrolytdosering	4 g/kg d.s.

Berekening van de capaciteitsvergroting met een biorotor in een Carrousel

Uitgangspunt	:	Carrousel 50.000 i.e.	
		volume	: 10.500 m ³
		afmetingen (lxbxd)	: 462x3,25x7 m
Capaciteitsuitbreiding met 25.000 i.e.		extra BZV te verwerken	: 1050 kg/d
		BZV-belasting biorotor	: 0,005 kg/m ² .d
		benodigd oppervlak	: 210.000 m ²
Gegevens Stählermatic biorotor:		specifiek oppervlak	: diameter 3,2 m 75 m ² /m ³ rotorvolume
Berekening:		benodigd rotorvolume	: 2800 m ³
		indompeling	: 75%
		volume biorotor in Carrousel	: 2100 m ³ = 20% v.h. totale volume
Conclusie:		uit de berekening lijkt dat een aanzienlijk deel van de Carrousel gevuld wordt met biorotoren. Hierdoor wordt de weerstand in de Carrousel dermate hoog dat de minimale stroomsnelheid niet gehandhaafd kan worden.	

systeem	bouwkosten (f x 1000)					overige kosten (f x 1000)		totale kosten (f x 1000)	
	civiel		mech. el.	totaal		max.	min.	(incl. BTW)	
	max.	min.		max.	min.			max.	min.
bestaande Carrousel	2751	2708	915	3666	3123	623	531	5147	4384
bijbouwen Carrousel 20%	1687	1352	615	2302	1967	331	334	3229	2762
bijbouwen Carrousel 50%	2758	1812	730	2988	2542	568	432	4195	3569
bijbouwen Carrousel 75%	3884	2709	850	4734	4279	269	214	2013	1768
verhoging slibgehalte	1322	1061	1130	2452	2131	433	369	3414	3048
voorzuiivering door VB	1964	1576	1273	3237	2843	530	484	4545	4000
voorzuiivering door A-trap	2537	2036	1714	4251	3750	733	638	5969	5265
voorzuiivering door OB	4338	3481	1516	5854	4997	995	850	8219	7016
nazuivering door Linpor	3333	2675	2671	5404	4766	919	807	7587	6663
verhoging slibbelasting	1488	1194	1133	2611	2317	444	394	3666	3254
verhoging slibbelasting + VB	2357	1891	1495	3852	3386	655	576	5408	4754

Capaciteit 50.000 i.e.

systeem	bouwkosten (f x 1000)					overige kosten (f x 1000)		totale kosten (f x 1000)	
	civiel		mech. el.	totaal		max.	min.	(incl. BTW)	
	max.	min.		max.	min.			max.	min.
bestaande Carrousel	5668	4549	1715	7383	6269	1255	1365	10365	8794
bijbouwen Carrousel 20%	1627	1305	643	2274	1982	386	332	3192	2741
bijbouwen Carrousel 50%	3022	2476	890	3912	3326	665	564	5493	4653
bijbouwen Carrousel 75%	4052	3252	1153	5207	4497	885	749	7311	6188
verhoging slibgehalte	1413	1134	1140	2553	2274	434	387	3584	3193
voorzuiivering d.m.v. VB	2047	1643	1394	3441	3037	585	516	4832	4264
voorzuiivering d.m.v. A-trap	3325	2669	1984	5309	4653	963	791	7454	6532
voorzuiivering d.m.v. OB	4514	3623	2263	6777	5886	1152	1001	9515	8263
nazuivering d.m.v. OB	7333	5885	2993	10326	8878	1755	1509	14498	12465
nazuivering d.m.v. Linpor	6808	5463	3955	10763	9418	1830	1601	15111	13223
verhoging slibbelasting	2645	2123	1827	4472	3956	760	672	6279	5546
verhoging slibbelasting + VB	4019	3226	2694	6713	5926	1141	1006	9425	8311

Capaciteit 20.000 i.e.

systeem	bouwkosten (f x 1000)					overige kosten (f x 1000)		totale kosten (f x 1000)	
	civiel		mech. el.	totaal		max.	min.	(incl. BTW)	
	max.	min.		max.	min.			max.	min.
bestaande Carrousel	8167	6506	2833	10942	9347	1860	1588	15363	13111
bijbouwen Carrousel 20%	2537	1972	1310	3767	3282	646	558	5289	4600
bijbouwen Carrousel 50%	4804	3856	1310	6114	5166	1030	878	8584	7250
bijbouwen Carrousel 75%	6598	5215	1579	8068	6785	1332	1153	11328	9522
verhoging slibgehalte	2418	1940	1689	4098	3620	697	615	5753	5080
voorzuiivering d.m.v. VB	3134	2515	2280	5414	4795	920	815	7601	6730
voorzuiivering d.m.v. A-trap	5635	4522	2754	8389	7276	1426	1237	11778	10211
voorzuiivering d.m.v. OB	7359	5817	3384	10633	9201	1808	1564	14978	12911
nazuivering d.m.v. OB	12788	10263	4625	17413	15888	2960	2531	24447	20900
nazuivering d.m.v. Linpor	11477	9241	6403	17880	15615	3040	2654	25103	21920
verhoging slibbelasting	4327	3473	2960	7287	6433	1239	1094	10231	9030
verhoging slibbelasting + VB	5994	4811	3608	9402	8219	1598	1397	13201	11530

Capaciteit 100.000 i.e.

Specificatie van de investeringskosten

Bijlage 3

systeem	bouwkosten (f x 1000)				overige kosten (f x 1000)		totale kosten (f x 1000)		
	civiel		mech. el.	totaal		max.	min.	(incl. BTW)	
	max.	min.		max.	min.			max.	min.
bestaande Carrousel	2751	2208	915	3666	3123	623	531	5147	4384
bijbouwen Carrousel 50%	1685	1352	615	2300	1967	391	334	3229	2762
bijbouwen Carrousel 75%	2258	1812	730	2988	2542	508	432	4195	3569
verhoging slibgehalte	884	709	550	1434	1259	244	214	2013	1768
voorzuiivering door VB	1322	1061	1110	2432	2171	413	369	3414	3048
voorzuiivering door A-trap	1964	1576	1273	3237	2849	550	484	4545	4000
voorzuiivering door OB	2537	2036	1714	4251	3750	723	638	5969	5265
nazuivering door OB	4338	3481	1516	5854	4997	995	850	8219	7016
nazuivering door Linpor	3333	2675	2071	5404	4746	919	807	7587	6663
verhoging slibbelasting	1488	1194	1123	2611	2317	444	394	3666	3254
verhoging slibbelasting + VB	2357	1891	1495	3852	3386	655	576	5408	4754

Capaciteit 50.000 i.e.

systeem	bouwkosten (f x 1000)				overige kosten (f x 1000)		totale kosten (f x 1000)		
	civiel		mech. el.	totaal		max.	min.	(incl. BTW)	
	max.	min.		max.	min.			max.	min.
bestaande Carrousel	5668	4549	1715	7383	6264	1255	1065	10365	8794
bijbouwen Carrousel 20%	1627	1305	647	2274	1952	386	332	3192	2741
bijbouwen Carrousel 50%	3022	2426	890	3912	3316	665	564	5493	4655
bijbouwen Carrousel 75%	4052	3252	1157	5207	4407	885	749	7311	6188
verhoging slibgehalte	1413	1134	1140	2553	2274	434	387	3584	3193
voorzuiivering d.m.v. VB	2047	1643	1394	3441	3037	585	516	4832	4264
voorzuiivering d.m.v. A-trap	3325	2669	1984	5309	4653	903	791	7454	6532
voorzuiivering d.m.v. OB	4514	3623	2263	6777	5886	1152	1001	9515	8263
nazuivering d.m.v. OB	7333	5885	2993	10326	8878	1755	1509	14498	12465
nazuivering d.m.v. Linpor	6808	5463	3955	10763	9418	1830	1601	15111	13223
verhoging slibbelasting	2645	2123	1827	4472	3950	760	672	6279	5546
verhoging slibbelasting + VB	4019	3226	2694	6713	5920	1141	1006	9425	8311

Capaciteit 20.000 i.e.

systeem	bouwkosten (f x 1000)				overige kosten (f x 1000)		totale kosten (f x 1000)		
	civiel		mech. el.	totaal		max.	min.	(incl. BTW)	
	max.	min.		max.	min.			max.	min.
bestaande Carrousel	8167	6506	2835	10942	9342	1860	1588	15363	13116
bijbouwen Carrousel 20%	2457	1972	1310	3767	3282	640	558	5289	4608
bijbouwen Carrousel 50%	4804	3856	1410	6114	5166	1039	878	8584	7253
bijbouwen Carrousel 75%	6498	5215	1570	8068	6785	1372	1153	11328	9526
verhoging slibgehalte	2418	1940	1680	4098	3620	697	615	5753	5083
voorzuiivering d.m.v. VB	3134	2515	2280	5414	4795	920	815	7601	6732
voorzuiivering d.m.v. A-trap	5635	4522	2754	8389	7276	1426	1237	11778	10216
voorzuiivering d.m.v. OB	7249	5817	3384	10633	9201	1808	1564	14928	12919
nazuivering d.m.v. OB	12788	10263	4625	17413	14888	2960	2531	24447	20902
nazuivering d.m.v. Linpor	11477	9211	6403	17880	15614	3040	2654	25103	21921
verhoging slibbelasting	4327	3473	2960	7287	6433	1239	1094	10231	9031
verhoging slibbelasting + VB	5994	4811	3408	9402	8219	1598	1397	13201	11539

Capaciteit 100.000 i.e.

Specificatie van de investeringskosten

systeem	vaste kosten (/1000 i.e.)			variabele kosten (/1000 i.e.)			jaarlijkse kosten /1000 i.e.
	overige	energie	total	overige	energie	total	
bestaande carrousel	15,77	8,75	24,52	8,05	5,05	13,10	37,62
bijbouwen carrousel 20%	18,33	8,75	27,08	8,05	5,05	13,10	40,18
bijbouwen carrousel 50%	18,38	8,75	27,13	8,05	5,05	13,10	40,23
verhoging slijpgehalte	17,97	6,75	24,72	8,05	5,05	13,10	37,82
voorzuiivering door VB	21,28	10,75	32,03	8,05	5,05	13,10	45,13
voorzuiivering door A-trap	11,75	18,59	30,34	8,05	5,05	13,10	43,44
voorzuiivering door OB	17,71	20,31	38,02	8,05	5,05	13,10	51,12
nazuivering door OB	17,75	9,22	26,97	8,05	5,05	13,10	40,07
nazuivering door linpor	17,79	17,60	35,39	8,05	5,05	13,10	48,49
verhoging slijpbelasting	15,25	1,70	16,95	8,05	5,05	13,10	29,95
verhoging slijpbelasting + VB	25,72	10,71	36,43	8,05	5,05	13,10	49,53

Capaciteit 50.000 i.e.

systeem	vaste kosten (/1000 i.e.)			variabele kosten (/1000 i.e.)			jaarlijkse kosten /1000 i.e.
	overige	energie	total	overige	energie	total	
bestaande carrousel	11,25	6,26	17,51	5,77	3,73	9,50	27,01
bijbouwen carrousel 20%	12,75	11,81	24,56	5,77	3,73	9,50	34,06
bijbouwen carrousel 50%	12,75	6,58	19,33	5,77	3,73	9,50	28,83
bijbouwen carrousel 75%	11,25	5,62	16,87	5,77	3,73	9,50	26,37
verhoging slijpgehalte	11,25	10,40	21,65	5,77	3,73	9,50	31,15
voorzuiivering door VB	12,75	15,27	28,02	5,77	3,73	9,50	37,52
voorzuiivering door A-trap	11,25	11,59	22,84	5,77	3,73	9,50	32,34
voorzuiivering door OB	12,75	15,73	28,48	5,77	3,73	9,50	38,01
nazuivering door OB	12,75	7,28	20,03	5,77	3,73	9,50	29,53
nazuivering door linpor	12,88	9,92	22,80	5,77	3,73	9,50	32,30
verhoging slijpbelasting	11,25	3,89	15,14	5,77	3,73	9,50	24,64
verhoging slijpbelasting + VB	21,75	11,25	33,00	5,77	3,73	9,50	42,50

Capaciteit 20.000 i.e.

systeem	vaste kosten (/1000 i.e.)			variabele kosten (/1000 i.e.)			jaarlijkse kosten /1000 i.e.
	overige	energie	total	overige	energie	total	
bestaande carrousel	8,55	5,17	13,72	1,59	1,13	2,72	16,44
bijbouwen carrousel 20%	11,37	11,26	22,63	1,59	1,13	2,72	25,35
bijbouwen carrousel 50%	10,40	4,28	14,68	1,59	1,13	2,72	17,40
bijbouwen carrousel 75%	7,83	3,42	11,25	1,59	1,13	2,72	13,97
verhoging slijpgehalte	8,55	7,67	16,22	1,59	1,13	2,72	18,94
voorzuiivering door VB	15,23	12,46	27,69	1,59	1,13	2,72	30,41
voorzuiivering door A-trap	7,81	8,94	16,75	1,59	1,13	2,72	19,47
voorzuiivering door 9b	10,24	8,52	18,76	1,59	1,13	2,72	21,47
nazuivering door 9b	7,28	7,93	15,21	1,59	1,13	2,72	17,93
nazuivering door linpor	8,33	7,79	16,12	1,59	1,13	2,72	18,84
verhoging slijpbelasting	8,28	3,29	11,57	1,59	1,13	2,72	14,29
verhoging slijpbelasting + VB	13,51	11,61	25,12	1,59	1,13	2,72	27,44

Capaciteit 100.000 i.e.

Specificatie van de jaarlijkse kosten

Bijlage 4

systeem	vaste kosten (f/i.e.)			variabele kosten (f/i.e.)			jaarlijkse kosten f/i.e.
	civiel	mech.el.	totaal	energie	slib	totaal	
bestaande Carrousel	14,97	8,35	23,32	4,02	5,73	9,75	33,07
bijbouwen Carrousel 50%	18,33	11,22	29,56	4,48	5,73	10,21	39,77
bijbouwen Carrousel 75%	16,38	8,88	25,26	4,19	5,73	9,92	35,18
verhoging slibgehalte	12,02	12,55	24,57	5,40	5,73	11,13	35,70
voorzuiivering door VB	21,58	30,39	51,97	6,90	5,75	12,65	64,62
voorzuiivering door A-trap	17,10	18,59	35,69	5,31	5,83	11,14	46,83
voorzuiivering door OB	17,93	20,31	38,24	3,72	5,20	8,92	47,16
nazuivering door OB	15,74	9,22	24,96	3,53	4,56	8,09	33,05
nazuivering door Linpor	12,09	12,60	24,69	4,12	4,56	8,68	33,37
verhoging slibbelasting	10,80	13,66	24,46	5,78	3,99	9,77	34,23
verhoging slibbelasting + VB	9,52	10,13	19,65	3,11	5,23	8,34	27,99

Capaciteit 50.000 i.e.

systeem	vaste kosten (f/i.e.)			variabele kosten (f/i.e.)			jaarlijkse kosten f/i.e.
	civiel	mech.el.	totaal	energie	slib	totaal	
bestaande Carrousel	12,34	6,26	18,60	3,63	5,73	9,36	27,96
bijbouwen Carrousel 20%	17,70	11,81	29,51	4,59	5,73	10,32	39,83
bijbouwen Carrousel 50%	13,16	6,50	19,65	3,82	5,73	9,55	29,20
bijbouwen Carrousel 75%	11,76	5,62	17,38	3,63	5,73	9,36	26,74
verhoging slibgehalte	7,69	16,40	18,09	4,59	5,73	10,32	28,41
voorzuiivering door VB	13,37	15,27	28,63	3,14	5,75	8,89	37,52
voorzuiivering door A-trap	11,58	11,59	23,17	3,25	5,83	9,08	32,25
voorzuiivering door OB	12,76	10,73	23,49	2,03	5,20	7,23	30,52
nazuivering door OB	10,64	7,28	17,92	2,97	4,56	7,53	25,45
nazuivering door Linpor	9,88	9,62	19,50	3,57	4,56	8,13	27,63
verhoging slibbelasting	7,68	8,89	16,57	4,60	3,99	8,59	25,16
verhoging slibbelasting + VB	6,50	7,30	13,80	2,25	5,23	7,48	21,28

Capaciteit 20.000 i.e.

systeem	vaste kosten (f/i.e.)			variabele kosten (f/i.e.)			jaarlijkse kosten f/i.e.
	civiel	mech.el.	totaal	energie	slib	totaal	
bestaande Carrousel	8,82	5,17	14,00	3,40	5,73	9,13	23,13
bijbouwen Carrousel 20%	13,37	11,96	25,32	4,02	5,73	9,75	35,07
bijbouwen Carrousel 50%	10,46	4,78	15,24	3,56	5,73	9,29	24,53
bijbouwen Carrousel 75%	9,43	3,82	13,25	3,46	5,73	9,19	22,44
verhoging slibgehalte	6,58	7,67	14,24	4,55	5,73	10,28	24,52
voorzuiivering door VB	10,23	12,48	22,72	2,12	5,75	7,87	30,59
voorzuiivering door A-trap	9,81	8,04	17,85	2,69	5,83	8,52	26,37
voorzuiivering door OB	10,24	8,02	18,27	1,60	5,20	6,80	25,07
nazuivering door OB	9,28	5,63	14,91	2,75	4,56	7,31	22,22
nazuivering door Linpor	8,33	7,79	16,12	3,33	4,56	7,89	24,01
verhoging slibbelasting	6,28	7,20	13,48	4,05	3,99	8,04	21,52
verhoging slibbelasting + VB	4,83	4,61	9,44	1,81	5,23	7,02	16,48

Capaciteit 100.000 i.e.

Specificatie van de jaarlijkse kosten

berekening energiekosten (€/t.c.e.) t.c.e. x 1000	s.p. verst. %	uitgangspunt			+ 25%			+ 50%		
		20	30	100	20	30	100	20	30	100
bestaande carrousel	0	4,02	3,63	3,40	4,40	4,06	3,80	4,07	3,69	3,43
inbouwen carrousel 40%	20	-	4,39	4,02	-	3,14	4,49	-	3,66	4,07
inbouwen carrousel 50%	30	4,48	3,87	3,50	3,91	4,27	3,98	3,79	3,77	3,50
inbouwen carrousel 75%	75	4,19	3,63	3,00	4,09	4,06	3,86	3,18	3,40	3,27
verhoging stabiliteit	40	3,90	4,29	4,25	4,04	3,14	3,99	4,08	3,68	3,66
voerververing door voorberaking	33	6,90	3,19	3,12	3,31	3,21	3,17	3,33	3,88	3,62
voerververing door oxidatiebel	7	3,77	3,23	3,00	4,19	4,07	3,70	4,29	4,07	3,98
voerververing door A-Crap	6,75	3,31	3,25	2,99	3,94	3,89	3,61	4,07	3,97	3,63
voerververing door oxidatiebel	180	3,33	3,37	3,26	3,94	3,76	3,68	4,16	3,67	3,60
verhoging stabiliteit	75	4,17	3,57	3,33	4,03	3,93	3,72	4,09	3,67	3,61
verhoging stabiliteit + voerververing	75	3,78	4,60	4,05	6,89	3,40	4,67	3,92	4,09	3,80
verhoging stabiliteit + voerververing	134	3,11	3,25	1,81	3,48	2,81	2,63	3,84	2,78	2,54

Resultaten van de berekening van de energiekosten, inclusief de gevoeligheid voor 25 en 50% brandsloppingsdruk

berekening energiekosten (f/l.c.) t.e. x 1000	cap. vergr. %	uitgangspunt			+ 25%			+ 50%		
		20	50	100	20	50	100	20	50	100
bestaande carrousel	0	4,02	3,63	3,40	4,49	4,06	3,80	4,97	4,49	4,20
bijhousen carrousel 20%	20	-	4,59	4,02	-	5,14	4,49	-	5,68	4,97
bijhousen carrousel 50%	50	4,48	3,82	3,56	5,01	4,27	3,98	5,54	4,72	4,40
bijhousen carrousel 75%	75	4,19	3,63	3,40	4,69	4,06	3,86	5,18	4,49	4,27
verhoging slijtgehalte	40	5,40	4,59	4,55	6,04	5,14	5,09	6,68	5,68	5,62
voorzuiivering door voorheezinking	33	6,90	3,14	2,12	7,71	3,51	2,37	8,53	3,88	2,62
voorzuiivering door oxydatiebed	77	3,72	2,03	1,60	4,15	2,27	1,79	4,59	2,51	1,98
voorzuiivering door A-Trap	62,5	5,31	3,25	2,69	5,94	3,64	3,01	6,57	4,02	3,33
nazuiivering door oxydatiebed	150	3,53	2,97	2,75	3,94	3,32	3,08	4,36	3,67	3,40
verhoging slijtbelasting	75	4,12	3,57	3,33	4,60	3,99	3,72	5,09	4,41	4,11
verhoging slijtbelasting + voorheezinking	114	5,78	4,60	4,05	6,59	5,40	4,67	7,42	6,00	5,30
		3,11	2,25	1,81	3,48	2,51	2,03	3,84	2,78	2,24

Resultaten van de berekening van de energiekosten, inclusief de gevoeligheid voor 25 en 50% brandstofprijsschijving