Raadgevende ingenieurs
Witteveen + Bos

MINISTERIE VAN VOLKSHUISVESTING,
RUIMTELIJKE ORDENING EN MILIEUBEHEER
DGM
DIRECTIE DRINKWATER, WATER, BODEM

Individuele behandeling van afvalwater bij verspreide bebouwing (IBA)

Onderzoek fase 2C
Evaluatie van het praktijkonderzoek
Individuele Behandeling van Afvalwater (IBA)

VOORLOPIG

Samenvattend eindrapport

Witteveen+Bos
Raadgevende ingenieurs

Jan van Nassaustraat 7
2596 BL 's-Gravenhage
Telefoon (070) 26 21 11
Telefax (070) 24 03 98

F25

Raadgevende ingenieurs Witteveen Bos

MINISTERIE VAN VOLKSHUISVESTING,
RUIMTELIJKE ORDENING EN MILIEUBEHEER
DGM
DIRECTIE DRINKWATER, WATER, BODEM

Individuele behandeling van afvalwater bij verspreide bebouwing (IBA)

Onderzoek fase 2C
Evaluatie van het praktijkonderzoek
Individuele Behandeling van Afvalwater (IBA)

Samenvattend eindrapport

September 1989

Werkno. Vrom.10.5.
BS/60

Witteveen+Bos
Raadgevende ingenieurs

Jan van Nassaustraat 7
2596 BL 's-Gravenhage
Telefoon (070) 26 21 11
Telefax (070) 24 03 98

INHOUD BLZ.

0. Samenvatting 1

1. Inleiding 10

1.1. Achtergrond 10

1.2. Opzet IBA-onderzoeksproject; opdrachtgever en uitvoerders 10

1.3. Achtergrond en afbakening van de eindrapportage fase 2C 12

1.3.1. Wat vooraf ging 12

1.3.2. Opzet van de evaluatie van het IBA-praktijkonderzoek 13

2. Afvalwaterkarakteristieken 16

2.1. Evaluatie afvalwaterkwantiteit 16

2.1.1. Huishoudelijk afvalwater, ongedeeld 16

2.1.2. Huishoudelijk afvalwater, grijswater component 16

2.1.3. Afvalwaterbronnen van bedrijfsmatige aard 16

2.2. Evaluatie afvalwaterkwaliteit 17

2.2.1. Huishoudelijk afvalwater, ongedeeld 17

2.2.2. Huishoudelijk afvalwater, grijswater component 18

2.2.3. Afvalwaterbronnen van bedrijfsmatige aard 19

2.2.4. Hygiënische kwaliteit 20

2.3. Aanzet tot ontwerp-richtwaarden afvalwaterproduktie 20

2.3.1. Huishoudelijk afvalwater, ongedeeld 20

2.3.2. Huishoudelijk afvalwater, gedeeld zwartwater en grijswater componenten 20

2.3.3. Afvalwaterbronnen van bedrijfsmatige aard 21

3. IBA-zuiveringssystemen 22

3.1. Beschouwde systemen, dimensioneringsgrondslagen en uitgangspunten bij de systeemvergelijking 22

3.2. Voorbehandeling 24

3.2.1. Septic tanks 24

3.3. Biologische behandeling 25

3.3.1. Infiltratiekanalen 25

3.3.2. Zakput 25

3.3.3. Opgehoogd filtratiebed 26

3.3.4. Zandfilters 26

3.3.5. Biorotor 27

3.3.6. Oxydatiebed 28

3.3.7. Actief-slib systeem 28

3.3.8. Grijswater systeem 29

3.3.9. Zwartwater systeem 30

3.3.10. Gescheiden afvalwaterbehandeling 30

3.4. Nabehandeling 30

3.4.1. Nabezinktanks 30

3.4.2. Trommelfilters 31

4. Zuiveringsprestaties IBA-systemen 32

4.1. Algemene beschouwing zuiveringsprestaties en systeemvergelijking 32

4.1.1. Verwijderingspercentages 32

4.1.2. Effluentkwaliteit 33

4.1.3. Technologische stabiliteit zuiveringsprocessen 35

4.1.4. Milieubelasting effluent 37

4.1.5. Hygiënische aspecten 39

4.1.6. Kwaliteit zuiveringsslib 40

4.2. Zuiverings- en uitvoeringstechnische evaluatie per systeemonderdeel 40

4.2.1. Septic tanks 40

4.2.2. Infiltratiekanalen 43

4.2.3. Zakput 45

INHOUD (vervolg) BLZ.

4.2.4. Opgehoogd filtratiebed 45
4.2.5. Intermitterende zandfilters 46
4.2.6. Oxydatiebedden (incl. nabezinktank) 47
4.2.7. Biorotoren (incl. nabezinktank of trommelfilter) 48
4.2.8. Actief-slib systeem 49
4.2.9. Grijswater systeem 49
4.2.10. Composttoiletten 50
5. Exploitatie IBA-systemen 52
5.1. Controle, bediening en onderhoud/Personeelslast 52
5.1.1. Algemene beschouwing en systeemvergelijking 52
5.1.2. Uitvoering bedrijfscontrole/klein onderhoud 56
5.1.3. Slibproduktie en slibverwijdering 60
5.2. Bedrijfszekerheid en slijtage 62
5.2.1. Bedrijfszekerheid 62
5.2.2. Slijtage 63
5.3. Energieverbruik 64
5.4. Hinder 65
5.5. Terreinverbruik 67
6. Standaardisatiemogelijkheden bij IBA-systemen 68
6.1. Inleiding 68
6.2. Standaardisatiemogelijkheden bij de uitvoering 69
6.2.1. Septic tanks 69
6.2.2. (In)filtratiesystemen 70
6.2.3. Compactinstallaties 71
6.2.4. Systeem voor gescheiden behandeling van afvalwater 74
6.2.5. Diverse losse systeemonderdelen 74
6.3. Evaluatie en conclusies standaardisatie bij IBA-systemen 75
7. Kosten IBA-systemen 77
7.1. Bouwkosten 77
7.1.1. Uitgangspunten bouwkostenraming 77
7.1.2. Bijkomende bouwkosten 79
7.1.3. Overzicht geraamde bouwkosten IBA-systemen 80
7.1.4. Evaluatie bouwkosten 80
7.2. Bedrijfskosten 81
7.2.1. Uitgangspunten bedrijfskosten-raming 81
7.2.2. Overzicht geraamde bedrijfskosten IBA-systemen 84
7.2.3. Evaluatie bedrijfskosten 85
7.3. Jaarlasten 86
7.3.1. Uitgangspunten raming jaarlijkse lasten 86
7.3.2. Overzicht geraamde jaarlijkse lasten IBA-systemen 87
7.3.3. Evaluatie jaarlasten 88
7.4. Kostenvergelijking via contante waarde methode 90
7.4.1. Uitgangspunten raming contante waarden 90
7.4.2. Overzicht geraamde contante waarden IBA-systemen 91
7.4.3. Evaluatie kostenvergelijking IBA-systemen 93
8. Toepasbaarheid 94
8.1. Inleiding; selectiecriteria 94
8.2. Algemene systeemvergelijking en toepasbaarheid systemen 96
8.2.1. Systeemvergelijking ten aanzien van functionaliteit 96
8.2.2. Systeemvergelijking ten aanzien van kosten 97
8.2.3. Totale algemene onderlinge systeemvergelijking en evaluatie toepassingsgebieden 97
8.2.4. Toepasbaarheid IBA-systemen in een breder verband 99

INHOUD (vervolg) BLZ.

8.3. Toepasbaarheid van IBA-systemen bij bijzondere lozingen 99
8.3.1. Bedrijfsafvalwater 99
8.3.2. Seizoensmatige lozingen 100
9. Nieuwe ontwikkelingen 103
9.1. Ontwikkelingen op het gebied van techniek en technologie 103
9.2. Overige ontwikkelingen 109
9.3. De huidige positie van Nederland ten opzichte van het buitenland 111
9.4. Evaluatie nieuwe ontwikkelingen 111
10. Conclusies en aanbevelingen 112
10.1. Conclusies 112
10.2. Aanbevelingen 115
11. Literatuur 117
12. Overzicht van rapporten IBA-onderzoeksproject 121
12.1. Uitvoering Witteveen+Bos 121
12.2. Uitvoering IWACO 122
12.3. Uitvoering TNO 123

BIJLAGEN

I. Frequenties en tijdslasten van controle-, bedienings- en onderhoudswerkzaamheden IBA-systemen.
II. Bouwkosten van diverse IBA-systeemtypen bij capaciteiten van 5, 15, 30, 50, 100 en 200 i.e.
III. Actuele kapitaalslasten, bedrijfskosten en totale jaarlasten van diverse IBA-systeemtypen bij capaciteiten van 5, 20, 50 en 200 i.e.
IV. Contante waarden van diverse IBA-systeemtypen bij capaciteiten van 5, 20, 50 en 200 i.e.; kostenopbouw en gevoeligheidsanalyses.
V. Vergunningen voor de realisatie van IBA-systemen en heffingen.
VI. Toepasbaarheid van IBA-systemen in een breder verband.
VII. Enige specifieke aandachtspunten bij de bouw en uitvoering van IBA-systemen.
VIII. Samenvatting resultaten aanvullende onderzoeken

LIJST VAN TABELLEN BLZ.

T.2.1.	Enige literatuurwaarden voor de specifieke afvalwaterproduktie voor huishoudelijk afvalwater	16a
T.2.2.	Concentraties in ruw huishoudelijk afvalwater	17a
T.2.3.	Specifieke vrachten, verhoudingen en totaal zuurstofverbruik in ruw huishoudelijk afvalwater	18a
T.2.4.	Concentraties en specifiek debiet huishoudelijk grijswater	19a
T.2.5.	Concentraties en verhoudingen in ruw niet-huishoudelijk afvalwater van IBA-praktijkonderzoekslocaties	19a
T.2.6.	Faecale coli-gehalten in ruw afvalwater	20
T.2.7.	Afvalwaterkarakteristieken ruw huishoudelijk afvalwater volgend uit het IBA-Praktijkonderzoek en hieruit afgeleide ontwerprichtwaarden	20a
T.2.8.	Kengetallen afvalwaterkarakteristieken van diverse bronnen	21a
T.3.1.	Beschouwde zuiveringssystemen	22
T.3.2.	Algemene dimensioneringsuitgangspunten in buitenlandse richtlijnen en normen	24
T.3.3.	Ontwerpvoorschriften voor septic tanks in buitenlandse normen en richtlijnen	24a
T.3.4.	Ontwerpvoorschriften voor infiltratiekanalen in buitenlandse normen en richtlijnen	25a
T.3.5.	Ontwerpvoorschriften voor filtratiebedden en opgehoogd infiltratiebed in buitenlandse normen en richtlijnen	26a
T.3.6.	Ontwerpvoorschriften voor zandfilters volgens EPA	27a
T.3.7.	Ontwerpvoorschriften voor biorotoren in buitenlandse normen en richtlijnen	27a
T.3.8.	Ontwerpvoorschriften voor oxydatiebedden in buitenlandse normen en richtlijnen	28a
T.3.9.	Ontwerpvoorschriften voor actief slib systemen in buitenlandse normen en richtlijnen	29a
T.3.10.	Ontwerpvoorschriften voor nabezinktanks in buitenlandse normen en richtlijnen	30a
T.4.1.	Gemiddelde verwijderingspercentages en seizoensvariaties, behaald door systeemonderdelen van zuiveringsinstallaties van het IBA-praktijkonderzoek	32a
T.4.2.	Jaargemiddelde verwijderingspercentages van de zuiverings-systemen van het IBA-praktijkonderzoek	32a
T.4.3.	Jaargemiddelde effluentconcentraties en standaardafwijkingen hierin van de zuiveringssystemen van het IBA-praktijk-onderzoek op locaties met huishoudens	34a
T.4.4.	Raming gemiddelde effluentconcentraties en de seizoens-variatie hierin, van IBA-systemen bij behandeling van afvalwater van huishoudens	35a
T.4.5.	West-duitse effluenteisen.	35a
T.4.6.	Resultaten van metingen van faecale coli gehalten in effluent van IBA-systemen	39
T.4.7.	Slibkwaliteit van de zuiveringssystemen van het IBA-praktijkonderzoek	40a
T.4.8.	Afvlakking van de variatie in influentconcentraties door septic tanks	42a
T.4.9.	'Compost'-kwaliteit van de composttoiletten van het IBA-praktijkonderzoek	50a
T.4.10.	Kwaliteit van overschot compostvocht van de compostbedden van het IBA-praktijkonderzoek	51a

LIJST VAN TABELLEN (vervolg) BLZ.

T.5.1.	Matrix met uitgangspunten voor vergelijking van de IBA-systemen ten aanzien van personeelslast	56a
T.5.2.	Raming van het energieverbruik per i.e. per jaar voor diverse systeemtypen en -grootten	64a
T.5.3.	Energieverbruik van de zuiveringssystemen van het IBA-praktijkonderzoek, per kg BZV-verwijderd en per kg TZV-verwijderd	65a
T.5.4.	Geraamd bruto terreinverbruik per i.e. voor diverse IBA-systeemtypen en -grootten	67a
T.6.1.	Economische toepassingsrange van prefab betonnen kelders als septic tanks in IBA-systemen en maximale besparingen hierdoor te verkrijgen ten opzichte van het in het werk gestort beton	70a
T.7.1.	Raming totale bouwkosten voor diverse IBA-systeemtypen en -grootten	80a
T.7.2.	Raming totale specifieke bouwkosten per i.e. voor diverse IBA-systeemtypen en -grootten	80a
T.7.3.	Raming van de kosten voor de bedrijfsvoering van diverse IBA-systeemtypen en -grootten	84a
T.7.4.	Raming van de specifieke kosten voor de bedrijfsvoering van diverse IBA-systeemtypen en -grootten	84a
T.7.5.	Uitgangspunten berekeningen kapitaalslasten	86a
T.7.6.	Raming van de actuele jaarlasten voor diverse IBA-systeemtypen en -grootten	86a
T.7.7.	Uitgangspunten contante waarden berekeningen	90a
T.7.8.	Raming contante waarden voor diverse IBA-systeemtypen en -grootten onder standaardcondities	91a
T.7.9.	Raming specifieke contante waarden per i.e. voor diverse IBA-systeemtypen en -grootten onder standaardcondities	91a
T.8.1.	Keuzematrix functionele aspecten	96a
T.10.1.	Overzicht van toepassingsgebieden, voor- en nadelen en mogelijke verbeteringen voor diverse IBA-systeemtypen	112a

F.0.2. Toepassingsgebieden van diverse IBA-systemen op basis van onderlinge vergelijking van functionaliteit en kosten

LIJST VAN FIGUREN

		BLZ.
F.0.1.	Overzicht IBA-systemen IBA-praktijkonderzoek	
F.1.1.	Onderzoekslocaties en -systemen van het IBA-praktijkonderzoek	13a
F.2.1.	Globale verdeling van zwartwater en grijswater in ruw huishoudelijk afvalwater	20a
F.3.1.	IBA-systemen: infiltratie- en filtratiesystemen	22a
F.3.2.	IBA-systemen: compactinstallaties en systeem voor gescheiden behandeling van afvalwater	23a
F.4.1.	Onderlinge vergelijking IBA-systemen ten aanzien van zuiveringsprestaties (TZV-verwijdering)	33a
F.4.2.	Onderlinge vergelijking IBA-systemen ten aanzien van technologische stabiliteit	36a
F.4.3.	Reductie van het faecaal coli gehalte in het afvalwater, behaald door septic tanks, in relatie tot de verblijftijd	39a
F.4.4.	Het BZV- en het droogrest-rendement van septic tanks als functie van de verblijftijd	41a
F.4.5.	Het BZV-rendement als functie van het droogrestrendement bij septic tanks	41a
F.4.6.	Verhouding van de absolute waarden van de standaard-afwijkingen in de dagelijkse effluent- en influentconcentraties van septic tanks, in relatie tot de verblijftijd	42a
F.4.7.	Slibtoename in de septic tank (primair slib) als functie van het specifieke volume van de septic tank	43a
F.4.8.	Ontwikkeling van slibniveau's in septic tanks	43a
F.4.9.	Voorbeelden van septic tank uitvoeringsvormen conform Duits normblad DIN 4261	43b
F.4.10.	Septic tank met kunststof dragermateriaal in het tweede compartiment	43b
F.4.11.	De voortschrijdende verstopping tijdens de opstartperiode bij infiltratiekanalen met aanvoer onder vrijverval	44a
F.4.12.	West-duits lysimeteronderzoek aan stoffenverwijdering in diverse bodems	45a
F.4.13.	Verbetering van het verdeelsysteem van zandfilters tijdens het IBA-praktijkonderzoek	46a
F.4.14.	Globale weergave relatie BZV- en NKj-rendement van oxydatiebedden in relatie tot de BZV-belasting	47a
F.4.15.	Verdeelsystemen van oxydatiebedden toegepast bij het IBA-praktijkonderzoek	48a
F.4.16.	Globale weergave relatie BZV- en NKj-rendement van biorotoren in relatie tot de BZV-belasting	49a
F.5.1.	De benodigde tijdslast voor controle/bediening voor verschillende IBA-systemen in relatie tot de systeemgrootte	52a
F.5.2.	Onderlinge vergelijking IBA-systemen ten aanzien van controle en bediening	53a
F.5.3.	De benodigde tijdslast voor klein onderhoud, terrein-onderhoud en periodiek onderhoud aan e/m-onderdelen, voor verschillende IBA-systemen in relatie tot de systeemgrootte	54a
F.5.4.	Onderlinge vergelijking IBA-systemen ten aanzien van onderhoud	55a
F.5.5.	Bodemvochtnemer	58a
F.5.6.	Onderlinge vergelijking IBA-systemen ten aanzien van technische bedrijfszekerheid	62a

LIJST VAN FIGUREN (vervolg) BLZ.

F.5.7. Globale weergave van het energieverbruik per i.e. per jaar, voor diverse IBA-systeemtypen in relatie tot de systeemgrootte 64a

F.5.8. Globale weergave van het energieverbruik per kg verwijderde BZV, voor diverse IBA-systeemtypen in relatie tot de systeemgrootte 65a

F.5.9. Onderlinge vergelijking IBA-systemen ten aanzien van hinder/overlast 66a

F.5.10. Onderlinge vergelijking IBA-systemen ten aanzien van terreinverbruik 67a

F.6.1. Schematische weergave van de invloed van twee verschillende bouwmethoden op de specifieke bouwkosten per i.e. 68a

F.6.2. Voorbeeld van de bouw van één grote septic tank uit twee standaard kelders 69a

F.6.3. Grafisch verloop van de bouwkosten van septic tanks volgens twee verschillende bouwmethoden 69a

F.6.4. Besparing op de bouwkosten van septic tanks door toepassing van prefab betonnen kelders ten opzichte van in het werk gestorte tanks 70a

F.6.5. Bouwkosten van het zandfiltersysteem volgens twee verschillende bouwmethoden 71a

F.6.6. Besparing op de bouwkosten van het zandfiltersysteem door toepassing van prefab betonnen kelders ten opzichte van in het werk gestorte constructies 71a

F.6.7. Voorbeeld zelfbouwsysteem voor een oxydatiebed 73a

F.6.8. Bouw-, c.q. leveringskosten van oxydatiebedden als compactinstallatie, geleverd of bij zelfbouw 73a

F.7.1. Raming van de specifieke bouwkosten per i.e. van diverse IBA-systemen in relatie tot de systeemgrootte 81a

F.7.2. Specifieke slibafvoerkosten per m^3 slib 83a

F.7.3. Raming van de specifieke bedrijfskosten per i.e. van diverse IBA-systeemtypen in relatie tot de systeemgrootte 85a

F.7.4. Raming van de actuele basis- en totale jaarlasten per i.e. van diverse IBA-systeemtypen voor systeemgrootten van 5-200 i.e. Afschrijving c 20 jaar, e/m 10 jaar 87a

F.7.5. Raming van de actuele basis- en totale jaarlasten per i.e. van diverse IBA-systeemtypen voor systeemgrootten van 5-200 i.e. Afschrijving c 30 jaar, e/m 15 jaar 88a

F.7.6. Opbouw totale jaarlasten voor diverse IBA-systeemtypen en -grootten 89a

F.7.7. Raming van de contante waarden per i.e. voor diverse IBA-systeemtypen en -grootten; bouw- en basisbedrijfskosten 92a

F.7.8. Raming van de contante waarden per i.e. voor diverse IBA-systeemtypen en -grootten; bouw- en totale bedrijfskosten 93a

F.8.1. Overall-scores van diverse IBA-systeemtypen ten aanzien van functionele aspecten, voor 4 systeemgrootten 97a

LIJST VAN FIGUREN (vervolg) BLZ.

F.8.2.	Onderlinge vergelijking van de toepasbaarheid van diverse IBA-systeemtypen ten aanzien van functionaliteit en kosten (op basis van totale bedrijfslasten)	98a
F.8.3.	Onderlinge vergelijking van de toepasbaarheid van diverse IBA-systeemtypen ten aanzien van functionaliteit en kosten (op basis van basis bedrijfskosten)	98b
F.8.4.	Toepassingsgebieden van diverse IBA-systemen op basis van onderlinge vergelijking van functionaliteit en kosten	98c
F.9.1.	De meander-septic tank, met aangepast stromingspatroon	103a
F.9.2.	Vulling van septic tanks met dragermateriaal, Schwimmfilter-systeem	103a
F.9.3.	Effecten van dosering van 'biologische activators' aan septic tanks op de slibproduktie	104a
F.9.4.	Cextair-actief slib systeem	105a
F.9.5.	Biovac-actief slib systeem	105a
F.9.6.	Bio Compact-actief slib systeem	106a
F.9.7.	Bio Clear-oxydatiebed systeem	107a
F.9.8.	Stählermatic-systeem	108a
F.9.9.	Newline-biorotor	108b
F.9.10.	Scheiding van BZV-verwijdering en stikstofoxydatie in twee-traps-biorotoren, met periodieke wisseling van de stroomrichting over de nitrificatierotor	108b
F.9.11.	Diverse submerged filtersystemen	108c
F.9.12.	Diverse systeemtypen voor fysisch/chemische zuivering (I)	109a
F.9.13.	Diverse systeemtypen voor fysisch/chemische zuivering (II)	110a
F.9.14.	Septage inzameling met slibontwaterings-tankwagens	111a

c.2. – cum annexis (latijns) = met toebehoren.

LIJST VAN AFKORTINGEN EN BEGRIPPEN

AI	-	L'assainissement individuel (franse richtlijn).
ATV	-	Abwasser Technische Verein (westduitse instantie).
BSCP	-	British Standard Code of Practice (engelse richtlijn).
BZV_5	-	Biochemisch Zuurstof Verbruik, bij 20°C en na 5 dagen.
c	-	civiele (onderdelen).
CW	-	Contante Waarde.
CZV	-	Chemisch Zuurstof Verbruik.
DIN	-	Deutsche Industrie Norm (westduitse norm).
dwa	-	droogweerafvoer.
e/m	-	elektro/mechanische (onderdelen).
EPA	-	Environmental Protection Agency (USA-instantie).
GHG	-	Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand.
grijswater	-	spoel-, bad-, en (af)waswater.
IBA	-	Individuele Behandeling van Afvalwater.
IBA-systemen	-	biologische zuiveringssystemen ten behoeve van individuele behandeling van afvalwater.
i.e.	-	inwoner-equivalent = hoeveelheid zuurstofbindende stoffen in het afvalwater, geproduceerd door één inwoner per dag.
N	-	stikstof.
NH_4^+	-	ammonium-ion.
NKj	-	Kjeldahl-stikstof = totaalgehalte organisch gebonden en ammoniumstikstof, bepaald volgens de Kjeldahl-methode.
NO_2^-	-	nitriet-ion.
NO_3^-	-	nitraat-ion.
N-totaal	-	de som van NKj, NO_2^- en NO_3^-.
O_2	-	zuurstof.
P	-	fosfor.
pH	-	zuurgraad.
P_2O_5	-	orthofosfaat.
P-ortho	-	fosfaat in ortho-vorm gebonden.
P-totaal	-	totaal fosfaat.
RWZI	-	rioolwaterzuiveringsinrichting.
ST	-	septic tank.
TZV	-	Totaal Zuurstof Verbruik = CZV + 4,57 NKj.
UvW	-	Unie van Waterschappen.
Wbb	-	Wet bodembescherming.
WVO	-	Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren.
zwartwater	-	toiletwater.

Definities systeemonderdelen

aeroob filter : systeem voor behandeling van grijswater; uitvoering vergelijkbaar met een oxidatiebed.

aktief slib systeem : aeroob biologisch zuiveringssysteem voor de behandeling van ongedeeld afvalwater, bestaande uit een beluchtingsruimte waarin aktieve biomassa zich als vrije vlokken bevindt.
De inhoud van de beluchtingsruimte wordt gemengd en belucht, gedurende een bepaalde periode van de dag.

biorotor-installatie : aeroob biologisch zuiveringssysteem voor behandeling van voorbezonken afvalwater, waarbij aktieve biomassa gehecht op dragermateriaal, om een horizontale as door een motor aangedreven, langzaam wordt rondgedraaid in een tank met afvalwater. Het dragermateriaal, hetzij uitgevoerd als schijven, hetzij als kooikonstrukties met vulmateriaal, is hierbij ten dele ondergedompeld.

infiltratiekanaal : vorstvrij, in een smalle sleuf, gelegen drainageleiding, omgeven door grind, waardoor voorbezonken afvalwater infiltreert in de bodem. De afstand tussen de kanalen, indien meerdere zijn toegepast, bedraagt enkele veelvouden van de breedte van de afzonderlijke sleuven (dit in tegenstelling tot infiltratiebedden, waar deze afstand van eenzelfde ordegrootte is als de breedte van een sleuf).

opgehoogd filtratiebed : dijklichaam, bestaande uit een hydraulisch laagbelaste filterzandlaag tussen een aan- en afvoerdrainagesysteem (door grind omgeven), ter behandeling van voorbezonken afvalwater. Het geheel is vorstvrij gelegen onder een grondafdekking.

oxidatiebed : aeroob biologisch zuiveringssysteem, voor behandeling van voorbezonken afvalwater, waarbij aktieve biomassa gehecht is aan dragermateriaal in een vast bed. Het afvalwater wordt gelijkmatig over het oppervlak van het bed versproeid en na passage deels gerecirkuleerd.
Beluchting van het bed kan op natuurlijke dan wel kunstmatige wijze geschiedden.

septic tank : (rechthoekige) anaerobe voorbehandelingstank voor behandeling van ongedeeld afvalwater, algemeen door tussenwanden verdeeld in drie kompartimenten in de volumeverhouding 2:1:1.
Doorstroomopeningen in de tussenwanden bevinden zich op 2/3 - 3/4 van de waterhoogte.

vloeikas : systeem voor behandeling van grijswater, bestaande uit een bak met geroerde grond en een filterzandlaag, voorzien van een aanvoer- en afvoerdrainage-systeem. De kas kan worden beplant.

zakput : put met doorlatende bodem en/of wanden, omgeven door grind, ten behoeve van infiltratie van voorbezonken afvalwater in de bodem.

zandfilter : (betonnen) bak gevuld met filterzand, met een afvoerdrainage (omgeven door grind) voor behandeling van voorbezonken afvalwater.
Een verdeelsysteem zorgt voor een periodieke, gelijkmatig verdeelde aanvoer over het oppervlak. Het filterbed is niet geïnundeerd.

0. SAMENVATTING

Achtergrond

Voor ca. 5% van het totale woningenbestand in Nederland wordt aansluiting op riolering en centrale behandeling van het afvalwater niet haalbaar geacht.
Gevoegd bij overige niet-aansluitbare objecten als recreatievoorzieningen, afgelegen werklocaties, parkeerplaatsen langs autosnelwegen, aanlegplaatsen voor scheepvaart en dergelijke, wordt de totale vervuilingswaarde van deze restlozingen geschat op 1-3 miljoen inwoner-equivalenten (i.e.) Hiervan wordt thans ca. 30% in de bodem geïnfiltreerd en 70% op oppervlaktewater geloosd.
Het grootste gedeelte van de niet op riolering aangesloten objecten bezit wel een of andere vorm van gedeeltelijke zuivering van het afvalwater, veelal septic tanks eventueel aangevuld met een infiltratievoorziening, maar deze voorzieningen voldoen algemeen niet aan huidige opvattingen over grootte en uitvoering. In veel situaties wordt slechts het zwartwater (toiletwater) in septic tanks behandeld en wordt het grijswater (spoel-, bad- en waswater) ongezuiverd geloosd. De bedrijfsprestaties van de huidige voorzieningen zijn vaak onbevredigend.

Doel onderzoek

De gewenste verbetering van de huidige lozingssituatie in buitengebieden en het gebrek aan voldoende kennis inzake oxidatief-biologische zuiveringssystemen voor individuele behandeling van afvalwater met een BZV-verwijdering van meer dan 90%, waren aanleiding voor het uitvoeren van een grootschalig onderzoeksproject van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, "Individuele Behandeling van Afvalwater bij verspreide bebouwing (IBA)."
Doel van dit onderzoek is het verbeteren van kennis en inzicht in de toepassing in Nederland van installaties voor individuele behandeling van afvalwater (IBA-systemen) tot een zodanig niveau dat op een verant-

waarde wijze keuze, ontwerp, uitvoering, beheer en beoordeling van deze systemen kan plaatsvinden.

Uitvoering.

Het totale IBA-onderzoeksprogramma omvat globaal:

- fase 1: verkennende studie;
- fase 2: praktijkonderzoek IBA-systemen;
- fase 3: onderzoek naar de invloed van stoffen in de huishouding;
- fase 4: voorbereiding implementatie.

Het onderzoek is gestart in 1979 en zal in 1990 worden afgerond.
Bij de uitvoering van het onderzoek zijn betrokken:

- Witteveen + Bos, Raadgevende ingenieurs te Deventer, onderzoekstaak: behandelingssystemen en oppervlaktewaterverontreiniging (algehele coördinatie onderzoeksproject; realisatie proefobjecten; onderzoek algehele werking zuiveringssystemen);
- IWACO, Adviesbureau voor Water en Milieu te Rotterdam, onderzoekstaak: infiltratie in de bodem en bodemverontreiniging (parallelonderzoek aan onderzoek W+B, inzake bodemaspecten);
- TNO, Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie, afd. Biologie te Delft, onderzoekstaak: invloed van bijzondere stoffen op IBA-systemen.

IBA-praktijkonderzoek

Deel van het totale onderzoeksprogramma betreft een twee-jarig praktijkonderzoek, uitgevoerd in de periode 1983-1987, aan 14 praktijksystemen van verschillend type en grootte in de range van 5-200 i.e., zie fig 0.1.
Voor het praktijkonderzoek zijn op basis van voorstudie 8 typen oxidatief-biologische zuiveringssystemen geselecteerd:

a. infiltratie systemen : - zakput-systeem;
  - infiltratiekanaal-systeem;
b. filtratie systemen : - opgehoogd filtratiebed-systeem;
  - zandfilter-systeem;

c. compact systemen : - biorotor-systeem ;
- oxydatiebed-systeem ;
- actief slib systeem ;

d. systeem voor gescheiden behandeling van afvalwater :
- compostfoilet (zwartwater), en
aeroob filter + vloeikas (grijswater).

Daarnaast is aandacht geschonken aan septic tanks als deelzuivering. De resultaten van het praktijkonderzoek sec zijn in afzonderlijke rapporten gepubliceerd (1988, lit. 10 en 11).

Evaluatie IBA-praktijkonderzoek

Na het praktijkonderzoek zijn de onderzoeksresultaten geëvalueerd. Onderhavig rapport omvat een samenvatting van de algemene evaluatie van het IBA-praktijkonderzoek. Evaluerende beschouwingen ten aanzien van specifiek bodeminfiltratie-technische aspecten zijn opgenomen in de eindrapportage van IWACO van het praktijkonderzoek (1988, lit. 10), en blijven hier buiten beschouwing.

De algemene evaluatie van het IBA-praktijkonderzoek is uitgevoerd in de periode 1987-1989, en betreft in hoofdzaak:
- een terugkoppeling van de onderzoeksresultaten naar de voorafgaande verkennende literatuurstudie en een vergelijking met buitenlandse voorschriften ;
- uitgebreid kostenonderzoek van bouw- en bedrijfskosten van IBA-systemen in de range van 5 - 200 i.e. ;
- onderlinge vergelijking van de diverse IBA-systeemtypen ten aanzien van zuiveringsprestaties, bedrijfsaspecten, hinder voor de omgeving, ruimtebeslag en kosten.

In onderhavig rapport zijn een grote hoeveelheid practische gegevens inzake individuele behandeling van afvalwater bijeengebracht. Ingegaan wordt op:

De resultaten van de evaluatie zullen als basis dienen voor de in onderzoeksfase 4 op te stellen richtlijnen voor ontwerp en beheer van IBA-systemen.

- afvalwaterkarakteristieken;
- dimensionerings- en uitvoeringsaspecten IBA-systemen;
- zuiverings-prestaties; slibproductie;
- bedrijfsvoeringsaspecten (personeelslast; controle-, bedienings- en onderhoudswerkzaamheden; bedrijfszekerheid; energieverbruik);
- hinder voor de omgeving; terreinbeslag;
- invloeden en mogelijkheden voor standaardisatie;
- bouw- en bedrijfskosten;
- onderlinge vergelijking van systemen en selectie;
- nieuwe ontwikkelingen.

Naast algemene beschouwingen inzake individuele behandeling van afvalwater worden specifieke aspecten per systeem(onderdeel) belicht. Deze beschouwingen zijn zodanig opgezet dat een directe vergelijking van de systeemtypen mogelijk is. Voor- en nadelen van de systeemtypen worden op deze wijze inzichtelijk aangegeven.
Enerzijds geeft het rapport in grote lijnen een doorsnede van de mogelijkheden bij individuele behandeling van afvalwater, terwijl anderzijds de bundeling van de grote hoeveelheid praktische gegevens het rapport tot een doeltreffend naslagwerk maakt.

De evaluatie heeft voorts een grote waarde in de selectie van geschikte systemen. Uit de systeemvergelijking volgt een sterke convergentie naar een beperkt aantal systeemtypen met geschikte toepassingsmogelijkheden, afhankelijk van de systeemgrootte.
In algemene zin komt uit de systeemvergelijking een voorkeur voor het biorotor-systeem naar voren, behoudens bij zeer kleine capaciteiten. De selectie kan echter beïnvloed worden door specifieke locale omstandigheden, eisen of wensen.

Conclusies evaluatie IBA-praktijkonderzoek

De belangrijkste conclusies van de evaluatie zijn:

0. SAMENVATTING

Voor ca. 5% van het totale woningenbestand in Nederland is aansluiting op riolering en centrale behandeling van het afvalwater niet haalbaar.
Gevoegd bij overige niet-aansluitbare objecten als recreatievoorzieningen, afgelogen werklocaties, parkeerplaatsen langs autosnelwegen, aanlegplaatsen voor scheepvaart en dergelijke, wordt de totale vervuilingswaarde van deze restlozingen geschat op 1-3 miljoen inwoner-equivalenten (i.e.). Hiervan wordt ca. 30% in de bodem geloosd en 70% op oppervlaktewater.

Vanuit deze achtergrond is in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer een grootschalig onderzoeksproject in uitvoer inzake "Individuele Behandeling van Afvalwater bij verspreide lozingen (IBA)".
Doel van dit onderzoek is het verbeteren van kennis en inzicht in de toepassing in Nederland van installaties voor individuele behandeling van afvalwater (IBA-systemen) tot een zodanig niveau dat op een verantwoorde wijze keuze, ontwerp, uitvoering, beheer en beoordeling van deze systemen kan plaatsvinden.

Deel van het totale onderzoeksprogramma betreft een twee-jarig praktijkonderzoek aan veertien praktijksystemen van verschillend type (8 typen) en grootte in de range van 5-200 i.e.
Na dit onderzoek zijn de onderzoeksresultaten geëvalueerd. Dit betreft in hoofdzaak:
- een terugkoppeling van de onderzoeksresultaten naar een voorgaande verkennende literatuurstudie en een vergelijking met buitenlandse voorschriften;
- uitgebreid kostenonderzoek van bouw- en bedrijfskosten van IBA-systemen in de range van 5-200 i.e.
- onderlinge vergelijking van de diverse IBA-systeemtypen ten aanzien van zuiveringsprestaties, bedrijfsaspecten, hinder voor de omgeving, ruimtebeslag en kosten.

Onderhavig rapport betreft een samenvatting van de resultaten van deze evaluatie van het praktijkonderzoek.
De resultaten van het praktijkonderzoek sec zijn in een voorafgaand afzonderlijk rapport gepubliceerd.

De bij de evaluatie beschouwde IBA-systemen betreffen:
infiltratiekanaal-systemen, zakput-systemen, (opgehoogd) filtratiebed-systemen, zandfiltersystemen, biorotor-systemen, oxydatiebed-systemen, actief slibsystemen, systemen voor gescheiden behandeling van afvalwater in composttoiletten (zwartwater) en aeroob filter + vloeikas (grijswater).
In bredere zin is ook aandacht geschonken aan septic tanks als deelzuivering.

De belangrijkste conclusies van de evaluatie zijn:

- technisch is het goed mogelijk huishoudelijk of daarmee vergelijkbaar afvalwater individueel te behandelen, waarbij ten minste een biologische basiszuivering wordt bewerkstelligd met een verwijderingspercentage aan biochemisch zuurstofverbruik (BZV) van meer dan 90% en aan totaal zuurstofverbruik (TZV) van meer dan 70%;
- Hoewel de behaalde verwijderingspercentages van een redelijk vergelijkbare grootte zijn als die van conventionele grote rioolwaterzuiveringsinrichtingen (RWZI's), zijn de effluentconcentraties van IBA-systemen algemeen duidelijk hoger, mede als gevolg van de hogere influentconcentraties;

- Alle beschouwde systeemtypen voldoen gemiddeld gezien aan functionele eisen bij individuele behandeling van afvalwater, d.w.z. redelijke zuiveringsprestaties en bedrijfszekerheid bij een geringe mate van toezicht.

- De beschouwde systeemtypen vertonen onderling echter sterke verschillen ten aanzien van kosten en afzonderlijke functionele aspecten - zuiveringsprestaties, bedrijfsaspecten (controle- en onderhoudslast, eenvoud van bediening, bedrijfszekerheid), hinder voor de omgeving, terreinverbruik -.
  Hierdoor kan bij selectie uit de systeemtypen een duidelijke voorkeur worden vastgesteld, in samenhang met de specifieke plaatselijke omstandigheden.

- Tot ca. 100 i.e. bieden infiltratiesystemen (zakput; infiltratiekanaal) algemeen de gunstigste combinatie van kosten en functionaliteit. De invoering van het Lozingenbesluit bodembescherming zal toepassing van deze systemen beperken tot ca. 10 i.e.

- Boven 100 i.e., ~~of wanneer infiltratie uit oogpunt van bodemkarakteristieken of ingevolge het Lozingenbesluit bodembescherming niet mogelijk is,~~ biedt het biorotorsysteem algemeen de gunstigste combinatie van kosten en functionaliteit.

- De overige systeemtypen vertonen soms slechts geringe verschillen ten opzichte van het meest gunstigste systeem voor wat betreft de combinatie van kosten en functionaliteit en kunnen derhalve als alternatief in aanmerking komen, zie fig. 0.2.

- Kleinschalige centralisatie door centrale behandeling van meerdere individuele lozingen kan financieel en organisatorisch aantrekkelijker zijn dan een behandeling per lozingspunt.

- Naast de technische aspecten van individuele behandeling van afvalwater verdienen ook niet-technische aspecten ruime aandacht, zoals organisatie van het beheer, alsmede de verwerking en afzet van het geproduceerde zuiveringsslib.

Overzicht resultaten evaluatie IBA-praktijkonderzoek

De belangrijkste inhoudelijke resultaten van het evaluerende onderzoek zijn onderstaand samengevat, ingedeeld per hoofdstuk van het onderhavige rapport.

A. **Afvalwaterkarakteristieken** (Hfdst. 2)

A1. De afvalwaterkarakteristieken van het ruwe afvalwater (droogweerafvoer) van in IBA-systemen te behandelen afvalwater - samenstelling, debiet en lozingspatroon, concentraties en vrachten, variaties - zijn sterk afhankelijk van de lozingsbron en locatie-afhankelijke omstandigheden (zoals leefgewoonten).
Dit geldt met name voor afvalwater van niet-woonruimten, maar tot op zekere hoogte ook voor woningen.
Hierdoor zijn niet of nauwelijks algemeen geldende richtwaarden te geven en dient bij het vaststellen van ontwerpuitgangspunten de nodige omzichtigheid te worden betracht.

A2. De concentraties in het ruwe afvalwater (droogweerafvoer) van in IBA-systemen te behandelen afvalwater afkomstig van woonruimten, liggen algemeen 1,5-2 maal hoger dan de influentmeetwaarden van grote rioolwaterzuiveringsinrichtingen.
Tijdens het IBA-praktijkonderzoek vastgestelde typische waarden voor de ruw afvalwaterkarakteristieken voor woonruimten bedragen:
debiet 123 l/(inw.d); CZV 118 gO_2/(inw.d); BZV_5 47 gO_2/(inw.d);

Opm. Het praktijkonderzoek is uitgevoerd in een periode dat nog fosfaathoudende wasmiddelen werden gebruikt. Globaal detailonderzoek bij het praktijkonderzoek gaf als indicatie een reductie van de fosfaatvracht per inwoner met 10-30 % bij toepassing van fosfaatvrij wasmiddel. De P-totaal vracht per inwoner bedraagt in dat geval ca. 2,7 gP/(inw.d).

NKj 13,5 gN/(inw.d); P-totaal 3,5 gP/(inw.d); zwevende stof 38 g/(inw.d); TZV 175 gO_2/(inw.d); CZV: BZV_5: NKj: P-totaal = 1:0,38:0,12:0,03.

A3. Het gebruikelijk met huishoudelijk afvalwater vergelijkbaar gestelde afvalwater van diverse bronnen - zoals boerderijen, internaten, hotel/restaurants, kantoren e.d. - kan op een aantal punten sterk afwijken van het afvalwater van woonruimten. De concentraties in het ruwe afvalwater van deze bronnen zijn veelal hoger, terwijl ook de samenstelling (CZV/BZV_5/NKj/P-totaal-verhouding) in meer of mindere mate kan afwijken.

A4. Het faecaal coli-gehalte in ruw huishoudelijk afvalwater bedraagt 10^5-10^8 organismen per 100 ml.
Het grijswater (spoel-, bad- en waswater) kan eveneens faecaal besmet zijn, waardoor de hygiënische kwaliteit vergelijkbaar kan zijn met die van ongedeeld afvalwater (zwart + grijs water).

B. **Ontwerpvoorschriften** (Hfdst. 2, 3 en 4)

B1. Voor ruw afvalwater (droogweerafvoer) van woonruimten zijn bij dimensionering van IBA-systemen algemeen de volgende richtwaarden te hanteren:

Parameter		Huishoudelijk ~~Ongedeeld~~ afvalwater	Zwartwater	Grijswater
Debiet	l/(inw.d	150	50	100
CZV	gO_2/(inw.d)	125	50	75
BZV_5	gO_2/(inw.d)	50	20	30
NKj	gN/(inw.d)	13-14	11-12	2
P-totaal	gP/(inw.d)	3-4	1-2	1-3
Zwevende stof	g/(inw.d)	40	25	~~15~~ 15
TZV	gO_2/(inw.d)	180-190	95-105	85

De richtwaarden voor P-totaal hebben betrekking op de situatie bij gebruik van fosfaathoudende wasmiddelen

Opm: zie opmerking bij A2. Bij gebruik van fosfaatvrije wasmiddelen kan de richtwaarde voor de P-totaalvracht in huishoudelijk afvalwater verlaagd worden tot 2,5-3 gP/(inw.d). Voor grijswater wordt de richtwaarde in dat geval 1-2 gP/(inw.d)

B2. Voor ruw afvalwater (droogweerafvoer) van niet-woonruimten is het aan te bevelen een deskundig onderzoek in te stellen ter vaststelling van de ontwerpuitgangspunten van de ruw afvalwaterkwaliteit.
Indien noodzakelijk kunnen kentallen uit de literatuur worden gebruikt voor een globale indicatie (zie hoofdstuk 2).

B3. De ontwerp- en uitvoeringsvoorschriften in buitenlandse richtlijnen en normen voor IBA-systemen - zoals DIN4261 (BRD), ATV-A122 (BRD), BSCP6279 (UK), EPA625/1-80-012 (USA), L'assainissement individuel (F) - vertonen in de meeste gevallen redelijke overeenkomsten, maar bij enkele uitgangspunten zijn substantiële verschillen aanwezig.
Van de buitenlandse normen is de Duitse norm DIN4261 het breedst van opzet. Hierin zijn van vrijwel alle in het IBA-onderzoek onderzochte systemen ontwerp- en uitvoeringsvoorschriften gegeven, en is een aanvang gemaakt met beheersvoorschriften.

B4. De resultaten van het IBA-praktijkonderzoek geven algemeen geen of nauwelijks aanleiding om voor Nederlandse ontwerp- en uitvoeringsvoorschriften duidelijk af te wijken van bestaande buitenlandse richtlijnen en normen genoemd onder B3. (Voor evaluatie zie par. 4.2.).
Wel verdient het aanbeveling in fase 4B van het IBA-onderzoeksproject:
- deze voorschriften op een aantal punten uit te breiden, hoofdzakelijk met uitvoeringstechnische voorschriften;
- deze voorschriften inhoudelijk beter op elkaar af te stemmen en eventueel licht aan te passen op basis van ervaringen volgend uit het IBA-praktijkonderzoek;

Deze verschillen kunnen enerzijds de soorten in beschouwing genomen ontwerpparameters betreffen, anderzijds kunnen de richtwaarden voor een betreffende parameter onderling verschillen. Dit laatste kan een gevolg zijn van verschillen in de beoogde doelstellingen van de voorschriften, welke laatste niet duidelijk zijn aangegeven.

- met name de voorschriften voor zandfilter-systemen, oxydatiebedsystemen en composttoiletten kritisch te herzien en bestaande buitenlandse voorschriften wellicht aan te scherpen.

C. Zuiveringsprestaties (Hfdst. 4)

C1. De verwijderingspercentages die met IBA-systemen (septic tanks als deelzuivering uitgezonderd) behaald kunnen worden, zijn van een redelijk vergelijkbare grootte als die van conventionele grote RWZI's. Dit geldt met name voor CZV en BZV. Ten aanzien van NKj en P-totaal boeken enkele IBA-systeemtypen iets minder goede resultaten, de verschillen zijn echter veelal gering.
De in het IBA-praktijkonderzoek behaalde verwijderingspercentages van de totale systemen liggen in de volgende ranges:
CZV 86-95%, BZV_5 93-99%, NKj 53-97%, N-totaal 20-79%, P-totaal 13-99%, zwevende stof 83-ca. 100%, bezinksel 85-99%, TZV 71-96%.

C2. Ten aanzien van zuiveringsprestaties in TZV-verwijdering zijn IBA-systemen in twee groepen te verdelen:
- Biologische basiszuivering (TZV-verwijdering 73-84%): *:
zandfiltersysteem, biorotorsysteem en oxydatiebedsysteem;
- Biologische basiszuivering met nitrificatie (TZV-verwijdering 85% of meer): **:
infiltratiekanaalsysteem, zakputsysteem, opgehoogd filtratiebedsysteem, actief slibsysteem, systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling (compostfilter + aeroob filter + vloeikas).

Septic tanks alleen behalen slechts een deelzuivering (TZV-verwijdering minder dan 35%).

C3. Ondanks de redelijke tot goede verwijderingspercentages die in IBA-systemen worden behaald (zie C1), zijn de gemiddelde effluentconcentraties relatief hoog in vergelijking met die van grote RWZI's (1,5-2 maal hoger bij afvalwater van huishoudens).
Een belangrijke oorzaak hiervan zijn de hogere influentconcentraties, daarnaast kan een grotere temperatuurgevoeligheid een rol spelen.

C4. Gezien de grote afhankelijkheid van de influentconcentraties op een specifieke locatie, en de grote variatie in effluentkarakteristieken, zijn niet of nauwelijks algemene richtwaarden voor de effluentkwaliteit van IBA-systemen te geven.

C5. In navolging van het gestelde in C4 is het moeilijk om algemene, redelijk haalbare, effluenteisen te definiëren voor IBA-systemen.
Indien bij IBA-systemen dezelfde effluenteisen worden gesteld als bij grotere zuiveringsinstallaties, worden onevenredig hoge eisen gesteld die niet of nauwelijks in redelijkheid zijn te behalen.
Het verdient aanbeveling om, in navolging van het buitenland (BRD, UK), lozingseisen aan IBA-systemen een afzonderlijke status te geven.

C6. Het effluent van biologische IBA-systemen, die naar behoren worden beheerd, veroorzaakt een aanzienlijk geringere belasting van het oppervlaktewater dan ingeval van ongezuiverd of slechts - via een septic tank - mechanisch gezuiverd afvalwater. De kwaliteit van het oppervlaktewater nabij het lozingspunt is algemeen van eenzelfde ordegrootte of slechts gering slechter dan bij een referentiepunt stroomopwaarts.
De hygiënische kwaliteit van het oppervlaktewater nabij het lozingspunt is echter onvoldoende.

C7. Bij infiltratiesystemen - infiltratiekanaal, zakput - wordt een aanzienlijke hoeveelheid stikstof en fosfaat in de bodem gebracht, ca. 2 gN en 0,5 gP per m^2 infiltratieoppervlak per dag.
Hiervan wordt ca. 1 gN/(m^2.d) (veelal in nitraatvorm) en ca. 50 mg P/(m^2.d) of meer naar het grondwater afgevoerd. De onverzadigde zone van het bodemcompartiment - met name de eerste 50 cm onder het infiltratieniveau - wordt hierbij als onderdeel van het zuiveringssysteem toegepast, ten koste van bodemverontreiniging.
De fosfaatbelasting is feitelijk ruim 4-10 maal zo hoog als toegestaan volgens de normen in het Besluit dierlijke meststoffen van de Wbb.

C8. De reductie aan faecale coli in het afvalwater bij behandeling in IBA-systemen bedraagt veelal 95-99%, vrijwel gelijk aan de prestaties van conventionele grote RWZI's.
Het effluent, met een faecaal coli-gehalte van ca. 10^4 organismen/100 ml, is hierdoor niet hygiënisch betrouwbaar.

C9. Hoewel de kwaliteit van het zuiveringsslib van IBA-systemen ten aanzien van zware metalen van dezelfde orde of iets beter is dan de gemiddelde slibkwaliteit van de grote RWZI's in Nederland, zijn overschrijdingen van de normgehalten in de richtlijn van de Unie van Waterschappen voor afzet van vloeibaar slib in de landbouw zeker mogelijk, zelfs indien uitsluitend afvalwater van woonruimten wordt behandeld.

D. Bedrijfsaspecten (Hfdst. 5)

D1. De benodigde frequentie van de controle/bedieningsbezoeken voor IBA-systemen varieert van 4-50 x per jaar, afhankelijk van het systeemtype en de systeemgrootte. De totale tijdslast varieert hierbij van ca. 3-77 uur per jaar.
De vereiste deskundigheid voor controle/bediening is algemeen nihil tot gering, alleen het actief slibsysteem vereist meer specifieke deskundigheid van de beheerder. De overige systemen zijn redelijk tot goed door bewoners te beheren.

D2. Klein onderhoud aan IBA-systemen vergt geen of weinig deskundigheid en kan veelal gelijktijdig met bedrijfscontroles worden uitgevoerd, met een frequentie die lager of gelijk is aan de frequentie van de controle/bedieningsbezoeken.

D3. Periodiek onderhoud aan elektro-mechanische apparatuur dient 1-2 x per jaar te worden uitgevoerd, waarbij een zekere deskundigheid is vereist. Desgewenst kan hiertoe een servicecontract met de leverancier of een deskundige firma worden afgesloten.

D4. Terreinonderhoud dient ca. 3x per jaar te worden uitgevoerd en kan desgewenst worden uitbesteed aan een loonbedrijf.

D5. Voor groot onderhoud en reparaties dient een bepaald bedrag te worden gereserveerd. Op jaarbasis bedraagt dit algemeen 0,15-0,30% van de civiele bouwkosten en 1-2% van de bouwkosten van de elektro-mechanische onderdelen. Uitzonderingen zijn: zandfilters (ca. 0,8% van civiele bouwkosten) en biorotor-systemen (0,4-0,5% van bouwkosten e/m-onderdelen).

D6. De benodigde frequentie van slibverwerking bedraagt ca.:
- voor systemen met kleine septic tanks (0,4 m^3/i.e): 1x per 0,75-1,5 jaar (biorotor-systeem; oxydatiebed-systeem);
- voor systemen met grote septic-tanks (1-1,5 m^3/i.e.): 1x per 2,5-4 jaar (infiltratie- en filtratiesystemen);

- voor actief slibsysteem: 2-8 maal per jaar of meer;
- voor systeem met gescheiden afvalwaterbehandeling: ca. 0,5-4 x per jaar (compost en slib).

D7. Ten aanzien van de totale personeelslast van IBA-systemen voor controle, bediening en onderhoud (incl. terreinonderhoud, excl. slibafvoer) is een onderscheid te maken in diverse groepen systemen:

Systemen	bezoekfrequentie	totale tijdslast	deskundigheid
a. septic tank, infiltratiekanaalsysteem, zakputsysteem	gering	gering	weinig/geen
b. (opgeh.)filtratiebed-systeem, composttoiletten (<50 i.e.)	matig	gering/matig	weinig
c. biorotorsysteem, oxydatie-bedsysteem, grijswatersy-steem, gescheiden afvalwa-terbehandeling (< 50 i.e.)	matig/hoog	gering	matig
d. zandfiltersysteem, compost-toiletten (> 50 i.e.), ge-scheiden afvalwaterbehande-ling (> 50 i.e.)	hoog	groot	weinig/matig
e. actief slibsysteem	hoog	gering/matig	redelijk

D8. Bewegende onderdelen - zoals pompen, motoren, ventilatoren, blowers, transmissie, lagers, e.d. - zijn storingsgevoelige onderdelen en maken een systeem minder bedrijfszeker.
Zeer bedrijfszeker zijn gebleken: septic tanks, infiltratiekanaalsysteem, zakputsysteem en composttoiletten (0-1 storing per jaar).
Minder bedrijfszeker zijn: oxydatiebedsysteem, actief slibsysteem en zandfiltersysteem, grijswatersysteem (tot 3 storingen per jaar).
De overige systemen liggen hier tussen in.

D9. Behoudens bij enkele pompen (oxydatiebed, actief slibsysteem) is er geen overmatige slijtage geconstateerd van systeemonderdelen tijdens het praktijkonderzoek.

D10. Het energieverbruik is afhankelijk van het beschouwde systeemtype en de systeemgrootte.
Het energieverbruik is het hoogste voor actief slibsysteem, 110-700 kWh/(i.e-jaar) of 9-60 kWh/kg BZV verwijderd, gevolgd door het oxydatiebedsysteem, 80-335 kWh/(i.e. jaar) of 6-30 kWh/kg BZV verwijderd. Het biorotorsysteem verbruikt duidelijk minder energie, 18-115 kWh/(i.e. jaar) of 1,5-10 kWh/kg BZV verwijderd.
De overige systemen verbruiken niet of nauwelijks energie.

D11. De overlast van IBA-systemen is algemeen gering tot verwaarloosbaar.
Geurhinder kan met name optreden bij:
- septic tanks met een lange hydraulische verblijftijd (meer dan 30 dagen);
- niet afgedekte zandfilters, aan het eind van de looptijd van een filter (plasvorming op het filteroppervlak).

Geluidshinder is nihil tot verwaarloosbaar.
Overlast van insecten kan periodiek optreden tijdens de opstartfase van composttoiletten (2-3 jaar).

D12. Het terreinbeslag van een IBA-systeem is afhankelijk van het type en de systeemgrootte. De verschillen tussen de diverse systeemtypen zijn aan-

opm. De hoge waarden behoren bij 5 ie-systemen, de lage bij 200 ie-systemen. Hiertussen mag niet lineair worden geinterpoleerd.

zienlijk, het specifieke terreinbeslag voor 200 i.e.-systemen ligt tussen 0,4 m^2/i.e. (actief slibsysteem) en 38 m^2/i.e. (infiltratiekanaalsysteem). De benodigde kelderruimte voor composttoiletten beperkt de toepasbaarheid van deze systemen tot hoofdzakelijk nieuwbouw.

E. **Standaardisatiemogelijkheden** (Hfdst. 6)

E1. Het gebruik van standaard systeemonderdelen of andere prefab elementen levert met name bij zeer kleine systemen duidelijke besparingen op in de kosten en tijdsbesteding van ontwerp en bouw van IBA-systemen.
Voorbeelden van deze standaard prefab onderdelen zijn:
- prefab betonnen kelders, als septic tank;
- prefab betonnen kelders, als zandfilterbakken;
- prefab betonnen stapelbare putringen met uitstroomopeningen, als zakput;
- compactinstallaties (biorotoren, oxydatiebedden, actief slibsystemen);
- prefab betonnen wandpanelen (voor zeer grote tanks).

De behaalde besparingen in de bouwkosten kunnen tot enkele tientallen procenten oplopen ten opzichte van in het werk gestorte constructies. Dit voordeel is echter niet onbegrensd; indien herhaling van standaard systeemonderdelen nodig is (bij grotere systemen) neemt het voordeel snel af.

E2. Bij standaardelementen voor IBA-systemen is meer aandacht gewenst voor de ontwikkeling van bedrijfszekere afvalwaterpompen met kleine capaciteit, minder dan 5 m^3/uur.

E3. De ontwikkeling van standaard voorschriften/richtlijnen voor ontwerp, uitvoering en beheer van IBA-systemen is van groot belang voor kostenreducties (reductie advieskosten ontwerp; verbetering zelfbouwmogelijkheden) en de onderlinge vergelijking van systemen.

F. **Kosten** (hfdst. 7)

F1. De bouwkosten van IBA-systemen per i.e. dalen sterk bij toename van de systeemcapaciteit.
De bouwkosten van de diverse systeemtypen verschillen sterk en lopen uiteen van (deelzuiveringssystemen uitgezonderd):
- 5 i.e.: 3.750 - 8.550 gld/i.e.;
- 20 i.e.: 1.950 - 4.350 gld/i.e.;
- 50 i.e.: 950 - 3.700 gld/i.e.;
- 200 i.e.: 500 - 3.000 gld/i.e.

(N.B.: Bouwkosten bij professionele uitvoering, excl. aanvoerleiding, grondaanschaf, advieskosten en OB).

F2. De bedrijfskosten van IBA-systemen per i.e. dalen sterk bij toename van de systeemcapaciteit.
De totale bedrijfskosten - voor personeel, onderhoud, slibverwijdering en energie - van de diverse systeemtypen verschillen sterk en lopen uiteen van (deelzuiveringssystemen uitgezonderd):
- 5 i.e.: 180 - 780 gld/(i.e. jaar);
- 20 i.e.: 60 - 330 gld/(i.e. jaar);
- 50 i.e.: 30 - 200 gld/(i.e. jaar);
- 200 i.e.: 20 - 160 gld/(i.e. jaar).

(NB: excl. OB).

F3. De opbouw van de jaarlasten van IBA-systemen is sterk afhankelijk van het systeemtype en eventueel van de systeemgrootte.

De aandelen van de diverse onderdelen in de jaarlasten liggen globaal in de volgende ranges (afhankelijk van systeemtype en -grootte):
- kapitaalslasten: 30-80%; (op basis van reële rente, 3%)
- personeelslasten: 3-40%;
- onderhoudslasten: 2-20%;
- slibafvoerkosten: 0-25%;
- energiekosten: -5-25%; (incl. besparing waterverbruik bij composttoiletten)

(NB: deelzuiveringssystemen uitgezonderd).

F4. Er zijn diverse besparingsmogelijkheden op de kosten van IBA-systemen. De belangrijkste hiervan zijn:
- bouwkosten:
  - goedkopere bouwmaterialen (ten koste van degelijkheid);
  - bijstelling ontwerpgrondslagen (ten koste van effluentkwaliteit);
  - locale, goedkopere aannemers inschakelen;
  - grotere zelfwerkzaamheid bewoners;
  - toepassing van standaard onderdelen en serieproduktie;
- bedrijfskosten
  - besparing op personeelskosten, door uitvoering van beheerstaken door bewoners;
  - besparing op terreinonderhoud (bijv. door het houden van schapen op het terrein).

Maximaal kunnen hierdoor enige tientallen procenten op de jaarlasten worden bespaard (tot ca. 10-40%, afhankelijk van systeemtype en -grootte.

F5. Uit een kostenvergelijking van IBA-systemen volgens de contante waarde methode volgt:
- het goedkoopste deelzuiveringssysteem is de septic tank (0,4 m^3/i.e.). Zeer grote septic tanks (3,5 m^3/i.e.) zijn vrijwel even duur als infiltratiesystemen;
- van de systemen met een BZV-reductie van meer dan 90% zijn de infiltratiesystemen (infiltratiekanaal/zakput) tot 100-130 i.e. het goedkoopst en vanaf 100-130 i.e. de compactsystemen (biorotor/oxydatiebed/actief slib).
  Filtratiesystemen (opgeh. filtratiebed/zandfilters) en systemen voor gescheiden afvalwaterbehandeling zijn vanaf 15 i.e. de duurste systemen;
- het zakputsysteem is 0-10% goedkoper dan het infiltratiekanaalsysteem;
- in de range van 5-100 i.e. zijn infiltratiesystemen goedkoper dan biorotorsystemen, afnemend van 100% tot 0%;
- het biorotorsysteem is ca. 10% goedkoper dan het oxydatiebedsysteem en ca. 15-65% goedkoper dan het actief slibsysteem.

G. **Toepasbaarheid IBA-systemen** (Hfdst. 8)

G1. De diverse IBA-systeemtypen vertonen aanzienlijke verschillen in kosten en in functionele aspecten (zuiveringsprestaties, technologische stabiliteit, technische bedrijfszekerheid, controle en bediening, onderhoud, hinder, ruimtebeslag).
Op grond hiervan kan bij de selectie uit deze systemen een duidelijke voorkeur voor een systeemtype worden uitgesproken in relatie tot een specifieke locale situatie.

G2. Alle beschouwde systeemtypen (deelzuiveringssystemen uitgezonderd) voldoen in meer of mindere mate aan het doel, met een voldoende waardering ten aanzien van functionele aspecten (zie G1).

De kosten zullen een belangrijker selectiecriterium zijn en in belangrijke mate de toepassing van de systemen bepalen.

G3. Systemen met een hoge overall-waardering voor functionele aspecten (zie G1), bieden tevens veelal ook de laagste kosten:
infiltratiesystemen (infiltratiekanaal; zakput) en biorotorsystemen.
Tot ca. 100 i.e. bieden infiltratiesystemen de meest geschikte combinatie van functionaliteit en kosten, daarboven het biorotorsysteem. (NB: de invoering van het Lozingenbesluit bodembescherming zal de toepassing van de betreffende infiltratiesystemen beperken tot ca. 10 i.e.; in dat geval biedt het biorotorsysteem vanaf 10 i.e. de meest geschikte combinatie van kosten en functionaliteit; deelzuiveringssystemen uitgezonderd).
De verschillen met andere systeemtypen zijn echter soms gering, zodat deze als alternatief in aanmerking kunnen komen, zie ook blz. 0.2.

G4. Indien bedrijfsafvalwater hoofdzakelijk organische bestanddelen bevat, vergelijkbaar met huishoudelijk afvalwater, kunnen IBA-systemen naar verwachting ook worden toegepast voor de behandeling van dit afvalwater, eventueel met enige aanpassingen/extra voorzieningen.

G5. Bij seizoensmatige lozingen van met huishoudelijk afvalwater vergelijkbaar afvalwater, kunnen bij een bedrijfsseizoen van ca. 6 maanden of langer IBA-systemen naar verwachting nog redelijk functioneren, eventueel met enige aanpassingen/extra voorzieningen.
Naarmate het bedrijfsseizoen korter is, wordt een bevredigende toepassing van de beschouwde IBA-systemen steeds beperkter. Wellicht bieden composttoiletten, vijversystemen en riet- of biezenvelden hiervoor meer uitkomst.

H. Nieuwe ontwikkelingen

H1. In de afgelopen tien jaar zijn geen wezenlijk nieuwe zuiveringstechnieken voor individuele behandeling van afvalwater ontwikkeld. Wel zijn reeds bestaande technieken en technologiën geoptimaliseerd en/of verder uitontwikkeld.

H2. De toepassing van slib-op-drager technieken is in de afgelopen tien jaar sterk gegroeid, met name biorotorsystemen en submerged (aerobic) filtersystemen.

H3. Voor beperkte toepassingsgebieden is de aandacht voor fysisch/chemische zuiveringstechnieken gegroeid.

H4. In vooroplopende landen inzake individuele behandeling van afvalwater is in de afgelopen jaren meer aandacht geschonken aan niet-technische aspecten op het gebied van organisatie van het beheer, financiën en juridische regelingen, alsmede aan verwerking en afzet van zuiveringsslib van IBA-systemen.

(West-Duitsland, UK, USA, Oostenrijk)

1. INLEIDING

1.1. Achtergrond

De bestrijding van de oppervlaktewaterverontreiniging door huishoudelijk afvalwater heeft zich in Nederland tot nog toe in hoofdzaak gericht op een gecentraliseerde aanpak. Gesteld mag worden, dat thans vrijwel alle woonkernen met meer dan ca. 500 inwoners zijn aangesloten op riolering en het afvalwater behandeld wordt in centrale -algemeen biologische- zuiveringsinstallaties.
De laatste jaren groeit de aandacht voor de diffuse verontreiniging veroorzaakt door de resterende - niet op riolering aangesloten - bebouwing. Hoewel in de afgelopen jaren grote inspanningen zijn getroost in het kader van aansluiting van verspreide bebouwing op centrale systemen voor inzameling van afvalwater, veelal door middel van drukriolering, resteert een aanzienlijk aantal objecten in buitengebieden waarvoor en dergelijke aansluiting veelal om financiële redenen niet haalbaar is.
Ramingen geven aan dat dit ca. 5% van het totale woningbestand in Nederland betreft, ofwel ca. 300.000 woningen. Gevoegd bij overige niet aansluitbare objecten als recreatievoorzieningen, afgelegen werklocaties, parkeerplaatsen langs autosnelwegen, aanlegplaatsen voor scheepvaart en dergelijke, wordt de totale vervuilingswaarde van deze restlozingen geraamd op 1-3 miljoen inwoner-equivalenten (i.e.), waarvan ca. 30% in de bodem wordt geloosd (infiltratie) en ca. 70% op oppervlakte, zie lit 17 (knelpuntennotitie IBA-onderzoeksproject).
Mede door de afbouw van diverse subsidieregelingen voor kostbare rioleringen lijkt thans aansluiting op riolering zijn economische grens bereikt te hebben.

Het ter plaatse behandelen van het afvalwater, ofwel "Individuele Behandeling van Afvalwater" (IBA), zou bij verspreide bebouwing een geschikt alternatief kunnen vormen voor aansluiting op centrale rioleringssystemen. De kennis omtrent de hierbij toegepaste specifieke kleinschalige afvalwaterbehandelings technieken en -systemen was echter onvoldoende om een objectieve beoordeling hiervan mogelijk te maken.
Het grootste gedeelte van de niet op riolering aangesloten objecten bezit wel een of andere vorm van deelzuivering van het afvalwater, veelal septic tanks eventueel aangevuld met een infiltratievoorziening, maar deze voorzieningen voldoen algemeen niet aan huidige opvattingen ten aanzien van grootte en uitvoering (bijv. Duitse norm DIN 4261, lit. 3).
De prestaties zijn algemeen onbevredigend, bovendien wordt in de meeste situaties slechts het zwartwater (toiletwater) in de septic tank behandeld, terwijl het grijswater (spoel, bad- en waswater) ongezuiverd wordt geloosd. Slechts incidenteel wordt het ongedeelde (totale) afvalwater behandeld in een oxidatief-biologische zuivering.

De gewenste verbetering van de huidige lozingssituatie ten aanzien van niet op riolering aangesloten bebouwing, als gevolg van verdergaande regelgeving en algemeen milieuhygiënisch besef, alsmede het gebrek aan voldoende inzicht in het functioneren en de kosten van individuele behandeling van ~~ongedeeld~~ afvalwater in oxidatief-biologische zuiveringssystemen met een BZV-verwijdering van meer dan 90%, waren aanleiding voor het toenmalige Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne - thans Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer - om in 1979 een grootschalig onderzoeksproject op te zetten naar individuele behandeling van afvalwater bij verspreide bebouwing.

1.2. Opzet IBA-onderzoeksproject; opdrachtgever en utvoerders

Opdrachtgever IBA-onderzoeksproject

Opdrachtgever is het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), Directoraat Generaal Milieubeheer (DGM), Directie Drinkwater, Water en Bodem (DWB), te Leidschendam.

Doel en onderzoeksprogramma IBA-onderzoeksproject

Doel van het totale onderzoeksproject is het verbeteren van kennis en van inzicht in de toepassing in Nederland van installaties voor de individuele behandeling van afvalwater (IBA-systemen) tot een zodanig niveau dat tot een verantwoorde keuze, ontwerp, dimensionering, beheer en beoordeling van deze installaties kan worden gekomen en in afzonderlijke situatie op goede gronden een afweging kan worden gemaakt tussen toepassing van IBA-systemen enerzijds en aanleg van riolering of discontinue inzameling anderzijds.
De studie spitst zich toe op een range van systeemgrootten van 5-200 i.e.

Onder IBA-systemen wordt hier in eerste instantie verstaan: systemen voor aërobe behandeling van huishoudelijk of hiermee vergelijkbaar afvalwater, die een BZV-verwijdering van tenminste 90% kunnen bewerkstelligen.
In breder verband worden hieronder echter ook installaties beschouwd die slechts een deelzuivering bewerkstelligen (bijv. septic tanks).

De studie betreft primair de IBA-systemen zelf en de invloed van effluent van deze installaties op het milieu. Er wordt verondersteld dat voldoende kennis aanwezig is van de diverse rioleringstechnieken om vergelijkingsberekeningen te kunnen maken.

Doelgroepen ten aanzien van het onderzoeksproject zijn niet bij name vastgesteld. Enerzijds betreft dit overheidsinstanties belast met het opstellen of uitvoeren van milieubeleid inzake afvalwaterlozingen - specifiek de lozingen van verspreide bebouwing -, met inbegrip van gemeenten. Daarnaast is het onderzoek van belang voor organisaties, bedrijven, belangengroeperingen en particulieren die direct of indirect met deze problematiek te maken hebben, bijvoorbeeld:

- onderzoeks- en onderwijsinstellingen ten aanzien van afvalwaterbehandeling;
- milieu- en bouwtechnische adviesbureau's;
- leveranciers van afvalwaterbehandelingsinstallaties of onderdelen hiervan;
- aannemers;
- milieu-organisaties;
- overkoepelende bedrijfsorganisaties;
- bewoners, c.q. eigenaars van niet op riolering aangesloten objecten.

Het onderzoeksprogramma van het IBA-onderzoeksproject is onderverdeeld in diverse fasen:

fase 1: Verkennende studie
fase 2: Ontwikkeling van IBA-technieken en toetsing van het functioneren van IBA-systemen (IBA-praktijkonderzoek):
2A: voorbereiding;
2B: uitvoering;
2C: evaluatie.
fase 3: Stoffen in de huishouding, gedrag van deze stoffen in het zuiveringsproces, in de bodem en in het oppervlaktewater.
fase 4: Voorbereiding implementatie:
4A: knelpunten;
4B: richtlijnen.

Van dit programma zijn reeds afgerond: fase 1 (1981), fase 2A (1983), fase 2B (1987/1988), fase 3 (1986/1988) en fase 4A (1989).
Onderhavige rapportage betreft de afsluiting van fase 2C.
Fase 4B zal in 1990 worden afgerond.
Een volledige lijst van tot dusver uitgebrachte rapporten in het IBA-onderzoeksproject, is gegeven in hoofdstuk 12.

Uitvoerenden
Als uitvoerenden bij het totale onderzoeksproject zijn betrokken:
- Witteveen+Bos, Raadgevende ingenieurs te Deventer;
- IWACO, Adviesbureau voor Water en Milieu te Rotterdam;
- TNO, Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie, afd. Biologie te Delft.

De taakverdeling van de uitvoerenden is globaal:
- W+B: Behandelingssystemen en oppervlaktewaterverontreiniging (realisatie proefobjecten; onderzoek algehele werking kleine afvalwatersystemen; algehele coördinatie).
- IWACO: Infiltratie in de bodem en bodemverontreiniging (parallelonderzoek aan onderzoek W+B, inzake bodemaspecten).
- MT-TNO: Invloed van bijzondere stoffen op IBA-systemen.

Onderhavige rapportage betreft de door Witteveen+Bos uitgevoerde evaluatie van het IBA-praktijkonderzoek (fase 2C), overeenkomstig opdrachtbrief DGMH/BWS 17N6420, d.d. 10 juni 1987, van de opdrachtgever.

Begeleidingscommissie
Ten behoeve van het onderzoeksproject is een begeleidingscommissie samengesteld. Voor fase 2C betrof de samenstelling hiervan:

- Ministerie VROM (DGM/DWB): ir. G. Martijnse
  drs. W.J. Willems (deels)
- Dienst Binnenwateren/RIZA: ir. A.H. Dirkzwager
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en milieuhygiëne (RIVM): ir. K. Visscher (deels)
- Zuiveringsschap Oostelijk Gelderland: ing. J. van der Plicht.

1.3. Achtergrond en afbakening van de eindrapportage fase 2C

1.3.1. Wat vooraf ging

Verkennende studie (fase 1)
Fase 1 van het totale onderzoeksproject omvat een verkennende studie inzake individuele behandeling van afvalwater en is uitgevoerd in de periode 1979-1981.
De studie omvat het vaststellen van de state-of-the-art door middel van literatuuronderzoek en bezoeken aanpraktijkinstallaties in binnen- en buitenland. Daarnaast zijn eerste, globale, kostenramingen uitgevoerd van investerings- en bedrijfskosten voor diverse IBA-systemen.
Voorts is een classificatie opgesteld ten aanzien van mogelijke infiltratiegebieden in Nederland en zijn effecten van lozing van effluent in de bodem en op oppervlaktewater bestudeerd.
Voor meer informatie wordt verwezen naar de samenvattende eindrapporten van de verkennende studie (lit. 1 en lit. 18).

Voorbereiding en uitvoering IBA-praktijkonderzoek (fase 2A en 2B)
Fase 2A en 2B van het totale onderzoeksproject omvatten de voorbereiding van veldonderzoek aan praktijkinstallaties van diverse IBA-systeemtypen en -grootten, en zijn uitgevoerd in de perioden 1981-1985 (2A, voorbereiding) en 1983-1987 (2B, uitvoering).

Lokatie	Zuiveringssysteem	Ontwerpkapaciteit (i.e.)		Medewerkende instantie
2. Kampen	ST(g)+opgehoogd filtratiebed	15		Zuiveringschap West-Overijssel
3. Ambt-Delden	ST(g)+zandfilters (2 st., intermitterend)	30		Waterschap Regge en Dinkel
5. Epse	ST(g)+infiltratiekanaal	5	•	Zuiveringschap Oostelijk Gelderland
6. Arcen	ST(g)+zakput	5		Waterschap/Zuiveringschap Limburg
7. Appelscha	ST(g)+infiltratiekanalen (2 st., intermitterend)	5		Provinciale Waterstaat Friesland
9. Putten	ST(k)+biorotor	100	•	Zuiveringschap Veluwe
11. Weesp 1	ST(k)+oxidatiebed	5		Zuiveringschap Amstel- en Gooiland
12. Swifterbant	ST(k)+oxidatiebed	180	•	Rijksinstituut Zuivering Afvalwater
14. Weesp 2	ST(k)+biorotor	5		Zuiveringschap Amstel- en Gooiland
16. Hoeven	aktief slib installatie	50	•	Hoogheemraadschap West-Brabant
18. Steenderen	ST(zg)	15		Zuiveringschap Oostelijk Gelderland
19. Grevelingen	komposttoilet	30	•	Staatsbosbeheer Grevelingen
20. Heiloo	komposttoilet; aeroob filter+vloeikas	4		Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen
21. Esbeek	ST(k)+biorotorinstallatie	30		Gem. Techn. Dienst Oost-Brabant

ST(k) = septic tank, klein; ca. 0,4 m³/i.e. (inkl. 0,1 m³/i.e. voor slibopslag)
ST(g) = septic tank, groot; ca. 1,5 m³/i.e.
ST(zg) = septic tank, zeer groot; ca. 3,5 m³/i.e.

• bestaand systeem

Figuur 1.1.: Onderzoekslocaties en -systemen van het IBA-praktijkonderzoek.

1.3.2. Opzet van de evaluatie van het IBA-praktijkonderzoek (fase 2C)

Afbakening en opzet van het evaluerende onderzoek

Onderhavig rapport omvat de algemene evaluatie van het IBA-praktijkonderzoek (fase 2C). Evaluerende beschouwingen ten aanzien van specifiek bodeminfiltratie-technische aspecten zijn opgenomen in het samenvattend eindrapport van IWACO, fase 2B (lit.10), en blijven hier in detail buiten beschouwing.

De onderhavige algemene evaluatie van het IBA-praktijkonderzoek is in de periode 1987-1989 uitgevoerd en bestaat uit de volgende onderdelen:

a. 2C-1 : Aanvullend onderzoek
b. 2C-2 : Kostenvergelijking; standaardisatie; vergunningen;
c. 2C-3 : Terughoppeling; nieuwe ontwikkelingen;
d. 2C-4 : Toepasbaarheid.

ad a. In fase 2C-1 zijn door Witteveen+Bos vier aanvullende onderzoeken bij het praktijkonderzoek uitgevoerd:
- IBA, deelproject 2C1.5, Recirculatie van effluent naar de septic tank;
- IBA, deelproject 2C1.8, Influentaanvoer;
- IBA, deelproject 2C1.9, Dragermateriaal in de septic tank;
- IBA, deelproject 2C1.16, Veldonderzoek naar de invloed van middelen voor mechanische afwas op de werking van een septic tank.

Deze aanvullende onderzoeken zijn deels uitgevoerd om enkele lacunes in kennis op te heffen en deels ten dienste van evaluatie van het praktijkonderzoek.
De resultaten zijn gebundeld in het afzonderlijke samenvattend (uit de gelijknamige werkrapporten.)

Op basis van de verkennende studie zijn negen systeemtypen geselecteerd, die naar verwachting goede mogelijkheden kunnen bieden voor individuele behandeling van afvalwater:

- septic tanks (alleen deelzuivering), zakputten, infiltratiekanalen, filtratiebedden, zandfilters, biorotoren, oxydatiebedden, actief slibsystemen, systemen voor gescheiden behandeling van afvalwater (composttoiletten voor behandeling van zwartwater; grijswatersystemen voor behandeling van grijswater).

Vijversystemen en riet- of biezenvelden zijn buiten de selectie geplaatst, gezien de milieuhygiënische bezwaren en het grote terreinverbruik die aan deze systemen zijn toegschreven in het vooronderzoek.
In totaal zijn 14 installaties van verschillend type en grootte elk gedurende een aaneengesloten periode van twee jaar uitvoerig onderzocht ten aanzien van zuiveringsprestaties, bedrijfsaspecten en invloeden op de omgeving. De over Nederland verspreid gelegen installaties waren deels bestaand en deels ten behoeve van het onderzoek ontwerpen en gerealiseerd, zie figuur 1.1.
Aan het onderzoek is door diverse instanties en waterkwaliteitsbeheerders medewerking verleend ten aanzien van bemonstering en analyse.
Voor een meer uitgebreide beschrijving van het praktijkonderzoek en de meetresultaten wordt verwezen naar de samenvattende eindrapporten van het praktijkonderzoek (lit. 11 en lit. 10).

1.3.2. Opzet van de evaluatie van het IBA-praktijkonderzoek (fase 2C)

Afbakening en opzet van het evaluerende onderzoek

~~De evaluatie van het IBA-praktijkonderzoek (fase 2C) is in de periode 1987-1989 uitgevoerd en bestaat uit de volgende onderdelen:~~

a. 2C-1: Aanvullend onderzoek
~~a. 2C-2: Kostenvergelijking; standaardisatie; vergunningen;~~
~~b. 2C-3: Terugkoppeling; nieuwe ontwikkelingen;~~
~~c. 2C-4: Toepasbaarheid.~~

zie correctie

ad ~~a~~ b. **Onderdeel 2C-2** omvat een uitgebreid onderzoek naar de kosten van de beschouwde IBA-systeemtypen van het praktijkonderzoek: bouw- en bedrijfskosten, over de range van 5-200 i.e. Ramingen van deze kosten zijn gebaseerd op de praktijkervaringen van het onderzoek en geëxtrapoleerd naar diverse systeemgrootten binnen de gestelde range. Jaarlasten en contante waarden van de systemen zijn met elkaar vergeleken, alsmede de gevoeligheid van de kostenberekeningen ten aanzien van diverse invloedsparameters.
Daarnaast is een studie uitgevoerd naar besparingsmogelijkheden bij standaardisatie in de uitvoering van IBA-systemen, ondermeer bij gebruik van standaard prefab onderdelen.
Voorts is een overzicht gegeven van vergunningen bij IBA-systemen: voorschriften, procedures en kosten van bouw-, lozings- en hinderwetsvergunningen en aanverwante zaken (verontreinigingsheffing, Lozingenbesluit bodembescherming).

ad ~~b~~ c. **In onderdeel 2C-3** is een terugkoppeling uitgevoerd van de bevindingen van het IBA-praktijkonderzoek (fase 2B) naar de resultaten van de verkennende studie (fase 1). Hierin worden afvalwaterkarakteristieken, zuiveringsprestaties en bedrijfsaspecten vergeleken met de literatuurgegevens van de voorstudie, en wordt nagegaan of bestaande -veelal buitenlandse- ontwerpvoorschriften voor de Nederlandse situatie aanpassing behoeven.
Voorts is een beschrijving gegeven van specifieke aspecten c.q. problemen, welke zich bij de realisatie van IBA-systemen kunnen voordoen. Dit betreft ondermeer de specifieke wijze van benadering van aannemers en aanbeste-

9 - IBA, samenvattend eindrapport: Aanvullend onderzoek bij het praktijkonderzoek IBA, 2C1 ~~november 1989~~ (Witteveen+Bos, november 1989)

ding, alsmede bouwtechnische adviezen om veel voorkomende fouten bij de uitvoering te voorkomen.
Daarnaast is een beeld gegeven van nieuwe ontwikkelingen en trends in individuele behandeling van afvalwater in de afgelopen tien jaar, op grond van recente literatuur.

ad. d. **In onderdeel 2C-4** zijn de beschouwde IBA-systeemtypen van het praktijkonderzoek, na evaluatie van de inderzoeksresultaten, onderling vergeleken ten aanzien van functionaliteit (zuiveringsprestaties, bedrijfsaspecten, invloeden op de omgeving, terreinverbruik) en kosten.
Hiertoe is een beoordeling van de systemen ten aanzien van een aantal belangrijke keuzecriteria samengevat in een keuzematrix. Uit de onderlinge vergelijking volgt een indicatie voor de ideale toepassingsgebieden (ranges inzake de systeemgrootte) van de diverse systemen en het meest geschikte systeem voor een bepaalde systeemgrootte.
Daarnaast is een globale beschouwing gegeven van de geschiktheid van de systemen voor niet-huishoudelijke afvalwatersoorten en/of seizoensmatige lozingen.

Het evaluerende onderzoek heeft geleid tot onderstaande werkrapporten, waarvan onderhavig rapport een samenvatting is:

- IBA, deelproject 2C2.1., kostenvergelijking systemen: deelrapport A, Basisgegevens bouw- en bedrijfskosten; deelrapport B, kostenvergelijking (Witteveen+Bos, juni 1989).
- IBA, deelproject 2C2.2., Standaardisatie (Witteveen+Bos, juli 1989).
- IBA, deelproject 2C2.3., Vergunningen (Witteveen+Bos, juni 1989).
- IBA, deelproject 2C3.1., Terugkoppeling resultaten praktijkonderzoek (Witteveen+Bos, juni 1989).
- IBA, deelproject 2C4, Toepasbaarheid (Witteveen+Bos, juli 1989).

De werkrapporten zijn tegen kostprijs te bestellen bij Witteveen+Bos, Raadgevende ingenieurs te Deventer. (Postbus 233, 7400AE)

NB. 1). Een evaluerende beschouwing ten aanzien van bodeminfiltratie-technische aspecten is opgenomen in het samenvattende eindrapport van het IBA-praktijkonderzoek van IWACO (lit. 10).

2). Synchroon aan het evaluerende onderzoek zijn in fase 2C door Witteveen+Bos vier aanvullende onderzoeken bij het praktijkonderzoek uitgevoerd:
- IBA, deelproject 2C1.5, Recirculatie van effluent naar de septic tank;
- IBA, deelproject 2C1.8, Influentaanvoer;
- IBA, deelproject 2C1.9, Dragermateriaal in de septic tank;
- IBA, deelproject 2C1.16, Veldonderzoek naar de invloed van middelen voor machinale afwas op de werking van een septic tank.

Deze aanvullende onderzoeken zijn deels uitgevoerd om enkele lacunes in kennis op te heffen en deels ten dienst van evaluatie van het praktijkonderzoek.
De resultaten zijn gebundeld in het afzonderlijke samenvattend eindrapport IBA-deelprojecten 2C1, Aanvullend onderzoek (lit. 19).

Inhoudelijke opzet van samenvattend eindrapport "Evaluatie IBA-praktijkonderzoek"

Enerzijds is getracht de inhoud van de samenvattende eindrapportage en de evaluatie van het praktijkonderzoek te beperken tot het weergegeven van alleen de belangrijkste resultaten, terwijl anderzijds de informatie zodanig uitgebreid is gehouden dat een zelfstandig leesbaar document is gevormd waarin vrijwel alle hoofdaspecten van individuele afvalwaterbehandeling zijn gebundeld.

Hoofdstuk 11 – Literatuur
Hoofdstuk 12 – Overzicht van rapporten IBA-onderzoeksproject

De opzet van de rapportage is als volgt:

Hoofdstuk 1 - Inleiding
Algemene informatie en achtergronden van het IBA-onderzoeksproject.

Hoofdstuk 2 - Afvalwaterkarakteristieken
Evaluatie van de ruw afvalwaterkwaliteit en -produktie bij verspreide bebouwing, in het bijzonder voor huishoudelijk afvalwater.

Hoofdstuk 3 - IBA-zuiveringssystemen
Overzicht van de beschouwde zuiveringssystemen en de gehanteerde ontwerpgrondslagen, alsmede een vergelijking met en van bestaande buitenlandse ontwerpvoorschriften.

Hoofdstuk 4 - Zuiveringsprestaties IBA-systemen
Evaluatie van de zuiveringsprestaties - verwijderingspercentages en effluentkwaliteit- van de beschouwde systemen en zuiveringstechnologische beschouwingen per systeemonderdeel.

Hoofdstuk 5 - Exploitatie IBA-systemen
Evaluatie van de bedrijfsaspecten van de beschouwde systemen: controle, bediening, onderhoud, bedrijfszekerheid, energieverbruik, slibverwijdering, invloeden op de omgeving en terreinverbruik.

Hoofdstuk 6 - Standaardisatiemogelijkheden bij IBA-systemen
Globale analyse van standaardisatiemogelijkheden en besparingen dientengevolge bij de beschouwde systemen.

Hoofdstuk 7 - Kosten IBA-systemen
Overzicht van uitgangspunten en resultaten van de beschouwde systemen ten aanzien van: bouwkosten, bedrijfskosten, jaarlijkse lasten, alsmede kostenvergelijking van de systemen via de constante waarde methode.

Hoofdstuk 8 - Toepasbaarheid
Onderlinge vergelijking van de beschouwde systemen ten aanzien van functionele aspecten en kosten en het onderscheiden van toepassingsgebieden voor de diverse systemen.
Globale beschouwing over toepassingsmogelijkheden bij niet-huishoudelijk afvalwater en seizoenslozingen.

Hoofdstuk 9 - Nieuwe ontwikkelingen
Overzicht van de belangrijkste nieuwe ontwikkelingen en trends in individuele behandeling van afvalwater in de afgelopen tien jaar, met name in het buitenland.

Hoofdstuk 10 - Conclusies

Bijlagen
Bijlage I geeft een overzicht van frequenties en tijdsbesteding voor bedrijfsactiviteiten voor de beschouwde systemen.
Bijlagen II t/m IV geven gespecificeerde overzichten van kosten voor de beschouwde systemen (bouwkosten, jaarlasten, contante waarden).
Bijlage V geeft een toelichting bij vergunningen voor IBA-systemen.
Bijlage VI geeft een aantal rekenvoorbeelden ten aanzien van de kosten van IBA-systemen in een breder verband (relatie tot aansluiting op centrale rioolsystemen en grootschalige afvalwaterbehandeling; invloeden van "centralisatie" bij individuele behandeling van afvalwater).
Bijlage VII gaat in op enkele specifieke punten bij de realisatie van IBA-systemen.
Bijlage VIII omvat de samenvatting van resultaten van de aanvullende onderzoeken van fase 2C-1.

			Specifieke afvalwaterproduktie (l/(inw.d))
Normen / Richtlijnen			
Duitsland	:	DIN 4261	150
	:	ATV	150
Zwitserland	:	VSA	170
Oostenrijk	:	Onorm B 2502	200
Engeland	:	WRC	120-200
Onderzoek			
Internationale Wasserstatistik 1968 - 1972			
		Nederland	126
		West-Duitsland	121
West-Duitsland		1970	119
	(schatting)	2000	200
Nederlandse schatting d.d. 1972			
		1990	118
		2000	124
Stora,"Het inwoner-equivalent getoetst"		1985	125

Tabel 2.1.: Enige literatuurwaarden voor de specifieke afvalwaterproduktie voor huishoudelijk afvalwater.

2. AFVALWATERKARAKTERISTIEKEN

2.1. Evaluatie afvalwaterkwantiteit

2.1.1. Huishoudelijk afvalwater, ongedeeld

Voor de 8 onderzoekslocaties van het IBA-praktijkonderzoek waar ongedeeld huishoudelijk afvalwater is behandeld, is de specifieke afvalwaterproduktie - de droogweerafvoer (dwa) - per bewoner bepaald, betrokken op het actuele bewonersbestand. De mogelijke afwijking in de debietmeting bedraagt 4-15%.
Uit de onderzoeksresultaten volgt:

Specifieke afvalwaterproduktie (dwa)

De gemiddelde specifieke afvalwaterproduktie per bewoner voor de onderzochte locaties bedraagt 123 $\pm$ 35 l/(inw.d). De mediaan bedraagt 118 l/(inw.d). Er bestaat een grote spreiding tussen de onderzoeksresultaten, als gevolg van verschillen in het waterverbruik op de betreffende locaties (verschillende leefgewoonten).

Standaardafwijking dagaanvoer (dwa)

De standaardafwijking in de dagaanvoer ten opzichte van het jaargemiddelde bedraagt op de onderzoekslocaties met huishoudens ca. 37%.

Variatie in de aanvoer over de dag (dwa)

Deze variatie is niet gemeten. De variatie is zeer groot, het grootste deel van de dagaanvoer wordt in enkele piekuren geloosd. In de nachtelijke uren vindt vrijwel geen wateraanvoer plaats.

Afvalwaterproduktie huishoudens (dwa), algemeen

Evaluatie van de onderzoeksresultaten geeft de volgende globale ranges voor de dagelijkse afvalwaterproduktie van huishoudens:
- gemiddeld: ca. 125 l/(inw.d); spreiding 90 - 160 l/(inw.d);
- piekdagen: ca. 170 l/(inw.d); spreiding 125 - 225 l/(inw.d).

Deze waarden sluiten goed aan bij internationale literatuur- en normwaarden, zie tabel 2.1.

2.1.2. Huishoudelijk afvalwater, grijswatercomponent

De grijswatercomponent (spoel-, bad- en waswater) is tijdens het IBA-praktijkonderzoek slechts op één locatie afzonderlijk geregistreerd.
De specifieke grijswaterproduktie op deze locatie, 23 l/(inw.d), is uitzonderlijk laag door een sterk doorgevoerde minimalisering van het waterverbruik, en is derhalve niet representatief.
Vooralsnog kan beter uitgegaan worden van literatuurwaarden voor de grijswaterlozing uit huishoudens, zie bijvoorbeeld het samenvattend eindrapport van fase 1 van het IBA-onderzoeksproject (lit. 1):

'debiet ongedeeld afvalwater = 30% zwartwater + 70% grijswater'.

(NB: zwartwater = toiletwater).

2.1.3. Afvalwaterbronnen van bedrijfsmatige aard

De specifieke afvalwaterprodukties (dwa) betrokken op de ie.-belasting op basis van BZV-aanvoer van de bij het IBA-praktijkonderzoek betrokken locaties met afvalwater van bedrijfsmatige aard bedragen:

Parameter		IBA-Praktijkonderzoek (lit. 11)			Praktijkgegevens RWZI's b)	Koot	Wiener Mitteilungen	Optelsom zwart + grijs water; fase 1 (lit. 1)
		Range a)	Mediaan	Algemeen gemiddelde en standaard afwijking	1984 / 1985	(lit. 12)	(lit. 13)	
CZV	(mg O_2/l)	668 - 1.983	980	966 ± 250	550 / 584	600 - 1.100	500	-
BZV_5	(mg O_2/l)	246 - 707	424	397 ± 110	226 / 227	300 - 500	300	264
NKj (=ca. N-totaal)	(mg N/l)	77 - 222	121	111 ± 32	52 / 53	70 - 115	50	62
P-totaal c)	(mg P/l)	19 - 46	28	27 ± 8	13,7 / 14,2	15 - 30	20	23
Zwevende stof	(mg/l)	134 - 519	294	270 ± 134	-	-	-	258

a) Range van gemiddelde waarden van de diverse onderzoekslocaties met huishoudelijk afvalwater (huishoudens).

b) Niet-voorbezonken afvalwater; oxydatiesloten.

c) Bij gebruik van fosfaathoudende wasmiddelen, zie opm. bij tabel 2.3.

Tabel 2.2.: Concentraties in ruw huishoudelijk afvalwater.

- opleidingscentrum : 103 l/(i.e.d);
- hotel/restaurant : 58 l/(i.e.d);
- boerderij, gemengd bedrijf : 30 l/(i.e.d);
- toiletgebouw benzinestation aan snelweg : 113 l/(i.e.d).

Er is geen nader onderzoek verricht naar de relatie van de afvalwaterproduktie met een maatgevende parameter voor de locatie, zoals: aantal bezoekers, aantal zitplaatsen e.d.
Derhalve zijn geen kentallen te genereren voor de betreffende afvalwaterbronnen. De gegeven waarden zijn evenmin relevant voor algemeen gebruik.
Voor kentallen van afvalwaterbronnen van bedrijfsmatige aard wordt verwezen naar literatuurwaarden van gericht onderzoek, zie bijvoorbeeld het samenvattend eindrapport van fase 1 van het IBA-onderzoeksproject (lit. 1) en paragraaf 2.3.3.

Uit de gegeven waarden van het praktijkonderzoek blijkt dat afvalwater van bedrijfsmatige aard beduidend meer geconcentreerd kan zijn dan van huishoudens, bijvoorbeeld bij het hotel/restaurant en de boerderij. Bij het ontwerp van een zuiveringssysteem dient derhalve de nodige omzichtigheid gehanteerd te worden bij het vaststellen van de ontwerpgrondslagen.

De afvalwaterproduktie van lozingsbronnen van bedrijfsmatige aard kan voorts een duidelijk lozingspatroon vertonen onder invloed van de bedrijfsmatige activiteiten.
Bedrijven in de recreatieve en in de horeca-sector kennen algemeen duidelijke pieklozingen in weekeinden en vakantiedagen. Produktie- en dienstverlenende bedrijven kunnen een lozingspatroon vertonen van bijvoorbeeld een 5-daagse werkweek, zonder lozing van afvalwater in weekeinden. Daarnaast kan er bij seizoensbedrijven een sterk seizoensmatig lozingspatroon bestaan.
Bij het ontwerp van een zuiveringssysteem voor lozingsbronnen van bedrijfsmatige aard dient extra aandacht aan het lozingspatroon te worden besteed, met name bij seizoensbedrijven.

2.2. Evaluatie afvalwaterkwaliteit

2.2.1. Huishoudelijk afvalwater, ongedeeld

Concentraties

Gemiddelde concentraties in het ruwe afvalwater (dwa) van de 8 onderzoekslocaties van het IBA-praktijkonderzoek met huishoudens, zijn weergegeven in tabel 2.2. Hierin zijn tevens enige referentiewaarden uit literatuur opgenomen.
Algemeen gemiddelde influentconcentraties voor de onderzoekslocaties met huishoudens bedragen globaal:
CZV 975 mg O_2/l; BZV 410 mg O_2/l; NKj 115 mg N/l; P-totaal 27 mg P/l (bij gebruik van fosfaat-houdende wasmiddelen); zwevende stof 275 mg/l.

De gemeten influentconcentraties zijn algemeen 1,5 - 2 x hoger dan de meetgegevens van grote rioolwaterzuiveringsinrichtingen (RWZI's).
Redenen hiervoor kunnen zijn:
- geen verdunning als gevolg van toetreding van grondwater, gezien het korte rioolstelsel en de gelijmde verbindingen;
- geen verdunning door regenwater, gezien de gescheiden droogweer- en regenwaterafvoer;
- geen afbraak in het korte aanvoerstelsel (in praktijkonderzoek: 10 - 200 m).

De spreiding tussen de gemiddelde influentconcentraties van de beschouwde onderzoekslocaties met huishoudens is groot, als gevolg van verschillen in het waterverbruik op de betreffende locaties. Afhankelijk van de locatie kunnen de gemiddelde influentconcentraties ca. een factor 3 verschillen. De standaardafwijking in de gemiddelden van de onderzoekslocaties bedraagt ca. 25 -35%.

Parameter		IBA-Praktijkonderzoek (lit. 11)			Stora Het i.e. getoetst (lit. 2)	Wiener Mitteilungen (lit. 13)	Koot (lit. 12)	Fase 1 (lit. 1)		Klassiek uitgangspunt Nederland
		Range a)	Algemeen gemiddelde en standaard afwijking	Mediaan				*1	*2	
CZV	$gO_2/(inw.d)$	98 - 164	118 ± 21	117	94	100	-	-	-	135
BZV_5	$gO_2/(inw.d)$	37 - 66	47 ± 8	46	43,9	60	54	34-79	45,2	54
NKj	gN/(inw.d)	10,1 - 18,1	13,5 ± 2,3	13,1	9,2	10	-	-	10,6	10
P-totaal b)	gP/(inw.d)	3,0 - 4,1	3,5 ± 0,3	3,5	2,3	4	-	-	4	3-4
Zw. stof	g/(inw.d)	19 - 63	38 ± 14	41	-	-	30	15-36	44,2	60
CZV/BZV	gO_2/gO_2	2,2 - 2,8	2,6 ± 0,2	2,6	2,14	1,7-1,9	-	-	-	2,5
CZV/NKj	gO_2/gN	6,8 - 10,2	8,3 ± 1,2	8,0	10,2	10	-	-	-	13,5
CZV/P-tot. b)	gO_2/gP	28,6 - 40,0	34 ± 4	33,9	40,9	25	-	-	-	38,6
TZV	$gO_2/(inw.d)$	154 - 215	175 ± 22	164	136	145,7	-	-	-	180

*1 1e interimrapport fase 1.

*2 samenvattend eindrapport fase 1, optelling zwart + grijs water.

a) Range van gemiddelde waarden van de diverse onderzoekslocaties met huishoudelijk afvalwater (huishoudens).

b) Bij gebruik van fosfaathoudende wasmiddelen.
Bij normaal gebruik van fosfaatvrij wasmiddel ligt de fosfaatvracht per inwoner ca. 10-30 % lager. (ca. 2,7 gP/(inw.d))
huishoudelijk

Tabel 2.3.: Specifieke vrachten, verhoudingen en totaal zuurstofverbruik in ruw huishoudelijk afvalwater.

, bij gebruik van fosfaathoudende wasmiddelen

De standaardafwijking voor de daggemiddelde influentconcentraties ten opzichte van het jaargemiddelde bedraagt veelal 25 - 35%, uitgezonderd de pH-waarde (4%), het zwevend stofgehalte en bezinksel (ca. 50%).
De variatie in de influentconcentratie over de dag is niet gemeten.

Evaluatie van de onderzoeksresultaten geeft aan dat op bepaalde locaties daggemiddelde piekconcentraties kunnen voorkomen ter grootte van ruim ca. 1,7 x de algemeen gemiddelde influentconcentraties (zie voorgaande).

Vrachten

In tabel 2.3. zijn de **specifieke influentvrachten** per bewoner gegeven, van de 8 onderzoekslocaties van het IBA-praktijkonderzoek met huishoudens. De specifieke vrachten zijn betrokken op het actuele bewonersbestand.
Tevens zijn enige referentiewaarden opgenomen, alsmede gegevens over de verhoudingen van CZV/BZV, CZV/NKj en CZV/P-totaal en over het totale zuurstofverbruik aan zuurstofbindende stoffen per bewoner per dag geloosd (TZV = CZV + 4,57 NKj).
Algemeen gemiddelde waarden voor de specifieke influentvrachten per bewoner voor de onderzoekslocaties met huishoudens bedragen globaal:
CZV 118 gO_2/(inw.d); BZV 47 gO_2/(inw.d); NKj 13,3 gN/(inw.d); P-totaal 3,5 gP/(inw.d); zwevende stof 40 g/(inw.d); TZV 170 gO_2/(inw.d).
Voor de samenstelling zijn gemiddeld de volgende verhoudingen gevonden:
CZV/BZV 2,6; CZV/NKj 8; CZV/P-totaal 34. (bij gebruik fosfaathoudende wasmiddelen).

De CZV-, BZV- en TZV-vrachten liggen tussen de klassieke uitgangspunten in Nederland en de resultaten van het recente, gerichte, STORA-onderzoek 'Het inwoner-equivalent getoetst' (lit. 2). Vooral de gemeten NKj- en P-totaal vrachten liggen ten opzichte van dit recente STORA-onderzoek beduidend hoger. Een goede verklaring hiervoor ontbreekt; ~~wellicht speelt het zeer korte aanvoerstelsel hierbij een rol.~~

De spreiding tussen de specifieke influentvrachten voor de beschouwde onderzoekslocaties is aanzienlijk, afhankelijk van de leefgewoonten op de betreffende locaties. Afhankelijk van de locatie kunnen de specifieke vrachten ca. een factor 2 verschillen. De standaardafwijking in de specifieke vrachten van de onderzoekslocaties bedraagt ca. 10 - 20%.

De standaardafwijking van de daggemiddelde influentvracht ten opzichte van het jaargemiddelde bedraagt 20 - 100%, veelal 40 - 60%.
De variatie van de influentvracht over de dag is niet gemeten.

Evaluatie van de onderzoeksresultaten geeft aan dat op bepaalde locaties daggemiddelde influentvrachten kunnen voorkomen ter grootte van ruim ca. 1,8 x de algemeen gemiddelde waarden.

2.2.2. Huishoudelijk afvalwater; grijswatercomponent

De grijswatercomponent is tijdens het IBA-praktijkonderzoek slechts op één locatie afzonderlijk geregistreerd. In tabel 2.4. zijn de influentconcentraties (grijswater) van deze locatie vergeleken met literatuurwaarden voor grijswater.
De concentraties op de onderzoekslocatie zijn beduidend hoger, ten gevolge van een extreme besparing op het waterverbruik. De onderzoeksresultaten zijn derhalve niet representatief.
Vooralsnog kan beter worden uitgegaan van literatuurwaarden, zie ondermeer tabel 2.4.

Voor de specifieke grijswatervrachten op de beschouwde onderzoekslocatie is gevonden:

Het IBA-praktijkonderzoek heeft (voorts) plaatsgevonden in de periode dat (nog) fosfaathoudende wasmiddelen werden gebruikt. Globaal detailonderzoek bij het praktijkonderzoek gaf als indicatie een reductie van de fosfaatvracht per inwoner met 10-30% bij toepassing van fosfaatvrij wasmiddel.

		W. Hypes (47)*	R. Laak (65)*	R. Laak (64)*	EPA (32)*	** IBA-praktijk onderzoek
BZV_5	mgO_2/l	328	250	383	255	906
CZV	mgO_2/l	452	---	850	---	1.834
NH_4^+	mgN/l	18	---	8,1	---	22
N-totaal	mgN/l	---	15	---	17	61
Fosfaten	mgP/l	59	50	108	25	13
Zwevend stof	mg/l	33	200	---	155	322
Debiet	l/(inw.d)	---	---	50	111	23

* Literatuurverwijzing in interimrapport 1 van de verkennende studie, fase 1 (lit. 1).

** 1 onderzoekslocatie; Heiloo (lit. 11).

Tabel 2.4.: Concentraties en specifiek debiet huishoudelijk grijswater.

		IBA-Praktijkonderzoek (lit. 11)		
		Niet-huishoudelijk Afvalwater (range)	Huishoudelijk Afvalwater (gem.± st.afw.)	Praktijkgegevens RWZI's(1984/1985)*
CZV	mgO_2/l	1043 - 3329	966 ± 250	550 / 584
BZV_5	mgO_2/l	398 - 1516	397 ± 110	226 / 227
NKj	mgN/l	73 - 422	111 ± 32	52 / 53
P-totaal	mgP/l	16 - 35	27 ± 8	13,7 / 14,2
Zwevend stof	mg/l	232 - 970	270 ± 134	-
CZV/BZV_5	gO_2/gO_2	1,8- 3,0	2,6 ± 0,2	2,4 / 2,6
CZV/NKj	gO_2/gN	3,4- 20,4	8,3 ± 1,2	10,6 / 11,0
CZV/P-totaal	gO_2/gP	45 - 100	34 ± 4	40,1 / 41,1

* Niet-voorbezonken afvalwater; oxydatiesloten.

Opmerking: De IBA-onderzoekslocaties met niet-huishoudelijk afvalwater betreffen: één hotel/restaurant; één boerderij (incl. stalwater); één internaat; één toiletgebouw van een benzinestation langs een autosnelweg.

Tabel 2.5.: Concentraties en verhoudingen in ruw niet-huishoudelijk afvalwater van IBA-praktijk-onderzoekslocaties.

CZV 42 gO_2/(inw.d); BZV 21 gO_2/(inw.d); NKj 1,4 gN/(inw.d); P-totaal 0,3 gP/(inw.d); zwevende stof 7,4 g/(inw.d).
Deze waarden zijn redelijk vergelijkbaar met de uit de literatuurwaarden in tabel 2.4. te genereren specifieke vrachten, uitgezonderd de zeer lage fosfaatvracht (zeer milieubewust gezin).

2.2.3. Afvalwaterbronnen van bedrijfsmatige aard

De ranges van **gemiddelde concentraties** in het ruwe afvalwater (dwa) van de 4 onderzoekslocaties van het IBA-onderzoeksproject van bedrijfsmatige aard zijn weergegeven in tabel 2.5. en vergeleken met praktijkgegevens van aanvoer van huishoudelijk afvalwater op de overige onderzoekslocaties (met huishoudens) en op grote RWZI's.

De onderzoekslocaties van bedrijfsmatige aard betreffen een opleidingscentrum, een proefboerderij (gemengd bedrijf), een toiletgebouw van een benzinestation aan een snelweg en een hotel/restaurant.
Hoewel het afvalwater van dergelijke lozingsbronnen algemeen redelijk vergelijkbaar wordt geacht met dat van bronnen van huishoudelijke aard, blijkt uit de vergelijking dat meer of minder grote afwijkingen kunnen voorkomen.
Voor de beschouwde onderzoekslocaties (bedrijven) betrof dit ten opzichte van afvalwater van individuele huishoudens:

- opleidingscentrum : vrijwel identieke specificaties ruw afvalwater;
- proefboerderij : aanzienlijk hogere concentraties CZV, BZV, NKj en zwevende stof, door gedeeltelijke aanvoer van gier (2-5x hoger);
  hogere verhoudingen CZV/NKj (= 18,5) en CZV/P-totaal (= 100);
- toiletgebouw benzinestation : hogere concentraties van met name NKj (4x hoger) en van CZV, BZV en zwevende stof (1,5-2x hoger);
  met name een lagere verhouding CZV/NKj (= 3,4);
- hotel/restaurant : hogere CZV en BZV-concentraties (2x hoger);
  lagere verhouding CZV/BZV (= 1,8) en hogere verhouding CZV/NKj (= 20,4).

Daarnaast kan een grotere afvoer plaatsvinden van storende en/of toxische stoffen.

Gevolgen van een afwijkend karakter van afvalwater van lozingsbronnen van bedrijfsmatige aard ten opzichte van afvalwater van individuele huishoudens kunnen zijn:

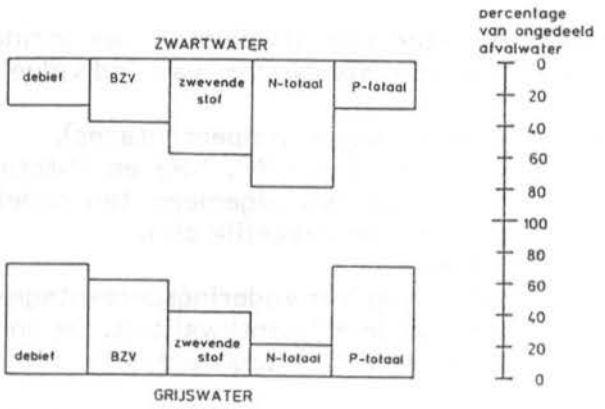
- Afwijkende zuiveringsprestaties (verwijderingspercentages).
  Sterk afwijkende verhoudingen van CZV, BZV, NKj en P-totaal kunnen het biologische zuiveringsproces beïnvloeden, algemeen ten nadele. In ernstige gevallen kan correctie in het proces noodzakelijk zijn.
- Afwijkende effluentconcentraties.
  Naast het reeds genoemde effect op verwijderingspercentages kan de influentconcentratie van invloed zijn op de effluentkwaliteit. De doorgaans hogere influentconcentraties hebben hogere effluentconcentraties tot gevolg.

Gezien het voorgaande is het van groot belang afvalwater van lozingsbronnen van bedrijfsmatige aard niet zondermeer aan te merken als 'huishoudelijk afvalwater'.

		Gemiddelde waarden IBA-Praktijkonderzoek (lit. 11)		Ontwerp richt-waarden
		Range	Typische waarde	
Concentraties				
CZV	(mgO_2/l)	800 - 1100	966	830 - 1040
BZV_5	(mgO_2/l)	300 - 450	397	330 - 420
N-Kj	(mgN/l)	80 - 140	111	90 - 115
P-totaal*	(mgP/l)	20 - 35	27	23 - 30
Zwevend stof	(mg/l)	180 - 420	270	260 - 330
Vrachten				
CZV	($gO_2/(inw.d)$)	100 - 200	118	125
BZV_5	($gO_2/(inw.d)$)	35 - 70	47	50
N-Kj	(gN/(inw.d))	10 - 20	13,5	13 - 14
P-totaal*	(gP/(inw.d))	3,0 - 4,5	3,5	3 - 4
Zwevend stof	(g/(inw.d))	20 - 65	38	40
Verhoudingen				
CZV/BZV_5	(gO_2/gO_2)	2,2 - 2,8	2,6	2,5
CZV/N-Kj	(gO_2/gN)	6,8 - 10,2	8,3	8,9 - 9,6
CZV/P-totaal*	(gO_2/gP)	28,6 - 40,0	34	31 - 42
Totaal zuurstofverbruik TZV	($gO_2/(inw.d.)$)	154 - 215	175	180 - 190
Afvalwaterproduktie				
- gemiddeld	(l/(inw.d))	90 - 160	123	150
- piekwaarde	(l/(inw.d))	125 - 225	170	200

* bij gebruik van fosfaathoudende wasmiddelen; bij gebruik van fosfaatvrije wasmiddelen

Tabel 2.7.: Afvalwaterkarakteristieken ruw huishoudelijk afvalwater volgend uit het IBA-praktijkonderzoek, en hieruit afgeleide ontwerprichtwaarden.



Figuur 2.1.: Globale verdeling van zwartwater en grijswater in ruw huishoudelijk afvalwater.

Ruime aandacht dient geschonken te worden aan de samenstelling van het ruwe afvalwater en de te verwachten zuiveringsprestaties c.q. effluentkwaliteit.

De resultaten van het IBA-praktijkonderzoek vormen geen basis voor algemene richtwaarden, de influentkarakteristieken zijn hiervoor te sterk locatie-afhankelijk.
Verwezen wordt naar literatuurwaarden van gericht onderzoek naar kentallen van specifieke afvalwatersoorten.

2.2.4. Hygiënische kwaliteit

Faecale coli worden toegepast als indicator organismen voor een faecale verontreiniging. De mate waarin faecale coli - in het afvalwater - voorkomen, geeft een indicatie voor het mogelijke besmettingsgevaar met pathogene organismen voortkomende uit de faecale verontreiniging.

In het IBA-praktijkonderzoek werden regelmatig hogere faecale coli-gehalten gemeten in het ruwe afvalwater, dan in overeenkomstige literatuurwaarden, zie tabel 2.6.
Globaal kan echter voor ongedeeld ruw huishoudelijk afvalwater een faecaal coli-gehalte worden aangehouden van 10^5 - 10^8 organismen per 100 ml.

Grijswater kan faecaal besmet raken, bijvoorbeeld door luierwas, zoals in het praktijkonderzoek is ondervonden en bevestigd is door recente literatuur.
Deze bevinding is een waarschuwing tegen het zondermeer aannemen van een geringer besmettingsgevaar via grijswater. Afhankelijk van de leefgewoonten kan de hygiënische kwaliteit van grijswater soms vergelijkbaar zijn met die van ongedeeld afvalwater.

lit. fase 1 (lit. 1):	grijswater	660	org./100 ml
	zwartwater	6×10^6	org./100 ml
	ongedeeld afvalwater	$2{,}1 \times 10^6$	org./100 ml
recente literatuur (div.):	huishoudelijk afvalwater	$(0{,}1\text{-}10) * 10^6$	org./100 ml
	grijswater*	$(1{,}9\text{-}6{,}3) * 10^6$	org./100 ml
	(* 1 publicatie, opmerkelijke waarde)		
IBA-praktijkonderzoek:	huishoudelijk afvalwater	$(2\text{-}200) * 10^6$	org./100 ml
	grijswater	$(3\text{-}16{,}8) * 10^6$	org./100 ml

Tabel 2.6.: Faecale coli-gehalten in ruw afvalwater.

2.3. Aanzet tot ontwerp-richtwaarden afvalwaterproduktie

2.3.1. Huishoudelijk afvalwater, ongedeeld

Op basis van evaluatie van de influentgegevens van de onderzoekslocaties met huishoudens zijn globale algemene ontwerp-richtwaarden opgesteld van de droogweerafvoer van ruw, ongedeeld, huishoudelijk afvalwater voor IBA-systemen, zie tabel 2.7.
Bij gebrek aan nadere gegevens kan van deze ontwerp-richtwaarden gebruik worden gemaakt.

2.3.2. Huishoudelijk afvalwater, gedeeld, zwartwater- en grijswatercomponenten

De onderzoeksresultaten van het IBA-praktijkonderzoek geven géén nader inzicht in algemene richtwaarden voor de zwartwater- en de grijswatercomponenten van huishoudelijk afvalwater.

AFVALWATERPRODUKTIE BIJ DIVERSE BRONNEN

bron	hoeveelheid	eenheid	land	lit.	jaar
hotel	150	l/gast.dag	Engeland	1	1979
	150	l/gast.dag	W.-Duitsland	1	1973
	200 - 600	l/bed.dag	W.-Duitsland	1	1979
	190 - 270	l/gast.dag	V.S.	1	1973
restaurant	38	l/gast.dag	V.S.	1	1973
	30 - 40	l/gast.dag	V.S.	1	1969
	26 - 38	l/gast.dag	Engeland	1	1979
	11 - 26	l/geserveerde maaltijd.dag	V.S.	1	1973
	9,5 - 11	(keukenafvalwater)	V.S.	1	1969
wegrestaurant	13	l/gast.dag	Nederland	1	1972
	16	l/gast.dag	Nederland	1	1978
	140	l/zitplaats.dag	Nederland	1	1978
verblijfscamping	95 - 132	l/bezoeker.dag	V.S.	1	1973
	50 - 120	l/bezoeker.dag	Engeland	1	1979
	78 - 124	l/bezoeker.dag	Nederland	1	1976
	70	l/bezoeker.dag	Nederland	1	1974
	50 - 100	l/bezoeker.dag	Nederland	1	1968
	60	l/bezoeker.dag	W.-Duitsland	1	1979
	190	l/staplaats.dag	V.S.	1	1973
	200	l/staplaats.dag	W.-Duitsland	1	1979
kantoor	75	l/werknemer.dag	V.S.	1	1973
	40 - 50	l/werknemer.dag	Engeland	1	1979
	40 - 60	l/werknemer.dag	W.-Duitsland	1	1973
toiletgebouw	19	l/bezoeker.dag	V.S.	1	1969
	8 - 12	l/bezoeker.dag	Nederland	1	1972
rekreatiestand	1,2	l/bezoeker.dag	Nederland	1	1975

BZV-ONTWERPRICHTWAARDEN

herkomst afvalwater	hoeveelheid BZV	eenheid	land	lit.	jaar
hotel	57	g/gast.dag	V.S.	1	1973
restaurant	7	g/maaltijd.dag	V.S.	1	1973
	10	g/bezoeker.dag	V.S.	1	1973
camping	59 - 64	g/bezoeker.dag	V.S.	1	1973
ziekenhuis	235	g/hoofd.dag	V.S.	1	1973
kantoor	23	g/werknemer.dag	V.S.	1	1973
bedrijf	33	g/werknemer.ploeg	V.S.	1	1973

i.e.-ONTWERPRICHTWAARDEN

herkomst	i.e.-kengetal	land	lit.	jaar
hotel	1 bed=1 i.e.	W.-Duitsland	1	1975
hotel;internaat	1 bed=1-3 i.e.(naar gelang voorzieningen)	W.-Duitsland	3*	1983
cafetaria (zonder keuken)	3 zitplaatsen=1 i.e.	W.-Duitsland	3*	1983
café/restaurant	1 zitplaats=2 i.e. (drukbezocht)	W.-Duitsland	1	1979
(met keuken)	1 zitplaats=1 i.e. (bij ten hoogste driemalige zitplaatsbenutting per 24 uur; voor iedere volgende driemalige benutting 1 i.e. extra)	W.-Duitsland	3*	1983
wegrestaurant	1 bezoeker=0,17 i.e. (BZV bezonken)	Nederland	1	1978
clubhuis	5 bezoekers=1 i.e. (zonder keuken)	W.-Duitsland	3*	1983
camping	2 bezoekers=1 i.e.	W.-Duitsland	3*	1983
	1 bezoeker=0,5 i.e.	Nederland	1	1974
	1 bezoeker=0,56 i.e.	Nederland	1	1975
sportterrein	30 bezoekers=1 i.e. (zonder cafetaria, restaurant, clubhuis)	W.-Duitsland	3*	1983
fabrieken/bedrijv.	2 werknemers=1 i.e. (zonder keuken)	W.-Duitsland	3*	1983
kantoren	3 werknemers=1 i.e. (zonder keuken)	W.-Duitsland	3*	1983

* 150 l/(i.e.d); 60 $gBZV_5$/(i.e.d)

Tabel 2.8.: Kengetallen afvalwaterkarakteristieken van diverse bronnen.

de totale hoeveelheid ruw huishoudelijk

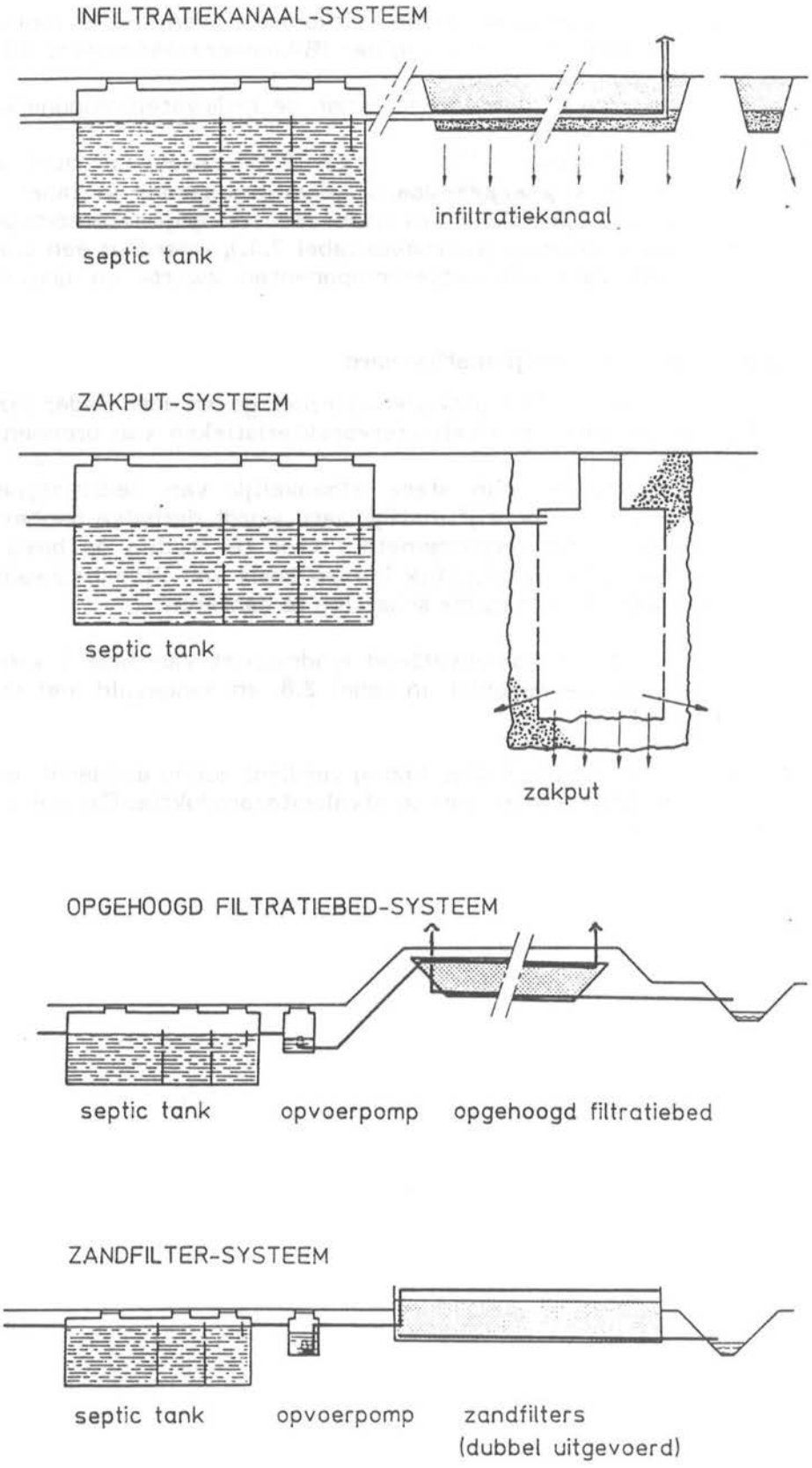
Indien noodzakelijk, kunnen literatuurwaarden uitkomst bieden, zie bijvoorbeeld het samenvattend eindrapport van fase 1 van het IBA-onderzoeksproject (lit. 1), waaruit fig. 2.1. is overgenomen.
De met deze figuur aangegeven percentages voor de grijswatercomponent ten opzichte van ~~ongedeeld~~ afvalwater:
debiet 70%, BZV 60%, N-totaal 20%, P-totaal 70%, zwevende stof 40%, toegepast op de typische ruwe, ~~ongedeelde~~ afvalwatergegevens in tabel 2.7., geven redelijk vergelijkbare specifieke vrachten voor de grijswatercomponent overeenkomstig literatuuropgaven (bijvoorbeeld tabel 2.4.), waardoor een globale schatting van de afzonderlijke afvalwatercomponenten zwart- en grijswater mogelijk is.

2.3.3. Afvalwaterbronnen van bedrijfsmatige aard

De onderzoeksresultaten van het IBA-praktijkonderzoek geven géén nader inzicht in algemene richtwaarden voor de afvalwaterkarakteristieken van bronnen van bedrijfsmatige aard.
Deze afvalwaterkarakteristieken zijn sterk afhankelijk van bedrijfstype en locatie. Voor lozingsbronnen van bedrijfsmatige aard wordt derhalve aanbevolen voor de betreffende locatie ontwerpparameters vast te stellen op basis van vooronderzoek, of - indien dit niet mogelijk is - op basis van literatuurwaarden van gericht onderzoek, alsmede een ruime schatting te hanteren.

Enige literatuurwaarden uit het samenvattend eindrapport van fase 1 van het IBA-onderzoeksproject zijn overgenomen in tabel 2.8. en aangevuld met duitse normwaarden uit DIN 4261 (lit. 3).

Het lozingspatroon van de bedrijfsmatige lozing verdient ruime aandacht bij het vaststellen van ontwerp-richtwaarden van de afvalwaterproduktie. Dit geldt met name bij seizoensbedrijven.



Figuur 3.1.: IBA-systemen: infiltratie- en filtratiesystemen.

3. IBA-ZUIVERINGSSYSTEMEN

3.1. Beschouwde systemen, dimensioneringsgrondslagen en uitgangspunten bij de systeemvergelijking

Beschouwde IBA-systemen

De zuiveringssystemen voor individuele behandeling van afvalwater, die bij de evaluatie zijn beschouwd, zijn overeenkomstig de tijdens het IBA-praktijkonderzoek beproefde systemen.
Alle bij de vergelijking betrokken biologische zuiveringssystemen zijn in principe in staat een BZV-reductie van meer dan 90% te bewerkstelligen. De zeer grote septic tank (3,5 m^3/i.e.), zoals in het praktijkonderzoek beproefd is, is slechts in staat tot een mechanische deelzuivering met een BZV-rendement van maximaal 50 à 60% en derhalve niet bij de systeemvergelijking betrokken.

De zuiveringssystemen bestaan uit één of meer van de volgende onderdelen:
- voorbehandeling (algemeen septic tanks);
- biologische behandeling;
- nabehandeling (nabezinktank of trommelfilter).

Tot de beschouwde IBA-systemen behoren (zie ook fig. 3.1. en fig. 3.2.):

1.	Infiltratiekanaalsysteem	: septic tank - infiltratiekanalen
2.	Zakputsysteem	: septic tank - zakput(ten)
3.	Opgehoogd filtratiebedsysteem	: septic tank - opgehoogd filtratiebed
4.	Zandfiltersysteem	: septic tank - zandfilters (intermitterend bedreven)
5.	Biorotorsysteem	: septic tank - biorotor - nabezinktank of trommelfilter
6.	Oxydatiebedsysteem	: septic tank - oxydatiebed -nabezinktank
7.	Actief-slibsysteem	: 'extended aeration', batchgewijs proces in 1 tank
8.	Systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling	: composttoilet (zwart water) aëroob filter - vloeikas (grijswater)

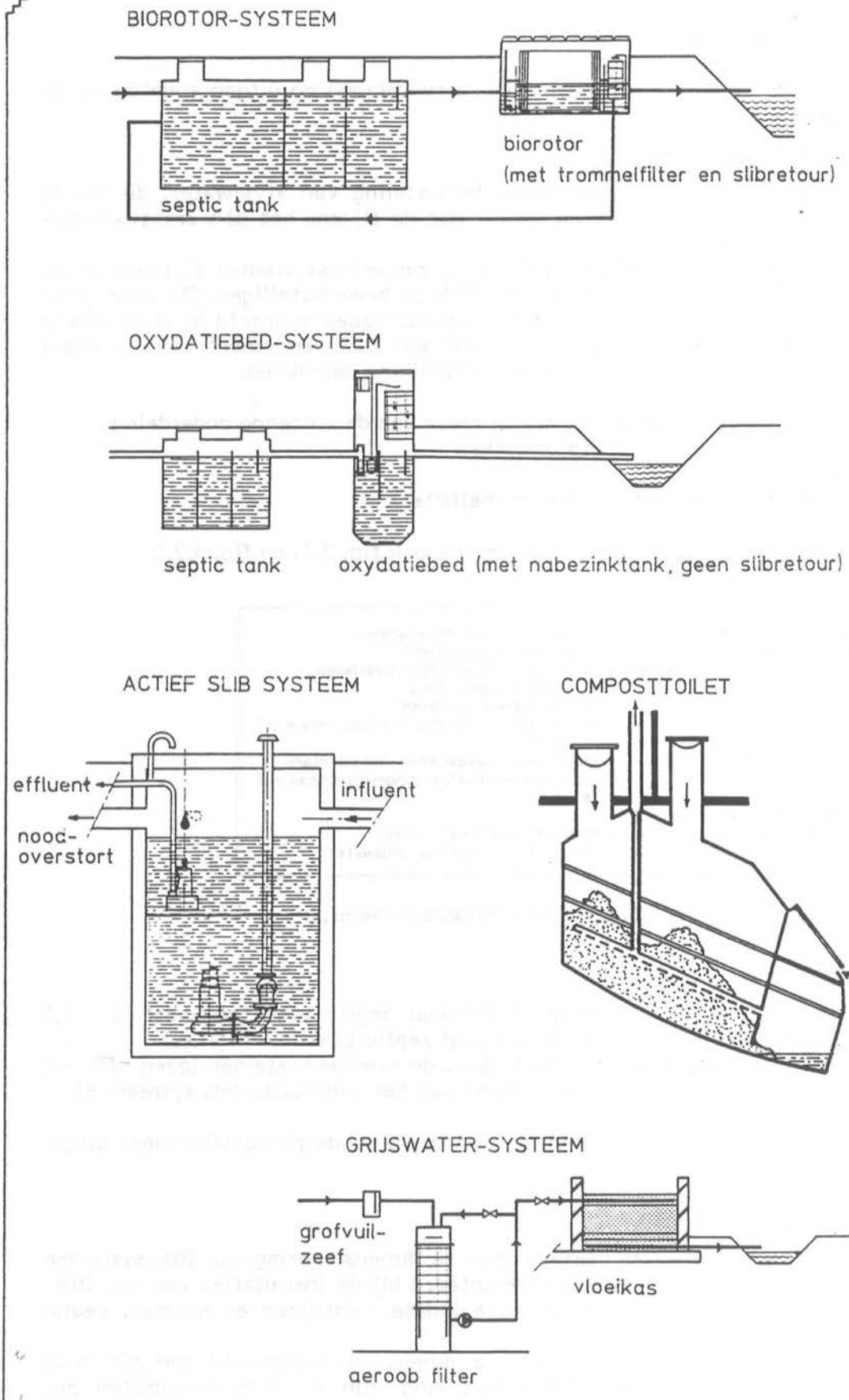
Tabel 3.1.: Beschouwde zuiveringssystemen.

In systemen 1 t/m 4 wordt een groot formaat septic tank toegepast (1 - 1,5 m^3/i.e.), in systemen 5 en 6 een klein formaat septic tank (0,4 m^3/i.e.).
Systemen 1 en 2 lozen effluent in de bodem, de overige systemen lozen effluent op oppervlaktewater (behoudens de compost van het composttoilet, systeem 8).

De systemen en systeemonderdelen worden in volgende paragrafen meer uitgebreid beschreven.

Dimensioneringsgrondslagen

Er bestaan geen landelijke richtlijnen voor de dimensionering van IBA-systemen in Nederland. De grondslagen, zoals gehanteerd bij de installaties van het IBA-praktijkonderzoek, komen voort uit buitenlandse richtlijnen en normen, veelal Amerikaanse en Duitse gegevens.
De bij de systeemvergelijking gehanteerde dimensioneringsgrondslagen zijn in de volgende paragrafen vermeld. Ter vergelijking zijn in deze paragrafen per systeemonderdeel tevens enige gegevens van vigerende buitenlandse richtlijnen of normen gegeven, te weten van:



Figuur 3.2.: IBA-systemen: compactinstallaties en systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling.

- DIN : DIN4261 Kleinkläranlagen, Teil 1 (1983, BRD) en Teil 2 (1984, BRD), (lit. 3).
  Bereik norm: huishoudelijk afvalwater met een afvalwaterdebiet tot 8 m^3/d (tot ca. 50 inwoners).
- ATV : Arbeitsblatt A122 (1974, BRD), (lit. 4). 'Grundsatze für Bemessung, Bau und Betrieb von kleinen Kläranlagen mit aerober biologischer Reinigungsstufe.
  Bereik richtlijn: huishoudelijk afvalwater, aansluitwaarde 50 - 500 inwoners.
- BSCP : BS6279, Code of Practice for Design and Installation of Small Sewage Treatment Works and Cesspools (1983, UK), (lit. 5).
  Bereik richtlijn: huishoudelijk afvalwater, maximale aansluitwaarde 1.000 inwoners.
- EPA : EPA625/1-80-012, Design Manual: Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems (1980, USA), (lit. 6).
  Bereik richtlijn: huishoudelijk afvalwater, maximaal 10 - 12 woningen.
- AI : L'assainissement individuel, principes et techniques actuelles (1980, F), (lit. 7).
  Bereik richtlijn: niet aangegeven.

Buitenlandse normen en richtlijnen zijn sinds de beschouwing in de verkennende studie van het IBA-onderzoeksproject (1980, fase 1) in diverse gevallen licht gewijzigd. Met name meer aandacht is gerezen voor biorotoren. Een aanvang is gemaakt met het vastleggen van summiere voorschriften voor onderhoud en beheer (DIN).
De wijzigingen in de voorschriften hebben (nog) niet geleid tot afstemming van buitenlandse richtlijnen op elkaar. De verschillen zijn algemeen gering, maar kunnen voor enkele uitgangspunten substantieel zijn.

Uitgangspunten voor de dimensionering bij de systeemvergelijking

Voor de onderlinge vergelijking van de IBA-systemen zijn de volgende algemene uitgangspunten voor de dimensionering toegepast:

A) **Ongedeeld huishoudelijk afvalwater:**

- hoeveelheid afvalwater	150 l/(inw.d)
- BZV_5-ruw afvalwater	54 g O_2/(inw.d)
- BZV-reductie in septic tank	30%
- BZV_5-voorbezonken afvalwater	38 g O_2/(inw.d)
- BZV-reductie totaal systeem	meer dan 90%

B) **Gescheiden behandeling zwart- en grijswater:**

- hoeveelheid grijswater	75 l/(inw.d)
- BZV_5-grijswater	33 g O_2/(inw.d)
- BZV-reductie grijswatersysteem	meer dan 90%

- afzonderlijke inzameling en behandeling van zwartwater, met compost als eindprodukt.

Ter vergelijking zijn in tabel 3.2. enige algemene uitgangspunten voor de dimensionering weergegeven zoals gehanteerd in buitenlandse richtlijnen en normen, met betrekking tot ongedeeld huishoudelijk afvalwater.

? opm: afwijkend van algemene richtwaarde in par. 2.3.2. (100 l/(inw.d)), maar slechts van geringe invloed op de onderlinge vergelijking van de IBA-systemen.

	DIN		BSCP [2]	AI [3]	EPA [4]
Specifiek volume	0,3 m^3/i.e.	1,5 m^3/i.e.	0,18*N+2 m^3	1,5*Q;4+0,75*Q	1,5Q;4,26+0,75Q
Minimaal volume	4 m^3	6 m^3	-	-	-
Aantal compartimenten	2	3	2	-	-
Volumeverhouding comp.	2 : 1	2 : 1 : 1	2 : 1	-	-
Doorstroomopeningen					
- bovenkant tot waterspiegel	$\geq$ 300 mm	$\geq$ 300 mm	225 mm $\leq$ x $\leq$ 300 mm	-	-
- bodem tot onderkant water-doorvoer	$\geq$ 50% waterhoogte	$\geq$ 50% waterhoogte	-	-	-
Waterhoogte minimaal	1,2 m	1,2 m	1,5 m	-	-
maximaal	1,9 - 3 m[1]	1,9 - 3 m[1]	-	-	-

[1] afhankelijk van het totaal volume

[2] N = aantal aangesloten inwoners

[3] Q = het afvalwaterdebiet/ Q $\leq$ 6 m^3/d; Q $\geq$ 6 m^3/d

[4] Q = het afvalwaterdebiet/ 2,84 m^3/d $\leq$ Q $\leq$ 5,68 m^3/d; 5,68 m^3/d $\leq$ Q $\leq$ 56,8 m^3/d

Tabel 3.3.: Ontwerpvoorschriften voor septic tanks in buitenlandse richtlijnen en normen.

		DIN	ATV	BSCP	EPA	AI
- hoeveelheid afvalwater	l/(inw.d)	150	150	180	180	100-150
- maximale uurdebiet	l/(inw.h)	15	15	-	-	-
- BZV_5-ruw afvalwater	gO_2/(inw.d)	60	60	-	45	50
- BZV_5-voorbezonken afvalw.	gO_2/(inw.d)	40	40	-	-	-
- N-totaal	gN/(inw.d)	-	-	-	-	10-13
- P-totaal	gP/(inw.d)	-	-	-	-	4

Tabel 3.2.: Algemene dimensioneringsuitgangspunten in buitenlandse richtlijnen en normen.

3.2. Voorbehandeling

3.2.1. Septic tanks

Hoewel septic tanks kunnen worden toegepast als ~~zelfstandige~~ deelzuivering, in hoofdzaak bijvoorbeeld als biologische zuivering te duur is, zijn de tanks hier beschouwd als voorbehandeling voor een tweede, biologische, zuiveringstrap.

De prefab betonnen septic tanks zijn grotendeels uitgevoerd conform de voorschriften in DIN4261:
- rechthoekige plattegrond;
- 3 compartimenten met een volumeverhouding in de stroomrichting van 2 : 1 : 1;
- waterhoogte 1,2 - 1,8 meter;
- scheidingswanden steken ca. 20 cm boven het waterniveau uit en bevatten doorstroomopeningen ca. 0,4 - 0,6 m onder het waterniveau;
- een duikschot voor de afvoeropening;
- alle compartimenten zijn voorzien van tenminste 1 toegangsluik (aluminium, ca. 1 m^2); bij grote tanks eventueel 2 luiken in het 1e compartiment (aan begin en eind);
- het netto-volume van de tank, zijnde het volume bepaald door het nettooppervlak van de tank en de hoogte tussen bodem en onderkant van de afvoeropening, bedraagt afhankelijk van de toepassing:
  * kleine tank, ca. 0,3 - 0,6 m^3/i.e. : voorafgaand aan een biorotor of een oxydatiebed;
  * grote tank, ca. 1,0 - 1,5 m^3/i.e. : voorafgaand aan infiltratiekanalen, zakput, filtratiebed of zandfilters.

De septic tanks zijn ingegraven in de grond, de bovenkant van de tank ligt op niveau maaiveld. Aan- en afvoer geschieden algemeen onder vrij verval.

Indien de grootte van voorradige standaard tanks (prefab kelders) onvoldoende is, kan desgewenst de septic tank worden opgebouwd uit meerdere in serie en/of parallel geschakelde tanks. In serie geschakelde tanks worden verbonden door leidingen ter hoogte van de doorstroomopeningen. Bij de serieschakeling mag een compartiment niet over meerdere tanks verdeeld worden, maximaal kunnen derhalve 2 of 3 tanks in serie worden geplaatst. Bij parallelschakeling dient iedere tank, c.q. iedere straat van in serie geschakelde tanks, te voldoen aan de hierboven vermelde uitvoeringsrichtlijnen.

Ter vergelijking zijn in tabel 3.3. buitenlandse ontwerpvoorschriften voor septic tanks opgenomen. De specifieke volumina in deze voorschriften liggen dicht bij elkaar. De specifieke volumina zijn gerelateerd aan de capaciteit van de lozing, in debiet of in i.e. DIN en BSCP-voorschriften zijn het meest uitgebreid en bevatten ook uitvoeringsvoorschriften die redelijk vergelijkbaar zijn.

	DIN	AI	EPA
Belasting:			
	kanaallengte:	kanaallengte:	hydr.belasting:
Grof tot middel grof zand	10 m/i.e.	9 m/i.e.	0,050 $m^3/(m^2.d)$
Fijn zand, lemig zand	15 m/i.e.	15 m/i.e.	0,033 $m^3/(m^2.d)$
Zandig leem, leem	20 m/i.e.	24 m/i.e.	0,025 $m^3/(m^2.d)$
Leem, poreus siltig leem	---	---	0,018 $m^3/(m^2.d)$
Siltige kleileem, kleileem	---	---	0,009 $m^3/(m^2.d)$
Maximale lengte	30 m	---	---
Breedte kanaal	$\geq$ 0,50 m	0,3-0,6 m	---
		0,6-0,8 m	
Diepte kanaal	> 0,6 m	---	---
Onderlinge afstand tussen kanalen	2 m	2 m 2,5 m	---
Helling	1 : 500	---	---

Tabel 3.4.: Ontwerpvoorschriften voor infiltratiekanalen in buitenlandse richtlijnen en normen.

3.3. Biologische behandeling

3.3.1. Infiltratiekanalen

Infiltratiekanalen worden voorafgegaan door grote septic tanks, zie par. 3.2. Er is geen nabehandeling, geloosd wordt in de bodem.
Infiltratiekanalen kunnen worden toegepast bij bodems met een redelijke doorlatendheid, verzadigde doorlatendheid ca. 0,5 - 10 m/d, en bij voldoende diepte van de grondwaterspiegel, onderkant infiltratiekanaal ca. 50 cm boven GHG.
De dimensionering is sterk afhankelijk van de bodemgesteldheid, ontwerp grondslagen voor de hydraulische belasting van de kanalen variëren van 0,009 -0,050 $m^3/(m^2.d)$ of een benodigde lengte aan infiltratiekanalen van 7 - 40 m/i.e.

Voor de beschouwde systemen is uitgegaan van een gemiddelde waarde van 15 m infiltratiekanaal per i.e., ca. 0,02 $m^3/(m^2.d)$, ofwel een bodem van fijn zand/lemig zand overeenkomstig DIN-voorschriften.
Eveneens conform de DIN-eisen is een maximale lengte van 30 m per kanaal gehanteerd.
De infiltratiedrains, ribbeldrains, liggen ca. 60 cm diep, onder een helling van 1 : 500 en zijn door een grindlaag omgeven. De breedte van de infiltratiesleuf is 40 - 50 cm. In afwijking van DIN-voorschriften is gekozen voor lusvormige kanalen met een lusbreedte van ca. 1 m en een onderlinge afstand tussen de lussen van ca. 2 m.
Aan het eind van elke lus bevindt zich een ontluchtingsstandpijp.
Verdeelputten zorgen voor gelijkmatige verdeling over de diverse infiltratiekanalen. Per verdeelput zijn maximaal 4 infiltratielussen aangesloten.
De aanvoer vanuit de septic tank vindt plaats onder vrijverval.

Ter vergelijking zijn in tabel 3.4. buitenlandse ontwerpvoorschriften voor infiltratiekanalen opgenomen.
Duitse en Franse eisen stemmen goed overeen, en stellen eisen aan de benodigde lengte per i.e. De Amerikaanse EPA-voorschriften staan een iets hogere hydraulische belasting toe, en stellen eisen aan de hydraulische belasting per m^2. Voor onderlinge vergelijking dient er rekening mee gehouden te worden dat EPA uitgaat van 180 l/(i.e.d), en DIN en AI van 150 l/(i.e.d). DIN en AI geven tevens enige uitvoeringsvoorschriften. Er bestaat geen Engels voorschrift.

3.3.2. Zakput

Zakputten worden voorafgegaan door grote septic tanks, zie par. 3.2. Er is geen nabehandeling, geloosd wordt in de bodem.
Zakputten kunnen worden toegepast bij bodems met een redelijke doorlatendheid, verzadigde doorlatendheid ca. 1 -10 m/d, en bij diepe ligging van de grondwaterstand, onderkant zakput minimaal 1,2 m boven GHG.
Voor zakputten bestaan nauwelijks algemene ontwerp- en uitvoeringsvoorschriften. Met het afvalwaterdebiet als gegeven kan het benodigde infiltratieoppervlak van de zakput worden berekend op basis van de maximale infiltratiebelasting van de bodem (ca. 0,04 - 0,06 $m^3/m^2.d$). Het infiltratieoppervlak wordt gevormd door bodem en wanden van de put.

Bij de beschouwde zakput-systemen is uitgegaan van 1 zakput per 5 i.e. - diameter Ø 2 m, hoogte ca. 3 m - opgebouwd uit 3 prefab betonringen van 1 m hoogte en met gelijkmatig verdeelde uitstroomopeningen in de wand.

Buitenlandse voorschriften voor zakputten zijn zeer beperkt (alleen enige aandacht in DIN en EPA):
EPA : - voor de infiltratiesnelheid in de bodem dient het gewogen gemiddelde genomen te worden van de diverse bodemsoorten, die de zakput doorboort.

	DIN Filtratiebed	AI Filtratiebed	EPA Opgehoogd infiltratiebed
Kanaallengte	6 m/i.e.	---	---
Maximale lengte per kanaal	30 m	---	---
Hydraulische belasting	($0{,}025 m^3/(m^2.d)$)	$0{,}013\text{-}0{,}017 m^3/(m^2.d)$*	$0.025\text{-}0{,}050 m^3/(m^2.d)$*
Afstand aanvoer- afvoer	> 0,6 m	0,8-1,2 m	---
Diepte ligging afvoer	$\geq$ 1,25 m	---	---
Onderlinge afstand aanvoerkanalen	---	2 m	---
Uniformiteitscoëfficiënt zand	---	< 4	---

* afhankelijk van de gebruikte bodemsoort

Tabel 3.5.: Ontwerpvoorschriften voor filtratiebedden en opgehoogd filtratiebed in buitenlandse richtlijnen en normen.

DIN : - gaat uit van zakputten gevuld met grind en 50 cm dikke toplaag van zand, beschermd door een spatplaat. Aanvoer tenminste 20 cm boven spatplaat;
- diameter put minimaal 1 m;
- filtratieoppervlak afhankelijk van infiltratiegegevens. Bij gebrek hieraan 1 m^2 filtratieoppervlak per i.e. aanhouden (wandoppervlak put);
- afstand putbodem-grondwaterstand minimaal 1,5 m.

3.3.3. Opgehoogd filtratiebed

Het opgehoogd filtratiebed wordt voorafgegaan door een grote septic tank, zie par. 3.2. Er is geen nabehandeling.

Het effluent van de septic tank wordt opgevoerd door een dompelpomp in een afzonderlijke pompput. Het filtratiebed is ondergebracht in een dijklichaam en bestaat van boven naar beneden uit:
- afdekkende grondlaag, 60 cm dik;
- nicolon-doek;
- p.v.c.-aanvoerdrains, Ø 5 cm, in grof grindpakket 20 cm dik;
- filterzand, 60 cm dik, uniformiteitscoëfficiënt kleiner dan 4, effectieve korreldiameter D_{10} 0,25 - 0,45 mm;
- fijn grind, 10 cm dik;
- afvoerdrains (ribbeldrains), in grof grindpakket 20 cm dik.

Aan- en afvoerdrains zijn voorzien van ontluchtingsleidingen.
In navolging van de eisen voor infiltratiekanalen is een maximale lengte van de filtratiedrains aangehouden van 30 meter. De onderlinge afstand tussen de aanvoerdrains bedraagt minimaal 1 meter. Als maximale breedte van het bed is 15 m gehanteerd.

Als ontwerpgrondslag is een hydraulische oppervlaktebelasting van 0,025 $m^3/(m^2.d)$ gehanteerd (voorbezonken afvalwater), ofwel 6 m^2 filteroppervlak per i.e.

Varianten van het opgehoogd filtratiebed zijn:
- filtratiebedden : bij diepe grondwaterstand kan het filtratiebed in de bodem geïnstalleerd worden, zodanig dat de afdekkende grondlaag gelijk valt met het maaiveld;
- opgehoogd infiltratiebed : conform het opgehoogd filtratiebed, doch zonder afvoerdrains en lozend in de bodem. Toegepast bij hoge grondwaterstand, maar bij goede infiltratiemogelijkheden.

Buitenlandse ontwerpvoorschriften van deze type systemen zijn opgenomen in tabel 3.5. De dimensioneringsgrondslagen - hydraulische oppervlaktebelasting - stemmen redelijk overeen. Opvallend is echter dat alléén het Franse voorschrift de hydraulische belasting koppelt aan de specificaties van het filterzand.
DIN en AI geven ook enige uitvoeringsvoorschriften. Er zijn geen Engelse voorschriften.

3.3.4. Zandfilters

De zandfilters worden voorafgegaan door een grote septic tank, zie par. 3.2. Er is geen nabehandeling.

Het effluent van de septic tank wordt opgevoerd door een dompelpomp in een afzonderlijke pompput. De zandfilters zijn dubbel uitgevoerd en worden intermitterend bedreven door middel van het omzetten van handbediende afsluiters (1 pomp per 2 filterbedden).

	EPA
Hydraulische belasting:	
opgebracht water: - septic tank effluent	: 0,08 - 0,2 $m^3/(m^2.d)$
- aeroob effluent	: 0,2 - 0,4 $m^3/(m^2.d)$
Korrelgrootte zand	: Deff = 0,35 - 1,00 mm
Uniformiteitscoëfficiënt	: $\leq$ 4
Hoogte zandpakket	: 0,6 - 0,9 m
Aantal filters:	
opgebracht water: - septic tank effluent	: 2; beide gedimensioneerd voor ontwerpdebiet
- aeroob effluent	: 1

Tabel 3.6.: Ontwerpvoorschriften voor zandfilters volgens EPA.

	DIN	ATV	BSCP	AI	EPA
BZV-belasting	$\leq$ 4 $g/(m^2.d)$	$\leq$ 8 $g/(m^2.d)$	$\leq$ 5 $g/(m^2.d)$	---	16-24 $g/(m^3.d)$
	$\leq$ 8 $g/(m^2.d)$*				
Hydraulische belasting	---	---	---	---	0,03-0,04 $m^3/(m^2.d)$
Oppervlakte	$\geq$ 45 m^2	---	---	3 m^2/i.e.	

* bij gelijkmatige aanvoer

Tabel 3.7.: Ontwerpvoorschriften voor biorotoren in buitenlandse richtlijnen en normen.

5 g/(m².d) → hydr. belasting ca. 0,02 $m^3/(m^2.d)$

De zandfilters zijn opgebouwd uit (prefab) betonnen kelders zonder dek, gevuld met - van boven naar beneden -:
- filterzand, 90 cm dik, uniformiteitscoëfficiënt kleiner dan 4, effectieve korreldiameter D_{10} 0,25 - 0,45 mm;
- fijn grind, 10 cm dik;
- afvoerdrains (ribbeldrains), in grof grindpakket, 30 cm dik (1 per filter).

De aanvoer geschiedt door middel van 2 p.v.c.-verdeelleidingen per filter, Ø 5 cm met uitstroomopeningen (1 per m'), ca. 20 cm boven het filteroppervlak aangebracht.
Het opgebrachte water stroomt via spatplaatjes over het filteroppervlak.

Als ontwerpgrondslag is een hydraulische oppervlaktebelasting van 0,2 $m^3/(m^2.d)$ gehanteerd (voorbezonken afvalwater), ofwel 0,75 m^2 filteroppervlak per i.e. per filter.
Het totaal geïnstalleerde filteroppervlak bedraagt 2 x 0,75 m^2/i.e.

Intermitterend bedreven zandfilters worden slechts in 1 buitenlandse norm expliciet beschreven (EPA). De hierin vermelde ontwerpgrondslagen zijn verzameld in tabel 3.6. In de Engelse norm worden zandfilters slechts aangehaald als tertiaire behandeling.

3.3.5. Biorotor

Biorotoren bestaan uit dragermateriaal, gemonteerd op een horizontale as, ten dele ondergedompeld in afvalwater. Door rotatie van de as komt het dragermateriaal met aangehechte biomassa beurtelings in contact met water en lucht.

De biorotor wordt voorafgegaan door een kleine septic tank, zie par. 3.2.
Nabehandeling vindt plaats in een nabezinktank of een trommelfilter, welke veelal deel uitmaken van het geleverde compactsysteem. Eventueel wordt een slibretourpomp bijgeleverd voor afvoer van secundair slib vanuit de nabezinktank naar een slibbuffer. Ruwweg is een volgende indeling te maken:
- kleiner dan 30 à 60 i.e.: levering met nabezinktank, geen slibretourpomp;
- 30 à 60 tot 100 à 200 i.e.: levering met nabezinktank en slibretourpomp;
- groter dan 100 à 200 i.e.: levering met trommelfilter en slibretour.

De biorotor wordt deels ingegraven in de grond en is voorzien van een overkapping. Met name bij de grotere biorotoren vindt aanvoer plaats via een doseersysteem, algemeen een scheprad gemonteerd op de rotoras.

Zeer kleine biorotoren (kleiner dan ca. 30 i.e.) zijn moeilijk verkrijgbaar op de Nederlandse markt. Voor grotere capaciteiten zijn veel leveranciers aanwezig. Biorotoren worden geleverd in diverse uitvoeringen, ondermeer ten aanzien van de uitvoering van het dragermateriaal: schijven, of kooien met los vulmateriaal.

Als algemene ontwerpgrondslag is bij de evaluatie een BZV-belasting per m^2 drageroppervlak gehanteerd ter grootte van 5 $gBZV_5/(m^2.d)$, voorbezonken afvalwater, ofwel 8 m^2 dragermateriaal per i.e.

Buitenlandse ontwerpvoorschriften zijn ter vergelijking opgenomen in tabel 3.7. De voorschriften zijn veelal uitgedrukt als BZV-belasting per m^2 dragermateriaal, uitgezonderd AI, (geeft m^2/i.e.), en vertonen aanzienlijke verschillen variërend van 4 - 16 $gBZV/(m^2.d)$. Alleen EPA geeft een voorschrift voor de hydraulische belasting.

	DIN	ATV	BSCP	AI	EPA
BZV-belasting	$\leq$ 0,15 kg/(m^3.d)	0,15-0,20 kg/(m^3.d)(2)	-	-	0,08-0,32 kg/(m^3.d)
bij zeer gelijkmatige aanvoer	0,25 kg/(m^3.d)	-	-	-	-
V (minimaal)	2 m^3	-	V=1,5 * $N^{0,83}$ m^3	0,2/0,07-0,1 (1) m^3/i.e.	-
Hoogte vullingmateriaal	-	$\geq$ 2 m	-	-	-
Hydraulische belasting	-	-	-	-	1,0-4,0 $m^3/(m^2.d)$

(1) laagbelast/hoogbelast

(2) 0,15 kg BZV/m^3/d bij 50 i.e. en 0,20 kg BZV/m^3/d bij 500 i.e.. Tussen de 50 en 500 i.e. kan rechtlijnig geïnterpoleerd worden.

N = aantal aangesloten i.e.

Opm. Alle voorschriften gaan uit van minerale vulstoffen (lavaslakken, ca. 90 m^2/m^3).
Bij toepassing van ander vulmateriaal (kunststof elementen) mag de BZV-belasting worden verhoogd, mits de BZV-vlakbelasting per m^2 vulmateriaal gelijk wordt gehouden.

Tabel 3.8.: Ontwerpvoorschriften voor oxydatiebedden in buitenlandse richtlijnen en normen.

3.3.6. Oxydatiebed

Een oxydatiebed wordt gevormd door een bed van dragermateriaal voor biomassa, algemeen los gestorte kunststof elementen met een specifiek oppervlak van 100 - 300 m^2/m^3, waarover afvalwater wordt verspreid en gerecirculeerd. Door het bed wordt een luchtstroom gevoerd door middel van natuurlijke of kunstmatige ventilatie.

Het oxydatiebed wordt voorafgegaan door een kleine septic tank, zie par. 3.2. Nabehandeling vindt veelal plaats in een nabezinktank, welke soms deel uitmaakt van het geleverde compactsysteem. De nabezinktank wordt ingegraven, het oxydatiebed blijft bovengronds. Voor capaciteiten groter dan ca. 100 i.e. wordt veelal een slibretourpomp bijgeleverd, voor afvoer van slib uit de nabezinktank naar een slibbuffer.
Een statisch verdeelwerk boven bedmateriaal zorgt voor verspreiding van het door een opvoer/recirculatiepomp aangevoerde water over het bedoppervlak.

Oxydatiebedden worden in Nederland door minder leveranciers geleverd dan biorotoren, maar zijn ook voor zeer kleine installatiegrootten goed leverbaar.

Teneinde onduidelijkheden te vermijden met betrekking tot het toegepaste dragermateriaal, verdient het aanbeveling de BZV-belasting te betrekken op het totale oppervlak aan dragermateriaal in tegenstelling tot de thans gebruikelijke grondslag voor oxydatiebedden, de ruimtebelasting aan BZV betrokken op het bedvolume.
Als ontwerpgrondslag is bij de evaluatie een BZV-vlakbelasting gehanteerd van ca. 2,3 $gBZV_5/(m^2.d)$, voorbezonken afvalwater.
Bij een algemeen gemiddelde waarde voor het specifiek oppervlak van kunststof vulmateriaal van 175 m^2/m^3, komt dit overeen met een ruimtebelasting van 0,4 kg $BZV_5/(m^3.d)$, ofwel ca. 0,1 m^3 bedvolume per i.e.

Buitenlandse voorschriften zijn ter vergelijking opgenomen in tabel 3.8. De ontwerpgrondslagen gaan uit van de BZV-ruimtebelasting of een benodigd volume per i.e. Alle voorschriften gaan uit van lavaslakken als vulmateriaal (ca. 90 m^2/m^3), waardoor de ontwerpvoorschriften niet direct vergelijkbaar zijn met bovengenoemde waarden.
De meeste richtlijnen - omgerekend naar een vlakbelasting - zijn redelijk vergelijkbaar:
- laagbelaste bedden: ca. 1 - 3 $gBZV_5/(m^2.d)$;
- hoogbelaste bedden: ca. 4 - 8 $gBZV_5/(m^2.d)$.

De Engelse BSCP-richtlijn geeft een lagere ontwerpbelasting in de range van 5 - 200 i.e.: ca. 0,5 - 0,9 $gBZV_5/(m^2.d)$.
Alleen de EPA geeft ook voorschriften aan de hydraulische belasting.

De toepassing van kunststof vulmaterialen in IBA-oxydatiebedden biedt belangrijke voordelen boven de traditionele minerale vulstoffen:
- het grotere specifiek oppervlak maakt een kleiner bedvolume mogelijk;
- meer vrije ruimte in het bed, waardoor minder kans op verstopping ontstaat.

Het is derhalve opmerkelijk dat buitenlandse voorschriften hier geen of nauwelijks aandacht aan besteden.

3.3.7. Actief-slibsysteem

Actief-slibsystemen komen in een grote verscheidenheid aan uitvoeringen voor. De meeste systemen werken met het principe van voortgezette beluchting ('extended aeration'), waarbij bijna continu belucht wordt.

Zeer kleine actief-slibsystemen, kleiner dan 20 i.e., zijn veelal niet leverbaar. Voor grotere systemen zijn diverse leveranciers in Nederland beschikbaar. Er is

	DIN	ATV	BSCP	AI	EPA
BZV-belasting	$\leq$ 0,2 kg/(m^3.d)	$\leq$ 0,2 kg/(m^3.d)	-	-	-
Slibbelasting	$\leq$ 0,05 kg/(kg ds.d)	$\leq$ 0,05 kg/(kg ds.d)	-	-	0,05-0,1 kg/(kg ds.d)
Slibgehalte	-	-	-	-	2-6 g/l
Volume	$\geq$ 1 m^3	-	230 l/i.e.	0,150 m^3/i.e.	-
Verblijftijd	-	-	-	-	2-5 dagen
Slibleeftijd	-	-			20 - 100 dagen
Zuurstofvoorziening	[O_2] $\geq$ 2 mg/l	-	15,5 m^3 lucht/(i.e.d)(1) 10 m^3 lucht/(i.e.d)(2)	30 W/m^3 AT	[O_2] $\geq$ 2,0 mg/l

(1) invoerdiepte is 2 m AT is aëratietank

(2) invoerdiepte is 3m

Tabel 3.9.: Ontwerpvoorschriften voor actief-slib systemen in buitenlandse richtlijnen en normen.

een grote verscheidenheid aan uitvoeringsvormen. De nabezinktank kan afzonderlijk geplaatst zijn, dan wel gecombineerd met de beluchtingsruimte (batchgewijze bedrijfsvoering). De beluchting, c.q. menging kan geschieden door bellenbeluchting, propellors of tussenvormen. De actieve biomassa (slibvlokken) wordt in de beluchtingsruimte in suspensie gehouden.

Bij het beschouwde type zijn géén voor- en nabehandeling in afzonderlijke tanks aanwezig. Aanvoer, beluchting en nabezinking vinden in dezelfde ruimte plaats. De beluchting is tijdgeschakeld. Gedurende een rustperiode van enige uren vindt bezinking plaats, waarna het bovenstaande water wordt afgepompt. De 'bellen'-beluchting en menging van de reactorinhoud vindt plaats door middel van een versnijdende pomp + ejector op de bodem van de beluchtingsruimte.
De prefab betonnen reactorruimte wordt ingegraven in de grond.

De gehanteerde ontwerpgrondslagen zijn:
- slibbelasting ca. 0,067 kg BZV_5/(kg ds.d), ruw afvalwater;
- drogestofgehalte ca. 4 kg ds/m^3;
- inhoud reactorruimte ca. 0,2 m^3/i.e.;
- hydraulische belasting ca. 0,75 $m^3/(m^3.d)$.

Ter vergelijking zijn in tabel 3.9. enige buitenlandse ontwerpvoorschriften verzameld. Er bestaat weinig eenheid ten aanzien van de aan voorschriften onderhevige ontwerpparameters. De voorschriften zijn hierdoor moeilijk onderling te vergelijken.
Algemeen worden als maatgevende parameters aangehouden: de slibbelasting 0,05 - 0,1 kg BZV_5/(kg ds.d), of het volume van de beluchtingsruimte 150 - 230 l/i.e. (dit is ongeveer 0,06 - 0,08 kg BZV/kg ds.d).

3.3.8. Grijswatersysteem

Voor grijswatersystemen bestaan geen afzonderlijke buitenlandse voorschriften. De dimensioneringsvoorschriften zijn veelal vergelijkbaar met die voor ongedeeld afvalwater, zij het met andere uitgangspunten voor de afvalwaterproduktie; het grijswatersysteem behandeld alleen de grijswatercomponent (spoel-, bad- en waswater).

Het hier beschouwde systeem betreft een aëroob filter, gevolgd door een vloeikas. Als voorbehandeling is een grove zeef toegepast.

Het aëroob filter is vergelijkbaar met een oxydatiebed, de dimensioneringsgrondslag komt hiermee redelijk overeen, 0,5 kg $BZV_5/(m^3.d)$, zie par. 3.3.6. Aan bedvolume kunststof dragermateriaal (175 m^2/m^3) is benodigd ca. 0,6 m^3/i.e. (als ongedeeld afvalwater).
Het aëroob filter wordt kunstmatig belucht. Het grijswater wordt over het dragermateriaal versproeid en deels gerecirculeerd.
Het toegepaste filter wordt als zodanig nog niet door leveranciers in Nederland geleverd.

De vloeikas is enigszins vergelijkbaar met een zandfilter, zij het met een andere vulling en een aanvoer ónder het oppervlak van het filter. De vloeikas - een prefab betonnen bak zonder dek, ingegraven in de grond - is van boven naar onder opgebouwd uit:
- edelcompost, 20 cm dik, waarin een aanvoerdrainage (op ca. 35 cm onderlinge afstand);
- geroerde grond, 50 cm dik;
- fijn filterzand, 10 cm dik;
- grof grind, 20 cm dik, waarin een afvoerdrainage.

De vloeikas kan worden beplant.

	DIN	ATV	BSCP[3]	AI
Oxydatiebedden/Biorotoren:				
- verblijftijd	$\geq$ 3,5 h	> 3,0 h	-	-
- hydraulische oppervlakte-belasting	$\leq$ 0,4 $m^3/(m^2.h)$	$\leq$ 0,4 $m^3/(m^2.h)$	-	laagbelast O.B.: 1,25 $m^3/(m^2.h)$ hoogbelast O.B.: 1,0 $m^3/(m^2.h)$
- drogestof-belasting	-	-	-	-
- oppervlak	$\geq$ 0,7 m^2	-	$\geq 3.N^{0.85}/40$ m^2 (vertical flow)	-
- waterhoogte	$\geq$ 1,0 m	-	-	-
- volume	$\geq$ 0,7 m^3	-	$0,135.N^{0.85}$ m^3 (horizontal flow)	-
Actief slib systemen:				
- verblijftijd	$\geq$ 3,5 h	3,5 h	-	-
- hydraulische oppervlakte-belasting	$\leq$ 0,3 $m^3/(m^2.h)$	0,3-0,5 $m^3/(m^2.h)$	-	-
- drogestof-belasting	-	2,5 kg ds/$(m^2.h)$	-	-
- oppervlak	$\geq$ 0,7 m^2	-	-	1-1,5 x Q_{max}[1] m^2
- waterhoogte	$\geq$ 1,0 m	-	-	2 x Q_h[2] m^3
- volume	-	-	-	

[1] Q_{max} = piek-uurdebiet in m^3/h
[2] Q_h = uurdebiet in m^3/h
[3] N = aantal i.e.

Tabel 3.10.: Ontwerpvoorschriften voor nabezinktanks in buitenlandse richtlijnen en normen.

Het benodigd oppervlak van de vloeikas bedraagt ca. 0,7 m^2/i.e. (als ongedeeld afvalwater), ofwel vrijwel vergelijkbaar met dat van de zandfilters, zie par. 3.3.4.

In het beschouwde systeem is één multifunctionele pomp aanwezig, die de aanvoer naar beide trappen verzorgt, alsmede de recirculatie over het aërobe filter.

3.3.9. Zwartwatersysteem

Als zwartwatersysteem is een waterloos composttoilet beschouwd. De systemen zijn commercieel beschikbaar voor een verschillend aantal personen (3 - 10 personen), waarbij het nuttig volume afhankelijk is van de uitvoering.

Het systeem bestaat uit een toiletstoel met een speciale, afsluitende zitting en een direct hieronder in de kelder geplaatste composteringsruimte waar het zwartwater (toiletwater) wordt gecomposteerd.
Per woning is 1 composteringsruimte geïnstalleerd, met één of twee toiletstoel(en). Desgewenst kan ook composteerbaar keukenafval in de composteringsruimte - via een afzonderlijke stortkoker - worden gebracht.

Voor zwartwatersystemen bestaan geen algemene buitenlandse voorschriften. Recentelijk zijn in Amerika wel onderstaande voorschriften voorgesteld:
- maximaal 5.000 toiletgebruiken per m^3 composteringsruimte per jaar;
- ventilatie: 1 m^3 lucht/minuut voor iedere 5 - 6 liters te verwijderen vloeistof.

3.3.10. Gescheiden afvalwaterbehandeling

Afhankelijk van de locatie zijn diverse combinaties van zwart- en grijswatersystemen qua uitvoering denkbaar:
- 1 volledig systeem per woning c.q. groter object;
- zwartwatersysteem per woning en centrale behandeling grijswater van een groep woningen.

Bij de onderlinge vergelijking van de IBA-systemen is uitgegaan van de laatste variant, waarbij de in par. 3.3.8. en 3.3.9. beschreven deelsystemen zijn toegepast.

3.4. Nabehandeling

Nabehandeling van het afvalwater is algemeen noodzakelijk bij biorotoren, oxydatiebedden en actief-slibsystemen. De nabehandeling, zijnde de afscheiding van het bij de biologische behandeling gevormde secundaire slib, wordt in veel gevallen reeds meegeleverd met het biologische systeem.

Bij de evaluatie van de beschouwde IBA-systemen is uitgegaan van de bij de compactinstallaties meegeleverde voorzieningen.
Op enige (buitenlandse) ontwerpvoorschriften voor twee typen nabehandeling wordt onderstaand ingegaan.

3.4.1. Nabezinktanks

Buitenlandse voorschriften zijn verzameld in tabel 3.10. In al de voorschriften wordt onderscheid gemaakt in nabezinktanks voor oxydatiebedden of biorotoren enerzijds en nabezinktanks voor actief-slibsystemen anderzijds. EPA geeft geen voorschriften.
De buitenlandse voorschriften zijn onderling moeilijk vergelijkbaar door verschillen in opzet, algemeen geldt de hydraulische oppervlaktebelasting echter als maatgevende parameter, sterk variërend van $\leq$ 0,4 - 1,25 $m^3/(m^2.h)$. De Franse AI-voorschriften liggen 3 maal zo hoog als de Duitse DIN en ATV-waarden. De Engelse BSCP-grondslagen zijn voor zeer kleine systemen redelijk vergelijkbaar met DIN en ATV.

De DIN en ATV-voorschriften zijn veruit het meest uitgebreid.

3.4.2. Trommelfilters

Trommelfilters worden veelvuldig toegepast bij grotere biorotoren. Er bestaan geen (buitenlandse) voorschriften.
Tijdens het IBA-praktijkonderzoek is op één locatie een trommelfilter toegepast, met een maaswijdte van 0,025 mm.

Vooralsnog lijkt de maaswijdte één van de noodzakelijke ontwerpparameters. Wellicht is hieraan een maximale grootte van 0,050 mm te stellen.

Systeemonderdeel	Ontwerp-grondslag	Werkelijke belasting		Verwijderingspercentages (%)						
				CZV	BZV	NKj	N-totaal	P-totaal	Zwev.stof	Bezinksel
Septic Tank	0,4-3,5	0,4-5,6*	m^3/i.e.	28-56 ± 10	18-54 ± 9	0-22 ± 10	0-22 ± 10	0-40 ± 13	48-98	92-100
Infiltratiekanalen[1]	0,025-0,047	0,01-0,06	$m^3/(m^2.d)$	78-85 ± 10	98 ± 4	84-97 ± 10	36-50 ± 35	87-99 ± 7	-	-
Opgeh.filtratiebed 1)	0,025	0,026	$m^3/(m^2.d)$	93 ± 3	99 ± 3	90 ± 12	18 ± 15	44 ± 12	54	-
Zandfilters [1]	0,17	0,16	$m^3/(m^2.d)$	78 ± 15	90 ± 14	52 ± 30	24 ± 15	32 ± 15	-	(N)
Biorotor [1]	5-5,8	1,6-10,5	gBZV/$(m^2.d)$	70-85 ± 4	86-96 ± 5	55-80 ± 17	31-59 ± 12	8- 9 ± 21	76-83	(N)
Oxydatiebed [1] **	0,4	0,2	kgBZV/$(m^3.d)$	74 ± 7	89 ± 7	44 ± 32	23 ± 12	15 ± 13	52	(N)
Actief slibsysteem	0,067	0,038	kgBZV/(kgds.d)	87 ± 5	96 ± 5	88 ± 15	64 ± 20	43 ± 30	83	98
Grijswatersysteem:										
- aeroob filter **	0,5	0,3	kgBZV/$(m^3.d)$	75 ± 10	81 ± 10	41 ± 12	41 ± 12	20 ± 20	81	73
- vloeikas	0,1	0,04	$m^3/(m^2.d)$	77 ± 15	88 ± 15	78 ± 22	55 ± 15	42 ± 30	98	67

1) Gebruikt in combinatie met een septic tank.
Voor de verwijderingspercentages van het totale systeem dienen ook de verwijderingspercentages van de septic tank te worden meegerekend.

* Verblijftijd 2,9 - 53,3 dagen.

** Kunststof dragermateriaal, ca. 175 m^2/m^3.

(N) = negatief

Tabel 4.1.: Gemiddelde verwijderingspercentages en seizoens-variaties, behaald door systeemonderdelen van zuiveringsinstallaties van het IBA-praktijkonderzoek.
(Lit. 11).

Zuiveringssystemen	Verwijderingspercentages (%)							
	CZV	BZV	NKj	N-totaal	P-totaal	Zwev.stof	Bezinksel	TZV
1. Infiltratiekanaalsysteem	90	99	85-97	37-51	88-99	98	99	90-91
2. Zakputsysteem	(geen representatieve gegevens, prestaties minder dan van 1. infiltratiekanaalsysteem)							
3. Opgeh. filtratiebedsysteem	95	99	90	20	44	95	98	93
4. Zandfiltersysteem	87	93	56	30	39	--	98	71
5. Biorotorsysteem	89-91	95-97	53-89	28-79	13-24	95-96	85-92	74-91
6. Oxydatiebedsysteem	86	94	56	39	42	96	96	74
7. Actief slib systeem	87	96	88	64	43	83	98	87
8. Systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling:								
- grijswatersysteem	94	98	87	73	54	ca. 100	91	93
- zwart-+ grijswatersysteem *	96	99	97	95	68	ca. 100	99	96
Range IBA-systeem	86-95	93-99	53-97	20-79	13-99	83-ca. 100	85-99	71-96
Verwijderinspercentage grote RWZI's (alle biologische installaties in NL, 1985, lit. 8):								
- range rekenkundig gemiddelden voor diverse systeemtypen	75-89	85-97	44-83	32-70	31-49	--	--	--
- typische waarde	81	89	66	52	39	--	--	--

* met verdeling zwart- en grijswater conform par. 2.2.2. en verantwoorde afvoer van compost en compostvocht.

Tabel 4.2.: Jaargemiddelde verwijderingspercentages van de zuiveringssystemen van het IBA-praktijkonderzoek.
en referentiegegevens grote RWZI's.

4. ZUIVERINGSPRESTATIES IBA-SYSTEMEN

4.1. Algemene beschouwing zuiveringsprestaties en systeemvergelijking

4.1.1. Verwijderingspercentages

De verwijderingspercentages die met IBA-systemen kunnen worden behaald, zijn afhankelijk van:
- de gehanteerde ontwerpgrondslagen;
- de werkelijke belasting ten opzichte van deze ontwerpgrondslagen;
- het jaargetijde;
- lokale bijzonderheden (lozingspatroon; afvalwaterkarakteristieken; afvoer van storende stoffen, etc.);
- onderhoud en bediening.

Deze aspecten kunnen de objectiviteit van een onderlinge vergelijking ten aanzien van zuiveringsprestaties beïnvloeden.
Bij de evaluatie van de prestaties van de systemen van het IBA-praktijkonderzoek zijn de volgende maatregelen getroffen om de objectiviteit zo goed mogelijk te waarborgen:
- alle onderzochte systemen zijn onder deskundig beheer bedreven;
- de gemiddelde verwijderingspercentages over een periode van 2 jaar zijn vergeleken, waardoor seizoensinvloeden zijn verdisconteerd;
- systemen waar lokale bijzonderheden tot niet-representatieve resultaten hebben geleid, zijn buiten verdere beschouwing gebleven.

Dit laatste heeft er ondermeer toe geleid dat geen representatieve resultaten zijn verkregen voor het zakput-systeem. Door ongelukkige plaatsing op een goed doorlatende zandlens werden geen onverzadigde stromingscondities bereikt in de bodem, waardoor de zuiveringsprestaties aanzienlijk onder de maat bleven. Vooralsnog is aangenomen dat zuiveringsresultaten van zakput-systemen - mits goed geplaatst - redelijk vergelijkbaar zijn met infiltratiekanaal-systemen, of iets minder goed als gevolg van een geringere mate van verspreiding over het infiltratiegebied.

Onderzoeksgegevens

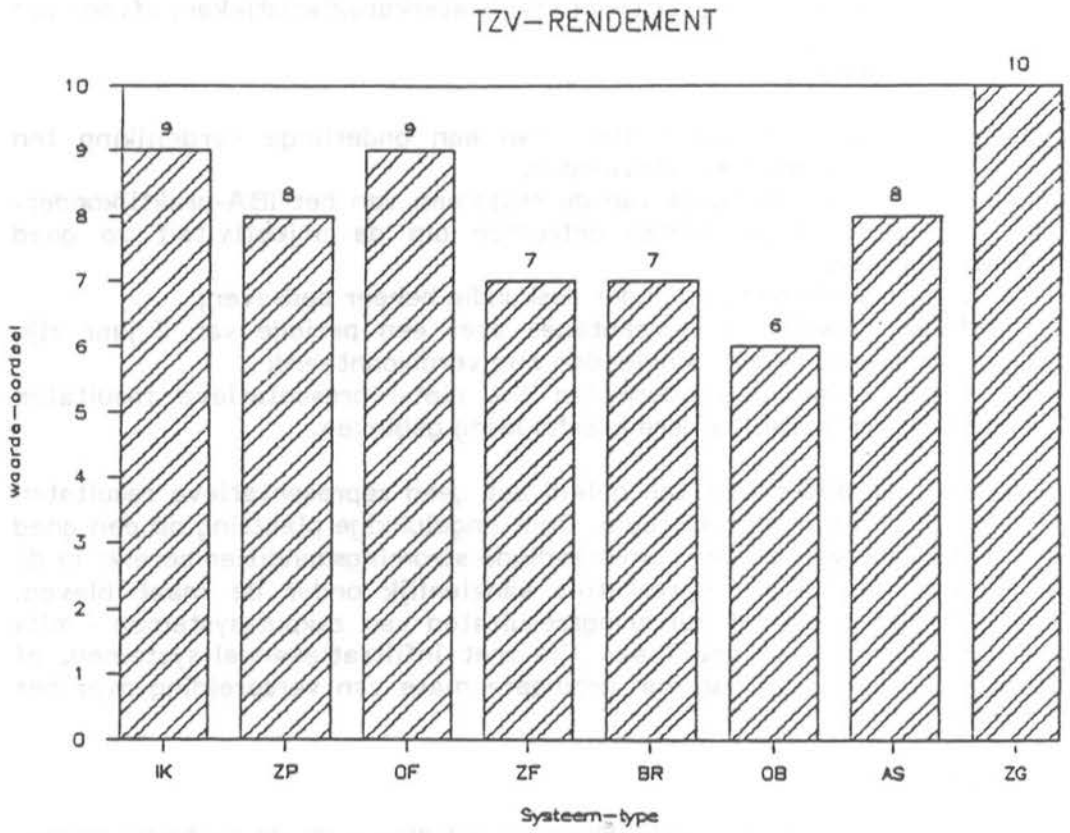
In tabel 4.1. zijn gemiddelde verwijderingspercentages - en de seizoensvariatie hier - van **systeemonderdelen** gegeven op basis van de resultaten van het IBA-praktijkonderzoek. De prestaties dienen in relatie bezien te worden met de vermelde ontwerpgrondslagen en werkelijke belastingen.

De gemiddelde verwijderingspercentages van de **totale zuiveringssystemen** van het IBA-praktijkonderzoek zijn verzameld in tabel 4.2. Voor de belastingen van de systemen wordt verwezen naar de gegevens in tabel 4.1.
In tabel 4.2. zijn tevens enige referentiewaarden van grote RWZI's opgenomen. Uit deze referentiewaarden valt op te maken dat de IBA-systemen verwijderingspercentages kunnen behalen van een redelijk vergelijkbare grootte als die van grote RWZI's. Dit geldt met name voor CZV en BZV. Ten aanzien van NKj en P-totaal boeken enkele IBA-systemen iets minder goede resultaten, de verschillen zijn echter veelal gering.

Systeemvergelijking

Uit tabel 4.2. valt voorts op te maken dat de verschillen in zuiveringsprestaties tussen IBA-systemen onderling hoofdzakelijk liggen op het gebied van stikstof-en fosfaatparameters.
Als beoordelingscriterium bij de onderlinge vergelijking van de IBA-systemen is derhalve de reductie van Totaal Zuurstof Verbruik (TZV) aan zuurstofbindende stoffen in het afvalwater gehanteerd. De TZV-waarde (gO_2/d) van het afvalwater

cijfer	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
TZV-rendement	0,96	0,91	0,85	0,79	0,73	0,65	0,55	0,45	0,35	0,2	<0.20



IK = infiltratiekanaal-systeem
ZP = zakput-systeem
OF = opgeh. filtratiebed-systeem
ZF = zandfilter-systeem
BR = biorotor-systeem
OB = oxydatiebed-systeem
AS = actief slib systeem
ZG = systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling

Figuur 4.1.: Onderlinge vergelijking IBA-systemen ten aanzien van zuiveringsprestaties (TZV-verwijdering).

wordt berekend uit de vrachten Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV in gO_2/d) en Kjeldahl-stikstof (NKj in gN/d) volgens:

$$TZV = CZV + 4{,}57.NKj.$$

Bij deze vergelijking is elk systeem gewaardeerd met een score van 0 - 10 punten (hoe hoger de TZV-verwijdering hoe hoger de score), afhankelijk van de te behalen TZV-verwijdering onder algemene ontwerpgrondslagen (zie hoofdstuk 3). Een TZV-verwijdering van 65% of minder (score 5 of lager) wordt als onvoldoende gezien, hetgeen redelijk aansluit bij gangbare opvattingen bij grotere RWZI's. De volledige beoordelingsschaal is gegeven in figuur 4.1.
In de afweging van de waardering van de systemen is naast de resultaten van het praktijkonderzoek gebruik gemaakt van bevindingen uit de literatuur, zoals geïnventariseerd in de verkennende studie (lit. 1).
Ook zijn bijzondere omstandigheden op de onderzoekslocaties van het IBA-praktijkonderzoek zo objectief mogelijk verdisconteerd. Zo is bijvoorbeeld het zandfiltersysteem iets opgewaardeerd ten opzichte van resultaten uit het praktijkonderzoek, gezien de meer positieve ervaringen in de literatuur en de grote invloed van twee extreem strenge winters op de zuiveringsprestaties van het onderzochte zandfiltersysteem.
Een vergelijkend overzicht van de waardering van TZV-zuiveringsprestaties van de diverse IBA-systemen, na evaluatie, is gegeven in figuur 4.1.

De IBA-systemen zijn in twee klassen onder te brengen:

I **Systemen voor ~~een~~ biologische basiszuivering** (score 6 of 7):
zandfiltersysteem, biorotorsysteem en oxydatiesysteem.

II **Systemen voor een biologische basiszuivering met nitrificatie** (score 8,9 of 10)
infiltratiekanaalsysteem, zakputsysteem, opgehoogd filtratiebedsysteem, actief-slibsysteem en het systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling (mits de compost en het compostvocht op deugdelijke wijze worden afgevoerd).

Onder biologische basiszuivering wordt verstaan een gemiddelde TZV-verwijdering van tenminste 73% (globaal: CZV 85% en NKj 50%).
Onder biologische basiszuivering met nitrificatie wordt verstaan een gemiddelde TZV-verwijdering van tenminste 85% (globaal: CZV 90% en NKj 75%).

NB. Opgemerkt dient te worden dat de infiltratiesystemen (infiltratiekanaal en zakput) bodemverontreiniging veroorzaken. Wordt het rendement ten aanzien van resterende milieubelasting beschouwd, dan scoren deze systemen lager (zie ook par. 4.1.4.).

4.1.2. Effluentkwaliteit

Onderzoeksgegevens

In tabel 4.3. zijn gemiddelde effluentkwaliteiten, en de seizoensvariaties hierin van septic tanks en van de beschouwde IBA-systemen gegeven, zoals deze zijn waargenomen tijdens het IBA-praktijkonderzoek voor de systemen met **huishoudens.**
De effluentkwaliteiten dienen in relatie bezien te worden met de influentkwaliteit op de locaties, de ontwerpgrondslagen en de werkelijke belastingen. De in tabel 4.3. gegeven waarden zijn dan ook slechts een indicatie en hebben geen algemene geldigheid.
Voor de infiltratiesystemen is als effluent het bodemvocht op ca. 40 cm onder het infiltratieniveau gehanteerd.

Zuiveringssysteem	CZV mgO_2/l	BZV_5 mgO_2/l	NKj mgN/l	N-totaal mgN/l	P-Totaal mgP/l	Zwev.stof mg/l	Bezinksel, 60' ml/l
0. Septic tank, range gemiddelden	333 - 875	113 - 365	56 - 216	56 - 216	13 - 29	11 - 105	<0,1 - 0,8
, typische waarde (gem.+ st.afw.)	553 ± 103	238 ± 54	103 ± 19	103 ± 19	23 ± 6	31 ± 23	<0,25 ± 0,3
1. Infiltratiekanaalsysteem, a.	49 ± 15	2 ± 1	2 ± 1	35 ± 11	2 ± 1	-	-
b.	184 ± 116	10 ± 10	31 ± 41	109 ± 86	0,3 ± 0,6	-	-
2. Zakputsysteem	----------geen relevante gegevens----------						
3. Opgeh. filtratiebed systeem	35 ± 7	3 ± 2	5 ± 5	57 ± 14	12 ± 3	6 ± 3	0,2 ± 0,3
4. Zandfiltersysteem	133 ± 87	30 ± 41	42 ± 25	66 ± 18	18 ± 6	13 ± 9	0,3 ± 0,7
5. Biorotorsysteem, a.	93 ± 17	9 ± 4	55 ± 26	84 ± 16	21 ± 4	9 ± 6	0,6 ± 0,9*
b.	91 ± 39	18 ± 17	8 ± 9	15 ± 14	14 ± 3	11 ± 15	1,2 ± 1,6**
6. Oxydatiebedsysteem	142 ± 35	27 ± 15	60 ± 29	85 ± 19	19 ± 7	15 ± 9	0,6 ± 0,6**
7. Actief slib systeem	----------geen relevante gegevens huishoudelijk afvalwater ***						
8. Systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling - grijswatersyteem****	109 ± 66	21 ± 26	8 ± 6	6 ± 7	6 ± 2	-	0,5 ± 0,8

* mediaan <0,1

** mediaan 0,3

*** effluent afvalwater toiletgebouw benzinestation:
CZV 195 ± 115 mg O_2/l; BZV_5 21 ± 22 mgO_2/l; NKj 49 ± 53 mgN/l;
N-totaal 153 ± 79 mgN/l; P-totaal 18 ± 10 mgP/l; zwev.stof 102 ± 82 mg/l;
bezinksel 0,7 ± 0,9 ml/l (mediaan 0,4 ml/l).

**** zeer hoge, niet relevante, effluentconcentraties vanwege extreem gering watergebruik.

Tabel 4.3.: Jaargemiddelde effluentconcentraties, en standaard-afwijkingen hierin, van de zuiveringssystemen van het IBA-praktijkonderzoek op locaties met huishoudens (lit. 11).

Effluentkwaliteit na evaluatie

Tabel 4.3. geeft weinig objectief inzicht in de effluentkwaliteit van de systemen. Hiervoor zijn de resultaten te locatie-afhankelijk.
Bij de evaluatie van de resultaten is derhalve een raming gemaakt van typische waarden voor de gemiddelde effluentkwaliteit bij behandeling van afvalwater van huishoudens, opgedeeld naar systemen voor biologische basiszuivering met of zonder nitrificatie (zie par. 4.1.1.) en uitgaande van een gemiddelde influentkwaliteit van ongedeeld afvalwater (zie par. 2.3.1.).
De resultaten hiervan zijn verzameld in tabel 4.4. De hierin gegeven waarden zijn slechts bedoeld voor een eerste globale indruk. In praktijk kunnen afzienlijke afwijkingen optreden.

In de selectie van IBA-systemen voor het praktijkonderzoek was één van de criteria:
'Indien optimaal bedreven, moet met het systeem een effluentkwaliteit te verkrijgen zijn, vergelijkbaar met die van de in Nederland gangbare grotere zuiveringsinstallaties'.
Dit hield destijds in dat de effluentkwaliteit in het algemeen diende te voldoen aan de volgende gemiddelde waarden:

- BZV $\leq$ 20 mg/l
- NKj $\leq$ 20 mg/l (veelal zomereis)
- Zwevende stof $\leq$ 30 mg/l
- Bezinksel $\leq$ 0,3 ml/l.

Het rendement van het totale systeem diende meer dan 90% op BZV-basis te bedragen.

Vergelijking van de geraamde effluentkwaliteit (tabel 4.4.) met bovengenoemde waarden en met recente effluentgegevens van grote RWZI's in Nederland (referentiewaarden in tabel 4.4.), geeft aan dat de effluentconcentraties van IBA-systemen algemeen hoger liggen, tot een factor 1,5 à 2. Dit geldt met name de nutriënten.
De hogere effluentconcentraties bij IBA-systemen zijn grotendeels een gevolg van de hogere influentconcentraties bij IBA-systemen ten opzichte van grotere RWZI's, algemeen een factor 1,5 à 2. In par. 4.1.1. is reeds aangegeven dat de behaalde verwijderingspercentages wél redelijk overeenstemmen met die van grotere RWZI's. De BZV-verwijdering van IBA-systemen is bijvoorbeeld ruim hoger dan 90%.

Bij een objectieve beoordeling van zuiveringsprestaties van IBA-systemen kan derhalve niet uitsluitend worden uitgegaan van de behaalde effluentkwaliteit, maar zal ook de influentkwaliteit in ogenschouw genomen moeten worden, aangezien hierdoor algemeen verschillen optreden met de effluentkwaliteit van grotere RWZI's.

Conclusies effluentkwaliteit

Uit de evaluatie van de effluentkwaliteiten zijn de volgende conclusies te trekken:

- Slechts weinig van de beschouwde IBA-systemen voldoen aan al de algemene eisen gesteld aan de effluentkwaliteit. De effluentconcentraties liggen veelal een factor 1,5 à 2 hoger dan gebruikelijke waarden van in Nederland gangbare grotere RWZI's, met name ten aanzien van nutriënten (NKj, N-totaal, P-totaal), ondanks dat de behaalde verwijderingspercentages wél redelijk overeenstemmen. Een belangrijke oorzaak hiervan zijn de hogere influentconcentraties bij IBA-systemen.
- Voor een objectieve beoordeling van zuiveringsprestaties is het beschouwen van de effluentkwaliteit op zich onvoldoende. Het is essentieel de influentkwaliteit in deze beschouwing mee te nemen.

Parameter	IBA-systemen			Effluentkwaliteit grote RWZI's (alle biologische installaties in Nl, 1985 lit. 8); range gemiddelde concentraties voor diverse systeemtypen ***
	systemen voor biologische basiszuivering *	systemen voor biologische basiszuivering en nitrificatie **	(seizoens)variatie als percentage van de gemiddelde waarde	
CZV mgO_2/l	95-135	50-125	20- 70 %	60 -134
BZV_5 mgO_2/l	15- 30	5- 15	60-120 %	7 - 32
NKj mgN/l	30- 50	10- 15	60-100 %	8,4 - 29,4
$NO_2^-+NO_3^-$ mgN/l	20- 30	30- 75	40- 80 %	-
N-totaal mgN/l	50- 80	40- 90	20- 60 %	14,3 - 35,0
P-totaal mgP/l	15- 20	2- 15	20-100 %	6,6 - 9,6
Zwev.stof mg/l	10- 15	10- 45	50- 70 %	-

* Zandfiltersysteem; biorotorsysteem; oxydatiebedsysteem; (alle conform ontwerpgrondslagen hoofdst.2); TZV-verwijdering ten minste 73%

** Infiltratiekanaalsysteem; zakputsysteem; opgehoogd filtratiebedsysteem; actief slib systeem; (alle conform ontwerpgrondslagen hoofdst.2); TZV-verwijdering ten minste 85%

*** RWZI's in de range van <1.000 i.e. - >100.000 i.e. (de effluentconcentraties zijn algemeen lager bij grotere capaciteiten).

Tabel 4.4.: Raming gemiddelde effluentconcentraties, en de seizoensvariatie hierin, van IBA-systemen bij behandeling van afvalwater van huishoudens.
en praktijkgegevens effluentkwaliteit grote RWZI's.

The German Effluent Standards (1. Abwasserverwaltungsvorschrift 1988) consider that heavy loads in public water courses are not caused by effluents of single houses and very little villages but by larger conglomerations and industries. For that reason, large plants have to fulfil much more stringent effluent requirements compared to smaller plants.

Plant size	Minimum effluent requirement BOD5	COD	NH4-N	Ptot	
< 8 m^3/d ~50 p.e.	-	-	-	-	mg/l
50 < 1000 p.e.	40	150	-	-	mg/l
1000 < 5000 p.e.	30	130	-	-	mg/l
5000 < 50000 p.e.	30	130	10	-	mg/l
≥ 50000 p.e.	30	130	10	2	mg/l

The average of 5 samples or 4 of 5 samples (2-h-samples) may not exeed the figures given in the table. Analysis of BOD5, COD and Ptot have to include SS. The introduction of more stringent figures in 1990/91 is being duscussed. Nevertheless, more stringent effluent data can be set in individual cases, already today, when it is necessary for the protection of receiving waters.

Tabel 4.5.: West-duitse effluenteisen (lit.14).

- Systemen die gebruikelijke effluenteisen aan grotere RWZI's goed kunnen behalen zijn: infiltratiekanalen (40 cm onder infiltratieniveau) en (opgehoogd) filtratiebed.
  De overige systemen voldoen slechts ten aanzien van enkele parameters (veelal BZV en zwevende stof).
- Vrijwel alle compactinstallaties - biorotoren, oxydatiebedden, actief-slibsystemen - hebben moeite met het voldoen aan de gangbare bezinkseleis. Ruime aandacht voor voorkomen/beperken van uitspoeling van slibdeeltjes uit de nabezinktank is gewenst.

Door aan IBA-systemen dezelfde effluenteisen te stellen als bij grotere zuiveringsinstallaties, eist men algemeen (veel) hogere verwijderingspercentages van de IBA-systemen, terwijl deze systemen juist onder moeilijker bedrijfsomstandigheden moeten functioneren (sterke fluctuaties in aanvoer; gering toezicht).

In dit opzicht is het vermeldenswaard dat in Engeland en Duitsland hierop thans wordt ingespeeld:
- Engelse standaard 90-percentiel eisen voor BZV_5 (20 mg/l) en zwevende stof (30 mg/l) zijn slechts met zeer grote inspanning te behalen. Uit de frequentieverdeling van de effluentkwaliteit volgt hieruit een extreem hoog benodigde BZV-verwijdering van 95 - 98%, hetgeen zeer hoge eisen stelt aan ontwerp en bedrijfsvoering.
  Op grond van deze bevinding zijn thans in Engeland nieuwe standaardeisen voor kleine systemen geformuleerd, met een hogere effluentconcentratie bij een hogere percentieleis: 95-percentiel eisen BZV (30 mg/l) en zwevende stof (45 mg/l);
- in Duitsland zijn standaard effluenteisen gerelateerd aan de grootte van het systeem, zie tabel 4.5. Naarmate het systeem kleiner wordt neemt het aantal parameter-eisen af en liggen de vereiste concentraties hoger. Bij minder dan 50 i.e. worden in het geheel geen standaard effluenteisen gegeven.

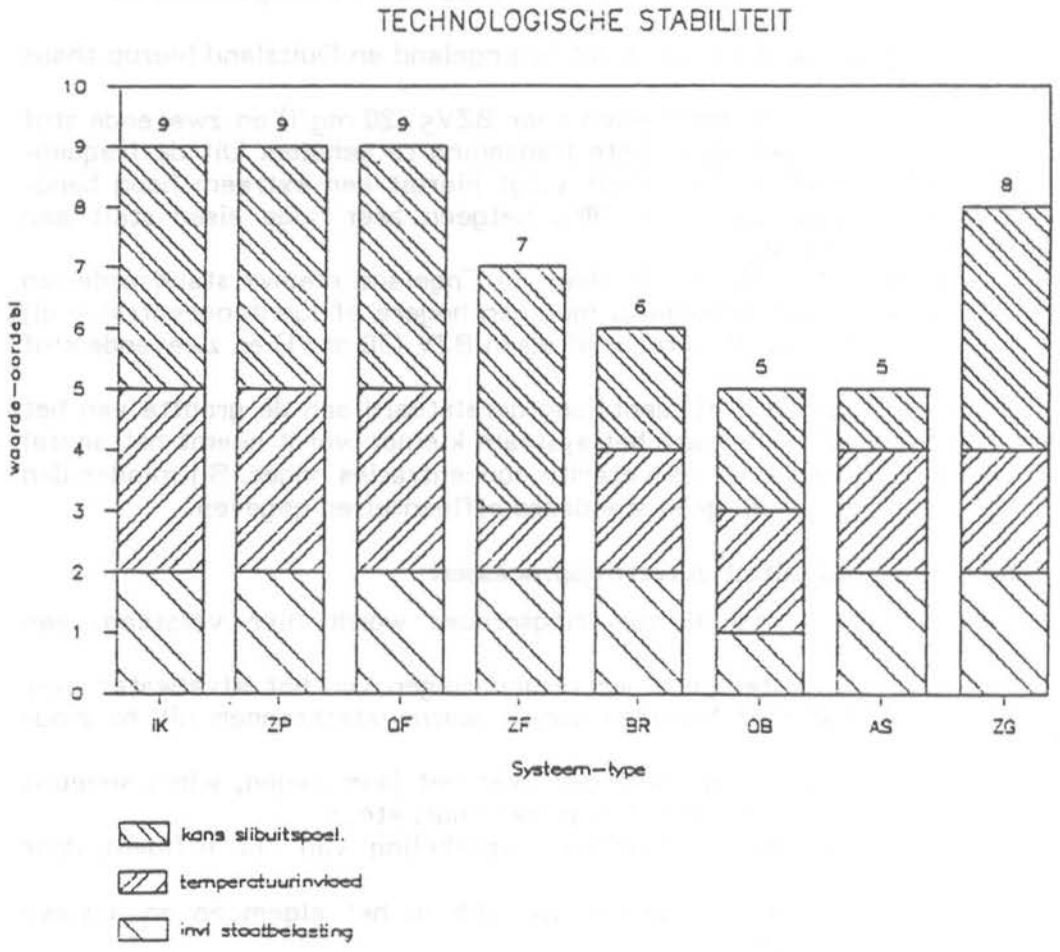
4.1.3. Technologische stabiliteit zuiveringsprocessen

Onder een technologisch stabiel zuiveringsproces wordt hier verstaan, een zuiveringsproces dat:
- weinig gevoelig is voor temperatuursveranderingen van het afvalwater over het jaar (seizoensmatig of lozingen vanuit warmwaterbronnen uit huishoudens);
- weinig gevoelig is voor weersinvloeden over het jaar (regen, wind, sneeuw, hagel, vorst, zonneschijn, buitenluchttemperatuur, etc.);
- weinig onderhevig is aan - periodieke - troebeling van het effluent door afvoer van (licht) slib;
- weinig onderhevig is aan uitspoeling van slib in het algemeen en actieve biomassa in het bijzonder;
- weinig gevoelig is voor hydraulische piek-/stootbelastingen;
- weinig gevoelig is voor piek-/stootbelastingen in concentraties van geloosde stoffen (gebruikelijke en toxische of anderszins storende stoffen);
- weinig gevoelig is voor korte onderbrekingen in de afvalwateraanvoer (1 - 2 dagen).

Een technologisch stabiel zuiveringsproces levert een redelijk constante effluentkwaliteit over het jaar, hetgeen veelal tevens ten goede komt aan de gemiddelde effluentkwaliteit over het jaar.

Aspecten van zuiveringssystemen die algemeen ten goede komen aan de stabiliteit van het zuiveringsproces zijn bijvoorbeeld:
- buffering en afvlakking van pieklozingen, c.q. gelijkmatige aanvoer;
- aanhechting van biomassa aan dragermateriaal;

Installatietype	IK	ZP	OF	ZF	BR	OB	AS	ZG	
Technologische stabiliteit:									gewicht
kans op slibuitspoeling	4	4	4	4	2	2	1	4	1
temperatuursinvloed	3	3	3	1	2	2	2	2	1
invloed van stootbelasting	2	2	2	2	2	1	2	2	1
Totaal	9	9	9	7	6	5	5	8	
Maximum aantal	10	10	10	10	10	10	10	10	
Score:	9	9	9	7	6	5	5	8	



IK = infiltratiekanaal-systeem
ZP = zakput-systeem
OF = opgeh. filtratiebed-systeem
ZF = zandfilter-systeem
BR = biorotor-systeem
OB = oxydatiebed-systeem
AS = actief slib systeem
ZG = systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling

Figuur 4.2.: Ondelinge vergelijking IBA-systemen ten aanzien van technologische stabiliteit.

- afdekkingen;
- vermijden van slibophoping in de nabezinktanks;
- ruime verblijftijden;
- lage belastingen;
- recirculatie van effluent.

Alle beschouwde systemen bleken weinig gevoelig voor korte onderbrekingen in de afvalwateraanvoer over een periode van 1 - 2 dagen. Zelfs perioden zonder aanvoer van 1 week werden redelijk overbrugd.
Voor langere perioden zonder aanvoer, bijv. bij seizoensbedrijven, zijn er duidelijke nadelige effecten mogelijk. Dit type lozingen valt echter buiten de hier uitgevoerde beschouwing, evenals bijzondere lozingen van andere specifieke bedrijven. Op dit type lozingen wordt ingegaan in par. 8.3.
In deze paragraaf worden slechts de lozingen vanuit huishoudens beschouwd.

Systeemvergelijking

De beschouwde IBA-systemen zijn op drie aspecten inzake technologische stabiliteit vergeleken; voor ieder aspect is een score aan een systeem toebedeeld:

- **invloed van temperatuurschommelingen en andere seizoensinvloeden**
  beoordelingscriterium: afwijking TZV-rendement over het jaar ten opzichte van het gemiddelde verwijderingspercentage;

a. minimaal	; minder dan +/- 5%	(4 punten);
b. gering	; +/- 5 tot 10%	(3 punten);
c. redelijk groot	; +/- 10 tot 15%	(2 punten);
d. groot	; +/- 15 tot 20%	(1 punt);
e. zeer groot	; meer dan +/- 20%	(0 punt).

- **kans op periodieke uitspoeling van slib, c.q. troebel effluent**

a. nihil	; geen secundair slib gevormd	(4 punten);
b. gering	; sporadisch enige slibuitspoeling	(3 punten);
c. redelijk groot	; regelmatig enige slibuitspoeling	(2 punten);
d. groot	; vaak enige slibuitspoeling	(1 punt);
e. zeer groot	; altijd enige slibuitspoeling	(0 punt).

- **gevoeligheid voor piek-/stootbelastingen stoffen**

a. gering	(2 punten);
b. redelijk groot	(1 punt);
c. groot	(0 punt).

De scores worden bij elkaar geteld voor het verkrijgen van een overall-score ten aanzien van technologische stabiliteit. De waardering voor de systemen is weergegeven in fig. 4.2.

Uit figuur 4.2. blijkt dat vooral door enige slibuitspoeling en door TZV-rendements vermindering bij lagere temperaturen de **compactinstallaties** (biorotor, oxydatiebed en actief-slibsysteem) een lagere waardeling wordt gegeven ten aanzien van technologische stabiliteit.

Het **zandfiltersysteem** zonder overkapping is sterk aan seizoensinvloeden onderhevig. De zuiveringsprestaties zijn in de zomer goed en er worden looptijden van de filters van ruim 3 maanden behaald. In wintertijd gaan de prestaties achteruit door de lagere temperaturen en bedekking van het filteroppervlak met bladeren,

sneeuw of ijs. De looptijden van een filter kunnen dan dalen tot minder dan 1 maand. Voorts brengt de intermitterende bedrijfsvoering van de zandfilters extra fluctuaties in de effluentkwaliteit met zich mee, aan het einde van de looptijd neemt de kwaliteit duidelijk af.

De configuratie van het systeem is van groot belang. Een continu bedreven actief-slibsysteem in tegenstelling tot het beschouwde 'batchgewijze' systeem kan gevoeliger zijn voor hydraulische piek- en/of stootbelastingen.

Hoewel de meeste systemen redelijk scoren ten aanzien van technologische stabiliteit van het zuiveringsproces - alleen de scores van oxydatiebed en actief-slibsysteem zijn minder goed - dient rekening gehouden te worden met aanzienlijke fluctuaties in de effluentkwaliteit. Dit betreft vooral de compactinstallaties: biorotor, oxydatiebed en actief-slibsysteem.
Maximale gemeten effluentconcentraties kunnen globaal tot 2x zo hoog zijn dan de gemiddelde waarde, zie tabel 4.4. Niet in de laatste plaats speelt de grote variatie in de influentconcentraties hierbij een rol. Daarnaast is ook de grotere temperatuursgevoeligheid van de kleine compactinstallaties een belangrijke oorzaak.

Opstartperioden

Opstartperioden zijn bij de beoordeling van de technologische stabiliteit buiten beschouwing gelaten.
De opstartperiode, waarin het biologische systeem zich kan ontwikkelen en/of adapteren, kenmerkt zich door geringere zuiveringsresultaten en eventueel door extra overlast. De controle dient in deze periode frequenter te zijn om eventuele aanpassingen uit te voeren en apparatuur in te regelen, bijvoorbeeld 2 - 3x per week.
Voor de meeste systemen bedraagt de opstartperiode 1 - 2 maanden, afhankelijk van het jaargetijde.
Voor de infiltratiesystemen - infiltratiekanaal en zakput - kan deze periode langer zijn, 1 - 4 maanden, hoewel dan nog niet het gehele infiltratieoppervlak wordt benut, hetgeen enkele jaren kan vergen.
Met name de opstartperiode van de installaties ten aanzien van nitrificatie is sterk afhankelijk van het jaargetijde en verloopt het snelst in de zomer.
De opstartperiode voor composttoiletten is zeer lang en wordt geraamd op 2 - 3 jaar. Deze opstartperiode gaat gepaard met duidelijke overlast: overtollige vochtproduktie waardoor het composteringsproces wordt geremd en vliegenplagen (oktober-november).
Bij de overige systemen verloopt het opstarten met minder problemen.

4.1.4. Milieubelasting effluent

Lozing op oppervlaktewater

Het effluent van de biologische zuiveringssystemen, zoals dat wordt geloosd op oppervlaktewater, veroorzaakt een aanzienlijk geringere belasting van het oppervlaktewater dan in geval van ongezuiverd of slechts - via een septic tank - mechanisch gezuiverd afvalwater. De kwaliteit van het oppervlaktewater nabij het lozingspunt was tijdens het praktijkonderzoek van eenzelfde ordegrootte als bij het referentiepunt stroomopwaarts, waarvan de kwaliteit overigens vaak niet voldeed aan de basiswaterkwaliteit van zoet oppervlaktewater (IMP 1985-1989). In sommige gevallen werd zelfs een betere kwaliteit bij het lozingspunt gesignaleerd.
Mede door het zelfreinigend vermogen van het oppervlaktewater, is de invloed van de effluentlozing algemeen slechts op beperkte schaal merkbaar. De hygiënische kwaliteit van het oppervlaktewater nabij het lozingspunt is onvoldoende. Dit werd evenwel ook soms bij het referentiepunt stroomopwaarts geconstateerd.

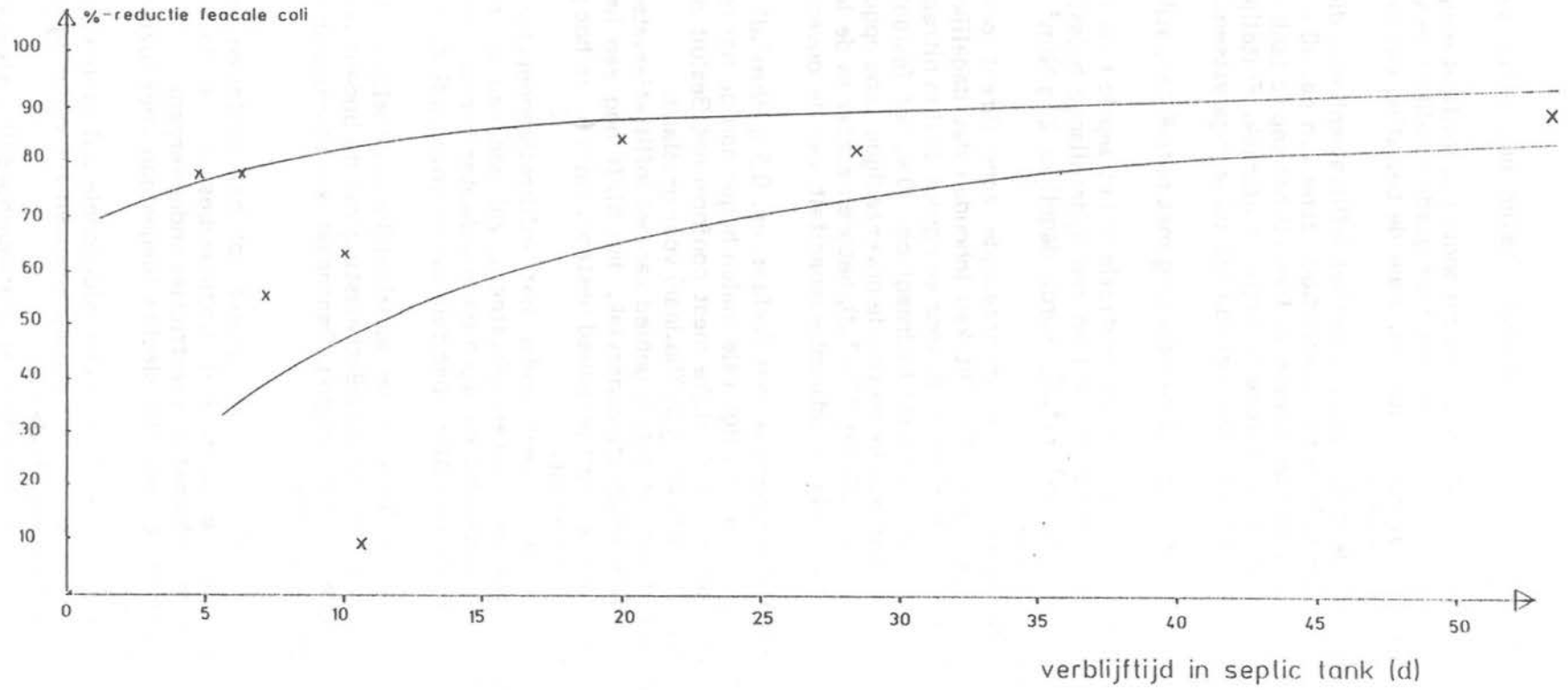
Lozing in de bodem

Infiltratiesystemen - infiltratiekanaal en zakput - geven een ander beeld ten aanzien van de milieubelasting.
Weliswaar zijn de bodemvochtmonsters, ca. 40 cm onder het infiltratieoppervlak, in de zin van zuurstofbindende stoffen van een zeer goede kwaliteit in vergelijking met het effluent van de overige systemen, maar de belasting van de bodem als milieucompartiment is zeer hoog.
In de eerste plaats geldt dit de zone direct onder het infiltratieniveau, die belast wordt met septic tank effluent. In deze onverzadigde zone van ca. 40 - 100 cm onder het infiltratieniveau worden de meeste stoffen uit het septic tank effluent verwijderd door filtratie, sorptie en aërobe biologische afbraak. Feitelijk wordt dit deel van het milieu toegepast als onderdeel van het zuiveringssysteem.

Voor de belasting van de bodem is vooral de belasting met nutriënten, stikstof en fosfaat, van belang.
Uitgaande van een N-totaal en P-totaal concentratie in het septic tank effluent van respectievelijk 100 mg N/l en 23 mg P/l en een hydraulische belasting van het infiltratiesysteem van 0,02 $m^3/(m^2.d)$, wordt dagelijks 2 g N/m^2 en 0,5 g P/m^2 naar de bodem toegevoerd.
De verwijdering aan N-totaal in deze onverzadigde zone direct onder het infiltratieniveau bedraagt ca. 40 - 50%. Dit kan inhouden dat dagelijks ca. 1 gN/m^2 naar het grondwater wordt afgevoerd, voor een groot deel in nitraatvorm.
De verwijdering van P-totaal in deze zone bedraagt ca. 90%, het fosfaat wordt voor het grootste deel in de bovenste lagen van de onverzadigde zone opgeslagen. Naar het grondwater ontwijkt ca. 50 mg $P/(m^2.d)$, hetgeen echter in de loop der jaren aanzienlijk kan toenemen als de adsorptiecapaciteit van de onverzadigde zone uitgeput raakt.
De belasting van het infiltratieoppervlak met fosfaat, ca. 0,5 g $P/(m^2.d)$ = 1.800 kg P/ha•jaar = ~~8.300~~ kg P_2O_5/ha•jaar, ligt vele malen hoger dan de normstelling ten aanzien van fosfaatdosering bij dierlijke mest conform het Besluit dierlijke meststoffen van de Wbb: 175 - 200 kg P_2O_5/(ha.jaar) voor grasland.
Zelfs als aangehouden wordt dat het totale gebied van het infiltratiesysteem een tienvoud is van het feitelijke infiltratieoppervlak, dan blijft nog een belasting van ~~830~~ kg P_2O_5/ha.jaar over het gehele gebied bestaan, ruim 4x zo hoog als de normstelling in het meststoffenbesluit.
Ook als de onverzadigde zone direct onder het infiltratieoppervlak wordt beschouwd als onderdeel van het zuiveringssysteem, zal nog een aanzienlijke fosfaatbelasting naar ondergelegen bodemlagen en grondwater kunnen plaatsvonden, zeker bij uitputting van de adsorptiecapaciteit van de onverzadigde zone.

Infiltratiesystemen veroorzaken derhalve een aanzienlijke plaatselijke milieubelasting. Vooral vanuit het oogpunt van nutriëntbelasting van de bodem veroorzaken infiltratiesystemen bodemverontreiniging. Daarnaast is contaminatie van het grondwater met pathogenen mogelijk.

De onderkenning hiervan heeft inmiddels geleid tot het opstellen van een ontwerp-Lozingenbesluit van de Wbb. Het Lozingenbesluit zal lozing van afvalwater in de bodem in de toekomst aan restricties onderwerpen:
- de beschouwde infiltratiesystemen zijn slechts toegestaan voor lozingen tot 10 i.e. (ca. 3 woningen);
- bij een lozingsomvang van 10 - 200 i.e. zijn additionele zuiverende voorzieningen noodzakelijk. Bovendien worden afstandsgrenzen tot riolering gesteld, waarbinnen lozing in de bodem verboden is;
- lozingen groter dan 200 i.e. en lozingen van niet-huishoudelijk afvalwater in de bodem worden niet toegestaan.



Figuur 4.3.: Reductie van het faecaal coli-gehalte in het afvalwater, behaald door septic tanks, in relatie tot de verblijftijd.

4.1.5. Hygiënische aspecten

Onderzoeksgegevens

In tabel 4.6. zijn effluentgegevens van IBA-systemen ten aanzien van faecale coli-gehalten aangegeven, zoals gemeten in het IBA-praktijkonderzoek. Volledigheidshalve zijn ook de faecale-coli gehalten in het oppervlaktewater opgenomen.

Ten aanzien van de reductie van faecale coli is gevonden:
- reductie in septic tanks : 10 - 90%, algemeen 50 - 80%, licht afhankelijk van de verblijftijd, zie fig. 4.3.;
- reductie in aërobe zuiveringstrap : 60 - 90%, geen eenduidige verschillen tussen de diverse systemen;
- reductie in totaal systeem : 80 - 99%, algemeen 95 - 99%, geen eenduidige verschillen tussen de diverse systemen.

effluent septic tanks	(2-170)	$*10^6$ org. per 100 ml
effluent systemen	(0,02-24)	$*10^6$ org. per 100 ml
oppervlaktewater, nabij lozingspunt	(0,04-33)	$*10^6$ org. per 100 ml
oppervlaktewater, stroomopwaarts	(0,01-36)	$*10^6$ org. per 100 ml
oppervlaktewater, stroomafwaarts	(0,1-2)	$*10^6$ org. per 100 ml

Tabel 4.6.: Resultaten van metingen van faecale coli-gehalten in effluent van IBA-systemen.

Evaluatie

Algemeen wordt het faecale coli-gehalte met een factor 20 - 100 verkleind. Dit rendement is **niet** voldoende om een hygiënische betrouwbaar effluent te verkrijgen. Bij een gehalte aan faecale coli in het ruwe afvalwater van 10^6 org./100 ml en een rendement van 99% blijft het effluent sterk faecaal besmet (ca. 10^4 org./100 ml).
Voor een grotere hygiënische betrouwbaarheid is eerder een reductie van 4 à 5 $\log_{10}$-units nodig (99,99 - 99,999%).
Ook conventionele grote rioolwaterzuiveringsinrichtingen komen vaak niet verder dan een reductie van faecale coli van 90 - 99% (1-2 $\log_{10}$-units).

Contact met afvalwater of effluent - evenals contact met systeemonderdelen, slib, compost, etc. - brengt een risico voort van besmetting met pathogene kiemen. Het is noodzakelijk de nodige voorzichtigheid te betrachten bij controle en onderhoud aan de zuiveringssystemen. Beschermende kleding is gewenst.
Goed onderhoud en juiste bedrijfsvoering zijn essentieel voor het behalen van redelijke reducties van faecale coli in het zuiveringssysteem.

Systemen waarbij contact met afvalwater en installatieonderdelen zoveel mogelijk beperkt is, zijn hygiënisch gezien in het voordeel, bijv.: infiltratiesystemen en (opgehoogd) filtratiebed, alhoewel bij infiltratiesystemen wel gevaar bestaat voor grondwaterbesmetting.
Nadeliger zijn de compactinstallaties en de zandfilters, gezien het meer frequent benodigde onderhoud. Bij open actief-slibsystemen is er een gering hygiënisch risico van aërosolvorming. Afdekking op open systeemonderdelen is belangrijk.
Ook bij het onderhoud aan composttoiletten bestaat besmettingsgevaar. De eindprodukten zijn hygiënisch zeker nog niet betrouwbaar.

Parameter	Eenheid	IBA-praktijkonderzoek (range onderzoeklocaties)	Slibkwaliteit grote RWZI's (alle RWZI's in Nl., 1985, lit. 8)		Normwaarde richtlijn UvW
			range	gew. gemiddelde	
Droge stof	%	1 - 20	-	-	-
NKj	gN/kg ds	3 - 90	5 - 122	50	-
P-totaal	gP/kg ds	0,5 - 50	1 - 39	11	-
arseen	mg As/kg ds	0,3 - <10(á 20)	0 - 57	6,8	≤ 10
chroom	mg Cr/kg ds	10 - 140	10 - 2.697	142	≤ 500
cadmium	mg Cd/kg ds	0,3 - 8,3(á 40)	0 - 127	5,1	≤ 5
koper	mg Cu/kg ds	40 - 580(á 1.740)	113 - 1.500	461	≤ 600
kwik	mg Hg/kg ds	0,1 - 2(á 8,9)	0 - 20	2,4	≤ 5
lood	mg Pb/kg ds	15 - 300(á 1.050)	2 - 5.593	348	≤ 500
nikkel	mg Ni/kg ds	7 - 85(á 315)	1 - 1.198	55	≤ 100
zink	mg Zn/kg ds	100 - 1.400	355 - 9.750	1.451	≤2.000

(á ...)= extreme gemeten waarde.

Tabel 4.7.: Slibkwaliteit van de zuiveringssystemen van het IBA-praktijkonderzoek.

alsmede praktijkgegevens van grote RWZI's en normwaarden van de UvW voor afzet van vloeibaar slib in de landbouw (lit. 11).

? Ten aanzien van organische micro-verontreinigingen in het slib is geen onderzoek verricht. Ook deze stoffen zouden aanleiding kunnen vormen voor nieuwe gezichtspunten te aanzien de slibafzet.

4.1.6. Kwaliteit zuiveringsslib

Ten aanzien van de kwaliteit van het zuiveringsslib zijn de ranges van analyseresultaten van het IBA-praktijkonderzoek gegeven in tabel 4.7.
Ter referentie zijn normwaarden van de Richtlijn van de Unie van Waterschappen (UvW) voor de afzet van vloeibaar slib in de landbouw opgenomen, alsmede landelijke gegevens voor de kwaliteit van het zuiveringsslib van grotere rioolwaterzuiveringsinrichtingen in Nederland (1985).

Uit de vergelijking met de landelijke gegevens blijkt dat de slibkwaliteit ten aanzien van zware metalen van dezelfde orde of iets beter is dan de gemiddelde slibkwaliteit van grotere RWZI's in Nederland.
Ook het gehalte aan bemestende stoffen is vergelijkbaar.
Dit neemt echter nog niet weg dat overschrijdingen van de normwaarden van de Richtlijn van de UvW kunnen worden aangetroffen bij IBA-systemen:
- op slechts 1/3 van de onderzoekslocaties voldeed het slib aan de richtlijn;
- op 25% van de onderzoekslocaties werd één metaalgehalte overschreden;
- op 42% van de onderzoekslocaties overschreden 2 metaalgehalten de norm;
- op 3 van de 8 onderzoekslocaties met uitsluitend huishoudens bleken overschrijdingen voor te komen.

Blijkbaar wordt een niet onaanzienlijk deel van de zware metalen in het afvalwater via sorptie aan slibdeeltjes via bezinking verwijderd. Uit de relatie tussen influentconcentratie en gehalten in het slib lijkt dit in afnemende volgorde te gelden voor: lood (Pb), cadmium (Cd), koper (Cu), zink (Zn), Chroom (Cr), Nikkel (Ni), Arseen (As) en kwik (Hg).

Gezien de ervaringen is het raadzaam het eerder ingenomen standpunt, dat septic tank slib in vergelijking met slib van grote RWZI's slechts geringe hoeveelheden zware metalen bevat, te herzien.
?

4.2. Zuiverings- en uitvoeringstechnische evaluatie per systeemonderdeel

4.2.1. Septic tanks

Bij infiltratie-, filtratie-, biorotor- en oxydatiebedsystemen wordt een septic tank toegepast als eerste zuiveringstrap. De functies van de septic tank zijn:
- voorzuivering van het afvalwater door afscheiding van bezinkbare en/of opdrijvende vaste delen;
- buffering of afvlakking van stootbelastingen;
- opslag en anaërobe afbraak van primair slib en eventueel van secundair slib.

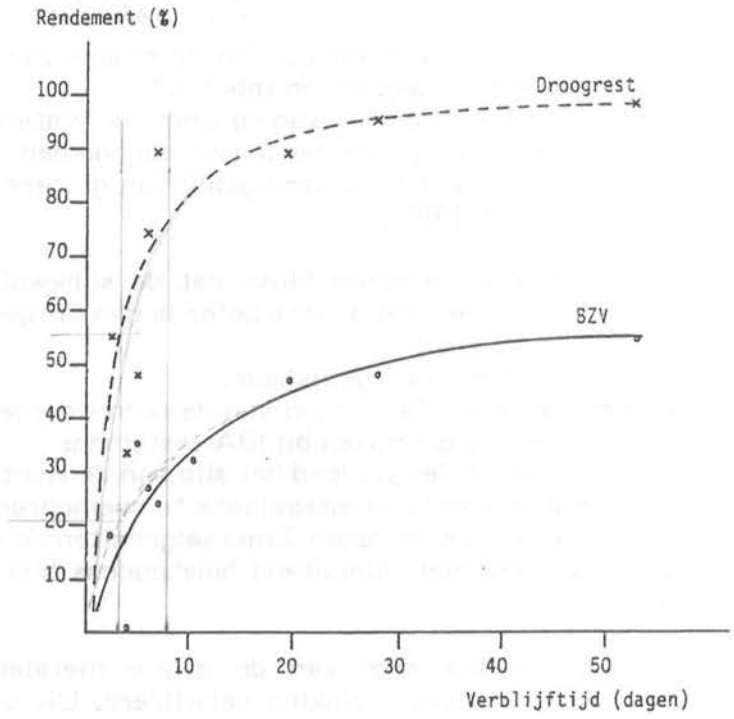
~~Primaire zuivering~~ Zuiveringsaspecten

De belasting van een septic tank is goed te karakteriseren door de hydraulische verblijftijd in de tank. Hiervoor is de theoretische verblijftijd te hanteren, zonder aanwezigheid van slib, ofwel het nuttig volume van de septic tank in m^3 - bepaald door de waterhoogte en het nuttig oppervlak -, gedeeld door het gemiddelde dagelijkse debiet in m^3/d:

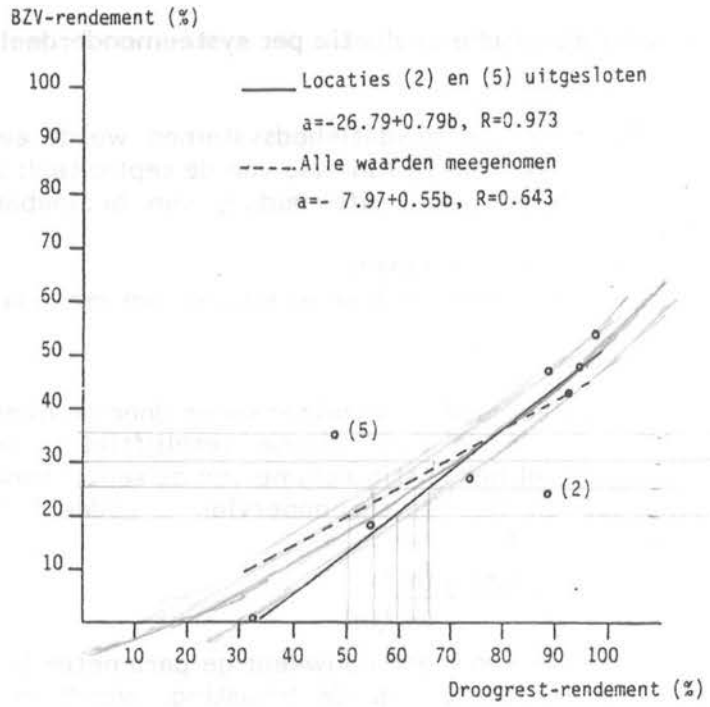
$$\text{Verblijftijd septic tank (d)} = \frac{\text{Vnuttig } (m^3)}{Q \quad (m^3/d)}$$

Hoewel de hydraulische verblijftijd een meer nauwkeurige parameter is voor het aangeven van de grootte van de tank, c.q. de belasting, wordt in praktijk eveneens veelvuldig gebruik gemaakt van het specifieke volume, zijnde het nuttig volume per aangesloten i.e. of inwoner, ter karakterisering van de septic tank.

De met een septic tank behaalde verwijderingspercentages zijn voor een belangrijk deel afhankelijk van de verblijftijd.



Figuur 4.4.: Het BZV- en het droogrest-rendement van septic tanks als functie van de verblijftijd.
(resultaten IBA-onderzoek: o = BZV, x = droogrest)



Figuur 4.5.: Het BZV-rendement als functie van het droogrest-rendement bij septic tanks.
(o = resultaten IBA-onderzoek)

Verwijderd worden hoofdzakelijk: CZV (28 - 56%), BZV (18 - 54%), zwevende stof (48 - 98%) en bezinksel (92 - 100%).
De verwijdering van N-Kj (0 - 22%) en P-totaal (0 - 40%) is gering en minder gekorreleerd met de verblijftijd.

In fig. 4.4. zijn de verwijderingspercentages voor BZV_5 en zwevende stof gerelateerd aan de verblijftijd, gebaseerd op resultaten van het IBA-praktijkonderzoek.
Er is duidelijk verband tussen de verwijdering van BZV en zwevende stof, zie fig. 4.5. Naarmate de zwevende stof verwijdering meer volledig is, nadert de BZV-verwijdering een waarde van 50 - 55%.
Dit komt complementair goed overeen met het in fase 1 vermelde gehalte aan opgeloste BZV ten opzichte van totale BZV in het influent: 45 - 55% (lit. 1).
De onderzoeksresultaten sluiten goed aan bij literatuurwaarden voor BZV-verwijdering in septic tanks, 20 - 60%, ervan uitgaande dat algemeen meer dan 50% zwevende stof verwijdering plaatsvindt.

Op grond van fig. 4.4. lijkt de verblijftijd het best in de range van 5 - 15 dagen gekozen te kunnen worden, ofwel een nuttige inhoud van 0,75 - 2,3 m^3/i.e. bij een aanvoer van 150 l/(i.e.d).
Dit sluit redelijk aan bij buitenlandse voorschriften, zeker bij kleine capaciteiten (vb. DIN: 0,3 - 1,5 m^3/i.e.; minimaal 4 - 6 m^3). Voor grotere capaciteiten liggen de buitenlandse voorschriften echter in vergelijking lager. Op grond van deze evaluatie lijken geschikte richtlijnen:

- klein septic tank : 0,5 - 0,6 m^3/i.e.; minimaal 4 m^3;
  BZV-verwijdering 20 - 25%; zwevende stof verwijdering 60 - 70%;
- grote septic tank : 1,5 - 2 m^3/i.e.; minimaal 7,5 m^3;
  BZV-verwijdering 30 - 35%; zwevende stofverwijdering 70 - 80%;
- bij grotere capaciteiten is verlaging van de specifieke nuttige inhoud wellicht mogelijk bij behoud van dezelfde zuiveringsprestaties.

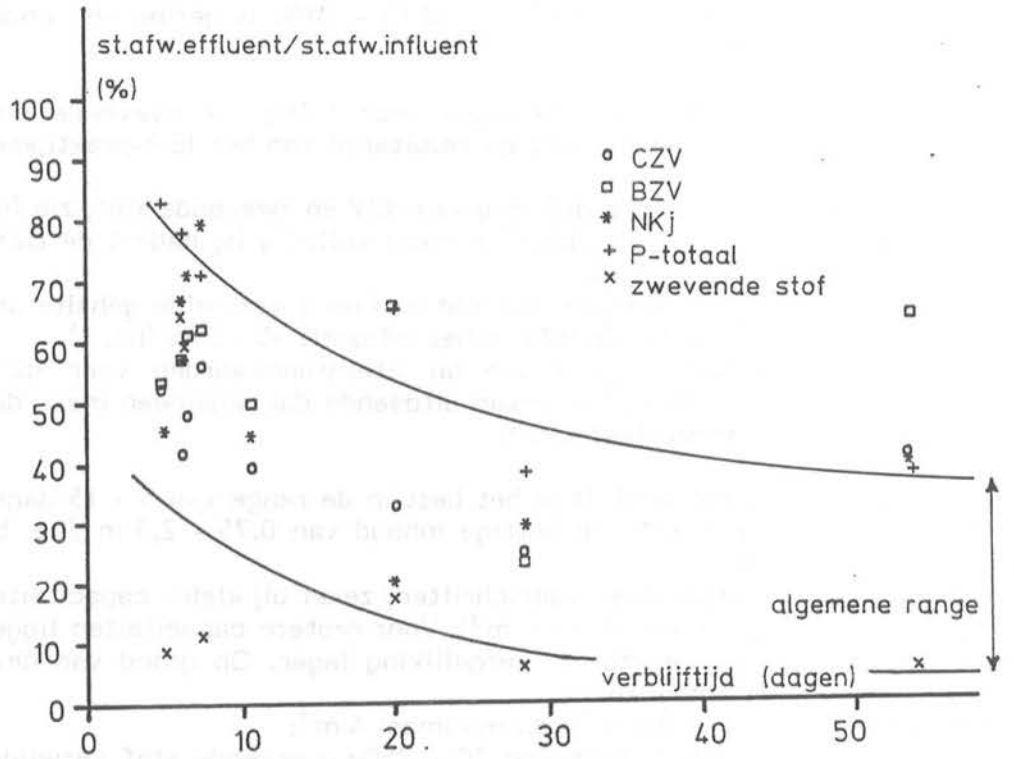
De gistingsactiviteit in de waterfase is erg gering gebleken tijdens laboratoriumonderzoek van TNO (lit. 9). Het slib in de septic tank bleek nauwelijks geadapteerd aan afbraak van opgeloste stoffen. Dit bevestigt de, op grond van voorgaande ervaringen gevormde, gedachte dat het zuiveringsproces in de septic tank hoofdzakelijk berust op fysisch-chemische processen: sedimentatie, flotatie, flocculatie en sorptie.

Wel vinden er processen plaats op de grens van water- en sliblaag die voor bijzondere effecten kunnen zorgen:

- een beter contact tussen water en slib kan de zuiveringsresultaten verbeteren door adsorptie of biologische processen, vooropgesteld dat de eigenschappen als bezinktank gehandhaafd blijven.
  Een doorstroomopening nabij de bodem vergroot wel dit contact, maar kent nadelen ten aanzien van slibopslag en een vergrote (kans op) afvoer van zwevende stof met het effluent;
- gistingsprodukten gevormd bij de anaërobe afbraak van het slib - hydrolyseprodukten als vetzuren - kunnen in het bovenstaande water oplossen en de zuiveringsprestaties van de septic tank benadelen (hoge CZV-waarde effluent), vooral bij verstoring van de methanogene fase van de slibgisting door bijv. toxische stoffen.

Afvlakking van stootbelastingen

a. **Afvlakking afvalwaterkwaliteit**
   Door de lange verblijftijd in de septic tank worden de influentkarakteristieken afgevlakt. Steekmonsters van het effluent, op regelmatige tijdstippen over de dag genomen, geven nauwelijks verschillen te zien.



Figuur 4.6.: Verhouding van de absolute waarden van de standaard-afwijkingen in de dagelijkse effluent- en influent-concentraties van septic tanks, in relatie tot de verblijftijd.
(op basis van meetgegevens IBA-praktijkonderzoek)

Parameter	Range standaard-afwijkingen influent conc. septic tanks (% van jaargemiddelde concentraties)	Range standaard-afwijkingen effluentconc. septic tanks	Verhouding van de absolute waarden van standaard-afwijkingen in concentraties effluent/influent-septic tanks (%)
CZV	19 - 33	12 - 33	26 - 57
BZV_5	20 - 37	14 - 47	24 - 67
NKj	21 - 46	5 - 27	20 - 79
P-totaal	23 - 51	12 - 51	38 - 84
Zwev. stof	36 - 55	54 - 129	5 - 65

Tabel 4.8.: Afvlakking van de variatie in influentconcentraties door septic tanks.

Over langere perioden beschouwd treedt wel variatie in de effluentkwaliteit op, maar in absolute zin is deze veel geringer dan die van het influent. De absolute waarde van de standaardafwijking van septic tank effluentparameters bedraagt 25 - 80% van die van de influentparameters, afhankelijk van parameter en verblijftijd, zie fig. 4.6. en tabel 4.8.
De relatieve standaardafwijkingen ten opzichte van de gemiddelde waarden zijn voor influent en effluent van de septic tank veelal van redelijk gelijke grootte.

b. **Hydraulische belasting**
Van hydraulische belasting in septic tanks is veelal weinig sprake, zodat de tanks op zich geen oplossing bieden tegen hydraulische stootbelastingen.
Afhankelijk van het ontwerp en bij gebruik in combinatie met een pomp in de effluentleiding van de tank kunnen septic tanks echter ook goed worden gebruikt als buffer voor hydraulische stootbelastingen.

Opslag en anaërobe vergisting van slib en drijflagen

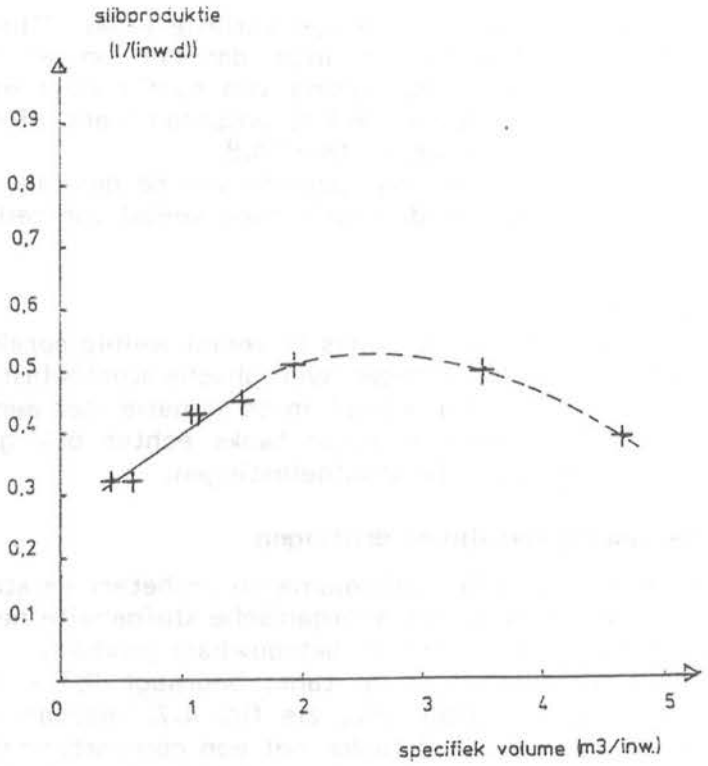
De anaërobe slibgisting reduceert het slibvolume en verbetert de stabiliteit van het slib. De rotbaarheid neemt af en het anorganische stofgehalte neemt toe, er is echter nog geen sprake van een hygiënisch betrouwbaar produkt.
De primaire slibproduktie, gemeten in de tank, bedraagt 0,3 - 0,5 l/(i.e.d), afhankelijk van de hydraulische verblijftijd, zie fig. 4.7. Hiervan is 80 - 90% opgeslagen in het 1e compartiment, bij tanks met een compartimentering in de verhouding 2 : 1 : 1. Bij andere configuraties of bij afvalwaterbronnen van bedrijfsmatige aard kan een andere slibverdeling optreden. Bij grote tanks hoopt het slib zich op onder de aanvoeropening, bij kleinere tanks is de verdeling over het oppervlak meer gelijkmatig, zie fig. 4.8.
De septic tank kan ook worden benut voor opslag van eventueel secundair slib van de tweede zuiveringstrap, 0,2 - 0,3 l/(i.e.d).
NB: bij slibafvoer wordt naast het slib óók bovenstaand water verwijderd, waardoor extra volume afgevoerd dient te worden, zie par. 5.1.3.

De vorming van drijflagen, zoals algemeen te constateren valt bij aanvoer onder vrijverval, lijkt te worden voorkomen door een versnijdende pomp in de influentleiding.
Bij aanwezigheid van een dergelijke pomp werden nauwelijks drijflagen waargenomen, terwijl na verwijdering van de pomp in kleinere septic tanks wél drijflagen ontstonden, vooral in het 1e compartiment (ca. 20 - 30 cm dik).
In 2e en 3e compartiment is meestal slechts sprake van vliesvorming.
Bij septic tanks met lange verblijftijden, langer dan 20 dagen, werden ná verwijdering van de pomp géén drijflagen geconstateerd.
De totale hoeveelheid bodemslib en drijflaag bij áfwezigheid van de pomp is ongeveer van gelijke grootte als de hoeveelheid bodemslib bij áánwezigheid van de pomp, m.a.w. slechts de verdeling van slib en drijflaag is gewijzigd.
De versnijdende influentpomp heeft geen significant effect op de zuiveringsprestaties van de septic tank.

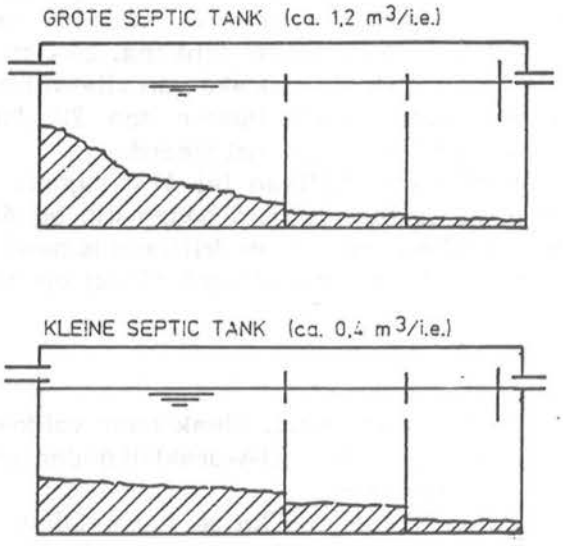
Uitvoeringsaspecten

De uitvoering zoals beschreven in par. 3.2.1. bleek naar voldoening te functioneren. Varianten, mede onderzocht in het IBA-praktijkonderzoek, bleken algemeen minder bevredigend te functioneren.
Overigens is het vermeldenswaard dat de Duitse norm DIN4261 thans septic tanks met cirkelvormige plattegrond ter illustratie geeft in plaats van de in eerdere versies gehanteerde tanks met rechthoekige plattegrond, zie fig. 4.9.

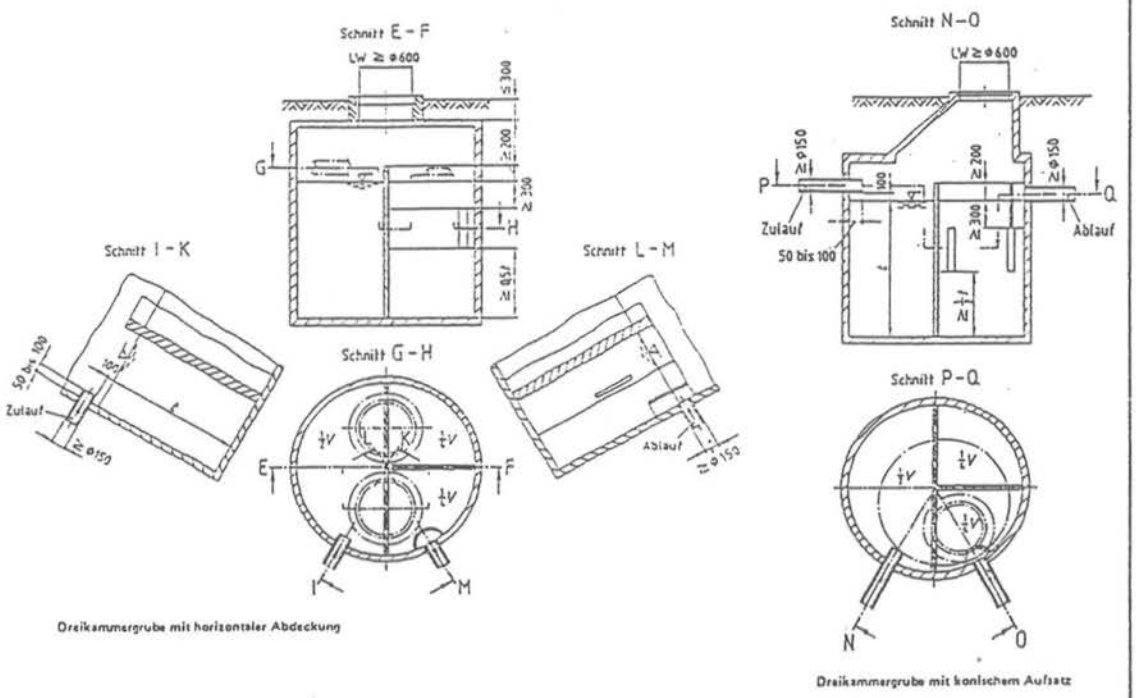
Recirculatie van effluent van het systeem over de septic tank, verlaagt de verblijftijd in de tank per passage. Daar met name de eerste passage van belang



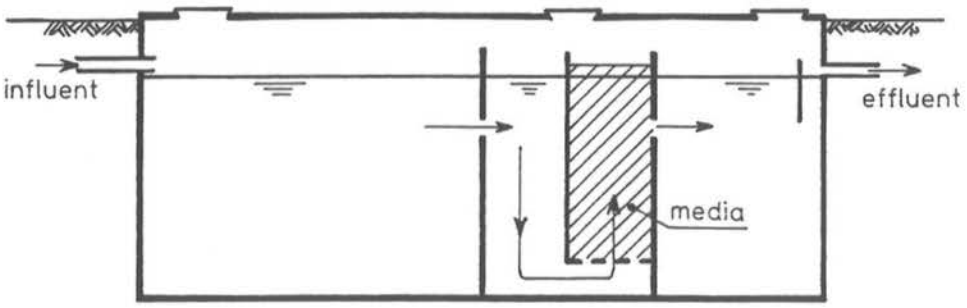
Figuur 4.7.: Slibtoename in de septic tank (primair slib) als functie van het specifieke volume van de septic tank. (+ = resultaten IBA-praktijkonderzoek)



Figuur 4.8.: Ontwikkeling van slibniveau's in septic tanks.



Figuur 4.9.: Voorbeelden van septic tank uitvoeringsvormen conform Duits normblad DIN 4261 (lit. 3, 1983).



Figuur 4.10.: Septic tank met kunststof dragermateriaal in het tweede compartiment.

is voor het zuiveringsresultaat van de septic tank - bij volgende passages is er nauwelijks bezinkbaar materiaal aanwezig in het effluent - dalen de zuiveringsprestaties van de tank. Dit kan nadelige gevolgen hebben voor de tweede zuiveringstrap, vooral bij (in)filtratiesystemen. Vergroting van de tank kan/zal dan noodzakelijk zijn.

Het voorkómen van verstopping van de aanvoeropening door drijflagen verdient aandacht. Duitse DIN-voorschriften geven aan, de onderkant van de aanvoeropening 10 cm boven het waterniveau te plaatsen.

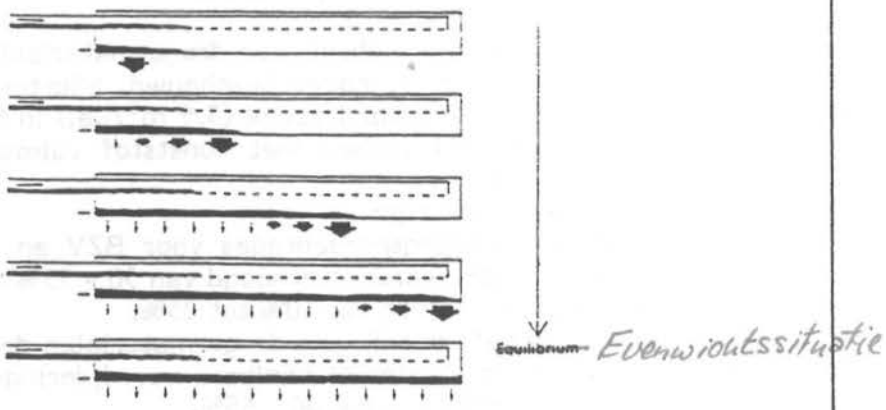
Een recente ontwikkeling is het gebruik van dragermateriaal in de septic tank. In een aanvullend onderzoek is dit nader beschouwd. Hiertoe is in de zeer grote septic tank van het IBA-praktijkonderzoek (3,5 m^3/i.e.) in het 2e compartiment een opwaarts doorstroomd filterbed met kunststof vulmateriaal, 150 m^2/m^3, aangebracht, zie fig. 4.10.
Resultaten van dit onderzoek zijn:
- de reeds hoge verwijderingspercentages voor BZV en CZV, door de lange verblijftijd van 30 dagen, werden verhoogd van 50 - 55% naar ca. 65%;
- de NKj-verwijdering steeg van ca. 10% tot 25%.

Aangenomen wordt dat het gebruik van dragermaterialen de zuiveringsprestaties kan verbeteren tot ca. de maximaal haalbare verwijderingspercentages van dit proces, een BZV-verwijdering van ca. 60 - 65%.
Dit kan aantrekkelijk zijn bij het gebruik van de septic tank als enigste zuiveringstrap. De kosten-baten verhouding geeft echter twijfels over een zinvolle toepassing als de septic tank wordt toegepast als voorbehandeling in een IBA-systeem.

4.2.2. Infiltratiekanalen

Het zuiveringsrendement van infiltratiekanalen is hoog, BZV ca. 98%, NKj 84 - 97%, P-totaal 87 - 99%, maar er kunnen aanzienlijke (seizoens)fluctuaties optreden. Het zuiveringsrendement is ondermeer afhankelijk van de volgende invloedsfactoren:
- **Ouderdom:**
  Oudere systemen zijn beter geadapteerd aan biologische afbraak, de adsorptiecapaciteit van de bodem - met name ten aanzien van fosfaat -neemt echter af waardoor doorslag van fosfaat naar grondwater met toenemende ouderdom kan toenemen.
- **Bodemtype:**
  Zandbodems vertonen algemeen een iets betere nitrificatie door de gunstiger aërobe omstandigheden, de adsorptie van fosfaat is echter veelal minder dan bij een lemige zandbodem.
  Algemene invloedsfactoren zijn korrelverdeling en gehalte organische stof.
- **Hydraulische belasting:**
  Een hoge hydraulische belasting verhoogt de kans op doorslag, waardoor de zuiveringsprestaties afnemen. Naast de dagelijkse hydraulische belasting is ook de wijze van aanvoer van belang: aanvoer onder vrij verval/aanvoer onder druk; aantal doseringen per dag; aanvoer per dosering.
- **Niveau grondwaterpeil:**
  Het grondwaterpeil ten opzichte van het infiltratieoppervlak bepaalt de hoogte van de onverzadigde zone die wordt benut. Een voldoende benutting van deze onverzadigde zone is noodzakelijk om voldoende aërobe afbraak te verzekeren, onder anaërobe condities is het zuiveringsresultaat beduidend geringer.

Op enkele van deze aspecten wordt onderstaand nader ingegaan.



Figuur 4.11.: De voortschrijdende verstopping tijdens de opstartperiode bij infiltratiekanalen met aanvoer onder vrijverval.

Belasting van het infiltratiekanaal

Het is van groot belang de hydraulische ontwerpbelasting af te stemmen op de lokale bodemcondities. De in het praktijkonderzoek gehanteerde belastingen van 0,01 - 0,06 $m^3/(m^2.d)$ zijn acceptabel gebleken voor de ter plaatse aanwezige bodemtypes met lemig zand. Derhalve is er geen aanleiding om de bestaande literatuurwaarden te herzien, zie par. 3.3.1.

De bepaling van de ontwerpbelasting dient te geschieden op basis van gedegen bodemonderzoek, teneinde teleurstellingen te voorkomen. Het vaststellen van de ontwerpbelasting blijft een moeilijke zaak, en kan beter aan deskundigen worden overgelaten. Voorts verdient het aanbeveling classificatietabellen op te stellen op basis van binnen- en buitenlandse ervaringscijfers, waarin de relatie ontwerpbelasting en bodemtype is vastgelegd. Internationaal onderzoek hieromtrent is thans nog gaande ter optimalisatie van bestaande richtlijnen. Ook de afzonderlijke rapportage van IWACO bij het IBA-onderzoeksproject inzake bodeminfiltratietechnische aspecten is hierbij van groot belang (lit. 10).

Tijdens het praktijkonderzoek is gebleken dat infiltratie vanuit de kanalen zeer plaatselijk optreedt bij aanvoer onder vrijverval en bij relatief jonge systemen. Pas als zich bij het infiltratiefront een voldoende slijmlaag om de drain heeft ontwikkeld, wordt het aangevoerde afvalwater over een grotere drainlengte getransporteerd. Het infiltratiefront verschuift langzaam in de tijd en pas na verloop van jaren wordt het totale infiltratieoppervlak volledig benut, zie fig. 4.11. De ongelijkmatige verdeling over de drainlengte vóór het bereiken van deze stabiele eindfase heeft een negatieve invloed op de zuiveringsresultaten.
Een afvalwateraanvoer naar de infiltratiekanalen onder druk, door middel van een pomp, kan dit nadeel reduceren, zoals aangetoond in Amerikaans onderzoek. Stootsgewijze belasting heeft in dit geval derhalve voordelen.

Ouderdom

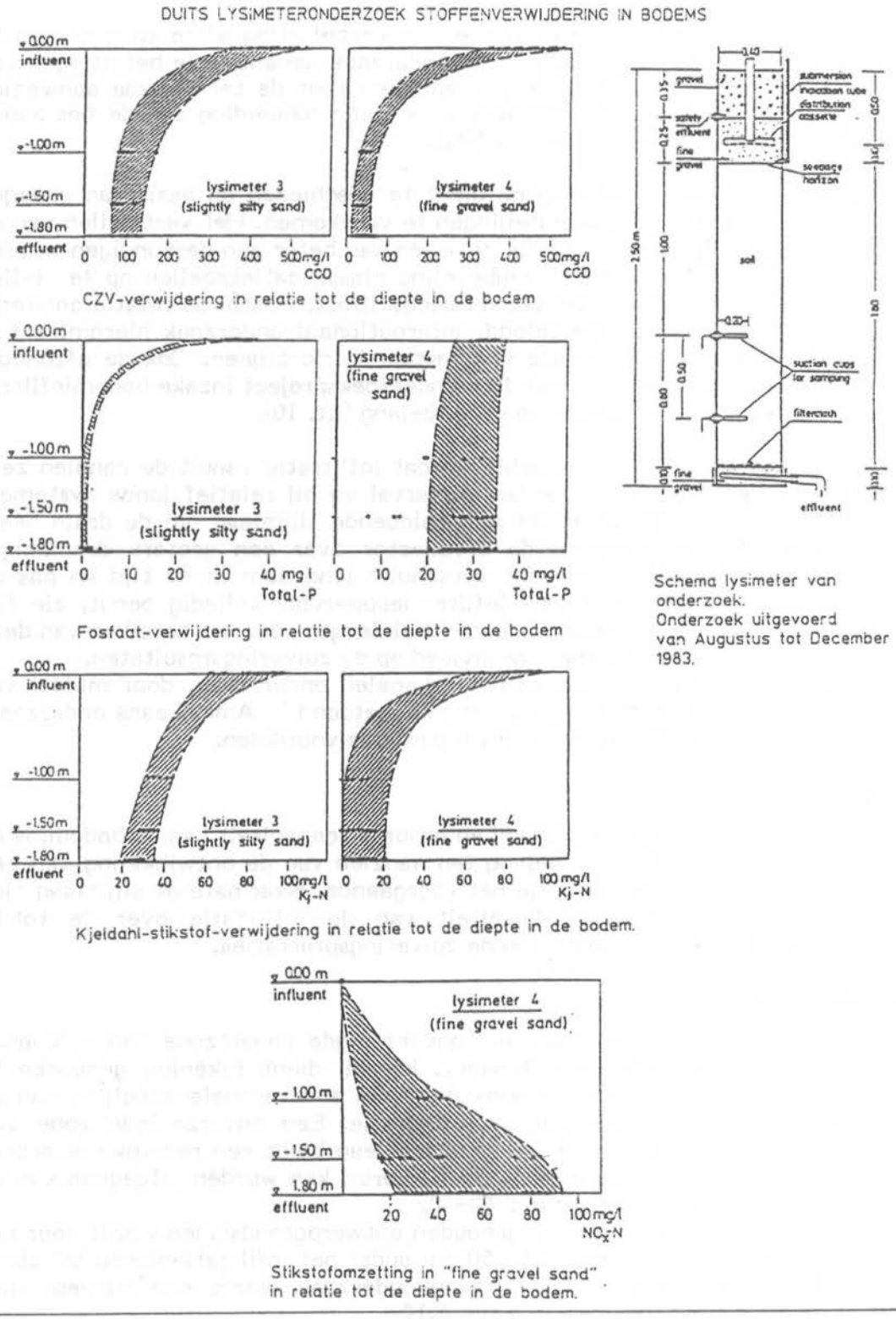
Naast adaptie aan biologische afbraak en adsorptiecapaciteit van de bodem, is de ouderdom van het systeem van belang ten aanzien van de ontwikkeling van een slijmlaag om de infiltratiedrain, zie het voorgaande. Naarmate de slijmlaag zich meer ontwikkelt, wordt de uniformiteit van de infiltratie over de totale drainlengte verbeterd, ten gunste van de zuiveringsprestaties.

Onverzadigde zone

Het is van groot belang dat zich een onverzadigde bodemzone van voldoende dikte onder het infiltratieniveau bevindt. Hierbij dient rekening gehouden te worden met fluctuaties van de grondwaterstand en eventuele opbolling van de grondwaterniveau ter plaatse van de infiltratie. Een onverzadigde zone van tenminste 50 - 100 cm onder het infiltratieniveau biedt een redelijke waarborg op aërobe zuiveringscondities in de bodem. Hierbij kan worden uitgegaan van de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG).
De verwijdering van BZV bij de aangehouden ontwerpgrondslagen wordt voor het grootste deel reeds in de eerste 30 - 50 cm onder het infiltratieniveau tot stand gebracht. Deze bevinding uit het praktijkonderzoek wordt onderstreept met recent Duits lysimeteronderzoek, zie fig. 4.12.

Uitvoeringsaspecten

Bij hét praktijkonderzoek zijn geen duidelijke verschillen geconstateerd tussen een 'belucht' en een 'onbelucht' kanaal. Men kan derhalve het plaatsen van luchttoevoerbuizen langs het infiltratiekanaal achterwegen laten, mits de luchttoevoer in de bodem voldoende verzekerd is door open poriën in de bodemstructuur.
Evenmin werden voordelen geconstateerd bij intermitterend gebruik van twee kanalen. Hoewel in buitenlands onderzoek (USA) hiermee succesvolle experimen-



Figuur 4.12.: West-duits lysimeteronderzoek aan stoffenverwijdering in diverse bodems (lit.16).

ten zijn uitgevoerd - omschakeling 1x per jaar - werden in het uitgevoerde praktijkonderzoek eerder nadelige ervaringen opgedaan vanwege de benodigde opstarttijden na omschakeling en extra fluctuaties in de zuiveringsprestaties.

Er zijn geen aanleidingen gevonden om van bestaande buitenlandse voorschriften af te wijken. Het meenemen van een maximale drainlengte, conform de DIN-norm, is gewenst. Ook een voorschrift ten aanzien van de diepteligging ten opzichte van de grondwaterstand is aan te bevelen.

4.2.3. Zakput

De resultaten van het IBA-praktijkonderzoek aan de zakput zijn niet maatgevend als gevolg van een ongelukkige situering van de put op een zeer goed doorlatende zandlens.
Het uitstromende water veroorzaakt hierdoor een grote opbolling van het grondwaterniveau onder de zakput waardoor de onverzadigde zone nihil is en geen aërobe zuiveringscondities worden verkregen.

Vooralsnog wordt aangenomen dat de meeste aspecten genoemd bij de infiltratiekanalen (par. 4.2.2.) ook gelden voor de zakput. De zuiveringsprestaties zijn mogelijk iets geringer door de meer plaatselijke infiltratie.
Een voldoende dikte van de onverzadigde zone is zeer essentieel gebleken. Het is in dat opzicht begrijpelijk dat de DIN-norm recentelijk is verzwaard door de afstand van de putbodem tot de grondwaterspiegel te vergroten van 1,0 naar 1,5 m. Het is verstandig hierbij aan te sluiten.

4.2.4. Opgehoogd filtratiebed

De zuiveringsprestaties worden in belangrijke mate bepaald door:
- de hydraulische belasting;
- de toegepaste filterzandsoort.

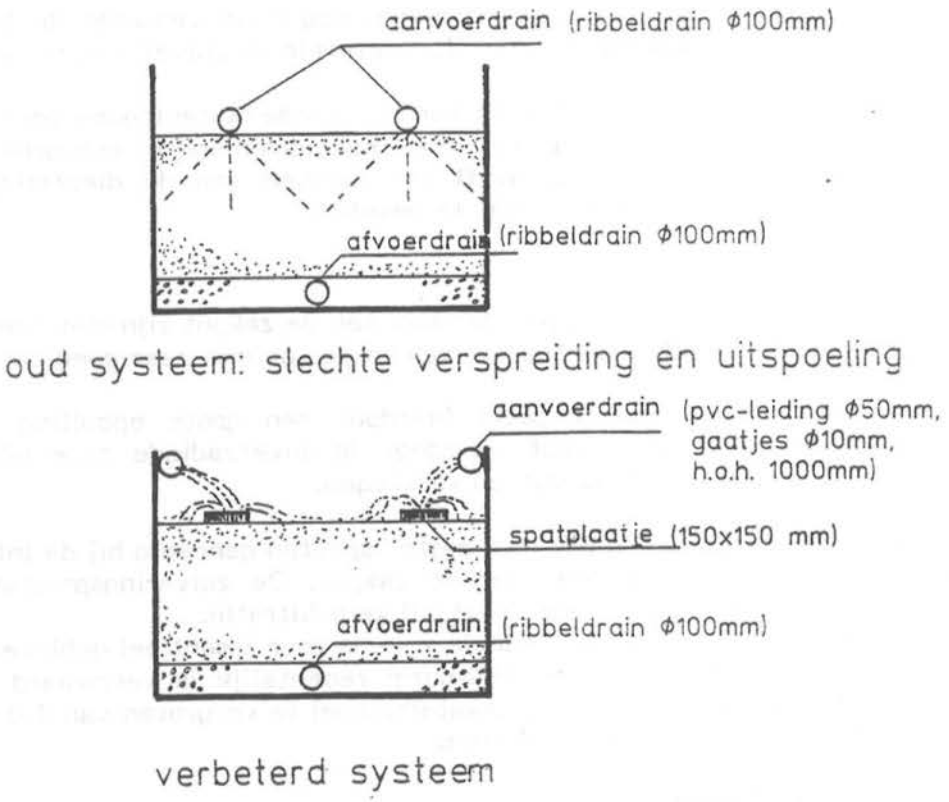
Belasting en filterzand

De toegepaste hydraulische belasting van 0,025 $m^3/(m^2.d)$ gaf zeer goede zuiveringsrendementen: BZV 99%, NKj 90%.
Gezien de maximale belastingen van 0,06 $m^3/(m^2.d)$, die optraden zonder nadelige gevolgen, wordt aangenomen dat een hogere ontwerpbelasting mogelijk is, ca. 0,025 - 0,05 $m^3/(m^2.d)$, afhankelijk van het toegepaste filterzand, bij voorkeur: uniformiteitscoëfficiënt U kleiner dan 4 en effectieve korreldiameter d_{10} groter of gelijk aan 0,25 mm.

Het onder druk aanvoeren van het afvalwater naar het aanvoerstelsel in het opgehoogde filtratiebed heeft een positief effect op een evenredige distributie over het filteroppervlak. Het gedoseerde volume per pomppuls is hierbij van belang. Een te hoge dosering veroorzaakt een korte verblijftijd in het filter en minder goed zuiveringsresultaten. Een te geringe dosering veroorzaakt onvolledige benutting van de aanvoerdrains, plaatselijke filtratie en dientengevolge minder goede zuiveringsprestaties. Een goede afstelling van de dosering in relatie tot het stelsel aanvoerdrains is derhalve gewenst.
In het praktijkonderzoek zijn goede resultaten bereikt met een doseervolume per pomppuls ter grootte van de totale inhoud van de aanvoerdrains.

Uitvoeringsaspecten

De grote dikte van de afdeklaag van het systeem, ruim 70 cm gronddekking, voorkwam vorstproblemen in het filter, en de seizoensfluctuaties van de effluentkwaliteit waren gering.
Ten behoeve van een uniforme distributie van het aangevoerde water is gebruik gemaakt een stelsel van p.v.c.-aanvoerdrains met kleine diameter, Ø 50 mm,



Figuur 4.13.: Verbetering van het verdeelsysteem van zandfilters tijdens het IBA-praktijkonderzoek.

voorzien van uitstroomopeningen Ø 10 mm h.o.h. 1.500 mm. Met dit systeem kon een goede verdeling worden bewerkstelligd.
Een hoogte van het filterzandpakket van 60 cm is voldoende gebleken.

4.2.5. Intermitterende zandfilters

De zuiveringsprestaties van zandfilters worden in belangrijke mate bepaald door:
- de hydraulische belasting;
- de toegepaste filterzandsoort;
- het jaargetijde;
- de mate van onderhoud.

Belasting en filterzand

Gebleken is dat, conform de EPA-richtlijn, voor zandfilters belast met effluent van een septic tank de maximale hydraulische belasting ca. 0,2 $m^3/(m^2.d)$ bedraagt. Verhoging van de hydraulische belasting tot 0,3 $m^3/(m^2.d)$ door recirculatie leidde tot ernstige problemen (zeer korte looptijden filters).
Bij een filterzandsoort met uniformiteitscoëfficiënt U kleiner dan 4 en een effectieve korreldiameter d_{10} groter of gelijk aan 0,25 mm, dient de ontwerpbelasting niet meer te bedragen dan 0,15 - 0,20 $m^3/(m^2.d)$.

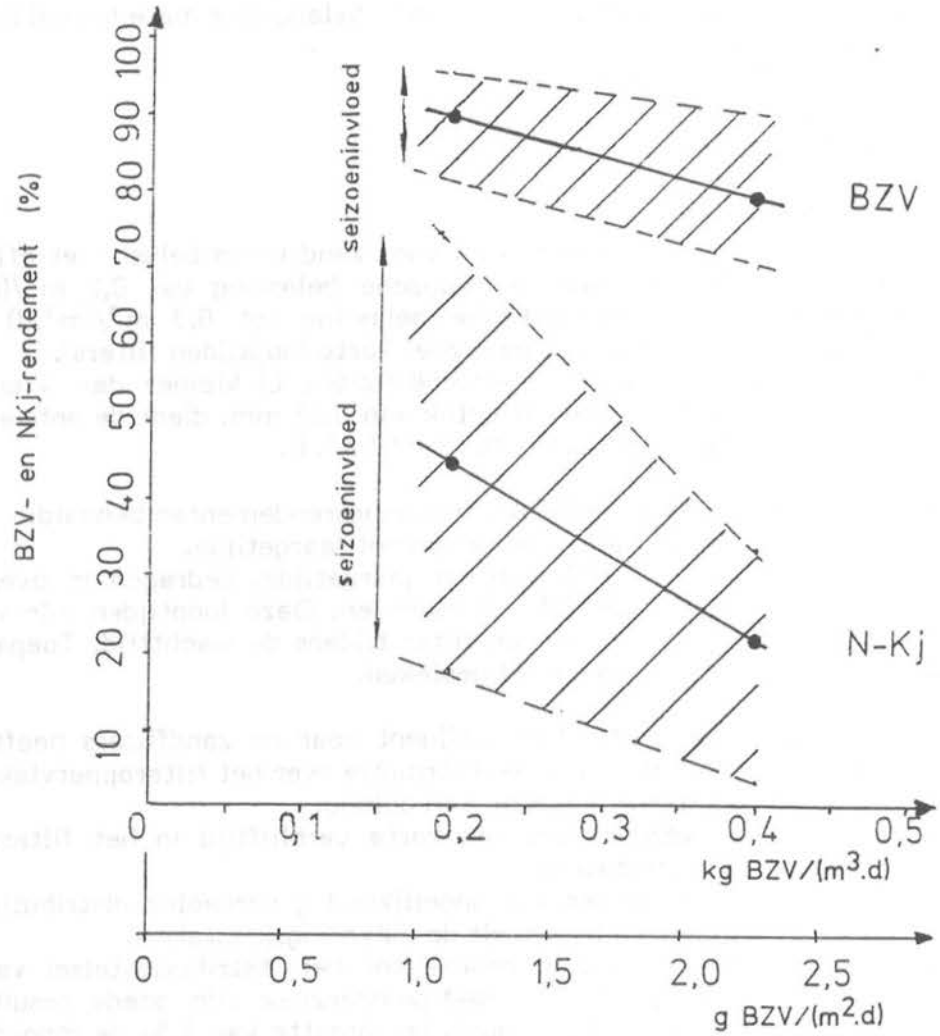
Bij de gestelde belasting worden redelijke zuiveringsrendementen behaald:
BZV 73 - 97% en NKj 31 - 91%, afhankelijk van het jaargetijde.
De looptijden, eveneens afhankelijk van het jaargetijde, bedragen in overeenstemming met literatuurgegevens 0,5 - 3 maanden. Deze looptijden zijn veelal juist voldoende voor regeneratie van een filter tijdens de wachttijd. Toepassing van de juiste zandsoort is zeer essentieel gebleken.

De aanvoer onder druk van septic tank effluent naar de zandfilters heeft een positief effect op de uniformiteit van de distributie over het filteroppervlak. Het gedoseerde volume per pomppuls is hierbij van belang:
- een te hoge dosering veroorzaakt een korte verblijftijd in het filter, ten nadele van de zuiveringsprestaties;
- een te lage dosering kan leiden tot ongelijkmatig verdeelde distributie, de lokale filtratie als een gevolg benadeelt de zuiveringsprestaties.

Goede afstelling van de dosering in relatie tot het distributiestelsel van de zandfilters is derhalve nodig. In het praktijkonderzoek zijn goede resultaten bereikt met een doseervolume per pomppuls ter grootte van 1,5x de inhoud van het distributiestelsel.
Een goed geëgaliseerd filteroppervlak is essentieel voor een evenredige verdere verspreiding van het opgebrachte water over het filteroppervlak. Plaatselijke infiltratie leidt tot plasvorming en anaërobie (zwartkleuring filterzand tot ca. 25 cm diep) en dient te worden vermeden.

De zuiveringsprestaties kunnen sterk seizoensmatig variëren. In strenge winters is een sterke terugval mogelijk in de zuiveringsprestaties als gevolg van koude en afdekking van het filter met sneeuw- en/of ijslagen, waardoor toetreding van zuurstof en verdeling van water over het oppervlak worden belemmerd.
Verstopping van het filter aan het eind van de looptijd veroorzaakt eveneens een verslechtering van de effluentkwaliteit, als gevolg van plaatselijke filtratie en onvoldoende zuurstoftoevoer.
Bij hoge hydraulische belastingen, 0,2 $m^3/(m^2.d)$, fluctueert de nitrificatie sterk over het jaar en valt de NKj-verwijdering in de winter terug.

Uit metingen is vastgesteld dat CZV, BZV en P-totaal voor het grootste deel in de bovenste 30 - 50 cm van het filter worden verwijderd. De nitrificatie komt pas goed op gang op een diepte van 50 - 60 cm. Dit sluit aan bij recent Duits lysimeteronderzoek, zie fig. 4.12.



Figuur 4.14.: Globale weergave relatie BZV- en NKj-rendement van oxydatiebedden in relatie tot de BZV-belasting. Kunststof vulmateriaal, 175 m^2/m^3.
(● = resultaten IBA-praktijkonderzoek)

Onderhoud

Regelmatig onderhoud, zoals schoonhouden en egaliseren van het filteroppervlak, is essentieel om plaatselijke filtratie - nadelig voor de effluentkwaliteit - te voorkomen.
Ook tijdige wisseling van de bedrijfsvoering van de filters is van belang. Niet alleen lopen de zuiveringsprestaties terug aan het einde van de looptijd, maar een te lang doorgevoerde looptijd zorgt voor ernstige overlast en zeer lange regeneratieperioden.

Uitvoeringsaspecten

Het aanvoer/distributiestelsel van de zandfilters verdient veel aandacht.
Goede resultaten zijn geboekt met een stelsel van p.v.c.-leidingen, Ø 50 mm en voorzien van uitstroomopeningen Ø 10 mm h.o.h. 750 mm. De leidingen zijn bevestigd op ca. 30 cm boven het filteroppervlak en spatplaatjes (20 x 20 cm) op het filter zorgen voor verdere verspreiding.
Een aanvoerstelsel van ribbeldrains gelegen op het filteroppervlak leidt tot plaatselijke filtratie en wordt derhalve ontraden, zie fig. 4.13.

Voor voldoende nitrificatie is een filterzandpakket van tenminste 90 cm dik aanbevolen (conform EPA-voorschrift).

Overkapping van het zandfilter kan zinvol zijn om problemen van sneeuw- en ijslagen of bladval te voorkomen en levert tevens een positieve bijdrage aan bestrijding van geuremissie aan het eind van de filterlooptijd.

4.2.6. Oxydatiebedden (incl. nabezinktank)

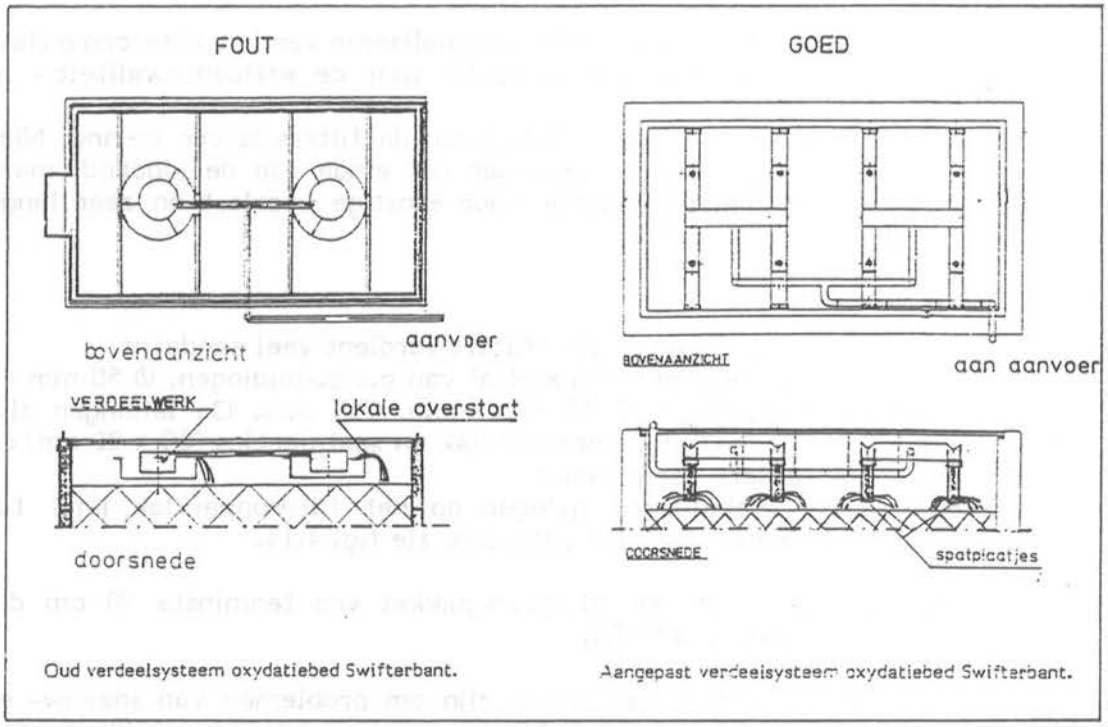
De zuiveringsprestaties van oxydatiebedden worden in belangrijke mate bepaald door:
- de organische belasting (de BZV-ruimtebelasting of de BZV-vlakbelasting);
- het jaargetijde.

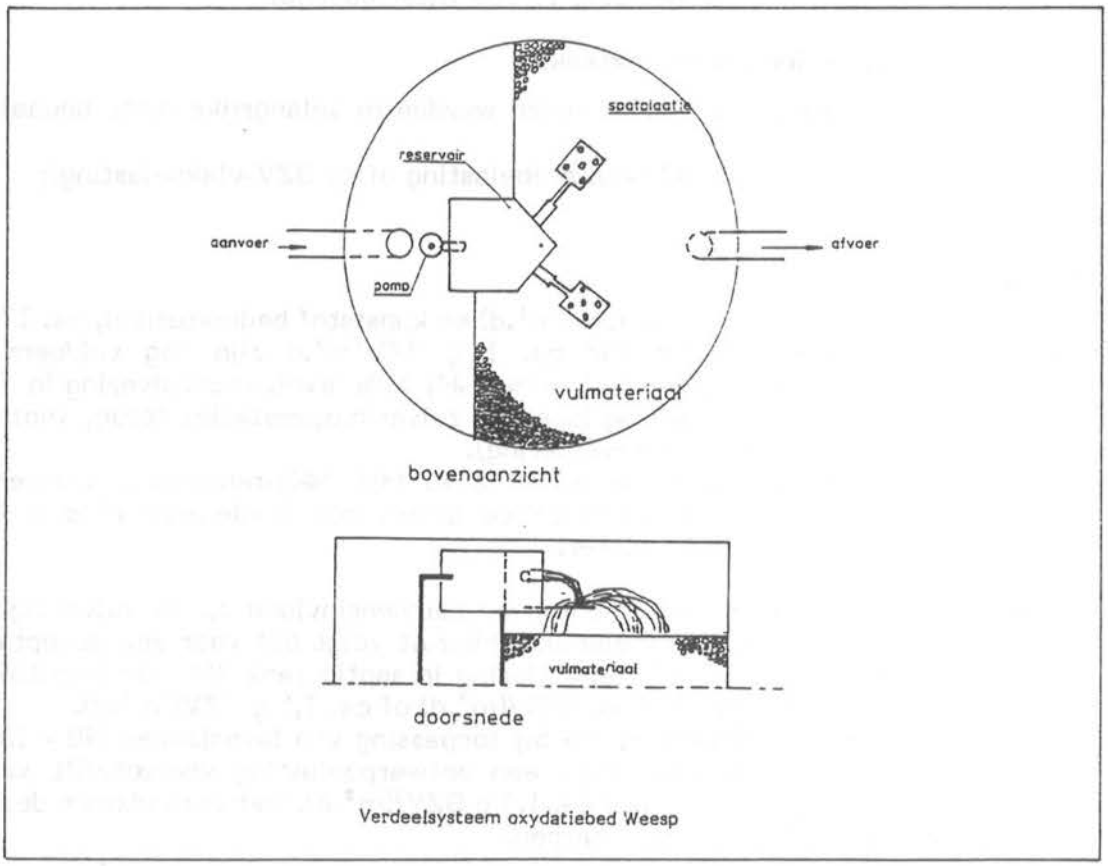
Belasting

Bij een ruimtebelasting van 0,2 kg BZV/(m^3.d) en kunststof bedmateriaal, ca. 175 m^2/m^3, ofwel een vlakbelasting van ca. 1 g BZV/m^2.d zijn nog voldoende zuiveringsrendementen te behalen: BZV 89%, NKj 45% (excl. voorzuivering in de septic tank). Bij een hogere belasting lopen de zuiveringsprestaties terug, vooral ten aanzien van nitrificatie (NKj-verwijdering).
De seizoensinvloed geldt vooral de nitrificatie. Het NKj-rendement varieert sterk over het jaar, afhankelijk van de temperatuur, met goede prestaties in de zomer en slechte prestaties in de winter.

In fig. 4.14. zijn gemiddelde rendementen en seizoensinvloed op de zuiveringsprestaties uitgezet tegen de BZV-belasting. Hieruit volgt dat voor een acceptabele BZV-verwijdering (87%, excl. verwijdering in septic tank 25%) de belasting niet hoger dient te zijn dan ca. 0,25 kg BZV/(m^3.d) of ca. 1,5 g BZV/(m^2.d).
Dit sluit goed aan bij de DIN-norm, die bij toepassing van lavaslakken (90 - 100 m^2/m^3) - bij ongelijkmatige belasting - een ontwerpbelasting voorschrijft van minder dan 0,15 kg BZV/(m^3.d) ofwel ca. 1,5 g BZV/(m^2.d). Het is raadzaam deze norm te volgen of zelfs iets aan te scherpen.

De invloed van de hydraulische belasting lijkt vrij gering, mits voldoende spoelkracht is geïnstalleerd voor afvoer van overtollige biomassa.





Figuur 4.15.: Verdeelsystemen van oxydatiebedden, toegepast bij het IBA-praktijkonderzoek.

Uitvoeringsaspecten en bedieningsaspecten

Ongecontroleerde denitrificatie in de nabezinktank kan leiden tot opdrijvend slib. De afvoer hiervan met het effluent dient te worden vermeden door middel van een duikschot voor de afvoergoot of -opening en regelmatige verwijdering van de drijflaag en eventueel bodemslib.

Hoewel continue belasting ten aanzien van de zuiveringsprestaties wellicht voorkeur verdient, is intermitterende belasting via looptijd/wachttijdregeling goed uitvoerbaar met voldoende resultaat. Optimale afstelling van het loop-/wachttijdregime ten aanzien van energieverbruik versus zuiveringsresultaat dient in praktijk per installatie te worden uitgetest. De afstelling kan seizoensmatig worden gevarieerd voor optimale bedrijfsvoering. In koudere perioden is een meer continue belasting gewenst dan in warme perioden.

Veel aandacht dient te worden besteed aan een goede uniforme distributie van het aangevoerde water over het bed. In praktijk zijn goede ervaringen opgedaan met statische verdeelsystemen, bestaande uit verdeelgoten en spatplaatjes, zie fig. 4.15.

4.2.7. Biorotoren (incl. nabezinktank of trommelfilter)

De zuiveringsprestaties van biorotoren worden in belangrijke mate bepaald door:
- de organische belasting (veelal: de BZV-vlakbelasting);
- het jaargetijde.

Belasting

Bij een vlakbelasting van 1,6 - 3,5 g BZV/(m^2.d) zijn voldoende zuiveringsrendementen behaald: BZV 86 - 96%, NKj 55 - 80%. Bij een hogere belasting lopen de zuiveringsprestaties terug, vooral ten aanzien van nitrificatie (NKj-verwijdering).
De seizoeninvloed geldt vooral de nitrificatie. Het NKj-rendement varieert duidelijk over het jaar, afhankelijk van de temperatuur, met goede prestaties in de zomer en minder goede prestaties in de winter.

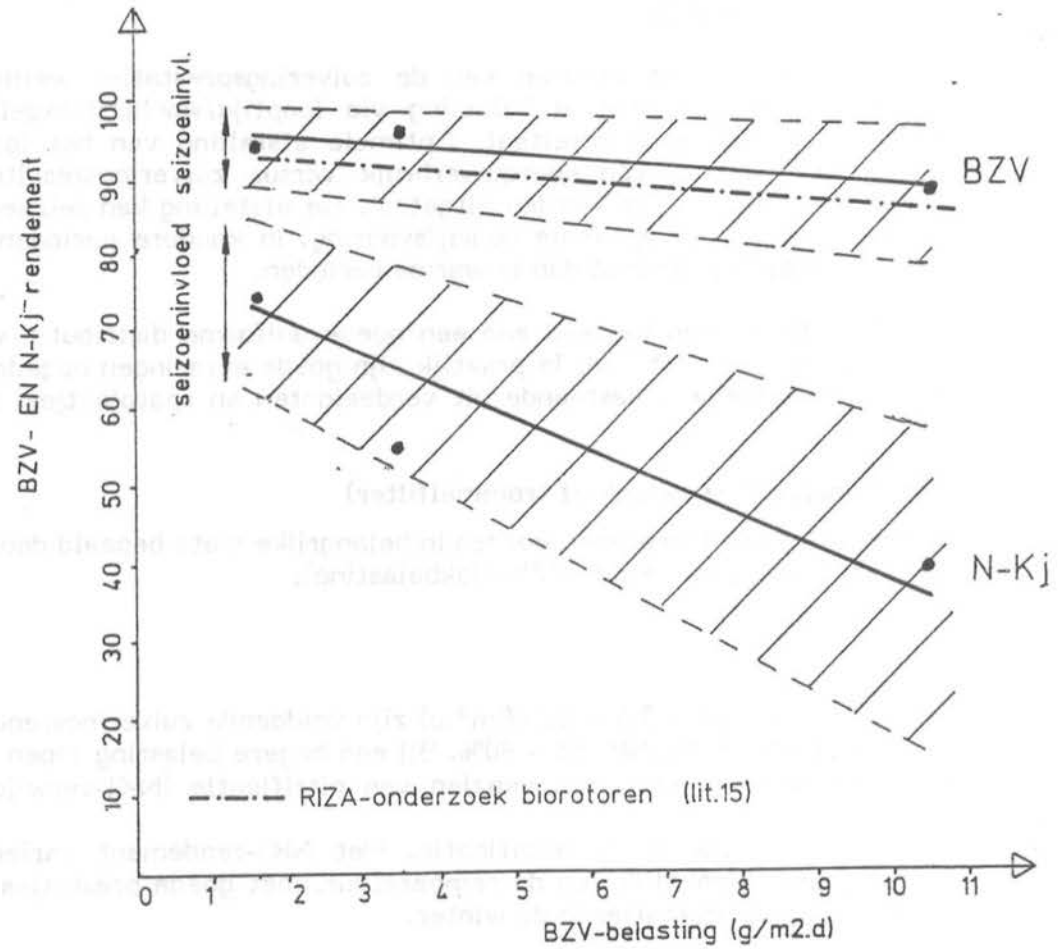
In fig. 4.16. zijn gemiddelde rendementen en seizoensinvloed op de zuiveringsprestaties uitgezet tegen de BZV-belasting. Hieruit volgt dat voor een acceptabele BZV-verwijdering (87%, excl. verwijdering in septic tank 25%) én acceptabele nitrificatie (NKj-verwijdering gemiddeld meer dan 45%) de belasting niet hoger dient te zijn dan 5 - 8 g BZV/(m^2.d). Dit sluit goed aan bij de voorschriften in de DIN-norm en de ATV-richtlijn.

Voorts valt op te maken dat de effectiviteit van het biorotormedium veel groter is dan bij het oxydatiebed. De belasting van het specifieke oppervlak, voor gelijke zuiveringsprestaties, is bij de biorotoren ca. 5 - 10x zo hoog als bij het oxydatiebed, als gevolg van een meer intensief contact van biomassa en afvalwater.

In Engels onderzoek is vastgesteld dat biorotoren met los vulmateriaal in kooiconstructies lager belast dienen te worden dan schijf-installaties: ca. 3,5 g BZV/(m^2.d) ten opzichte van ca. 5 g BZV/(m^2.d).

Een vergaande nitrificatie kan verkregen worden met een zeer lage belasting, minder dan ca. 3 g BZV/(m^2.d), met name in de zomer (NKj-rendement hoger dan 80%).

Er zijn goede denitrificatiemogelijkheden bij recirculatie van effluent naar de septic tank. Een combinatie van lage belasting en recirculatie biedt goede



Figuur 4.16.: Globale weergave relatie BZV- en NKj-rendement van biorotoren in relatie tot de BZV-belasting.
(● = resultaten IBA-praktijkonderzoek)

mogelijkheden voor een vergaande stikstofverwijdering (N-totaal rendement meer dan 60%).

Uitvoeringsaspecten

Ongecontroleerde denitrificatie in de nabezinktank kan leiden tot opdrijvend slib. De afvoer hiervan met het effluent dient te worden vermeden door middel van een duikschot voor de afvoergoot of -opening en regelmatige verwijdering van de drijflaag en eventueel bodemslib.
Er zijn in dit opzicht geen zuiveringstechnische voordelen geconstateerd van trommelfilters, maaswijdte 25 u, ten opzichte van nabezinktanks.
Bij beide nazuiveringstypen werden slibdeeltjes in het effluent aangetroffen.

Zuiveringstechnisch kwamen ook géén duidelijke verschillen naar voren tussen diverse uitvoeringstypen van biorotoren (schijf- of kooiconstructies). Wel bevordert een gelijkmatige aanvoer de effluentkwaliteit; dit wordt bevredigend bereikt door middel van een scheprad in een doseertank aan de biorotor.

4.2.8. Actief-slibsysteem

De zuiveringsprestaties worden in belangrijke mate bepaalt door de slibbelasting. Bij een slibbelasting van 0,04 - 0,06 kg BZV/(kg ds.d) werden goede zuiveringsrendementen verkregen in het beproefde zuiveringssysteem met extended aeration en een batch-gewijze bedrijfsvoering (aanvoer/beluchting - bezinking - aftappen effluent): BZV 96%, NKj 88% (= totaal systeem).
Vooralsnog zijn er geen aanduidingen gevonden om bestaande buitenlandse voorschriften te herzien. Een slibbelasting van 0,05 kg BZV/(kg ds.d) lijkt een goede ontwerpgrondslag.

De batchgewijze bedrijfsvoering heeft mogelijk nadelen ten aanzien van de effluentkwaliteit. Met regelmaat was een troebel effluent waar te nemen, de verwijdering van zwevende stof blijft onder de maat (83%).

Het slibgehalte in de beluchtingstank varieerde tussen 1 en 10 g ds/l, zonder duidelijke nadelige gevolgen voor de effluentkwaliteit. Aanbevolen wordt echter het slibgehalte niet te veel af te laten wijken van de ontwerpgrondslag van 4 g ds/l. Een acceptabele range lijkt 2-8 g ds/l.

Recent onderzoek, op identieke wijze uitgevoerd als het IBA-praktijkonderzoek, aan een nieuw type actief-slibinstallatie (Cextairinstallatie, zie par. 9.1.) met een beluchtingstank en afzonderlijke nabezinktank met automatische slibretour, gaf bij een slibbelasting van 0,04 kg BZV/(kg ds.d) en een slibgehalte van 4 g ds/l vergelijkbare zuiveringsrendementen: BZV 92%, NKj 87%, zwevende stof 73%.
Ook in dat geval bleef het zuiveringsresultaat ten aanzien van zwevende stof onder de maat. Blijkbaar geldt in algemene zin dat de afscheiding van surplusslib bij actief-slibsystemen minder goed verloopt. Derhalve is veel aandacht gewenst voor een goede nabezinking (lage oppervlaktebelasting nabezinktank).

4.2.9. Grijswatersysteem

De combinatie aëroob filter en vloeikas maakt goede zuiveringsprestaties voor behandeling van grijswater mogelijk; bij een volumebelasting van het aëroob filter van 0,3 kg BZV/(m^3.d), gevuld met kunststof materiaal (150 m^2/m^3), ofwel een vlakbelasting van 2 g BZV/(m^2.d) en een hydraulische oppervlaktebelasting van de vloeikas van 0,04 $m^3/(m^2.d)$ werden de volgende zuiveringsrendementen behaald:

Parameter	Eenheid	IBA-praktijkonderzoek		Referentiewaarden			Richtlijnwaarden	
		(I)	(II)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
Drogestof	%	21 - 36	20 - 28	68 - 72	70 - 84	72 - 83	-	-
Gloeirest	% van ds	19 - 58	18 - 47	-	-	62 - 67	-	-
N-KJ	g N/kg ds	9,5 - 24,0	11,4 - 12,6	12 - 15	9 - 13	11,1 - 11,5	-	-
P-totaal	g P/kg ds	2,1 - 3,5	10,2 - 30,4	2,6 - 3,1	1,7 - 3,1	2,5 - 2,6	-	-
pH	-	7,0 - 7,6	7	-	-	-	-	-
Mg-totaal	g/kg ds	8,1 - 15,6	3,8 - 54,8	-	-	4,6	-	-
Ca-totaal	g/kg ds	(48)	10,2 - 10,6	-	-	40,2 - 44,6	-	-
K-totaal	g/kg ds	3,3 - 7,5	13,7 - 15,2	5	4,1 - 7,5	4,1 - 4,4	-	-
Na-totaal	g-kg ds	2,2 - 4,5	-	-	-	-	-	-
Arseen	mg/kg ds	<10 - <20	<10 - <20	3 - 4	2	5,4 - 6,4	10	10
Cadmium	mg/kg ds	<1 - 4	<0,5 - 1	1,6 - 3,5	0,6 - 1	2,7 - 2,1	3	1,5
Chroom	mg/kg ds	<50 - 117	<50	-	-	88 - 99	300	100
Koper	mg/kg ds	140 - 454	25 - 31	80 - 220	23 - 41	168 - 195	400	50
Kwik	mg/kg ds	0,3 - 1,2	<0,25 - <0,5	1 - 2	0,1	1,0 - 1,7	3	1,5
Lood	mg/kg ds	115 - 720	<25	500 - 750	40 - 80	577 - 884	300 - 500	150
Nikkel	mg/kg ds	<25 - 225	<25	-	-	24 - 32	60	50
Zink	mg/kg ds	475 - 1270	<50 - 230	500 - 1000	160 - 270	631 - 773	1300	250
N : P : K-verhouding		20:4,7:7,5	20:33:24	20:4,2:7,4	20:4,6:11	20:4,5:7,5	-	-
gewichtafractie deeltjes <2,0 mm		67 - 75%	80%	-	ca. 30-40%	-	-	-

(I) toiletgebouw recreatievoorziening
(II) toilet woning
(A) compost van huishoudelijk afval, DANO + mechanische scheiding, naar gegevens RIVM
(B) compost van huishoudelijk afval uit organische fractie na scheiding aan de bron, naar gegevens RIVM
(C) opstart compost van huishoudelijk afval, naar gegevens bedrijfslaboratorium voor grond- en gewasonderzoek
(D) richtlijnwaarden zware metalen in kompost voor de korte termijn
(E) richtlijnwaarden zware metalen in kompost voor de middellange termijn

Tabel 4.9.: "Compost"-kwaliteit van de composttoiletten van het IBA-praktijkonderzoek.
en referentiewaarden (lit. 11).

	aëroob filter	vloeikas	totaal
BZV	81%	88%	98%
NKj	41%	78%	87%
zwevende stof	81%	(98%)	ca. 100%

Een stijgende tendens van de zuiveringsprestaties van het aërobe filter in de tijd ging gepaard met een dalende tendens voor de prestaties vloeikas. Blijkbaar is de maximaal haalbare grens van het totale systeem bereikt.

De rendementen van het aërobe filter sluiten goed aan bij de relatie zuiveringsrendementen en BZV-belasting zoals gevonden bij de oxydatiebedden, par. 4.2.6. Het zuiveringsproces is hier dan ook redelijk mee vergelijkbaar.
De vloeikas werkt naar alle waarschijnlijkheid niet op zijn maximale capaciteit. De aangevoerde vuilvracht is relatief gering en wordt tot een bepaald restniveau gezuiverd in de vloeikas. De rendementen van de vloeikas blijven hierdoor wellicht iets beneden verwachting.

Ondanks de plaatsing binnenshuis - aëroob filter in kelder en vloeikas in onverwarmde serre - treden er seizoensfluctuaties op in de verwijderingsrendementen (aëroob filter +/- 10 - 15%; vloeikas +/- 10 - 30%). Het verschil met buitenopstellingen is gering.

4.2.10. Composttoiletten

Het composteringsproces in het Clivus Multrum composttoilet is een langzaam composteringsproces ('mouldering'), een proces bij een relatief lage temperatuur in de composthoop (zelden boven 35°C) en een lange composteringstijd van 1 tot enkele jaren.
De opstartperiode bedraagt ca. 2 - 3 jaar, mits het toilet goed onderhouden wordt en op juiste wijze gebruikt.

De 'compost' als eindprodukt van het toilet bevat wel bemestende stoffen vergelijkbaar met gebruikelijke compost, zie tabel 4.9., maar een goede werking als grondstructuurverbeteringsprodukt wordt betwijfeld ten gevolge van het zeer hoge vochtgehalte, 60 - 80%, en een zeer grote fractie kleine deeltjes (kleiner dan 2 mm), resulterend in een slurrie. Een korrelig eindprodukt wordt niet verkregen.
In ieder geval wordt een narijpingstijd aanbevolen voor de verwijderde compost. Deze wordt geschat op enkele maanden, hetgeen ook de hygiënische betrouwbaarheid ten goede zal komen, aangezien de compost pathogene organismen kan bevatten. Direct contact met voedselgewassen dient te worden vermeden.
Het overtollige compostvocht is zeer donker gekleurd en zwaar organisch verontreinigd. Het bezit een zeer hoge bemestingswaarde, zie tabel 4.10. Het gebruik ervan in onverdunde toestand, ten behoeve van bemesting, wordt ontraden uit oogpunt van overbemesting en hygiëne. ?

Het watergehalte in de composthoop dient te liggen binnen uiterste grenzen van 30 - 60%. Een optimale afbraak wordt verkregen bij een vochtgehalte van 45 - 50%. In praktijk werden echter vochtgehalten van 60 - 80% waargenomen, hetgeen sterk nadelig is voor het composteringsproces. Het zeer hoge vochtgehalte leidt tot verstopping van de poriën in de composthoop met water en verhindert een goede luchttoevoer voor het composteringsproces. Extra toevoeging van vochtabsorberend materiaal en regelmatig losharken van de composthoop had tot betere resultaten kunnen leiden.
Optimale uitgangscondities voor compostering is een C/N-verhouding in de composthoop van ca. 20 - 30. De ammoniakgeur die soms bij opening van de tanks

? De geringe hoeveelheid (overtollig) compostvocht kan beter periodiek worden afgevoerd naar een RWZI.

Parameter	Eenheid	IBA - Praktijkonderzoek (I)	IBA - Praktijkonderzoek (II)
CZV	g O_2/l	4,1-120	2,7-7,1
BZV_5	g O_2/l	0,11-2,70	0,03 *
N-Kj	g N/l	0,28-1,41	0,16-1,39
NH_4^+	g N/l	---	0,9 *
P-totaal	g P/l	0,01-0,03	0,01-0,69
Cl^-	g Cl/l	0,38-3,75	5,0-5,5
pH	---	7,5-8,3	6,6-7,6
Droogrest	g/l	---	1,45 *
Bezinksel	ml/l	---	35 *
Gloeirest	% van ds	---	2,5 *
Geleidingsvermogen	µS/cm	---	"oneindig"
Arseen	µg/l	7-57	6-<10
Cadmium	µg/l	0,6-2,3	4,2 *
Chroom	µg/l	85-365	23-230
Koper	µg/l	42-336	42-460
Kwik	µg/l	<0,1-2,0	<0,1-1,7
Lood	µg/l	<10-690	20-140
Nikkel	µg/l	76-940	45-4700
Zink	µg/l	105-2005	280-600

* = eenmalige bepaling

(I) toiletgebouw recreatievoorziening
(II) toilet woning

Tabel 4.10.: Kwaliteit van overschot compostvocht van de compost-toiletten van het IBA-praktijkonderzoek.

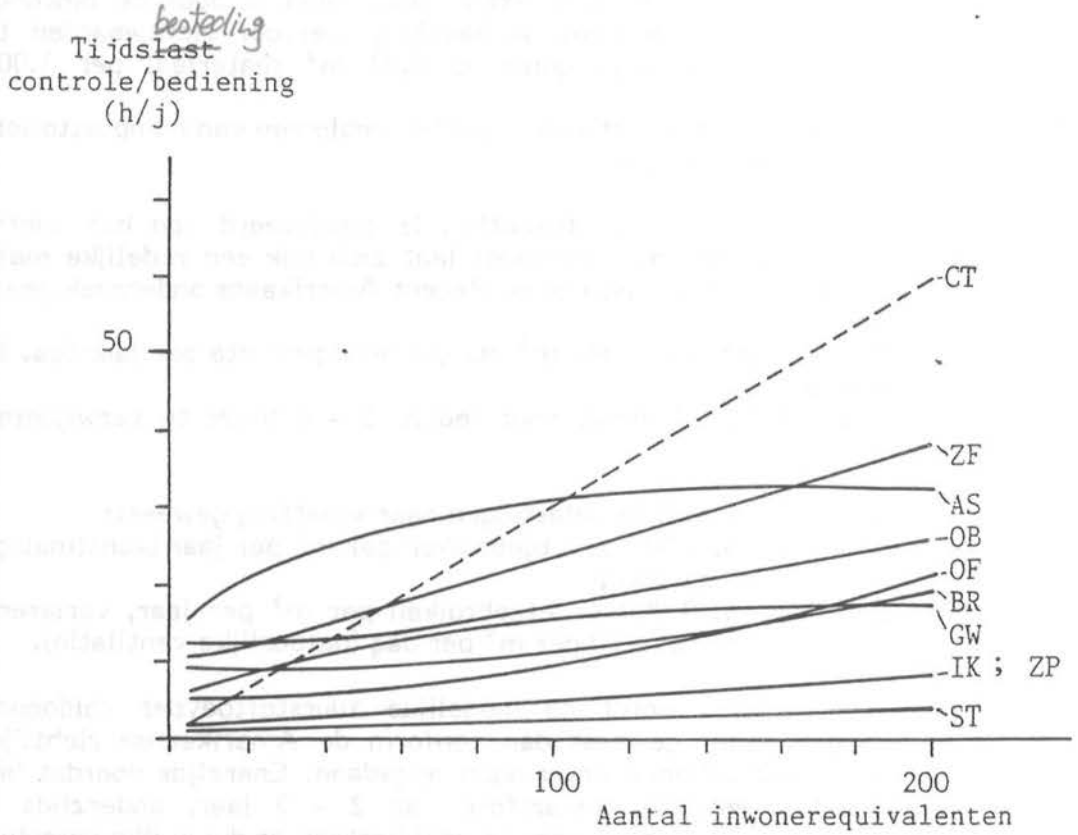
werd waargenomen duidt op een te geringe C/N-verhouding (overschot aan stikstof). Extra toevoeging van materiaal met een hoge C/N-verhouding ('koolstofbronnen') zou tot betere resultaten hebben kunnen leiden.
Als droge, vochtabsorberende, koolstofbronnen kunnen bijvoorbeeld de volgende materialen dienen: papier, compost, zaagsel, tuinafval. Groenteafval kan nadelig zijn als bron van vliegenplagen.
De noodzaak van toevoeging van deze extra materialen is door de bewoner moeilijk vast te stellen, het verdient aanbeveling hiervoor richtwaarden te geven. In Amerika is als richtlijn genoemd 0,03 m^3 materiaal per 1.000 toiletgebruiken.
Vliegenplagen en overmaat aan vocht zijn typische problemen van composttoiletten tijdens de langdurige opstartfase.

De benodigde inhoud van de composttoiletten is gerelateerd aan het aantal toiletgebruiken per dag of per jaar. Hierdoor laat zich ook een redelijke maat voor de 'belasting' van het toilet vastleggen. Recent Amerikaans onderzoek geeft als ontwerprichtlijnen:
- maximaal 5.000 toiletgebruiken per m^3 composteringsruimte per jaar (ca. 10 -15 per m^3 per dag);
- ventilatie met 1 m^3 lucht/minuut voor iedere 5 - 6 liters te verwijderen vloeistof.

In het IBA-praktijkonderzoek zijn de belastingen naar schatting geweest:
- toilet, woning : ca. 4.500 toiletgebruiken per m^3 per jaar (kunstmatige ventilatie);
- toilet, recreatief : ca. 3.000 toiletgebruiken per m^3 per jaar, variërend van 0,5 - 20 per m^3 per dag (natuurlijke ventilatie).

Op beide onderzoekslocaties wordt de mogelijke zuurstoftoevoer voldoende geacht. De belasting is lager geweest dan conform de Amerikaanse richtlijn. Desondanks zijn er teleurstellende ervaringen opgedaan. Enerzijds doordat het onderzoek plaatsvond tijdens de opstartfase van 2 - 3 jaar, anderzijds is toiletgebruik en onderhoud hier debet aan. Hierbij bestaan er duidelijke verschillen tussen beide toiletten:
- toilet, woning : ondanks de hogere 'belasting' dan bij het toilet voor de recreatievoorziening, werden hier betere resultaten verkregen. Dit werd echter pas na ca. 2 jaar opstartfase duidelijker, na grote inspanning ten aanzien van frequent onderhoud (harken, verwijdering overtollig vocht) en regelmatige toevoeging van bulkmateriaal (vochtabsorberende koolstofbronnen).
- toilet, recreatief : na 3 jaar bedrijfsvoering is nog amper van een redelijke composterende werking sprake. Het proces wordt ernstig verstoord door een overmaat aan urineaanvoer ten opzichte van vaste stoffen en door periodieke ongewenste lozingen van storende stoffen bij oneigenlijk gebruik van de toiletten (bijv. lozing blikmateriaal, inhoud chemische toiletten, olieafvalprodukten, etc.).
  Feitelijk is de composttank hierdoor gereduceerd tot opslagtank.

Geconcludeerd wordt dat composttoiletten voor huishoudelijk gebruik, mits goed onderhouden, toepassingsmogelijkheden bieden. Voor recreatieve/publieke doeleinden is de kans op teleurstelling echter zeer groot en worden composttoiletten minder geschikt geacht.
De Amerikaanse ontwerprichtlijn van 5.000 toiletgebruiken per m^3 per jaar wordt te hoog geacht. Een betere waarde lijkt 3.000 - 4.000 toiletgebruiken per m^3 per jaar.



CT = composttoiletten (1 per woning)
ZF = zandfilter systeem
AS = actief-slib systeem
OB = oxydatiebed systeem
OF = opgehoogd filtratiebed systeem
BR = biorotor systeem
GW = grijswater systeem (centraal)
IK = infiltratiekanaal systeem
ZP = zakputsysteem
ST = septic tank

Figuur 5.1.: De benodigde tijdslast (besteding) voor controle/bediening voor verschillende IBA-systemen in relatie tot de systeemgrootte.

5. EXPLOITATIE IBA-SYSTEMEN

5.1. Controle, bediening en onderhoud/Personeelslast

5.1.1. Algemene beschouwing en systeemvergelijking

Controle, bediening en onderhoud van IBA-systemen zijn in de volgende onderdelen te splitsen:

a. Bedrijfscontrole/bediening
b. Klein onderhoud
c. Periodiek onderhoud aan elektro-mechanische apparatuur
d. Terreinonderhoud
e. Groot onderhoud en reparaties
f. Slibverwijdering

Onderstaand wordt kort ingegaan op deze onderdelen, en worden de diverse IBA-systemen onderling vergeleken ten aanzien van personele last.
In navolgende subparagrafen 5.1.2. en 5.1.3. wordt nader ingegaan op de uitvoering van de bedrijfscontrole en klein onderhoud, resp. slibproduktie en slibverwijdering.

Bedrijfscontrole/bediening

De bedrijfscontrole omvat routinematige controle van de juiste werking van de systeemonderdelen, beoordeling van de toestand van de installatie, eventuele aanpassing van de bedrijfsinstelling van installatieonderdelen en eventueel bemonstering en in-situ metingen. Tot de bedrijfscontrole wordt ook een korte inspectie bij de slibverwijdering gerekend.
Gelijktijdig met de bedrijfscontrole kan eventueel noodzakelijk klein onderhoud worden uitgevoerd.
In par. 5.1.2. wordt meer uitgebreid ingegaan op de uit te voeren werkzaamheden bij de bedrijfscontrole/bediening.

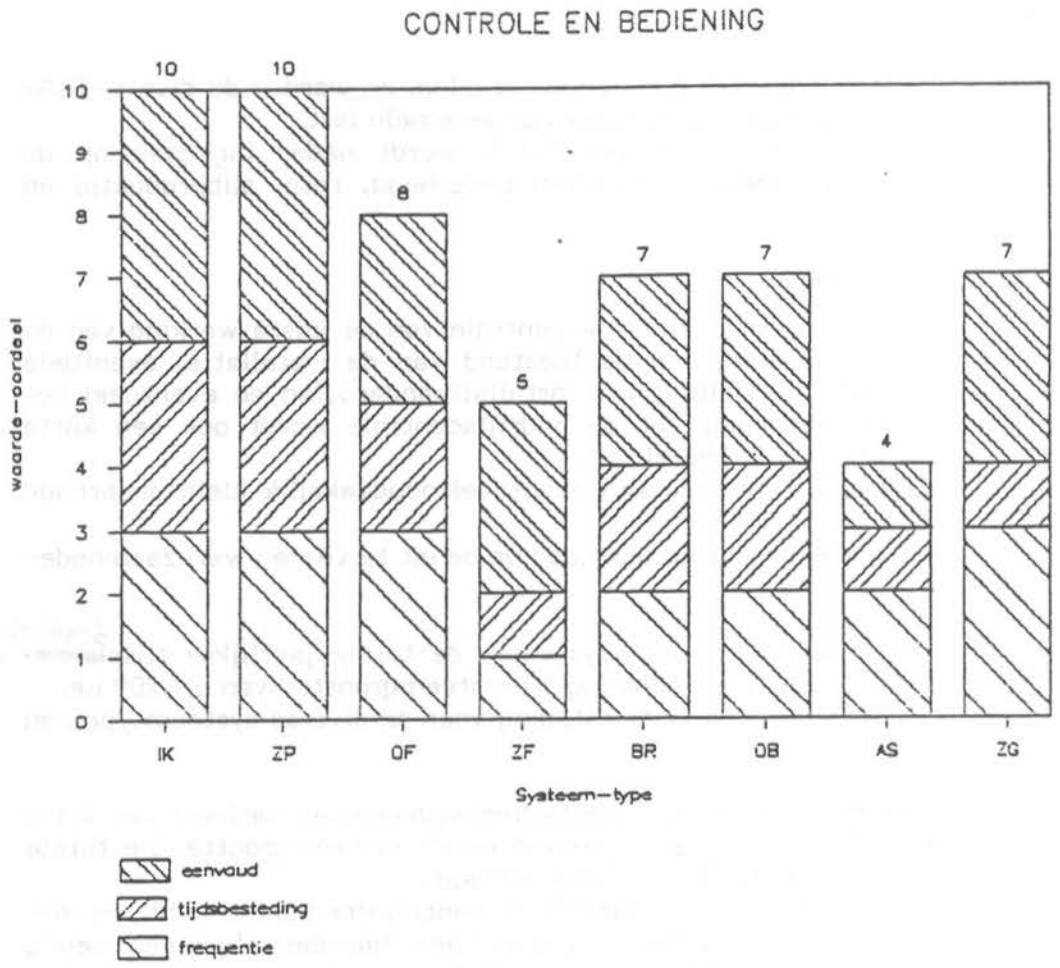
In fig. 5.1. zijn voor de diverse IBA-systemen de totale jaarlijkse tijdslasten gegeven voor de bedrijfscontrole/bediening bij systeemgrootten van 5 - 200 i.e.
Een overzicht van frequenties en tijdsbesteding voor de diverse systeemtypen en -grootten is gegeven in bijlage I.

De benodigde **frequentie** van de controle/bedieningsbezoeken varieert van 4 tot 50x per jaar, afhankelijk van het systeemtype en de systeemgrootte. De **totale tijdslast** varieert hierbij van ca. 3 tot 77 uur per jaar.
Bij alle systemen neemt de totale tijdslast voor controle/bediening licht toe met toename van de systeemgrootte. De capaciteit heeft hierdoor algemeen weinig invloed op de onderlinge vergelijking van de systemen. Voor composttoiletten dient in dat opzicht een uitzondering gemaakt te worden. Bij grotere capaciteiten - meerdere woningen - blijft per woning 1 composttoilet benodigd. Deze decentrale aanpak kost veel extra tijd voor controle/bediening in vergelijking tot een mogelijke centrale aanpak bij de overige systeemtypen.

De vereiste **deskundigheid** voor controle/bediening is algemeen nihil tot gering, alleen het actief-slibsysteem vereist duidelijk meer deskundigheid van de beheerder. De overige systemen zijn redelijk tot goed door bewoners te beheren.

Bij de **evaluatie** zijn de IBA-systemen onderling vergeleken ten aanzien van:
- benodigde frequentie bedrijfscontrole;
- totale jaarlijkse tijdslast voor bedrijfscontrole/bediening;
- eenvoud van de bedrijfscontrole c.q. bediening.

Installatietype	IK	ZP	OF	ZF	BR	OB	AS	ZG	gewicht
Controle en bediening:									
frequentie	3	3	3	1	2	2	2	3	1
tijdsbesteding	3	3	2	1	2	2	1	1	1
eenvoud	4	4	3	3	3	3	1	3	1
Totaal	10	10	8	5	7	7	4	7	
Maximum aantal	10	10	10	10	10	10	10	10	
Score:	10	10	8	5	7	7	4	7	



IK = infiltratiekanaal-systeem
ZP = zakput-systeem
OF = opgeh. filtratiebed-systeem
ZF = zandfilter-systeem
BR = biorotor-systeem
OB = oxydatiebed-systeem
AS = actief slib systeem
ZG = systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling

Figuur 5.2.: Onderlinge vergelijking IBA-systemen ten aanzien van controle en bediening.

Bij de beoordeling van de systemen zijn onderstaande maatstaven gehanteerd:

- **frequentie**	: 3 punten	:	minder dan 12x per jaar;
	2 punten	:	12 - 24x per jaar;
	1 punt	:	24 - 32x per jaar;
	0 punten	:	meer dan 32x per jaar.
- **tijdsbesteding*** (excl. reistijd)	: 3 punten	:	minder dan 8 uur per jaar;
	2 punten	:	8 - 16 uur per jaar;
	1 punt	:	16 - 24 uur per jaar;
	0 punten	:	meer dan 24 uur per jaar.
- **eenvoud**	: 4 punten	:	geen deskundigheid vereist;
	3 punten	:	weinig deskundigheid vereist;
	2 punten	:	enige deskundigheid vereist;
	1 punt	:	veel deskundigheid vereist;
	0 punten	:	zeer veel deskundigheid vereist.

* Tijden voor 20 - 50 i.e.-systeem (bij andere systeemgrootten is de schaal licht aangepast).

Hoe hoger de score, hoe beter het systeem voldoet voor on-site afvalwater behandeling ten aanzien van het bedrijfscontrole-aspect. De overall-score voor de bedrijfscontrole en bediening is de gesommeerde score van de drie deelaspecten. Een overall-score hoger dan 5 mag algemeen als bevredigend worden gezien. De onderlinge vergelijking van de diverse IBA-systemen ten aanzien van bedrijfseenheid en bediening is weergegeven in fig. 5.2.

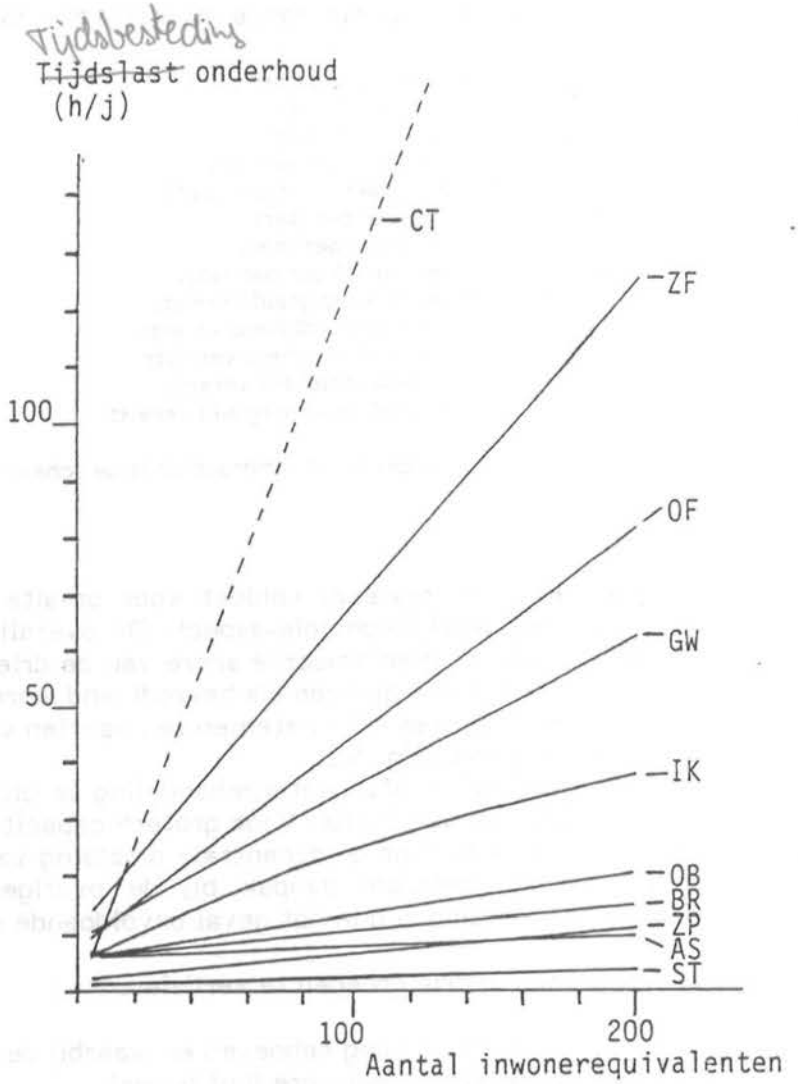
NB: Bij het systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling is uitgegaan van een systeem tot een capaciteit van 50 i.e. Voor grotere capaciteiten wordt de vergelijking sterk beïnvloedt door de decentrale plaatsing van compost-toilet ten opzichte van de centrale aanpak bij de overige systemen; gescheiden afvalwaterbehandeling zou in dat geval onvoldoende scoren.

Uiteindelijk zijn de IBA-systemen in drie groepen te verdelen:

A. Systemen die weinig controle en bediening behoeven en waarbij de werkzaamheden zeer eenvoudig van aard zijn (totaalscore 8 of hoger):
   infiltratiekanaal-systeem; zakput-systeem; opgehoogd filtratiebed-systeem.
B. Systemen die iets frequenter en tijdrovender controle en bediening vergen, zonder dat speciale deskundigheid is vereist (totaalscore 6 of 7):
   biorotor-systeem; oxydatiebed-systeem; systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling bij capaciteiten kleiner dan 50 i.e.
C. Systemen die voor bedrijfscontrole en bediening 'onvoldoende' scoren (totaalscore 5 of minder):
   zandfiltersysteem (vanwege hoge frequentie en tijdslast bezoeken);
   actief-slib-systeem (vanwege ~~hogere tijdslast~~ grotere tijdsbesteding en vereiste deskundigheid);
   systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling bij capaciteiten groter dan 50 i.e. (vanwege ~~hoge tijdslast~~ grote tijdsbesteding door decentrale aanpak).

Klein onderhoud, periodiek onderhoud e/m-apparatuur; terreinonderhoud

- **Klein onderhoud:**
  Klein onderhoud dient regelmatig te worden uitgevoerd en betreft werkzaamheden die bij en voor een normaal functioneren van het zuiveringssysteem noodzakelijk zijn en tot de routinematige bedrijfsvoering kunnen worden gerekend. Algemeen omvat dit enige schoonmaakwerkzaamheden en eventuele smering van mechanische onderdelen.
  Klein onderhoud vergt weinig deskundigheid en kan gelijktijdig met de bedrijfscontrole worden uitgevoerd, de noodzakelijke frequentie ligt algemeen iets lager dan die van de bedrijfscontrole.



CT = composttoiletten (1 per woning)
ZF = zandfilter systeem
OF = opgehoogd filtratiebed systeem
GW = grijswater systeem (centraal)
IK = infiltratiekanaal systeem
OB = oxydatiebed systeem
BR = biorotor systeem
ZP = zakput systeem
AS = actief slib systeem
ST = septic tank

tijdsbesteding

Figuur 5.3: De benodigde ~~tijdslast~~ voor klein onderhoud, terreinonderhoud en periodiek onderhoud aan e/m-onderdelen, voor verschillende IBA-systemen in relatie tot de systeemgrootte.

Klein onderhoud wordt uitgevoerd indien noodzakelijk, of conform gestelde voorschriften in een bedrijfshandleiding.
Een meer uitgebreide beschrijving van de werkzaamheden, de benodigde frequentie en totale ~~tijdslast~~, voor klein onderhoud is gegeven in paragraaf 5.1.2.

- **Periodiek onderhoud aan e/m-apparatuur:**
  Onder periodiek onderhoud aan e/m-apparatuur wordt verstaan:
  periodieke servicebeurten van pompen, motoren e.d. Het omvat inspectie van de e/m-onderdelen, schoonmaak, smering en eventuele revisie van slijtage-onderdelen.
  Het periodieke onderhoud aan e/m-apparatuur vereist enige deskundigheid en kan desgewenst op basis van een service-contract aan de leverancier worden uitbesteed.
  De benodigde frequentie bedraagt 1 - 2x per jaar en de servicebeurt neemt ca. 1 uur per pomp/motor per keer in beslag (excl. reistijd).

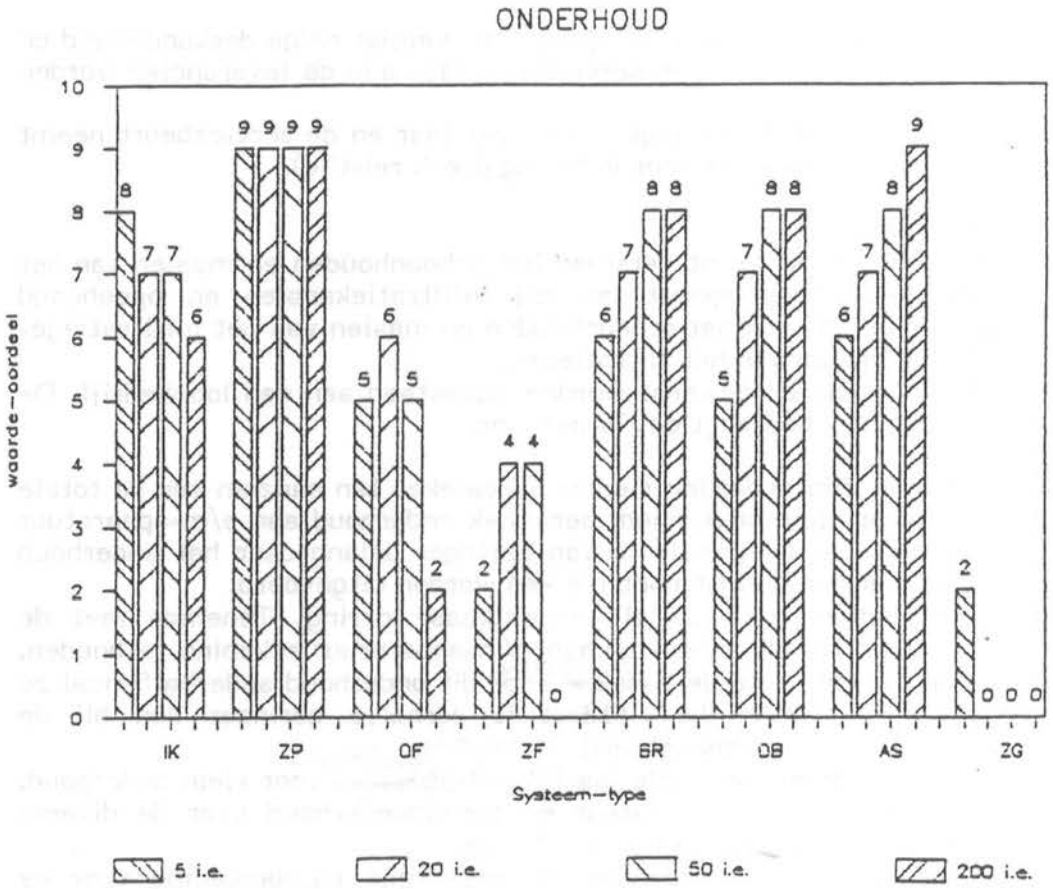
- **Terreinonderhoud:**
  Onder terreinonderhoud wordt verstaan het schoonhouden en maaien van het terrein rond het zuiveringssysteem. Bij infiltratiekanalen en opgehoogd filtratiebed omvat dit ook het schoonhouden en maaien van het infiltratiegebied of het dijklichaam van het filtratiebed.
  Terreinonderhoud kan desgewenst worden uitgesteed aan een loonbedrijf. De benodigde frequentie bedraagt ca. 3x per jaar.

De diverse systemen zijn onderling slechts vergeleken ten aanzien van de totale tijdslast per jaar voor klein onderhoud, periodiek onderhoud aan e/m-apparatuur en terreinonderhoud. De frequentie is van geringer belang daar het onderhoud veelal gelijktijdig met een bedrijfscontrole kan worden uitgevoerd.
De vereiste deskundigheid is veelal vergelijkbaar gering. Teneinde met de deskundigheid voor periodiek onderhoud aan e/m-apparatuur rekening te houden, is in de onderlinge vergelijking de tijdslast voor dit onderhoud anderhalf maal zo zwaar meegeteld. De werkelijke tijdslast is derhalve geringer dan bij de systeemvergelijking (fig. 5.4.) gehanteerd.
In figuur 5.3. zijn de wérkelijke totale jaarlijkse tijdslasten voor klein onderhoud, periodiek onderhoud aan e/m-apparatuur en terreinonderhoud voor de diverse IBA-systemen gegeven, in de range van 5 - 200 i.e.
Een volledig overzicht van frequenties en werkelijke tijdsbesteding voor de verschillende onderhoudsaspecten voor diverse systeemgrootten is gegeven in bijlage I.

De tijdslast voor het onderhoud is sterk afhankelijk van de systeemgrootte. De **systeemvergelijking** is dan ook uitgevoerd voor vier systeemgrootten: 5, 20, 50 en 200 i.e. systemen.
Aan ieder systeem is per systeemgrootte een score gegeven in de range van 0 -10 punten. Hoe lager de tijdslast, hoe hoger de score. Een tabel met de gehanteerde maatstaven is toegevoegd aan de onderlinge vergelijking van de IBA-systemen in fig. 5.4. Een score hoger dan 5 mag algemeen als bevredigend worden gezien. Overigens is het gepleegde onderhoud een subjectief gegeven. Met name het terreinonderhoud kan sterk afhankelijk zijn van de plaatselijke omstandigheden. Voorts kan op personele last voor terreinonderhoud bespaard worden door het houden van, bijvoorbeeld schapen op het terrein (vooral bij infiltratiekanalen en opgehoogd filtratiebed).

Uit de systeemvergelijking zijn een aantal conclusies te trekken:
- de compactinstallaties (biorotor-, oxydatiebed-, actief-slib-systeem) vergen bij grotere installaties slechts gering meer tijdslast voor klein onderhoud, periodiek onderhoud e/m-apparatuur en terreinonderhoud. Hun score neemt dan ook toe bij grotere capaciteiten;

cijfer	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
onderhoudslast (h/j):											
5 i.e.	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0	15,0	17,0	19,0	>19,0
20 i.e.	1,9	5,6	9,4	13,2	16,9	20,7	24,4	28,2	32,0	35,7	>35,7
50 i.e.	3,1	9,4	15,6	21,8	28,1	34,3	40,6	46,8	53,0	59,3	>59,3
200 i.e.	5,0	15,0	25,0	35,0	45,0	55,0	65,0	75,0	85,0	95,0	>95,0



IK = infiltratiekanaal-systeem
ZP = zakput-systeem
OF = opgeh. filtratiebed-systeem
ZF = zandfilter-systeem
BR = biorotor-systeem
OB = oxydatiebed-systeem
AS = actief slib systeem
ZG = systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling

Figuur 5.4.: Onderlinge vergelijking IBA-systemen ten aanzien van onderhoud.

- bij de infiltratie- en filtratiesystemen is het klein onderhoud en het terrein-onderhoud algemeen sterk gekoppeld aan de installatiegrootte. Grotere systemen vergen een duidelijk hogere tijdslast, de score daalt dan ook voor grotere systemen;
- klein onderhoud aan composttoiletten vraagt veel tijd, waardoor de waardering laag is. Vooral grotere systemen voor gescheiden behandeling van afvalwater, met een decentrale opstelling van de zwartwaterbehandeling (1 composttoilet per woning), vergen een hoge onderhoudslast.

Groot onderhoud en reparaties

Groot onderhoud en reparaties is moeilijk in te schatten gezien het grote aantal, onvoorspelbare, invloedsfactoren.
Desalniettemin dient bij een onderlinge vergelijking van de systemen hier rekening mee gehouden te worden en is het reserveren van een bepaald bedrag in de jaarlasten noodzakelijk. Deze bedragen zijn te relateren aan de bouwkosten.
Voor de meeste systemen is hiervoor aan te houden:
- 0,15 - 0,30% van de civiele bouwkosten; en
- 1,0 - 2,0% van de bouwkosten van elektro-mechanische onderdelen.
  (NB: hierbij zijn de totale kosten van compactsystemen, incl. de constructie, en de totale kosten van pompen, incl. pompput, gehanteerd).

Uitzonderingen zijn:
- zandfilters : 0,8% van de civiele bouwkosten, waarin inbegrepen ligt het vervangen van de bovenste 20 cm filterzand eens per 2 - 3 jaar;
- biorotorsysteem : 0,4 - 0,5% van de kosten van e/m-onderdelen, door de hoge investering van de biorotor en de relatief robuuste e/m-apparatuur.

Voor een verdere onderlinge vergelijking van de kosten voor groot onderhoud en reparaties wordt verwezen naar hoofdstuk 7 'Kosten IBA-systemen'.

Slibverwijdering

Door het grote slibopslagvolume in de septic tanks behoeft slechts met een beperkte frequentie slib te worden afgevoerd:
- voor systemen met een kleine septic tank (0,4 m^3/i.e.) bedraagt de slibverwijderingsfrequentie 1x per 0,75 - 1,5 jaar. Dit betreft:
  biorotorsysteem; oxydatiebed-systeem;
- voor systemen met een grote septic tank (1 - 1,5 m^3/i.e.) bedraagt de slibverwijderingsfrequentie 1x per 2,5 - 4,0 jaar. Dit betreft:
  infiltratiekanaal-systeem; zakput-systeem; (opgehoogd) filtratiebed-systeem; zandfilter-systeem.

Bij actief-slibsystemen dient meer frequent slib te worden verwijderd, 2 - 8 maal per jaar of meer.

Voor het systeem met gescheiden afvalwaterbehandeling ligt de verwijdering van slib en compost in de ordegrootte van 0,5 - 4x per jaar.

Slibverwijdering zal veelal aan rioleringsbedrijven worden uitbesteed, zodat de systeembeheerder zelf slechts weinig tijd besteedt aan slibafvoer.
Het verdient wel aanbeveling een inspectie uit te voeren tijdens de slibafvoer, ondermeer voor een visuele inspectie van de lege septic tank. De tijdslast hiervoor is meegenomen bij de beschouwing van de bedrijfscontrole.

De onderlinge verschillen tussen de systemen ten aanzien van de kosten voor slibverwijdering zijn relatief gering en ondermeer afhankelijk van:

	Bezoek frequentie (A)	Totaal personeelslast (B)	Mate van deskundigheid (C)
(1)	**gering** 5-50 i.e.: < 5 x per jaar 100 i.e.: <10 x per jaar	**gering** 5-50 i.e.: <25 uur per jaar 200 i.e.: <50 uur per jaar	**(zeer) gering**
(2)	**matig** 5-50 i.e.: 5-10 x per jaar 200 i.e.:10-20 x per jaar	**matig** 5-50 i.e.:25-50 uur per jaar 200 i.e.:50-100 uur p. jaar	**matig**
(3)	**hoog** 5-50 i.e.: >10 x per jaar 200 i.e.: >20 x per jaar	**hoog** 5-50 i.e.: >50 uur per jaar 200 i.e.: >100 uur per jaar	**redelijk**

Tabel 5.1.: Matrix met uitgangspuntne voor vergelijking van de IBA-systemen ten aanzien van personeelslast.

- frequentie van slibafvoer;
- al dan niet produktie van secundair slib.

Hierop wordt nader ingegaan in paragraaf 5.1.3.
Voor een verdere onderlinge vergelijking van de kosten voor slibverwijdering wordt verwezen naar hoofdstuk 7 'Kosten IBA-systemen'.

Totale personeelslast

De vergelijking van de IBA-systemen ten aanzien van personeelslasten voor controle, bediening en onderhoud (incl. terreinonderhoud, excl. slibverwijdering) is gebaseerd op de matrix van tabel 5.1.
Hieruit volgt een verdeling van de systemen in onderstaande groepen (codering zie tabel 5.1.):

a. Geringe bezoekfrequentie en totale personeelslast; weinig tot geen deskundigheid vereist (A1; B1; C1):
   septic tank; infiltratiekanaalsysteem; zakputsysteem.
b. Matige bezoekfrequentie; geringe tot matige totale personeelslast; weinig deskundigheid vereist (A2, B1-2; C1):
   (opgehoogd) filtratiebedsysteem; composttoiletten (bij geringe capaciteit).
c. Matige tot hoge bezoekfrequentie; geringe totale personeelslast; matige deskundigheid vereist (A2-3; B1; C2):
   biorotorsysteem; oxydatiebedsysteem; grijswatersysteem; systeem voor gescheiden behandeling van afvalwater (bij geringe capaciteit).
d. Hoge bezoekfrequentie en totale personeelslast; weinig tot matige deskundigheid vereist (A3; B3; C1-2):
   zandfiltersysteem; composttoiletten (bij grotere capaciteit dan 50 i.e.); systeem voor gescheiden behandeling van afvalwater (bij grotere capaciteit dan 50 i.e.);
e. Hoge bezoekfrequentie; geringe tot matige personeelslast; redelijke deskundigheid vereist (A3; B1-2; C3):
   actief-slibsysteem.

5.1.2. Uitvoering bedrijfscontrole/klein onderhoud

De volgende werkzaamheden vallen algemeen onder een bedrijfscontrole/klein onderhoudsbezoek aan een IBA-zuiveringssysteem:

a. controle of het systeem in bedrijf is en of daadwerkelijk effluent wordt afgevoerd alsmede beoordeling van geur- en geluidsemissie;
b. functioneringscontrole van de belangrijkste machinale, elektrotechnische en overige bewegende onderdelen en de staat van de constructie:
   - controle op lekkages, verstoppingen, ongewenste afzettingen van slib of drijflagen die aanleiding kunnen geven tot verstopping (de mate van vervuiling van systeemonderdelen);
   - controle op sliboverstort met het effluent;
   - controle van de constructie op gebreken of corrosieschade;
   - controle op drijflaagvorming in nabezinktanks;
   - controle op een juiste werking van eventueel aanwezige voorzieningen voor slibafvoer en effluentrecirculatie;
   - controle op een juiste werking van ventilatie- en/of beluchtingsvoorzieningen;
   - controle op een juiste werking van doseer- of verdeelinrichtingen;
c. bediening:
   Eventueel benodigde wijziging van de instelling van elektrische/mechanische apparatuur:
   looptijd/wachttijd pompen, niveauschakeling pompen, doseerinstelling, afstelling/omzetten van afsluiters, e.d.;
d. klein onderhoud (afhankelijk van behoefte):

- verhelpen van kleine storingen ten gevolge van verstoppingen en/of lekkages, overige storingen aan onderdelen of gebreken aan de installatie (eventueel noodreparatie);
- verwijdering van ongewenste slibafzettingen of drijflagen die aanleiding kunnen geven tot verstopping;
- kleine schoonmaakwerkzaamheden aan systeemonderdelen;
- verwijdering van drijflagen in nabezinktanks;
- indien noodzakelijk maatregelen treffen voor bescherming van de constructie tegen corrosieschade;

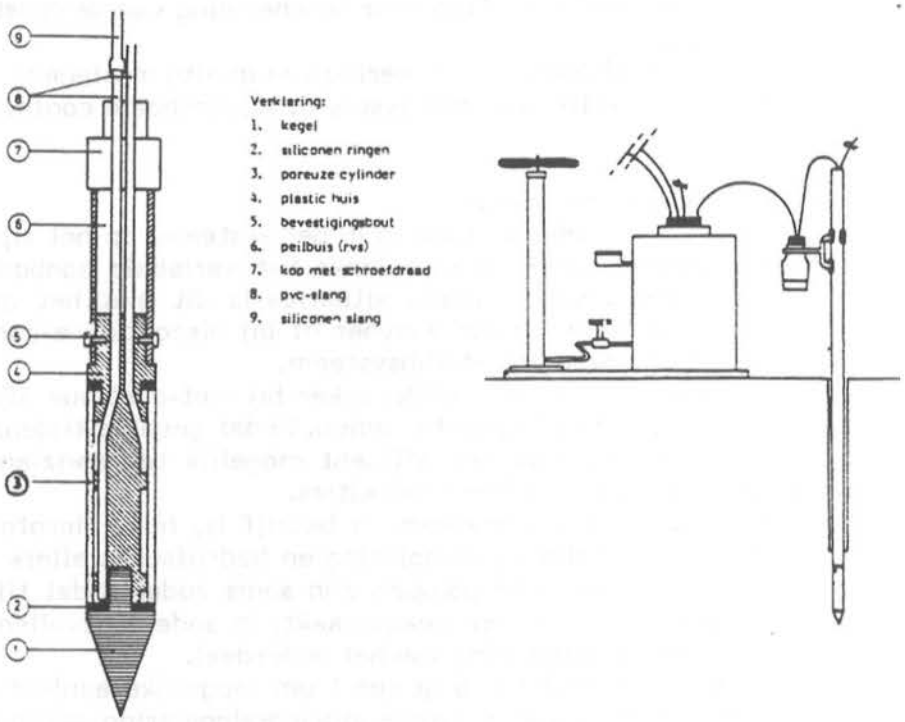
e. eventuele bemonstering van effluent en uitvoering van in-situ metingen;
f. specifieke handelingen afhankelijk van het systeem, bijvoorbeeld conform de bedrijfshandleiding.

ad a/b (bedrijfs- en functioneringscontrole):
In het algemeen zal, door hydraulische afvlakking in het systeem, op het tijdstip van de controle effluent worden afgevoerd, ondanks het variabele aanbod van ruw afvalwater. Slechts in een beperkt aantal situaties is dit niet het geval, bijvoorbeeld bij langdurige perioden zonder aanvoer of bij discontinu afpompen van effluent zoals bij het beschouwde actief-slibsysteem.
Voor controle van het effluent is het wenselijk, zeker bij niet-continue afvoer, een monsternameput in de effluentleiding op te nemen. In dat geval is tijdens het bezoek eenvoudig visuele controle van het effluent mogelijk ten aanzien van kleur, troebeling of aanwezigheid van lichte slibdeeltjes.
Veelal is direct waarneembaar of een systeem in bedrijf is, bijv. biorotor, in andere gevallen zijn automatische storingssignalering en bedrijfsurentellers goede indicatoren. Loop-/wachttijdcycli van pompen zijn soms zodanig dat tijdens het bezoek tenminste 1 cyclus kan worden meegemaakt, in andere gevallen kan de werking worden getest met handbediening van het onderdeel.
Visuele inspectie van de gehele installatie is gewenst om mogelijke aanleidingen van verstopping te signaleren. Een automatische storingssignalering garandeert niet altijd een waarschuwing bij bepaalde storingen, visuele inspectie van het systeem vermijdt veelal dit euvel.
(voorbeeld: het losraken van de waaier bij de beluchtingspomp van de onderzochte actief-slibinstallatie wordt niet geregistreerd door de automatische storingssignalering, maar komt wel aan het licht bij visuele inspectie van de beluchtingsruimte).

ad c (bediening):
Wijzigingen van afstellingen vinden plaats op basis van evaluatie van de bedrijfsprestaties op grond van bemonstering en/of waarnemingen ter plaatse. Veelal zullen hiertoe richtlijnen zijn opgenomen in bedrijfshandleidingen, zo niet, dan zal op basis van eigen ervaring (trial-and-error) of literatuurgegevens een juiste bediening gevonden moeten worden.

ad d (klein onderhoud):
Klein onderhoud dient, indien noodzakelijk, zo mogelijk onverwijld tijdens de bedrijfscontrole te worden uitgevoerd, dan wel zo spoedig mogelijk na constatering van de noodzaak. Eventueel kan tijdens de controle met een noodreparatie worden volstaan.
Slibresten en drijflagen die tijdens het klein onderhoud worden verwijderd kunnen in de septic tank worden gedeponeerd (indien aanwezig).

ad e (bemonstering/in-situ metingen):
Naast visuele inspectie van het effluent kunnen desgewenst effluentbemonsteringen worden uitgevoerd, door middel van steekmonsters uit bijvoorbeeld een monsternameput in de effluentleiding. Eventueel zijn ook steekmonsters van het effluent van de septic tank te nemen (laatste compartiment, achter het duikschot).



Figuur 5.5.: Bodemvochtnemer.

De variatie van de effluentkwaliteit over 1 dag is algemeen vrij gering, zodat met een steekmonster kan worden volstaan. Over langere perioden gezien (week, seizoen) kunnen aanzienlijke fluctuaties in de effluentkwaliteit optreden.
Een geringe monsterfrequentie geeft derhalve slechts een globale indruk. Beter is een frequentie van 1x per maand of per kwartaal, op verschillende weekdagen.
Voor de te analyseren parameters worden in ieder geval aanbevolen: CZV (en/of BZV_5), en droogrest of zwevend stof-gehalte.
Desgewenst kan het analysepakket worden uitgebreid met één of meer van de volgende parameters, in afnemende volgorde van belang: N-Kj, NO_2^- + NO_3^-, P-totaal, pH, Cl^-, bezinksel, P-ortho, NH_4^+, faecale coli, sulfaat, zware metalen, geleidingsvermogen, anionactieve detergenten, e.a.

De bemonstering van 'effluent' van bodeminfiltratiessystemen is moeilijker uitvoerbaar en noodzaakt het gebruik van, permanent geplaatste bodemvochtnemers, ca. 50 cm onder het infiltratieoppervlak, zie fig. 5.5. Aanvullend kunnen grondwatermonsters (steekmonster) genomen worden uit peilbuizen met minifilters. Bemonstering in winterperioden is problematisch door bevriezing van monsternameslangen.

In-situ metingen kunnen desgewenst uitgevoerd worden, zoals - in afnemende volgorde van belang -:
- bepaling van het slibniveau in septic tanks en/of andere slibbuffers (bijvoorbeeld nabezinktank) en bepaling van de dikte van de drijflaag in septic tanks; bij voorkeur tenminste 2x per jaar;
- zuurstofgehalte;
- pH;
- geleidingsvermogen;
- temperatuur.

} zo vaak als gewenst/voorgeschreven

ad f (systeemafhankelijke handelingen):
Afhankelijk van het systeem zijn naast de algemene werkzaamheden (a t/m e) specifieke werkzaamheden uit te voeren, afhankelijk van het systeemtype:

- **Zakputsysteem:**
  - regelmatige bepaling van het waterniveau in de zakput ter controle op voortschrijdende verstopping van de bodem en zijwand-uitstroomopeningen.
- **Infiltratiekanaal-systeem:**
  - beoordeling terreingesteldheid; een drassige bodem duidt op een gestremde waterafvoer.
    Het voortijdig signaleren van mogelijke verstoppingen is vrijwel onmogelijk, tenzij inspectiebuizen op het infiltratiekanaal zijn gemonteerd;
  - eventueel, bij intermitterende bedrijfsvoering van twee infiltratiekanalen, periodiek omzetten van afsluiters.
- **Opgehoogd filtratiebed-systeem:**
  - beoordeling van de gesteldheid van het filtratiebed: zoals inspectie op verzakkingen, plasvorming op of nabij het bed, molshopen of andere invloeden die de constructie schaden of op storingen duiden; en de (mate van) begroeiing van het bed;
  - overmatige begroeiing dient van het bed verwijderd te worden (ca. 3x per jaar).
- **Zandfiltersysteem:**
  - controle op een goede verdeling van het water over het filteroppervlak;
  - controle op een juiste situering van de spatplaatjes op het filteroppervlak;
  - controle van de toestand van het zandfilter, te weten:
    * plasvorming op het oppervlak; opgebracht water dient binnen 5 minuten in het filter te zijn weggezakt;
    * egaliteit van het filteroppervlak, met een gering afschot naar het midden van het filter;

* afwezigheid van vuil, begroeiing of bladval op het filteroppervlak;
* afwezigheid van zwartkleuring van het filterzand, duidend op anaërobe omstandigheden;

. zo nodig, dient het filteroppervlak geëgaliseerd en geschoond te worden, en de spatplaatjes juist gesitueerd te worden (ca. 1x per 2 weken). Egalisatie en schoning van het oppervlak mag door harken geschiedden;
. bij toenemende verstopping van het belaste zandfilter, zich uitend in onvoldoende infiltratiesnelheid van het opgebrachte water of plasvorming, dient onverwijld overgeschakeld te worden op het onbelaste filter;
. na omschakeling dient het buiten bedrijf gestelde filter gereed gemaakt te worden voor regeneratie. Dit omvat:
  * verwijdering van vuil van het filteroppervlak;
  * loswoelen van de bovenste 20 cm van het filteroppervlak;
  * harken en egaliseren van het filteroppervlak;
  * werkzaamheden zonodig herhalen na 6 weken;
. direct voor heringebruikname van het zandfilter dient het filteroppervlak geëgaliseerd en geschoond te worden, met een gering afschot naar het midden;
. wisseling van bedrijfsvoering van de filters geschiedt ca. 1x per 1 - 3 maanden, zo mogelijk voordat verstopping is opgetreden.

- **Biorotorsysteem:**
  . regelmatige beoordeling van de toestand van de biomassa op het dragermateriaal van de rotor naar kleur, vorm en mate van begroeiing van het dragermateriaal (gelijkmatigheid en hoeveelheid);
  . controle op gelijkmatige belasting van de rotoras;
  . controle op voldoende smering van bewegende onderdelen;
  . beoordeling van de vastheid van de pakking van los vulmateriaal in de rotorcylinders (ingeval van biorotoren met dit type dragermateriaal).
- **Oxydatiebedsysteem:**
  . regelmatige beoordeling van de toestand van de biomassa op het vulmateriaal van het oxydatiebed naar kleur, vorm en mate van begroeiing van het vulmateriaal;
  . controle op afwezigheid van plasvorming op het oxydatiebed.
- **Actief-slibsysteem:**
  . regelmatige bepaling van slibgehalte en slibindex in de beluchtingsruimte (6 - 12x per jaar). Voor een goede werking dient het slibgehalte tussen ca. 2 en 8 g ds/l te liggen. Een hoger slibgehalte houdt in dat slib afgevoerd dient te worden;
  . aanbevolen wordt pH-metingen uit te voeren.
- **Systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling:**
  a. **Composttoilet (zwartwater):**
    . inspectie van toestand en volume composthoop;
    . controle op ammoniakgeur in verband met eventuele aanpassing van de C/N-verhouding van de composthoop en toevoeging van vochtabsorberend materiaal (zo vaak als nodig);
    . omzetten of losharken van de composthoop (ca. 1x per 1 - 2 maanden);
    . controle op de noodzaak van afvoer van overtollig vocht (ca. 1x per 2 maanden);
    . temperatuurmeting in de composthoop;
    . controle op een juiste werking van de automatisch afsluitende klep van de toiletstoel.
  b. **Aëroobfilter + vloeikas (grijswater):**
    . beoordeling van de toestand van de biomassa op het vulmateriaal van het aëroob filter naar kleur, vorm en mate van begroeiing van het vulmateriaal;
    . controle op waterniveau in het aërobe filter (bij uitputting buffercapaciteit buffertank onder het filter;
    . controle op een gelijkmatige bevochtiging van de vloeikas over het oppervlak en zonodig wijziging van de afstelling van afsluiters;

- . eventueel, beoordeling van de toestand van de plantengroei op de vloeikas (groei, uitdroging, verkleuring);
- . onderhoud beplanting vloeikas.

In bijlage I is een volledig overzicht van frequenties voor controle en onderhoud van de diverse systemen opgenomen.

5.1.3. Slibproduktie en slibverwijdering

Slibproduktie (zie ook par. 4.2.1.)

- Primair slibproduktie, algemeen:
  de primair slibproduktie, gemeten in de septic tank, bedraagt globaal 0,12 - 0,19 m^3/(i.e.jaar), afhankelijk van de hydraulische verblijftijd in de septic tank, zie fig. 4.7.
  Hiervan is 80 - 90% opgeslagen in het 1e compartiment van de septic tank, bij een compartimentering in de volumeverhouding van 2 : 1 : 1 (bij andere compartimentering en bedrijfsafvalwater zijn andere slibverdelingen mogelijk).
- Secundair slibproduktie (biorotor en oxydatiebed):
  secundair slib, gevormd bij biorotoren en oxydatiebedden, wordt afgescheiden in de nabehandeling. De produktie - gemeten in de nabezinktank - bedraagt globaal ca. 0,08 m^3/(i.e.jaar).
- Totale slibproduktie, algemeen:
  de totale slibproduktie bij (in)filtratiesystemen (alleen primair) en bij biorotor- of oxydatiebedsystemen (primair + secundair), gemeten in de tanks, bedraagt globaal 0,14 - 0,20 m^3/(i.e.jaar).
  Bij actief-slibsystemen ligt de totale slibproduktie iets hoger en bij grijswatersystemen veel lager. Voor actief-slibsystemen en grijswatersystemen zijn echter geen relevante gegevens verkregen in het IBA-praktijkonderzoek.

Drijflaagvorming (zie ook par. 4.2.1.)

De vorming van drijflagen in septic tanks, veelal te constateren bij aanvoer onder vrijverval, lijkt te worden voorkomen door een versnijdende pomp in de influentleiding of bij zeer lange hydraulische verblijftijden in de tank:

- bij aanwezigheid van een versnijdende pomp is in géén der tanks een drijflaag van betekenis aangetroffen, ongeacht de grootte van de tank;
- na verwijdering van deze pomp en bij aanvoer onder vrijverval ontstonden in de kleinere tanks duidelijke drijflagen, vooral in het 1e compartiment (20 - 30 cm dik). In het 2e en 3e compartiment vondt slechts vliesvorming plaats;
- in tanks met een hydraulische verblijftijd langer dan 20 dagen, werden ook na verwijdering van de pomp géén drijflagen geconstateerd.

De totale hoeveelheid bodemslib en drijflaag, bij afwezigheid van de versnijdende pomp, is vrijwel gelijk aan de totale hoeveelheid bodemslib bij aanwezigheid van deze pomp, m.a.w. slechts de verdeling is gewijzigd.

Drijflagen in nabezinktanks kunnen een gevolg zijn van een ongecontroleerde denitrificatie in de nabezinktank, vooral als in deze tank secundair slib wordt opgeslagen.

Slibverwijdering

Slibverwijdering kan worden uitgevoerd door boeren of rioleringsbedrijven. De installatie dient bereikbaar te zijn voor de tankwagens. Rekening dient gehouden te worden met een maximale diameter van de zuigmond van de slibzuigleiding van de tankwagens van 25 cm.

Slibverwijdering geschiedt op basis van gestelde voorschriften of op basis van metingen van het slibniveau c.q. slibgehalte in slibbuffers en visuele waarnemingen tijdens controlebezoeken (slibuitspoeling).

Richtwaarden voor een noodzakelijke/gewenste frequentie van slibniveaubepalingen zijn:
- septic tank : minimaal 2x per jaar;
- nabezinktanks : minimaal 4x per jaar, of beter, bij elk controlebezoek;
- actief-slibsysteem/ grijswatersysteem : volgens bedrijfsvoorschriften, of bij elk controlebezoek.

Leging van de septic tank dient in ieder geval plaats te vinden als:
- de slibberg onder de aanvoeropening aanleiding kan geven tot verstopping (algemeen als het slibniveau tot op 5 - 10 cm van de onderkant van de opening is genaderd); en/of,
- wanneer het slibniveau in het 2e compartiment sterker begint te stijgen dan voorheen (algemeen als het slibniveau in het 1e compartiment tot op 20 - 30 cm van de onderkant van de doorstroomopening is genaderd).

Uiteraard is het beter niet te wachten tot deze verschijnselen zich voordoen, maar reeds eerder slib te verwijderen.

Richtwaarden voor slibverwijderingsfrequenties uit septic tanks:
- specifiek tankvolume 0,4 m^3/i.e.:
  - zonder afvoer van secundair slib naar de septic tank: 1x per 1 - 2 jaar;
  - bij afvoer van secundair slib naar de septic tank: 1x per 0,5 - 1 jaar;
- specifiek volume 1,5 m^3/i.e.: 1x per 2,5 - 4 jaar;
- specifiek volume 3,5 m^3/i.e.: 1x per 5 - 7 jaar.

Voor de legingsfrequentie van nabezinktanks, welke tevens gebruikt worden voor slibopslag, is geen algemene richtwaarde te geven. De frequentie kan variëren van 1x per maand tot 1x per 1,5 - 2 jaar. Bij een voldoende lage frequentie (zoals tijdens het praktijkonderzoek) kunnen septic tank (0,4 m^3/i.e.) en nabezinktank van het systeem gelijktijdig worden geleegd, ca. 1x per jaar.

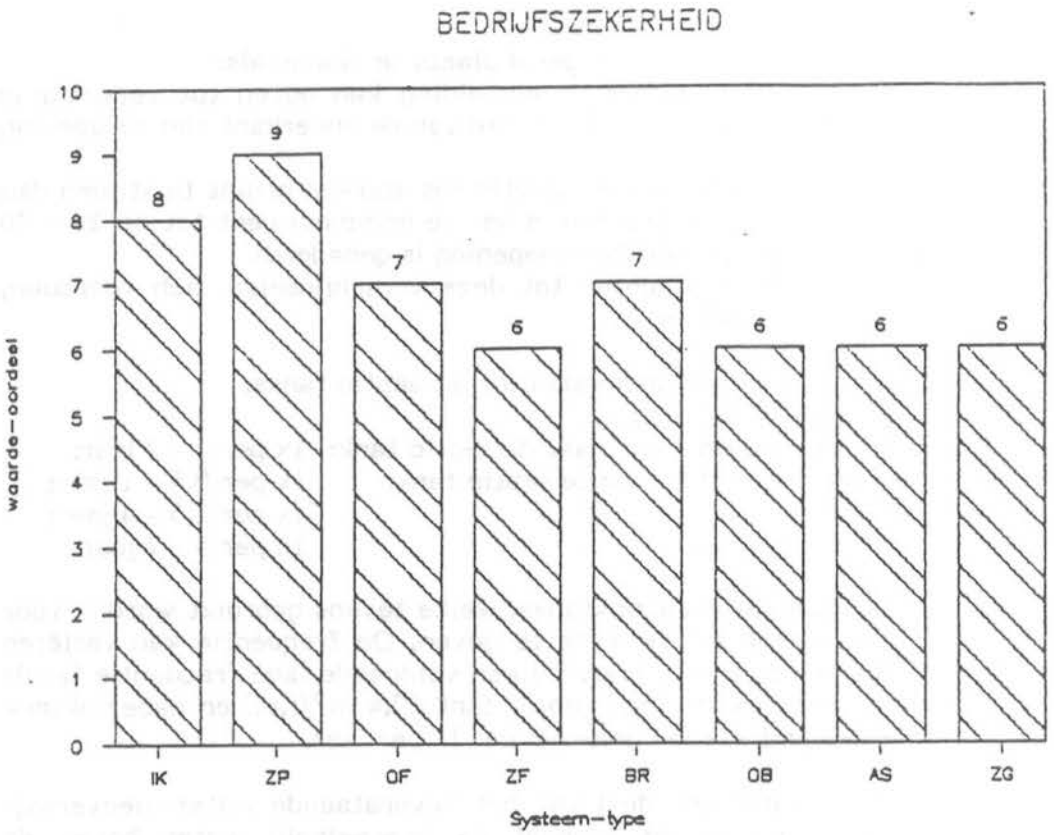
Bij de slibverwijdering wordt een deel van het bovenstaande water meeverwijderd. Voor de septic tank is dit globaal de hoeveelheid water boven de doorstroomopeningen.
Voor de hoeveelheid meeverwijderd water is globaal aan te houden:
- septic tank ,spec. volume 0,4 m^3/i.e.: 0,1 m^3 water/i.e. per keer;
  ,spec. volume 1 - 1,5 m^3/i.e.: 0,4 m^3 water/i.e. per keer;
  ,spec. volume 3 - 3,5 m^3/i.e.: 0,9 m^3 water/i.e. per keer;
- nabezinktank met opslag van secundair slib: 0,1 m^3 water/i.e. per keer.

Bovenstaande waarden houden in dat bij slibverwijdering uit septic tanks en/of nabezinktanks ca. 50 - 100% van de opgeslagen hoeveelheid slib aan water wordt meeverwijderd. De werkelijke slibafvoer is in praktijk derhalve ca. 1,5 - 2x zo groot als de gemeten slibproduktie in de tanks.
De werkelijke slibafvoer bedraagt in praktijk hierdoor ca. 0,2 - 0,4 m^3/i.e. per jaar, afhankelijk van het systeem.

De frequentie van slibafvoer bij actief-slibsystemen is veel groter dan bij de overige systemen en kan variëren van 1x per enkele dagen tot 1x per enkele maanden.
Bovendien is controle bij de slibverwijdering belangrijker, teneinde voldoende actief-slib te behouden.

In literatuur wordt algemeen aanbevolen een sliblaagje van 10 - 20 cm op de bodem van de septic tank achter te laten bij slibverwijdering, om het slibgistingsproces op te starten.
In het praktijkonderzoek zijn echter geen concrete voordelen van deze handelswijze ondervonden. Volledige leging kan evengoed voldoen en biedt een maximaal slibbergingsvolume na iedere leging.

cijfer	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
strafpunten (bedrijfsz.)	2	5	8	11	15	20	25	30	35	40	>40



IK = infiltratiekanaal-systeem
ZP = zakput-systeem
OF = opgeh. filtratiebed-systeem
ZF = zandfilter-systeem
BR = biorotor-systeem
OB = oxydatiebed-systeem
AS = actief slib systeem
ZG = systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling

Figuur 5.6.: Onderlinge vergelijking IBA-systemen ten aanzien van technische bedrijfszekerheid.

De afvoer van het slib kan plaatsvinden naar de landbouw of naar een centrale rioolwaterzuiveringsinrichting (zie ook par. 4.2.1. ten aanzien van de kwaliteit van het slib).

5.2. Bedrijfszekerheid en slijtage

5.2.1. Bedrijfszekerheid

Met bedrijfszekerheid wordt hier bedoeld, de zekerheid dat de installatie blijft werken zonder technische storingen/mankementen aan onderdelen door slijtage, breuk, vervuiling, verstopping, corrosie, kortsluiting, etc.
De stabiliteit van het zuiveringsproces staat hier op zich buiten (zie par. 4.1.3.).

Een belangrijke factor voor het beschrijven van de bedrijfszekerheid is de frequentie van bedrijfsstoringen van de systeemonderdelen waaruit de diverse IBA-systemen zijn opgebouwd.
Bewegende onderdelen - zoals pompen, motoren, ventilatoren, blowers, transmissie, lagers e.d. - zijn storingsgevoelige onderdelen en maken een systeem minder bedrijfszeker.
Naast de storingsgevoeligheid van systeemonderdelen zijn bij een onderlinge vergelijking van de systemen van belang:
- de eenvoud in het opmerken van storingen/mankementen;
- de gevolgen van deze storingen/mankementen;
- de eenvoud/kosten van het herstel van deze storingen/mankementen.

Bij de **evaluatie** zijn de diverse IBA-systemen onderling vergeleken ten aanzien van bedrijfszekerheid op basis van een strafpuntensysteem, opgedane ervaringen in het IBA-onderzoek en buitenlandse ervaringen.
De volgende maatstaven zijn gehanteerd bij de strafpunt-toekenning:

a. **storingsgevoeligheid**
   - 4 strafpunten : multifunctionele pomp (opvoer/recirculatiepomp);
   - 3 strafpunten : opvoerpomp;
   - 2 strafpunten : motor (boven water); snel verstoppend filter; slibretour- of recirculatiepomp;
   - 1 strafpunt : nabezinktank, verdeelsysteem; filter; afvoerdrain; aanvoer/verdeelstelsels; afsluiting composttoilet.

b. **opmerken/effect/herstel van storingen**
   - 2 strafpunten : falen ernstig en moeilijk op te merken/te herstellen;
   - 1 strafpunt : falen niet ernstig, maar moeilijk op te merken/te verhelpen of falen ernstig maar eenvoudig op te merken/te herstellen;
   - 0 strafpunten : falen niet ernstig en eenvoudig op te merken/te herstellen.

De score-toekenning voor een bepaald aantal strafpunten is weergegeven in de tabel bij figuur 5.6. In figuur 5.6. zijn de waarderingen van de diverse systemen aangegeven. Een hoge score staat voor een hoge bedrijfszekerheid, een score van 5 of lager mag als onbevredigend worden beschouwd.
De beoordeling van de bedrijfszekerheid is overigens een subjectief gegeven, gebaseerd op potentiële storingsgevoeligheid. De bedrijfszekerheid hangt in praktijk in sterke mate af van ontwerp/uitvoeringsvorm, de wijze van onderhoud en bediening (beheer) en andere lokale invloeden.
Naar aanleiding van de positieve bevindingen in het IBA-praktijkonderzoek, waar doorgaans weinig technische storingen zijn geconstateerd, is de strafpuntenscoringsschaal zodanig vastgesteld dat géén van de systemen onvoldoende scoort. Bij uitzondering zijn er maximaal 3 storingen per jaar opgetreden.

Enkele opmerkingen ten aanzien van de bedrijfszekerheid van de systemen:
- zeer bedrijfszeker zijn **septic tanks, infiltratiekanaalsysteem, zakputsysteem** en **composttoiletten**, door de afwezigheid van e/m-apparatuur in deze systemen;

- de lagere score voor het systeem voor **gescheiden afvalwaterbehandeling** wordt hoofdzakelijk gevormd door de grotere storingsgevoeligheid van het **grijswatergedeelte** (opvoer/recirculatiepomp; niveauschakelaars);
- ondanks de goede ervaringen met het **opgehoogd filtratiebed** in het IBA-onderzoek is toch de bedrijfszekerheid slechts als redelijk voldoende gekenmerkt. Dit op grond van Amerikaans onderzoek van 'Mound'-systemen, waarbij ca. 40% van de beschouwde installaties niet naar behoren functioneerde. De oorzaak hiervan is mogelijkerwijs slecht ontwerp, uitvoering en onderhoud;
- **biorotoren** vertonen verschillen tussen een zeer goede bedrijfszekerheid en een (zeer) matige bedrijfszekerheid, afhankelijk van de uitvoering.
  De storingsgevoeligheid neemt duidelijk toe, naarmate meer pompen in het biorotor-systeem worden toegepast; de - droog opgestelde - motoren zijn minder storingsgevoelig.
  Een trommelfilter, met bijbehorende sproei-installatie, is duidelijk minder bedrijfszeker dan een nabezinktank.
  De biorotor met kooiconstructies gevuld met los dragermateriaal stelt, door de grotere weerstand die bij rondwenteling in het water wordt gevonden, hogere eisen aan de rotoras, de lagering en de transmissie.
  Bovendien heeft het stijf gepakte losse vulmateriaal in deze rotoren de neiging zich langzamerhand los te werken, waardoor onbalans kan ontstaan en de over elkaar glijdende media de aangehechte biomassa afwrijven.
  Overigens lijken de eertijds in buitenland waargenomen storingen door asbreuk thans overwonnen te zijn door toepassing van robuuster materiaal;
- **oxydatiebedden** hebben een matige bedrijfszekerheid. Pompen zijn storingsgevoelige onderdelen. Verdeelsystemen kunnen verstopt raken;
- bij **zandfilters** is goed onderhoud essentieel voor een bedrijfszeker functioneren, zoals schoonhouden en egaliseren van het filteroppervlak. Verstoppingen in het filter kunnen bij onvoldoende preventief onderhoud snel tot onbevredigende resultaten en ernstige overlast leiden;
- de beluchtingsvoorzieningen van **actief-slibsystemen** zijn algemeen storingsgevoelige onderdelen. De verschillende uitvoeringsvormen kunnen in bedrijfszekerheid variëren van zeer matig tot redelijk/goed. Een belangrijke factor is voorts de controleerbaarheid van een juiste werking van de e/m-onderdelen en de bereikbaarheid hiervan.
  Met name ten aanzien van de controleerbaarheid op storingen bieden sommige uitvoeringsvormen (zoals het bij het IBA-onderzoek beschouwde systeem) minder goede eigenschappen.

Bij de bedrijfszekerheid is het van groot belang dat ruime aandacht is besteed aan storingssignalering. Automatische storingssignalering dient effectief te zijn door essentiële bedrijfsfuncties te bewaken en storingen duidelijk op tijd te signaleren naar de beheerder toe. In praktijk zijn er op dit gebied nog zeker verbeteringen mogelijk.

Voorts is gebleken dat herstel van het zuiveringsproces na opheffen van een technische storing algemeen snel tot stand komt, zelfs na storingsperioden van 1 - 2 weken.
Bij langere perioden van stilstand, c.q. perioden zonder aanvoer, kunnen extra maatregelen nodig zijn alvorens de bedrijfsvoering weer wordt opgestart.

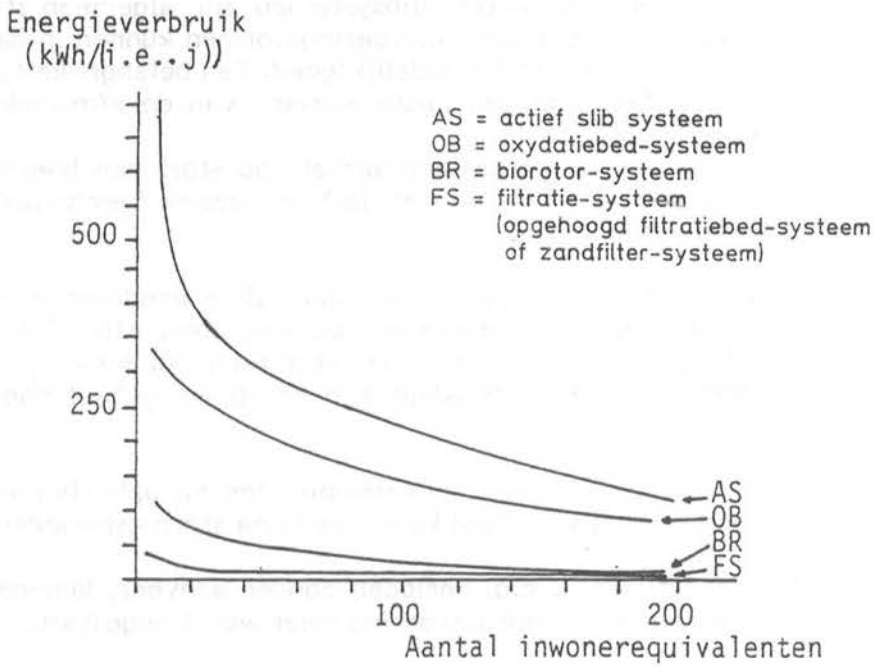
5.2.2. Slijtage

De slijtage van de IBA-systemen is na 2 - 3 jaar bedrijfsvoering in het algemeen gering, zeker water betreft de civiele onderdelen. De meeste slijtage wordt geconstateerd bij motoren en vooral bij pompen. In een enkel specifiek geval is volledige revisie van een pomp na ca. 3 jaar bedrijfsvoering nodig geweest; normaal zal dit pas na langere tijd benodigd zijn.

Zuiveringssysteem	Energieverbruik (kWh/(i.e..j))			
	5 i.e.	20 i.e.	50 i.e.	200 i.e.
Opgehoogd filtratiebed-systeem	36	19	13	7
Zandfilter-systeem	36	19	13	7
Biorotor-systeem *	115	90	58	18
Oxydatiebed-systeem *	335	270	210	80
Actief slib-systeem	700	400	300	110

* Voor deze systemen geldt dat de waarden voor een systeem met slibretour iets hoger liggen dan de gegeven waarde, voor systemen zonder slibretour liggen deze iets lager.

Tabel 5.2.: Raming van het energieverbruik per i.e. per jaar, voor diverse IBA-systeemtypen en -grootten.



Figuur 5.7.: Globale weergave van het energieverbruik per i.e. per jaar, voor diverse IBA-systeemtypen in relatie tot de systeemgrootte.

Enkele specifieke opmerkingen; volgend uit het IBA-praktijkonderzoek:
- na 2 jaar of langere bedrijfsvoering is er geen aantasting van betekenis geconstateerd bij de **septic tanks.** Ook sulfaataantasting kon niet worden opgemerkt;
- de **infiltratiesystemen** liggen ondergronds en zijn niet controleerbaar op slijtage;
- in het **opgehoogd filtratiebed** vragen molshopen en -gangen aandacht. Vandalisme en het houden van schapen op het dijklichaam zijn verantwoordelijk geweest voor schade aan de ontluchtingsstandpijpen;
- de spatplaatjes (keramische wandtegels) van **zandfilters** vriezen in de winter kapot. Duurzamer aluminium plaatjes verdienen de voorkeur. De wanden van de betonnen filterbakken vertoonden na 2 jaar verticale krimpscheuren. Vervanging van de toplaag van het filterzand, ca. 10 - 20 cm, lijkt raadzaam 1x per 2 - 3 jaar;
- polyesterwerk van compact **biorotor- of oxydatiebedinstallaties** is na 2 - 3 jaar nog in (zeer) goede staat. Biorotorinstallaties uitgevoerd in stalen containers vertonen meer uitwendige schade door corrosie. De toegepaste staalsoorten verhinderen overigens algemeen een aantasting van de constructiesterkte door corrosie, zodat alleen de visuele aantrekkelijkheid wordt geschaad;
- mechanische onderdelen van **biorotoren** vertonen algemeen een normale, geringe slijtage. Revisie van slijtageonderdelen in de rotoraandrijving zal na verloop van enige jaren wellicht nodig zijn;
- meer slijtage werd bij dompelpompen van **oxydatiebedden** geconstateerd, waardoor vervanging na ca. 3 jaar bedrijfsvoering noodzakelijk bleek. Vervuiling was hiervan een belangrijke oorzaak.
  Aandacht dient besteed te worden aan toepassing van weinig vochtgevoelige elektrische voorzieningen;
- de slijtage van het systeem voor **gescheiden afvalwaterbehandeling** is gering. De e/m-voorzieningen van het grijswatersysteem zijn meer slijtageonderhevig, het composttoilet vertoont nauwelijks slijtage. Bij publieke composttoiletten dient rekening gehouden te worden met schade aan de toiletstoel door vandalisme.

5.3. Energieverbruik

Het energieverbruik van diverse typen IBA-systemen in de range van 5 - 200 i.e. is gegeven in tabel 5.2. en figuur 5.7.
Het betreft hier verbruiken gebaseerd op de praktijkgegevens van enkele installaties van het IBA-praktijkonderzoek. Installaties van andere fabrikaten kunnen hiervan enigszins afwijken.

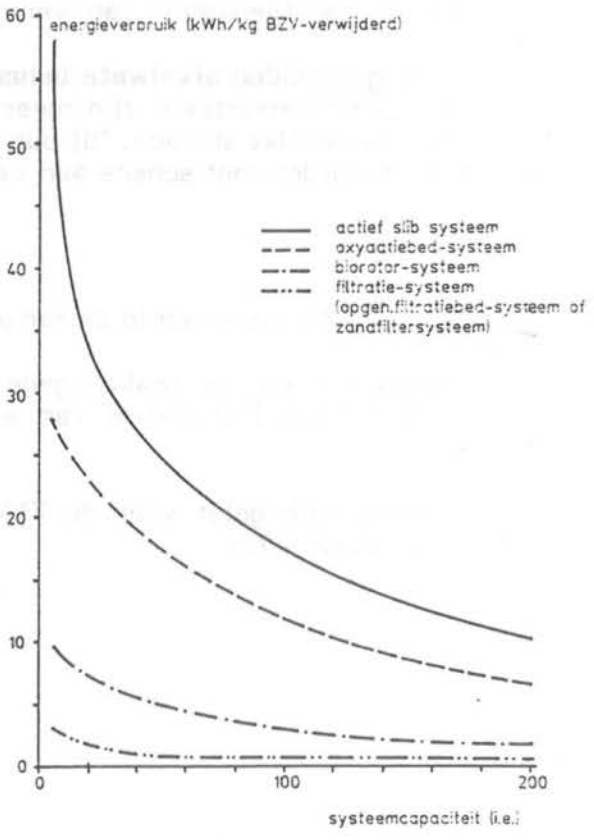
In volgorde van afnemend energieverbruik geldt voor de IBA-systemen in de range van 5 - 200 i.e. (zie tabel 5.2./figuur 5.7.):

Systeem	kWh/(i.e.jaar):
- actief-slibsysteem	110 - 700
- oxydatiebedsysteem	80 - 335
- biorotorsysteem	18 - 115
- zandfilter-systeem	7 - 36
- opgehoogd filtratiebed-systeem	7 - 36
- grijswatersysteem	6 - 12
- composttoilet (met ventilator)	2 - 6
- septic tank; zakput-systeem; infiltratiekanaalsysteem; composttoilet (natuurlijke ventilatie)	0

Het energieverbruik van de bij het IBA-praktijkonderzoek onderzochte installaties, per verwijderde kg BZV of kg TZV (= CZV + 4,57.NKj) is gegeven in tabel 5.3.

Systeem	Grootte	kWh/kg BZV verwijderd	kWh/kg TZV verwijderd
Opgehoogd filtratiebed-systeem	17 i.e.	1,49	0,47
Zandfilter-systeem	31 i.e.	1,20	0,40
Biorotor-systeem	4 i.e.	9,50	3,21
Biorotor-systeem	30 i.e.	2,95	1,58
Biorotor-systeem	100 i.e.	2,90	1,03
Oxydatiebed-systeem	4 i.e.	24,69	8,44
Oxydatiebed-systeem	180 i.e.	8,91	2,93
Actief slib-systeem	50 i.e.	115,83	19,21
Systeem voor gescheiden afval-waterbehandeling	5 i.e.	ca. 0,8	ca. 0,2

Tabel 5.3.: Energieverbruik van de zuiveringssystemen van het IBA-praktijkonderzoek, per kg BZV-verwijderd en per kg TZV-verwijderd.



Figuur 5.8.: Globale weergave van het energieverbruik per kg verwijderde BZV, voor diverse IBA-systeemtypen in relatie tot de systeemgrootte.

Met behulp van deze gegevens en de waarden van tabel 5.2. is globaal het energieverbruik per verwijderde kg BZV bepaald voor de diverse systemen, bij systeemgrootten van 5 - 200 i.e., zie fig. 5.8. (NB: in praktijk zijn afwijkingen van ruim +/- 30% mogelijk).
Deze globale beschouwing geeft aan dat het energieverbruik, per kg BZV verwijderd, van de IBA-systemen in de range van 5 - 200 i.e. ruwweg bedraagt:

Systeem:		kWh/kg BZV verwijderd:
- actief-slibsysteem	:	9 - 60 (of meer)
- oxydatiebedsysteem	:	6 - 30
- biorotorsysteem	:	1,5 - 10
- zandfiltersysteem	:	0,5 - 3
- opgehoogd filtratiebedsysteem	:	0,5 - 3
- gescheiden afvalwaterbehandeling	:	0,5 - 1
- overige systemen	:	0

Aangezien de BZV-reducties voor alle systemen redelijk vergelijkbaar zijn, wordt globaal eenzelfde onderlinge verhouding van de systemen gevonden voor het energieverbruik per kg BZV-verwijderd als voor het specifieke energieverbruik per i.e.

Voor biorotoren en actief-slibsystemen van grote RWZI's worden in praktijk veelal waarden gevonden van 1,5 - 2 kWh/kg BZV-verwijderd.
Uit bovenstaande globale verbruiken is derhalve duidelijk op te maken dat de zeer kleine IBA-systemen energetisch gezien (veel) minder rendabel zijn dan de grote systemen, met name de oxydatiebed- en de actief-slibsystemen. Een belangrijke oorzaak hiervan is het gebrek aan bedrijfszekere kleine pompen, waardoor veel energie wordt verspild.

5.4. Hinder

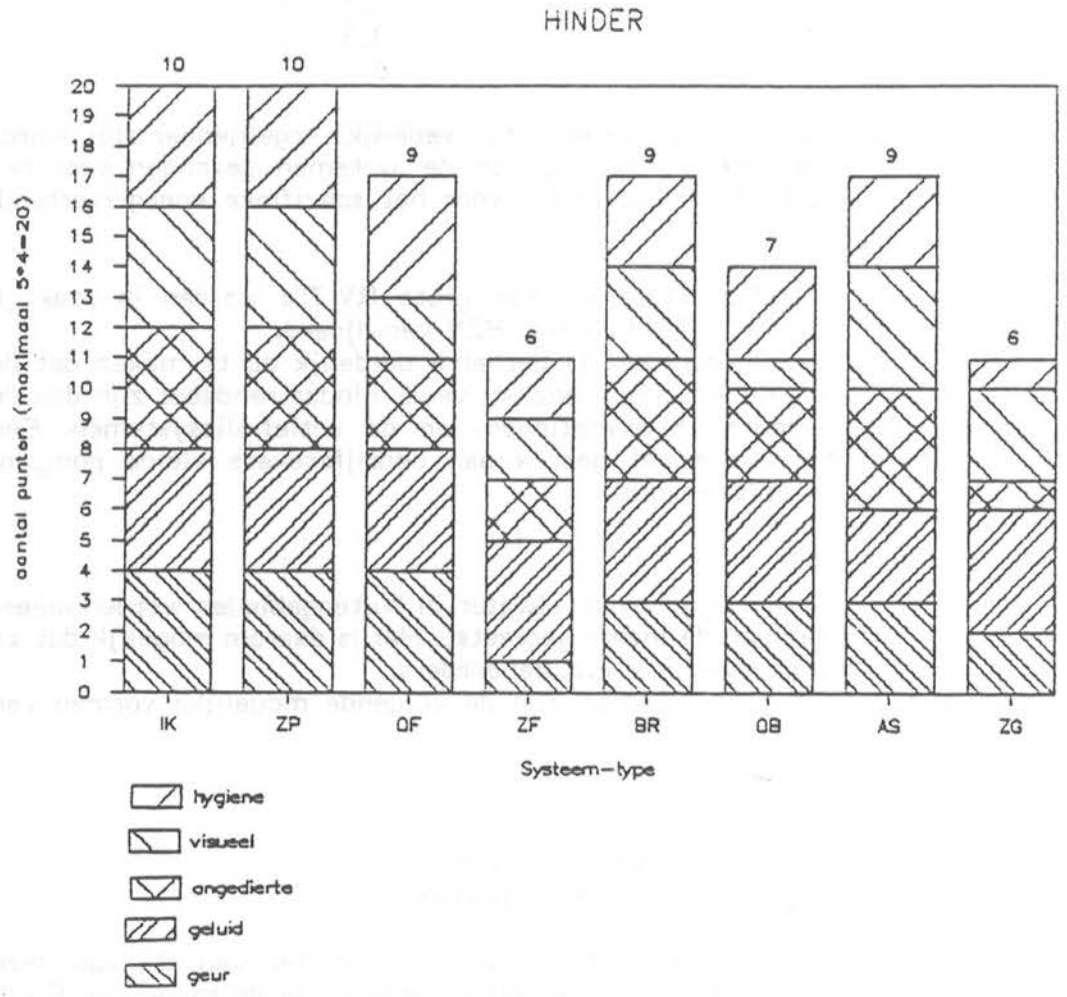
Installaties voor de behandeling van afvalwater in buitengebieden worden meestal dicht bij de woningen van de lozers geplaatst. Het is daarom mogelijk dat ze overlast veroorzaken voor bewoners, c.q. beheerders.
Bij de evaluatie van de IBA-systemen zijn de volgende mogelijke vormen van overlast beschouwd:
- geuremissie;
- geluid;
- ongedierte en insecten;
- ruimtelijke inpassing (uitzicht belemmering);
- risico van besmettingsgevaar bij de bedrijfsvoering.

Elk systeemtype is in algemene zin beschouwd ten aanzien van elk van deze aspecten, waarbij een waardering per aspect is gegeven in de range van 0 - 4 punten:

- 4 punten : geen hinder;
- 3 punten : enige/weinig hinder;
- 2 punten : vaak/veel hinder;
- 1 punt : zeer veel hinder;
- 0 punten : altijd hinder.

Het totaal aantal punten van alle aspecten gesommeerd is gedeeld door 1/10 van de maximale score, waardoor een overall-waardering ten aanzien van hinder wordt verkregen van 0 (zeer veel hinder) - 10 (geen hinder).
Desgewenst kunnen gewichtsfactoren worden toegepast.
De waardering per aspect en de overall-waardering bij een gelijke gewichtsfactor voor elk aspect, is voor alle IBA-systemen gegeven in figuur 5.9. Een totaalscore en 5 of minder kan als onbevredigend worden gezien.

Installatietype	IK	ZP	OF	ZF	BR	OB	AS	ZG	gewicht
Hinder									
geuremissie	4	4	4	1	3	3	3	2	1
geluidshinder	4	4	4	4	4	4	3	4	1
ongedierte/insekten	4	4	3	2	4	3	4	1	1
visuele hinder	4	4	2	2	3	1	4	3	1
hygiene	4	4	4	2	3	3	3	1	1
Totaal	20	20	17	11	17	14	17	11	
Maximum aantal	20	20	20	20	20	20	20	20	
Score:	10	10	9	6	9	7	9	6	



IK = infiltratiekanaal-systeem
ZP = zakput-systeem
OF = opgeh. filtratiebed-systeem
ZF = zandfilter-systeem
BR = biorotor-systeem
OB = oxydatiebed-systeem
AS = actief slib systeem
ZG = systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling

Figuur 5.9.: Onderlinge vergelijking IBA-systemen ten aanzien van hinder/overlast.

Het blijkt dat alle systemen zo weinig hinder veroorzaken, dat ze voldoende scoren op dit punt. Dit is in overeenstemming met het geringe aantal klachten van bewoners tijdens het IBA-praktijkonderzoek.
De infiltratiesystemen scoren volgens verwachting het hoogst, gezien de ondergrondse ligging en de afwezigheid van mechanische onderdelen.
Zandfilter-systemen, vooral wanneer niet afgedekt, en composttoiletten, vooral tijdens de opstartfase van 2 - 3 jaar, scoren het laagst van alle systemen.
De meeste klachten kunnen door een goede bedrijfsvoering of door eenvoudige tegenmaatregelen - zoals afdekking - grotendeels worden verholpen.

Enkele opmerkingen ten aanzien van de beschouwde aspecten:

Geuremissie
Navenant buitenlandse ervaringen is weinig tot geen geurhinder geconstateerd. Enkele uitzonderingen zijn:
- **septic tanks** met een zeer lange hydraulische verblijftijd van 30 dagen of langer kunnen een duidelijke rioollucht verspreiden. De gemeten H_2S-concentraties in de lucht, nabij de luiken en de ontluchtingspijp, bedragen ca. 2 - 3 ppm. Bij kleinere septic tanks is de geuremissie gering, de gemeten H_2S-concentraties in de lucht nabij de ontluchtingspijp bedragen minder dan 1 ppm.
  Een juiste plaatsing van de ontluchtingsstandpijp is essentieel om eventuele geurhinder te voorkomen;
- zwaar overbelaste **oxydatiebedden en biorotoren** kunnen een lichte, zoet-weeïge geur verspreiden;
- slecht functionerende of onvoldoende geventileerde **composttoiletten** verspreiden een zoet-weeïge geur.
  Bij een te lage C/N-verhouding in de composthoop kan ammoniak, een penetrante prikkelende geur, worden waargenomen.
  Een goede ventilatie van compostruimte reduceert mogelijk overlast vrijwel volledig;
- als de looptijd van een **zandfilter** verstrijkt en plasvorming op het filteroppervlak optreedt, is een typische rioollucht tot op aanzienlijke afstand van de zandfilters waarneembaar (ca. 50 m). Tijdig omschakelen van de bedrijfsvoering van de filters kan de overlast voorkomen of beperken. Ook overkapping en ventilatie van de filters reduceert de hinder.

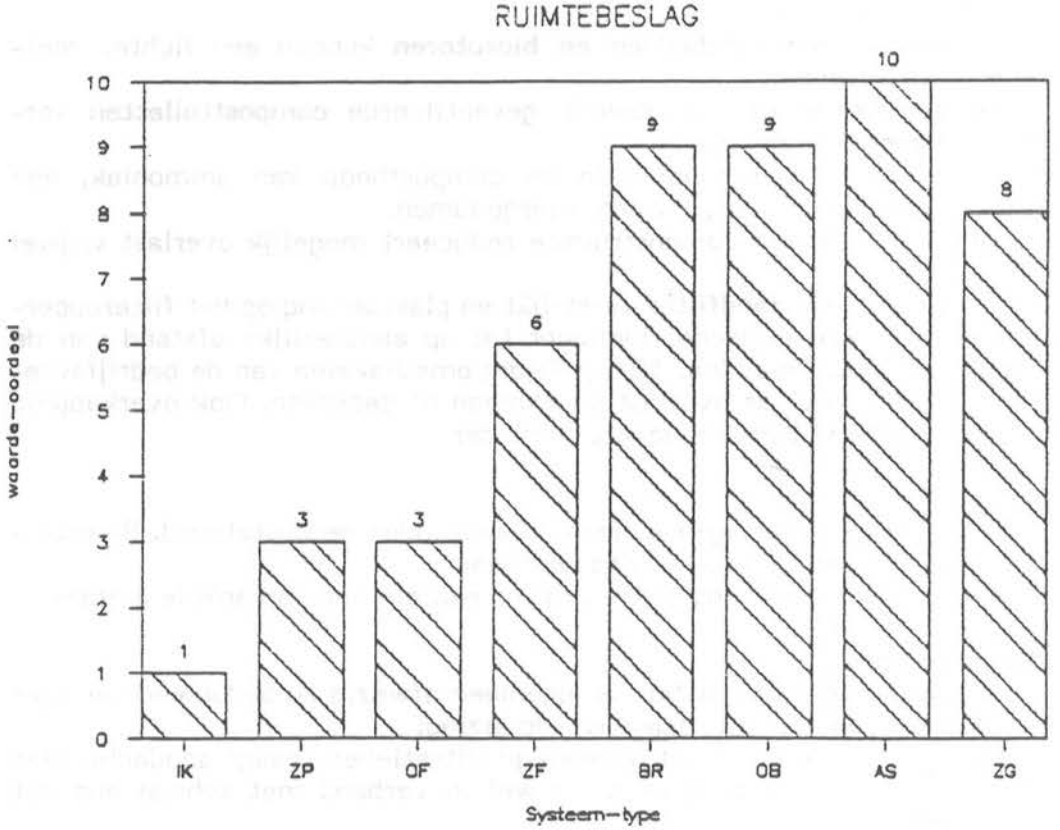
Geluid
Navenant buitenlandse ervaringen is geen geluidshinder geconstateerd. Biorotoren oxydatiebed-systemen zijn nauwelijks hoorbaar.
Beter hoorbaar is het actief-slibsysteem, tot op een afstand van enkele meters.

Ongedierte en insecten
Overlast van **ongedierte** (bijv. ratten) is algemeen afwezig en beduidend geringer dan in voorgaande situaties met ongezuiverde lozing.
De aanwezigheid van mollen in het opgehoogd filtratiebed vraagt aandacht, niet zozeer als overlast voor de omgeving, als wel in verband met schade aan het zuiveringssysteem.
Overlast van **insecten** treedt met name op bij composttoiletten in de opstartfase van 2 - 3 jaar. In het najaar kunnen hierbij plagen van fruitvliegjes optreden. Deze bevinding wordt bevestigd in buitenlandse literatuur. Naarmate het composteringsproces beter op gang komt kan de overlast geringer worden. Diverse methoden ter reductie van deze overlast bleken weinig afdoende, zoals: afdekking ventilatieopeningen met gaas; loklichten; lokstoffen; vliegenvallen.
Ook bij plasvorming op zandfilters kan enige overlast van insecten optreden, evenals bij oxydatiebedden. Deze overlast is echter zeer gering.
Bij de overige systemen is de overlast van insecten nihil.

Zuiveringssysteem	Specifiek bruto terreingebruik (m^2/i.e.)			
	5 i.e.	20 i.e.	50 i.e.	200 i.e.
1. Infiltratiekanaal-systeem	56	44	41	38
2. Zakput-systeem	22	19	17	15
3. Opgeh. filtratiebed-systeem	48	24	22	12
4. Zandfilter-systeem	13	8	7	5
5. Biorotor-systeem	10	3,7	2	1,5
6. Oxydatiebed-systeem	8	3,6	1,8	1,1
7. Actief slib-systeem	2	1	0,5	0,4
8. Systeem voor gescheiden afval-waterbehandeling	7	6	5	4

Tabel 5.4.: Geraamd bruto terreinverbruik per i.e. voor diverse IBA-systeemtypen en -grootten.

cijfer	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ruimtebeslag	1,0	1,5	2,3	3,4	5,1	7,6	11,4	17,1	25,6	38,4	>38,4



IK = infiltratiekanaal-systeem
ZP = zakput-systeem
OF = opgeh. filtratiebed-systeem
ZF = zandfilter-systeem
BR = biorotor-systeem
OB = oxydatiebed-systeem
AS = actief slib systeem
ZG = systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling

Figuur 5.10.: Onderlinge vergelijking IBA-systemen ten aanzien van terreinverbruik.

Ruimtelijke inpassing
De meeste systemen laten zich goed tot redelijk in het landschap inpassen. Septic tanks en infiltratiesystemen zijn geheel ingegraven in de grond.
Zandfilters, biorotoren en actief-slibsystemen zijn geheel of gedeeltelijk ingegraven in de grond.
Opgehoogde filtratiebedden liggen boven het maaiveld, maar het dijklichaam waarin het systeem is ondergebracht behoeft niet te misstaan in het landschap.
Bij het bovengrondse geplaatste oxydatiebed treedt het aspect van geringe inpasbaarheid in het landschap een grotere rol door het kunstmatige uiterlijk.
Composttoiletten zijn in een kelder onder de woning geplaatst.

Risico van besmetting bij de bedrijfsvoering
Bij alle systemen bestaat besmettingsgevaar met pathogene kiemen bij het plegen van onderhoud aan de installatie, zodat de nodige voorzorgsmaatregelen in acht genomen moeten worden.
Naarmate minder contact met afvalwater en/of systeemonderdelen voorkomt, is het risico voor besmetting bij de bedrijfsvoering geringer. Infiltratiesystemen zijn hierdoor in het voordeel.
Frequent onderhoudsbehoevende systemen, en waarbij de kans op contact met door pathogenen besmette onderdelen groter is, zijn zandfilters en composttoiletten.

5.5. Terreinverbruik

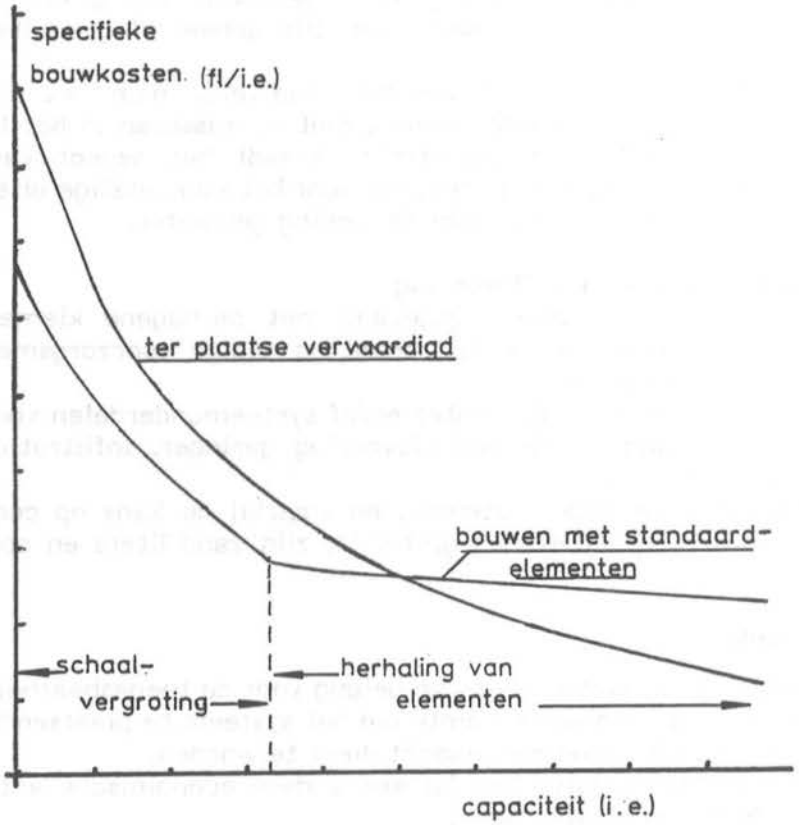
De terreinbehoefte van de systemen is van belang voor de toepasbaarheid:
- enerzijds direct: is er voldoende ruimte om het systeem te plaatsen?;
- anderzijds indirect: als grond aangekocht dient te worden.

Voorts verhindert de kleine zuivering dat een andere economische activiteit op hetzelfde grondgebied kan plaatsvinden.

In tabel 5.4. is een raming gegeven van het bruto benodigd terreinoppervlak van diverse IBA-systemen bij verschillende capaciteiten.

Als maatstaf voor de systeemvergelijking bij de evaluatie, is het specifieke ruimtebeslag in m^2/i.e. gehanteerd, hetgeen afhankelijk is van de capaciteit. Systemen met geringere capaciteit vragen relatief meer ruimte.
Aangezien het terreinverbruik vooral bij grotere systemen een rol gaat spelen, is de systeemvergelijking uitgevoerd voor een capaciteit van 200 i.e. De waarderingsschaal en de systeemvergelijking zijn gegeven in figuur 5.10.
De waardering ten aanzien van het terreinverbruik is subjectief. Hier heeft een systeem een 'onvoldoende' (score 5 of lager) gekregen bij een terreinverbruik vanaf ruim 25 m^2 per woning, ofwel ca. 10 - 15% van het perceeloppervlak van een eengezinswoning.

De verschillen tussen de diverse IBA-systemen zijn zeer groot, het bruto terreinverbruik ligt tussen 0,4 m^2/i.e. (actief-slibsysteem) en 38 m^2/i.e. (infiltratiekanaalsysteem).
Een composttoilet dient in een kelderruimte onder de woning te worden geplaatst, hetgeen de toepasbaarheid sterk beperkt (hoofdzakelijk alleen bij nieuwbouw).



Figuur 6.1.: Schematische weergave van de invloed van twee verschillende bouwmethoden op de specifieke bouwkosten per i.e.

6. STANDAARDISATIEMOGELIJKHEDEN BIJ IBA-SYSTEMEN

6.1. Inleiding

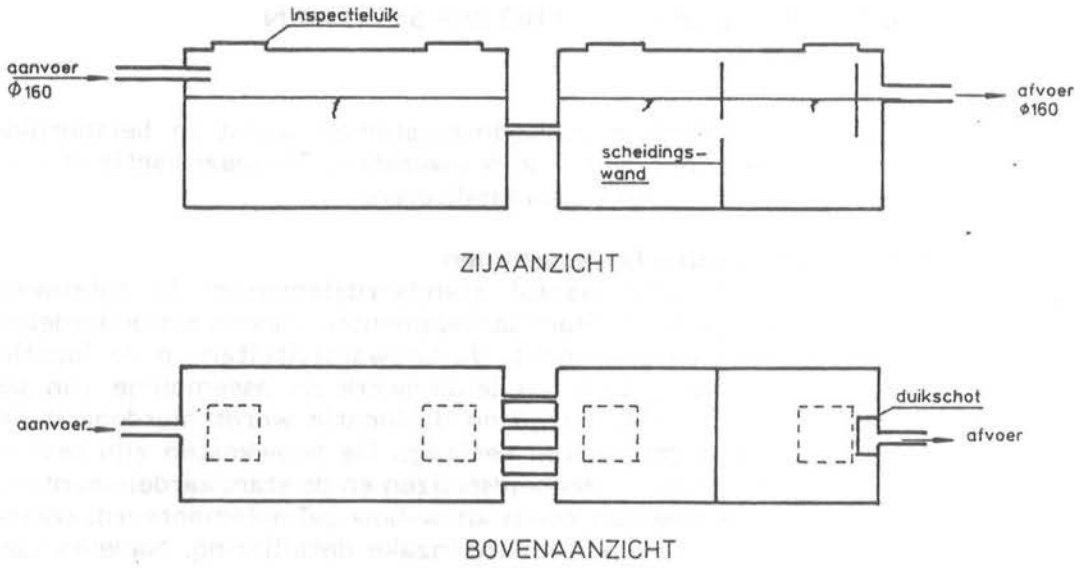
De toepasbaarheid van kleinschalige zuiveringssystemen wordt in belangrijke mate bepaald door de kosten, met name de bouwkosten. Standaardisatie is een belangrijk instrument om deze kosten te minimaliseren:

- **Toepassing standaardelementen bouwsystemen**
  Serieproduktie van een beperkt aantal standaardelementen in fabrieken verlaagt de kostprijs per element. Standaardelementen kunnen als onderdelen van een bouwsysteem worden gekoppeld. De bouwactiviteiten op de locatie blijven hierdoor beperkt tot grond- en leidingwerk en assemblage van de prefab-standaardelementen. De bouwtijd op de locatie wordt hierdoor sterk bekort en de hiermee verbonden kosten verlaagt. De bouwkosten zijn tevens beter te ramen aan de hand van de eenheidsprijzen en de standaardelementen. Voorts is in de standaardelementen reeds know-how geïmplementeerd, waardoor op ontwerpkosten kan worden bespaard inzake detaillering. Nadelen van toepassing van standaardelementen zijn een minder flexibel ontwerp en een beperkte grootte van de standaardelementen in verband met transportmogelijkheden.
  Voor grote installaties kan het nodig zijn meerdere elementen per zuiveringstrap te combineren. Combinatie van meerdere units reduceert het kostenreducerend effect van schaalvergroting op de bouwkosten per i.e. Bij combinatie van meerdere units dalen de specifieke bouwkosten nog slechts gering, zie figuur 6.1., waardoor het onrendabel kan worden om met koppeling van standaardunits te werken. Herhaling van elementen in plaats van schaalvergroting is ook veelal nadelig op het ruimtebeslag en kan - bij gebruik van veel units - een minder overzichtelijk systeem opleveren met tijdrovender onderhoud.
  De toepassing van standaard-units is derhalve geschikt tot een bepaalde capaciteit. Voor grotere constructies kan nog wel met prefabonderdelen van units worden gewerkt in plaats van complete prefabunits, bijvoorbeeld prefab betonwanden die op de locatie worden geassembleerd. Hierdoor zijn eveneens besparingen mogelijk, ten opzichte van bijvoorbeeld in het werk gestort beton.

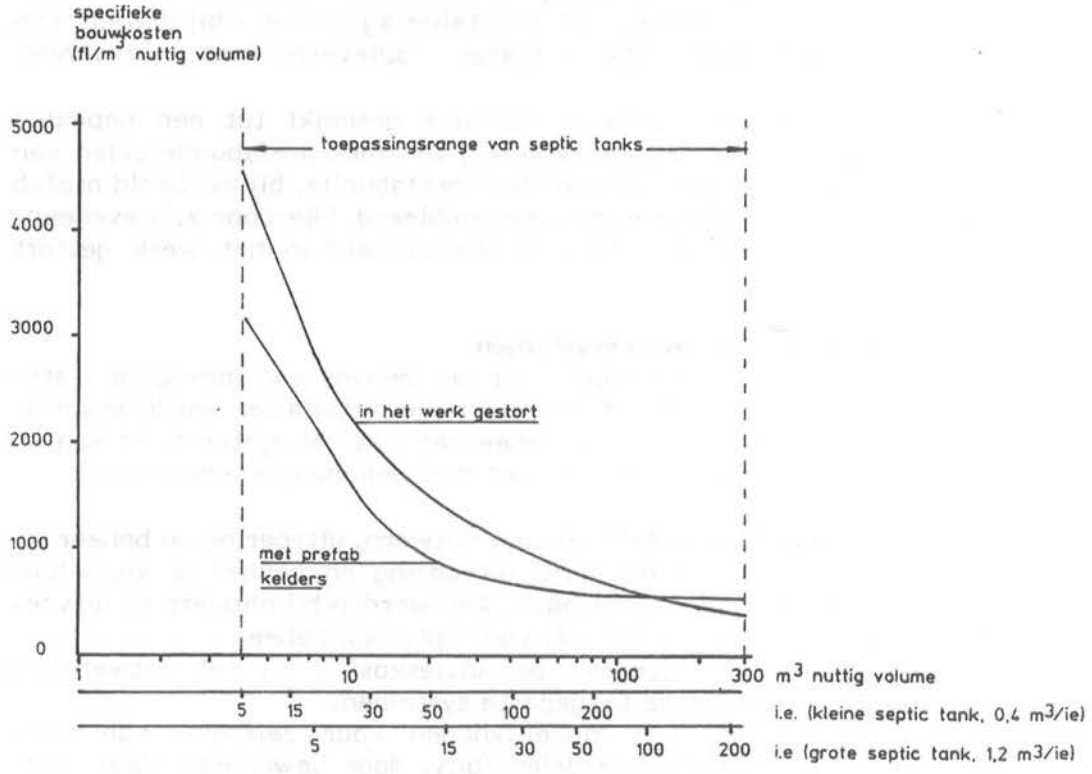
- **Toepassing van standaard zuiveringssystemen**
  Gebruik van standaard systemen biedt voor het beheer van meerdere systemen het voordeel dat met gelijke of gelijksoortige installaties wordt gewerkt. Hierdoor verbetert de ervaring van de beheerder met het systeem, en kan op beheerskosten worden bespaard (bedrijfscontrole/bediening en onderhoud).

- **Toepassing van standaard voorschriften voor ontwerp, uitvoering en beheer**
  In richtlijnen of normen voor ontwerp, uitvoering en beheer is know-how geïmplementeerd, die derhalve uitgespaard kan worden bij ontwerp en uitvoering, en een zekere voorkennis verschaft voor optimaal beheer.
  De standaardvoorschriften reduceren de advieskosten bij het ontwerp en leveren een grotere eenheid in de toegepaste systemen.
  Voorts vergroten richtlijnen de mogelijkheden voor zelfbouw van niet-elektro/mechanische installatieonderdelen (bijv. door bewoners). Voor zelfbouw komen derhalve met name de infiltratie- en filtratiesystemen en composttoiletten in aanmerking.

~~Voor een uitgebreide beschouwing van standaardisatiemogelijkheden, en voor- en nadelen hiervan, bij IBA-systemen wordt verwezen naar het werkrapport 'Standaardisatie'. In het onderhavige hoofdstuk worden de belangrijkste punten weergegeven.~~



Figuur 6.2.: Voorbeeld van de opbouw van een grote septic tank uit twee standaard kelders.



Figuur 6.3.: Grafisch verloop van de bouwkosten van septic tanks volgens twee verschillende bouwmethoden.

6.2. Standaardisatiemogelijkheden bij de uitvoering

6.2.1. Septic tanks

Septic tanks worden in de meeste van de beschouwde IBA-systemen als voorbehandeling toegepast, met een nuttige inhoud van:
- 0,4 m^3/i.e.; kleine septic tank, bij biorotor- of oxydatiebedsysteem;
- 1 à 1,5 m^3/i.e.; grote septic tank, bij (in)filtratiesystemen.

In de range van 5 - 200 i.e. systemen zijn tanks benodigd met een nuttige inhoud van 4 - 275 m^3. Het bruto-volume ligt 10 - 30% hoger.
Als standaardelementen zijn beschikbaar:

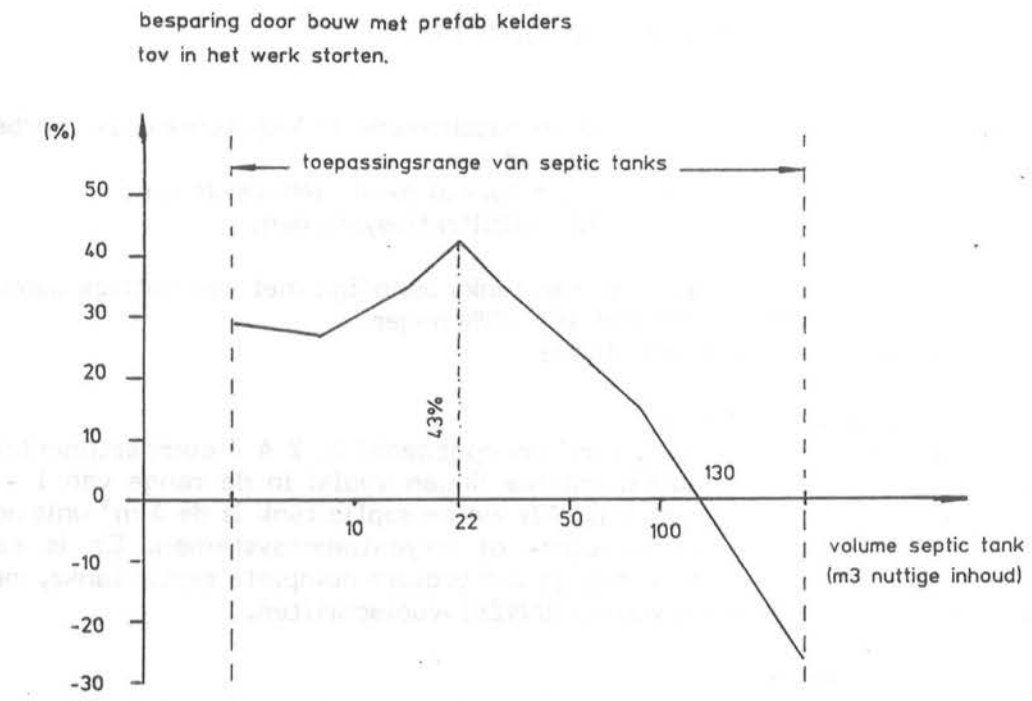
- **Complete prefab septic tanks**
  Veelal van kunststof of beton, rond en opgedeeld in 2 à 3 compartimenten. Thans gangbare maten in nuttig volume liggen veelal in de range van 1 - 4 m^3, hetgeen algemeen te gering is. Als kleine septic tank is de 4 m^3 unit nog geschikt voor 5 - 10 i.e. biorotor- of oxydatiebedsystemen. Er is een ontwikkeling gaande van prefabricage van grotere complete septic tanks, met cirkelvormige plattegrond, volgens DIN4261-voorschriften.

- **Prefab betonnen kelders**
  Deze kelders zijn leverbaar als septic tanks met compartimenten door naar believen te plaatsen scheidingswanden en met de benodigde sparingen. De tanks worden geleverd in diverse standaardgrootten, veelal in de range van 5 - 25 m^3 nuttige inhoud. Als complete septic tank derhalve geschikt voor:
  . systemen met kleine septic tank, in de range van 15 - 60 i.e.;
  . systemen met grote septic tank, in de range van 5 - 20 i.e.
  De prefab betonnen kelders bieden mogelijkheden om twee evengrote kelders in serie te plaatsen, verbonden door rioleren, waarbij de voorste kelder (zonder scheidingswand) fungeert als 1e compartiment en de achterste kelder (met scheidingswand) als 2e en 3e compartiment van de septic tank, zie fig. 6.2. Hierdoor verdubbelt de genoemde toepassingsrange. De volumeverhouding van de compartimenten bedraagt 2 : 1 : 1, zoals gewenst.
  Voor verdere uitbreiding dienen dergelijke combinaties parallel geschakeld te worden, eventueel voorafgegaan door een verdeelwerk. Op deze wijze is door combinatie van standaardelementen de gehele range systemen van 5 - 200 i.e. van een septic tank te voorzien.

De prefab betonnen kelders bieden goede mogelijkheden als bouwelementen voor septic tanks voor IBA-systemen. Een beperkte reeks van standaardunits is reeds voldoende voor een redelijk flexibele toepassing. Een reeks van ca. 5 - 25 m^3, met ca. 5 standaardmaten qua inhoud en met geschikte hoogte, zoals thans verkrijgbaar, is al redelijk voldoende.

De uitvoering met prefab-tonnen kelders geeft algemeen een besparing van de bouwkosten van septic tanks ten opzichte van in het werk gestorte betonnen tanks. In figuur 6.3. zijn de bouwkosten in guldens per m^3 nuttig volume voor beide bouwwijzen uitgezet tegen het nuttig volume.
Uit deze figuur blijkt:
- uitvoering in prefab kelders is voordeliger dan in het werk gestorte tanks tot een nuttige inhoud van ca. 130 m^3;
- voor kleine septic tanks bij biorotor- of oxydatiebedsystemen is toepassing van prefab kelders voordeliger tot een capaciteit van ca. 325 i.e.;
- voor grote septic tanks bij (in)filtratiesystemen is toepassing van prefab kelders voordeliger tot een capaciteit van ca. 100 i.e.

In figuur 6.4. is het procentuele verschil in bouwkosten voor de septic tank bij gebruik van prefab kelderunits ten opzichte van in het werk gestorte betonnen tanks uitgezet tegen het nuttig volume van de septic tank.



Figuur 6.4.: Besparing op de bouwkosten van septic tanks door toepassing van prefab kelders ten opzichte van in het werk gestorte tanks.

Zuiveringssysteem	Economische toepassingsrange prefab betonnen kelders (i.e.)	Maximale besparing bij toepassing prefab kelders in plaats van in het werk gestort beton,		
		op bouwkosten (%)	op totale jaarlasten (%)	bij capaciteit (i.e.)
0. Septic tank, klein (0,4 m^3/i.e.)	5 - > 200	43	29	56
, groot (1,2 m^3/i.e.)	5 - 100	43	32	15
1. Infiltratiekanaalsysteem	5 - 50	19	13	15
2. Zakputsysteem	5 - 70	19	14	15
3. Opgeh. filtratiebedsysteem	5 - 100	13	9	15
4. Zandfiltersysteem	5 - 100	15	8	15
5. Biorotorsysteem	5 - > 200	13	9	56
6. Oxydatiebedsyteem	5 - > 200	16	9	56

Tabel 6.1.: Economische toepassingsrange van prefab betonnen kelders als septic tanks in IBA-systemen, en maximale besparingen hierdoor te verkrijgen ten opzichte van in het werk gestort beton.

Naarmate meer prefab kelderunits benodigd zijn, neemt het kostenvoordeel of door gebruik van:
- extra materiaal (grotere totale wandlengte; extra inspectieluiken, e.d.);
- extra leidingwerk (verbindingsriolen; verdeelwerk);
- extra terreinverbruik (extra grondwerk).

Als septic tanks als zelfstandige deelzuivering worden toegepast is een maximale besparing op de bouwkosten mogelijk van ca. 43%, zie fig. 6.4., door toepassing van prefab kelders in plaats van in het werk gestorte betonnen tanks.
Als septic tanks een onderdeel vormen van een systeem met een tweede zuiveringstrap zijn de besparingen op de bouwkosten van het totale systeem geringer, zie tabel 6.1. (range waarin prefab kelders goedkoper zijn; maximale besparing en de capaciteit waarbij dit optreedt).

Uit het kostenonderzoek blijkt dat niet meer dan 4 tot 6 prefabkelders gecombineerd dienen te worden om nog economisch aantrekkelijker te zijn dan in het werk gestorte septic tanks. Echter ook om andere redenen is dit te preferen:
- beheer en onderhoud van meer dan 4 - 6 tanks is duidelijk tijdrovender dan bij 1 tank;
- kans op storingen neemt toe bij meer tanks;
- het terreinverbruik neemt toe bij meer tanks.

6.2.2. (In)filtratiesystemen

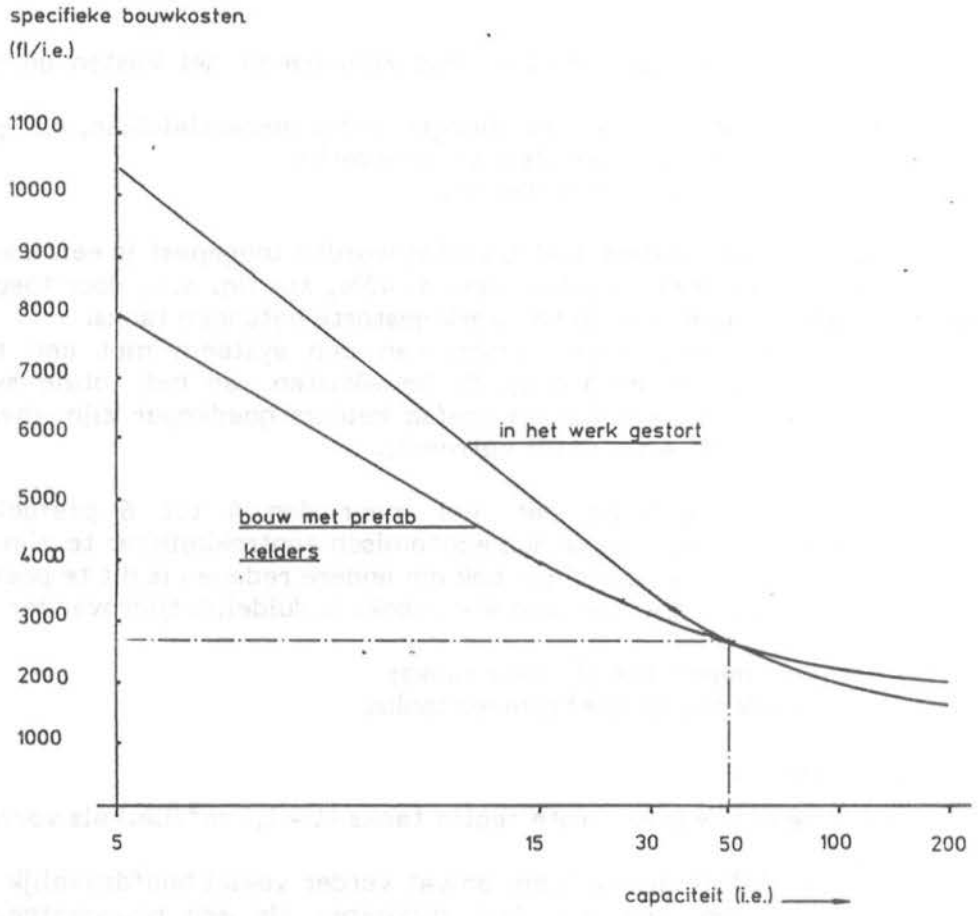
In (in)filtratiesystemen worden grote septic tanks (1 - 1,5 m^3/i.e.) als voorbehandeling toegepast.
De aanleg van het (in)filtratiesysteem omvat verder veelal hoofdzakelijk grond- en leidingwerk, hetgeen zich niet laat uitvoeren als een bouwsysteem met standaardunits.
Mogelijkheden tot standaardisatie bij de uitvoering blijven beperkt tot:
- toepassing van goed materieel, waarmee snel en goedkoop leidingen zijn te leggen;
- septic tanks, uitgevoerd in prefab kelders (zie par. 6.2.1.);
- zak- of zinkputten, opgebouwd uit stapelbare prefab betonnen putringen met uitstroomopeningen in de wand.
  Deze ringen zijn thans verkrijgbaar met een maximale diameter van 2 meter en een hoogte van 1 m. Met deze 3 à 4 van deze ringen is een zakput voor 5 i.e. op te bouwen. Voor grotere capaciteiten zijn meerdere van deze zakputten benodigd.
  De bouw van 1 zakput (5 i.e.) met deze betonringen is circa 2.000 - 3.000 gulden goedkoper dan een in het werk gestorte put (ca. 50 - 60% goedkoper). De besparing op de bouwkosten van het totale zakputssysteem die hiermee gepaard gaat is ca. 10 - 25%;
- zandfilters, uitgevoerd in prefab tanks of met folies.

Hierop wordt onderstaand nader ingegaan.

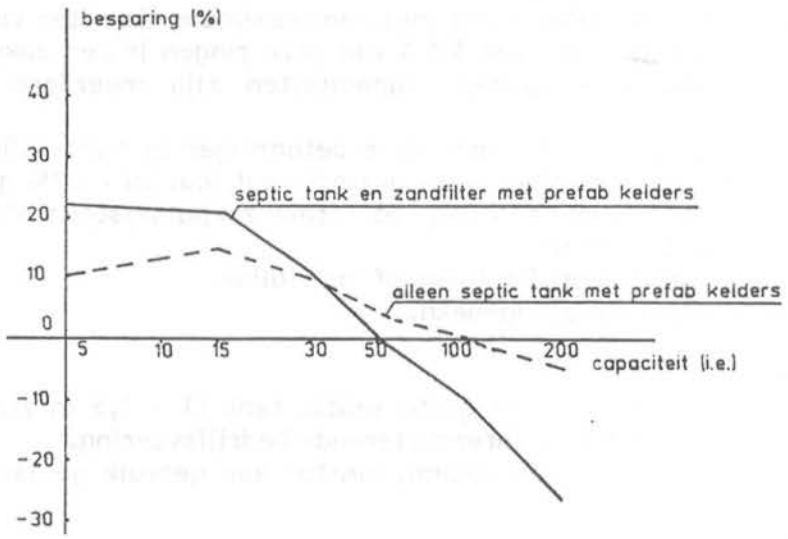
Zandfilterssysteem

Het zandfiltersysteem bestaat een grote septic tank (1 - 1,5 m^3/i.e.) en een dubbel uitgevoerd zandfilter voor intermitterende bedrijfsvoering.
Het filter is afgeschermd van de bodem, hiertoe kan gebruik gemaakt worden van:
- kunststof bakken;
- (prefab) betonnen bakken;
- folies.

Betonnen bakken zijn zeer functioneel, en vergeleken met kunststof al gauw meer dan tweemaal zo goedkoop.



Figuur 6.5.: Bouwkosten van het zandfiltersysteem volgens twee verschillende bouwmethoden.



Figuur 6.6.: Besparing op de bouwkosten van het zandfiltersysteem door toepassing van prefab betonnen kelders ten opzichte van in het werk gestorte tanks.

Een bakconstructie van folies kan 40 - 70% goedkoper zijn dan een betonnen bak; een deel van dit voordeel gaat echter verloren door extra grondwerk. Er is nog weinig praktische ervaring met het gebruik van folies in zandfilters bij IBA-systemen.
Vooralsnog wordt hier de uitvoering in betonnen bakken beschouwd.

Evenals bij septic tanks kan hierbij gebruik gemaakt worden van prefab betonnen kelders, zonder dek, en eventueel met een geringere wandhoogte. Hierdoor kan met gelijke bouwmallen in de fabriek worden gewerkt, hetgeen besparingen oplevert.

Voor zandfiltersystemen met capaciteiten kleiner dan 10 - 15 i.e. kunnen beide filters in één standaard betonnen kelder worden ondergebracht, gescheiden door een tussenwand. Voor grotere capaciteiten is een combinatie van meerdere prefab kelders benodigd. In dat geval dient er tenminste een even aantal straten te zijn, zodat intermitterende bedrijfsvoering mogelijk is met de helft van het totaal aantal kelders.

Prefab betonnen kelders bieden goede mogelijkheden als bouwelementen voor zandfilters bij IBA-systemen, vooral bij kleinere capaciteiten. Een beperkte reeks van standaardunits, bij voorkeur gelijk aan de kelders voor septic tanks, is reeds voldoende voor een redelijk flexibele toepassing. Het oppervlak van de horizontale doorsnede is van belang voor de reeks van standaardunits, 2 - 4 verschillende oppervlakten en met geschikte hoogte, worden voldoende geacht.

De uitvoering van het zandfiltersysteem met prefab betonnen kelders voor septic tank en zandfilters kan duidelijk goedkoper zijn dan een uitvoering met in het werk gestort beton. In figuur 6.5. zijn voor beide uitvoeringsmethoden de bouwkosten per i.e. uitgezet tegen de capaciteit.
Hieruit blijkt dat de bouwwijze met prefab kelders tot ca. 50 i.e. goedkoper is dan in het werk gestorte tanks. Bij kleine systemen is de besparing maximaal, ca. 22%, zie fig. 6.6.
Grotere zandfilters opgebouwd uit prefab-kelders zijn aanmerkelijk duurder dan in het werk gestorte tanks (bij 200 i.e. 26%). Dit is vooral een gevolg van verbruik van veel extra materiaal (extra wandlengte).

Een verfijning is nog mogelijk door tussen 30 en 100 i.e. alleen de septic tank uit te voeren met prefab betonnen kelders en de betonnen zandfilterbak in het werk te storten. Het effect hiervan op de kostenbesparing ten opzichte van alle tanks in het werk te storten is eveneens opgenomen in figuur 6.6.

6.2.3. Compactinstallaties

Biorotoren, oxydatiebedden en actief-slibsystemen zijn als complete units (compactinstallaties) bij leveranciers verkrijgbaar.
In hoofdzaak omvat de bouw niet meer dan de compleet geleverde compactinstallatie te plaatsen en aan te sluiten op de aanvoerleiding, eventuele voorbehandeling en de afvoerleiding. De plaatsing/aansluiting neemt slechts weinig tijd in beslag, de bouwtijd op de locatie wordt hoofdzakelijk bepaald door het grondwerk.

Biorotorsysteem

Biorotoren worden toegepast met kleine septic tanks (0,4 m^3/i.e.) als voorbehandeling.

Er is een grote keus in door leveranciers aangeboden biorotorcompactinstallaties over de gehele range van 5 - 200 i.e. (en groter).

De stapgrootte in het leveringsprogramma's neemt veelal toe met de systeemgrootte. De leveringsprogramma's zijn algemeen voldoende uitgebreid voor een redelijke flexibiliteit in het ontwerp, in ongunstige gevallen dient slechts een overcapaciteit van ca. 20% geaccepteerd te worden. Biorotoren kleiner dan 25 i.e. zijn in Nederland moeilijker verkrijgbaar.

In het algemeen is elke wens die afwijkt van het door een leverancier geleverde standaardpakket onevenredig duur. Binnen het standaardpakket zijn sommige onderdelen soms optioneel, waardoor rekening gehouden kan worden met specifieke wensen.

Er is een grote diversiteit in uitvoeringsvormen van biorotoren en door leveranciers gehanteerde ontwerpgrondslagen, afhankelijk van het fabrikaat.
Enige punten die sterk kunnen verschillen zijn:

- dimensioneringsgrondslag : kan variëren van 5 - 20 g BZV/(m^2.dag). De door de leverancier opgegeven i.e.-capaciteiten zijn derhalve niet zondermeer toepasbaar/vergelijkbaar. Als vergelijkingsbasis dient het aantal m^2 drageroppervlak te worden gehanteerd;
- dragermateriaal : vorm en materiaal;
- constructie rotortank : vorm en materiaal; compartimentering. Vanaf 100 - 150 i.e. kunnen óók rotorunits geleverd zonder rotortank (goedkoper transport); deze tank dient zelf vervaardigd te worden, volgens de specificaties van de leverancier;
- voorbezinking : kan standaard worden meegeleverd, maar is overbodig vanwege de septic tank;
- humusslibverwijdering : varianten in uitvoering (nabezinktank; lamellenbezinker; trommelfilter), algemeen standaard meegeleverd met al dan niet voorzieningen voor slibafvoer;
- aanvoer : veelal vanuit doseercompartiment met scheprad;
- recirculatie : optioneel of niet geleverd;
- aandrijving/transmissie : diverse uitvoeringen (directe aandrijving rotoras; ketting; tandwielen; etc.).

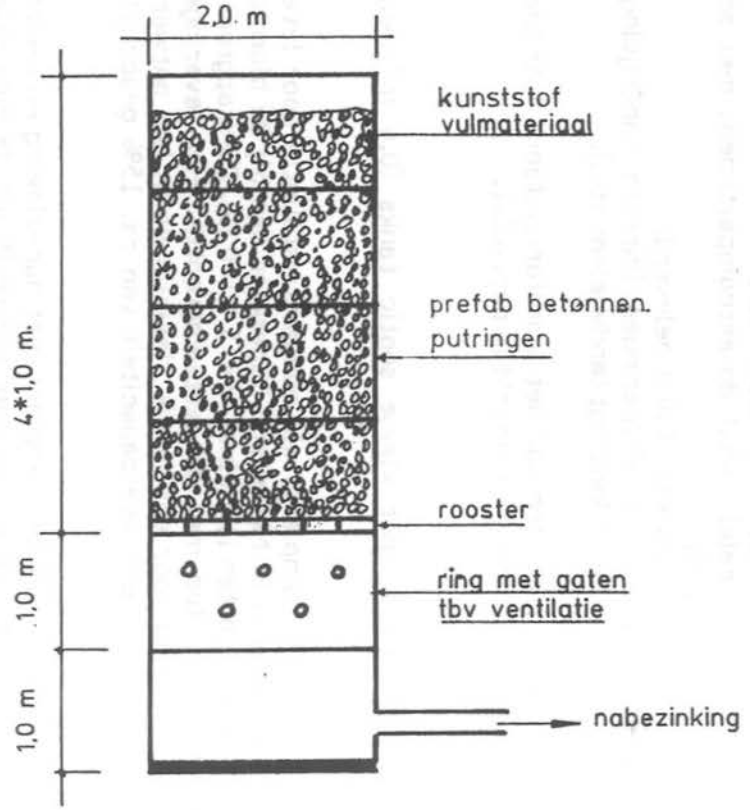
De besparingsmogelijkheid op bouwkosten van het biorotor-systeem door toepassing van prefab kelders als septic tank is behandeld in par. 6.2.1.

Oxydatiebedsysteem

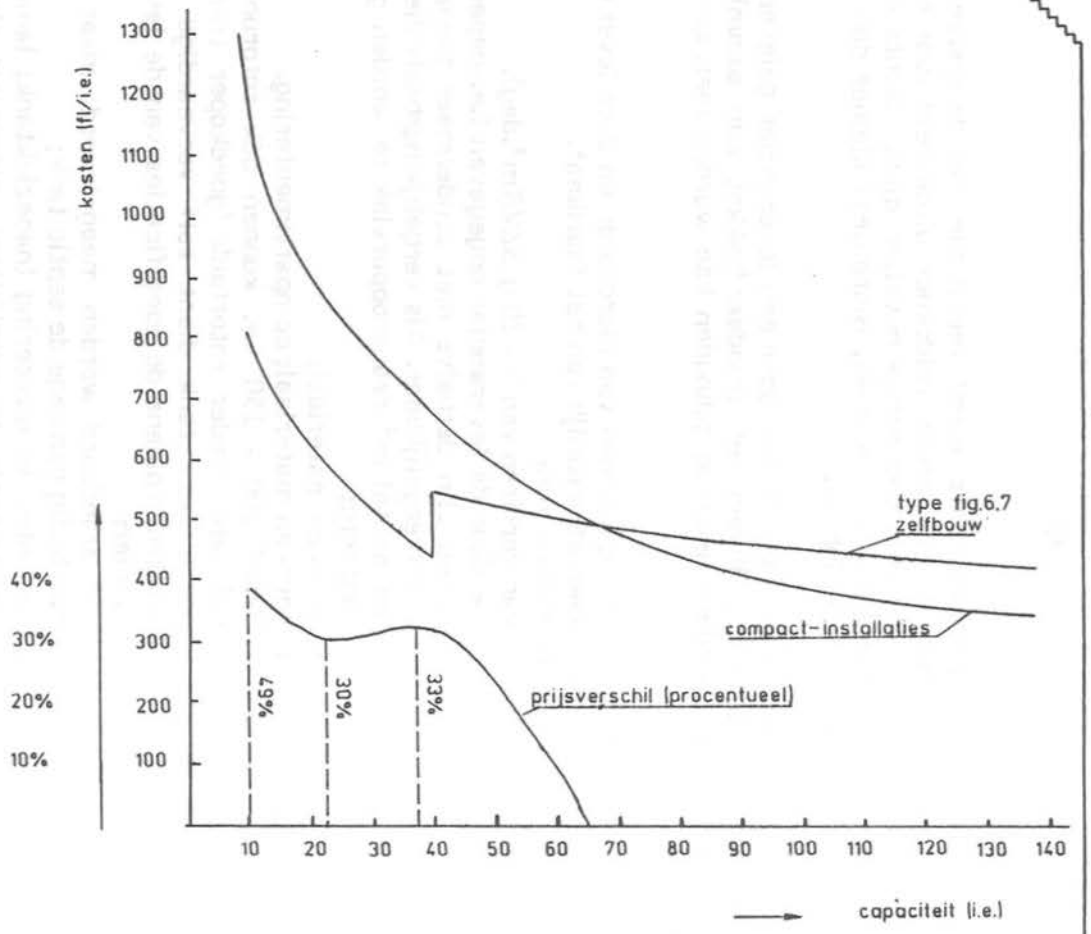
Oxydatiebedden worden toegepast met kleine septic tanks (0,4 m^3/i.e.) als voorbehandeling.

Oxydatiebedden kunnen, geheel compleet, als compactinstallatie door leveranciers worden geleverd. De keus is in Nederland beperkter dan bij de biorotoren. Ook de range van geleverde grootten is kleiner, ca. 5 - 140 i.e. De stapgrootte in het leveringsprogramma neemt toe met de systeemgrootte. Het leveringsprogramma is voldoende uitgebreid voor een goede flexibiliteit in het ontwerp, in ongunstige gevallen dient slechts een overcapaciteit van ca. 15% geaccepteerd te worden.

De compactinstallaties worden geleverd compleet met nabezinking en recirculatiepomp, eventueel kan automatische afvoer van humusslib uit de nabezinktank (slibretourpomp) worden meegeleverd.



Figuur 6.7.: Voorbeeld zelfbouwsysteem voor een oxydatiebed.



Figuur 6.8.: Bouw-, cq. leveringskosten van oxydatiebedden als compactinstallatie geleverd of bij zelfbouw.

De door fabrikanten gehanteerde ontwerpgrondslagen qua belasting van het oxydatiebed kunnen verschillen. De door de leverancier opgegeven i.e.-capaciteiten zijn derhalve niet zondermeer toepasbaar/vergelijkbaar.
Als vergelijkingsbasis dient gelet te worden op de BZV-volumebelasting en het specifiek oppervlak van het gebruikte vulmateriaal, of op de BZV-vlakbelasting per m^2 drageroppervlak.

Oxydatiebedden kunnen vrij eenvoudig zelf gebouwd worden, door gebruik te maken van prefab-betonringen, verkrijgbaar in de formaten met een diameter van 0,8 tot 2,0 m en een hoogte van 1 m. Er zijn aparte bodemstukken en ringen met gaten - ten behoeve van ventilatie - verkrijgbaar. Uitgaande van een minimale bedhoogte van 1,5 m en een maximale van 4,0 m, zijn met de standaard prefab betonringen oxydatiebedden met een capaciteit van ca. 5 - 130 i.e. te realiseren, zie voorbeeld in figuur 6.7.
Tot 40 i.e. kan door een extra prefab-ring onder het oxydatiebed ook in een nabezinktank worden voorzien. Voor grotere capaciteiten wordt de hydraulische oppervlaktebelasting voor een dergelijke nabezinktank te groot en is een afzonderlijke voorziening benodigd voor de afscheiding van humusslib.

Zowel bij compactinstallaties als bij de opbouw uit prefab betonnen ringen zijn oxydatiebedden in één (standaard)unit uit te voeren tot een capaciteit van ca. 140 i.e. Voor grotere capaciteiten dienen twee units parallel te worden geplaatst of dient de uitvoering op andere wijze te geschieden (in het werk gestort of met prefab betonnen wandpanelen).

In figuur 6.8. zijn de specifieke bouwkosten per i.e. van de compactinstallaties vergeleken met de uitvoering in prefab betonnen ringen. Hierbij is uitsluitend het oxydatiebed zelf beschouwd, excl. de kosten voor grond- en leidingwerk, advieswerk, septic tank, OB.
Tot ca. 65 i.e. is zelfbouw met prefab betonringen goedkoper, vooral voor de zeer kleine systemen (ca. 30% goedkoper). De bouwkosten van het totale oxydatiebedsysteem tot een capaciteit van 40 i.e. kunnen hierdoor maximaal ca. 15% lager zijn. Het zelf bouwen brengt echter wel nog niet verdisconteerde extra kosten met zich mee voor detaillering bij het ontwerp en voor assemblage van onderdelen (langere bouwtijd). Aangenomen mag worden, dat van de mogelijke besparingen derhalve weinig resteert, zodat de bouw met compact-installaties van leveranciers meer voordelen zal bieden.

De besparingsmogelijkheid op bouwkosten van het oxydatiebedsysteem door toepassing van prefab kelders als septic tank is behandeld in par. 6.2.1.

Actief-slibsysteem

Het actief-slibsysteem wordt veelal gebruikt zonder toepassing van een septic tank als voorbehandeling.

Er is een grote diversiteit in uitvoeringsvormen en een grote keus in leveranciers. De leveringsprogramma's zijn algemeen meer ingesteld op de grotere capaciteiten, vanaf 20 - 50 i.e.
Het leveringspakket van het beschouwde actief-slibsysteem (Flygt) bevat binnen de range van 5 - 200 i.e. slechts 5 typen: 20, 30, 50, 100 en 200 i.e. Grotere systemen worden eveneens geleverd.
Door de grote stapgrootte komt overdimensionering regelmatig voor.
De systemen vanaf ca. 100 i.e. worden zonder buffer/beluchtingstank geleverd. In dat geval wordt de geleverde beluchtingsapparatuur in een zelf te bouwen tank geïnstalleerd. Bij andere fabrikaten zijn complete units met tank tot grotere capaciteiten (bijv. 200 i.e.) leverbaar.

Indien een beluchtingstank zelf vervaardigd dient te worden, kan dit het best geschieden met prefab betonnen wandpanelen of eventueel met in het werk gestort beton of stalen containers. Prefab betonnen kelders hebben een te geringe inhoud en algemeen een ongeschikte geometrie.

6.2.4. Systeem voor gescheiden behandeling van afvalwater

Beschouwd wordt het systeem met composttoiletten (zwartwater-behandeling) en aëroob filter + vloeikas (grijswater-behandeling).

Composttoiletten

Clivus Multrum brengt composttoiletten op de markt met een leveringsprogramma voor capaciteiten van 2 - 7 bewoners (stapgrootte = 1 bewoner). Dit leveringsprogramma is voldoende uitgebreid voor woningen, er van uitgaande dat decentrale opstelling van de toiletten toch noodzakelijk is door de onmogelijkheid van het transport van de faecaliën in horizontale leidingen bij dit waterloze toiletsysteem.

Voor recreatieve doeleinden is de range van het leveringsprogramma met nettovolumina van composteringsruimten van 1,6 - 3,0 m^3 geschikt voor 5.600 - 12.000 gebruikers per jaar, ofwel gemiddeld ca. 15 - 33 gebruikers per dag, bij een benodigd netto-volume van de composteringsruimte van 1 m^3 per 3.500 - 4.000 toiletgebruiken per jaar.
Bij een groter aantal gebruikers dienen meerdere composttoiletten te worden geplaatst.

De compleet geleverde composttoiletten, incl. standaard toiletstoel, moeten thans nog vanuit het buitenland worden geïmporteerd, wat - vooral door het grote transportvolume - hoge kosten met zich meebrengt.
Composttoiletten lenen zich ook zeer goed voor zelfbouw, op basis van op te stellen standaard richtlijnen. Op deze wijze kan een aanzienlijke besparing worden bereikt ten opzichte van de geïmporteerde toiletsystemen. In dat geval is wel bestelling van de standaard toiletstoel aan te bevelen.

Grijswatersystemen

Grijswater kan in principe volgens dezelfde methoden worden behandeld als ongedeeld afvalwater, waarbij een voorbehandeling in een septic tank achterwege kan blijven.

6.2.5. Diverse losse systeemonderdelen

Pompen

De kleinste, bedrijfszekere, afwaterpomp in de huidige standaard leveringsprogramma's van fabrikanten heeft al gauw een capaciteit van meer dan 5 m^3/uur (afhankelijk van de opvoerhoogte). Indien uitgegaan wordt van een benodigde pompcapaciteit van 2 maal Q_{10} (Q_{10} = 1/10 van de dagaanvoer) is een dergelijke pomp geschikt voor een systeem met een capaciteit van 300 i.e.
Voor kleinere systemen betekent dit dat de pompen zwaar overgedimensioneerd zijn. Enerzijds is dit nadelig ten aanzien van een efficiënt gebruik (lange wachttijden), anderzijds kan dit nadelig zijn door het ontstaan van stootbelastingen door de pompaanvoer.

De ontwikkeling van kleine, bedrijfszekere, afvalwaterpompen is nog onvoldoende ingespeeld op zeer kleine debieten bij IBA-systemen kleiner dan ca. 250 i.e. Een geringe pompcapaciteit en een hoge bedrijfszekerheid zijn vooralsnog moeilijk te combineren eisen voor waaierpomp-fabrikanten. Het verdient aanbeveling andere typen pompen te overwegen, bijvoorbeeld: plunjerpomp, wormpomp en slangenpomp.

Kleine debieten kunnen ook door vijzels of schepraden worden verwezenlijkt. Vijzels zijn evenwel veelal duurder dan pompen.
Schepraden worden met succes door diverse levenranciers van biorotoren reeds standaard meegeleverd, met name bij kleinere installaties.

Verdeelsystemen

Bij kleine zuiveringen dienen verdeelsystemen bij voorkeur zeer eenvoudig te worden uitgevoerd, zonder bewegende delen. Er zijn nog geen standaardrichtlijnen voor de uitvoering van deze verdeelsystemen.
Een goed ontwerp en geschikte uitvoering van verdeelsystemen vraagt veel aandacht bij de detaillering van IBA-systemen. Een standaardrichtlijn kan hierin behulpzaam zijn.

Inspectieluiken

Standaard gietijzeren putdeksels of luiken zijn ca. 50% goedkoper dan op bestelling vervaardigde aluminiumluiken, waardoor de totale bouwkosten van de IBA-systemen 1 - 5% lager zijn (gemiddeld 2%). Het zwaardere gewicht van de gietijzeren luiken is nadelig voor het gebruiksgemak, anderzijds biedt dit wel een zekere beveiliging tegen het openen door kinderen.

Vulmaterialen

Traditioneel worden in oxydatiebedden lavaslakken als vulmateriaal toegepast, met specifiek oppervlak ca. 90 m^2/m^3. In Engeland en Duitsland is dit ook veelal bij kleine installaties het geval.
Kunststof vulmaterialen zijn ca. 4x zo duur als lavaslakken, maar bieden belangrijke voordelen:
- het specifiek oppervlak is groter, 150 - 250 m^2/m^3, waardoor bij eenzelfde BZV-vlakbelasting minder bedvolume benodigd is, hetgeen sterk op constructiekosten bespaart;
- het soortelijk gewicht is lager, 0,75 kg/m^3 tegenover 1,8 kg/m^3 voor lavaslakken, waardoor met lichtere, goedkopere constructies kan worden volstaan;
- de holle ruimte in het bed is veel groter dan bij minerale vulstoffen, waardoor de kans op verstopping geringer is.

De hogere kosten van kunststof vulmateriaal worden ruimschoots terugverdient door lagere constructiekosten, en het geringe gevaar voor verstopping is bij IBA-systemen - met gering toezicht - van groot belang.
Het verdient dan ook aanbeveling kunststof vulmateriaal als standaard voor te schrijven voor IBA-oxydatiebedsystemen (in tegenstelling tot buitenlandse voorschriften).

Gebruik van kunststof vulmateriaal in biorotoren met roterende kooien, maakt het mogelijk biorotoren 4x zo compact uit te voeren - bij eenzelfde vlakbelasting - als 'traditionele' biorotoren met schijven als dragermateriaal. Hoewel in dat geval een zwaardere as en lagering benodigd zijn, wordt per saldo op constructiekosten bespaard. Mogelijkerwijs gaat de compacte bouwwijze ten koste van de zuiveringsprestaties, zodat lagere ontwerpbelastingen nodig zijn. Een goede kosten/baten-analyse is nog niet uitgevoerd.

6.3. Evaluatie en conclusies standaardisatie bij IBA-systemen

Toepassing van prefab standaardelementen in IBA-systemen levert een belangrijke besparing in de bouwkosten. Bij standaardelementen is te denken aan:

- **Prefab betonnen kelders, als septic tank:**
  Voor biorotor- of oxydatiebedsystemen economisch aantrekkelijk tot ca. 300 i.e.

Voor (in)filtratiesystemen aantrekkelijk tot ca. 70 - 100 i.e.
Voor grotere systemen is bouw van septic tanks met prefab betonnen wandpanelen of in het werk gestort beton aan te bevelen.
Ten opzichte van in het werk gestort beton bieden prefab kelders als septic tank een besparing op de bouwkosten van het totale IBA-systeem van 13 - 19%.

- **Prefab betonnen kelders, als zandfilterbakken:**
  Als de kelders voor septic tanks, maar zonder dek. Economisch aantrekkelijk voor zandfiltersystemen tot ca. 30 i.e.
  Voor grotere systemen is gebruik van folies, prefab betonnen wandpanelen, of in het werk gestort beton aan te bevelen.
- **Prefab betonnen, stapelbare putringen met uitstroomopeningen, als zakput.**
- **Compactinstallaties:**
  De biorotoren, oxydatiebedden en actief-slibsystemen, die als complete units - incl. nabehandeling voor verwijdering secundaire slib - door leveranciers geleverd kunnen worden uit standaard leveringsprogramma bieden alle voordelen van standaard-, c.q. serieproduktie: know-how reeds geïmplementeerd, korte bouwtijd, lage bouwkosten.

Bovengenoemde standaardelementen zijn thans al redelijk goed verkrijgbaar.
Meer aandacht is gewenst voor:

- bedrijfszekere pompen met kleine capaciteit, minder dan 5 m^3/uur, welke thans onvoldoende beschikbaar zijn;
- standaard uitvoeringsvoorschriften voor verdeelsystemen bij oxydatiebedden en filtratiesystemen;
- toepassing van kunststof vulmateriaal in oxydatiebedden (en eventueel biorotoren).

Daarnaast zijn standaard voorschriften/richtlijnen voor ontwerp, uitvoering en beheer van IBA-systemen van groot belang voor kostenreductie, bijvoorbeeld voor:

- reductie advieskosten bij ontwerp;
- verbetering zelfbouwmogelijkheden voor bepaalde systemen, met name: composttoiletten, infiltratiesystemen (zakput; infiltratiekanaal) en filtratiesystemen (zandfilters; opgehoogd filtratiebed).

Tevens maken algemene richtlijnen voor ontwerp het beter mogelijk offertes van leveranciers van compactinstallaties te vergelijken.
In Nederland zijn thans nog geen richtlijnen voor IBA-systemen beschikbaar. In fase 4 van het IBA-onderzoeksproject wordt hiermee een aanvang gemaakt.

7. KOSTEN IBA-SYSTEMEN

7.1. Bouwkosten

7.1.1. Uitgangspunten bouwkostenraming

Voor de raming van de bouwkosten van de beschouwde IBA-systemen is uitgegaan van de ontwerpgrondslagen zoals vermeld in hoofdstuk 3 'IBA-zuiveringssystemen'. Bij de systeemopbouw is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van thans bekende standaardelementen, daar hierdoor algemeen de laagst mogelijke bouwkosten worden behaald, zie hoofdstuk 6.

NB: Eenvoudigheidshalve zijn bij (in)filtratiesystemen groter dan 50 i.e. óók prefab kelders als septic tank of zandfilterbakken aangehouden, hoewel een andere uitvoeringsmethode iets goedkoper zou zijn geweest: tot maximaal 5% bij 200 i.e.-systemen, uitgezonderd zandfiltersysteem tot maximaal 25% bij i.e.-systeem. De invloed op de conclusies is echter verwaarloosbaar.

De berekende kosten van de zuiveringssystemen zijn niet meer dan richtbedragen, daar afhankelijk van de locatie, de uitvoeringsmethode, het fabrikaat van een compactinstallatie, etc. duidelijke verschillen kunnen optreden. Werkelijke kosten kunnen pas na een specifieke begroting worden vastgesteld.

De bouwkosten van de diverse IBA-systemen in de range van 5 - 200 i.e. zijn geraamd aan de hand van elementenbegrotingen voor installaties in een zestal ontwerpcapaciteiten: 5, 15, 30, 50, 100 en 200 i.e.
Uitgegaan wordt van professionele bouw door deskundige aannemers en levering van compactinstallaties door gerenommeerde leveranciers.
De aldus geraamde kosten worden tot op 20% nauwkeurig geacht en kunnen dienen voor onderlinge vergelijking van de systemen of een eerste, globale, indicatie bij kostenramingen.
De marktsituatie kan een belangrijke stempel drukken op de bouwkosten. Een beoordeling van de marktsituatie is niet verdisconteerd in de vermelde bouwkosten.

De bouwkosten zijn weergegeven op prijspeil juli 1987.
In zijn algemeenheid omvatten de bouwkosten de aanleg van het zuiveringssysteem:

- inclusief :
  - een afvoerleiding van 25 m, uitgezonderd infiltratiesystemen en composttoiletten;
  - gemiddelde bemalingskosten, uitgezonderd infiltratiesystemen;
  - algemene bouwplaatskosten en winst/risico (10%) van de aannemer;
- exclusief :
  - aanvoerleiding(en) en aansluiting perce(e)l(en);
  - toegangsweg;
  - hek + draaideur;
  - grondaanschafkosten;
  - vergunningen en verzekeringen;
  - advieskosten en grondonderzoek;
  - omzetbelasting (thans 18,5%).

Bij de elementenbegrotingen is algemeen gebruik gemaakt van een viertal kostenplaatsen:

1. Grond- en leidingwerk;
2. Septic tank c.a.;
3. Aërobe zuiveringstrap c.a.;
4. Algemene bouwplaatskosten en winst/risico aannemer.

Onderstaand wordt kort ingegaan op deze kostenplaatsen. Alle genoemde bedragen zijn exclusief OB. (thans 18,5%).

Grond- en leidingwerk

Hieronder zijn opgenomen:

a. **Bemalingskosten**
Bij alle systemen, uitgezonderd infiltratiesystemen en composttoiletten, zijn bemalingskosten opgenomen. Deze kosten zijn afhankelijk van de grootte van de bouwput, de grondwaterstand en de tijdsduur van bemaling.
In hoger gelegen gedeelten in Nederland kunnen deze kosten mogelijk achterwege blijven.
Afhankelijk van systeemtype en -grootte zijn stelposten voor bemaling aangehouden in de range van *f* 1.200,- tot *f* 17.000,-, veelal *f* 1.500,- tot *f* 6.000,-.

b. **Terreinkosten**
Hieronder wordt verstaan:
- inmeten terrein en uitzetten, ca. 2 - 8 gld/m²;
- opruimen terrein en herstel beplanting, ca. 2 - 6 gld/m²;
- egaliseren en afwerken terrein, ca. 4 - 10 gld/m².

De specifieke kosten zijn geringer naarmate het terrein groter is.

c. **Grondwerkkosten**
Hieronder wordt verstaan:
- ontgraven, ca. 5 - 8 gld/m³;
- aanvullen en verdichten, ca. 8 - 11 gld/m³;
- afvoer grond, ca. 2,5 - 6 gld/m³;
- aanvoer grond, ca. 15 - 25 gld/m³.

De specifieke kosten zijn geringer naarmate het volume groter is.

d. **Funderingskosten**
Deze kosten zijn veelal noodzakelijk bij biorotoren en oxydatiebedden.
De kosten hiervan bedragen, afhankelijk van de systeemgrootte, ca. 300 - 1.600 gld (stelpost).

e. **Leidingwerk**
Hieronder zijn opgenomen:
- verbindingsriolen tussen systeemonderdelen, ca. 22 gld/m'.
  Afhankelijk van de lay-out van het systeem zijn hiervoor totaalbedragen geraamd in de range van 400 - 3.000 gld;
- afvoerriool, ca. 40 gld/m'.
  Voor alle systemen, uitgezonderd infiltratiesystemen en composttoiletten is een aanname aangehouden van 25 m' afvoerriool; in werkelijkheid is deze kostenpost afhankelijk van de ligging van het systeem;
- verdeelputten en afsluiters (stelposten);
- by-pass leiding, stelpost van 400 - 1.300 gld bij systemen waar een by-pass voorziening gewenst is om eventuele problemen bij storingen in de afvoer te vermijden.

Septic tank ~~en~~ met Toebehoren

De kosten zijn gebaseerd op toepassing van standaard prefab betonnen kelders, aangepast tot septic tank.
De kosten zijn inclusief tussenwanden, sparingen, toegangsluiken (aluminium), r.v.s. duikschot voor afvoeropening, verbindende riolen bij toepassing van meerdere tanks (bij grote systemen).

De kosten omvatten levering, plaatsing en beproeving van de septic tank, excl. grondwerk. Grondwerk is opgenomen in de kostenplaats 'Grond- en leidingwerk'.

Aërobe zuiveringstrap met toebehoren

Onderscheid is te maken in:
- door aannemer gerealiseerde civiele werken (filtratie- en infiltratiesystemen);
- door leveranciers geleverde compactinstallaties (oxydatiebed, biorotor, actief-slibsysteem).

Voor de eerste groep zijn bouwkosten geraamd aan de hand van eenheidsprijzen voor prefab betonnen tanks, filterzand (ca. 50 - 70 gld/m^3), fijn grind (ca. 70 - 100 gld/m^3), grof grind (ca. 65 - 85 gld/m^3), p.v.c.-leidingwerk en ribbeldrains, nicolondoek, etc. Opvoerpompen in een pompput worden compleet met schakelkast geleverd door leveranciers, totale kosten ca. 8.000 - 10.000 gld per pomp (incl. put).
Voor de tweede groep zijn de kosten - incl. levering, plaatsing, beproeving en schakelkast - gebaseerd op recente offertes van diverse leveranciers.
Grondwerk is in beide gevallen opgenomen in de kostenplaats 'Grond- en leidingwerk'.

Algemene bouwplaatskosten en winst/risico aannemer

Onder deze kosten zijn opgenomen:
- vervoer en gebruik materieel, stelpost ca. 1.500 - 3.000 gld;
- toezicht op uitvoering + bouwplaatsvoorziening, ca. 440 gld/dag. Kleine aannemers rekenen deze kostenpost veelal niet;
- winst/risico voor de aannemer, 10% van de totale aanneemsom.

Diversen

Bij composttoiletten en binnenshuis geplaatste grijswatersystemen, zijn kosten gerekend voor kelderruimte, 330 gld/m^3 kelderruimte.
Voor deze kelderruimte zijn géén grondwerk en algemene bouwplaatskosten doorberekend.
Composttoiletten, incl. toiletstoel, zijn begroot volgens prijzen van Clivus Multrum (leverancier).

7.1.2. Bijkomende bouwkosten

Naast de in het voorgaande genoemde kale bouwkosten zijn met de realisatie van een compleet zuiveringssysteem bijkomende kosten gemoeid, welke hier niet in de raming van de bouwkosten zijn opgenomen. Niet al deze kosten behoeven noodzakelijkerwijs te worden gemaakt. Veelal zijn deze kosten situatieafhankelijk of afhankelijk van de wensen van de opdrachtgever. Op enkele kosten wordt onderstaand ingegaan.

Extra bouwkosten

Extra bouwkosten dienen eventueel gerekend te worden voor:
- aanvoerleiding, of -systeem, afhankelijk van de ligging van de installatie;
- huisaansluiting, waaronder bijvoorbeeld opnemen en herstel van een verharding, aansluiting object(en), afkoppeling regenwaterafvoer (ca. 300 gld/huisaansluiting, indien regenwaterafvoer reeds afgekoppeld);
- toegangsweg, permanent dan wel tijdelijk;
- hek met draaideur (300 - 6.000 gld, afhankelijk van lengte en type afrastering);
- extra fundatie of grondverbetering, in geval van een zeer slechte bodem;
- aansluitkosten op elektriciteitsnet, afhankelijk van aanwezige voorzieningen.

Zuiveringssysteem	5 i.e.			20 i.e.			50 i.e.			200 i.e.		
	C	EM	TOT	C	EM	TOT	C	EM	TOT	C	EM	TOT
0. Septictank,												
klein (0,4 m³/ie)	11	-	11	16	-	16	19	-	19	51	-	51
groot (1,2 m³/ie)	15	-	15	22	-	22	48	-	48	140	-	140
zeer groot (3,5 m³/ie)	19	-	19	51	-	51	105	-	105	355	-	355
1. Infiltratiekanaal-systeem	21	-	21	46	-	46	103	-	103	369	-	369
2. Zakput-systeem	19	-	19	47	-	47	99	-	99	329	-	329
3. Opgeh.filtratiebed-systeem	34	9	43	71	10	81	144	12	156	453	29	482
4. Zandfilter-systeem	31	9	40	61	10	71	126	12	138	394	22	416
5. Biorotor-systeem	16	13	29	22	24	46	28	44	72	65	80	145
6. Oxydatiebed-systeem	15	10	25	20	19	39	25	30	55	61	72	133
7. Actief slib systeem	16	25	41	17	25	42	22	26	48	67	29	96
8a.Composttoilet (1 per woning)	14	-	14	53	-	53	128	-	128	475	-	475
8b.Grijswater-systeem	12	10	22	20	14	34	32	25	57	88	42	130
8c.Systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling (8a+8b)	26	10	36	73	14	87	160	25	185	563	42	605

C = civiel EM = elektromechanisch TOT = totaal

prijspeil 1987; in f 1.000,- (excl. OB)

Tabel 7.1.: Raming totale bouwkosten voor diverse IBA-systeemtypen en -grootten.

Zuiveringssysteem	5 i.e.	20 i.e.	50 i.e.	200 i.e.
0. Septic tank, klein (0,4 m³/i.e.)	2.274	810	376	255
, groot (1,2 m³/i.e.)	3.074	1.105	959	702
, zeer groot (3,5 m³/i.e.)	3.764	2.550	2.100	1.776
1. Infiltratiekanaal-systeem	4.148	2.300	2.055	1.845
2. Zakput-systeem	3.760	2.325	1.975	1.647
3. Opgeh. filtratiebed-systeem	8.560	4.065	3.122	2.407
4. Zandfilter-systeem	8.056	3.560	2.748	2.078
5. Biorotor-systeem	5.802	2.270	1.432	726
6. Oxydatiebed-systeem	5.058	1.933	1.097	665
7. Actief slib-systeem	8.292	2.100	969	479
8a.Composttoilet (1 per woning)	2.740	2.640	2.561	2.373
8b.Grijswater-systeem (centraal)	4.370	1.690	1.136	650
8c.Systeem voor gescheiden afval-waterbehandeling (8a+8b)	7.110	4.330	3.697	3.023

Tabel 7.2.: Raming totale specifieke bouwkosten per i.e. voor diverse IBA-systeemtypen en -grootten.

prijspeil 1987; in guldens (excl. OB).

Grondkosten

Afhankelijk van de beschikbaarheid van een geschikt terrein dienen af dan niet grondaanschafkosten te worden gemaakt.

Vergunningen, verzekeringen

Voor bouwvergunningen en lozingsvergunningen worden plaatsafhankelijke kosten gemaakt, zie bijlage V. Voorts worden (geringe) kosten gemaakt voor bouwverzekeringen (3 - 4°/oo).

Advieswerk

Bij inschakeling van adviesbureau's voor ontwerp, bestek en toezicht op de uitvoering zijn advieskosten verschuldigd. Voor grotere IBA-systemen is dit ca. 20% van de totale bouwkosten (aanneemsom), voor zeer kleine IBA-systemen ligt dit iets hoger, ca. 20 - 30% van de totale bouwkosten.
De advieskosten zijn sterk afhankelijk van de afspraken tussen opdrachtgever en adviesbureau over de omvang van de uit te voeren werkzaamheden.
Voorts kunnen kosten nodig zijn voor een infiltratietechnisch bodemonderzoek. Een eenvoudig bodemonderzoek kost ca. 3.000 - 4.000 gld, excl. OB.

Omzetbelasting

Over de totale bouwkosten (aanneemsom), extra bouwkosten, grondkosten en advieswerk wordt een omzetbelasting gerekend, thans 18,5%.

7.1.3. Overzicht geraamde bouwkosten IBA-systemen

In bijlage II wordt een overzicht gegeven van de geraamde bouwkosten van de diverse IBA-systemen. De bouwkosten zijn verdeeld in 3 - 4 kostenplaatsen conform par. 7.1.1., uitgesplitst in een civieltechnisch en een elektromechanisch deel.

De kosten betreffen kale bouwkosten, nader omschreven in par. 7.1.1., excl. de bijkomende kosten genoemd in par. 7.1.2. (o.a. aanvoerleiding, grondaanschaf, leges, advieskosten, omzetbelasting).
Tot de elektro-mechanische installatie is gerekend:
- opvoerpompen (incl. put) bij filtratiesystemen;
- compactinstallaties aërobe zuiveringstrap, compleet (biorotor, oxydatiebed, actief-slibsysteem);
- aëroob filter grijswatersysteem, compleet;
- schakelkasten en elektrische aansluiting.

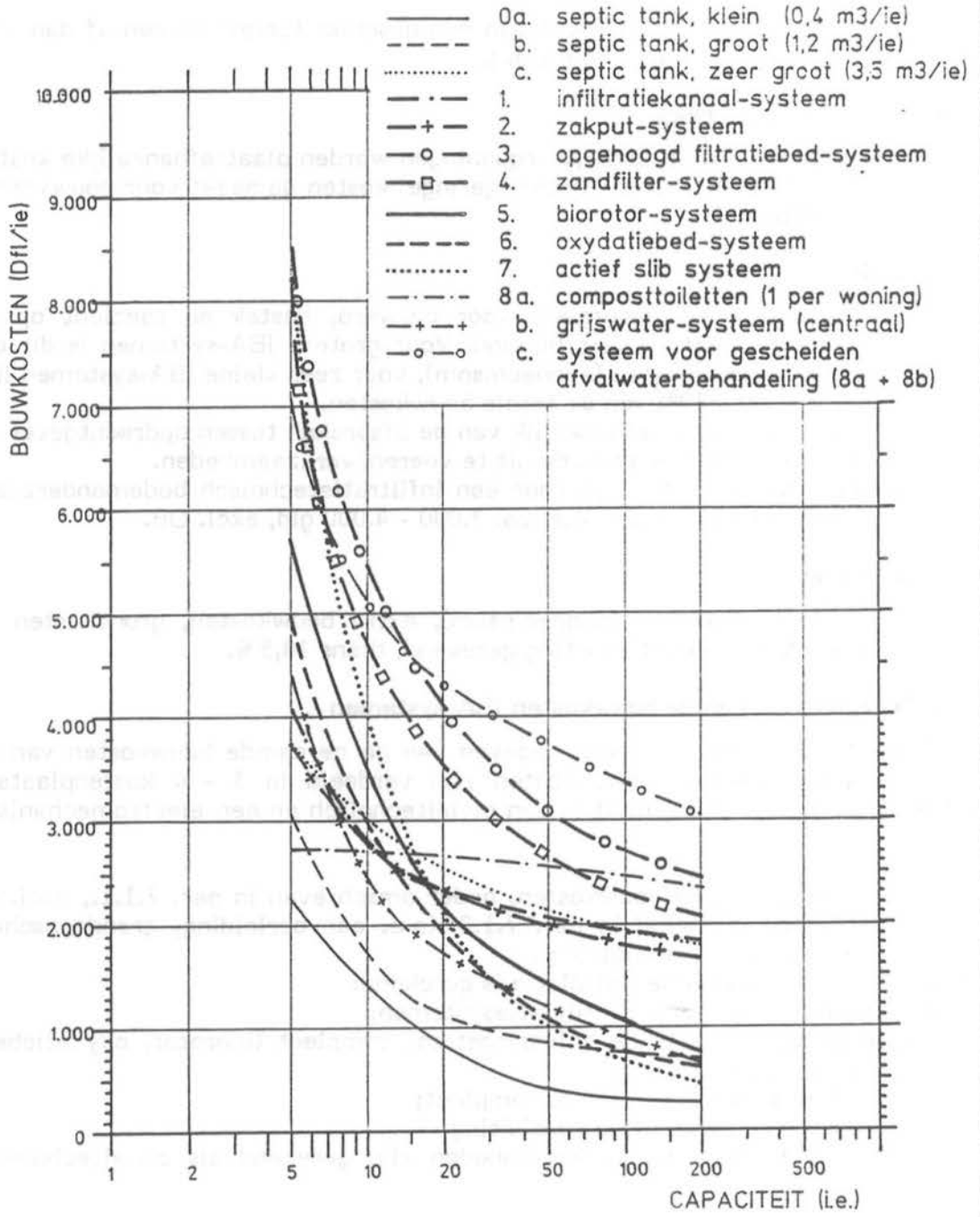
Alle overige onderdelen en werkzaamheden zijn gerekend als civieltechnische werken.

De geraamde bouwkosten en de specifieke bouwkosten per i.e. voor de diverse IBA-systemen in 4 installatiegrootten zijn verzameld in tabel 7.1. en 7.2. Een grafische weergave van de specifieke bouwkosten per i.e. in de range van 5 - 200 i.e. is gegeven in fig. 7.1.

Opgemerkt wordt dat septic tanks, composttoiletten en grijswatersysteem afzonderlijk slechts een deelzuivering bewerkstelligen en derhalve niet zondermeer met de overige IBA-systemen vergelijkbaar zijn.
Bij het systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling is uitgegaan van een decentrale opstelling van composttoiletten (1 per woning) en een centrale opstelling van de grijswaterbehandeling (aëroob filter + vloeikas).

7.1.4. Evaluatie bouwkosten

Uit figuur 7.1. blijkt dat voor IBA-systemen met een BZV-verwijdering van meer dan 90% bij kleine systemen infiltratiesystemen de laagste bouwkosten bieden en



Figuur 7.1.: Raming van de specifieke bouwkosten per i.e. van diverse IBA-systeemtypen in relatie tot de systeemgrootte.
(prijspeil 1987, excl.OB)

bij grotere systemen de systemen met compactinstallaties (biorotor-, oxydatiebed- of actief-slibsysteem.
Filtratiesystemen en het systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling hebben over bijna de hele range van 5 - 200 i.e. de hoogste bouwkosten.

Voor de systemen met een BZV-verwijdering van meer dan 90% worden, afhankelijk van de capaciteit, de laagste bouwkosten gevonden bij:
- kleiner dan 15 i.e. : zakputsysteem;
- 15 tot 30 i.e. : oxydatiebedsysteem;
- groter dan 30 i.e. : actief-slibsysteem.

Indien steeds het goedkoopste systeem qua bouwkosten zou worden toegepast, dan zijn in de range van 5 - 200 i.e. tenminste *f* 19.000,- tot *f* 96.000,- aan bouwkosten benodigd.

Voor de meeste systemen dalen de specifieke bouwkosten per i.e. sterk bij toename van de capaciteiten, vooral in de range van 5 tot 20 à 50 i.e.
Bij de compactinstallaties is er een sterk voordeel van dit schaalvergrotingseffect.
Bij de overige systemen neemt het voordeel van schaalvergroting geleidelijk aan meer af, aangezien de bouw van grotere installaties zich hier veelal uit in repetitie van bouwelementen.

Reductie van de gegeven 'standaard'-bouwkosten is in praktijk mogelijk door bijvoorbeeld:
- gebruik van goedkopere bouwmaterialen (ten koste van degelijkheid);
- bijstelling ontwerpgrondslagen (ten koste van effluentkwaliteit);
- besparingen op kosten grond- en leidingwerk, algemene bouwplaatskosten en winst/risico van de aannemer door gebruik te maken van plaatselijke aannemers en/of grotere zelfwerkzaamheid van bewoners (maximaal 10 - 30% besparing op de vermelde standaardbouwkosten, afhankelijk van systeem en capaciteit). Deze mogelijkheid dient zich vooral aan bij zeer kleine systemen (5 - 20 i.e.);
- besparing op bemalingskosten (max. 10% van vermelde bouwkosten);
- meer standaardisatie in leveringspakketten van leveranciers;
- grotere omzet leveranciers (afname van produkten op grote schaal maakt serieproduktie beter mogelijk).

7.2. Bedrijfskosten

7.2.1. Uitgangspunten bedrijfskosten-raming

Bij de bepaling van de bedrijfskosten zijn 3 scenario's beschouwd:
- **Scenario A: Basiskosten**
  Dit zijn noodzakelijke beheerskosten, die onafhankelijk van de organisatie van het beheer van de installatie te allen tijde gemaakt zullen worden:
  periodiek onderhoud e/m-apparatuur; groot onderhoud en reparaties; slibverwijdering; energie (excl. vastrecht).
- **Scenario B: Minimumprogramma (totale bedrijfskosten)**
  Dit zijn de basiskosten, vermeerderd met de overige minimale beheerskosten - personeelskosten voor controle, bediening en onderhoud; vastrecht elektriciteitsaansluiting -, waarbij zoveel mogelijk taken door een centrale beheersinstantie zelfstandig worden uitgevoerd.
- **Scenario C: Maximumprogramma (totale bedrijfskosten)**
  Als het minimumprogramma, maar met uitbesteding van terreinonderhoud en periodiek onderhoud aan e/m-apparatuur aan derden.

Bij scenario A, **basiskosten**, kan gedacht worden aan beheer van de installatie door de/een bewoner, met uitbesteding van periodiek onderhoud, groot onderhoud/reparaties en slibverwijdering aan derden.

Scenario B en C stellen **ondergrenzen** voor van beheerskosten voor een centrale beheersinstantie, noodzakelijk voor een eenvoudige - doch juist voldoende - uitvoering van de beheerstaak. Desgewenst kan het beheer worden uitgebreid met een regelmatig uitgevoerd bemonsterings- en analyseprogramma, waardoor de beheerskosten zullen toenemen. De kosten van scenario's B en C ontlopen elkaar slechts gering, zodat volstaan wordt met de kosten volgens scenario C, welke in het vervolg de **totale bedrijfskosten** worden genoemd.

Begrotingen van de bedrijfskosten van de diverse IBA-systemen op grond van de evaluatie in hoofdstuk 5 'Exploitatie IBA-systemen' en praktijkbedragen, zijn opgesteld voor 4 installatiegrootten: 5, 20, 50 en 200 i.e.
De bedrijfskosten zijn weergegeven op prijspeil juli 1987.

De bedrijfskosten zijn verdeeld in 4 kostenplaatsen:
1. Personeel;
2. Onderhoud;
3. Slibverwijdering;
4. Energie.

Onderstaand wordt kort ingegaan op deze kostenplaatsen. Alle genoemde bedragen zijn excl. OB. (thans 18,5%).

Personeel

Onder personeelskosten, als onderdeel van de totale bedrijfskosten volgens scenario C, worden hier de personeelskosten beschouwd voor: bedrijfscontrole en bediening; klein onderhoud en reistijden.
Periodiek onderhoud aan e/m-apparatuur, terreinonderhoud, groot onderhoud en reparaties en slibverwijdering worden uitbesteed gedacht en als zodanig in rekening gebracht onder de kostenplaatsen 'Onderhoud' en 'Slibverwijdering'.

Bij de basiskosten (scenario A) worden geen personeelskosten gerekend.

De totale personele tijdslast is gebaseerd op onderstaande gegevens van bijlage I:
- frequentie en tijdslast per jaar voor de bedieningscontrole;
- (frequentie en) tijdslast per jaar voor de slibafvoercontrole;
- (frequentie en) tijdslast per jaar voor klein onderhoud.

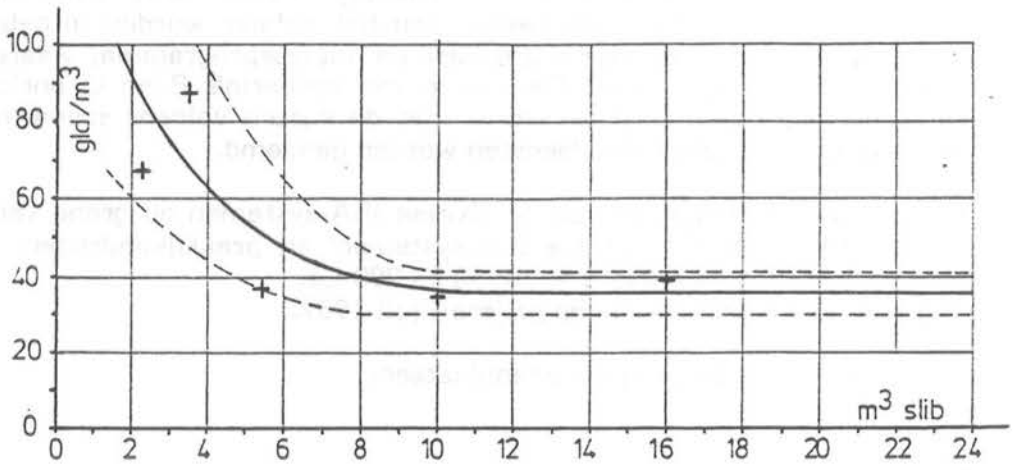
Voor reistijden is 1 uur (retour) gerekend per bezoek, veelal gelijk aan de frequentie van de bedieningscontrole. Er is rekening mee gehouden dat de 3 genoemde activiteiten algemeen gezamenlijk tijdens een bezoek kunnen worden afgehandeld, waardoor op bezoekfrequentie wordt bespaard.

Voor de personeelskosten is een bedrag aangehouden van *f* 60,- per manuur of reisuur.

Onderhoud

Onder de onderhoudskosten als onderdeel van de totale bedrijfskosten (scenario C) worden hier de kosten van aan derden uitbestede werkzaamheden beschouwd voor:
terreinonderhoud, periodiek onderhoud aan e/m-apparatuur, groot onderhoud en reparaties.
De kosten voor slibverwijdering worden ondergebracht in een afzonderlijke kostenplaats 'Slibverwijdering'.

Bij de basiskosten (scenario A) worden in afwijking van het hiervoorgaande géén kosten voor terreinonderhoud in rekening gebracht.



Figuur 7.2.: Specieke slibafvoerkosten per m^3 slib, bij verwijdering door een rioleringsbedrijf en afzet op een centrale RWZI. (+ = gegevens IBA-praktijkonderzoek)

Terreinonderhoud :
- de kosten zijn gebaseerd op de in bijlage I opgenomen frequenties en totale tijdslast per jaar voor terreinonderhoud. Voor de kosten zijn *f* 60,- per manuur en *f* 60,- voorrijkosten per keer gehanteerd.

Periodiek onderhoud e/m-apparatuur :
- de kosten zijn gebaseerd op de in bijlage I opgenomen frequenties en totale tijdsbesteding per jaar voor periodiek onderhoud e/m-onderdelen. Voor de kosten zijn *f* 60,- per manuur en *f* 120,- voorrijkosten per keer gehanteerd.

Groot onderhoud en reparaties :
- in rekening gebracht als een percentage van de bouwkosten, algemeen:
  . 0,15-0,3% van de civiele bouwkosten (uitgezonderd het zandfiltersysteem 0,8% door inbegrip van vervanging van 20 cm filtertoplaag 1x per 2 jaar);
  . 1-3% van de e/m-bouwkosten (uitgezonderd biorotor 0,4-0,5%).
  De per systeem gehanteerde percentages zijn gekozen op grond van installatiecapaciteit en bedrijfszekerheid van het systeem en conform ervaringen van het IBA-praktijkonderzoek.

Slibverwijdering

Zowel bij de totale bedrijfskosten (scenario C) als bij de basiskosten (scenario A) worden dezelfde kosten voor slibverwijdering, uitbesteed aan derden, gerekend.

Voor de slibafvoerkosten is uitgegaan van slibverwijdering door een rioleringsbedrijf en afvoer van het slib naar een centrale RWZI.
Eenheidsprijzen per m^3 afgevoerd produkt (slib + water) zijn afhankelijk van de totale af te voeren hoeveelheid, zie figuur 7.2.

De kosten van slibverwijdering zijn afhankelijk van de grootte van de slibbuffer en de slibproduktie van primair en al dan niet secundair slib.

Voor de slibproduktie is aangehouden:

primair slib	:	- kleine septic tank (0,4 m^3/i.e.): (biorotor- of oxydatiebedsysteem)	120 l/(i.e.jaar)
		- grote septic tank (1-1,5 m^3/i.e.): (filtratie- of infiltratiesystemen)	160 l/(i.e.jaar)
		- zeer grote septic tank (3-3,5 m^3/i.e.):	180 l/(i.e.jaar)
secundair slib	:	- biorotor- of oxydatiebedsysteem:	90 l/(i.e.jaar)

Per keer legen van de septic tank wordt 50 - 100% van het volume aan primair slib aan bovenstaand water meeverwijderd. Hiervoor is aangehouden:

- kleine septic tank (0,4 m^3/i.e.):	100 l/(i.e.keer)
- grote septic tank (1-1,5 m^3/i.e.):	375 l/(i.e.keer)
- zeer grote septic tank (3-3,5 m^3/i.e.):	880 l/(i.e.keer)

Bij leging van een nabezinktank (indien geen slibretour is geïnstalleerd) wordt ca. 100 l/i.e. bovenstaand water per keer meeverwijderd.

Voor de legingsfrequentie is aangehouden:

- kleine septic tank (0,4 m^3/i.e.): (biorotor- of oxydatiebedsysteem zonder slibretour)	1x per 1,5 jaar
- biorotor- of oxydatiebedsysteem met slibretour naar de septic tank:	1x per 0,75 jaar
- grote septic tank (1-1,5 m^3/i.e.): (filtratie- of infiltratiesystemen)	1x per 3,5 jaar
- zeer grote septic tank (3-3,5 m^3/i.e.):	1x per 6 jaar

Zuiveringssysteem	BASISKOSTEN				TOTALE KOSTEN			
	5 i.e.	20 i.e.	50 i.e.	200 i.e.	5 i.e.	20 i.e.	50 i.e.	200 i.e.
0. Septic tank,								
klein (0,4 m³/i.e.)	121	228	374	1.409	415	522	692	1.877
groot (1,2 m³/i.e.)	112	242	564	2.151	358	500	840	2.613
zeer groot (3,5 m³/i.e.)	107	330	782	2.814	341	576	1.052	3.288
1. Infiltratiekanaal-systeem	126	279	643	2.424	1.092	1.517	2.269	5.616
2. Zakput-systeem	121	280	636	2.364	907	1.121	1.542	3.936
3. Opgeh. filtratiebed-systeem	646	875	1.336	3.687	1.963	2.558	3.997	10.356
4. Zandfilter-systeem	830	1.237	2.086	5.751	3.629	4.468	7.303	18.570
5. Biorotor-systeem	545	1.275	1.936	4.122	2.330	3.078	3.799	7.329
6. Oxydatiebed-systeem	1.099	2.284	3.744	7.128	3.064	4.267	5.865	11.487
7. Actief slib systeem	1.864	3.756	5.769	11.140	3.919	6.519	9.102	15.139
8a. Composttoilet (1 per woning)	27	106	256	949	837	2.212	6.286	25.339
8b. Grijswatersysteem (centraal)	453	591	791	1.312	2.238	2.964	3.794	7.207
8c. Systeem voor gescheiden afval-waterbehandeling (8a + 8b)	480	697	1.047	2.261	3.075	5.176	10.080	32.546

Basiskosten = periodiek onderhoud mechanische onderdelen + groot onderhoud en reparaties + slibverwijdering + energiekosten, excl. vastrecht.

Totale kosten = basiskosten + personeelskosten controle, bediening en klein onderhoud + terreinonderhoud + vastrecht elektriciteitsaansluiting.

Tabel 7.3.: Raming van de kosten voor de bedrijfsvoering van diverse IBA-systeemtypen en -grootten.

prijspeil 1987, in guldens per jaar (excl. OB)

Zuiveringssysteem	BASISKOSTEN				TOTALE KOSTEN			
	5 i.e.	20 i.e.	50 i.e.	200 i.e.	5 i.e.	20 i.e.	50 i.e.	200 i.e.
0. Septic tank,								
klein (0,4m³/i.e.)	24	11	7	7	83	26	14	9
groot (1,2 m³/i.e.)	22	12	11	11	72	25	17	13
zeer groot (3,5 m³/i.e.)	21	17	16	14	68	29	21	16
1. Infiltratiekanaalsysteem	25	14	13	12	218	76	45	28
2. Zakput-systeem	24	14	13	12	181	56	31	20
3. Opgeh. filtratiebed-systeem	129	44	27	18	393	128	80	52
4. Zandfilter-systeem	166	62	42	29	726	223	146	93
5. Biorotor-systeem	109	64	39	21	466	154	76	37
6. Oxydatiebed-systeem	220	114	75	36	613	213	117	57
7. Actief slib systeem	372	188	115	56	784	326	182	76
8a. Composttoilet (1 per woning)	5	5	5	5	167	111	126	127
8b. Grijswater systeem (centraal)	91	30	16	6	448	148	76	36
8c. Systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling (8a+8b)	96	35	21	11	615	259	202	163

Basiskosten = periodiek onderhoud mechanische onderdelen + groot onderhoud en reparaties + slibverwijdering + energiekosten, excl. vastrecht.

Totale kosten = basiskosten + personeelskosten controle, bediening en klein onderhoud + terreinonderhoud + vastrecht elektriciteitsaansluiting.

Tabel 7.4.: Raming van de specifieke kosten voor de bedrijfsvoering van diverse IBA-systeemtypen en -grootten.

prijspeil 1987; in guldens per i.e. per jaar (excl. OB).

Voor actief-slibsystemen en systemen voor gescheiden afvalwaterbehandeling zijn afwijkende uitgangspunten gehanteerd:

- actief-slibsysteem :
  - per keer wordt 30-45% van de tankinhoud van de beschouwde Flygt-installatie verwijderd;
  - afhankelijk van de capaciteit wordt aan slib/water afgevoerd:
    - 5 i.e.: 2,7 m^3, 1x per 8 maanden;
    - 20 i.e.: 2,7 m^3, 1x per 2 maanden;
    - 50 i.e.: 6,6 m^3, 1x per 2 maanden;
    - 200 i.e.: 33,3 m^3, 1x per 2,5 maand.
- composttoilet :
  - 1x per jaar 0,5 m^3 compost per composttoilet afgevoerd (*f* 75,- per toilet per jaar); geen afvoer van overtollig vocht doorberekend.
- grijswatersysteem :
  - slibproduktie ca. 10 l/(i.e.jaar), incl. meeverwijderd water;
  - frequentie slibafvoer afhankelijk van capaciteit:
    - 5-20 i.e.-systeem: 1x per 2 jaar;
    - 50 i.e.-systeem: 1x per jaar;
    - 200 i.e.-systeem: 4x per jaar.

Energie

De energiekosten zijn afhankelijk van het energieverbruik van de installaties, zie par. 5.3., en de tariefstelling van de kWh-prijs. Voorts zal, afhankelijk van de aansluitvorm van de installatie, vastrecht verschuldigd zijn.

Bij de totale bedrijfskosten (scenario C) zijn vastrecht en kosten kWh-verbruik doorberekend.
Bij de basiskosten (scenario A) zijn uitsluitend kWh-kosten gerekend.

Voor de tariefstelling van de kWh-prijs is aangehouden (excl. OB.):

- kWh-verbruik, 21 ct/kWh;
- vastrecht, *f* 75,- per jaar.

Onder de kostenplaats energie is eveneens de besparing op het waterverbruik opgenomen bij systemen voor gescheiden behandeling van afvalwater, waarbij waterloze toiletten (composttoiletten) worden toegepast.
Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

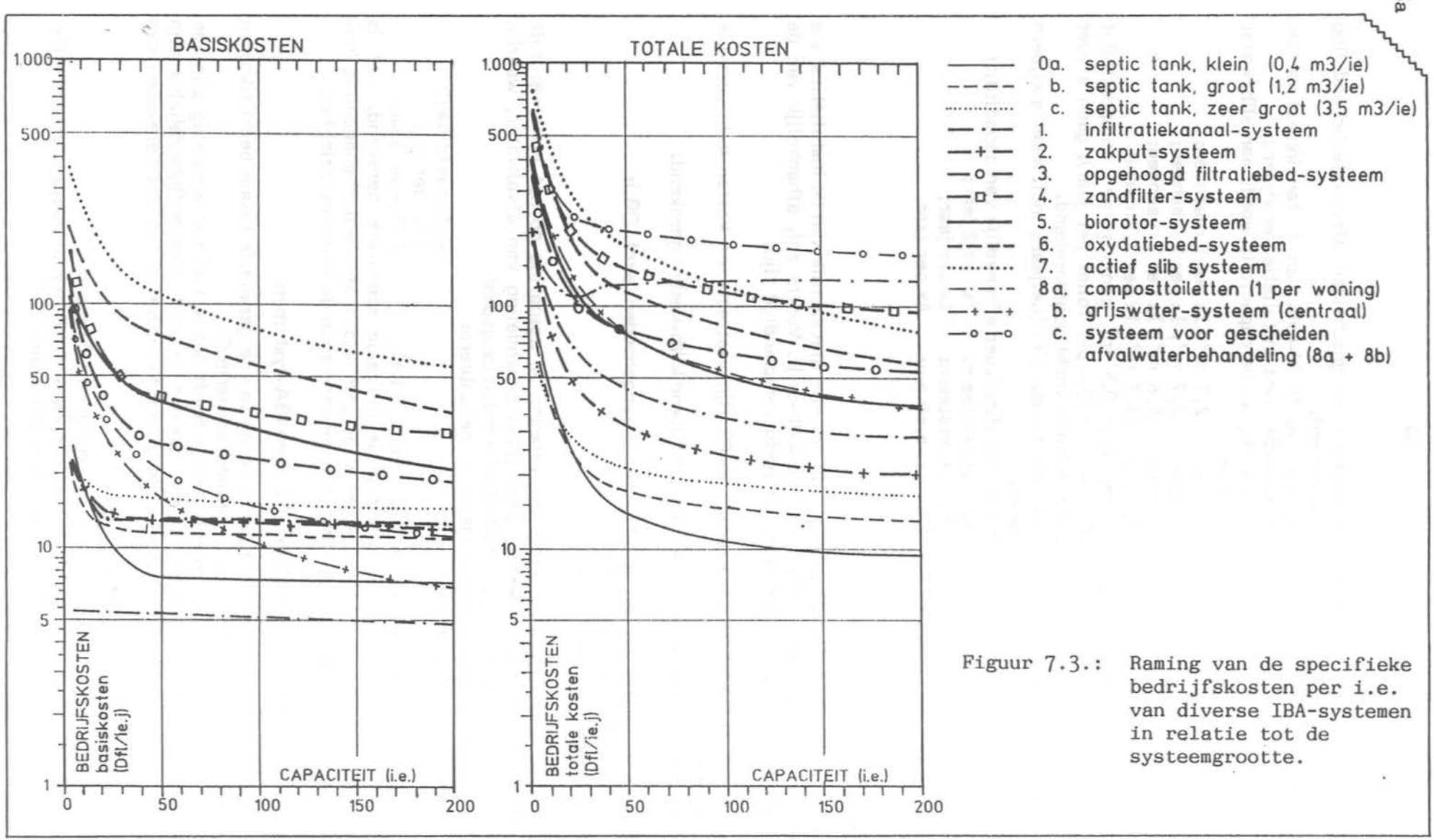
- besparing waterverbruik toilet, 40 l/(hoofd-dag);
- kosten drinkwater, *f* 1,- per m^3;
- besparing drinkwaterkosten per woning (5 i.e.), *f* 75,- per jaar.

De besparing op het waterverbruik is in beide scenario's gerekend. Het is hierdoor mogelijk dat bij systemen voor gescheiden afvalwaterbehandeling 'negatieve' energiekosten (besparing) zijn opgenomen in de kostenoverzichten.

7.2.2. Overzicht geraamde bedrijfskosten IBA-systemen

In bijlage III wordt een overzicht gegeven van de geraamde totale bedrijfskosten voor de diverse IBA-systemen (conform scenario C).
Bij de biorotor- en oxydatiebedsystemen heeft het wel of niet aanwezig zijn van slibretour naar de septic tank een geringe invloed. Eenvoudigheidshalve zijn hierbij de volgende uitgangspunten gehanteerd voor het al dan niet berekenen van slibretour:

- 5 i.e. : geen slibretour;
- 20 i.e. : gemiddelde kosten bij wel/geen slibretour;
- 50 i.e. : wel slibretour bij biorotorsysteem; bij oxydatiebedsysteem gemiddelde kosten bij wel/geen slibretour;
- 200 i.e. : wel slibretour.



Figuur 7.3.: Raming van de specifieke bedrijfskosten per i.e. van diverse IBA-systemen in relatie tot de systeemgrootte.

De geraamde basiskosten en totale kosten van de bedrijfsvoering en de specifieke bedrijfskosten per i.e. voor de diverse IBA-systemen in 4 installatiegrootten zijn gegeven in tabel 7.3. en 7.4.

Een grafische weergave van de specifieke bedrijfskosten (basis en totaal) per i.e. in de range van 5 - 200 i.e. is gegeven in fig. 7.3.

Opgemerkt wordt dat septic tanks, composttoiletten en grijswatersysteem afzonderlijk slechts een deelzuivering bewerkstelligen en derhalve niet zondermeer met de overige IBA-systemen vergelijkbaar zijn.
Bij het systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling is uitgegaan van een decentrale opstelling van composttoiletten (1 per woning) en een centrale opstelling van de grijswaterbehandeling (aëroob filter + vloeikas).

7.2.3. Evaluatie bedrijfskosten

Algemeen

De bedrijfskosten en de opbouw hiervan uit kosten voor personeel, onderhoud, slibverwijdering en energie, zijn sterk afhankelijk van het beschouwde systeemtype en de systeemgrootte.

Uit fig. 7.3. blijkt dat voor de IBA-systemen met een BZV-verwijdering van meer dan 90% de laagste totale bedrijfskosten worden gevonden bij het zakputsysteem over de gehele range van 5 - 200 i.e.
De hoogste totale bedrijfskosten worden gevonden bij, afhankelijk van de capaciteit:
- kleiner dan 40 i.e. : actief-slibsysteem;
- groter dan 40 i.e. : systeem voor gescheiden behandeling van afvalwater.

Ook het zandfiltersysteem kent hoge totale bedrijfskosten.

Bij de compactinstallaties is er een sterk voordeel van schaalvergroting, de specifieke bedrijfskosten per i.e. dalen sterk bij grotere capaciteiten.
Bij de overige systemen neemt dit voordeel reeds snel af, bij capaciteiten groter dan 20 - 40 i.e. is het schaalvergrotingseffect als voor een groot deel verdwenen.

Uit de opbouw van de bedrijfskosten, zie bijl. III, volgt in algemene zin:
- personeelskosten : aandeel neemt algemeen af met toenemende capaciteit:
  - 5 i.e.: 36 - 73%, gemiddeld ca. 55%;
  - 200 i.e.: 15 - 61%, gemiddeld ca. 30%.
- onderhoudskosten : aandeel weinig afhankelijk van de capaciteit: 10 - 58%, gemiddeld ca. 30%.
- slibverwijdering : aandeel neemt algemeen toe met toenemende capaciteit:
  - 5 i.e.: 2 - 8%, gemiddeld ca. 5%;
  - 200 i.e.: 10 - 48%, gemiddeld ca. 26%.
- energie : geen energiekosten bij infiltratiesystemen; veelal energiebesparing (negatieve kosten) bij gescheiden afvalwaterbehandeling door doorberekening besparing waterverbruik; voor de overige systemen bedraagt het aandeel ca. 3 - 39%.

Besparingen

De basisbedrijfskosten zijn in de meeste gevallen aanzienlijk lager dan de totale bedrijfskosten, aangezien de personeelskosten een aanzienlijk deel uitmaken van de totale bedrijfskosten.
De basiskosten als percentage van de totale bedrijfskosten liggen afhankelijk van systeemtype en -grootte in de volgende range:

parameter	standaard		varianten					
afschrijving civiel (jaren)	20	20	20	20	30	30	30	30
afschrijving e/m (jaren)	10	10	10	10	15	15	15	15
kapitaalsrente (%)	8	-	6	10	8	-	6	10
annuïtair percentage civiel (%)	10,2	-	8,7	11,7	8,9	-	7,3	10,6
annuïtair percentage e/m (%)	14,9	-	13,6	16,2	11,7	-	10,3	13,1
reële rente (%)	-	3	-	-	-	3	-	-
geïnd. annuït. perc. civiel (%)	-	6,7	-	-	-	5,1	-	-
geïnd. annuït. perc. e/m (%)	-	11,7	-	-	-	8,4	-	-

Tabel 7.5.: Uitgangspunten berekeningen kapitaalslasten.

Zuiveringssysteem	ACTUELE JAARLASTEN (rentevoet 8%) guldens per jaar				SPECIF. ACTUELE JAARLASTEN (rentevoet 8%) guldens per i.e. per jaar			
	5 i.e.	20 i.e.	50 i.e.	200 i.e.	5 i.e.	20 i.e.	50 i.e.	200 i.e.
0. Septic tank,								
klein (0,4 m^3/i.e.)	1.535	2.152	2.632	7.077	307	108	53	35
groot (1,2 m^3/i.e.)	1.888	2.740	5.740	16.893	378	137	115	84
zeer groot (3,5 m^3/i.e.)	2.281	5.776	11.762	39.498	456	289	235	197
1. Infiltratiekanaal-systeem	3.232	6.207	12.779	43.256	646	310	256	216
2. Zakput-systeem	2.847	5.911	11.642	37.496	569	296	233	187
3. Opgeh. filtratiebed-systeem	6.773	11.288	20.477	60.886	1.355	564	410	304
4. Zandfilter-systeem	8.129	12.178	21.943	62.040	1.626	609	439	310
5. Biorotor-systeem	5.900	8.898	13.219	25.879	1.180	445	264	129
6. Oxydatiebed-systeem	6.084	9.137	12.885	28.437	1.217	457	258	142
7. Actief slib systeem	9.279	11.979	15.212	26.289	1.856	599	304	131
8a. Composttoilet (1 per woning)	2.267	7.622	19.346	73.789	453	381	387	369
8b. Grijswater systeem (centraal)	4.948	7.094	10.784	22.447	990	355	216	112
8c. Systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling (8a + 8b)	7.215	14.716	30.130	96.236	1.443	736	603	481

actuele jaarlasten (=kapitaalslasten + totale bedrijfskosten) bij kapitaalsrente van 8%, afschrijvingstermijn civiel 20 jaar en afschrijvingstermijn e/m 10 jaar.
Prijspeil 1987, bedragen excl. OB.

Tabel 7.6.: Raming van de actuele jaarlasten voor diverse IBA-systeemtypen en -grootten.

5 i.e. : 3 - 47%, gemiddeld 24%;
20 i.e. : 5 - 58%, gemiddeld 34%
50 i.e. : 4 - 76%, gemiddeld 41%;
200 i.e. : 4 - 88%, gemiddeld 50%.

Het is duidelijk dat de organisatievorm van het beheer een grote invloed heeft op de bedrijfskosten, vooral bij zeer kleine installatiegrootten. De basiskosten voor de bedrijfsvoering (bijv. bij beheer door bewoners) bij 5 i.e.-systemen, zijn slechts gemiddeld een kwart van de totale bedrijfskosten (bijv. bij beheer door een centrale instantie). Bij 200 i.e. systemen is dit toegenomen tot ca. de helft.
In de organisatievorm van het beheer zijn derhalve aanzienlijke besparingen te behalen.
Systemen met verhoudingsgewijs hoge basiskosten ten opzichte van de totale bedrijfskosten zijn: actief-slibsysteem en oxydatiebedsysteem.
Het systeem voor gescheiden behandeling van afvalwater bezit verhoudingsgewijs lage basiskosten ten opzichte van de totale bedrijfskosten.

Besparing op terreinonderhoud is alleen van wezenlijk belang bij (in)filtratiesystemen. De terreinonderhoudskosten zijn sterk afhankelijk van de lokale situatie ten aanzien van begroeiing.
Het houden van schapen of geiten als middel voor terreinonderhoud kan een aanzienlijke besparing bij (in)filtratiesystemen opleveren.

Op kosten voor periodiek onderhoud aan e/m-apparatuur, groot onderhoud en reparaties, en slibverwijdering valt weinig te besparen.
Doe-het-zelvers onder de bewoners kunnen hierin nog een geringe besparing behalen.

De kosten voor energie zijn voor de meeste systemen gering. Alleen bij actief-slib-systeem en oxydatiebedsysteem (14 - 39% van de totale bedrijfskosten) en in mindere mate bij biorotoren (8 - 18% van totale bedrijfskosten) kunnen besparingen enige betekenis hebben.
Bij actief-slibsystemen en oxydatiebedsystemen is enig voordeel te behalen door optimale afstelling van pompregime's. Verder zijn er in praktijk weinig besparingsmogelijkheden.

Algemeen geldt bij kleine zuiveringssystemen dat reductie van personeelskosten voor controle, onderhoud en bediening het grootste effect oplevert voor de bedrijfskosten.
Besparingen op bedrijfskosten zijn met name effectvol bij zeer kleine systemen (5 - 20 i.e.).

7.3. Jaarlasten

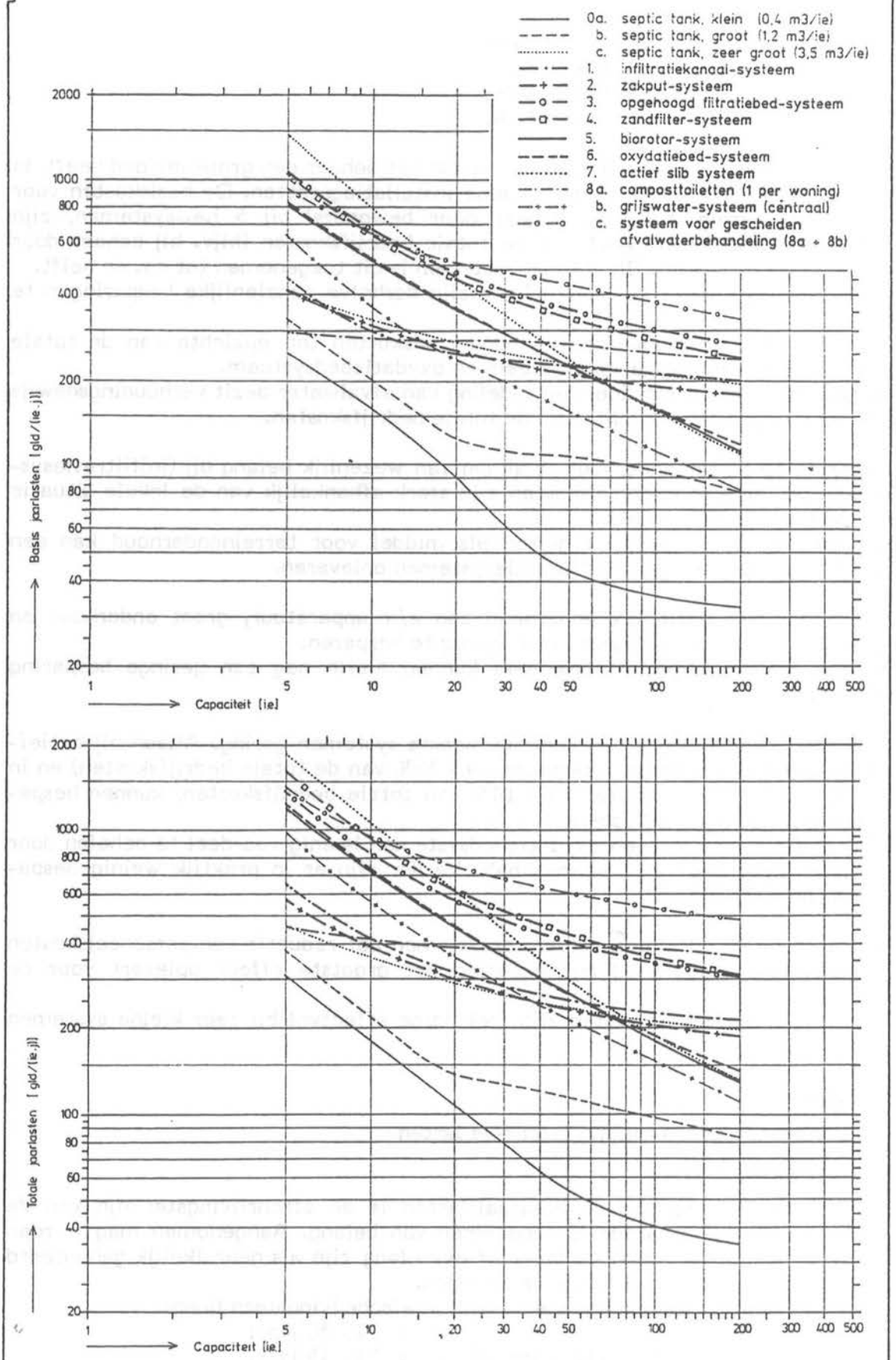
7.3.1. Uitgangspunten raming jaarlijkse lasten

Afschrijvingstermijnen

Voor de berekening van de kapitaalslasten is de afschrijvingstermijn van de kapitaalsonderdelen van de IBA-systemen van belang. Aangenomen mag worden dat deze termijnen veelal geringer of even lang zijn als gebruikelijk gehanteerd voor grote rioolwaterzuiveringsinrichtingen.
Uitgegaan wordt van de volgende range van afschrijvingstermijnen:
- civiele onderdelen (c) : 20 - 30 jaar;
- elektro-mechanische onderdelen (e/m) : 10 - 15 jaar.

Kapitaalslasten

Kapitaalslasten of vaste lasten betreffen rente en afschrijving op de investering. De kapitaalslasten zijn afhankelijk van het geleende of geïnvesteerde bedrag, de



Figuur 7.4.: Raming van de actuele basis- en totale jaarlasten per i.e. van diverse IBA-systeemtypen van 5 - 200 i.e. Afschrijving c 20 jaar, e/m 10 jaar. (kapitaalsrente 8%, prijspeil 1987, excl.OB)

afschrijvingstermijn, de kapitaalsrente (rentevoet) en de afschrijvingsmethode (lineair, annuïtair, of anders).

Uitgegaan wordt van een annuïtaire afschrijving:
- Bij de **conventionele annuïteitenmethode** wordt géén rekening gehouden met de geldontwaarding door inflatie. Het annuïtair percentage (a) in een functie van de kapitaalsrente (rentevoet; p) en de afschrijvingstermijn.
  De jaarlijkse actuele kapitaalslast (a. I, waarin I = het geïnvesteerde kapitaal) is hierdoor uitgedrukt in niet-waardevaste guldens.
- Bij de **afschrijvingsmethode op basis van index-annuïteiten** wordt wél rekening gehouden met de geldontwaarding door inflatie, waardoor deze methode meer geschikt is voor een reële kostenvergelijking. Het geïndiceerd annuïtair percentage (a_r) is een functie van de reële rentevoet van de kapitaalsrente (p_r = rentevoet minus inflatievoet) en de afschrijvingstermijn. De geïndiceerde kapitaalslast (a_r.I, waarin I = het geïnvesteerde kapitaal) is hierdoor uitgedrukt in waardevaste guldens van het basisjaar van de investeringen. De geïndiceerde kapitaalslast is door de geldontwaarding lager dan de actuele jaarlast.

Uitgangspunten die bij de berekening van actuele en geïndiceerde kapitaalslasten zijn gehanteerd, zijn samengevat in tabel 7.5.
Voor de berekening van de jaarlijkse kapitaalslasten zijn de bouwkosten, genoemd in paragraaf 7.1., gehanteerd.

Bedrijfskosten

Bedrijfskosten of variabele lasten betreffen de jaarlijkse kosten voor personeel, onderhoud, slibafvoer en energie.
De jaarlijkse actuele bedrijfskosten, in niet-waardevaste guldens, nemen door geldontwaarding (inflatie) toe.
De jaarlijkse geïndiceerde bedrijfskosten blijven constant.
Voor de berekening van de jaarlasten zijn de bedrijfskosten als genoemd in paragraaf 7.2. gehanteerd.

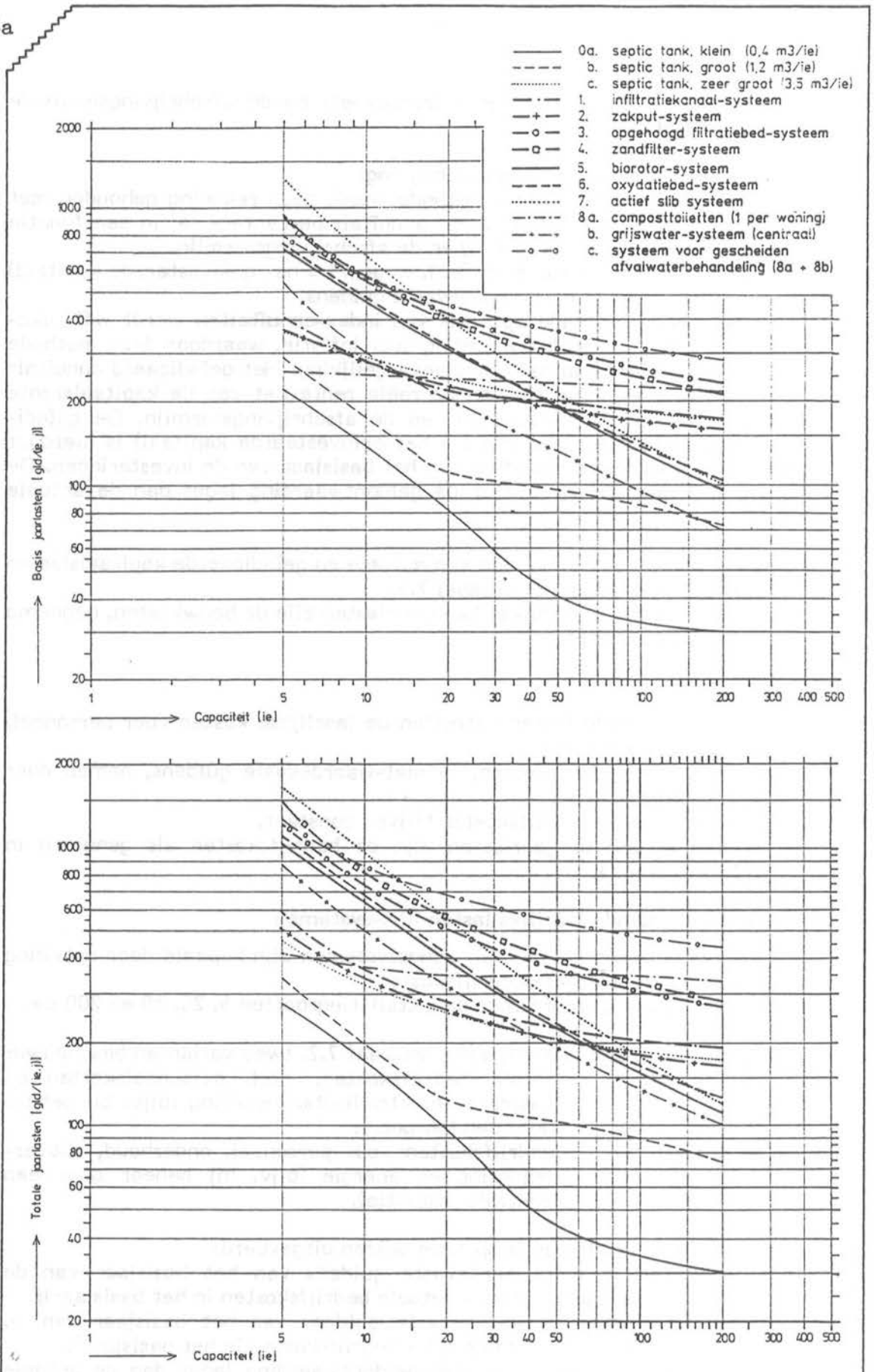
7.3.2. Overzicht geraamde jaarlijks lasten IBA-systemen

De totale jaarlijkse lasten van de zuiveringssystemen zijn bepaald door optelling van kapitaalslasten en jaarlijkse bedrijfskosten.
De berekeningen zijn uitgevoerd voor de installatiegrootten 5, 20, 50 en 200 i.e.

Voor de bedrijfskosten zijn analoog aan paragraaf 7.2. twee varianten beschouwd:
- **basisbedrijfskosten** : totale bedrijfskosten, excl. personeelskosten en vastrecht elektriciteitsaansluiting (bijv. bij beheer door een bewoner);
- **totale bedrijfskosten** : bedrijfskosten voor personeel, onderhoud, slibverwijdering en energie (bijv. bij beheer door een centrale instantie).

De berekening van de jaarlasten is op twee wijzen uitgevoerd:
- **actuele jaarlasten** in niet-waardevaste guldens van het basisjaar van de investering (actuele kapitaalslast + actuele bedrijfskosten in het basisjaar);
- **geïndiceerde jaarlasten** in waardevaste guldens van het basisjaar van de investering (geïndiceerde kapitaalslast + bedrijfskosten in het basisjaar).
  De geïndiceerde jaarlasten zijn door geldontwaarding lager dan de actuele jaarlasten, en bieden een meer reële vergelijkingsbasis voor kostenvergelijking van IBA-systemen.

~~Voor een uitvoerige beschouwing van alle kostenberekeningen wordt verwezen naar het werkrapport 'Kostenvergelijking IBA-systemen'.~~ Hier wordt volstaan



Figuur 7.5.: Raming van de actuele basis- en totale jaarlasten per i.e. van diverse IBA-systeemtypen van 5 - 200 i.e. Afschrijving c 30 jaar, e/m 15 jaar. (kapitaalsrente 8%, prijspeil 1987, excl.OB)

met het vermelden van de **actuele jaarlasten** in niet-waardevaste guldens van het basisjaar van de investering. Deze bedragen zijn minder geschikt voor een reële kostenvergelijking van de systemen. Een meer reële kostenvergelijking is uitgevoerd in paragraaf 7.4. 'Kostenvergelijking via contante waarde methode'.
De gegeven bedragen zijn gebaseerd op prijspeil juli 1987 en zijn excl. omzetbelasting (thans 18,5%).

In bijlage III is de opbouw van de **actuele jaarlasten** van de diverse IBA-systemen gegeven voor 4 installatiegrootten, bij hantering van de totale bedrijfskosten en de uitgangspunten volgens de standaardcondities (tab. 7.5.):
- kapitaalsrente: 8%;
- afschrijvingstermijnen: civiel 20 jaar, e/m-onderdelen 10 jaar.

De totale jaarlijkse kosten en de specifieke jaarlasten per i.e. onder deze condities zijn weergegeven in tabel 7.6. (volgens scenario met totale bedrijfskosten).

In figuren 7.4. en 7.5. zijn de actuele specifieke jaarlijkse lasten per i.e. - bij kapitaalsrente 8% - uitgezet over de range van 5 - 200 i.e., bij verschillende afschrijvingstermijnen. In beide figuren zijn zowel het scenario met basisbedrijfskosten als met totale bedrijfskosten gegeven.
Als afschrijvingstermijn zijn gehanteerd:
- fig. 7.4.: civiel 20 jaar, e/m 10 jaar;
- fig. 7.5.: civiel 30 jaar, e/m 15 jaar.

Opgemerkt wordt dat septic tanks, composttoiletten en grijswatersystemen afzonderlijk slechts deelzuivering bewerkstelligen en derhalve niet zondermeer met de overige IBA-systemen vergelijkbaar zijn. Bij het systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling is uitgegaan van een decentrale opstelling van composttoiletten (1 per woning) en een centrale opstelling van de grijswaterbehandeling (aëroob filter + vloeikas).

7.3.3. Evaluatie jaarlasten

Algemeen

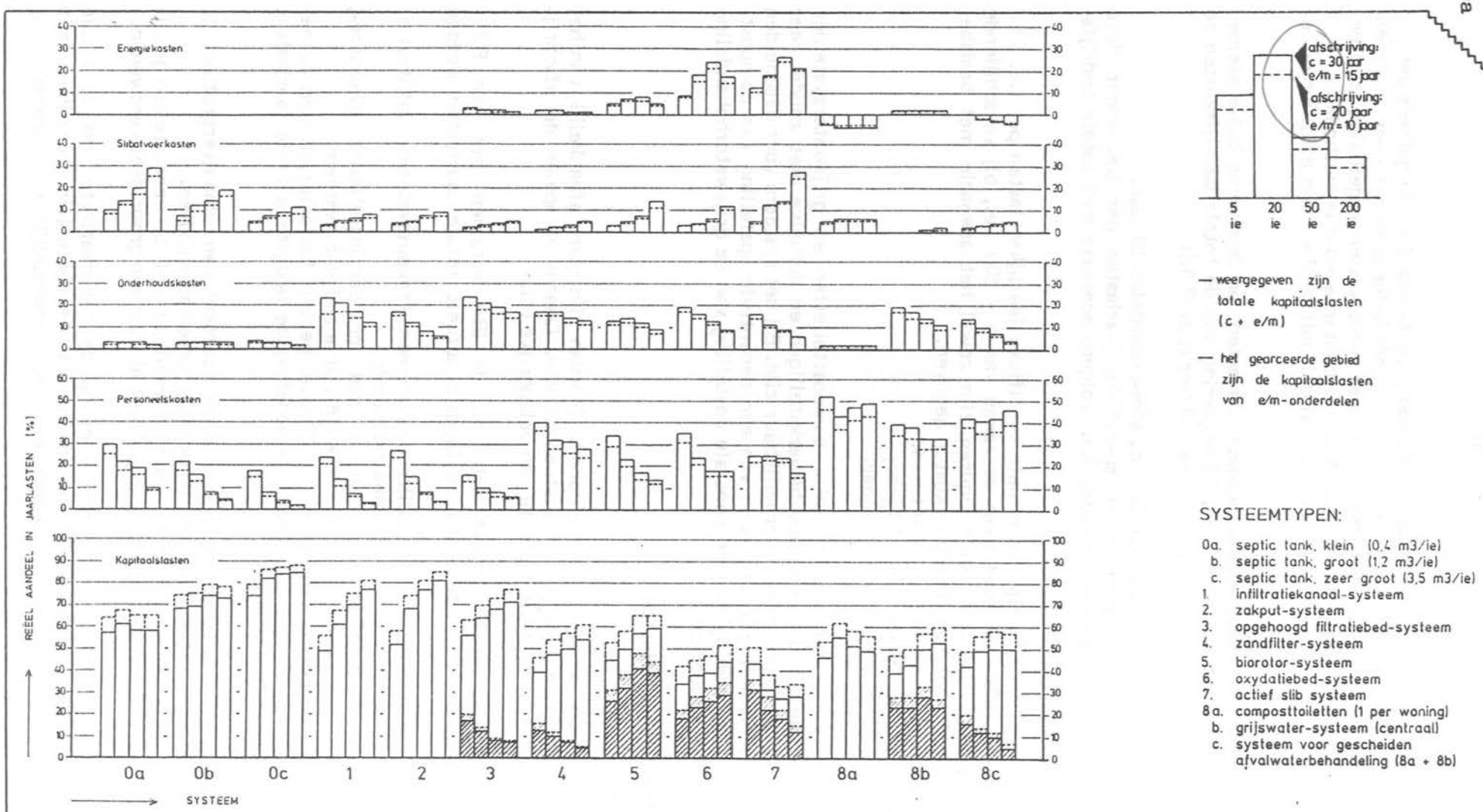
De totale jaarlijkse lasten en de opbouw hiervan zijn sterk afhankelijk van het beschouwde systeemtype en de systeemgrootte. Daarnaast spelen de afschrijvingstermijnen en de kapitaalsrente een belangrijke rol.

Uit figuren 7.4. en 7.5. blijkt dat voor de IBA-systemen met een BZV-verwijdering van meer dan 90% de laagste actuele totale jaarlasten worden gevonden bij:
- kleiner dan 100 i.e. : infiltratiesystemen (zakputsysteem; infiltratiekanaalsysteem);
- groter dan 100 à 150 i.e. : systemen met compactinstallaties (biorotor-, oxydatiebed-, of actief-slib-systeem).

Over vrijwel de gehele range van 5 - 200 i.e. hebben filtratiesystemen en het systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling de hoogste actuele jaarlasten, met name vanaf 20 - 40 i.e.

Bij de compactinstallaties is er een sterk voordeel van schaalvergroting, de specifieke jaarlasten per i.e. dalen sterk bij grotere capaciteiten.
Bij de overige systemen neemt dit voordeel reeds snel af, bij capaciteiten groter dan 20 à 50 i.e. is het schaalvergrotingseffect al voor een groot deel verdwenen.

De invloeden van de kapitaalsrentevoet op de basisjaarlasten en de totale jaarlasten onder verschillende uitgangspunten van de afschrijvingstermijnen, zijn in gevoeligheidsanalyses in het werkrapport 'Kostenvergelijking systemen' nader onderzocht.



Figuur 7.6.: Opbouw totale jaarlasten voor diverse IBA-systeemtypen en -grootten, op basis van een reele rente van 3% en bij verschillende afschrijvingstermijnen.

De invloeden van de rentevoet van de kapitaalsrente op de actuele jaarlasten is aanzienlijk. Een afname van de nominale rentevoet van 8% naar 6% geeft een verlaging van de totale jaarlijkse lasten van ca. 5 - 15%.

Voor resultaten van de overige gevoeligheidsanalyses wordt verwezen naar het genoemde werkrapport.

In figuur 7.6. is een overzicht gegeven van de **opbouw van de totale jaarlijkse lasten** van de diverse systemen, op een reëel vergelijkingsniveau met geïndiceerde kapitaalslasten gebaseerd op een reële rentevoet van 3%, zowel voor afschrijvingstermijnen civiel en e/m van resp. 20 en 10 jaar als resp. 30 en 15 jaar. De **geïndiceerde** kapitaalslasten maken 30% tot ruim 80% uit van de totale jaarlasten. De aandelen van de diverse bedrijfskosten in de totale jaarlasten bedragen:

- personeelskosten : 5 - 40%;
- onderhoudskosten : 2 - 20%;
- slibafvoerkosten : 1 - 30%;
- energiekosten : 0 - 25%.

Uit figuur 7.6. blijkt dat de opbouw van de totale jaarlijkse lasten sterk kan verschillen, afhankelijk van het systeemtype. Volledigheidshalve wordt opgemerkt dat bij vergelijking van de opbouw van de totale jaarlasten op basis van de nominale rentevoet (8%) het aandeel van de **actuele** kapitaalslasten hoger is en het aandeel variabele lasten geringer dan in figuur 7.6. gepresenteerd. Door inflatie wordt het aandeel variabele lasten echter steeds groter.

Besparingen

De **basis** jaarlasten als percentage van de **totale** jaarlasten liggen, afhankelijk van systeemtype en systeemgrootte, in de volgende range:

5 i.e. : 64 - 90%, gemiddeld 74%;
20 i.e. : 66 - 96%, gemiddeld 80%;
50 i.e. : 69 - 98%, gemiddeld 83%;
200 i.e. : 67 - 99%, gemiddeld 86%.

De organisatievorm van het beheer heeft duidelijk invloed op de jaarlasten, vooral bij zeer kleine installatiegrootten. De basis jaarlasten (bijv. bij beheer door bewoner) bij 5 i.e. systemen, zijn gemiddeld ca. $\frac{3}{4}$ van de totale jaarlasten (bijv. bij beheer door een centrale instantie).
Bij 200 i.e.-systemen is dit toegenomen tot gemiddeld 85%.
In de organisatievorm van het beheer zijn derhalve duidelijke besparingen te behalen. Bij wegvallen van personeelskosten wordt een besparing op de jaarlasten behaald van gemiddeld ca. 14 - 26%.

Besparingen op overige bedrijfskosten hebben een geringere invloed.

Invloed op de jaarlasten kan ook worden uitgeoefend door besparing op kapitaalslasten, bijvoorbeeld door:

- besparing op bouwkosten:
  een besparing van 20% op de bouwkosten (zie par. 7.1.) levert algemeen ca. 8 -18% besparing op de jaarlasten op;
- verlenging afschrijvingstermijn:
  degelijke materialen en uitvoering, en deskundig beheer, maken langere afschrijvingstermijnen mogelijk. Bij afschrijvingstermijnen civiel en e/m van resp. 30 en 15 jaar ten opzichte van resp. 20 en 10 jaar, wordt een besparing op de jaarlasten bereikt van ca. 10%.

Parameter	eenheid	standaardwaarde	Varianten gevoeligheidsanalyses																	
bouwkosten civiel [1]	%	100	75	125	100	100	100	100	100	100	100	100	STANDAARDWAARDEN							
bouwkosten e/m [1]	%	100	75	125	100	100	100	100	100	100	100	100								
personeelskosten [2]	%	100	100	100	75	125	100	100	100	100	100	100								
onderhoudskosten [2]	%	100	100	100	100	100	75	125	100	100	100	100								
slibafvoerkosten [2]	%	100	100	100	100	100	100	100	75	125	100	100								
energiekosten [2]	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75	125								
kapitaalsrente	%	8	STANDAARDWAARDEN										8	8	8	8	8	8	8	8	6	10
inflatie	%	5											5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
energiekst.-inflatie	%	7											7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
looptijd project	jaar	20											20	20	20	20	20	20	15	25	20	20
afschrijving civiel	jaar	20											10	30	40	20	20	20	15	25	20	20
afschrijving e/m	jaar	10											10	10	10	5	15	20	7½	12½	10	10
zie figuur/bijlage		fig.7.8 bijl. IV 1	bijl. IV 2		bijl. IV 3		bijl. IV 4		bijl. IV 5		bijl. IV 6		bijl. IV 7			bijl. IV 8			bijl. IV 9		bijl. IV 10	

[1] De bouwkosten civiel en e/m zoals weergegeven in paragraaf 7.1. zijn als standaardwaarde op 100% gesteld. Bouwkosten excl. bijkomende kosten (OB; advieskosten; aanvoerleidingen; huisaansluiting) en grondkosten. Prijspeil 1987.

[2] De totale bedrijfskosten (scenario C) voor personeel, onderhoud, slibafvoer en energie zoals weergegeven in paragraaf 7.2. zijn als standaard waarde op 100% gesteld. Bedrijfskosten excl. OB. Prijspeil 1987.

Tabel 7.7.: Uitgangspunten contante waarden berekeningen.

De eerste methode past beter bij zeer kleine systemen, de tweede bij grotere systemen.

7.4. Kostenvergelijking via contante waarde methode

7.4.1. Uitgangspunten raming contante waarden

De contante waarde (CW) van de kosten van een project kan worden gedefinieerd als de hoeveelheid geld die bij de start van het project beschikbaar zou moeten zijn om, gedurende de gehele looptijd van het project, alle gemaakte kosten te kunnen dekken.
Hierbij worden alle, gedurende de looptijd van het project, voorkomende kosten (vaste en variabele lasten) herleid tot een waarde in een bepaald basisjaar, algemeen het eerste jaar van de looptijd van het project.
Herleiding van kosten geschiedt op basis van voorkomende rente- en inflatiepercentages, in extenso beschreven in het werkrapport 'Kostenvergelijking systemen'. De contante waarde methode maakt een reële kostenvergelijking van de diverse systemen mogelijk.

De berekening van de contante waarden is uitgevoerd voor diverse uitgangspunten in rentevoet, inflatievoet, looptijd, afschrijvingstermijn, kapitaalslasten en bedrijfskosten.
In eerste instantie is uitgegaan van standaardcondities. Door wijziging van deze uitgangspunten zijn gevoeligheidsanalyses uitgevoerd voor de diverse invloedsparameters.
In tabel 7.7. is een overzicht gegeven van de gehanteerde uitgangspunten. Onderstaand wordt kort ingegaan op de diverse invloedsparameters.

Kapitaalslasten

Als standaard is uitgegaan van de in paragraaf 7.1. vermelde bouwkosten, exclusief OB.
Als varianten zijn bouwkosten gehanteerd die 25% hoger of lager zijn. Hogere bouwkosten kunnen een gevolg zijn van een onverwachte stijging van de geraamde standaard bouwkosten ten gevolge van marktmechanismen.
Lagere bouwkosten kunnen worden bereikt door een ver doorgevoerde standaardisatie in prefab-systeemonderdelen, c.q. serieproduktie, door zelfwerkzaamheid van bewoners bij de bouw of bij onverwachte daling van eenheidsprijzen ten gevolge van marktmechanismen.

De kosten van grondaanschaf zijn niet meegenomen. De contante waarde van grondaanschaf is overigens veelal nihil, doordat de grond zijn waarde behoudt.

Bedrijfskosten

Als standaard is uitgegaan van de in paragraaf 7.2. vermelde kosten voor personeel, onderhoud, slibafvoer en energie, exclusief OB.
Als varianten zijn de contante waarden berekend als één van deze bedrijfskosten 25% hoger of lager is dan het standaardbedrag.

- Personeelslasten zijn sterk afhankelijk van de organisatievorm van het beheer. Bij beheer door bewoners kunnen de personeelskosten tot nul worden gereduceerd. Ook bij beheer van een groot aantal systemen door een centrale beheersinstantie is reductie van personeelskosten per systeem niet ondenkbaar. Bij zeer afgelegen systemen in beheer bij een centrale instantie kunnen de personeelskosten echter hoger uitvallen;
- Kosten voor onderhoud, slibafvoer en energie zijn deels afhankelijk van organisatievorm van beheer, locatiekeuze, uitvoeringsvorm en bedrijfsvoering van het systeem. De kosten kunnen derhalve hoger of lager zijn dan de geraamde standaardkosten.

Zuiveringssysteem	Contante waarde - basis				Contante waarde - totaal			
	5 i.e.	20 i.e.	50 i.e.	200 i.e.	5 i.e.	20 i.e.	50 i.e.	200 i.e.
0. Septic tank,								
klein (0,4 m³/i.e.)	13	19	25	72	17	24	29	79
groot (1,2 m³/i.e.)	17	26	57	172	20	30	61	179
zeer groot (3,5 m³/i.e.)	21	56	117	397	24	60	121	405
1. Infiltratiekanaal-systeem	23	50	113	406	37	69	137	454
2. Zakput-systeem	21	51	109	365	33	64	122	388
3. Opgeh. filtratiebed-systeem	60	102	186	560	80	128	226	661
4. Zandfilter-systeem	59	97	179	520	102	146	258	714
5. Biorotor-systeem	47	84	136	270	75	112	165	318
6. Oxydatiebed-systeem	50	91	141	305	80	121	173	371
7. Actief slib systeem	90	123	164	300	122	165	215	361
8a. Composttoilet (1 per woning)	14	54	130	480	26	85	220	848
8b. Grijswater systeem (centraal)	36	54	88	182	64	90	134	271
8c. Systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling (8a + 8b)	51	107	218	662	90	175	354	1.119

Basis = kapitaalslasten + basis bedrijfskosten

Totaal= kapitaalslasten + totale bedrijfskosten

Tabel 7.8.: Raming contante waarden voor diverse IBA-systeem-typen en -grootten, onder standaardcondities.

Prijspeil 1987, bedragen in f 1.000,- (excl. OB)

Zuiveringssysteem	Contante waarde per i.e. - basis				Contante waarde per i.e. - totaal			
	5 i.e.	20 i.e.	50 i.e.	200 i.e.	5 i.e.	20 i.e.	50 i.e.	200 i.e.
0. Septic tank,								
klein (0,4 m³/i.e.)	2.564	972	493	361	3.450	1.194	589	397
groot (1,2 m³/i.e.)	3.338	1.283	1.130	862	4.080	1.477	1.213	897
zeer groot (3,5 m³/i.e.)	4.122	2.799	2.336	1.987	4.828	2.985	2.417	2.023
1. Infiltratiekanaal-systeem	4.580	2.511	2.254	2.028	7.494	3.444	2.744	2.269
2. Zakput-systeem	4.166	2.561	2.172	1.823	6.536	3.195	2.445	1.942
3. Opgeh. filtratiebed-systeem	11.932	5.097	3.711	2.802	15.952	6.378	4.519	3.306
4. Zandfilter-systeem	11.888	4.870	3.578	2.600	20.374	7.318	5.155	3.568
5. Biorotor-systeem	9.480	4.225	2.726	1.349	14.910	5.596	3.292	1.592
6. Oxydatiebed-systeem	10.034	4.562	2.817	1.526	16.006	6.069	3.462	1.856
7. Actief slib systeem	18.056	6.137	3.287	1.501	24.302	8.232	4.296	1.804
8a. Composttoilet (1 per woning)	2.836	2.684	2.591	2.400	5.278	4.272	4.409	4.239
8b. Grijswater systeem (centraal)	7.272	2.680	1.760	910	12.702	4.481	2.670	1.356
8c. Systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling (8a + 8b)	10.106	5.363	4.351	3.310	17.980	8.752	7.080	5.595

Basis = kapitaalslasten + basis bedrijfskosten

Totaal= kapitaalslasten + totale bedrijfskosten

Tabel 7.9.: Raming specifieke contante waarden per i.e. voor diverse IBA-systeemtypen en -grootten, onder standaardcondities.

Prijspeil 1987, bedragen in guldens per i.e. (excl. OB)

Kapitaalsrente (p) en inflatie (i)

Kapitaalsrente en inflatie hangen nauw met elkaar samen en worden bepaald door macro-economische ontwikkelingen. De kapitaalsrente ligt veelal 1 - 5% hoger dan de inflatievoet, gemiddeld ca. 3%.
Als standaard is aangehouden een kapitaalsrente van 8% en een inflatie van 5%. Overigens levert een willekeurige combinatie met een verschil van eveneens 3% vrijwel gelijke contante waarden op.
Voor de inflatie van energieprijzen is 7% standaard aangehouden, aangezien in het recente verleden de energiekosteninflatie veelal ca. 2% hoger lag dan de algemene inflatievoet (afgezien van de afgelopen 5 jaar).

Als varianten zijn kapitaalsrenten beschouwd van 6% en 10% bij een standaard algemene inflatievoet van 5% en een energieinflatievoet van 7%, ofwel reële renten van 1% en 5% (investeringen), reps. -1% en 3% (energie).

Looptijd project (L) en afschrijvingstermijn (n)

Als standaard is aangehouden:
- looptijd project : 20 jaar
- afschrijvingstermijnen : civiel 20 jaar; e/m 10 jaar.

Als varianten zijn beschouwd:
- looptijden project 15 en 25 jaar; afschrijvingstermijn civiel gelijk aan looptijd en afschrijvingstermijn e/m gelijk aan halve looptijd;
- standaard looptijd en afschrijvingstermijn civiel; afschrijvingstermijnen e/m 5, 15 en 20 jaar;
- standaard looptijd en afschrijvingstermijn e/m; afschrijvingstermijnen civiel 10, 30 en 40 jaar.

De levensduur van systeemonderdelen behoeft niet altijd synoniem te zijn aan de gehanteerde afschrijvingstermijn. Een langere levensduur verlaagt de contante waarde; een kortere levensduur, bijv. bij verwaarlozing, verhoogt de contante waarde.
Overigens zijn de als standaard gehanteerde afschrijvingstermijnen eerder een ondergrens dan een bovengrens. In praktijk zijn langere afschrijvingstermijnen, c.q. lagere contante waarden bij de standaard looptijd, zeker mogelijk.

7.4.2. Overzicht geraamde contante waarden IBA-systemen

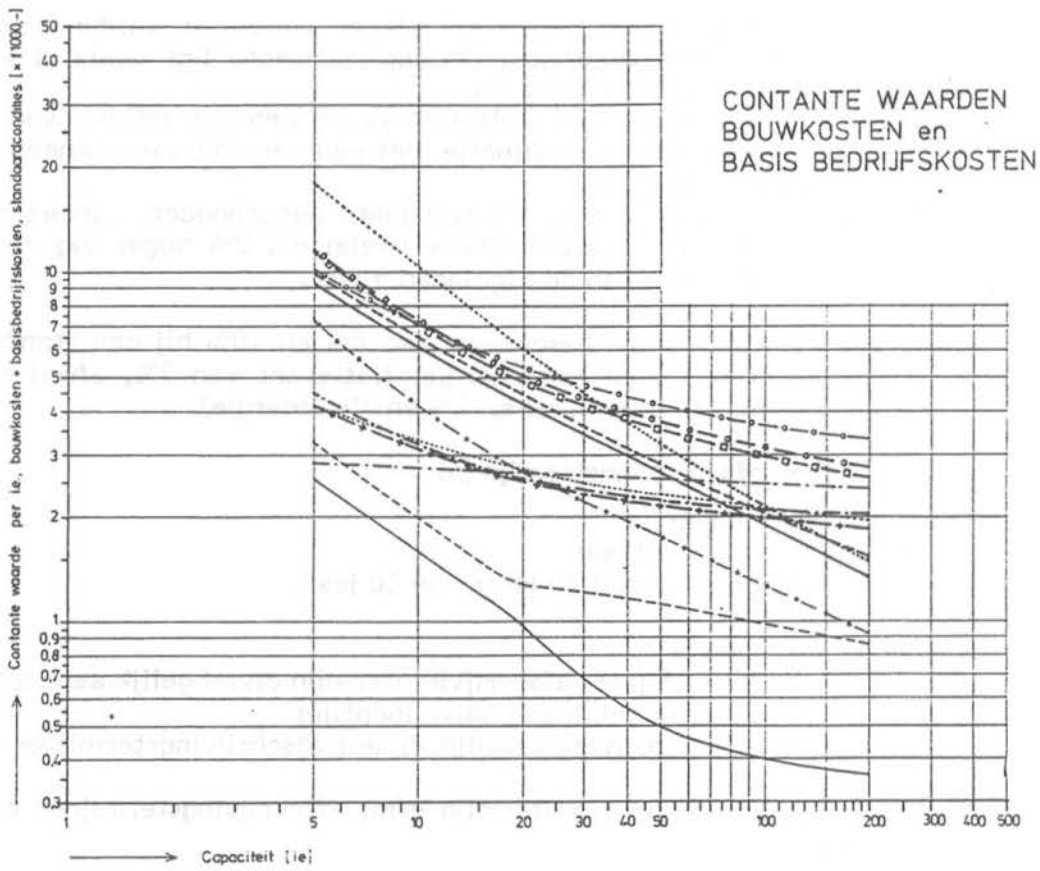
Algemeen

De berekening van de contante waarden is uitgevoerd voor de installatiegrootten 5, 20, 50 en 200 i.e. De gegeven bedragen zijn gebaseerd op prijspeil 1987 en zijn exclusief OB. (thans 18,5%).

Voor de bedrijfskosten zijn analoog aan paragraaf 7.2. twee varianten beschouwd:
- **basis bedrijfskosten** : totale bedrijfskosten, exclusief personeelskosten en vastrecht elektriciteitsaansluiting (bijv. bij beheer door een bewoner);
- **totale bedrijfskosten** : bedrijfskosten voor personeel, onderhoud, slibverwijdering en energie (bijv. bij beheer door een centrale instantie).

In bijlage IV is de opbouw van de contante waarden van de diverse IBA-systemen gegeven voor 4 installatiegrootten, bij hantering van de totale bedrijfskosten en de uitgangspunten volgens de standaardcondities, zie tabel 7.7.

De eindresultaten van de contante waarde berekeningen onder de standaardcondities zijn gegeven in tabellen 7.8. en 7.9.



———	0a.	septic tank, klein (0,4 m3/ie)
– – – –	b.	septic tank, groot (1,2 m3/ie)
·····	c.	septic tank, zeer groot (3,5 m3/ie)
—·—	1.	infiltratiekanaal-systeem
—+—	2.	zakput-systeem
—o—	3.	opgehoogd filtratiebed-systeem
—□—	4.	zandfilter-systeem
———	5.	biorotor-systeem
– – – –	6.	oxydatiebed-systeem
·····	7.	actief slib systeem
—·—·—	8a.	composttoiletten (1 per woning)
—+—+	b.	grijswater-systeem (centraal)
—o—o	c.	systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling (8a + 8b)

Figuur 7.7.: Raming van de contante waarden per i.e. voor diverse IBA-systeemtypen en -grootten; bouw- en basisbedrijfskosten.
(onder standaardcondities, prijspeil 1987, excl.OB)

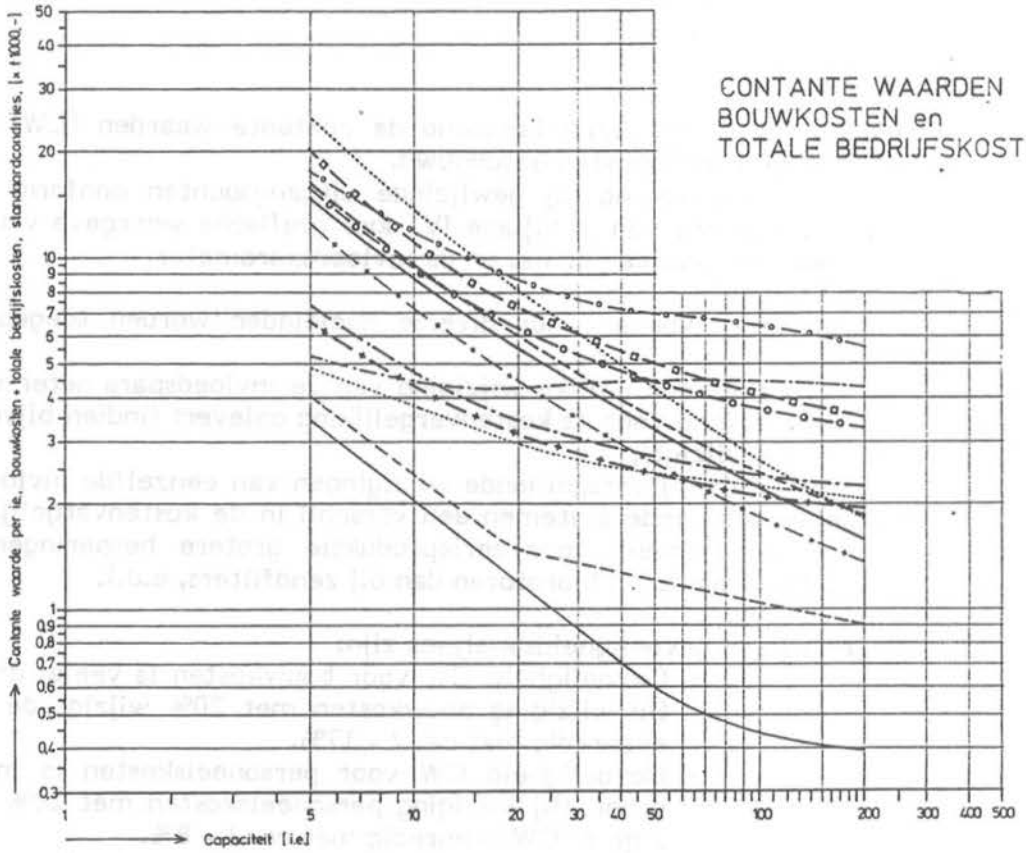
In figuren 7.7. en 7.8. zijn de specifieke contante waarden per i.e., onder standaardcondities, uitgezet over de range van 5 - 200 i.e., voor zowel de basislasten als de totale lasten.

Gevoeligheidsanalyses

Voor de gevoeligheidsanalyses zijn uitsluitend de contante waarden (CW) van kapitaalslasten + **totale** bedrijfskosten beschouwd.
De resultaten van de berekening bij gewijzigde uitgangspunten conform het schema in tabel 7.7. zijn gegeven in bijlage IV, door grafische weergave van de relatie tussen de contante waarde per i.e. en de invloedsparameter.

De gevoeligheidsgrafieken kunnen voor diverse doeleinden worden toegepast, bijvoorbeeld:
- bekeken kan worden of een gelijke wijziging van de invloedsparameter voor alle systemen een verschil voor de kostenvergelijking oplevert (indien bijvoorbeeld kapitaalsrente wijzigt);
- bekeken kan worden of bij verschillende wijzigingen van eenzelfde invloedsparameter voor verschillende systemen een verschil in de kostenvergelijking ontstaat (indien bijvoorbeeld door serieproduktie grotere besparingen in bouwkosten worden behaald bij biorotoren dan bij zandfilters, e.d.).

Enkele bevindingen van de gevoeligheidsanalyses zijn:
- Bouwkosten : Gevoeligheid CW voor bouwkosten is veelal groot. Bij wijziging bouwkosten met 20% wijzigt de CW evenredig met ca. 7 - 17%.
- Personeelskosten : Gevoeligheid CW voor personeelskosten is matig groot. Bij wijziging personeelskosten met 20% wijzigt de CW evenredig met ca. 1 - 8%.
- Onderhoudskosten : Gevoeligheid CW voor onderhoudskosten is gering. Bij wijziging onderhoudskosten met 20% wijzigt CW evenredig met 0 - 5%, veelal 0 - 3%.
- Slibafvoerkosten : Gevoeligheid CW voor slibafvoerkosten is gering. Bij wijziging slibafvoerkosten met 20% wijzigt CW evenredig met 0 - 5%, veelal 0 - 3%.
- Energiekosten : Gevoeligheid CW voor energiekosten is gering. Bij wijziging energiekosten met 20% wijzigt CW evenredig met 0 - 1%, uitgezonderd het oxydatiebed-systeem (2 - 5%) en het actief-slib systeem (2 - 6%).
- Afschrijvingstermijnen : Bij geringere levensduur van civiele onderdelen dan 20 jaar en van e/m-onderdelen dan 10 jaar stijgen de contante waarden zeer sterk, bij een standaard looptijd van 20 jaar.
- Looptijd : Naarmate de gewenste looptijd korter is, worden compactinstallaties (biorotor-, oxydatiebed-, of actief-slibsysteem) relatief voordeliger.
  Voor langere looptijden worden de systemen met hoge kapitaalslasten en lage bedrijfskosten relatief voordeliger (infiltratie- en filtratiesystemen).
- Kapitaalsrente : Bij lage kapitaalsrente en/of hoge inflatievoet worden systemen met hoge kapitaalslasten en lage bedrijfskosten relatief voordeliger.
  Bij hoge kapitaalsrente en/of lage inflatievoet worden compactinstallaties relatief voordeliger.
  Aangezien over langere perioden kapitaalsrente en inflatie redelijk op elkaar zijn afgestemd heeft de gevoeligheidsanalyse weinig betekenis op de onderlinge kostenvergelijking over langere perioden.



———	0a.	septic tank, klein (0,4 m3/ie)
– – – –	b.	septic tank, groot (1,2 m3/ie)
.....	c.	septic tank, zeer groot (3,5 m3/ie)
—·—	1.	infiltratiekanaal-systeem
—+—	2.	zakput-systeem
—o—	3.	opgehoogd filtratiebed-systeem
—□—	4.	zandfilter-systeem
———	5.	biorotor-systeem
– – –	6.	oxydatiebed-systeem
.....	7.	actief slib systeem
—·—·—	8a.	composttoiletten (1 per woning)
—+—+	b.	grijswater-systeem (centraal)
—o—o	c.	systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling (8a + 8b)

Figuur 7.8.: Raming van de contante waarden per i.e. voor diverse IBA-systeemtypen en -grootten; bouw- en totale bedrijfskosten. (onder standaardcondities, prijpeil 1987, excl.OB)

7.4.3. Evaluatie kostenvergelijking IBA-systemen

Uit figuur 7.8. zijn de volgende conclusies te trekken ten aanzien van een reële kostenvergelijking van de IBA-systemen:

- De kosten per i.e. dalen sterk naarmate de capaciteit toeneemt, met name bij de compactinstallaties (biorotor-, oxydatiebed- en actief-slibsysteem).
  Bij de overige systemen neemt het voordeel van schaalvergroting geleidelijk aan meer af.
- Het goedkoopste **deelzuiveringssysteem** is de kleine septic tank (0,4 m^3/i.e.).
  Tot 20 i.e. is de grote septic tank (1 - 1,5 m^3/i.e.) slechts gering duurder, daarboven wijken de kosten meer af.
  Zeer grote septic tanks (3 - 3,5 m^3/i.e.) zijn vrijwel even duur als infiltratiesystemen.
- Van de **systemen met een BZV-reductie van meer dan 90%** zijn de infiltratiesystemen tot 100 - 130 i.e. het goedkoopst. Het infiltratiekanaalsysteem is ca. 10% duurder dan het zakputsysteem.
  Als derde systeem volgt het biorotorsysteem, die bij 5 i.e. ca. 100% duurder is en bij 100 - 130 i.e. vrijwel even duur is als infiltratiesystemen.
  Vanaf 100 - 130 i.e. zijn de compactsystemen het voordeligst, met name het biorotorsysteem; het oxydatiebedsysteem en het actief-slibsysteem zijn dan 10 - 20% duurder.
- Het oxydatiebedsysteem is over de hele range van 5 - 200 i.e. ca. 10% duurder dan het biorotorsysteem.
- Filtratiesystemen - opgehoogd filtratiebed en zandfilters - zijn vrijwel even duur. Over de hele range van 5 - 200 i.e. zijn deze systemen duurder dan het biorotor-systeem, met name vanaf 20 i.e. Het verschil loopt geleidelijk op van 0 - 10% tot bijna 100%.
- Over de gehele range van 5 - 200 i.e. is het actief-slibsysteem duurder dan het biorotorsysteem, afnemend van ca. 65% tot ca. 15% duurder.
- Tot ca. 15 i.e. is het actief-slibsysteem het duurst, daarboven is het systeem voor gescheiden behandeling van afvalwater het duurst.

De gevoeligheidsanalyses van invloedsvariabelen op de contante waarden laten algemeen geen grote verschuivingen in deze conclusies zien. Desalniettemin is het raadzaam om voor specifieke gevallen de gevoeligheidsanalyses te raadplegen bij de vergelijking van qua kosten redelijk concurrerende systemen.

Ten aanzien van besparingsmogelijkheden op de kosten wordt verwezen naar de evaluaties in paragrafen 7.1.4., 7.2.3. en 7.3.3. De hierdoor te behalen reducties van de contante waarden zijn vervolgens uit de gevoeligheidsgrafieken in bijlage IV af te lezen.

8. TOEPASBAARHEID

8.1. Inleiding; selectiecriteria

De praktische toepasbaarheid van de diverse IBA-systemen, wordt bepaald door selectiecriteria ten aanzien van functionaliteit en kosten.

Functionaliteit

De functionaliteit van een systeem hangt nauw samen met de kwalificaties van een systeem ten aanzien van zuiveringsprestaties en bedrijfsaspecten, en de eisen waaraan een systeem moet voldoen.
Bij de vereisten kunnen worden onderscheiden:
a. vaste eisen;
b. variabele eisen;
c. specifieke wensen.

ad a.
Vaste eisen zijn randvoorwaarden waaraan een systeem **zeker** moet voldoen.
Hierbij kan worden gedacht aan voorwaarden bepaald door:
- **Plaatselijke omstandigheden:**
  * beschikbare ruimte, bepalend voor mogelijke plaatsing van een systeem;
  * niveau grondwaterstand en doorlatendheid bodem, bepalend voor de toepassing van infiltratiesystemen;
  * aanwezigheid lozingspunt oppervlaktewater, bepalend voor de toepassing van systemen lozend op oppervlaktewater;
  * aanwezigheid ter zake kundig personeel, bepalend voor toepassing van systemen waarbij deskundigheid vereist is;
  * aanwezigheid stroomvoorziening, bepalend voor systemen met elektromechanische apparatuur.
- **Wettelijke bepalingen:**
  * eisen in eventueel noodzakelijke vergunningen, zoals bouwvergunning, hinderwetvergunning en lozingsvergunning op oppervlaktewater;
  * eisen in wetten/wetsonderdelen, zoals het Lozingenbesluit Bodembescherming in de toekomst bepalend is voor lozing van vloeistoffen in de bodem;
  * eisen vastgelegd in provinciale en gemeentelijke verordeningen.
- **Bijzondere eisen:**
  * programma van eisen van een opdrachtgever c.q. toekomstige gebruiker(s) ten aanzien van minimumvoorwaarden aan variabele eisen.

ad b.
Variabele eisen zijn minder stringent dan vaste eisen. Het is gewenst dat een systeem goed voldoet aan de variabele eis, doch niet verplicht. Desgewenst kan een minimumvoorwaarde worden verbonden aan de variabele eis, waardoor een bepaalde vaste eis wordt toegevoegd.
De mate waarin wordt voldaan aan de variabele eisen, kan worden gebruikt om de diverse IBA-systemen onderling - kwalitatief - te vergelijken.
Bij de evaluatie van IBA-systemen zijn voor onderlinge vergelijking de volgende variabelen toegepast:
* zuiveringsprestaties (TZV-verwijdering);
* technologische stabiliteit van het zuiveringsproces (temperatuurs/seizoensinvloed; invloed stootbelasting; kans op slibuitspoeling/troebel effluent);
* technische bedrijfszekerheid (potentiële storingsgevoeligheid; ernst van storingen; eenvoud van opmerken en herstel van storingen);
* controle- en bedieningslast (frequentie controlebezoeken; totale tijdslast personeel; eenvoud van controle/bediening);
* onderhoudslast (totale tijdslast personeel);
* hinder (geur; geluid; ongedierte/insecten; visueel; hygiëne bij onderhoud);
* ruimtebeslag.

NB. Groot onderhoud/reparaties, slibafvoer en energieverbruik zijn hoofdzakelijk kostenfactoren en derhalve niet meegenomen in de onderlinge systeemvergelijking ten aanzien van functionale aspecten, maar zijn wel betrokken in de kostenvergelijking van de systemen.

ad c.
Specifieke wensen van opdrachtgevers, c.q. toekomstige gebruikers, kunnen de waardering voor een systeem beïnvloeden, maar voegen een subjectief element toe aan een objectieve vergelijking ten aanzien de variabele eisen. Voor beoordeling van de doelmatigheid van een systeem zijn deze wensen op zich van geen belang.
Specifieke wensen zijn bijvoorbeeld te vertalen in:
* weegfactoren bij de onderlinge vergelijking ten aanzien van variabele eisen;
* gewenste, doch niet verplichte, voorwaarden als grenzen ten aanzien van de mate waaraan voldaan zou dienen te worden aan variabele eisen.

De vereisten, die voor installaties ten behoeve van kleinschalige behandeling van afvalwater gelden, liggen op bepaalde punten anders dan bij conventionele RWZI's. Bij IBA-systemen ligt het zwaartepunt van de vereisten bij betrouwbare en eenvoudige systemen, die met weinig en simpel onderhoud toch redelijke tot goede zuiveringsprestaties bieden. Een continue of zeer frequente deskundige controle van een IBA-systeem is algemeen niet mogelijk.

Vooropgesteld dat aan alle randvoorwaarden - vaste eisen - is voldaan, dan is de mate waarin systemen aan variabele eisen voldoen bepalend voor een algemene vergelijking van de functionaliteit van de diverse IBA-systemen. In hoofdstukken 4 en 5 is op de onderlinge vergelijking van de systemen ten aanzien van deelaspecten ingegaan. De systeemvergelijking ten aanzien van functionele aspecten is samengevat in een keuzematrix, zie paragraaf 8.2.

Kosten

De kosten van IBA-systemen bepalen in sterke mate de economische haalbaarheid van projecten voor kleinschalige behandeling van afvalwater. Daarnaast bieden de kosten een goed meetbare vergelijkingsbasis voor onderlinge afweging van de diverse IBA-systemen en de afweging ten opzichte van alternatieven zoals discontinue inzameling, drukriolering, etc.

Voor een onderlinge vergelijking van de IBA-systemen ten aanzien van kosten is onderscheid te maken in:
a. investerings- of bouwkosten;
b. bedrijfskosten;
c. totale kostenvergelijking op basis van de contante waarde methode.

ad a.
Bouwkosten vormen een redelijke objectieve vergelijkingsbasis. Marktmechanismen en een keuze tussen professioneel uitgevoerde bouw of zelfbouw kunnen echter afwijkingen veroorzaken. Hierbij dient bedacht te worden dat bepaalde systemen zich beter lenen voor zelfbouw (infiltratie- en filtratiesystemen) dan andere systemen (biorotor-, oxydatiebed- en actief-slibsystemen).
Bijkomende kosten zoals extra bouwkosten door lokale omstandigheden, advieskosten, leges voor vergunningen, omzetbelasting, e.d. kunnen voor een verdere afwijking zorgen.
Bij de onderlinge vergelijking van IBA-systemen in hoofdstuk 7 is uitgegaan van de kale bouwkosten (= aanneemsom), excl. bijkomende kosten, bij professionele uitvoering van de bouw.

Aspecten	Max. score	Infiltr. kan.syst.	Zakput systeem	Opgeh.filtr. bed-systeem	Zandfilt. systeem	Biorotor systeem	Oxydatiebed systeem	Actief slib systeem	Gescheiden afvalwater behandeling*	Gewicht sub	Gewicht tot
Zuiveringsprestaties (TZV)	10	9	8	9	7	7	6	8	10		1
Technologische stabiliteit											
- temp./seizoens-invloed	4	3	3	3	1	2	2	2	2	1	
- slibuitspoeling/troebel effluent	4	4	4	4	4	2	2	1	4	1	
- invloed stootbelasting	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	
- overall-score	10	9	9	9	7	6	5	5	8		1
Technische bedrijfszekerheid	10	8	9	7	6	7	6	6	6		1
Controle en bediening											
- controle frequentie	3	3	3	3	1	2	2	2	3	1	
- totale tijdsbesteding	3	3	3	2	1	2	2	1	1	1	
- eenvoud	4	4	4	3	3	3	3	1	3	1	
- overall-score	10	10	10	8	5	7	7	4	7		1
Onderhoud (personeelskosten)											
- 5 i.e. systemen	10	8	9	5	2	6	5	6	2		0
- 20 i.e. systemen	10	7	9	6	4	7	7	7	0		0
- 50 i.e. systemen	10	7	9	5	4	8	8	8	0		0
- 200 i.e. systemen	10	6	9	2	0	8	8	9	0		1
Hinder											
- geur	4	4	4	4	1	3	3	3	2	1	
- geluid	4	4	4	4	4	4	4	3	4	1	
- ongedierte/insecten	4	4	4	3	2	4	3	4	1	1	
- visueel	4	4	4	2	2	3	1	4	3	1	
- hygiëne (bij onderhoud)	4	4	4	4	2	3	3	3	1	1	
- totaal	20	20	20	17	11	17	14	17	11		
- overall score	10	10	10	9	6	9	7	9	6		1
Ruimtebeslag	10	1	3	3	6	9	9	10	8		1
Totaal	70	53	58	47	37	53	48	51	45		
Totale overall-score (%)	100	76	83	66	52	75	69	72	64		

* Composttoilet, aeroob filter + vloeikas

(Voorbeeld: 200 i.e.-systeem, met gelijke gewichtsfactoren voor alle aspecten.

Tabel 8.1.: Keuzematrix functionele aspecten.

ad b.
Bedrijfskosten zijn mede afhankelijk van de organisatie van het beheer. Het al dan niet meenemen van de kosten voor personeel bepaalt in sterke mate de totale bedrijfskosten. Bij beheer van een IBA-systeem door een bewoner bestaan de bedrijfskosten slechts uit - uit te besteden - onderhoud, slibafvoer en energie (de basis bedrijfskosten). Bij beheer door een centrale instantie dienen hierbij de personeelslasten bijgeteld te worden voor controle/bediening, klein onderhoud en terreinonderhoud, alsmede reislasten (de totale bedrijfskosten).
Bij de onderlinge vergelijking van IBA-systemen in hoofdstuk 7 zijn beide vormen beschouwd.

ad c.
De uiteindelijke onderlinge kostenvergelijking van IBA-systemen op reële basis, geschiedt met de contante waarde methode, waarbij rekening wordt gehouden met kapitaalsrente, inflatie en afschrijvingstermijnen.
In hoofdstuk 7 is uitgebreid ingegaan op deze onderlinge kostenvergelijking, in algemene zin.

8.2. Algemene systeemvergelijking en toepasbaarheid systemen

8.2.1. Systeemvergelijking ten aanzien van functionaliteit

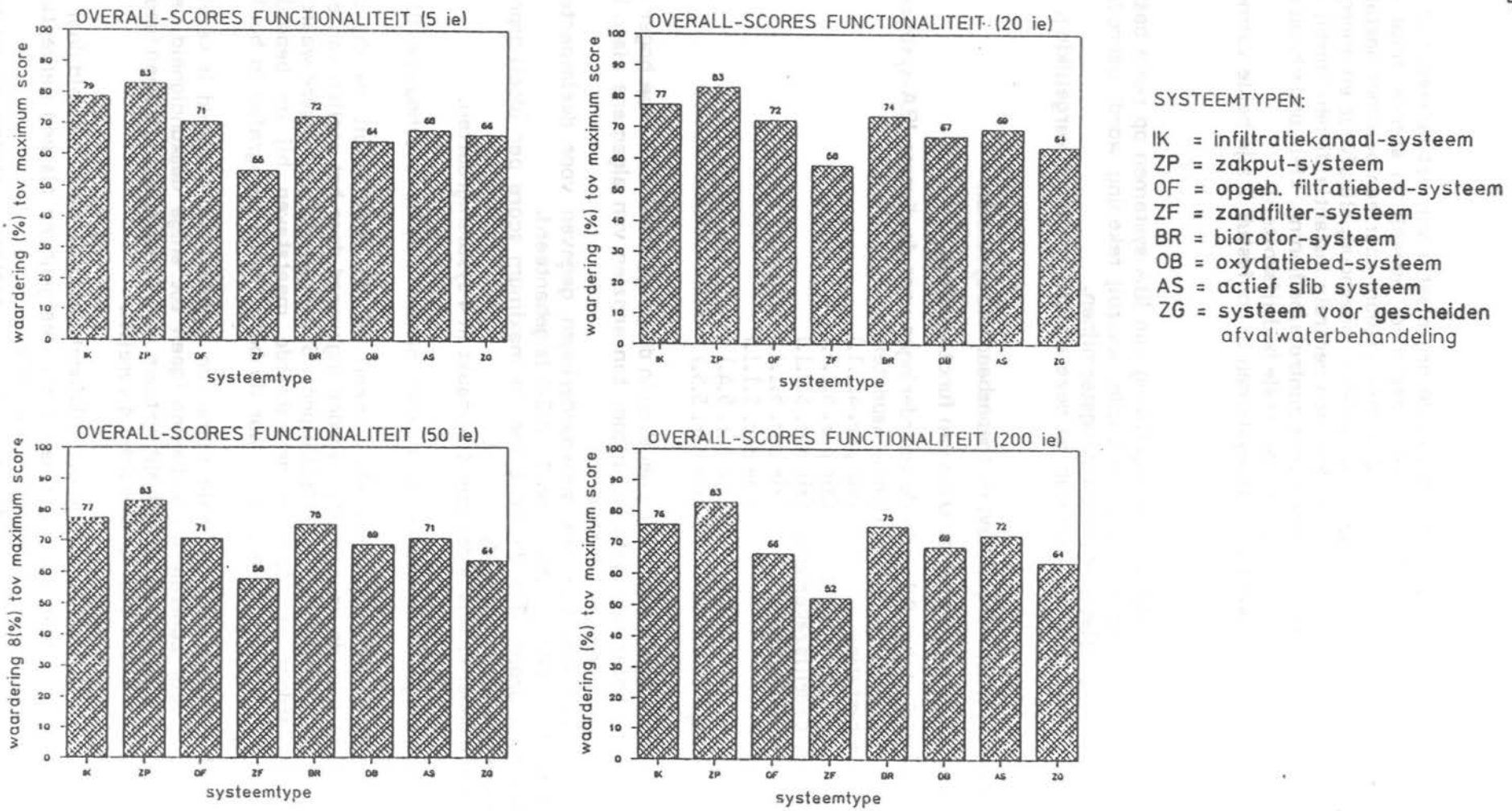
In de keuzematrix tabel 8.1. zijn de waarderingen voor de diverse IBA-systemen samengevat ten aanzien van functionele aspecten:

- zuiveringsprestaties (zie par. 4.1.1.)
- technologische stabiliteit (zie par. 4.1.3.)
- technische bedrijfszekerheid (zie par. 5.2.1.)
- controle en bediening (zie par. 5.1.1.)
- onderhoud (zie par. 5.1.1.)
- hinder (zie par. 5.4.)
- ruimtebeslag (zie par. 5.5.)

Voor ieder aspect is een waardering gegeven in de range van 0 - 10. Hoe hoger de waardering, hoe beter het systeem voldoet ten aanzien van algemene eisen bij individuele behandeling van afvalwater.
Bij bepaalde aspecten zijn ook subwaarderingen gegeven voor deelaspecten, waarvoor een beoordelingsschaal van 0 tot 2-4 is gehanteerd.
Een waardering groter dan de helft van de maximum score per (deel)-aspect geldt algemeen als bevredigend.
Bij het aspect onderhoud is onderscheid gemaakt in 4 systeemgrootten.

De keuzematrix geeft de sterke en zwakke punten van de beschouwde IBA-systemen weer.
Randvoorwaarden die een vaste eis vormen bij de selectie uit de diverse systemen, kunnen in de keuzematrix worden ingevoerd door het stellen van een bepaalde minimumscore voor een (deel)aspect. Systemen met een lagere waardering vallen hierdoor af. Voor de gehanteerde maatstaven bij de beoordelingsschalen wordt hiertoe verwezen naar de betreffende paragrafen in hoofdstukken 4 en 5.
Bijvoorbeeld: indien een minimale score van 2 punten bij eenvoud is vereist voor controle en bediening (geen tot enige deskundigheid vereist), zal het actief-slibsysteem niet in aanmerking komen (score 1 punt = veel deskundigheid vereist).

Het eindoordeel ten aanzien van de overall-functionaliteit wordt bepaald door de som van de waarderingen voor alle aspecten, weergegeven als een percentage van de totale maximaal haalbare score (0 - 100%).
Bij deze bepaling kunnen aan de aspecten weegfactoren worden toegekend, teneinde het belang van de diverse criteria onderling nader te specificeren. Ook voor deelaspecten zijn afzonderlijke weegfactoren toe te passen.



Figuur 8.1.: Overall-scores van diverse IBA-systeemtypen ten aanzien van functionele aspecten, voor 4 systeemgrootten.

In het voorbeeld in tabel 8.1. is voor alle aspecten en deelaspecten een weegfactor 1 gehanteerd. Het voorbeeld geeft een algemene vergelijking voor systemen met een capaciteit van 200 i.e. (weegfactoren onderhoud voor 5, 20 en 50 i.e. systemen op 0 gesteld).

In figuur 8.1. zijn de overall-scores voor functionaliteit van de IBA-systemen voor vier systeemgrootten gegeven, als percentage van de maximum haalbare score en bij weegfactoren gelijk aan 1 voor alle (deel)aspecten.
Overigens zijn de overall-scores algemeen relatief weinig gevoelig voor een wijziging van weegfactoren in de range van 1 - 5; deze gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd in het werkrapport 'Toepasbaarheid'. Uitzondering is de weegfactor voor het aspect ruimtebeslag, welke een grotere invloed op het eindoordeel uitoefent.

Uit figuur 8.1. is op te maken dat alle IBA-systeemtypen een algemene overall-score behalen van 50% of hoger, hetgeen aangeeft dat alle systemen ten aanzien van functionele aspecten in principe in meer of mindere mate geschikt zijn voor individuele behandeling van afvalwater. De hoogste scores ten aanzien van functionaliteit worden gevonden bij de infiltratiesystemen (zakputsysteem; infiltratiekanaalsysteem), gevolgd door het biorotorsysteem.

8.2.2. Systeemvergelijking ten aanzien van kosten

Voor de onderlinge vergelijking van kosten van de systemen wordt verwezen naar paragraaf 7.4., met name figuren 7.7. en 7.8.

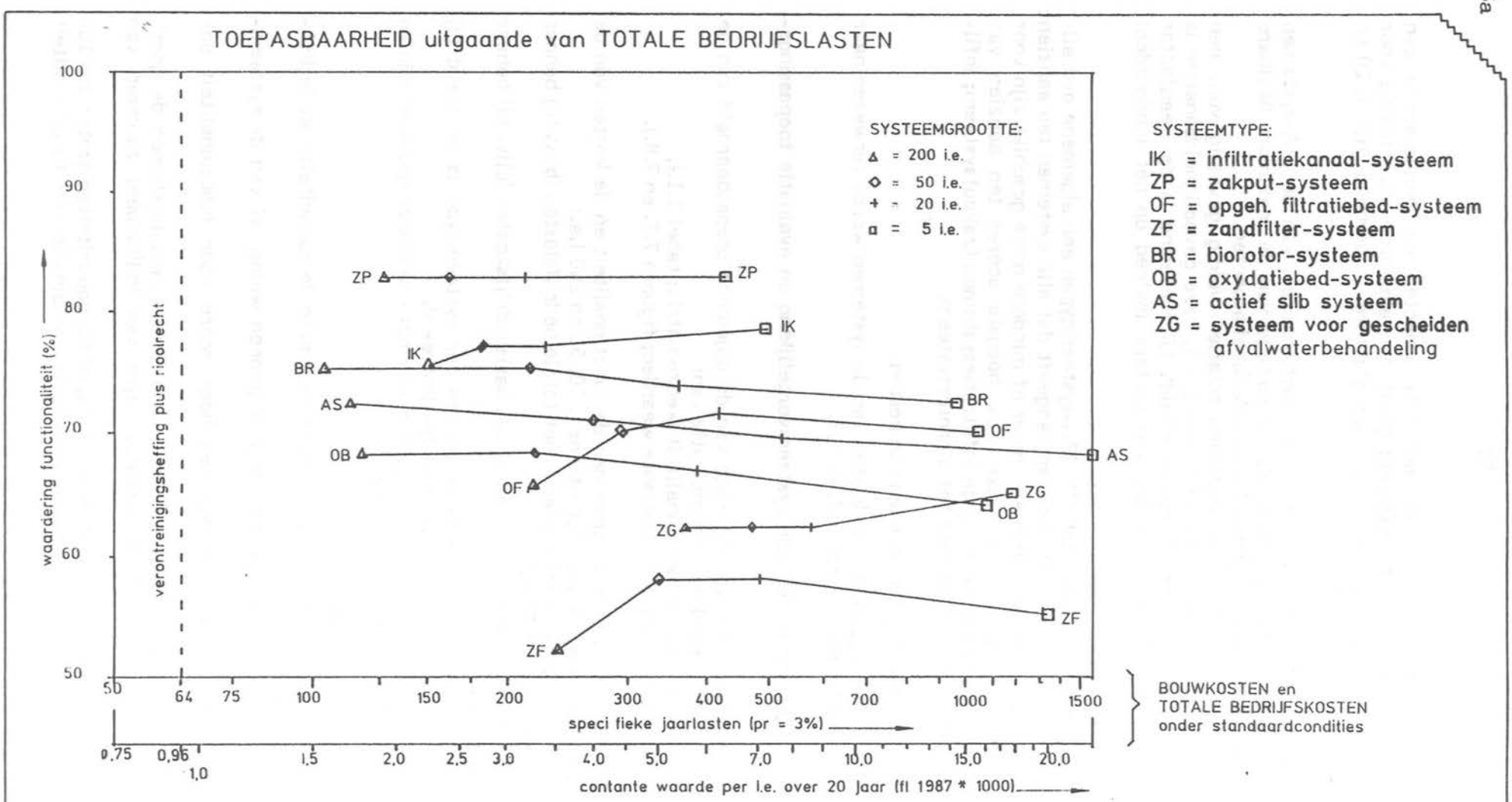
8.2.3. Totale algemene onderlinge systeemvergelijking en evaluatie toepassingsgebieden

De onderlinge vergelijking van de mate van de algemene toepasbaarheid van de IBA-systemen is gebaseerd op de combinatie van:
- de overall-score voor de functionaliteit (keuzematrix; tabel 8.1.);
- de specifieke kosten per i.e. (contante waarden; figuren 7.7. en 7.8.).

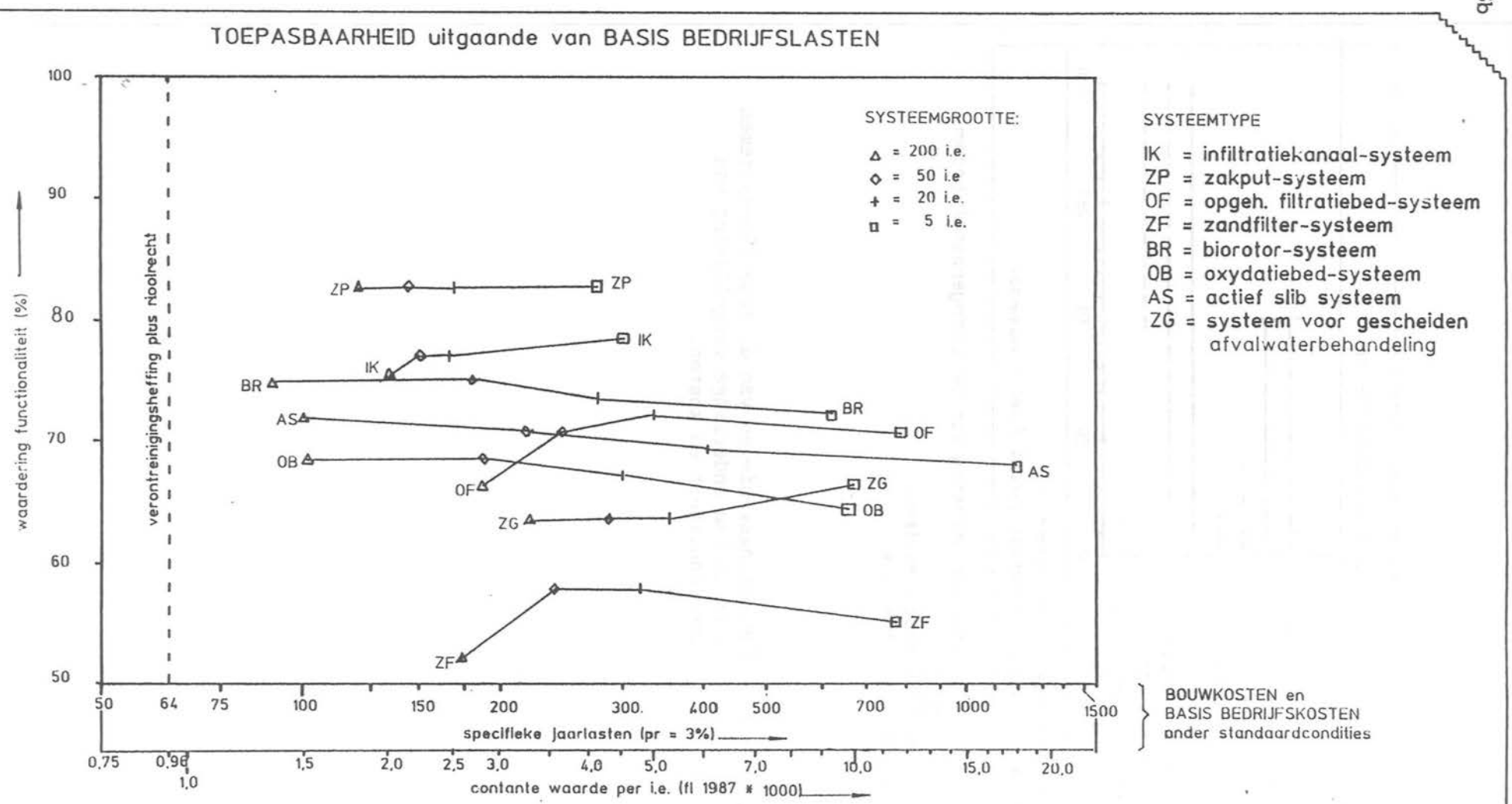
In figuren 8.2. en 8.3. zijn in diagrammen de functionaliteit en de kosten van de systemen uitgezet voor 4 systeemgrootten: 5, 20, 50 en 200 i.e.:
- figuur 8.2. gaat uit van het scenario met totale bedrijfslasten (bijv. bij beheer door een centrale instantie);
- figuur 8.3. gaat uit van het scenario met basisbedrijfskosten (bijv. bij beheer door bewoners).

Door verbinding van de afzonderlijke punten per systeemtype is de trend bij wijziging van de systeemgrootte duidelijk geïllustreerd.
De toepasbaarheid van het systeem is groter naarmate de kosten geringer zijn en de score voor de functionaliteit hoger.

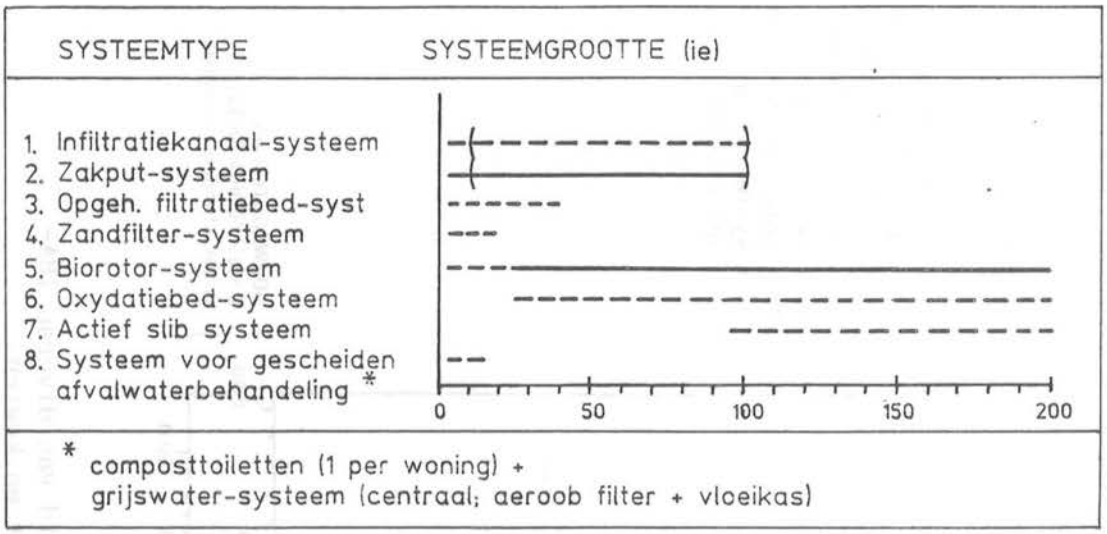
Uit figuren 8.2. en 8.3. volgt:
- de specifieke kosten per i.e. dalen sterk naarmate de capaciteit van de IBA-systemen toeneemt;
- de score voor de functionaliteit hangt algemeen weinig af van de systeemgrootte;
- algemeen blijken systemen met een hoge score voor functionaliteit ook minder duur te zijn;
- tot ca. 100 i.e. zijn zakputsystemen en infiltratiekanaalsystemen de goedkoopste en tevens meest functionele wijze van individueel zuiveren van afvalwater;
- als infiltratie in de bodem niet mogelijk is, of bij capaciteiten groter dan 100 i.e., biedt het biorotor-systeem de gunstigste combinatie van functionaliteit en kosten;



Figuur 8.2.: Onderlinge vergelijking van de toepasbaarheid van diverse IBA-systeemtypen ten aanzien van functionaliteit en kosten. (op basis van totale bedrijfslasten)



Figuur 8.3.: Onderlinge vergelijking van de toepasbaarheid van diverse IBA-systeemtypen ten aanzien van functionaliteit en kosten. (op basis van basisbedrijfskosten)



( ) = vervalt in praktijk door invoering van het Lozingenbesluit bodembescherming.
—— = het best toepasbare systeem.
– – = te overwegen alternatief.

Figuur 8.4.: Toepassingsgebieden van diverse IBA-systemen op basis van onderlinge vergelijking van functionaliteit en kosten.

- voor capaciteiten tussen 5 en 20 i.e. is een (opgehoogd) filtratiebed een mogelijk alternatief;
- voor capaciteiten groter dan 25 - 100 i.e. zijn naast het biorotorsysteem ook andere compactsystemen te overwegen: oxydatiebedsysteem, vanaf 25 i.e.; actief-slibsysteem, vanaf 100 i.e. (het oxydatiebed is over de gehele range van 5 - 200 i.e. iets minder geschikt dan de biorotor, zowel in kosten als in functionaliteit);
- het zandfiltersysteem en het systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling zijn over vrijwel de gehele range van 5 - 200 i.e. minder voordelig dan de overige systemen, zowel in kosten als in functionaliteit. Slechts bij zeer kleine systeemgrootten (5 - 10 i.e.) zijn ze als altenatief te overwegen.

Op grond van deze algemene systeemvergelijking is het eenvoudig mogelijk aan te geven welk systeem/systemen in een algemene situatie het best in aanmerking komt/komen.
Hierbij dient rekening gehouden te worden met het feit dat bij invoering van het ontwerp-Lozingenbesluit bodembescherming het zakputsysteem en het infiltratiekanaalsysteem als zodanig - zonder voorafgaande biologische zuivering - niet meer mogen worden toegepast voor capaciteiten groter dan 10 i.e.

In figuur 8.4. is schematisch aangegeven welk systeemtype in algemene zin het meest geschikt is, afhankelijk van de capaciteit. Tevens is aangegeven welke systemen als alternatief in aanmerking komen, omdat de waardering voor de functionaliteit en kosten relatief slechts gering verschillen van de meest geschikte oplossing.
Bij de selectie van een systeem voor een specifieke situatie verdient het echter te allen tijde aanbeveling de specifieke prestaties, kenmerken en kosten van de systemen nader te beschouwen (zie voorgaande hoofdstukken).

Uit figuur 8.4. blijkt dat over vrijwel de gehele range van 5-200 i.e. het biorotorsysteem in algemene zin het meest geschikte systeemtype is, zeker na invoering van het Lozingenbesluit bodembescherming. De verschillen met het oxydatiebedsysteem zijn echter gering.
Voor een capaciteit kleiner dan 10 à 20 i.e. komen meer systeemtypen in aanmerking, met name de infiltratiesystemen (bij geschikte infiltratiemogelijkheden en - bij invoering van het Lozingenbesluit bodembescherming - tot een capaciteit van 10 i.e.).

Als de financiële mogelijkheden tekort schieten voor een volledig zuiveringssysteem (biologische zuivering, BZV-rendement meer dan 90%), valt deelzuivering door middel van een septic tank (0,4 m³/i.e.) of een composttoilet te overwegen. Dit kan vooral spelen bij geringe capaciteiten, minder dan 20 - 50 i.e., omdat volledige zuiveringssystemen dan relatief zeer duur zijn.
Mits goed ontworpen kan met een septic tank ca. 25 - 30% van het biochemisch zuurstofverbruik (BZV) worden verwijderd, en het grootste deel van de zwevende stof. Door de afwezigheid van omzetting van Kjeldahl-stikstof (NKj) in de septic tank, blijft de zuurstofbehoefte van het effluent echter hoog. De meerkosten van een grotere septic tank dan 0,4 m³/i.e. wegen nauwelijks op tegen de extra zuiveringsprestaties.
Tot 10 i.e. kan voor vrijwel gelijke kosten als bij de septic tank met een composttoilet een betere deelzuivering worden verkregen, waarbij ca. 40% BZV, 60% zwevende stof en 70% van N-totaal uit de totale afvalwaterstroom wordt teruggehouden. Hierbij is het wel vereist dat bij de bouw van de woning rekening wordt gehouden met de plaatsing van het composttoilet, voor bestaande situaties komt slechts de septic tank in aanmerking.

8.2.4. Toepasbaarheid IBA-systemen in een breder verband

a. **Afweging tegen alternatieven voor ter plaatse behandelen van afvalwater**

In praktijk dient toepassing van IBA-systemen afgewogen te worden ten opzichte van alternatieven, zoals:
- discontinue inzameling;
- drukriolering en wegpersen naar een centrale RWZI's.

Deze afweging valt buiten het kader van dit onderzoeksproject. In bijlage VI is een slechts globale beschouwing uitgevoerd van de kosten van drukriolering en behandeling op een centrale grote RWZI tegenover de kosten van het ter plaatse behandelen van het afvalwater.
Afhankelijk van de specifieke totale kosten van drukrioleringssystemen geldt dat ter plaatse behandelen van afvalwater algemeen goedkoper is tot transportafstanden - voor wegpersen en behandeling op een grote centrale RWZI - ter grootte van (afhankelijk van de lozingsomvang):
- 5 i.e.: 0,1 - 2,3 km, gemiddeld 1,2 km;
- 20 i.e.: 0,4 - 3,4 km, gemiddeld 1,7 km;
- 50 i.e.: 0,8 - 4,6 km, gemiddeld 2,2 km;
- 200 i.e.: 1,7 - 6,9 km, gemiddeld 3,3 km.

NB. Hierbij is uitgegaan van een biorotorsysteem voor ter plaatse behandelen van afvalwater. Infiltratiesystemen voor 5 - 10 i.e. zijn altijd goedkoper dan wegpersen, ongeacht de afstand, of bij een vrijvervaltransportleiding groter dan 400 - 600 meter.

b. **Individueel zuiveren volgens een integraal plan**

Bij de sanering van een gebied met enkele verspreide lozingen door middel van systemen voor individuele behandeling van afvalwater, is het uit kostenoverwegingen gewenst de sanering integraal te beschouwen.
De sterke daling van de specifieke kosten van de IBA-systemen per i.e. maakt het mogelijk een aanzienlijke kostenbesparing te behalen door centralisatie van de afvalwaterbehandeling. De lagere specifieke zuiveringskosten per i.e. kunnen hierbij ruimschoots opwegen tegen de extra kosten van het noodzakelijk transport.
In bijlage VI zijn een aantal voorbeelden uitgewerkt, waaruit blijkt dat aanzienlijke inzamelings- en transportstelsels zijn te bekostigen uit de besparing op zuiveringskosten bij een centrale aanpak van 'individuele' behandeling van afvalwater.

8.3. Toepasbaarheid van IBA-systemen bij bijzondere lozingen

Bij de algemene systeemvergelijking en de beschouwing van de toepasbaarheid van de systemen, is uitgegaan van huishoudelijk afvalwater en hiermee vergelijkbaar afvalwater, waarvan de lozing vrijwel het gehele jaar plaatsvindt.
In aanvulling hierop worden onderstaand enige algemene opmerkingen gemaakt over de toepasbaarheid van de IBA-systemen voor bedrijven met specifiek afvalwater of bedrijven c.q. voorzieningen met een sterk seizoensmatig lozingspatroon.

8.3.1. Bedrijfsafvalwater

Het is niet mogelijk in algemene zin aan te geven in welke mate IBA-systemen geschikt zijn voor behandeling van bedrijfsafvalwater. Van geval tot geval zal moeten worden nagegaan of individuele behandeling mogelijk is.

Afvalwater van bedrijven met hoofdzakelijk organische bestanddelen zal veelal met de beschouwde IBA-systemen gezuiverd kunnen worden. Hierbij kan worden gedacht aan voedselverwerkende industrie (vleesverwerking, zuivel e.d.), horeca-

bedrijven, boerderijen, conferentieoorden, kantoren en andere bedrijven met hoofdzakelijk keuken- en toiletwater.
Echter ook voor zeer specifieke doeleinden zijn IBA-systemen met wisselend succes toegepast, bijvoorbeeld bij reiniging van waswater bij bodemsanering, als onderdeel bij complexe systemen bij chemische industrie en bij irrigatievoorzieningen.

De behandeling van bedrijfsafvalwater is veelal minder eenvoudig dan van huishoudelijk afvalwater. Specifieke problemen die kunnen optreden zijn:
a. het bepalen van de juiste uitgangspunten bij het ontwerp;
b. het specifieke karakter van het afvalwater;
c. de bedrijfsvoering.

ad a.
Het is veelal moeilijk de samenstelling van het afvalwater en de geloosde hoeveelheden op voorhand goed in te schatten. Ook de biologische afbreekbaarheid dient soms onderzocht te worden, bijvoorbeeld in een proefinstallatie.
Het verdient aanbeveling vrij ruim te dimensioneren.

ad b.
Hierbij kan gedacht worden aan pieklozingen (concentraties; temperaturen; hydraulische pieken), bijzondere componenten in het afvalwater (grove delen; vetten; gifstoffen), of een eenzijdige samenstelling van het afvalwater.

ad c.
De systemen zijn veelal complexer dan bij systemen voor huishoudelijk afvalwater en derhalve minder eenvoudig te bedienen. De bedrijfsvoering vergt meer aandacht, met een intensieve controle en sturing van het zuiveringsproces.

Als de samenstelling van het afvalwater weinig afwijkt van huishoudelijk afvalwater zijn de beschouwde IBA-systemen in principe alle toepasbaar. Eventueel is uitbreiding nodig met extra voorzieningen zoals:
- een bufferbassin, voor het afvlakken van pieken;
- een recirculatiepomp, ondermeer ter verdunning van sterk geconcentreerd afvalwater;
- een doseerinrichting voor chemicaliën, bijvoorbeeld voor pH-correctie of neutralisatie van een gifstof;
- een vetvanger, bij een hoog gehalte aan vetten;
- roosters en zeven, voor de afscheiding van grove bestanddelen.

In het algemeen zullen compactinstallaties - biorotorsysteem, oxydatiebedsysteem, actief-slibsysteem - de beste mogelijkheden bieden voor kleinere debieten bedrijfsafwater, met name de biorotor.

8.3.2. Seizoensmatige lozingen

Bij seizoenslozingen wordt vooral gedacht aan lozingen bij recreatievoorzieningen, zoals kampeerterreinen, parken met zomerhuisjes en dagrecreatievoorzieningen.

De samenstelling van het afvalwater is veelal vergelijkbaar met huishoudelijk afvalwater. Verschillen (bij de behandeling) van seizoenslozingen ten opzichte van lozingen uit huishoudens betreffen vooral:
- langdurige perioden van geen of nauwelijks aanvoer van afvalwater buiten het bedrijfsseizoen;
- sterke fluctuaties in de aanvoer van afvalwater tijdens het bedrijfsseizoen;
- bepaling van de juiste ontwerp-uitgangspunten;
- bijzondere eisen aan de functionaliteit van het systeem, gesteld door de beheerder van een recreatievoorziening.

Het seizoensmatige lozingspatroon leidt tot een onrendabele bedrijfsvoering bij biologische zuiveringssystemen. Het systeem wordt slechts een beperkt gedeelte van het jaar volbelast of redelijk belast. Buiten deze periode is er een grote overcapaciteit aanwezig.
Het toepassen van een systeem met meerdere zuiveringsstraten, zodat bij geringe aanvoer buiten het bedrijfsseizoen een deel van de installatie kan worden uitgesteld teneinde op bedrijfskosten te besparen, biedt veelal weinig voordeel. Bij kleine capaciteiten vergt een dergelijke uitvoeringswijze veel hogere investeringslasten, terwijl de bedrijfsvoering nauwelijks goedkoper wordt en de bediening complexer is.

Aan het begin van het bedrijfsseizoen is een opstartperiode van de biologische zuivering benodigd van 1 - 3 maanden, gedurende welke periode het zuiverend effect geringer is en de kans op hinder voor de omgeving groter.
Bij een bedrijfsseizoen korter dan 3 maanden valt het nut van een IBA-systeem derhalve te betwijfelen, bij een bedrijfsseizoen van 6 maanden of langer worden de toepassingsmogelijkheden beter.
Als de biomassa buiten het bedrijfsseizoen gedeeltelijk in leven kan worden gehouden door recirculatie van effluent en/of een geringe afvalwateraanvoer, zal de aangroei van biomassa bij aanvang van het bedrijfsseizoen sneller tot stand komen.
Bij bepaalde systemen kan de opstart worden versneld door toevoeging van entmateriaal, voorafgaand aan het bedrijfsseizoen:
- actief-slibsysteem: aanvoer en entslib;
- slib-op-drager systemen en filtratiesystemen: door recirculatie van aangevoerd ruw afvalwater, zonder afvoer van effluent.

Bij recreatiebedrijven vindt de eerste omvangrijke lozing plaats in het Paasweekend. Algemeen zijn de systemen niet bij machte deze piek in één keer te verwerken. Als buffercapaciteit aanwezig is om deze piek op te vangen, dan kan deze piek geleidelijk verwerkt worden en kan door recirculatie van effluent tevens gebruik worden gemaakt van deze aanvoer voor opstart van het systeem. ←1

Het vaststellen van de juiste uitgangspunten bij het ontwerp van een IBA-systeem voor seizoensbedrijven is niet eenvoudig:
- veelal ontbreken voldoende gedetailleerde gegevens over de lozingsomvang en het lozingspatroon. Kentallen uit de literatuur geven slechts een globale indicatie. Registratie van het dagelijks waterverbruik over een periode van een jaar biedt meer houvast voor de dimensionering;
- gezien het grillige verloop in de afvalwateraanvoer tijdens het bedrijfsseizoen dient zich de vraag aan in hoeverre rekening gehouden dient te worden met kortdurende piekaanvoeren.
  Volledige afstemming op de piekaanvoeren brengt onevenredig hoge kosten met zich mee.
  Door het accepteren van bepaalde periodieke overbelastingen dient een optimum gekozen te worden tussen zuiveringsprestaties en kosten.
  Eventueel is het creëren van buffervoorzieningen voor het opvangen van pieken gewenst/noodzakelijk, zodat met een geringere capaciteit kan worden volstaan.

Veelal is de eigenaar van de recreatievoorziening tevens de beheerder van het IBA-systeem. De beheerder zal, gezien zijn drukke bezigheden in het bedrijfsseizoen, een IBA-systeem eisen dat relatief weinig en eenvoudig onderhoud vergt. Voorts dient het systeem geen hinder te veroorzaken en is een gering ruimtebeslag gewenst.
Een aspect dat bij kampeerterreinen extra aandacht verdient is de hygiënische onbetrouwbaarheid van het effluent van IBA-systemen.

1 Ten aanzien van de buffer dient aandacht besteed te worden aan preventie van hinder voor de omgeving (geuremissie).

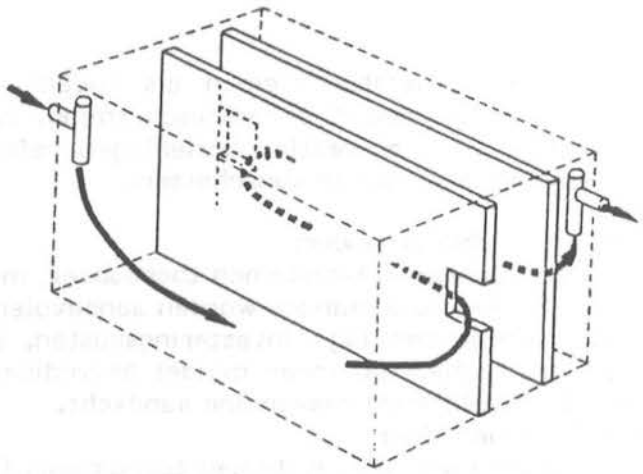
Als aangehouden wordt dat infiltratiesystemen als zodanig niet meer zijn toegestaan conform het Lozingenbesluit bodembescherming, dan is de toepasbaarheid van IBA-systemen voor recreatievoorzieningen, afhankelijk van de lengte van het bedrijfsseizoen, als volgt te kenschetsen:

- **bedrijfsseizoen van 6 maanden of langer:**
  In principe zijn alle beschouwde IBA-systemen toepasbaar, met voorkeur voor het biorotor-systeem. Buffervoorzieningen worden aanbevolen.
  NB: de thans, uit oogpunt van lage investeringskosten, soms toegepaste actief-slibsystemen zullen algemeen minder bevredigend functioneren, als gevolg van de onvoldoende deskundige aandacht.
- **bedrijfsseizoen van 3 - 6 maanden:**
  In principe zijn alle beschouwde IBA-systemen toepasbaar. De voorkeur gaat uit naar systemen die eenvoudig al voor het bedrijfsseizoen kunnen worden opgestart (actief-slibsysteem, met de nodige buffervoorzieningen en beveiligingen tegen slibuitspoeling), of systemen die een belangrijk gedeelte van hun zuiverende werking ontlenen aan fysisch/chemische processen (filtratiesystemen).
- **bedrijfsseizoen minder dan 3 maanden:**
  Het nut van IBA-systemen wordt sterk betwijfeld. Tijdelijke opslag en vervoer per as komt als alternatief in aanmerking.

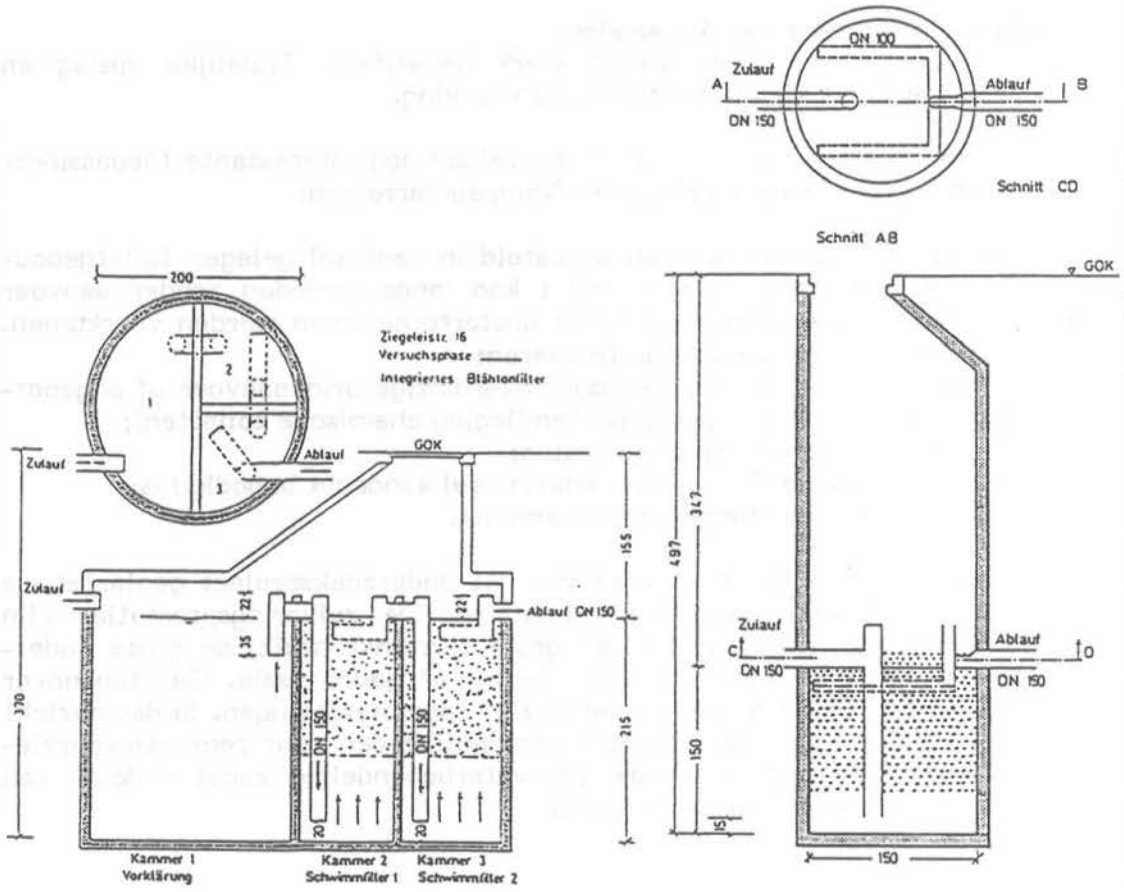
Mogelijk bieden composttoiletten en biezenvelden nog interessante toepassingsmogelijkheden bij recreatievoorzieningen/kampeerterreinen:

- **Composttoiletten** kunnen worden opgesteld in centraal gelegen toiletgebouwen. Een goed werkend composttoilet kan lange perioden zonder aanvoer goed overbruggen, waardoor jaarlijkse opstartproblemen worden voorkomen. Er zijn wel mogelijke nadelen aan te voeren:
  * verstoring composteringsproces door overmatige urineaanvoer of ongeoorloofd gebruik van de composttoiletten (leging chemische toiletten);
  * relatief grote onderhoudslast en kosten;
  * lange opstartperiode (2 - 3 jaar), waarin veel aandacht benodigd is;
  * kans op overlast van vliegen en geuremissie.

- **Biezenvelden** zijn buiten het kader van het onderzoeksproject geplaatst als minder geschikt voor algemene toepassing. De zuiveringsprestaties zijn redelijk tot matig; nadelen zijn het grote terreinverbruik, de grote onderhoudslast en kans op overlast door vliegen of geuremissie. Daartegenover staat dat biezenvelden amper gevoelig zijn voor pieklozingen. In dat opzicht bieden de biezenvelden nog toepassingsmogelijkheden voor recreatievoorzieningen, eventueel voor alleen de grijswaterbehandeling zodat nadelen van biezenvelden enigszins worden beperkt.



Figuur 9.1.: De meander-septic-tank,
met aangepast stromingspatroon.



Kleinkläranlage Ziegeleistraße 16
mit integriertem Blähtonfilter
in der 2. und 3. Kammer

Kleinkläranlage Willibaldstraße 70 mit
nachgeschaltetem Blähton-Filterschacht

Figuur 9.2.: Vulling van septic tanks met dragermateriaal,
Schwimmfilter-systeem.

9. NIEUWE ONTWIKKELINGEN

In dit hoofdstuk wordt een globaal overzicht gegeven van ontwikkelingen en trends inzake individuele behandeling van afvalwater, zoals deze zijn gesignaleerd in de afgelopen tien jaar op internationaal vlak, dat wil zeggen sedert de verkennende (literatuur)studie van fase 1 van het totale IBA-onderzoeksproject.
Enige recente literatuur, verschenen sinds 1980, is aan de literatuurlijst toegevoegd. Hierbij is geen volledigheid nagestreeft, maar eerder een globale indicatie van algemene tendensen.
De nieuwe ontwikkelingen in de afgelopen tien jaar zijn geïnventariseerd aan de hand van congresbezoeken, reviews van recente literatuur en produktinformatie van leveranciers.

Ingegaan wordt op:
- ontwikkelingen op het gebied van techniek en technologie;
- overige ontwikkelingen (zuiverslib, organisatie en beheer);
- de huidige positie van Nederland ten opzichte van het buitenland.

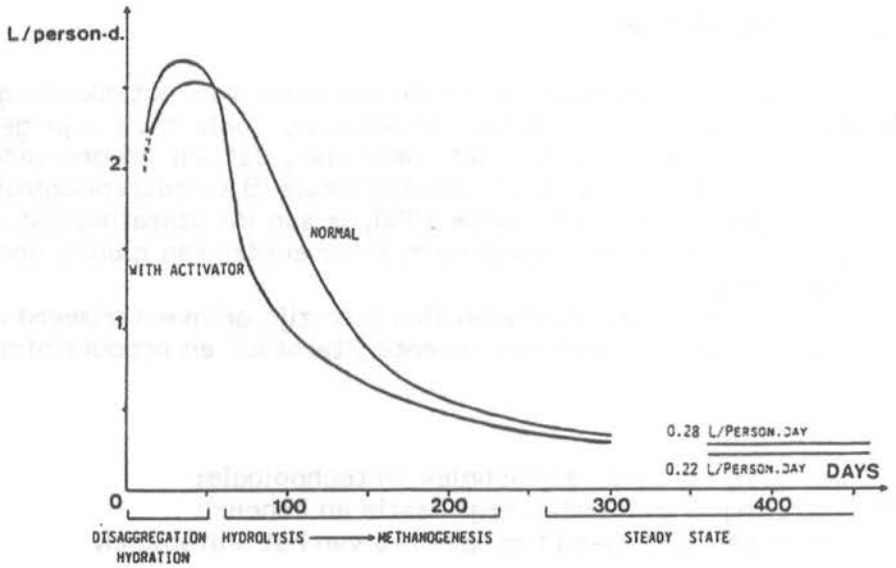
9.1. Ontwikkelingen op het gebied van techniek en technologie

Septic tanks

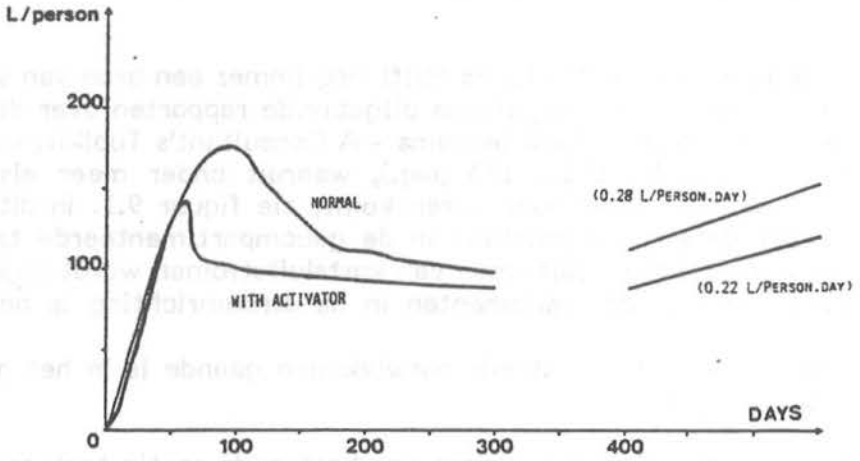
De zeer oude techniek van septic tanks blijft nog immer een bron van studie en ontwikkelingen. Er verschijnen nog steeds uitgebreide rapporten over dit onderwerp, zoals het lijvige 'Septic Tank Systems - A Consultant's Toolkit; volume II, The Septic Tank - (lit. 20, 1984, 123 pag.), waaruit onder meer als nieuwe ontwikkeling de 'meander tank' naar voren komt, zie figuur 9.1. In dit uitvoeringsconcept wordt de stromingsafstand in de gecompartimenteerde tank aanzienlijk verlengd, terwijl het vóórkomen van kortsluitstromen wordt beperkt. De volume-verhouding van de compartimenten in de stroomrichting is ook in dit geval als 2:1:1.
Uit dit voorbeeld blijkt dat nog steeds ontwikkeling gaande is in het optimaliseren van de uitvoeringsvorm.

Nieuwe ontwikkelingen door toevoegingen aan bestaande septic tank technieken zijn:
a. het toepassen van dragermateriaal in septic tanks of in afzonderlijke tanks na de septic tank ('Schwimmfilters');
b. het toevoegen van 'biologische activators' (enzymen) aan septic tanks.

ad a. In Duitse onderzoeken (lit. 21, 22, 23) zijn gunstige resultaten behaald in de verbetering van zuiveringsprestaties van septic tanks, door het toepassen van dragermateriaal in septic tanks of in een nageschakelde unit (anaëroob), zie ook par. 4.2.1. (fig. 10).
Een Duitse leverancier levert een dergelijk systeem, het Anafil$^{(R)}$-Schwimmfiltersysteem. Hierbij worden drijvende, gebakken, poreuze kleikorrels toegepast als dragermateriaal (Blähton; vergelijkbaar met hydrocultuur-korrels). Het materiaal wordt los gestort in één of meerdere compartimenten van de septic tank (niet het eerste), of in een na de septic tank afzonderlijk geplaatste tank, zie fig. 9.2.
Dit systeem is leverbaar in capaciteiten van 5-50 i.e., waarbij wordt uitgegaan van 0,5 m^3 dragermateriaal per i.e.
Door toepassing van het materiaal kunnen de BZV- en CZV-verwijderingsrendementen van de septic tank toenemen tot ca. 40-65% en de rendementen ten aanzien van NKj en P-totaal licht verbeteren, door verbetering van biologische zuiveringsprocessen in de septic tank (vergroting contact water en biomassa).
De toepassing lijkt alleen zinvol als septic tanks als zelfstandige deelzuivering worden toegepast. Voor toepassing bij septic tanks als



Accumulation rate of sludge and effect of a biological activator



Sludge volume and effect of a biological activator

Figuur 9.3.: Effecten van dosering van "biologische activators" aan septic tanks op de slibproduktie.

voorbehandeling in een aëroob biologisch systeem zijn niet of nauwelijks voordelen aanwezig, zie ook het betreffend aanvullend onderzoek in het IBA-onderzoeksproject (lit. 19).

ad b. In Frans onderzoek (lit. 23, 24) wordt het effect van biologische activators (enzymen) op de werking van septic tanks en de primaire slibproduktie nagegaan.
De activatoren versnellen de hydrolyse en methanogene fase van de slibgisting in septic tanks, waardoor het gistingsproces eerder stabiliseert, iets vollediger verloopt en de primaire slibproduktie licht afneemt, zie figuur 9.3.
Deze effecten zijn echter van geringe praktische waarde; de slibberging van een septic tank wordt zelden volledig benut en het slib zal in toenemende mate naar grote RWZI's voor verdere verwerking worden afgevoerd. De winst op de af te voeren hoeveelheid is gering en de nadelen van extra kosten voor de periodieke dosering van de enzymen zullen zwaarder wegen dan de voordelen.

(In)filtratiesystemen

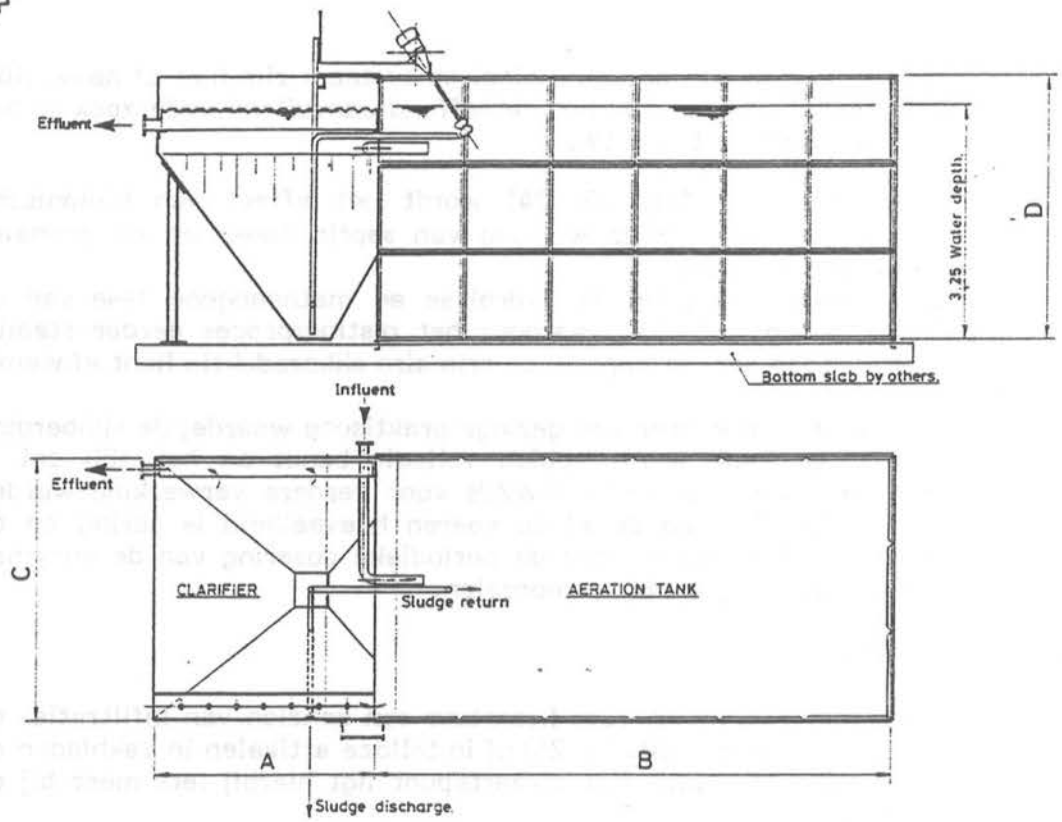
Er verschijnt nog met regelmaat veel literatuur ten aanzien van infiltratie- en filtratiesystemen, in boekvorm (lit. 20, 25) of in talloze artikelen in vakbladen en op congressen (lit. 23, 26, e.a.). Het zwaartepunt ligt hierbij iets meer bij de infiltratiesystemen.
De kennis omtrent de mogelijkheden van deze systemen en de optimale uitvoeringsvorm, dimensionering en bedrijfsvoering neemt (nog) langzaam maar gestaag toe.

Van wezenlijk nieuwe technieken kan bij (in)filtratiesystemen nauwelijks worden gesproken. Blijkens de recente publicaties wordt de meeste aandacht besteed aan toegepast onderzoek naar optimalisatie van bestaande technieken en verbetering van ontwerpgrondslagen.
In veel landen wordt onderzoek uitgevoerd naar een betere afstemming van bodemkarakteristieken en ontwerpgrondslagen voor infiltratiesystemen, bijvoorbeeld door lysimeteronderzoek in Duitsland (lit. 16, zie figuur 4.12.) of worden classificatietabellen opgezet, zoals in Noorwegen (lit. 26) en Nederland (onderdeel van Lozingenbesluit Wbb).

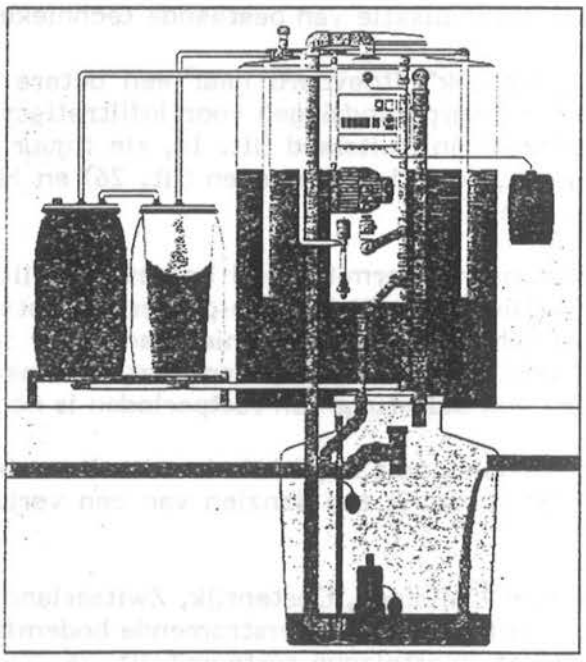
Amerikaanse onderzoeken naar intermitterend bedreven infiltratiekanalen ter verbetering van het nitrificatie/denitrificatie-proces (N-totaal verwijdering) tonen weliswaar de mogelijkheid van deze techniek aan, maar de bedrijfsvoering is nog te complex en de resultaten te weinig standvast. Met name de benodigde frequentie van afwisseling van belastings- en rustperioden is nog moeilijk vast te stellen.
Het is de vraag of deze techniek ooit in praktische zin uitvoerbaar zal zijn. Wel zijn er positieve resultaten mogelijk ten aanzien van een verlengde levensduur van de kanalen.

In diverse landen, ondermeer Duitsland, Oostenrijk, Zwitserland en Denemarken, wordt geëxperimenteerd met horizontaal doorstromende bodemfilters (Root-zone systeem van Kickuth 1983 of "Wortelzone systeem", lit. 26, 27). Zwak punt van dergelijke systemen is de slechte beluchting, omdat het filter permanent onder water staat. Als basisidee lijkt het systeem bruikbaar, maar meer onderzoek is nog benodigd.

Met name in de USA wordt steeds meer gebruik gemaakt van (in)filtratiesystemen met een aanvoer onder druk in plaats van vrij verval (lit. 28).



Figuur 9.4.: Cextair - actief slib systeem.



Figuur 9.5.: Biovac - actief slib systeem.

Voordeel hiervan is een betere distributie van het aangevoerde water over het (in)filtratiegebied. De frequentie en grootte van de dosering is van invloed op de resultaten. Dienaangaande wordt nog onderzoek verricht.

Noorwegen en Canada verrichten onderzoek naar infiltratiesystemen in "permanent-frost" bodems. De resultaten zijn bemoedigend, maar van geen belang voor Nederland.

Actief slib systemen

Met regelmaat verschijnen er nog nieuwe actief slib systemen als compactinstallatie op de markt, algemeen werkend met het principe van "extended aeration". Onderscheid is te maken in systemen met een batchgewijze bedrijfsvoering (vaak met beluchting en bezinking in één ruimte) en continu bedreven systemen (met een afzonderlijke beluchtingsruimte en nabezinkingsruimte).

De nieuw uitgebrachte systemen beogen enerzijds de zuiveringsprestaties te verbeteren (ondermeer verbetering afscheiding van slib of fixatie van slib op dragermateriaal), danwel de procesvoering en de bedrijfszekerheid te verbeteren. De zuiveringstechnologie van het actief slib proces als zodanig wordt weinig aangepast, veelal betreft het uitvoeringstechnische aspecten.

SBR-reactoren (Sequencing Batch Reactoren) genieten in het buitenland, met name USA, Australië, Israël, Frankrijk en Japan, een groeiende populariteit, vooral voor de grotere systemen (lit. 29). Door een intermitterende beluchting toe te passen kunnen in deze systemen een goede N-totaal en P-totaal verwijdering worden verkregen: bijvoorbeeld het ICEAS-systeem in USA (Intermittent Cycle Extended Aeration System: lit. 26). Nadeel blijft echter de noodzaak van deskundige bediening.

Verbeteringen die in ontwikkeling zijn om actief slib systemen te optimaliseren in technisch opzicht, zijn onder meer:

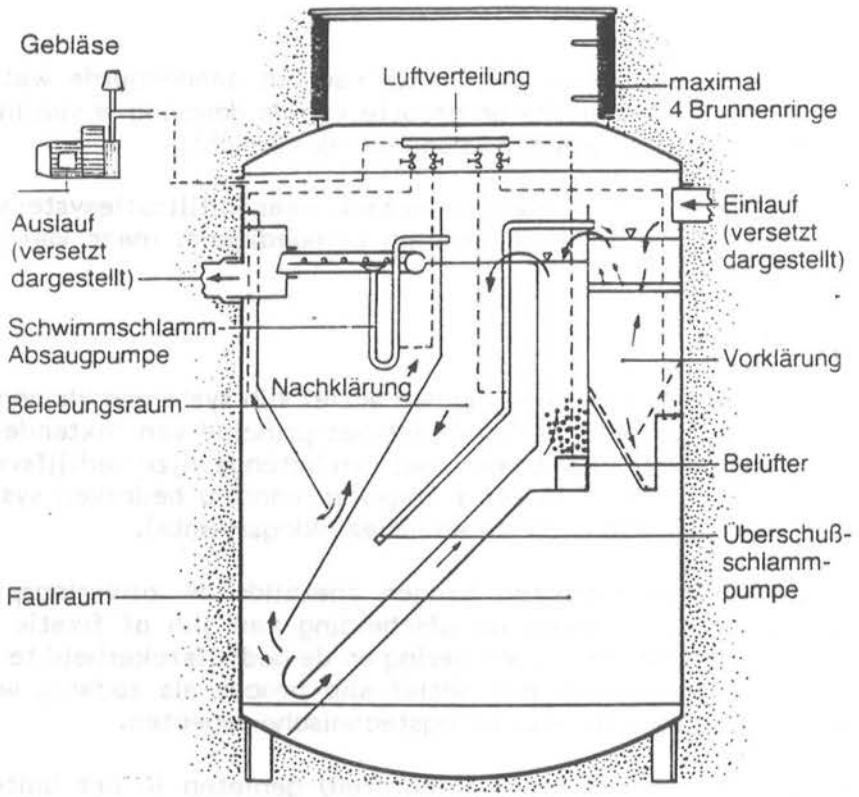
a. Aangepaste vormen van beluchting, bijvoorbeeld:
   - beluchting via "waterstraal-principe", waarbij water door een vijzel wordt opgevoerd en vervolgens via een overstort in stralen op het wateroppervlak wordt gestort. De beluchtingstank is ringvormig (lit. 26):
   - beluchting via "ring-jump principe", een hydraulisch fenomeen waarbij bij de overgang van laminaire naar turbulente stroming lucht wordt aangetrokken (lit. 26).

b. Het toevoegen van dragermateriaal aan de beluchtingsruimte voor aanhechting van biomassa, waardoor minder kans bestaat op slibuitspoeling en meer actieve biomassa per m^3 reactorruimte kan worden gehandhaafd. Voorbeelden:
   - experimenten met schuimplastic blokjes door TNO te Delft;
   - experimenten met "Ring Lace", een kunststof netwerk van draden (klein opvouwbaar voor transport), in Japan (lit. 26).

c. Het toepassen van zo weinig mogelijk bewegende onderdelen.

d. Het toepassen van primaire bezinkingsruimten en beluchtingsapparatuur met grotere bedrijfszekerheid.

e. Als e, en met ingebouwde voorzieningen voor slibgisting in een afzonderlijke ruimte.



Figuur 9.6.: Bio Compact - actief slib systeem.

ad c. Een voorbeeld hiervan is het Nederlandse, op de Aquatech 1988 geïntroduceerde, Cextair systeem, zie figuur 9.4. Het aantal bewegende onderdelen is hierbij teruggebracht tot één element, de Propulsair beluchter, die zowel beluchting, menging, als retour van surplusslib uit de nabezinktank (via opgewerkte onderdruk) verzorgt.
De boven water geplaatste elektromotor van de eenvoudig bereikbare Propulsair propellor zijn eenvoudig te controleren en bieden een goede bedrijfszekerheid.

ad. d. Een voorbeeld hiervan is het Noorse Biovac-systeem, zie fig. 9.5., werkend volgens het SBR-principe. Het systeem is uitgerust met een septic tank voor afscheiding van primair slib. De slibgroei in de beluchtingsruimte is hierdoor geringer, waardoor minder frequent spuislib behoeft te worden afgelaten. Bovendien wordt surplusslib automatisch afgetapt en gedroogd.
De beluchting vindt plaats met een blower, welke - eenvoudig bereikbaar - buiten de reactorruimte is opgesteld. Deze bovengrondse plaatsing komt de bedrijfszekerheid en het controlegemak ten goede.

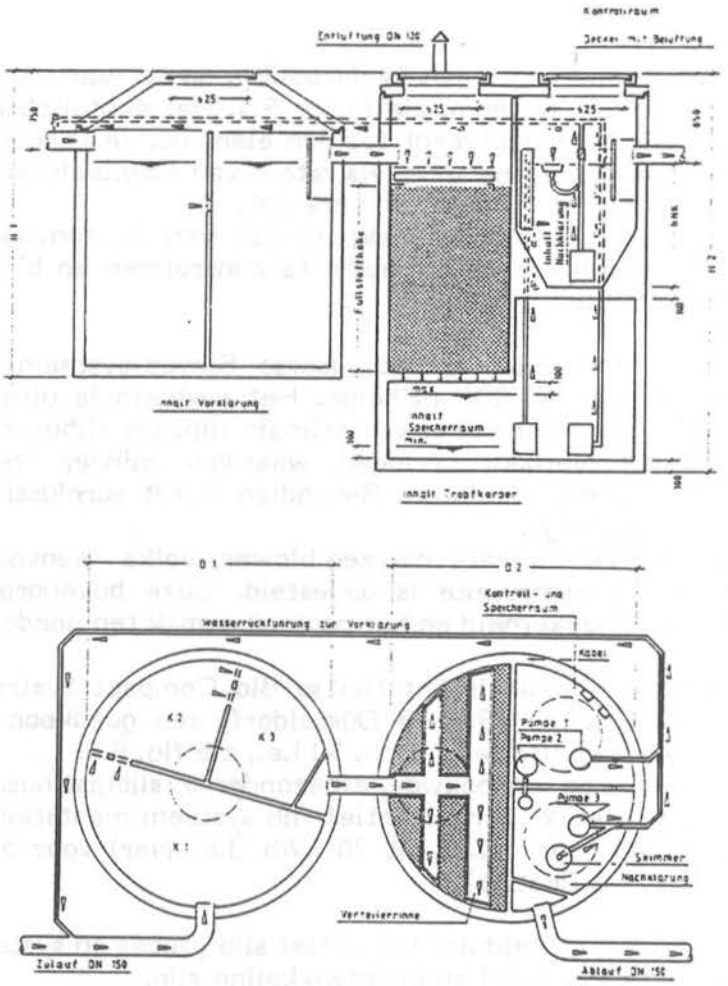
ad. e. Een voorbeeld hiervan is het Duitse Bio Compact Systeem, geïntroduceerd op de Envitec 1986 te Düsseldorf; een goedkoop zéér compact systeem voor capaciteiten tot ca. 50 i.e., zie fig. 9.6.
Bijzonderheid is de ingebouwde, afgezonderde, slibgistingsruimte.
Het energieverbruik is, naar actief slib systeem maatstaven, gering: 230 kWh (i.e. jaar) voor 4 i.e. tot 70 kWh (i.e. jaar) voor 50 i.e. (volgens leveranciersspecificaties).

Samengevat kan worden gesteld dat het actief slib proces en systemen voor deze techniek nog steeds zeer actueel en in ontwikkeling zijn.
De nieuwe ontwikkelingen liggen hoofdzakelijk op het vlak van procesoptimalisatie, kostenreductie en verbetering van de bedrijfszekerheid. Een belangrijk nadeel van het actief slib systeem blijft, ondanks al deze ontwikkelingen, de noodzaak van een redelijk deskundige bedrijfsvoering, waardoor - alle nieuwe ontwikkelingen ten respijt - actief slib systemen nog steeds bij beheer door bewoners feitelijk niet in aanmerking komen.

Slib op drager systemen

Slib op drager systemen genieten internationaal een steeds grotere belasting bij individuele behandeling van afvalwater. Met name de aandacht voor biorotoren is in de afgelopen tien jaar sterk gegroeid.
Niet in de laatste plaats wordt dit veroorzaakt door de eenvoud in de bedrijfsvoering van deze systeemtechnieken, zoals:
a. oxydatiebedden;
b. biorotoren;
c. aërobe filters (submerged aerobic filters/beds).

ad a. De reeds oude techniek van **oxydatiebedden** heeft weinig nieuwe ontwikkelingen doorgemaakt in de afgelopen tien jaar.
Vaak zijn slechts kleine aanpassingen in de uitvoering van bekende compactsystemen aangebracht, ter optimalisatie van de zuiveringsprestaties. Bijvoorbeeld een betere scheiding bij gecombineerde buffer/nabezinkingsruimten in een recirculatiewater-reservoir en een bezinkingsruimte.
Daarnaast zijn oxydatiebed-compactsystemen op de markt gekomen die geheel ondergronds worden geplaatst, waardoor de inpassing in het landschap is verbeterd. De aanvoer naar het oxydatiebed geschiedt in dat geval onder vrijverval, en er is een effluentrecirculatie naar de septic



Figuur 9.7.: Bioclear - oxydatiebed systeem (type: 4 - 20 i.e.)

tank. Een voorbeeld hiervan is het Duitse Bio Clear systeem, voor capaciteiten van 4-50 i.e., zie figuur 9.7. Het is niet goed in te schatten of de beluchtingsvoorziening in dit geval afdoende is, en de controlemogelijkheden in de oxydatiebed-ruimte lijken beperkt.

ad b. **Biorotoren** vormen een vrij jonge techniek, die derhalve nog sterk in ontwikkeling is. De kinderziekten, zoals asbreuk e.d., zijn thans goed overwonnen. Uitvoeringstechnisch vinden echter nog tal van aanpassingen plaats ter optimalisatie van zuiveringsprestaties en bedrijfsaspecten. Doseersystemen voor de aanvoer naar de rotor zijn thans welhaast standaard, veelal betreft dit schepraden.

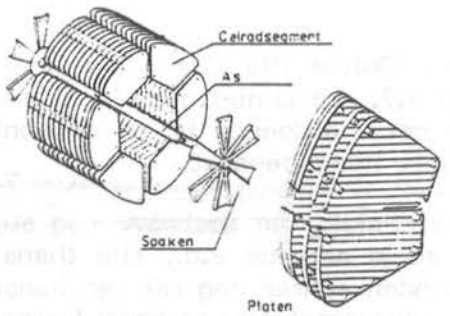
Voorts is er nog steeds een ontwikkeling gaande in de rotor-uitvoering ten aanzien van het dragermateriaal. De traditionele schijven worden gaandeweg steeds vaker vervangen door met elkaar verbonden schijvenpakketten, c.q. cylinders, waarbij het water bij de rotatie wordt meegenomen en, bijvoorbeeld via spiraalvormige kanalen, langzaam weer uit de rotor vrijkomt. Naast een langere contacttijd met de biomassa, wordt hiermee getracht door een grotere spoelwerking het ontstaan van lange slierten biomassa te beperken.

Naast de traditionele schijvenrotoren zijn ook rotoren met kooiconstructies, gevuld met los materiaal, na een experimentele fase (lit. 23) inmiddels op de markt gekomen. Een dergelijk rotortype is nog in het IBA-praktijkonderzoek meegenomen. Tegenover de voordelen, zoals een compactere installatie, staan nadelen als een zwaardere as- en lagerconstructie. Tevens lijkt de ontwerp BZV-belasting wellicht iets lager te moeten liggen dan bij traditionele schijfrotoren (lit. 23). Een goede afweging van voor- en nadelen dient nog te worden uitgevoerd.

Ook het begin tachtiger jaren ontwikkelde Stählermatic-systeem bezit een bijzondere rotor-uitvoeringsvorm, het celradsysteem (zie figuur 9.8.). Feitelijk is dit systeem een combinatie van een actief slib systeem en een biorotor. De rotor is in dit geval voor ca. 80% ondergedompeld in een reactorruimte, tegenover de gebruikelijke 40-50% voor biorotoren. De rotor is in staat lucht in te sluiten, welke onder water weer vrijkomt. Op deze wijze zorgt de rotor voor beluchting van het actief slib mengsel in de reactor. Daarnaast werkt de rotor eveneens als conventionale biorotor.
De praktijkervaring met het systeem is nog gering, de eerste ervaringen in Duitsland waren bemoedigend (lit. 30).

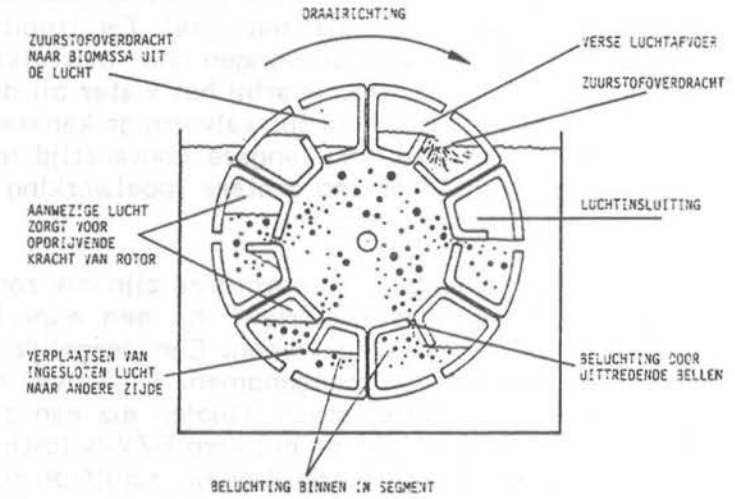
Het eveneens begin tachtiger jaren door een Deense leverancier ontwikkelde New-line biorotorsysteem wijkt van conventionele rotoren af door het ontbreken van een rotorlagering en het gebruik maken van luchtaandrijving voor de rotatie van de rotor, zie figuur 9.9.
Door luchtaanvoer via een compressor naar de holle rotor'as' wordt de rotor drijvende gehouden en door uittreding van de lucht via spiraalvormige kanalen in de rotorsegmenten wordt rotatie bewerkstelligd en vindt extra beluchting plaats. Door regeling van de luchttoevoer wordt de indompeldiepte en de rotatiesnelheid gestuurd. Door het ontbreken van de lagering worden minder mechanische problemen verwacht en is het energieverbruik geringer.

In diverse publicaties wordt bericht over het periodiek omwisselen van de stroomrichting in biorotoren (lit. 26, Zwitserland, lit. 31, USA), zie figuur 9.10. Door deze bijzondere vorm van bedrijfsvoering kunnen een aantal zuiveringstechnische verbeteringen tot stand worden gebracht, bijvoorbeeld:

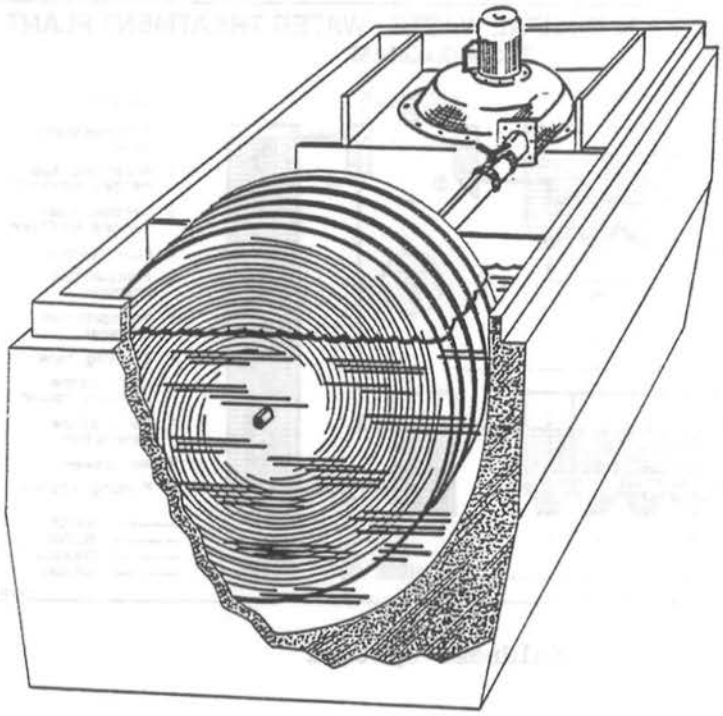


Stählermatic-celradsysteem.

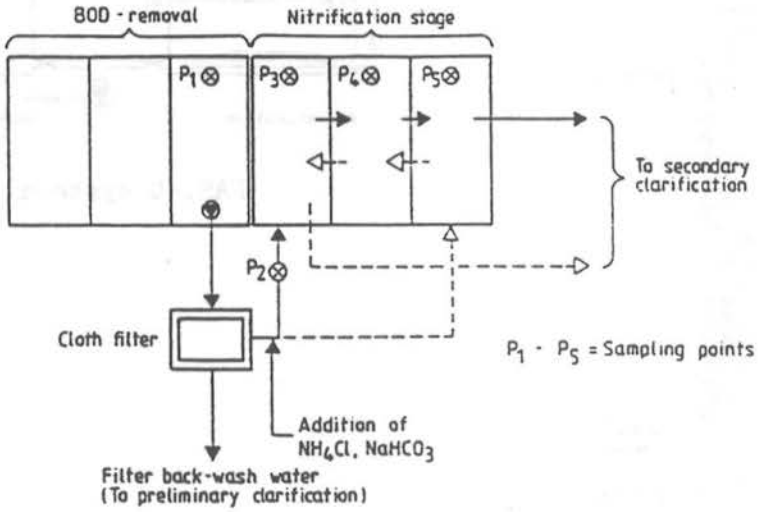
Zuurstofoverdracht in een Stählermatic-celradsysteem.



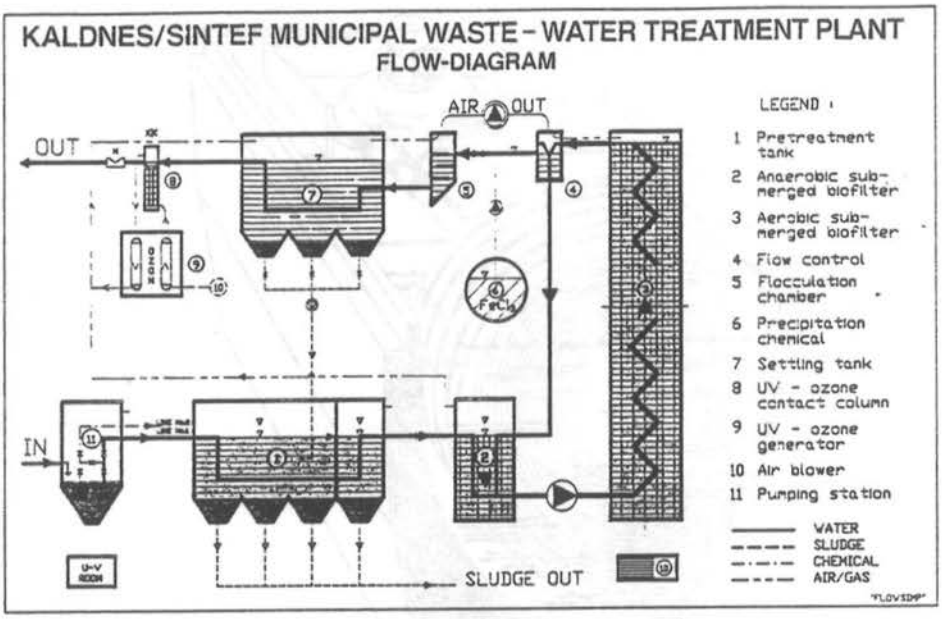
Figuur 9.8.: Stählermatic systeem.



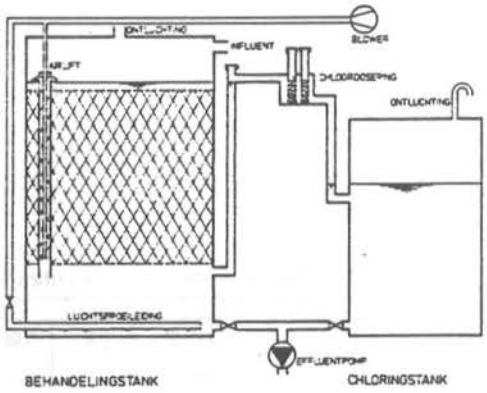
Figuur 9.9.: Newline biorotor.



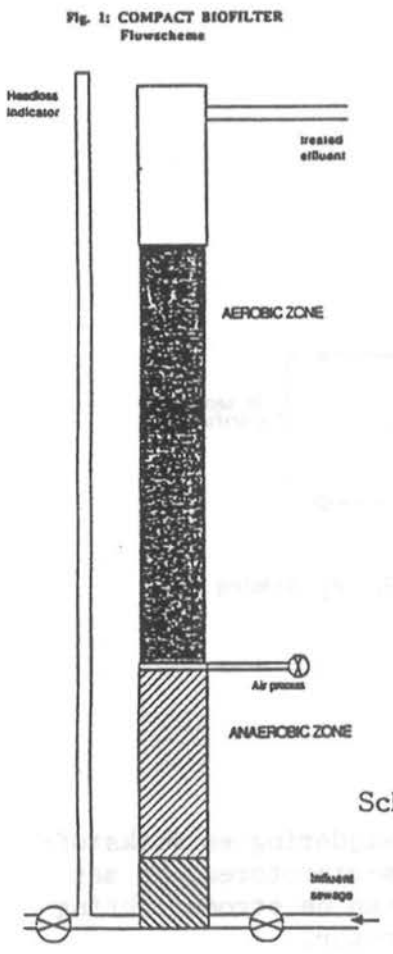
Figuur 9.10.: Scheiding van BZV-verwijdering en stikstof-oxydatie in twee-traps-biorotoren, en met periodieke wisseling van de stroomrichting over de nitrificatie-rotor.



Kaldness-systeem



FAST-D systeem



Schema Biocarbone systeem

Figuur 9.11.: Diverse submerged filter systemen.

- meer evenredige begroeiing van de schijven in de nitrificerende biorotor (rotor 2);
- beter bestand tegen stootbelastingen;
- betere effluentkwaliteit.

Wisseling van de stroomrichting vindt plaats 1x per 7-10 dagen.
Een verdere verbetering van deze techniek kan tot stand worden gebracht door tussen de eerste rotor (C-verwijdering) en de tweede rotor (N-verwijdering) het afvalwater te filtreren met een trommelfilter en op deze wijze de C-afbraak en N-oxydatie duidelijk te scheiden.
Met deze technologie zijn zeer hoge nitrificatie-snelheden te behalen, maximaal 3,3 g/(m^2.d) bij een belasting met 5 g NH_4^+-N(m^2.d).

Naast de genoemde uitvoeringstechnische en zuiveringstechnologische aanpassingen bij biorotoren, zijn er talloze publicaties verschenen over de proceskinetiek in biorotoren, bijvoorbeeld lit. 26, 32 t/m 39 of in meer algemene praktische zin, bijvoorbeeld lit. 15, 26, 40, 41.
Deze publicaties zijn niet specifiek op kleine systemen gericht, maar gelden in meer algemene zin of voor grote biorotorsystemen.

ad c. In de afgelopen tien jaar is de belangstelling voor **aërobe filters** (submerged aërobic filters/beds) weer sterk toegenomen en is ook een toenemend aantal compactsystemen op de markt gekomen (o.a. lit. 26).
Enerzijds is dit wegens teleurstellende eerste ervaringen met biorotoren (thans overwonnen kinderziekten), anderzijds vanwege de eenvoud van het systeem en de redelijke bestuurbaarheid van het proces.

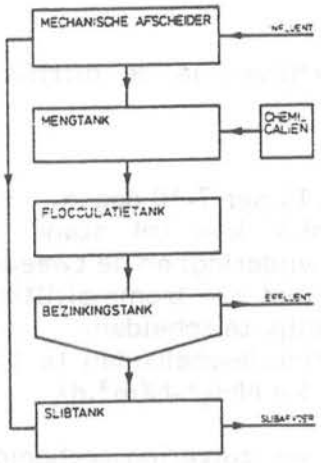
Het dragermateriaal is in deze systemen vast gemonteerd in de reactor, terwijl lucht via diffusors van onder in de tank wordt aangevoerd door compressoren.
Er zijn vele uitvoeringsvormen, eventueel met gescheiden compartimenten (boven of naast elkaar geplaatst) voor het creëren van verschillende beluchtingscondities. Op deze wijze is het goed mogelijk een stabiel nitrificatie/denitrificatieproces te verkrijgen.
Voorbeelden zijn het Kaldness-systeem (Noorwegen), het Biocarbone-proces (Frankrijk) en het FAST-systeem (Nederland), figuur 9.11.

Vijversystemen; riet- en biezenvelden

Vijversystemen staan in buitenland, vooral Duitsland, nog sterk in de belangstelling, met name voor de toepassing bij een sterk wisselende aanvoer van afvalwater, zie o.a. lit. 23, 26, 42 en 43.
Onlangs zijn in Duitsland nieuwe richtlijnen voor het ontwerp van vijversystemen ingevoerd.
Voor de Nederlandse situatie worden vijversystemen echter minder geschikt bevonden, ondermeer vanwege het aanzienlijke terreinverbruik en milieuhygiënische bezwaren.

Riet- en biezenvelden genieten in het buitenland, met name Denemarken, nog een aanzienlijke interesse, zie lit. 23, 26. Ook in Nederland werd rond 1980 nog uitgebreid onderzoek verricht aan dergelijke systemen in de IJsselmeerpolders (lit. 23).
De resultaten blijken echter veelal nog onbevredigend, met name ten aanzien van de verwijdering van nutriënten. In Nederland lijkt de animo voor deze systemen eerder kleiner dan groter te worden, ondermeer vanwege het aanzienlijke terreinverbruik en milieuhygiënische bezwaren.

Ten aanzien van vijver-, riet- en biezenveldsystemen zijn er geen wezenlijke nieuwe technologische ontwikkelingen te melden. Onderzoek aan systemen met waterplanten is echter nog volop gaande.



Blokschema van de AWWU

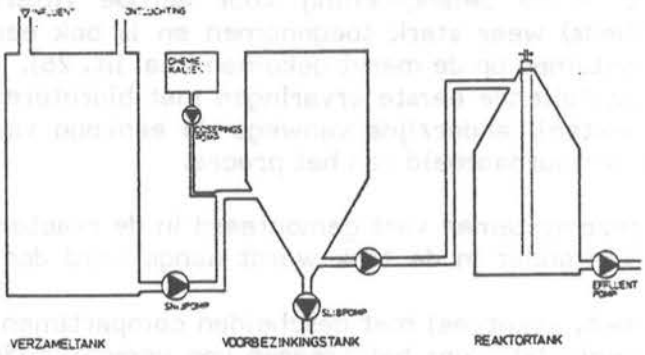
AS Atlas

kapaciteit van 40 personen

ongedeeld afvalwater

De installatie is globaal opgebouwd uit

1. voorbehandelingstank
2. mengtank voor afvalwater en flokkulatiechemicaliën
3. flokkulatietank
4. bezinkingstank
5. slibopslag



Schematische weergave van Edco/Citex Ceak

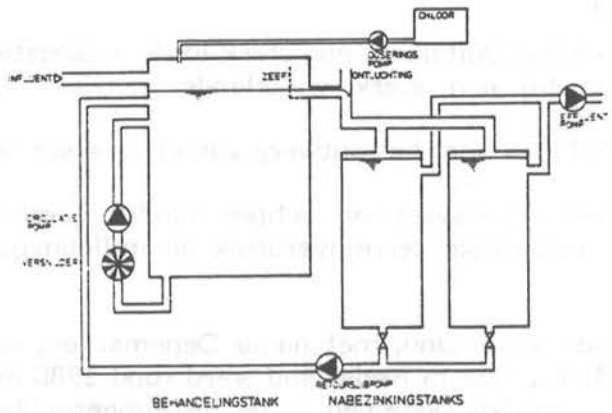
AS Edco

kapaciteit van 170 personen

ongedeeld afvalwater

De installatie bestaat globaal uit

1. verzameltank
2. versnijder en dosering chemicaliën
3. voorbezinkingstank
4. elektrolyse-cel



Schematische weergave van Orca

Effluent Technology Corporation

Orca in 3 modellen (12 - 36 personen)
Orca 2 in 3 modellen (160 - 500 personen).

zwart afvalwater

Het systeem bestaat globaal uit

1. behandelingstank met desinfektie
2. nabezinkingstanks

Figuur 9.12.: Diverse systeemtypen voor fysisch/chemische zuivering (I).

Anaërobe reactoren

Sinds 1985 wordt een uitgebreid onderzoek verricht door RIVM en LUW naar kleinschalige anaërobe zuivering van huishoudelijk afvalwater (lit. 44). De evaluatie van de resultaten worden op korte termijn afgerond.

Fysisch-chemische zuiveringssystemen

In 1984 is een studie afgerond naar technieken en installaties voor de behandeling van sanitair afvalwater, afkomstig van mijnbouwinstallaties (offshore-installaties), zie lit. 45.
Naast traditionele actief slib systemen en slib op drager systemen (biorotor; aëroob filter) betreft het hier tevens fysisch-chemische compact zuiveringsinstallaties. Enkele voorbeelden van deze - in Nederland verkrijgbare -systemen zijn gegeven in figuur 9.12. en 9.13.

De technieken berusten veelal op een combinatie van bezinking, coagulatie en flocculatie of oxydatie in een elektrolysecel, algemeen aangevuld met ontsmetting. De systemen behandelen ofwel ongedeeld afvalwater of uitsluitend zwartwater, afhankelijk van het systeemtype.

Naast voordelen zoals: een korte opstarttijd, onmiddellijk zuiveringsresultaat, toepasbaar bij discontinu gebruik, lage investeringskosten en volautomatische werking, staan nadelen zoals: goede proceskennis benodigd, complex zuiveringsproces met veel bewegende onderdelen, hoge bedrijfskosten en afvoer van chemisch slib.
Hoewel de systemen in principe toepasbaar zijn voor behandeling van huishoudelijk afvalwater bij verspreide lozingen, zijn ten gevolge van de nadelen de praktische toepassingsmogelijkheden beperkt.

In de afgelopen jaren heeft de fysisch/chemische zuivering van huishoudelijk afvalwater vooral in Scandinavische landen toepassing gevonden, hetgeen samenhangt met de klimatologische omstandigheden in deze landen, waardoor biologische zuivering minder mogelijkheden biedt (lit. 26).

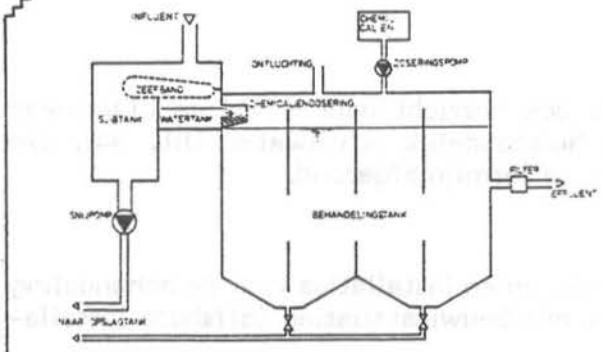
Nullozingssystemen (Zero Discharge)

In de afgelopen jaren zijn nullozingssystemen (zero discharge systemen) van een experimenteel stadium vertaald naar praktische toepassing.
Nullozingssystemen berusten op het principe van evapotranspiratie van (gezuiverd) afvalwater.
De evapotranspiratie kan geschieden in aangepaste mound (= opgehoogd filtratiebed) systemen of bed-systemen na voorbezinking in een septic tank (lit. 46), of door versproeien van gezuiverd afvalwater over grasland of bosculturen (lit. 26).
De wateraanvoer is afgestemd op de evapotranspiratie. In natte perioden van het jaar is tijdelijke opslag van het water benodigd, bijvoorbeeld in vijversystemen. In droge perioden wordt het opgeslagen water mede verwerkt.
In Canada is de toepassing ook mogelijk gebleken voor een met Nederland vergelijkbaar klimaat. De mate van versproeiing van gezuiverd afvalwater over een populierenbos is hierbij gekoppeld aan weersvoorspellingen van een automatisch weerstation (lit. 26).
Hygiëne en ruimtebeslag belangrijke nadelen bij de toepassing.

9.2. Overige ontwikkelingen

Zuiveringsslib

In de afgelopen jaren is internationaal gezien veel aandacht besteed aan de problematiek van verwerking en afzet van zuiveringsslib van kleine zuiveringssystemen en septage-behandeling (septage = mengsel van slib en water uit septic tanks), zie ondermeer lit. 23, 26, 47 t/m 50.



Schematische weergave van Elsan Marine STS 086.

Elsan Marine International

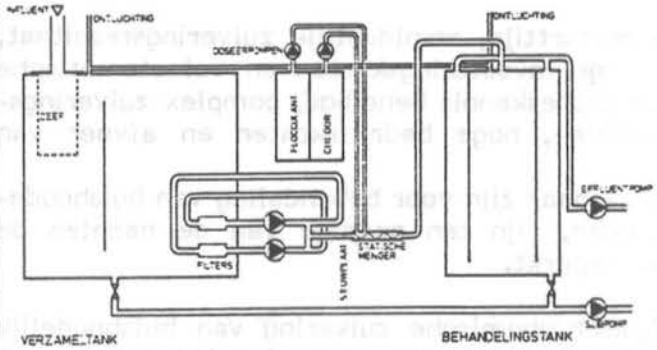
Elsan Marine Sewage Treatment 086

4 modellen (35 - 200 personen)

zwart afvalwater

De installatie bestaat uit

1. slib-waterscheiding
2. behandelingstank met ontsmetting en bezinking
3. filter



Schematische weergave van Marland SS-630.

Marland Environmental Systems

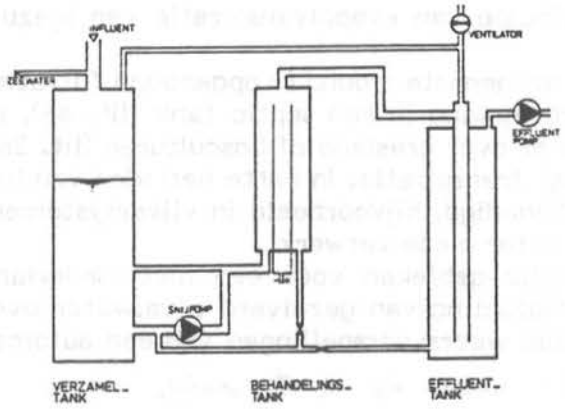
Sani-System

6 modellen (12 - 165 personen)

zwart afvalwater

De installatie is globaal opgebouwd uit

1. grofvuilzeef
2. verzameltank
3. filter
4. mengeenheid voor afvalwater, flocculant en chloor
5. behandelingstank



Schematische weergave van Omnipure.

Sigma Chapman

Omnipure Mini in 2 modellen (7 - 10 personen)
Omnipure M in 6 modellen (13 - 250 personen)

zwart afvalwater

De installatie bestaat globaal uit

1. verzameltank
2. versnijder
3. elektrolyse-cel
4. effluenttank

Figuur 9.13.: Diverse systeemtypen voor fysisch/chemische zuivering (II).

In deze literatuur wordt ondermeer ingegaan op:
- verwerkings- en afzettechnieken;
- slibkarakteristieken;
- dimensionerings- en uitvoeringsgrondslagen voor verwerkingstechnieken;
- invloeden van slib- c.q. septage-aanvoer naar grote RWZI's.

Het is niet mogelijk binnen het kader van onderhavig rapport deze aspecten uitvoerig te belichten.
Als trend is het echter zinvol om aan te geven dat slib-, c.q. septagebehandeling van kleine zuiveringsinstallaties thans als een omvangrijk probleem wordt gezien en de nodige aandacht verdient. Het betreft hier niet alleen een technisch, maar ook een organisatorisch probleem. Door een afname van afzetmogelijkheden van vloeibaar slib in de landbouw neemt de afvoer van zuiveringsslib c.q. septage, van IBA-systemen naar grote RWZI's toe. Hierdoor zullen de nodige aanpassingen benodigd zijn op grote RWZI's, zoals:
- ontvangststations;
- uitbreiding slibverwerkingscapaciteit.

Daarnaast wordt in het buitenland steeds meer aandacht besteed aan:
- afzonderlijke slibdepots c.q. -verwerkingsinstallaties;
- bijzondere wijzen van slibtransport, bijvoorbeeld tankwagens met slibontwateringsapparatuur (lit. 7, 26), zie figuur 9.14.

Een milieuhygiënische verwerking en afzet van het zuiveringsslib van IBA-systemen zal, indien op grote schaal toegepast, de nodige organisatorische en financiële consequenties met zich meebrengen.

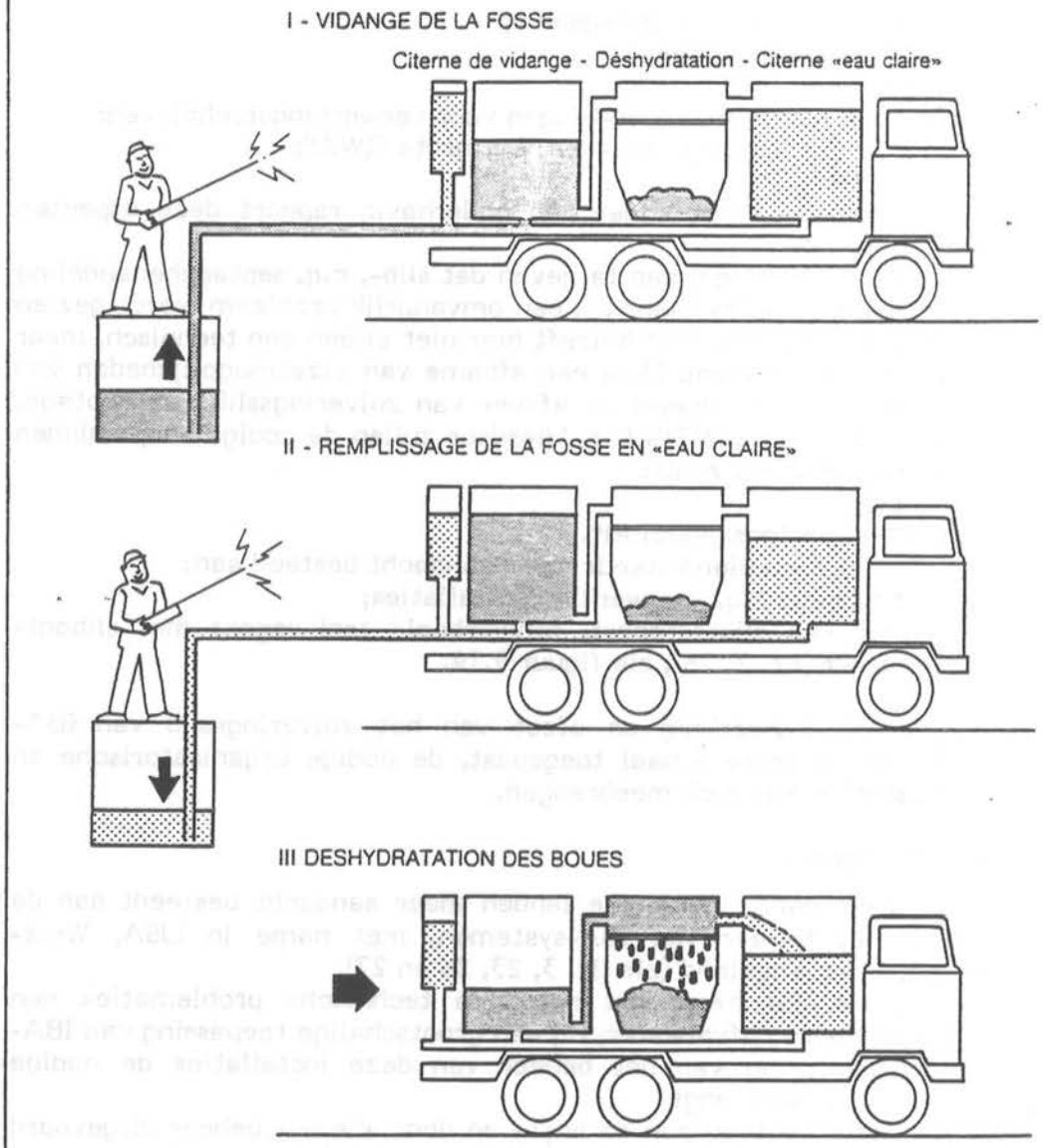
Organisatie van het beheer

In de afgelopen jaren wordt in diverse landen meer aandacht besteedt aan de problematiek van het beheer van IBA-systemen, met name in USA, West-Duitsland, Oostenrijk en Engeland (zie lit. 3, 23, 26 en 27).
In deze landen groeit het besef dat naast de technische problematiek van individuele behandeling van afvalwater, bij een grootschalige toepassing van IBA-systemen ook de uitvoering van het beheer van deze installaties de nodige consequenties met zich meebrengt.
Hierbij wordt aandacht besteed aan de wijze en door wie het beheer uitgevoerd wordt/dient te worden, waarbij de afweging ligt tussen beheer door bewoners of beheer door centrale (overheids)instanties. Algemeen wordt beheer door centrale overheidsinstanties beschouwd als de meest betrouwbare optie, maar de organisatorische en financiële consequenties hiervan zijn zeer groot. Een tussenvorm, die in de USA vaak wordt toegepast, is het beheer door bewoners uit te laten besteden aan deskundige firma's, op basis van een onderhoudscontract.
In West-Duitsland zijn enige algemene voorschriften voor het beheer vastgelegd in de DIN-norm 4261. Hierbij is in het midden gelaten wie de dagelijkse beheerder is, maar periodieke deskundige keuring van het systeem is verplicht gesteld.
In Engeland wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van telemetrie bij het beheer van kleine zuiveringssystemen.

In fase 4A van het totale IBA-onderzoeksproject wordt hier nader aandacht aan besteed (knelpunten IBA).

Lozingseisen effluent

In diverse landen zijn in de afgelopen jaren algemene lozingseisen voor IBA-systemen herzien, bijvoorbeeld Engeland, West-Duitsland, Oostenrijk, Zwitserland.
Dit hangt samen met het geconstateerde gegeven dat IBA-systemen veelal niet voldoen aan algemene lozingseisen voor grotere RWZI's, ondermeer door het meer geconcentreerde influent, zie ook par. 4.1.2.



Figuur 9.14.: "Septage" inzameling met slibontwaterings-tankwagens.
("Septage" = engelse term voor mengsel slib en water uit septic tanks)

Verontreinigingsheffing

Recentelijk is in West-Duitsland een wijziging ingevoerd ten aanzien van de forfaitaire verontreinigingsheffing voor huishoudens, ingeval een IBA-systeem wordt geëxploiteerd door de bewoner. In dat geval zijn de huishoudens vrijgesteld van de forfaitaire verontreinigingsheffing.

Wettelijke regelingen

In Nederland zal de lozing van afvalwater in de bodem verboden worden door invoering van het Lozingenbesluit bodembescherming (Wbb) in 1989/1990. De toepassing van infiltratiesystemen zal hierdoor beperkt worden tot geringe lozingen (tot ca. 10 i.e.), zie ook bijlage V.

9.3. De huidige positie van Nederland ten opzichte van het buitenland

De technische kennis inzake individuele behandeling van afvalwater in Nederland is in de afgelopen tien jaar aanzienlijk gegroeid en op een redelijk vergelijkbaar niveau gekomen met landen die zich reeds langere tijd met deze technieken bezighouden, zoals West-Duitsland, Engeland, Frankrijk, USA.
Tevens wordt in Nederland door middel van fase 4A van het totale IBA-onderzoeksproject de discussie opgestart rond de niet-technische aspecten van individuele behandeling van afvalwater: organisatorische, financiële en juridische aspecten. Hiermee schaart Nederland zich in de groep van een vooralsnog beperkt aantal landen, die zich thans eveneens in deze problematiek verdiepen.
De praktische toepassing van biologische IBA-zuiveringssystemen is in Nederland echter nog beperkt gebleven, vanwege de goede mogelijkheden voor centrale inzameling en behandeling van afvalwater voor het grootste deel van de woonlocaties.

9.4. Evaluatie nieuwe ontwikkelingen

Samengevat kunnen de nieuwe ontwikkelingen in de afgelopen tien jaar als volgt worden gekenschetst:

- Er zijn geen wezenlijk nieuwe technieken of technologiën verschenen.
- Reeds bestaande technieken en technologiën zijn op enkele punten geoptimaliseerd en/of verder uitontwikkeld.
- De toepassing van slib-op-dragertechnieken is sterk gegroeid, met name biorotorsystemen en submerged (aerobic) filtersystemen.
- Infiltratie- en filtratiesystemen zijn en worden nog steeds in ruime mate nader onderzocht en geoptimaliseerd, met name met betrekking tot de samenhang met bodemkarakteristieken.
- Voor beperkte toepassingsgebieden is de aandacht voor fysisch/chemische zuiveringstechnieken gegroeid.
- In vooroplopende landen wordt thans naast de technische aspecten ook meer aandacht geschonken aan niet-technische aspecten op het gebied van organisatie van het beheer, financiën en juridische regelingen, alsmede aan verwerking en afzet van het zuiveringsslib.

1 (West-Duitsland, UK, USA, Oostenrijk)

SYSTEEM	TOEPASSINGSGEBIED	VOORDELEN	NADELEN	MOGELIJKE VERBETERINGEN
0. Septic tank (0,4-1,5 m^3/i.e.)	- bij voorkeur tot 50 i.e. - ongedeeld afvalwater - zwartwater - indien deelzuivering acceptabel is	- lage bouw- en bedrijfskosten - eenvoud controle/bediening/ onderhoud - zeer bedrijfszeker - geen hinder - geen energieverbruik - redelijk bestand tegen stoot-belastingen - goede inpassing in landschap	- geringe zuiveringsprestaties (slechts deelzuivering)	- dragermateriaal in het tweede compartiment (nadeel extra kosten)
1. Infiltratiekanaal-systeem (septic tank + infiltratie-kanaal	- tot 10 i.e. (conform lozingen-besluit Wbb) - ongedeeld afvalwater - grijswater of zwartwater - bij geschikt bodemtype en grondwaterstand (GHG): . verzadigde doorlatenheid 0,5-10 m/d; . GHG 50 cm onder infiltra-niveau	- relatief lage bouwkosten - lage bedrijfskosten - "goede" zuiveringsprestaties - technologisch zeer stabiel - goed bestand tegen stootbelas-ting - eenvoud controle/bediening/ onderhoud - bedrijfszeker - geen energieverbruik - geen hinder - goede inpassing in landschap	- bodemverontreiniging - zeer groot terreinverbruik - terreinonderhoud - toepassing afhankelijk van bodemtype/grondwaterniveau - toestand infiltratiekanaal slecht te controleren - levensduur slecht in te schatten	- aanvoer naar infiltratiekanaal onder druk (nadeel extra kosten)
2. Zakput-systeem (septic tank + zakput)	- tot 10 i.e. (conform lozingen-besluit Wbb) - ongedeeld afvalwater - grijswater of zwartwater - bij geschikt bodemtype en grondwaterstand (GHG): . verzadigde doorlatendheid 1-10m/d; . GHG 1,2 m onder onderkant zakput	- relatief lage bouwkosten - lage bedrijfskosten - "redelijke tot goede" zuive-ringsprestaties - technologisch zeer stabiel - goed bestand tegen stootbelas-ting - eenvoud controle/bediening/ onderhoud - bedrijfszeker - geen energieverbruik - geen hinder - goede inpassing in landschap	- bodemverontreiniging - groot terreinverbruik - toepassing afhankelijk van bodemtype/grondwaterniveau - levensduur slecht in te schatten	- vulling zakput met filterzand (wellicht ten koste van bedrijfs-zekerheid)

Tabel 10.1.: Overzicht van toepassingsgebieden, voor- en nadelen en mogelijke verbeteringen voor diverse IBA-systeemtypen (I).

zie ook II (blz.113a) en III (blz.114a)

10. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

10.1. Conclusies

De belangrijkste resultaten van de evaluatie van het IBA-praktijkonderzoek zijn kort weergegeven in de samenvatting, ingedeeld naar hoofdstuk van het onderhavige rapport. Onderstaand worden slechts de **algemene** conclusies van de evaluatie gegeven.

Een overzicht van voor- en nadelen, toepassingsgebieden en mogelijke technische/technologische verbeteringen van de diverse beschouwde IBA-systeemtypen is gegeven in tabel 10.1.

De evaluatie van het IBA-praktijkonderzoek leidt tot de volgende algemene conclusies:

Zuiveringsprestaties

a. Technisch is het goed mogelijk huishoudelijk of daarmee vergelijkbaar afvalwater individueel te behandelen, waarbij tenminste een biologische basiszuivering wordt bewerkstelligd met een verwijderingspercentage voor biochemisch zuurstofverbruik (BZV) van meer dan 90% en voor totaal zuurstofverbruik (TZV) van meer dan 70%.

b. De met IBA-systemen (septic tanks als deelzuivering uitgezonderd) behaalde verwijderingspercentages zijn van een redelijk vergelijkbare grootte als die van conventionele grote rioolwaterzuiveringsinrichtingen (RWZI's).

c. Ondanks de redelijke tot goede verwijderingspercentages die met IBA-systemen worden behaald, zijn de gemiddelde effluentconcentraties relatief hoog in vergelijking met die van grote RWZI's, ondermeer als gevolg van de veelal hogere influentconcentraties bij IBA-systemen en eventueel de grotere temperatuursgevoeligheid.

d. Het effluent van biologische IBA-systemen levert een aanzienlijk geringere belasting van het oppervlaktewater dan de lozing van ongezuiverd of slechts - via een septic tank - mechanisch gezuiverd afvalwater.

e. Infiltratiesystemen - infiltratiekanaal, zakput - gebruiken een deel van het bodemcompartiment als zuiveringsonderdeel, ten koste van een lokale bodemverontreiniging door met name nutriënten (stikstof, fosfaat).

f. Hoewel het zuiveringsslib van IBA-systemen ten aanzien van zware metaalgehalten algemeen van vergelijkbare of betere kwaliteit is dan het zuiveringsslib van grote RWZI's, zijn incidentele overschrijdingen van normgehalten voor zware metalen bij afzet in de landbouw mogelijk.

Functionele aspecten

g. Alle beschouwde IBA-systeemtypen - infiltratiekanaalsystemen, zakputsystemen, (opgehoogd) filtratiebedsystemen, zandfiltersystemen, biorotorsystemen, oxydatiebedsystemen, actief slibsystemen en systemen voor gescheiden behandeling van afvalwater in composttoiletten en grijswatersystemen - voldoen gemiddeld gezien aan belangrijke functionele eisen bij individuele behandeling van afvalwater: redelijke zuiveringsprestaties en bedrijfszekerheid bij een geringe mate van toezicht.

SYSTEEM	TOEPASSINGSGEBIED	VOORDELEN	NADELEN	MOGELIJKE VERBETERINGEN
3. Opgehoogd filtratiebed-systeem (septic tank + opgehoogd filtratiebed)	- tot ca. 40 i.e. - ongedeeld afvalwater - grijswater of zwartwater	- relatief lage bedrijfskosten - zeer goede zuiveringsprestaties - technologisch zeer stabiel - goed bestand tegen stootbelasting - eenvoud controle/bediening/onderhoud - voldoende bedrijfszeker - geen hinder	- hoge bouwkosten - groot terreinverbruik - terreinonderhoud - levensduur slecht in te schatten	- bij lage grondwaterstand kan ophoging achterwege blijven (sterk kostenbesparend)
4. Zandfiltersysteem (septic tank + zandfilter, intermitterend bedreven)	- tot ca. 25 i.e. (bij beheer bewoner(s)) - ongedeeld afvalwater - grijswater - zandfilter meer geschikt voor nabehandeling effluent (polijsten)	- redelijke zuiveringsprestaties - eenvoud controle/bediening/onderhoud - helder effluent	- hoge bouwkosten - hoge bedrijfskosten - relatief groot terreinverbruik - grote personeelslast onderhoud/controle - seizoensfluctuaties zuiverings-prestaties - winterproblemen mogelijk - grote kans op stankhinder - besmettingsrisico beheerder - periodieke vervanging toplaag filterzand	- overkapping filters (nadeel extra kosten) - lagere hydraulische oppervlaktebelasting/groter filteroppervlak (nadeel extra kosten) - distributie aangevoerd water over filteroppervlak
5. Biorotorsysteem (septic tank + biorotor, incl. nabezinktank of trommelfilter)	- vanaf ca. 5-30 i.e. - ongedeeld afvalwater - grijswater of zwartwater	- relatief lage bouw- en bedrijfskosten - nauwelijks specifieke nadelen - redelijk tot goede zuiveringsprestaties - redelijke eenvoud controle/bediening/onderhoud - redelijk bedrijfszeker - geen hinder - gering terreinverbruik	- weinig specifieke voordelen - kans op uitspoeling licht slib uit nazuivering - seizoensfluctuatie zuiveringsprestaties	- recirculatie van effluent naar septic tank - diverse kleine uitvoeringstechnische aanpassingen (nog in ontwikkeling) - periodieke omkering stromingsrichting
6. Oxydatiebedsysteem (septic tank + oxydatiebed, incl. nabezinktank)	- vanaf ca. 30 i.e. - ongedeeld afvalwater - grijswater of zwartwater	- lage bouwkosten - redelijke zuiveringsprestaties - geen/nauwelijks hinder - gering terreinverbruik	- relatief hoge bedrijfskosten - kans op uitspoeling licht slib uit nabezinktank - sterke seizoensfluctuatie zuiveringsprestaties - matige inpassing in het landschap - hoog energieverbruik - matige bedrijfszekerheid	- verbetering bedrijfszekerheid en energieverbruik door aangepaste pomptechniek - recirculatie van effluent naar de septic tank

Tabel 10.1.: Overzicht van toepassingsgebieden, voor- en nadelen en mogelijke verbeteringen voor diverse IBA-systeemtypen (II).

zie ook I (blz.112a) en III (blz.114a)

h. De beschouwde systemen vertonen ten aanzien van afzonderlijke functionele aspecten - zuiveringsprestaties, bedrijfsaspecten (controle- en onderhoudslast, eenvoud van bediening, bedrijfszekerheid), hinder voor de omgeving, terreinverbruik - aanzienlijke verschillen, waardoor afhankelijk van de specifieke plaatselijke omstandigheden bepaalde systemen voorkeur verdienen (zie overzichten tabellen 8.1. en 10.1.).

i. De waardering voor de afzonderlijke functionele aspecten van de beschouwde systemen is niet of nauwelijks afhankelijk van de systeemgrootte, alleen ten aanzien van de onderhoudslast is de waardering hiervan afhankelijk.

j. De gemiddelde waardering voor de functionele aspecten - in algemene zin, zonder restricties - is in afnemende volgorde het hoogst voor:
- infiltratiesystemen (zakput; infiltratiekanaal);
- biorotorsystemen;
- (opgehoogd) filtratiebedsystemen; actief slib systemen;
- oxydatiebedsystemen; systemen voor gescheiden afvalwaterbehandeling;
- zandfiltersystemen.

Kosten

k. De totale kosten, en de opbouw van deze kosten uit kapitaals- en bedrijfskosten, van de beschouwde IBA-systeemtypen kunnen sterk onderling verschillen en zijn hierdoor sterk bepalend bij de keuze uit diverse IBA-systemen.

l. De totale kosten zijn sterk afhankelijk van de systeemgrootte. De kosten per inwonerequivalent (i.e.) dalen sterk bij toename van de capaciteit, vooral in de range van 5-50 i.e.
Derhalve is het zinvol om mogelijkheden te onderzoeken voor een kleinschalige centrale behandeling van meerdere individuele lozingen.

m. In de range van 5-200 i.e. liggen de kosten voor de beschouwde IBA-sytemen, afhankelijk van systeemtype en -grootte, in de volgende range (deelzuiveringssystemen uitgezonderd):
- bouwkosten (exclusief aansluiting, grondaanschaf, advies, O.B.): 500 - 8.550 gld/i.e.;
- totale bedrijfskosten voor personeel, onderhoud, slibverwijdering en energie (exclusief O.B.): 20 - 780 gld/(i.e.jaar);

n. Uit de kostenvergelijking van de beschouwde IBA-systemen (deelzuiveringssystemen uitgezonderd) volgt:
- tot ca. 100-130 i.e. zijn infiltratiesystemen (zakput; infiltratiekanaal) het goedkoopst; voor grotere capaciteiten zijn compactsystemen (biorotor, oxydatiebed, actief slib systemen) het goodkoopst;
- het zakputsysteem is 0-10% goedkoper dan het infiltratiekanaalsysteem;
- het biorotorsysteem is in de range van 5-200 i.e. ca. 10% goedkoper dan het oxydatiebedsysteem en ca. 15-65% goedkoper dan het actief slibsysteem;
- tot 100 i.e. is het biorotorsysteem 0-100% duurder dan infiltratiesystemen;
- filtratiesystemen (opgehoogd filtratiebed; zandfilters) en systemen voor gescheiden afvalwaterbehandeling zijn vanaf 15 i.e. de duurste systemen.

o. In praktijk kunnen nog duidelijke besparingen worden bereikt op bouwkosten (ondermeer door standaardisatie) en bedrijfskosten (ondermeer afhankelijk van de organisatie van het beheer).

SYSTEEM	TOEPASSINGSGEBIED	VOORDELEN	NADELEN	MOGELIJKE VERBETERINGEN
7. Actief slibsysteem (extended aeration, batch-bedrijf beluchting/bezinking in 1 tank)	- vanaf ca. 100 i.e. - ongedeeld afvalwater of zwartwater (na grofvuilverwijdering en voorbezinking of bij toepassing "versnijdende" pomp) - grijswater	- lage bouwkosten - goede zuiveringsprestaties - geen/nauwelijks hinder - zeer gering terreinverbruik - goede inpassing in landschap mogelijk	- hoge bedrijfskosten - deskundigheid bij controle/bediening/onderhoud - troebel effluent - kans op slibuitspoeling - matige bedrijfszekerheid - zeer hoog energieverbruik	- dragermateriaal in beluchtingstank voor fixatie actief slib, in combinatie met continue bedrijfsvoering en afzonderlijke -ruim gedimensioneerde- nabezinking met automatische slibretour
8a. Compostoilet	- 1 per woning (hoofdzakelijk bij nieuwbouw), tot 10 à 15 i.e. (2 à 3 stuks) - minder geschikt voor publieke doeleinden zonder dagelijks toezicht - zwartwater	- eenvoud controle/bediening/onderhoud - bedrijfszeker - waterbesparing - hergebruik compost (na rijping) - ondanks technologische problemen procesvoering, duidelijke reductie milieubelasting	- grote personeelslast - lange opstartperiode - hinder van insecten - kelder noodzakelijk (beperkt toepassingsmogelijkheden bij bestaande bebouwing) - slechts deelzuivering - compostvocht zwaar organisch verontreinigd	- verbetering procesomstandigden (ventilatie composthoop, toevoeging bulkmateriaal) - verbetering onderhoudsmogeheden, c.q. toegankelijkheid composthoop voor bedrijfsactiviteiten - automatische aftap overtollig compostvocht - scheiding urine en faeces - isolatie
8b. Grijswatersysteem (aëroob filter + vloeikas)	- per woning binnenshuis installatie mogelijk (hoofdzakelijk bij nieuwbouw) - bij meerdere bronnen afzonderlijke centrale plaatsing buitenshuis, vanaf 5 i.e. - grijswater	- lage bouw- en bedrijfskosten - zeer goede zuiveringsprestaties - redelijke eenvoud controle/bediening/onderhoud - geen hinder - gewasteelt op vloeikas mogelijk, maar consumptie af te raden	- gevoelig voor piekbelastingen - matige bedrijfszekerheid - slechts deelzuivering	- hogere ontwerpbelasting, c.q. kleiner systeem mogelijk - vereenvoudiging opzet door gebruikmaking standaard units - buffercapaciteit voor opvangen piekbelastingen
8c. Systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling (8a + 8b)	- tot ca. 10 à 15 i.e. (hoofdzakelijk bij nieuwbouw) - ongedeeld afvalwater - zie voorts opmerkingen bij 8a en 8b	- zeer goede zuiveringsprestaties - redelijke eenvoud controle/bediening/onderhoud - waterbesparing - hergebruik compost (na rijping) - gewasteelt op vloeikas mogelijk, maar consumptie af te raden	- hoge bouw- en bedrijfskosten - lange opstartperiode compost- - hinder van insecten - kelder noodzakelijk (beperkt toepassingsmogelijkheden bij bestaande bebouwing - behandeling/afvoer compostvocht	- zie 8a + 8b - voorziening voor behandeling compostvocht (evt. in grijswatersysteem)

Tabel 10.1.: Overzicht van toepassingsgebieden, voor- en nadelen en mogelijke verbeteringen voor diverse IBA-systeemtypen (III).

zie ook I (blz.112a) en II (blz.113a)

Toepasbaarheid

p. Tot ca. 100 i.e. bieden infiltratiesystemen (zakput; infiltratiekanaal) algemeen de gunstigste combinatie van kosten en functionaliteit. De invoering van het Lozingenbesluit bodembescherming zal toepassing van deze systemen beperken tot ca. 10 i.e.

q. Boven 100 i.e., of wanneer infiltratie uit oogpunt van bodemkarakteristieken of ingevolge het Lozingenbesluit bodembescherming niet mogelijk is, biedt het biorotorsysteem algemeen de gunstigste combinatie van kosten en functionaliteit.

r. De overige systeemtypen vertonen soms slechts geringe verschillen ten opzichte van de systeemtypen genoemd in p en q inzake de combinatie van functionaliteit en kosten, en bieden derhalve mogelijkheden als alternatief.

s. De beschouwde systeemtypen bieden in principe ook toepassingsmogelijkheden voor met huishoudelijk afvalwater vergelijkbaar bedrijfsafvalwater of seizoenslozingen in de recreatieve sector. Specifieke aanpassingen kunnen in deze gevallen echter noodzakelijk zijn.

Nieuwe ontwikkelingen

t. In de afgelopen 10 jaar zijn geen wezenlijke nieuwe zuiveringstechnieken ontwikkeld voor individuele behandeling van afvalwater. Wel zijn er uitvoeringstechnische en technologische verbeteringen tot stand gebracht.

u. De aandacht voor aeroob/anaeroob submerged filtersystemen is in de afgelopen jaren aanzienlijk toegenomen als mogelijk geschikt alternatief voor biorotorsystemen.

v. In vooroplopende landen inzake individuele behandeling van afvalwater is in de afgelopen jaren het besef gegroeid dat naast de technische aspecten, de organisatorische aspecten van het beheer en de verwerking en afzet van het zuiveringsslib van IBA-systemen sterk bepalend zijn bij grootschalige toepassing van IBA-systemen en navenant veel aandacht behoeven.

~~Literatuur~~ 02.: [redacted]
(West-Duitsland, [redacted] UK, USA, Oostenrijk)

10.2. Aanbevelingen

1. In breed verband dient in de waterkwaliteitsbeheerssector aandacht besteed te worden aan de uitzonderlijke positie van systemen voor individuele behandeling van afvalwater. Hierbij dient met name de aandacht uit te gaan naar:
   - inpassing van deze systemen in wettelijke voorschriften, locale verordeningen en beleidsplannen;
   - de beheersvormen van deze systemen, c.q. de organisatie van het beheer;
   - de taakstelling voor de realisatie van deze systemen, c.q. de verdeling van kosten;
   - de te stellen lozingseisen in relatie tot de haalbare prestaties:
   - inpassing van deze systemen in het heffingstelsel verontreinigingsheffing ingevolge de WVO;
   - de verwerking en afzet van het zuiveringsslib van deze systemen;
   - de controle op een juiste bedrijfsvoering c.q. het voldoen aan lozingseisen.

   Een grootschalige implementatie van IBA-systemen zal slechts tot uiting kunnen komen als knelpunten voortkomende uit genoemde aandachtspunten en de financiering bevredigend zijn opgelost en de oplossingen een brede ondersteuning ondervinden. Een uniforme benadering van individuele behandeling van afvalwater strekt hierbij tot aanbeveling.
   In fase 4A van het IBA-onderzoeksproject is een inventarisatie van mogelijke knelpunten uitgevoerd. De hieruit volgende rapportage kan als aanzet voor een verdere brede discussie worden gehanteerd.
   De oplossingsgerichte uitwerking van deze knelpunten kan in één of meerdere werkgroepen met een brede samenstelling van rijksoverheden, waterkwaliteitsbeheerders, gemeenten, belangengroeperingen en deskundige adviseurs plaatsvinden.

2. De aanzet in fase 4B van het IBA-onderzoeksproject tot richtlijnen voor ontwerp, uitvoering, onderhoud en beheer IBA-systemen zal op korte termijn nader uitgewerkt dienen te worden tot landelijk geaccepteerde richtlijnen. Hiertoe kan een werkgroep met een brede samenstelling uit betrokken instanties en organisaties en deskundige adviseurs worden geformeerd.

3. Het verdient aanbeveling op de Nederlandse markt verkrijgbare IBA-systemen te (laten) toetsen aan landelijk geaccepteerde richtlijnen (zie 2.) en bij goedkeuring te voorzien van een keurmerk.

4. Ten behoeve van sanering van resterende verspreide lozingen in buitengebieden verdient het aanbeveling regionale studies uit te (laten) voeren. In deze studies is een integrale beschouwing nodig van mogelijkheden voor inzameling, transport en behandeling van afvalwater, waarbij IBA-systemen naast rioleringssystemen als alternatief worden meegenomen. Kleinschalige gecentraliseerde behandeling van meerdere individuele lozingen kan hierbij in financieel en organisatorisch opzicht aantrekkelijk zijn.

5. Ondermeer door de invoering van het Lozingenbesluit bodembescherming is voor de categorie lozingen van 5 - ca. 50 i.e. met individuele behandeling van afvalwater in biologische systemen een zware financiële last gemoeid. Ontwikkeling van goedkope, bedrijfszekere IBA-systemen voor deze categorie lozingen is gewenst.

6. Het verdient aanbeveling eenvoudige methoden te onderzoeken voor een verdergaande stikstof- en fosfaatverwijdering voor grotere IBA-systemen (vanaf ca. 100 i.e.). Hierdoor kunnen bezwaren ten aanzien van de nutriëntbelasting van oppervlaktewateren worden gereduceerd.

5. De ontwikkeling van bedrijfszekere kleine afvalwaterpompen met een debiet kleiner dan 5 m^3/uur voor toepassing in IBA-systemen is gewenst.

6. ~~Nader onderzoek naar de praktijkprestaties van submerged filtersystemen is gewenst. Deze systemen bieden goede mogelijkheden voor een vergaande stikstofverwijdering, bij een eenvoudige bedrijfsvoering. Gezien de recentelijke goede ervaringen in het buitenland met deze systemen, verdient het aanbeveling dit systeemtype alsnog toe te voegen aan de onderzochte systeemtypen van het IBA-praktijkonderzoek en op één à twee praktijkinstallaties een gelijksoortig onderzoek uit te voeren.~~

7. De mogelijkheid van behandeling van seizoensmatige lozingen in IBA-systemen dient beter te worden bestudeerd. Mede door de invoering van het Lozingenbesluit bodembescherming zal een aanzienlijk aantal voorzieningen in de recreatieve sector gedwongen zijn de lozing van afvalwater in de bodem te staken en naar alternatieven om te zien.
Het onderzoek kan deels als literatuurstudie, deels als praktijkonderzoek worden uitgevoerd en dient binnen een kort tijdsbestek te worden uitgevoerd. Een alternatief is door bezoeken in buitenland eveneens voldoende betrouwbare informatie te verkrijgen.

8. ~~Nader (literatuur)onderzoek naar de~~ mogelijkheden van verwerking van grote hoeveelheden septage (slibwatermengsel) of zuiveringsslib van septic tanks en IBA-systemen op grote rioolwaterzuiveringsinrichtingen, toegespitst op de nederlandse situatie.

6. In het buitenland zijn submerged filtersystemen in (hernieuwde) belangstelling komen te staan als alternatief voor biorotorsystemen. Deze systemen bieden goede mogelijkheden voor een vergaande stikstofverwijdering, bij een eenvoudige bedrijfsvoering. Gezien de goede ervaringen in het buitenland met deze systemen, verdient het aanbeveling aandacht te schenken aan deze ontwikkeling

11. LITERATUUR

1. Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne; "Individuele behandeling van afvalwater bij verspreide bebouwing", onderzoek fase 1: "Verkennende studie", deelproject "Behandelingssystemen en oppervlaktewaterverontreiniging"; interimrapporten 1, 2, 3 en samenvattend eindrapport. RIB-HR-01-01/RIB-DR-01-02/RIB-DR-01-03/RIB-DR-01-04; 1981.

2. STORA: "Het inwonerequivalent getoetst"; Rijswijk; 1985.

3. DIN 4261 "Kleinkläranlagen", Teil 1-4:
   - Teil 1: Anlagen ohne Abwasserbelüftung; Anwendung, Bemessing und Ausführung; Oktober 1983;
   - Teil 2: Anlagen mit Abwasserbelüftung; Anwendung, Bemessung, Ausführung und Prüfung; Juni 1984;
   - Teil 3: Anlagen ohne Abwasserbelüftung; Betrieb und Wartung; Oktober 1983;
   - Teil 4: Anlagen mit Abwasserbelüftung; Betrieb und Wartung; Juni 1984.

4. ATV; Arbeitsblatt A122; "Grundsätze fur Bemessung, Bau und Betrieb von kleinen Kläranlagen mit aerober biologischer Reinigungsstufe für Anschlusswerte zwischen 50 und 500 Einwohner"; Dezember 1974.

5. BSCP 6297: "British Standard Code of Practice for Design and Installation of Small Sewage Treatment Works and Cesspools"; October 1983.

6. EPA; "Design Manual: Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems", EPA.625/1-80-012; October 1980.

7. Ministère de L'Environment et du Cadre de Vie, Agence de Bassin Loire-Bretagne, France; "L'Assainissement individuel, principes et techniques actuelles, étude interangences"; Octobre 1980.

8. CBS; "Waterkwaliteitsbeheer, deel b zuivering van afvalwater 1985", 's Gravenhage, staatsuitgeverij; 1987.

9. TNO; "Ontwikkeling van een testmethode voor de invloed van stoffen in de huishouding op de biologische werking van septic tanks"; rapport nr. R88/068; 1988.

10. Ministerie VROM; "Individuele behandeling van afvalwater bij verspreide bebouwing", onderzoek fase 2B: "Praktijkonderzoek naar infiltratietechnische aspecten en kwaliteitsbeïnvloeding van het bodemsysteem"; eindrapport, 1988.

11. Ministerie VROM; "Individuele behandeling van afvalwater bij verspreide bebouwing", onderzoek fase2B: "Uitvoering praktijkonderzoek", deelrapport "Functioneren behandelingssystemen onder praktijkomstandigheden en oppervlaktewaterverontreiniging"; eindrapport; publicatiereeks milieubeheer rapport nr.5/1988; 's Gravenhage, staatsuitgeverij, 1988.

12. Koot, A.C.J.; "Behandeling van afvalwater"; Delft, uitgeverij Waltman, 1980.

13. Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, band 63, A. Begert; "Kleine Belebungsanlagen mit einem Anschlusswert bis 500 Einwohnergleichwerte".

14. Bucksteeg, K.: "Suitability of different biological systems"; Preprints conference on design and operation of Small Wastewater Treatment Plants; Trondheim, Norway. uitgeverij Tapir, June 1989.

15. RIZA, "Biorotoren", rapportnr. 85-14, 1984.

16. Ebers, T. en Bisschofsberger, W.; "Wastewater treatment by soil adsorption systems; poster conference on design and operation of Small Wastewater Treatment Plants; Trondheim, Norway, June 1989.

17. Witteveen+Bos; "Individuele behandeling van afvalwater bij verspreide bebouwing", fase 4: "Voorbereiding implementatie; deelproject 4A: "Knelpunten"; knelpuntennotitie IBA; Deventer, 1989.

18. Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne; "Individuele behandeling van afvalwater bij verspreide bebouwing", onderzoek fase 1: "Verkennende studie", deelproject: "Infiltratie in de bodem en bodemverontreiniging"; samenvattend eindrapport. RIB-HR-01-05; 1981.

19. Witteveen+Bos; "Individuele behandeling van afvalwater bij verspreide bebouwing", onderzoek fase 2C.1: "Aanvullend onderzoek bij het praktijkonderzoek IBA"; Deventer; 1989.

20. Thimothy Winneberger, J.H.; "Septic Tank Systems - A Consultant's Toolkit",
Vol. I: Subsurface Disposal of Septic-tank Effluents;
Vol. II: The Septic Tank;
USA, Ann Arbor Science Book, 1984.

21. Bischofsberger, W. en Rettinger, S.; "Untersuchungen der Reinigungsleistung von Kleinkläranlagen nach dem Anafil^{R} - Schwimmfiltersystem; 1985.

22. Geiger, H.; "Verbesserung der Reinigungsleistung von Kleinkläranlagen durch das anaerobe Schwimmfilter Anafil^{R}; Abwassertechnik, 45, Heft 2; 1984.

23. "Behandeling van afvalwater van kleine gemeenschappen", CEBEDEAU, 35^{e} internationale studiedagen, Luik, België; mei 1982.

24. Philip, H., e.a.; "The Role and Performance of Septic Tanks in Individual Sanitation: Effect of Biological Activators"; Wat.Sci. Techn., vol.19, 1987.

25. EPA; "Design Manual Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems"; EPA-625/1-80-012; October 1980.

26. "Small Wastewater Treatment Plants"; Conference preprints of the proceedings, Trondheim, Noorwegen; Uitgeverij Tapir; juni 1989.

27. Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, band 71; W. Biffl; "Wasserversorgung und Abwasserreinigung in kleinen Verhältnissen"; 22^{e} OWWV-Seminar, Ottenstein, Oostenrijk; april 1987.

28. "Alternative Wastewater Treatment; low-cost small systems, research and development", proceedings of the conference, Oslo, Noorwegen, ed. by Eikum/Seabloom; D. Reidel Publishing Company; Sept. 1981.

29. Melcer, H. e.a.; "Conversion of small municipal wastewater treatment plants to sequencing batch reactors"; Journal Water Pollution Control Federation; Febr. 1987.

30. Rijnart, F.W.A.M.; "Het Stählermatic systeem, een integratie van actief-slib en het slib-op-dragersysteem"; H_2O (19) nr. 26; 1986.

31. Bandy, J.T. en Scholze, R.J.; "Effects of periodically reversing the flow through an RBC"; Journal Water Pollution Control Federation; vol. 55, nr.12. december 1983.

32. Harremoes, P.; "BSB-Umsetzung und Nitrikation an Scheibentauch-körpern - Bemessung und Mass-stabserfassung; " GWF-Wasser/Abwasser, 125, H5, 1984.

33. Rittmann, B.E., e.a.; "Temperature effects on oxygen transfer to rotating biological contractors; "Journal WPCF, vol.55, nr.13, maart 1983.

34. Klemetson, S.L. en Lang, M.E.; "Treatment of saline wastewaters using a rotating biological contactor; "Journal WPCF, Vol. 56, nr. 12, dec. 1984.

35. Watanabe, Y., e.a.; "Mathematical model of simultaneous organic oxidation, nitrification and denitrification in rotating biological contactors"; Wat. Sci. Tech., Vol.11, 1984.

36. Bovendeur, J. e.a.; "Mechanisms and kinetics of COD-removal and simultaneous oxygen consumption in a rotating biological contactor film"; Wat.Sci. Tech. in druk; LU-Wageningen, 1988.

37. Wijlhuizen, E. en Nelissen, C.; "Globale ontwerpgrondslagen van biorotoren voor RWZI's"; H_2O(16), nr. 21. 1983.

38. Wouda, T.W.M.; "Stikstofverwijdering met biorotoren"; H_2O(15), nr. 22; 1982.

39. Hack, P.J.F.M. en Klapwijk, A.; "CZV-elimanatie en nitrificatie van anaeroob voorgezuiverd huishoudelijk afvalwater met biorotoren"; H_2O(17), nr. 18; 1984.

40. Wouda, T.W.M.; "Biorotoren"; H_2O(20), nr. 16; 1987.

41. EWPCA/IAWPRC-Seminar "Rotating Biological Contactors", okt. 1983. Fellbach; samenvatting in Korrespondenz Abwasser, 1/1984.

42. ATV, Arbeitsblatt A201; "Grundsatze fur Bemessung Bau und Betrieb von Abwaserteichen für kommunales Abwasser", 1986.

43. Bucksteeg, K.; "German experiences with sewage treatment ponds"; Wat. Sci.Techn., Vol.19, nr. 12; 1987.

45. Ministerie VROM/Witteveen+Bos; "Studie naar technieken en installaties voor de behandeling van sanitair afvalwater afkomstig van mijnbouwinstallaties"; 1984.

46. "Individual On-site Wastewater Systems", ed.by McLelland, N.T.; Ann Arbor Science Books; 1980.

47. EPA; "Handbook Septage Treatment and Disposal"; EPA-625/6-84-009; 1984.

48. ATV; Arbeitsblatt A123; "Behandlung und Beseitigung von Schlamm aus Kleinkläranlagen"; juni 1985.

49. Bischofsberger, W.; "Stand der Technik bei anaeroben Kleinkläranlagen"; Anaerobe Abwasser- und Schlammbehandlung - Biogastechnologie; Oldenburger Verlag, München/Wien; 1983.

50. Resch, H.; "Technische Fragen bei der Behandlung von Schlamm aus Hauskläranlagen"; ATV Landesgruppen - Tagungen, no.35; 1983.

51. "Alternative Waste Treatment Systems", proceedings of the International Conference held at Massey University, Palmerston North, New Zealand, May 26-27; 1988.

52. Kruijff, G.J.W. de; "The design of septic tank systems with effluent disposal options"; INS/84/605, USIS, Bandung, Indonesia; december 1985.

53. STORA; "Vereenvoudiging van kleine rioolwaterzuiveringsinrichtingen"; Den Haag; 1988.

54. ATV; Arbeitsblatt A135; "Gründsätze fur die Bemessung von Tropfkörpern und Tauchkörpern mit Anschlusswerten über 500 Einwohnergleichwerten", maart 1989.

12. OVERZICHT VAN RAPPORTEN IBA-ONDERZOEKSPROJECT

Algemene titel rapporten: "Individuele behandeling van afvalwater bij verspreide bebouwing".

12.1. Uitvoering Witteveen+Bos

A. Fase 1: Verkennende studie

Deelproject: Behandelingssystemen en oppervlaktewaterverontreiniging; Publicatiereeks "rioleringen", Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne:

- 1e interimrapport: stand van zaken betreffende zuiveringssystemen voor kleine hoeveelheden huishoudelijk afvalwater (RIB-DR-02); 1982;
- 2e interimrapport: veldonderzoek van zuiveringssystemen voor kleine hoeveelheden afvalwater (RIB-DR-03); 1982.
- 3e interimrapport: kostenstudie voor geselecteerde zuiveringssystemen voor kleine hoeveelheden huishoudelijl afvalwater (RIB-DR-04); 1982.
- samenvattend eindrapport (RIB-HR-01-01); 1981.

B. Fase 2A: Voorbereiding praktijkonderzoek

- Interimrapportage, maart 1982.
- Interimrapport II, juni 1982.
- Eindrapport, maart 1983.
- Bijlagen bij eindrapport: dossiers van onderzoeksobjecten 1 t/m 10 (maart 1983).
- Bijlagen bij eindrapport: dossiers van onderzoeksprojecten 11 t/m 20 (maart 1983).

C. Fase 2B: Uitvoering praktijkonderzoek

- Tussenrapport; deel A (tekst) en deel B (grafieken); januari 1986.

- Notitie: Ervaring bewoners met kleine zuiveringssystemen; oktober 1986.

- Notitie: Waterkwaliteitsaspecten effluent-ontvangende wateren; november 1986.

- Werkrapporten:
  - Kleine zuiveringsinstallatie aan de Brinkweg te Kampen (mei 1987);
  - Kleine zuiveringsinstallatie aan de Oude Postweg te Ambt-Delden (april 1987);
  - Kleine zuiveringsinstallatie aan de Lochemseweg te Epse (februari 1987);
  - Kleine zuiveringsinstallatie aan de Rode Dijk te Arcen (mei 1987);
  - Kleine zuiveringsinstallatie aan de Oude Willem te Appelscha (mei 1987);
  - Kleine zuiveringsinstallatie aan de Vanenburgerallee te Putten (januari 1987);
  - Kleine zuiveringsinstallatie aan de 's Gravenlandseweg te Weest (maart 1987);
  - Kleine zuiveringsinstallatie van de ir. A.P. Minderhoudhoeve te Swifterbant (april 1987);
  - Kleine zuiveringsinstallatie van de Keverdijk te Weesp (januari 1987);
  - Kleine zuiveringsinstallatie bij een tankstation aan de rijksweg A58 Breda-Roosendaal (maart 1987);
  - Kleine zuiveringsinstallatie aan de Zutphen-Emmerikseweg te Steenderen (maart 1987);
  - Komposttoilet aan de Grevelingen (juni 1987);

  - Kleine zuiveringsinstallatie aan de Rechte Hondbosschelaan te Heiloo (juni 1987);
  - Kleine zuiveringsinstallatie aan de Lage Mierdseweg te Esbeek (juni 1987).
- Samenvattend eindrapport: Functioneren behandelingssystemen onder praktijkomstandigheden. Publicatiereeks Milieubeheer Ministerie VROM, nr. 5, 1988.

D. Fase 2C: Evaluatie praktijkonderzoek

- Werkrapporten:
  2C 1.5. - Recirculatie van effluent naar de septic tank (september 1989).
  2C 1.8. - Influentaanvoer (mei 1989).
  2C 1.9. - Invloed van dragermateriaal in de septic tank (april 1989).
  2C 1.16 - Veldonderzoek naar de invloed van middelen voor machinale afwas op de werking van septic tanks (maart 1989).
  2C 2.1. - Kostenvergelijking systemen:
  - deelrapport A: Basisgegevens bouw- en bedrijfskosten (juni 1989);
  - deelrapport B: Kostenvergelijking (juni 1989).

  2C 2.2. - Standaardisatie (juni 1989).
  2C 2.3. - Benodigde vergunningen voor realisatie van kleinschalige zuiveringsinstallatie bij verspreide bebouwing (juni 1989).
  2C 3.1. - Terugkoppeling resultaten praktijkonderzoek (juni 1989).
  2C 4 - Toepasbaarheid (juli 1989).
- Samenvattend eindrapport: Aanvullend onderzoek bij het praktijkonderzoek IBA (2C1); september 1989.
- Samenvattend eindrapport: Evaluatie van het praktijkonderzoek IBA; (2C2/3/4); september 1989.

E. Fase 4A: Knelpunten

- Knelpuntennotitie IBA; juni 1989.
- Nota van Toelichting bij knelpuntennotitie IBA (bijlagen O-11); juni 1989.

12.2. Uitvoering IWACO

A. Fase 1: Verkennende studie

Deelproject: Infiltratie in de bodem en bodemverontreiniging;
Publicatiereeks "rioleringen", Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne:
- 1e interimrapport (RIB-DR-06); 1982;
- 2e interimrapport (RIB-DR-07); 1982;
- 3e interimrapport (RIB-DR-08); 1982;
- samenvattend eindrapport (RIB-HR-01-05).

B. Fase 2A: Voorbereiding praktijkonderzoek

- Proefonderzoek naar het effect van infiltratie van huishoudelijk afvalwater op de kwaliteit van het bodemsysteem:
  - Werkversie eindrapport:
    deel A (tekst) en deel B (figuren en tabellen); januari 1983.
  - Bijlage rapport minifilters; december 1982.
  - Eindrapport:
    deel A (tekst) en deel B (bijlagen en tabellen); mei 1984.

- Landelijke enquete uitvoering en functioneren van individuele behandelingssytemen met infiltratie van huishoudelijk afvalwater in de bodem; augustus 1984.

Fase 2B/2C : Uitvoering en evaluatie praktijkonderzoek

- Voortgangsrapport, deel A (tekst) en deel B (figuren en tabellen); maart 1986.

- Concept-eindrapportage (werkrapport); Uitvoering praktijkonderzoek; deel A (tekst) en deel B (bijlagen en figuren); maart 1987.

- Eindrapport: Praktijkonderzoek naar infiltratietechnische aspecten en kwaliteitsbeïnvloeding van het bodemsysteem; mei 1988.

12.3. Uitvoering TNO

Fase 2C1: Aanvullend onderzoek

- Ontwikkeling van een testmethode voor de invloed van stoffen in de huishouding op de biologische werking van septic tanks; TNO-rapport nr.R88/068; februari 1988.

Fase 3: Stoffenonderzoek

- De invloed van bijzondere stoffen op individuele afvalwaterzuiveringssystemen; TNO-rapport A200; juni 1985.

besteding voor

BIJLAGE I: Frequenties en tijdlasten van controle-, bedienings- en onderhoudswerkzaamheden IBA-systemen, bij capaciteiten van 5, 20, 50 en 200 i.e.

5 i.e.	Bedieningscontrole		Klein onderhoud		Slibafvoercontrole		Terreinonderhoud		Periodiek onderhoud e/m - onderdelen		Totaal (max.)	
	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar
Septic tank	2	1	2	0,5	0,2-0,7	0,2-0,7	-	-	-	-	2,2-2,7	1,7-2,2
Infiltratiekanaal-systeem	4	3	2	1	0,3	0,3	3	4,5	-	-	5,3	8,8
Zakput-systeem	4	3	2	1	0,3	0,3	3	1,5	-	-	5,3	5,8
Opgeh. filtratiebed-systeem	6	4,5	2	1	0,3	0,2	3	6	2	2	6	13,7
Zandfilter-systeem	20	10	20	10	0,3	0,1	3	2,3	2	2	20	24,4
Biorotor-systeem	12	9	6	3,0-3,6	0,7-1,3	-	3	1,5	1	1-2	12	14,5-16,1
Oxydatiebed-systeem	12	12	6	3,0-3,6	0,7-1,3	-	3	1,5	2	2-4	12	18,5-21,1
Actief slib-systeem	12	15	6	1,5	1,5	-	3	1,5	2	4	12	22
Syst. voor gescheiden afvalwaterbehandeling												
a. composttoilet (zwart)[1]	6	1,5	6	6	*	-	-	-	0-1	0-0,5	6	7,5-8
b. aeroob filter+vloeikas (grijs)[2]	12	6	12	6	0,5	-	3	1,5	1	1,5	12	15
c. totaal (a+b)	12	7,5	12	12	(0,5)	-	3	1,5	1	1,5-2	12	22,5-23

1) 1 per woning

2) centraal

I.1.: Frequenties en tijdslasten van controle-, bedienings- en onderhoudswerkzaamheden IBA-systemen, excl. reistijden; capaciteit 5 i.e.

20 i.e.	Bedieningscontrole		Klein onderhoud		Slibafvoercontrole		Terreinonderhoud		Periodiek onderhoud e/m - onderdelen		Totaal (max.)	
	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar
Septic tank	2	1	2	0,5	0,7-0,7	0,4-0,7	-	-	-	-	2,2-2,7	1,9-2,2
Infiltratiekanaal-systeem	4	3	2	1	0,3	0,5	3	9	-	-	5,3	13,5
Zakput-systeem	4	3	2	1	0,3	0,5	3	2,3	-	-	5,3	6,8
Opgeh. filtratiebed-systeem	6	4,5	2	1	0,3	0,3	3	12	2	2	6	19,8
Zandfilter-systeem	20	10	20	15	0,3	0,1	3	4,5	2	2	20	31,6
Biorotor-systeem	12	9	6	3,0-3,6	0,7-1,3	-	3	1,5	2	2-4	12	15,5-18,1
Oxydatiebed-systeem	12	12	6	3,0-3,6	0,7-1,3	-	3	1,5	2	2-4	12	18,5-21,1
Actief slib-systeem	17	21,3	8	2	6	-	3	1,5	2	4	17	28,8
Syst. voor gescheiden afvalwaterbehandeling												
a. composttoilet (zwart)[1]	4x6	6	4x6	24	*	-	-	-	0-4x1	0-2	10,5	30-32
b. aeroob filter+vloeikas (grijs)[2]	12	9	12	12	0,5	-	3	2,3	1	1,5	12	24,8
c. totaal (a+b)	12	15	12	36	(0,5)	-	3	2,3	1	1,5-3,5	12	54,8-56,8

1) 1 per woning

2) centraal

I.2.: Frequenties en tijdslasten van controle-, bedienings- en onderhoudswerkzaamheden IBA-systemen, excl. reistijden; capaciteit 20 i.e.

50 i.e.	Bedieningscontrole		Klein onderhoud		Slibafvoercontrole		Terreinonderhoud		Periodiek onderhoud e/m - onderdelen		Totaal (max.)	
	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar
Septic tank	2	1	2	0,5	0,2-0,7	0,8-1,1	-	-	-	-	2,2-2,7	2,3-2,6
Infiltratiekanaal-systeem	4	3	2	1	0,3	0,8	3	15	-	-	5,3	19,8
Zakput-systeem	4	3	2	1	0,3	0,8	3	3	-	-	5,3	7,8
Opgeh. filtratiebed-systeem	8	6	2	1,5	0,3	0,6	3	24	2	2	11	34,1
Zandfilter-systeem	30	15	20	30	0,3	0,2	3	7,5	2	2	30	54,7
Biorotor-systeem	12	9	6	3,0-3,6	0,7-1	0-0,5	3	2,3	2	2-4	12	16,8-18,9
Oxydatiebed-systeem	12	12	6	4,5-5,1	0,7-1,3	-	3	2,3	2	2-4	12	20,9-23,3
Actief slib-systeem	21	26,3	10	2,5	6	-	3	1,5	2	4	21	34,3
Syst. voor gescheiden afvalwaterbehandeling												
a. composttoilet (zwart)[1]	10x6	15	10x6	60	*	-	-	-	0-10x1	0-5	25,5	75-80
b. aeroob filter+vloeikas (grijs)[2]	12	12	12	18	1	-	3	3,8	1	1,5	12	35,3
c. totaal (a+b)	25,5	27	25,5	78	(1)	-	3	3,8	1	1,5-6,5	25,5	110,3-115,3

1) 1 per woning

2) centraal

I.3.: Frequenties en tijdslasten van controle-, bedienings- en onderhoudswerkzaamheden IBA-systemen, excl. reistijden; capaciteit 50 i.e.

200 i.e.	Bedieningscontrole		Klein onderhoud		Slibafvoercontrole		Terreinonderhoud		Periodiek onderhoud e/m - onderdelen		Totaal (max.)	
	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar	Freq. per jaar	Tijdslast uur/jaar
Septic tank	2	2	2	1	0,2-0,7	2,1-2,7	-	-	-	-	2,2-2,7	5,1-5,7
Infiltratiekanaal-systeem	4	6	2	1,5	0,3	2,4	3	36	-	-	7,3	45,9
Zakput-systeem	4	6	2	1,5	0,3	2,4	3	9	-	-	5,3	18,9
Opgeh. filtratiebed-systeem	12	18	3	3	0,3	1,9	3	72	2	6	21	100,9
Zandfilter-systeem	50	37,5	25	100	0,3	0,9	3	21	2	4	50	163,4
Biorotor-systeem	17	17	9	6,8-7,7	0,7-1,3	1,5-2,2	3	6	2	2-4	17	34-36,2
Oxydatiebed-systeem	24	24	12	12,0-13,2	0,7-1,3	1,2-2	3	6	2	2-4	24	46-48,4
Actief slib-systeem	24	30	12	3	4,8	2,4	3	3	2	4	24	42,4
Syst. voor gescheiden afvalwaterbehandeling												
a. composttoilet (zwart)[1]	40x6	60	40x6	240	*	-	-	-	0-40*1	0-20	106,5	300-320
b. aeroob filter+vloeikas (grijs)[2]	17	17	17	51	4	-	3	9	1	1,5	17	78,5
c. totaal (a+b)	106,5	77	106,5	291	(4)	-	3	9	1-3	1,5-21,5	106,5	378,5-398,5

1) 1 per woning

2) centraal

I-4

I.4.: Frequenties en tijdslasten van controle-, bedienings- en onderhoudswerkzaamheden IBA-systemen, excl. reistijden; capaciteit 200 i.e.

BIJLAGE II: Bouwkosten van diverse IBA-systeemtypen bij capaciteiten van 5, 15, 30, 50, 100 en 200 i.e.

II.1. - Septic tank, klein (0,4 m^3/i.e.)
- Septic tank, groot (1,2 m^3/i.e.)

II.2. - Septic tank, zeer groot (3,5 m^3/i.e.)
- Infiltratiekanaal-systeem

II.3. - Zakput-systeem
- Opgeh. filtratiebed-systeem

II.4. - Zandfilter-systeem
- Biorotor-systeem

II.5. - Oxydatiebed-systeem
- Actief slib systeem

II.6. - Composttoiletten (1 per woning)
- Grijswater systeem (centraal)

TOELICHTING BIJ BOUWKOSTEN-TABELLEN

Bouwkosten in guldens, prijspeil 1987

Inclusief :
- een afvoerleiding van 25 m, uitgezonderd infiltratiesystemen en composttoiletten;
- gemiddelde bemalingskosten, uitgezonderd infiltratiesystemen;
- algemene bouwplaatskosten en winst/risico (10%) van de aannemer.

Exclusief :
- aanvoerleiding(en) en aansluiting perce(e)l(en);
- toegangsweg;
- hek + draaideur;
- grondaanschafkosten;
- vergunningen en verzekeringen;
- advieskosten en grondonderzoek;
- omzetbelasting (thans 18,5%).

ABK = algemene bouwplaatskosten
c.a. = cum annexis (=met toebehoren)
c = civiele bouwkosten
e/m = bouwkosten elektro-mechanische onderdelen

Voor nadere omschrijving van de onder de betreffende kostenplaatsen opgenomen onderdelen/activiteiten wordt verwezen naar paragraaf 7.1.1.

Raadgevende ingenieurs
Witteveen + Bos

Interne brief

Aan

Van

Datum

Onderwerp

ALLE INF. SYSTEMEN OP KLASSE IV
beperkt omvang
IK 0,2 - 0,3 $m^3/m^2.\varnothing$

OTB altijd 0,2

Paraaf

Antwoord

Paraaf

	5 i.e.			15 i.e.			30 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. grond- en leidingwerk	3580	-	3580	4210	-	4210	4650	-	4650
2. septic tank c.a.	4580	-	4580	7580	-	7580	8930	-	8930
3. -	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. ABK + winst/risico	3210	-	3210	3580	-	3580	3760	-	3760
TOTAAL	11370	-	11370	15370	-	15370	17340	-	17340

	50 i.e.			100 i.e.			200 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. grond- en leidingwerk	5050	-	5050	6700	-	6700	10130	-	10130
2. septic tank c.a.	9880	-	9880	17400	-	17400	32900	-	32900
3. -	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. ABK + winst/risico	3890	-	3890	5400	-	5400	8000	-	8000
TOTAAL	18820	-	18820	29500	-	29500	51030	-	51030

bouwkosten : septic tank, klein formaat (ca. 0,4 m^3/i.e.)

	5 i.e.			15 i.e.			30 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. grond- en leidingwerk	4210	-	4210	5050	-	5050	6700	-	6700
2. septic tank c.a.	7580	-	7580	9880	-	9880	17400	-	17400
3. -	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. ABK + winst/risico	3580	-	3580	3890	-	3890	5400	-	5400
TOTAAL	15370	-	15370	18820	-	18820	29500	-	29500

	50 i.e.			100 i.e.			200 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. grond- en leidingwerk	9490	-	9490	13660	-	13660	20540	-	20540
2. septic tank c.a.	30740	-	30740	51100	-	51100	101600	-	101600
3. -	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. ABK + winst/risico	7720	-	7720	11230	-	11230	18350	-	18350
TOTAAL	47950	-	47950	75990	-	75990	140490	-	140490

bouwkosten : septic tank, groot formaat (ca. 1 - 1,5 m^3/i.e.)

	5 i.e.			15 i.e.			30 i.e.		
	c	e/a	totaal	c	e/a	totaal	c	e/a	totaal
1. grond- en leidingwerk	5050	-	5050	7520	-	7520	11530	-	11530
2. septic tank c.a.	9880	-	9880	26230	-	26230	47910	-	47910
3. -	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. ABK + winst/risico	3890	-	3890	6480	-	6480	10340	-	10340
TOTAAL	18820	-	18820	40230	-	40230	69780	-	69780

	50 i.e.			100 i.e.			200 i.e.		
	c	e/a	totaal	c	e/a	totaal	c	e/a	totaal
1. grond- en leidingwerk	16840	-	16840	29050	-	29050	48770	-	48770
2. septic tank c.a.	73780	-	73780	139950	-	139950	265900	-	265900
3. -	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. ABK + winst/risico	14390	-	14390	24230	-	24230	40580	-	40580
TOTAAL	105010	-	105010	193230	-	193230	355250	-	355250

bouwkosten : septic tank, zeer groot formaat (ca. 3,5 m^3/i.e.)

	5 i.e.			15 i.e.			30 i.e.		
	c	e/a	totaal	c	e/a	totaal	c	e/a	totaal
1. grond- en leidingwerk	4300	-	4300	7760	-	7760	14820	-	14820
2. septic tank c.a.	7580	-	7580	9880	-	9880	19360	-	19360
3. infiltratiekanaal c.a.	3910	-	3910	11130	-	11130	21600	-	21600
4. ABK + winst/risico	4950	-	4950	7320	-	7320	12180	-	12180
TOTAAL	20740	-	20740	36090	-	36090	67960	-	67960

	50 i.e.			100 i.e.			200 i.e.		
	c	e/a	totaal	c	e/a	totaal	c	e/a	totaal
1. grond- en leidingwerk	26370	-	26370	48990	-	48990	87960	-	87960
2. septic tank c.a.	32500	-	32500	58500	-	58500	105300	-	105300
3. infiltratiekanaal c.a.	35430	-	35430	65130	-	65130	117780	-	117780
4. ABK + winst/risico	18630	-	18630	31030	-	31030	53320	-	53320
TOTAAL	112930	-	112930	203650	-	203650	364360	-	364360

bouwkosten : septic tank + infiltratiekanaal

	5 i.e.			15 i.e.			30 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. grond- en leidingwerk	2110	-	2110	5600	-	5600	8900	-	8900
2. septic tank c.a.	7580	-	7580	9880	-	9880	17400	-	17400
3. zakput c.a.	4780	-	4780	14200	-	14200	27360	-	27360
4. ABK + winst/risico	4330	-	4330	7230	-	7230	11000	-	11000
TOTAAL	18800	-	18800	36910	-	36910	64660	-	64660

	50 i.e.			100 i.e.			200 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. grond- en leidingwerk	12660	-	12660	24490	-	24490	45270	-	45270
2. septic tank c.a.	30740	-	30740	51100	-	51100	101600	-	101600
3. zakput c.a.	39960	-	39960	76300	-	76300	138600	-	138600
4. ABK + winst/risico	15380	-	15380	25200	-	25200	43950	-	43950
TOTAAL	98740	-	98740	177090	-	177090	329420	-	329420

bouwkosten : septic tank + zakput

	5 i.e.			15 i.e.			30 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. grond- en leidingwerk	11920	-	11920	18830	-	18830	28680	-	28680
2. septic tank c.a.	7580	-	7580	9880	-	9880	17400	-	17400
3. opgehoogd filtr.bed c.a.	8310	8040	16350	20060	8790	28850	36150	9600	45750
4. ABK + winst/risico	6150	800	6950	10400	880	11280	14930	960	15890
TOTAAL	33960	8840	42800	59170	9670	68840	97160	10560	107720

	50 i.e.			100 i.e.			200 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. grond- en leidingwerk	38330	-	38330	65310	-	65310	99480	-	99480
2. septic tank c.a.	30740	-	30740	51100	-	51100	101600	-	101600
3. opgehoogd filtr.bed c.a.	55080	10600	65680	103260	17990	121250	194650	26280	220930
4. ABK + winst/risico	20310	1060	21370	34550	1800	36350	56840	2630	59470
TOTAAL	144460	11660	156120	254220	19790	274010	452570	28910	481480

bouwkosten : septic tank + opgehoogd filtratiebed

	5 i.e.			15 i.e.			30 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. grond- en leidingwerk	8830	-	8830	12170	-	12170	15790	-	15790
2. septic tank c.a.	7580	-	7580	9880	-	9880	17400	-	17400
3. zandfilters c.a.	8470	8040	16510	17610	8790	26400	34620	9600	44220
4. ABK + winst/risico	6560	800	7360	10190	880	11070	14790	960	15750
TOTAAL	31440	8840	40280	49850	9670	59520	82600	10560	93160

	50 i.e.			100 i.e.			200 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. grond- en leidingwerk	21670	-	21670	30480	-	30480	51700	-	51700
2. septic tank c.a.	30740	-	30740	51100	-	51100	101600	-	101600
3. zandfilters c.a.	52570	10600	63170	97500	11640	109140	184190	19640	203830
4. ABK + winst/risico	20770	1060	21830	33950	1160	35110	56410	1960	58370
TOTAAL	125750	11660	137410	213030	12800	225830	393900	21600	415500

bouwkosten : septic tank + zandfilter (intermitterend)

	5 i.e.			15 i.e.			30 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. grond- en leidingwerk	5850	-	5850	6410	-	6410	7970	-	7970
2. septic tank c.a.	4580	-	4580	7580	-	7580	8930	-	8930
3. biorotor c.a.	1500	13000	14500	1700	20500	22200	1900	29000	30900
4. ABK + winst/risico	4080	-	4080	4450	-	4450	5000	-	5000
TOTAAL	16010	13000	29010	20140	20500	40640	23800	29000	52800

	50 i.e.			100 i.e.			200 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. grond- en leidingwerk	9760	-	9760	12250	-	12250	18190	-	18190
2. septic tank c.a.	9880	-	9880	17400	-	17400	32900	-	32900
3. biorotor c.a.	2200	44000	46200	2700	62500	65200	3500	80000	83500
4. ABK + winst/risico	5770	-	5770	7530	-	7530	10560	-	10560
TOTAAL	27610	44000	71610	39880	62500	102380	65150	80000	145150

bouwkosten : septic tank + biorotor

	5 i.e.			15 i.e.			30 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. grond- en leidingwerk	4840	-	4840	5450	-	5450	6200	-	6200
2. septic tank c.a.	4580	-	4580	7580	-	7580	8930	-	8930
3. oxydatiebed c.a.	1500	10400	11900	1700	15400	17100	1900	24500	26400
4. ABK + winst/risico	3970	-	3970	4360	-	4360	4590	-	4590
TOTAAL	14890	10400	25290	19090	15400	34490	21620	24500	46120

	50 i.e.			100 i.e.			200 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. grond- en leidingwerk	7470	-	7470	9800	-	9800	14460	-	14460
2. septic tank c.a.	9880	-	9880	17400	-	17400	32900	-	32900
3. oxydatiebed c.a.	2200	30000	30000	2700	38200	40900	3500	72000	75500
4. ABK + winst/risico	5300	-	5300	7040	-	7040	10190	-	10190
TOTAAL	24850	30000	54850	36940	38200	75140	61050	72000	133050

bouwkosten : septic tank + oxydatiebed

	5 i.e.			15 i.e.			30 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. grond- en leidingwerk	4800	-	4800	4800	-	4800	5900	-	5900
2. -	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. actief slib systeem c.a.	7980	25000	32980	7980	25000	32980	9100	25300	34400
4. ABK + winst/risico	3680	-	3680	3680	-	3680	3900	-	3900
TOTAAL	16460	25000	41460	16460	25000	41460	18900	25300	44200

	50 i.e.			100 i.e.			200 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. grond- en leidingwerk	7010	-	7010	10730	-	10730	15060	-	15060
2. -	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. actief slib systeem c.a.	11220	26000	37220	23000	27000	50000	42000	28500	70500
4. ABK + winst/risico	4220	-	4220	6960	-	6960	10240	-	10240
TOTAAL	22450	26000	48450	40690	27000	67690	67300	28500	95800

bouwkosten : actief slib systeem

	5 i.e.			15 i.e.			30 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. kelder	6600	-	6600	19500	-	19500	38400	-	37400
2. composttoilet c.a.	6300	-	6300	18450	-	18450	35700	-	35700
3. winst/risico (excl. toilet)	800	-	800	2360	-	2360	4620	-	4620
TOTAAL	13700	-	13700	40310	-	40310	78720	-	78720

	50 i.e.			100 i.e.			200 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. kelder	6300	-	63000	124000	-	124000	240000	-	240000
2. composttoilet c.a.	57500	-	57500	110000	-	110000	206000	-	206000
3. winst/risico (excl. toilet)	7550	-	7550	14800	-	14800	28600	-	28600
TOTAAL	128050	-	128050	248800	-	248800	474600	-	474600

bouwkosten : zwart water systeem (1 composttoilet per woning)

	5 i.e.			15 i.e.			30 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. grond- en leidingwerk	4420	-	4420	5620	-	5620	7920	-	7920
2. aeroob filter c.a.	1360	9500	10860	1530	11300	12830	1820	17250	19070
3. vloeikas c.a.	2390	-	2390	5590	-	5590	11060	-	11060
4. ABK + winst/risico	4180	-	4180	4640	-	4640	5930	-	5930
TOTAAL	12350	9500	21850	17380	11300	28680	26730	17250	43980

	50 i.e.			100 i.e.			200 i.e.		
	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal	c	e/m	totaal
1. grond- en leidingwerk	9360	-	9360	14760	-	14760	18510	-	18510
2. aeroob filter c.a.	2230	24500	26730	2870	31600	34470	3820	42000	45820
3. vloeikas c.a.	13620	-	13620	26010	-	26010	49090	-	49090
4. ABK + winst/risico	7080	-	7080	11070	-	11070	16600	-	16600
TOTAAL	32290	24500	56790	54710	31600	86310	88020	42000	130020

bouwkosten : grijs water systeem
(aeroob filter = oxydatiebed + vloeikas; op centrale locatie buiten).

BIJLAGE III: Actuele kapitaalslasten, bedrijfskosten en totale jaarlasten van diverse IBA-systeem-typen bij capaciteiten van 5, 20, 50 en 200 i.e. (onder standaardcondities bij uitgangs-punten conform par. 7.3.1.)

systeem 5 i.e.	totale jaarlast	totale jaarlast per i.e.	totale kapitaals-last	totale bedrijfs-last	kapitaalslasten civiel	kapitaalslasten e/m	bedrijfskosten personeel	bedrijfskosten onderhoud	bedrijfskosten slibafvoer	bedrijfskosten energie
0a. septic tank, klein (0,4 m3/ie)	1535	307	1120	415	1120	-	294	28	93	-
b. septic tank, groot (1,2 m3/ie)	1888	378	1530	358	1530	-	246	38	74	-
c. septic tank, zeer groot (3,5 m3/ie)	2281	456	1940	341	1940	-	234	47	60	-
1. infiltratiekanaal-systeem	3232	646	2140	1092	2140	-	516	502	74	-
2. zakput-systeem	2847	569	1940	907	1940	-	516	317	74	-
3. opgehoogd filtratiebed-systeem	6773	1355	4810	1963	3470	1340	702	1074	74	113
4. zandfilter-systeem	8129	1626	4500	3629	3160	1340	2406	1036	74	113
5. biorotor-systeem	5900	1180	3570	2330	1630	1940	1440	555	139	196
6. oxydatiebed-systeem	6084	1217	3020	3064	1530	1490	1620	878	139	427
7. actief slib systeem	9279	1856	5360	3919	1630	3730	1710	1083	316	810
8a. composttoiletten (1 per woning)	2267	453	1430	837	1430	-	810	27	75	-75
b. grijswater-systeem (centraal)	4948	990	2710	2238	1220	1490	1440	707	8	83
c. systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling (8a + 8b)	7215	1443	4140	3075	2650	1490	2250	734	83	8

Jaarlasten zuiveringssystemen met capaciteit 5 i.e.
Bedragen in guldens per jaar, excl. bijkomende kosten (OB), prijspeil 1987.
Kapitaalsrente 8%, afschrijvingstermijn civiel 20 jaar, afschrijvingstermijn e/m 10 jaar.

systeem 20 i.e.	totale jaarlast	totale jaarlast per i.e.	totale kapitaals-last	totale bedrijfs-last	kapitaalslasten civiel	kapitaalslasten e/m	bedrijfskosten personeel	bedrijfskosten onderhoud	bedrijfskosten slibafvoer	bedrijfskosten energie
0a. septic tank, klein (0,4 m3/ie)	2152	108	1630	522	1630	-	294	41	187	-
b. septic tank, groot (1,2 m3/ie)	2740	137	2240	500	2240	-	258	55	187	-
c. septic tank, zeer groot (3,5 m3/ie)	5776	289	5202	576	5202	-	246	102	228	-
1. infiltratiekanaal-systeem	6207	310	4690	1517	4690	-	528	802	187	-
2. zakput-systeem	5911	296	4790	1121	4790	-	528	406	187	-
3. opgehoogd filtratiebed-systeem	11288	564	8730	2558	7240	1490	708	1508	187	155
4. zandfilter-systeem	12178	609	7710	4468	6220	1490	2706	1420	187	155
5. biorotor-systeem	8898	445	5820	3078	2240	3580	1458	863	304	453
6. oxydatiebed-systeem	9137	457	4870	4267	2040	2830	1638	1116	304	1209
7. actief slib systeem	11979	599	5460	6519	1730	3730	2418	1086	1260	1755
8a. composttoiletten (1 per woning)	7622	381	5410	2212	5410	-	2106	106	300	-300
b. grijswater-systeem (centraal)	7094	355	4130	2964	2040	2090	1980	859	25	100
c. systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling (8a + 8b)	14716	736	9540	5176	7450	2090	4086	965	325	-200

Jaarlasten zuiveringssystemen met capaciteit 20 i.e.
Bedragen in guldens per jaar, excl. bijkomende kosten (OB), prijspeil 1987.
Kapitaalsrente 8%, afschrijvingstermijn civiel 20 jaar, afschrijvingstermijn e/m 10 jaar.

systeem 50 i.e.	totale jaarlast	totale jaarlast per i.e.	totale kapitaals- last	totale bedrijfs- last	kapitaalslasten civiel	kapitaalslasten e/m	bedrijfskosten personeel	bedrijfskosten onderhoud	bedrijfskosten slibafvoer	bedrijfskosten energie
0a. septic tank, klein (0,4 m3/ie)	2632	53	1940	692	1940	-	318	47	327	-
b. septic tank, groot (1,2 m3/ie)	5740	115	4900	840	4900	-	276	96	468	-
c. septic tank, zeer groot (3,5 m3/ie)	11762	235	10710	1052	10710	-	270	210	572	-
1. infiltratiekanaal-systeem	12779	256	10510	2269	10510	-	546	1255	468	-
2. zakput-systeem	11642	233	10100	1542	10100	-	546	528	468	-
3. opgehoogd filtratiebed-systeem	20477	410	16480	3997	14690	1790	966	2351	468	212
4. zandfilter-systeem	21943	439	14640	7303	12850	1790	4512	2111	468	212
5. biorotor-systeem	13219	264	9420	3799	2860	6560	1476	1037	602	684
6. oxydatiebed-systeem	12885	258	7020	5865	2550	4470	1734	1249	602	2280
7. actief slib systeem	15212	304	6110	9102	2240	3870	2988	1107	1782	3225
8a. composttoiletten (1 per woning)	19346	387	13060	6286	13060	-	6030	256	750	-750
b. grijswater-systeem (centraal)	10784	216	6990	3794	3260	3730	2520	1083	63	128
c. systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling (8a + 8b)	30130	603	20050	10080	16320	3730	8550	1339	813	-622

Jaarlasten zuiveringssystemen met capaciteit 50 i.e.
Bedragen in guldens per jaar, excl. bijkomende kosten (OB), prijspeil 1987.
Kapitaalsrente 8%, afschrijvingstermijn civiel 20 jaar, afschrijvingstermijn e/m 10 jaar.

systeem 200 i.e.	totale jaarlast	totale jaarlast per i.e.	totale kapitaals- last	totale bedrijfs- last	kapitaalslasten civiel	kapitaalslasten e/m	bedrijfskosten personeel	bedrijfskosten onderhoud	bedrijfskosten slibafvoer	bedrijfskosten energie
0a. septic tank, klein (0,4 m3/ie)	7077	35	5200	1877	5200	-	468	102	1307	-
b. septic tank, groot (1,2 m3/ie)	16893	84	14280	2613	14280	-	462	281	1870	-
c. septic tank, zeer groot (3,5 m3/ie)	39498	197	36210	3288	36210	-	474	533	2281	-
1. infiltratiekanaal-systeem	43256	216	37640	5616	37640	-	852	2894	1870	-
2. zakput-systeem	37496	187	33560	3936	33560	-	852	1214	1870	-
3. opgehoogd filtratiebed-systeem	60886	304	50530	10356	46210	4320	2094	6023	1870	369
4. zandfilter-systeem	62040	310	43470	18570	40190	3280	11304	5090	1870	306
5. biorotor-systeem	25879	129	18550	7329	6630	11920	2592	1503	2403	831
6. oxydatiebed-systeem	28437	142	16950	11487	6220	10730	3744	1905	2403	3435
7. actief slib systeem	26289	131	11150	15139	6830	4320	3564	1283	5597	4695
8a. composttoiletten (1 per woning)	73789	369	48450	25339	48450	-	24390	949	3000	-3000
b. grijswater-systeem (centraal)	22447	112	15240	7207	8980	6260	5100	1614	250	243
c. systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling (8a + 8b)	96236	481	63690	32546	57430	6260	29490	2563	3250	-2757

Jaarlasten zuiveringssystemen met capaciteit 200 i.e.
Bedragen in guldens per jaar, excl. bijkomende kosten (OB), prijspeil 1987.
Kapitaalsrente 8%, afschrijvingstermijn civiel 20 jaar, afschrijvingstermijn e/m 10 jaar.

BIJLAGE IV: Contante waarden van diverse IBA-systeem-typen bij capaciteiten van 5, 20, 50 en 200 i.e.; kostenopbouw en gevoeligheidsanalyses

IV.1. : Opbouw contante waarden onder standaardcondities (conform uitgangspunten par. 7.4.1.)

IV 2 t/m
IV.10. : Gevoeligheidsanalyses contante waarden ten aanzien van:

- IV.2. : Bouwkosten
- IV.3. : Personeelskosten
- IV.4. : Onderhoudskosten
- IV.5. : Kosten slibafvoer
- IV.6. : Energiekosten
- IV.7. : Afschrijvingstermijn civiel
- IV.8. : Afschrijvingstermijn e/m
- IV.9. : Looptijd en afschrijvingstermijnen
- IV.10. : Kapitaalsrente

Systeem 5 i.e.	Parameter	Totaal	Totaal per i.e.	Subtotaal investeringen	Subtotaal bedrijfskosten	Investeringen civiel	Investeringen e/m	Bedrijfskosten personeel	Bedrijfskosten onderhoud	Bedrijfskosten slibafvoer	Bedrijfskosten energie
0a. septic tank, klein (0,4 m^3/ie)	cont.waarde [gld]	17250	3450	11000	6250	11000	-	4430	420	1400	-
	% van totaal	100	-	64	36	64	0	26	2	8	0
0b. septic tank, groot (1,2 m^3/ie)	cont.waarde [gld]	20400	4080	15000	5400	15000	-	3710	570	1120	-
	% van totaal	100	-	74	26	74	0	18	3	5	0
0c. septic tank, zeer groot (3,5 m^3/ie).	cont.waarde [gld]	24140	4828	19000	5140	19000	-	3530	710	900	-
	% van totaal	100	-	79	21	79	0	15	3	4	0
1. infiltratiekanaal-systeem	cont.waarde [gld]	37470	7494	21000	16470	21000	-	7780	7570	1120	-
	% van totaal	100	-	56	44	56	0	21	20	3	0
2. zakput-systeem	cont.waarde [gld]	32680	6536	19000	13680	19000	-	7780	4780	1120	-
	% van totaal	100	-	58	42	58	0	24	15	3	0
3. opgehoogd filtratiebed-systeem	cont.waarde [gld]	79760	15952	49800	29960	34000	15800	10590	16200	1120	2050
	% van totaal	100	-	62	38	43	20	13	20	1	3
4. zandfilter-systeem	cont.waarde [gld]	101870	20374	46800	55070	31000	15800	36280	15620	1120	2050
	% van totaal	100	-	46	54	30	16	36	15	1	2
5. biorotor-systeem	cont.waarde [gld]	74550	14910	38800	35750	16000	22800	21720	8370	2100	3560
	% van totaal	100	-	52	48	21	31	29	11	3	5
6. oxydatiebed-systeem	cont.waarde [gld]	80030	16006	32500	47530	15000	17500	24430	13240	2100	7760
	% van totaal	100	-	41	59	19	22	31	16	3	10
7. actief slib systeem	cont.waarde [gld]	121510	24302	59900	61610	16000	43900	25790	16330	4770	14720
	% van totaal	100	-	49	51	13	36	21	13	4	12
8a. composttoiletten (1 per woning)	cont.waarde [gld]	26390	5278	14000	12390	14000	-	12210	410	1130	-1360
	% van totaal	100	-	53	47	53	0	46	2	4	-5
8b. grijswater-systeem (centraal)	cont.waarde [gld]	63510	12702	29500	34010	12000	17500	21720	10660	120	1510
	% van totaal	100	-	46	54	19	28	34	17	0	2
8c. systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling (8a + 8b)	cont.waarde [gld]	89900	17980	43500	46400	26000	17500	33930	11070	1250	150
	% van totaal	100	-	48	52	29	19	38	12	1	0

Bijl.IV.1a.: Contante waarden zuiveringssystemen met capaciteit 5 i.e.
Bedragen, excl. bijkomende kosten (OB), prijspeil 1987.
Standaardcondities: kapitaalsrente 8%, inflatie 5%, energieinflatie 7%, looptijd 20 jaar, afschrijvingstermijn civiel 20 jaar, afschrijvingstermijn e/m 10 jaar.

Systeem 20 i.e.	Parameter	Totaal	Totaal per i.e.	Subtotaal investeringen	Subtotaal bedrijfskosten	Investeringen civiel	Investeringen e/m	Bedrijfskosten personeel	Bedrijfskosten onderhoud	Bedrijfskosten slibafvoer	Bedrijfskosten energie
0a. septic tank, klein (0,4 m^3/ie)	cont.waarde [gld]	23870	1194	16000	7870	16000	-	4430	620	2820	-
	% van totaal	100	-	67	33	67	0	19	2	12	0
0b. septic tank, groot (1,2 m^3/ie)	cont.waarde [gld]	29540	1477	22000	7540	22000	-	3890	830	2820	-
	% van totaal	100	-	74	26	74	0	13	3	10	0
0c. septic tank, zeer groot (3,5 m^3/ie)	cont.waarde [gld]	59690	2985	51000	8690	51000	-	3710	1540	3440	-
	% van totaal	100	-	85	15	85	0	6	3	6	0
1. infiltratiekanaal-systeem	cont.waarde [gld]	68870	3444	46000	22870	46000	-	7960	12090	2820	-
	% van totaal	100	-	67	33	67	0	12	18	4	0
2. zakput-systeem	cont.waarde [gld]	63900	3195	47000	16900	47000	-	7960	6120	2820	-
	% van totaal	100	-	74	26	74	0	12	10	4	0
3. opgehoogd filtratiebed-systeem	cont.waarde [gld]	127560	6378	88500	39060	71000	17500	10680	22740	2820	2820
	% van totaal	100	-	69	31	56	14	8	18	2	2
4. zandfilter-systeem	cont.waarde [gld]	146360	7318	78500	67860	61000	17500	40810	21410	2820	2820
	% van totaal	100	-	54	46	42	12	28	15	2	2
5. biorotor-systeem	cont.waarde [gld]	111910	5596	64100	47810	22000	42100	21990	13010	4580	8230
	% van totaal	100	-	57	43	20	38	20	12	4	7
6. oxydatiebed-systeem	cont.waarde [gld]	121380	6069	53300	68080	20000	33300	24700	16830	4580	21970
	% van totaal	100	-	44	56	16	27	20	14	4	18
7. actief slib systeem	cont.waarde [gld]	164630	8232	60900	103730	17000	43900	36460	16380	19000	31890
	% van totaal	100	-	37	63	10	27	22	10	12	19
8a. composttoiletten (1 per woning)	cont.waarde [gld]	85430	4272	53000	32430	53000	-	31760	1600	4520	-5450
	% van totaal	100	-	62	38	62	0	37	2	5	-6
8b. grijswater-systeem (centraal)	cont.waarde [gld]	89610	4481	44600	45010	20000	24600	29860	12950	380	1820
	% van totaal	100	-	50	50	22	27	33	14	0	2
8c. systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling (8a + 8b)	cont.waarde [gld]	175040	8752	97600	77440	73000	24600	61620	14550	4900	-3630
	% van totaal	100	-	56	44	42	14	35	8	3	-2

Bijl.IV.1b.: Contante waarden zuiveringssystemen met capaciteit 20 i.e.
Bedragen, excl. bijkomende kosten (OB), prijspeil 1987.
Standaardcondities: kapitaalsrente 8%, inflatie 5%, energieinflatie 7%, looptijd 20 jaar, afschrijvingstermijn civiel 20 jaar, afschrijvingstermijn e/m 10 jaar.

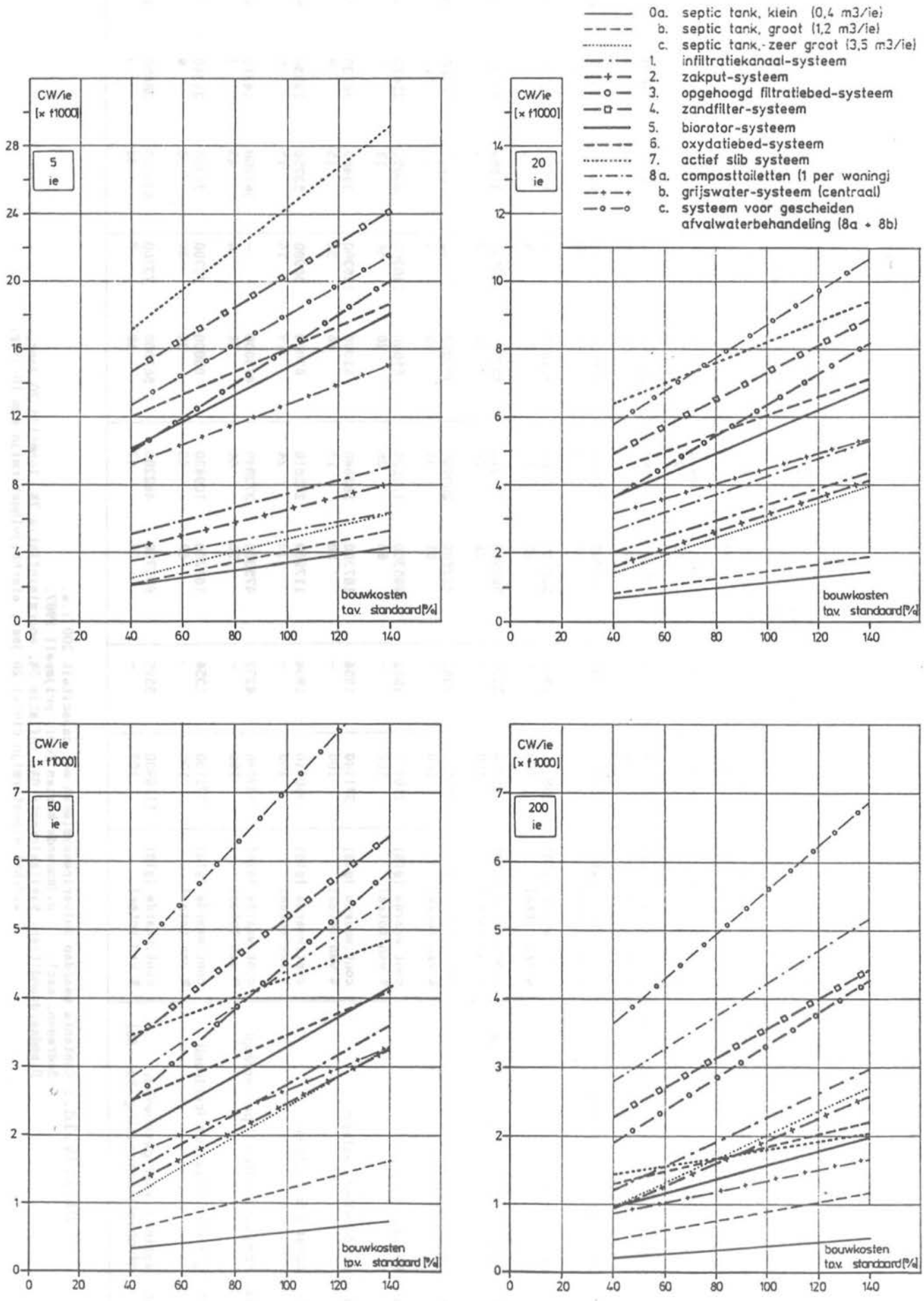
Systeem 50 i.e.	Parameter	Totaal	Totaal per i.e.	Subtotaal investeringen	Subtotaal bedrijfskosten	Investeringen civiel	Investeringen e/m	Bedrijfskosten personeel	Bedrijfskosten onderhoud	Bedrijfskosten slibafvoer	Bedrijfskosten energie
0a. septic tank, klein (0,4 m^3/ie)	cont.waarde [gld]	29440	589	19000	10440	19000	-	4800	710	4930	-
	% van totaal	100	-	65	35	65	0	16	2	17	0
0b. septic tank, groot (1,2 m^3/ie)	cont.waarde [gld]	60670	1213	48000	12670	48000	-	4160	1450	7060	-
	% van totaal	100	-	79	21	79	0	7	2	12	0
0c. septic tank, zeer groot (3,5 m^3/ie).	cont.waarde [gld]	120870	2417	105000	15870	105000	-	4070	3170	8630	-
	% van totaal	100	-	87	13	87	0	3	2	7	0
1. infiltratiekanaal-systeem	cont.waarde [gld]	137220	2744	103000	34220	103000	-	8230	18930	7060	-
	% van totaal	100	-	75	25	75	0	6	14	5	0
2. zakput-systeem	cont.waarde [gld]	122250	2445	99000	23250	99000	-	8230	7960	7060	-
	% van totaal	100	-	81	19	81	0	7	7	6	0
3. opgehoogd filtratiebed-systeem	cont.waarde [gld]	225930	4519	165000	60930	144000	21000	14570	35450	7060	3850
	% van totaal	100	-	73	27	64	9	6	16	3	2
4. zandfilter-systeem	cont.waarde [gld]	257770	5155	147000	110770	126000	21000	68040	31820	7060	3850
	% van totaal	100	-	57	43	49	8	26	12	3	1
5. biorotor-systeem	cont.waarde [gld]	164610	3292	105200	59410	28000	77200	22260	15640	9080	12430
	% van totaal	100	-	64	36	17	47	14	10	6	8
6. oxydatiebed-systeem	cont.waarde [gld]	173090	3462	77600	95490	25000	52600	26150	18830	9080	41430
	% van totaal	100	-	45	55	14	30	15	11	5	24
7. actief slib systeem	cont.waarde [gld]	214820	4296	67600	147220	22000	45600	45060	16690	26870	58600
	% van totaal	100	-	31	69	10	21	21	8	13	27
8a. composttoiletten (1 per woning)	cont.waarde [gld]	220470	4409	128000	92470	128000	-	90930	3860	11310	-13630
	% van totaal	100	-	58	42	58	0	41	2	5	-6
8b. grijswater-systeem (centraal)	cont.waarde [gld]	133510	2670	75900	57610	32000	43900	38000	16330	950	2330
	% van totaal	100	-	57	43	24	33	28	12	1	2
8c. systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling (8a + 8b)	cont.waarde [gld]	353980	7080	203900	150080	160000	43900	128930	20190	12260	-11300
	% van totaal	100	-	58	42	45	12	36	6	3	-3

Bijl.IV.1c.: Contante waarden zuiveringssystemen met capaciteit 50 i.e.
Bedragen, excl. bijkomende kosten (OB), prijspeil 1987.
Standaardcondities: kapitaalsrente 8%, inflatie 5%, energieinflatie 7%, looptijd 20 jaar, afschrijvingstermijn civiel 20 jaar, afschrijvingstermijn e/m 10 jaar.

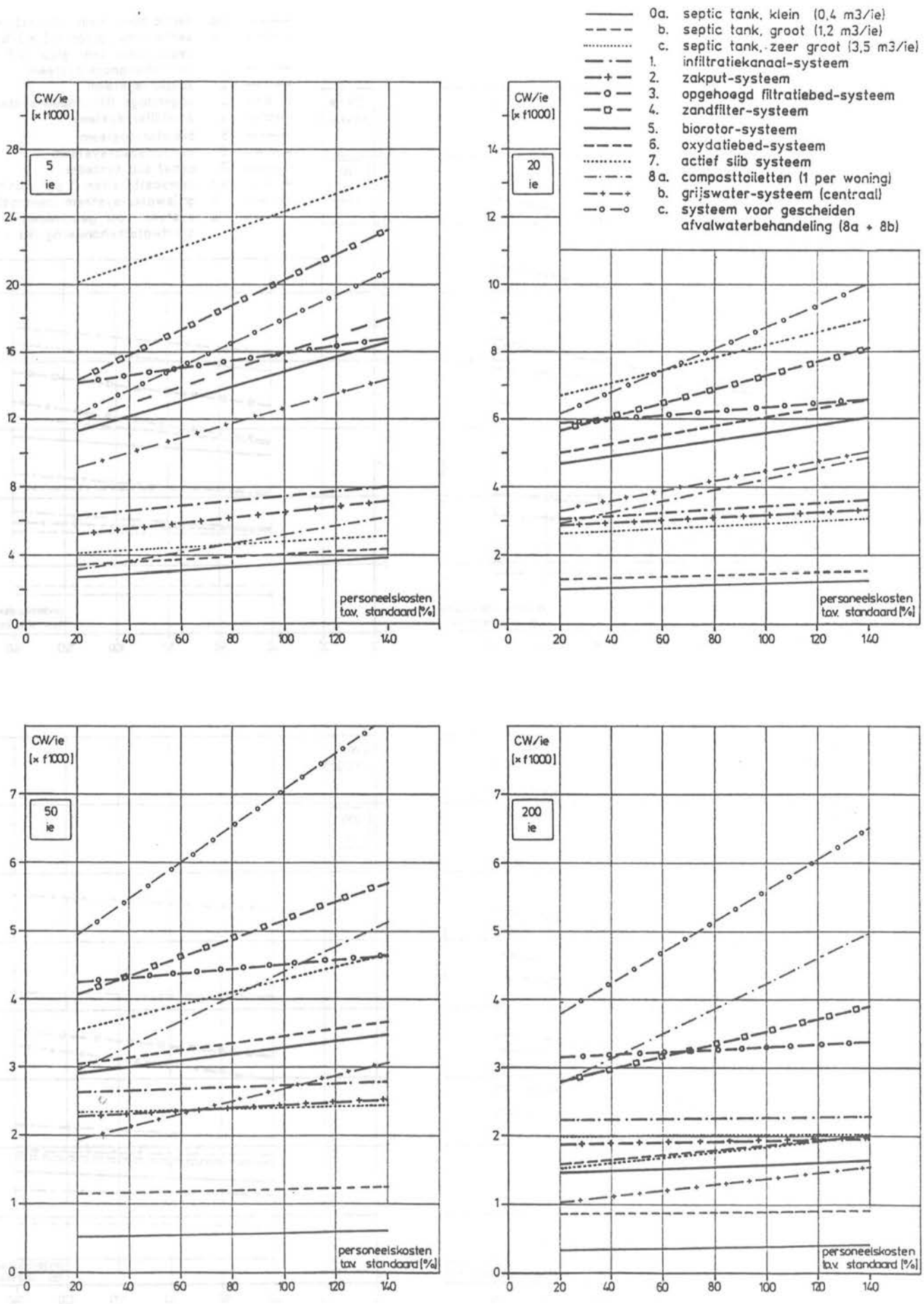
Systeem ± 200 i.e.	Parameter	Totaal	Totaal per i.e.	Subtotaal investeringen	Subtotaal bedrijfskosten	Investeringen civiel	Investeringen e/m	Bedrijfskosten personeel	Bedrijfskosten onderhoud	Bedrijfskosten slibafvoer	Bedrijfskosten energie
0a. septic tank, klein (0,4 m^3/ie)	cont.waarde [gld]	79310	397	51000	28310	51000	-	7060	1540	19710	-
	% van totaal	100	-	64	36	64	0	9	2	25	0
0b. septic tank, groot (1,2 m^3/ie)	cont.waarde [gld]	179410	897	140000	39410	140000	-	6970	4240	28200	-
	% van totaal	100	-	78	22	78	0	4	2	16	0
0c. septic tank, zeer groot (3,5 m^3/ie)	cont.waarde [gld]	404590	2023	355000	49590	355000	-	7150	8040	34400	-
	% van totaal	100	-	87	12	87	0	2	2	9	0
1. infiltratiekanaal-systeem	cont.waarde [gld]	453700	2269	369000	84690	369000	-	12850	43640	28200	-
	% van totaal	100	-	81	19	81	0	3	10	6	0
2. zakput-systeem	cont.waarde [gld]	388360	1942	329000	59360	329000	-	12850	18310	28200	-
	% van totaal	100	-	85	15	85	0	3	5	7	0
3. opgehoogd filtratiebed-systeem	cont.waarde [gld]	661210	3306	503900	157310	453000	50900	31580	90830	28200	6700
	% van totaal	100	-	76	24	69	8	5	14	4	1
4. zandfilter-systeem	cont.waarde [gld]	713580	3568	432600	280980	394000	38600	170460	76760	28200	5560
	% van totaal	100	-	61	39	55	5	24	11	4	1
5. biorotor-systeem	cont.waarde [gld]	318400	1592	205300	113100	65000	140300	39090	22670	36240	15100
	% van totaal	100	-	64	36	20	44	12	7	11	5
6. oxydatiebed-systeem	cont.waarde [gld]	371140	1856	187300	183840	61000	126300	56460	28730	36240	62410
	% van totaal	100	-	50	17	16	34	15	8	10	17
7. actief slib systeem	cont.waarde [gld]	360710	1804	117900	242810	67000	50900	53750	19350	84400	85310
	% van totaal	100	-	33	24	19	14	15	5	23	24
8a. composttoiletten (1 per woning)	cont.waarde [gld]	847840	4239	475000	372840	475000	-	367800	14310	45240	-54510
	% van totaal	100	-	56	44	56	0	43	2	5	-6
8b. grijswater-systeem (centraal)	cont.waarde [gld]	271130	1356	161700	109430	88000	73700	76900	24340	3770	4420
	% van totaal	100	-	60	40	32	27	28	9	1	2
8c. systeem voor gescheiden afvalwaterbehandeling (8a + 8b)	cont.waarde [gld]	1118980	5595	636700	482280	563000	73700	444710	38650	49010	-50090
	% van totaal	100	-	57	43	50	7	40	3	4	-4

Bijl.IV.1d.: Contante waarden zuiveringssystemen met capaciteit 200 i.e.
Bedragen, excl. bijkomende kosten (OB), prijspeil 1987.
Standaardcondities: kapitaalsrente 8%, inflatie 5%, energieinflatie 7%, looptijd 20 jaar, afschrijvingstermijn civiel 20 jaar, afschrijvingstermijn e/m 10 jaar.

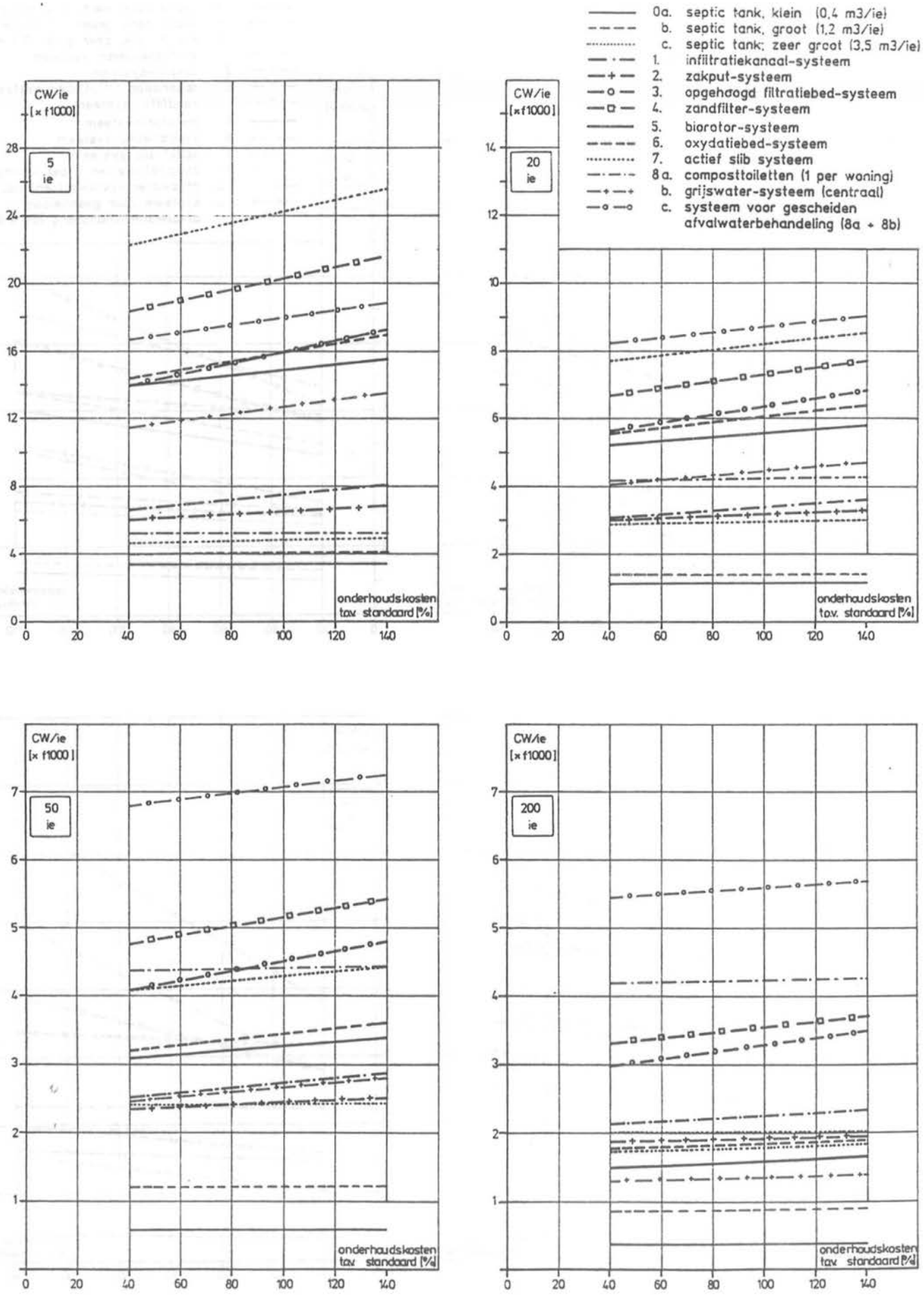
Bijl. IV.2.: Gevoeligheidsanalyse contante waarde IBA-systemen ten aanzien van bouwkosten, bij 4 systeemgrootten.



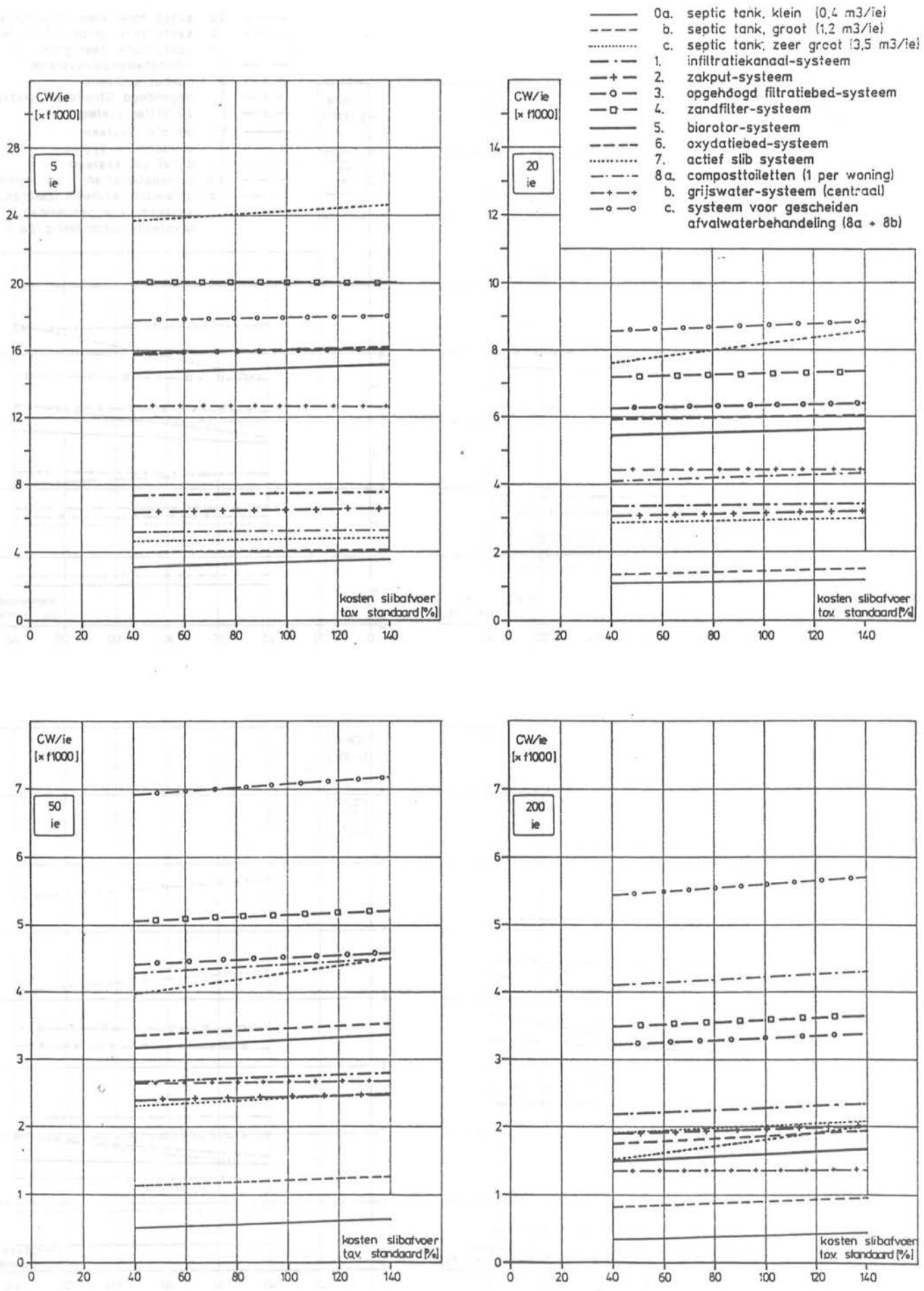
Bijl. IV.3.: Gevoeligheidsanalyse contante waarde IBA-systemen ten aanzien van personeelskosten, bij 4 systeemgrootten.



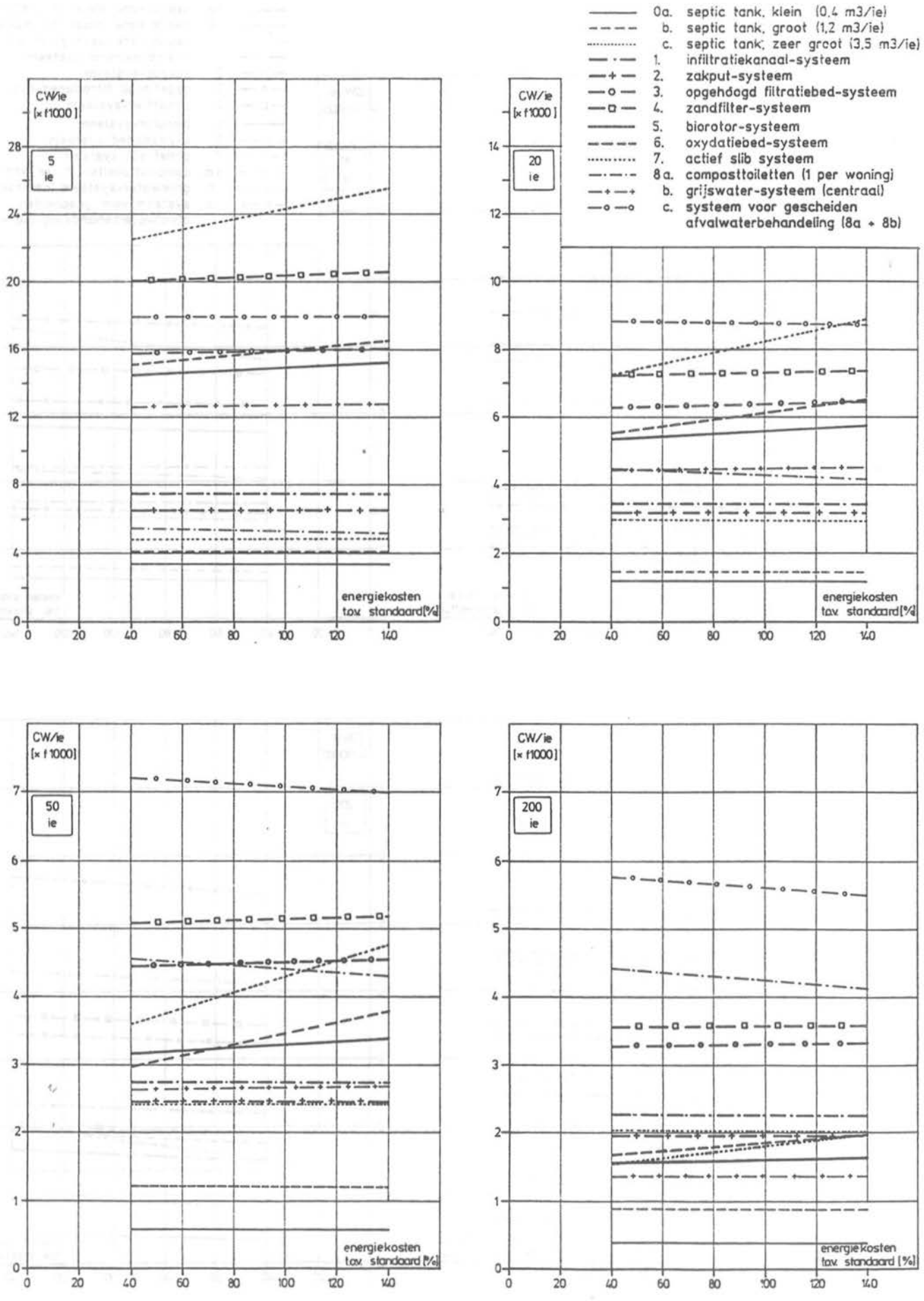
Bijl. IV.4.: Gevoeligheidsanalyse contante waarde IBA-systemen ten aanzien van onderhoudskosten, bij 4 systeemgrootten.



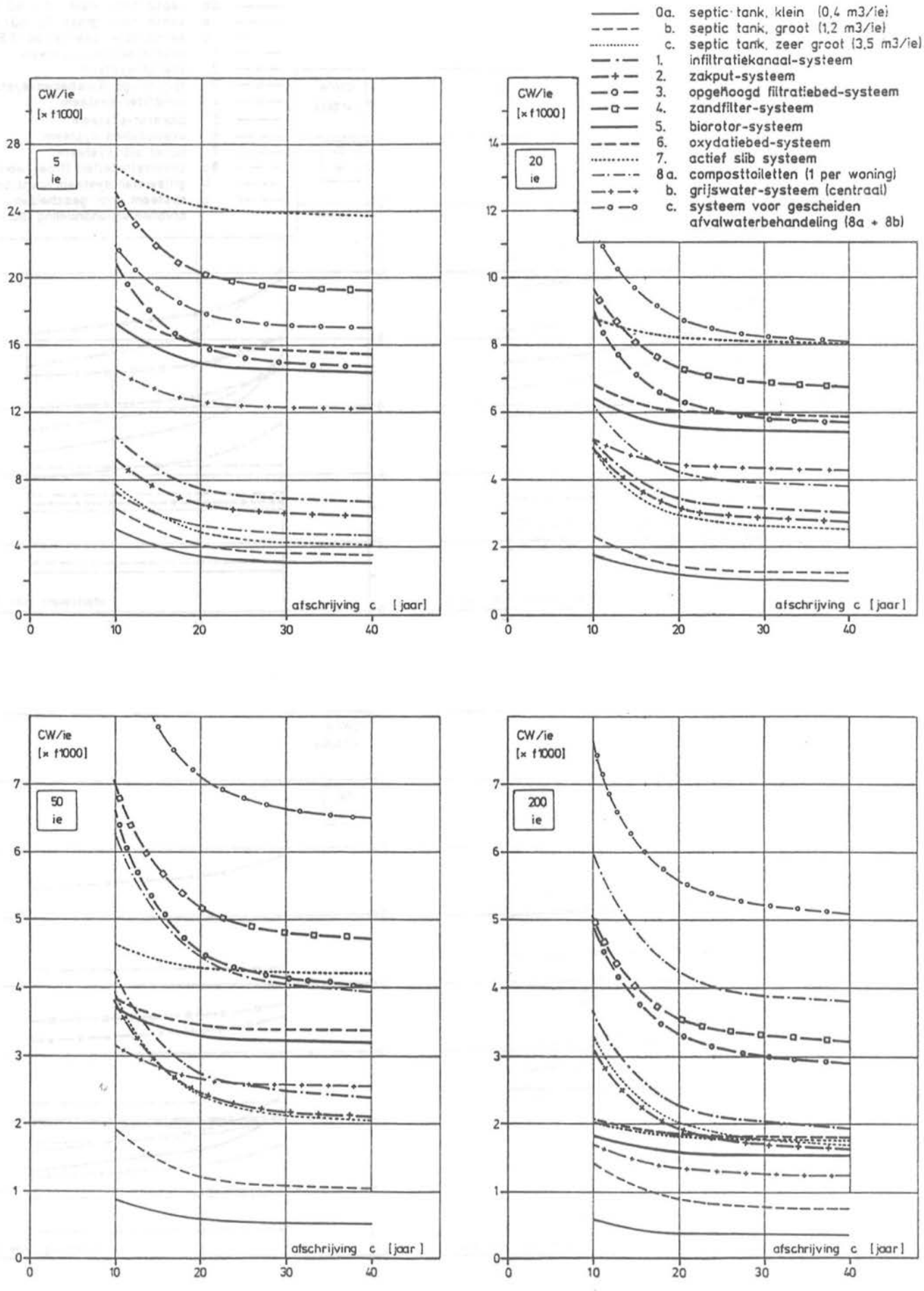
Bijl. IV.5.: Gevoeligheidsanalyse contante waarde IBA-systemen ten aanzien van slibafvoerkosten, bij 4 systeemgrootten.



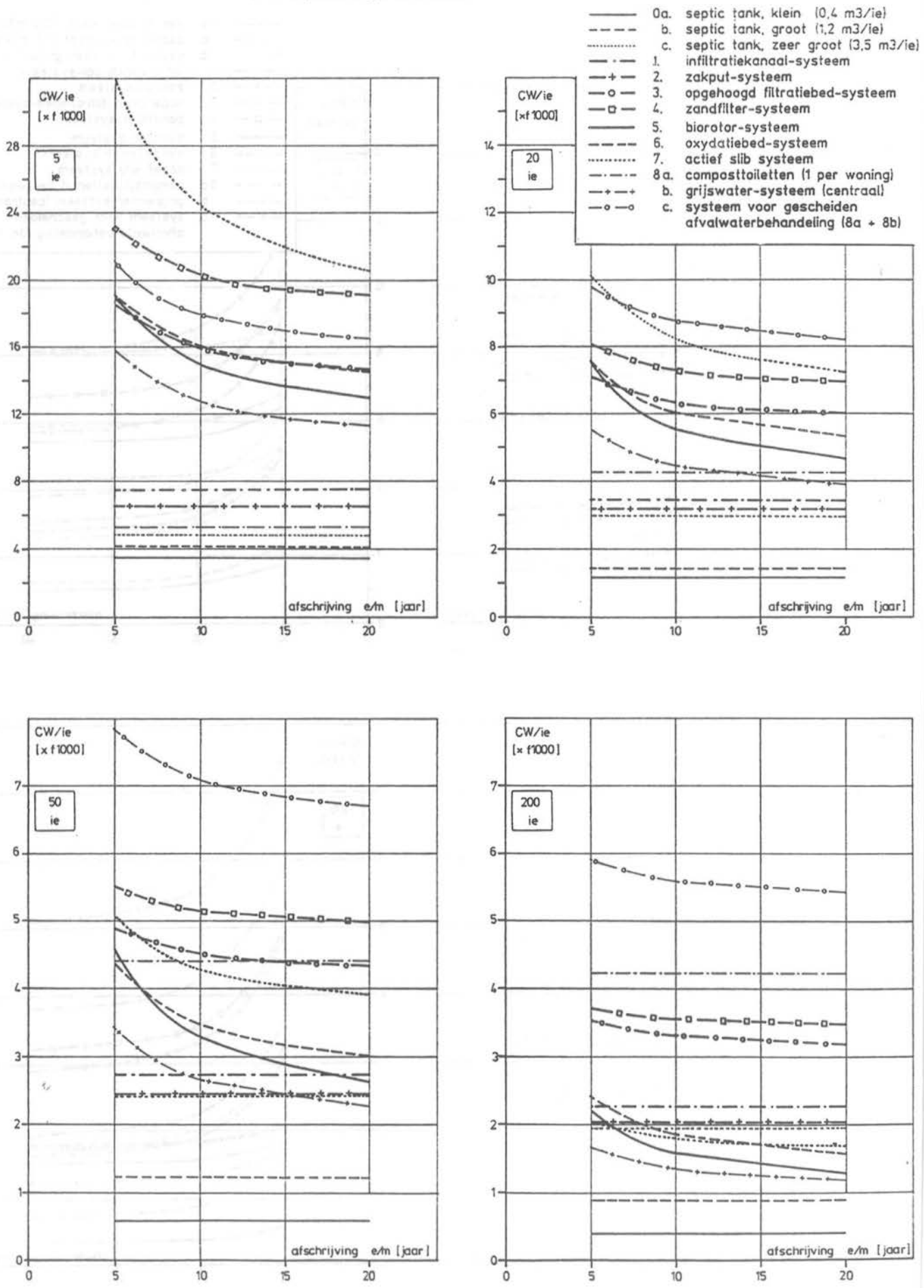
Bijl. IV.6.: Gevoeligheidsanalyse contante waarde IBA-systemen ten aanzien van energiekosten, bij 4 systeemgrootten.



Bijl. IV.7.: Gevoeligheidsanalyse contante waarde IBA-systemen ten aanzien van afschrijvingstermijn civiele onderdelen, bij 4 systeemgrootten.

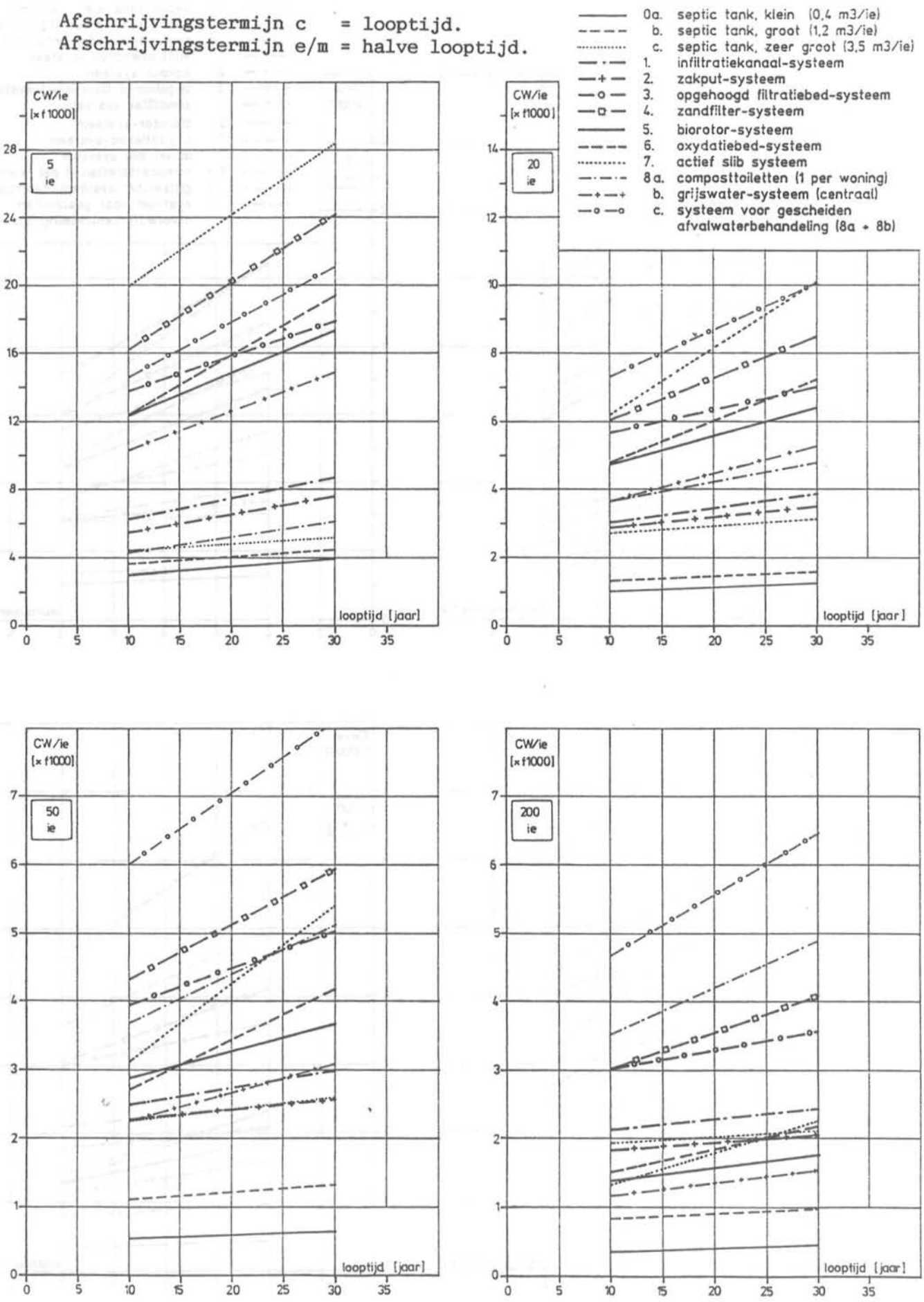


Bijl. IV.8.: Gevoeligheidsanalyse contante waarde IBA-systemen ten aanzien van afschrijvingstermijn e/m-onderdelen, bij 4 systeemgrootten.

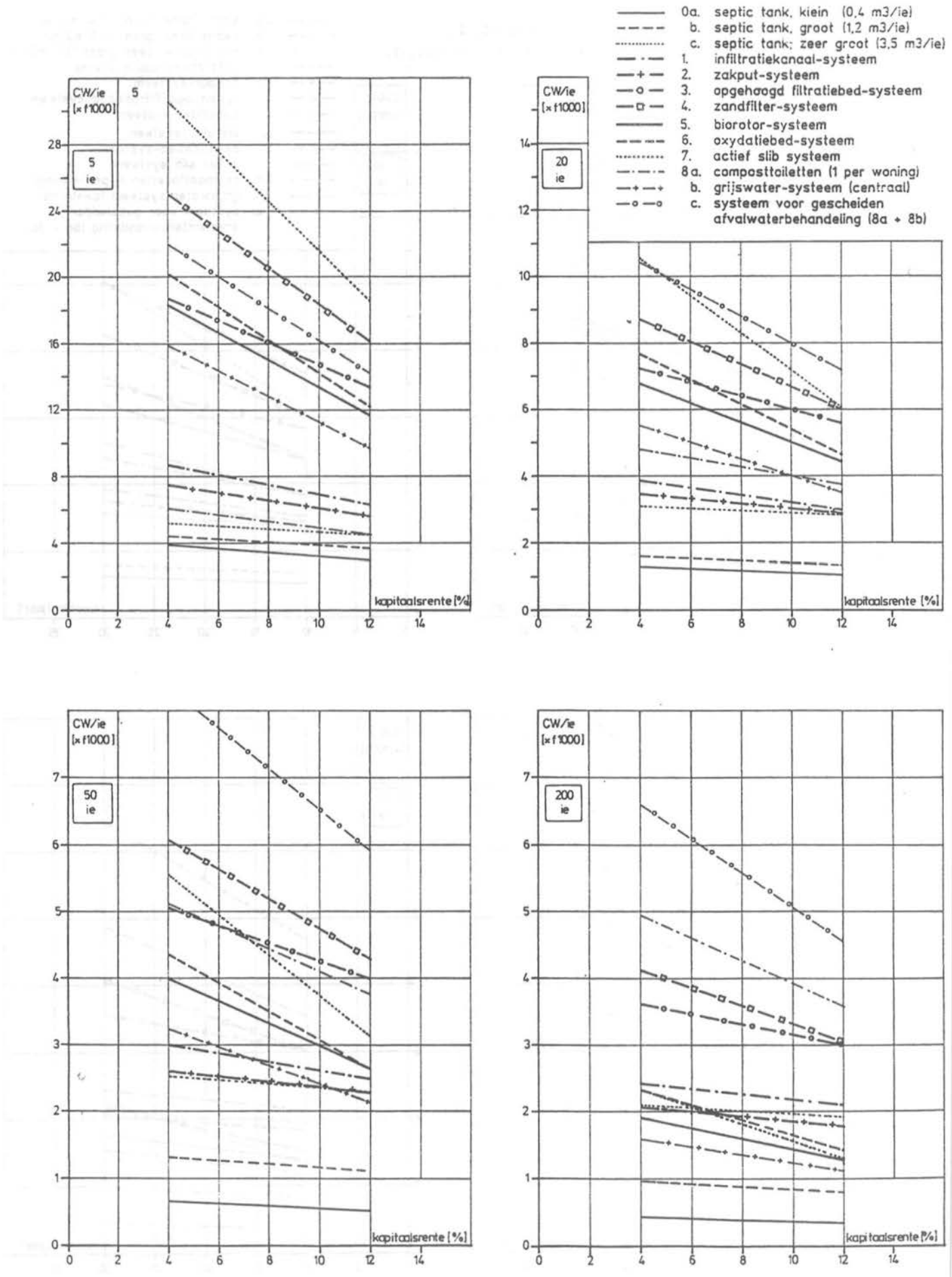


Bijl. IV.9.: Gevoeligheidsanalyse contante waarde IBA-systemen ten aanzien van looptijd en afschrijvingstermijnen, bij 4 systeemgrootten.

Afschrijvingstermijn c = looptijd.
Afschrijvingstermijn e/m = halve looptijd.



Bijl. IV.10.: Gevoeligheidsanalyse contante waarde IBA-systemen ten aanzien van de kapitaalsrente, bij 4 systeemgrootten.



BIJLAGE V: Vergunningen voor de realisatie van IBA-systemen en heffingen

V.1. : Bouw-, hinderwet-en lozingsvergunning
V.2. : Infiltratie in de bodem
V.3. : Verontreinigingsheffing; rioolrecht

Bijlage V - Vergunningen voor de realisatie van IBA-systemen en heffingen

V.1. Bouw-, hinderwet- en lozingsvergunning

Algemeen zijn voor de bouw van objecten voor behandeling van afvalwater de volgende vergunningen benodigd:
- bouwvergunning;
- hinderwetvergunning;
- vergunning voor de lozing van het effluent op het oppervlaktewater (lozingsvergunning).

Onderstaand wordt kort op deze vergunningsaanvragen ingegaan.

V.1.1. Bouwvergunning

Bouwvergunningen worden geregeld in hoofdstuk IV van de Woningwet. Conform artikel 47, eerste lid, is het verboden te bouwen zonder of in afwijking van een schriftelijke vergunning van burgemeester en wethouders (B & W) van de gemeente waar gebouwd wordt (bouwvergunning).

Procedure:

a. De bouwaanvraag wordt door verschillende instanties op een groot aantal punten getoetst, zoals:
   - brandveiligheid door de brandweer;
   - redelijke eisen van welstand door de welstandscommissie;
   - voldoening aan de bouwverordening door Bouw- en Woningtoezicht.

b. Na het besluit van B & W vergunning te verlenen, wordt aan het bouwplan bekendheid gegeven. Belanghebbenden kunnen bezwaren indienen binnen de gestelde termijn.

c. Indien geen redenen voor weigering van de bouwvergunning aanwezig zijn, dient B & W binnen twee maanden te beslissen, dan wel de termijn ten hoogste twee maanden te verdagen.

d. De aanvrager kan binnen een maand na de beslissing van B & W bezwaar indienen bij een commissie van geschillen, die een advies uitbrengt aan de gemeenteraad. De gemeenteraad neemt tenslotte een beslissing. Eventueel staat voor belanghebbenden het AROB-beroep open.

Afwijkingen:

In artikel 47, tweede lid, van de Woningwet zijn situaties geregeld waarin geen bouwvergunning vereist is, bijvoorbeeld bouwwerken - geen gebouw zijnde - van geringe afmetingen. De Woningwet zelf geeft geen definitie van een bouwwerk, de model-bouwverordening van de Vereniging van Nederlandse Gemeenten geeft deze wel:

> 'elke constructie van enige omvang van hout, steen, metaal of ander materiaal, welke op de plaats van bestemming, hetzij direct of indirect met de grond verbonden is, hetzij direct of indirect steun vindt in of op de grond'.

In gemeentelijke bouwverordeningen en bestemmingsplannen kunnen uitzonderingsbepalingen omtrent bouwvergunningsaanvragen zijn opgenomen.

Een bovengrondse zuiveringsinstallatie zal meestal als bouwwerk gelden. Bij een geheel ondergronds gelegen zuiveringsinstallatie kan worden besloten de constructie niet aan te merken als bouwwerk in de zin van de Woningwet, zodat een bouwvergunning achterwege kan blijven.
In praktijk wordt hierin door gemeenten verschillend gehandeld. In het ene geval was bij het IBA-praktijkonderzoek een bouwvergunning voor een septic tank (incl. zakput of infiltratiekanaal) niet benodigd, in een ander geval weer wel. Bij binnenshuis gelegen systemen, bijvoorbeeld een composttoilet, is melding te maken van de voorziening in de bouwvergunningsaanvraag van de woning zelf.

Tijdsduur tussen aanvraag en vergunningverlening; leges:
De tijdsduur waarbinnen een aanvraag voor een bouwvergunning wordt afgehandeld is - naast de wettelijke termijnen - afhankelijk van de gemeente. Bij het IBA-praktijkonderzoek liepen deze tijdsduren uiteen tussen twee weken tot ruim vier maanden.
Ook de legeskosten die gemeenten in rekening brengen voor de bouwvergunning verschillen van plaats tot plaats. Bij het IBA-praktijkonderzoek liepen de bedragen uiteen van *f* 360,- tot *f* 899,-.

V.1.2. Hinderwetvergunning

Kleine afvalwaterzuiveringen vallen onder het regime van de Hinderwet op grond van het hinderbesluit artikel 1 groep VII-a: Inrichtingen bestemd tot bewaring, bewerking, verwerking of vernietiging van afval.
Daarnaast kunnen kleine zuiveringsinrichtingen hinderwetplichtig zijn op grond van groep I: inrichtingen waar één of meer elektromotoren worden gebezigd met een vermogen of een gezamenlijk vermogen groter dan 1,5 kW. (NB: in veel gevallen zal echter het elektromotorisch vermogen lager of gelijk zijn aan 1,5 kW).

Een hinderwetvergunning wordt in het algemeen verleend door het gemeentebestuur van de gemeente waar de zuiveringsinstallatie wordt gevestigd. Indien de gemeente de installatie bouwt is de provincie de vergunningverlener.

Hoewel formeel IBA-systemen hinderwetplichtig zijn, blijkt in de praktijk de hinderwetvergunningsaanvraag veelal niet noodzakelijk. Als argument wordt hierbij gehanteerd, dat IBA-systemen uit milieuhinder-oogpunt nauwelijks een probleem vormen, terwijl de plaatsing ervan in milieuhygiënisch opzicht vaak eerder een verbetering inhoudt van de bestaande situatie - met ongezuiverde lozing -. In hinderwetuitvoeringsprogramma's (HUP) van gemeenten is de prioriteit dan ook gelegen bij grote bedrijven en wordt aan kleine IBA-systemen geen of weinig tijd besteed.
Voor de installaties van het IBA-praktijkonderzoek bleek geen hinderwetvergunning vereist.

De procedure voor de eventueel noodzakelijke aanvraag van een hinderwetvergunning verloopt in principe gezamenlijk met de aanvraag van een lozingsvergunning en is geregeld in de Wet Algemene Bepalingen Milieuhygiëne (WABM), zie procedurebeschrijving bij de lozingsvergunning.
Bij lozingen van afvalwater van huishoudelijke aard, waarvan de vervuilingswaarde geringer is dan 100 vervuilingseenheden (v.e.) kan de coördinatieregeling binnen de WABM echter vervallen.

V.1.3. Lozingsvergunning (WVO)

Een lozingsvergunning is benodigd indien het effluent van de zuiveringsinstallatie op het oppervlaktewater wordt geloosd. Het hangt hierbij van de definitie van oppervlaktewater in de zin van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (WVO) af of al dan niet een lozingsvergunning vereist wordt. De WVO zelf geeft geen definitie, uit jurisprudentie blijkt echter dat dit begrip ruim geïnterpreteerd dient te worden. In principe behoren tot oppervlaktewateren alle openbare wateren, maar ook vijvers, plassen, meren etc. die niet onder beheer van een openbaar lichaam staan, alsmede sloten en greppels met een afvoerende functie.
Geïsoleerde greppels zijn niet aangewezen als oppervlaktewater, zodat hierop geen WVO-vergunning van toepassing is.

Vergunningverlener
De grote rivieren, grotere kanalen en meren en het IJsselmeer staan onder beheer van het Rijk, zodat de Minister van Verkeer en Waterstaat de vergunningverlener is.

De overige oppervlaktewateren staan in principe onder beheer van de provincie. Bij provinciale verordening is deze taak en de bijbehorende bevoegdheden echter veelal overgedragen aan specifieke waterkwaliteitsbeheerders (zuiveringsschappen, hoogheemraadschappen of waterschappen), met uitzondering van de provincies Groningen, Friesland en Utrecht. In de laatste provincies is Gedeputeerde Staten de vergunningverlener, in de overige het bestuur van de betreffende waterkwaliteitsbeheerder.

Procedure

De procedure voor de aanvraag van een lozingsvergunning is geregeld in de WABM, waardoor coördinatie met samenhangende vergunningsaanvragen (hinderwetvergunning, evt. bouwvergunning) mogelijk is en de vergunning binnen zeven maanden na het indienen van de aanvraag dient te zijn verleend.
Bij lozingen van afvalwater van huishoudelijke aard, waarvan de vervuilingswaarde geringer is dan 100 vervuilingseenheden (v.e.), kan voor een vergunning ingevolge de WVO de coördinatieprocedure volgens hoofdstuk 3 van de WABM echter achterwege blijven. (NB: bij lozingen groter dan 100 v.e. berust de coördinatie bij de aanvragen om een beschikking ingevolge de WABM bij de Gedeputeerde Staten van de provincie).

Bij lozingen groter dan 100 vervuilingseenheden zal bij kleine zuiveringen algemeen de verkorte procedure worden toegepast.
De zuiveringsinstallatie is er meestal ten behoeve van de omwonenden en dit zijn de enigen die bezwaren in kunnen dienen. Hierdoor bestaat er meestal geen behoefte aan een hoorzitting. De procedure wordt hierdoor met circa twee maanden bekort ten opzichte van de normale procedure met een duur van ca. 7 maanden.

Tijdsduren tussen aanvraag en vergunningverlening; leges

De tijdsduur tussen aanvraag en vergunningverlenging ligt algemeen tussen 5 en 7 maanden, ingevolge de WABM-bepalingen.
Bij het IBA-praktijkonderzoek liepen deze tijdsduren uiteen tussen 3,5 en 14 maanden, algemeen minder dan ca. 6 maanden.
Ook de legeskosten die waterkwaliteitsbeheerders in rekening brengen voor de lozingsvergunning verschillen per situatie. In algemene zin bedragen de legestarieven voor lozingsvergunningen *f* 10,- tot *f* 1.000,-.
Bij het IBA-praktijkonderzoek werden bedragen van *f* 20,- tot *f* 100,- uitgegeven aan leges voor lozingsvergunningen.

V.1.4. Juridische consequenties bij meerdere lozers of bij verwisseling van eigenaar

Een hinderwetvergunning en een lozingsvergunning is op naam gesteld van de aanvrager. Conform art. 14 van de Hinderwet geldt de hinderwetvergunning zowel voor de verzoeker als voor zijn rechtverkrijgenden. De vergunning heeft een zakelijk karakter en geldt dus niet alleen voor de natuurlijke of rechtspersoon die deze vergunning heeft aangevraagd. Indien een zuiveringsinstallatie door meerdere huishoudens gebruikt wordt, geldt de hinderwetvergunning voor elk van die huishoudens.
De WVO kent geen artikel met een dergelijke strekking. Uit de tekst van de lozingsvergunningen blijkt echter dat ook een lozingsvergunning wordt verleend aan de aanvrager of diens rechtverkrijgenden. Voor een lozingsvergunning gelden in dat opzicht dus dezelfde regels als voor een hinderwetvergunning.
Indien een zuiveringsinstallatie verwisselt van eigenaar, behoeft niet opnieuw een hinderwet- of een lozingsvergunning te worden aangevraagd. Bij het vergunningverlenend gezag kan dan een verzoek om wijziging van tenaamstelling worden ingediend.

V.2. Infiltratie in de bodem

Voor infiltratie van het effluent in de bodem is tot nu toe geen vergunning benodigd. In de toekomst zal door het in werking treden (waarschijnlijk in 1989) van het thans in voorbereiding zijnde Lozingenbesluit van de Wet bodembescherming (Wbb) de infiltratie van afvalwater in de bodem worden verboden. Het Lozingenbesluit is op een aantal met name genoemde lozingen in de bodem niet van toepassing, ondermeer het lozen in de bodem via een vloeiveld, bezinkveld, biezenveld of rietveld.
In bepaalde gevallen kan het bevoegd gezag ontheffing verlenen met betrekking tot het verbod, bijvoorbeeld bij huishoudelijk afvalwater, zie onderstaand.

Ontheffingsmogelijkheden verbod op lozing afvalwater in de bodem

Het ontwerp-Lozingenbesluit onderscheid 3 categoriën van huishoudelijk of daarmee vergelijkbaar afvalwater:

- **Beperkte lozing,** tot 10 lozingseenheden (1 lozingseenheid = ca. 1 vervuilingseenheid). Toegestaan, mits septic tanks en infiltratiesystemen worden toegepast conform de gestelde voorschriften en de afstand tot de dichtstbijzijnde riolering groter is dan 40 meter. Voor bestaande lozingen geldt alleen de afstandseis tot de riolering.
  Voor beperkte lozingen behoeft geen ontheffing te worden aangevraagd, noch bestaat er een meldingsplicht.

- **Omvangrijke lozing,** 10 - 200 lozingseenheden.
  De benodigde ontheffing kan worden verleend indien voorafgaand het te infiltreren afvalwater met een voorgeschreven zuiveringssysteem wordt gezuiverd en de afstand tot de dichtstbijzijnde riolering groter is dan een, aan de lozingsomvang gerelateerde, voorgeschreven waarde (100 - 4.500 meter).
  Voor bestaande lozingen geldt een meldingsplicht, opdat het bevoegd gezag kan beoordelen of aan vereiste voorschriften wordt voldaan. Het bevoegd gezag kan nadere eisen stellen.

- **Overige lozingen,** meer dan 200 lozingseenheden.
  Hiervoor kan geen ontheffing worden verkregen.

Bevoegd gezag

In het algemeen zullen burgemeesters en wethouders van de gemeenten, waar geheel of gedeeltelijk in de bodem wordt geloosd, het bevoegd gezag zijn. In bijzondere situaties zijn Gedeputeerde Staten of de Kroon bevoegd gezag.

Procedures

Bij de ontheffingsaanvraag of de melding van een bestaande lozing in de bodem dienen een aantal standaard voorgeschreven gegevens te worden verstrekt aan het bevoegd gezag, ondermeer:
- afstand tot de dichtstbijzijnde riolering;
- resultaten van een bodeminfiltratietechnisch onderzoek;
- gegevens van de zuiverings- en lozingsvoorzieningen.

Uitgezonderd enkele overgangsbepalingen zijn er geen procedures aangegeven in het Lozingenbesluit. De te volgen procedure c.q. afhandeling hiervan zal derhalve per bevoegd gezag kunnen verschillen, behoudens WABM-bepalingen.

V.3. Verontreinigingsheffing; rioolrecht

Verontreinigingsheffing

Kwaliteitsbeheerders van oppervlaktewateren kunnen verontreinigingsheffingen instellen, als directe belastingen ter dekking van kosten van maatregelen tot het tegengaan en voorkomen van verontreiniging van oppervlaktewateren.
Heffingsplichtig zijn diegenen die direct of indirect afvalstoffen lozen op oppervlaktewateren of een zuiveringstechnisch werk van de waterkwaliteitsbeheerder. Bij lozing in de bodem is men derhalve niet heffingsplichtig.

Als maatstaf voor de heffing geldt het gemiddeld aantal vervuilingseenheden (v.e.) dat geloosd wordt. Het aantal vervuilingseenheden is hoofdzakelijk gebaseerd op de vervuilingswaarde aan zuurstofbindende stoffen, daarnaast kan de lozing van enkele bijzondere stoffen afzonderlijk worden belast.
De heffingstarieven per vervuilingseenheid verschillen per waterkwaliteitsbeheerder (1 v.e. = ca. 40 - 100 gulden per jaar).
Voor woonruimten geldt een forfaitaire aanslag van 3 - 3,5 vervuilingseenheden, uitgezonderd 1-persoonshuishoudens (1 v.e.).
Bedrijfs- of andere ruimten kleiner dan 10 i.e. kunnen op verzoek eveneens forfaitair worden aangeslagen voor 3-3,5 i.e. Bij grotere lozingen dan 10 i.e. wordt de heffing gebaseerd op standaardwaarden uit de tabel met afvalwatercoëfficiënten in heffingsverordeningen, dan wel op metingen van de vervuilingswaarden van het geloosde water.

Het is vooralsnog onduidelijk welke rol een IBA-systeem speelt op de aanslag van de verontreinigingsheffing, met name bij huishoudens.
Strikt genomen biedt de WVO geen mogelijkheid af te wijken van de forfaitaire aanslag voor woningen. Hoewel een IBA-systeem de vervuilingswaarde van het geloosde water reduceert, wordt hier in praktijk geen rekening meegehouden bij de forfaire aanslag. Wel kan de waterkwaliteitsbeheerder besluiten een tegemoetkoming te verstrekken als vergoeding voor gemaakte onkosten; in praktijk wordt niet altijd van deze mogelijkheid gebruik gemaakt.
Slechts als meting van de vervuilingswaarde van het geloosde water ten grondslag ligt aan de verontreinigingsheffing, resulteert een IBA-systeem in een directe reductie van de aanslag.

Rioolrecht

Bij aansluiting op een gemeentelijk rioolstelsel is aan de betreffende gemeente rioolrecht verschuldigd, een directe belasting ter dekking van kosten van de exploitatie van gemeentelijke rioolstelsels.
De bedragen voor het rioolrecht verschillen per gemeente. Als globale indicatie van de ordegrootte is een bedrag van ca. 100-200 gulden per woning per jaar aan te houden.

Bij het ontbreken van een aansluiting op een gemeentelijk rioolstelsel, bijv. bij het bedrijven van een IBA-systeem lozend op oppervlaktewater of in de bodem, is geen rioolrecht verschuldigd.

BIJLAGE VI: Toepasbaarheid IBA-systemen in een breder verband

VI.1. : Inleiding.
VI.2. : Kosten voor individueel zuiveren naast de inkomsten uit heffingen.
VI.3. : Wegpersen waar centrale RWZI als alternatief voor individueel behandelen.
VI.4. : Individueel zuiveren volgens een integraal plan.

BIJLAGE VI - Toepasbaarheid IBA-systemen in een breder verband

VI.1. Inleiding

In deze bijlage wordt door middel van rekenvoorbeelden een globale indicatie gegeven van de toepasbaarheid van IBA-systemen in een breder verbrand, in plaats van onderlinge vergelijking van de systemen zoals in hoofdstuk 8 van het rapport.
Beschouwd worden:
- een vergelijking van de kosten met gebruikelijke lasten aan heffingen;
- een vergelijking met het alternatief "wegpersen" naar een centrale RWZI;
- de invloed van centralisatie bij individuele behandeling van afvalwater.

Er wordt nadrukkelijk op gewezen dat locale omstandigheden een grote rol spelen, waardoor de hier uitgevoerde beschouwingen slechts een **globaal** en **indicatief** karakter dragen.

VI. 2. Kosten voor individueel zuiveren naast de inkomsten uit heffingen

Per woning wordt gemiddeld ca. *f* 175,- aan rioolrecht en ca. *f* 210,- aan verontreinigingsheffing per jaar geheven.
Indien de totale jaarlijkse last aan deze heffingen gemakshalve op *f* 400,- per woning (5 i.e.) per jaar wordt gesteld, dan komt dit overeen met een jaarlast van ca. *f* 80,- per i.e. per jaar, of **ter vergelijking met de geraamde kosten in hoofdstuk 7 en 8 van dit rapport (excl. OB):**
- een jaarlast van ca. *f* 65,- per i.e. per jaar;
- een contante waarde van ca. *f* 960,- per i.e. (looptijd 20 jaar).

Uit figuren 8.2 en 8.3 in hoofdstuk 8 blijkt hieruit, dat géén van de beschouwde IBA-systemen voor een dergelijke bedrag kan worden gerealiseerd en bedreven, een looptijd van 20 jaar aangenomen.
De systemen kunnen derhalve zonder aanvullende financiering niet geëxploiteerd worden uit de opbrengsten van gangbare heffingen voor rioolrecht en verontreinigingsheffing.

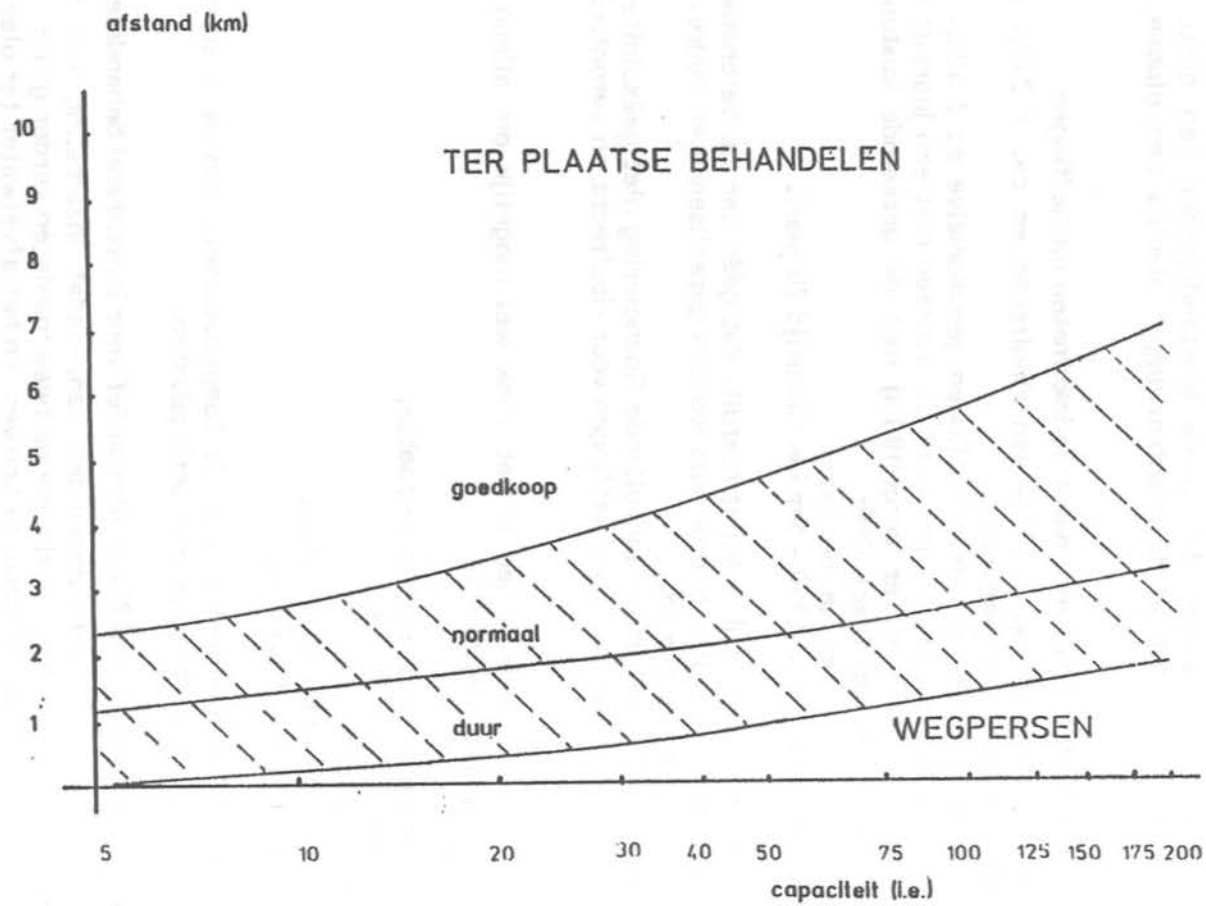
Met de inkomsten uit deze heffingen is het vaak wel mogelijk om alleen de bedrijfskosten te dragen, bijvoorbeeld:
- de **basis** bedrijfskosten voor:
  * infiltratiesystemen van elke systeemgrootte;
  * biorotorsystemen vanaf 20 i.e.;
- de **totale** bedrijfskosten voor:
  * infiltratiesystemen vanaf 20 à 30 i.e.;
  * biorotorsystemen vanaf ca. 60 i.e.

De grootste financiële belemmering voor de toepasbaarheid van de systemen wordt derhalve gevormd door de hoge investeringslasten.

VI. 3. Wegpersen naar centrale RWZI als alternatief voor individueel behandelen

Het saneren van lozingen in buitengebieden kan, nadat inzameling van het afvalwater heeft plaats gevonden, in principe op twee manieren verder gaan:
-1 door een kleine zuiveringsinstallatie te bouwen om het afvalwater ter plaatse te behandelen;
-2 door het afvalwater direct of indirect af te voeren naar een centrale RWZI.

In deze paragraaf wordt een globale afweging op basis van kosten gemaakt. Het zuiveren op locatie is vanwege het kleinschalige karakter duurder dan het zuiveren van afvalwater in een centrale RWZI. Indien het transport naar de RWZI kan worden gerealiseerd voor het bedrag dat met de centrale behandeling wordt uitgespaard, dan is wegpersen financieel aantrekkelijker.



Figuur VI.1.: Globale kostenvergelijking tussen ter plaatse behandelen in een biorotorsysteem of wegpersen en behandeling in een centrale RWZI, in relatie tot de lengte van de persleiding en de totale lozingsomvang (i.e.), bij 3 scenario's voor de kosten van de persleiding (goedkoop, normaal, duur).

De kosten van de alternatieven worden vergeleken aan de hand van contante waarden. De (her)investeringen en de bedrijfslasten zijn over een looptijd van 20 jaar beschouwd en contant gemaakt, waarbij een reële rente van 3% is gehanteerd. Verdere uitgangspunten staan hier onder.

-1 Voor de kosten van de behandeling ter plaatse is als installatietype een septic tank plus biorotor verondersteld. De bedrijfsvoering wordt door een centrale instantie verzorgd. De contante waarden zijn opgenomen uit hoofdstuk 7.

-2 Voor de centrale behandeling is een grote RWZI verondersteld. Kapitaalslasten en bedrijfsvoering gedurende 20 jaar resulteren in een contante waarde van globaal *f* 650,- per i.e., als worden uitgegaan van de gemiddelde waarde voor een RWZI van ca. 100.000 i.e. in Nederland.

-3 De afvoer naar een RWZI of een nabij gelegen rioolstelsel - mits dit nog voldoende capaciteit bezit -, dat op een RWZI uitmondt, geschiedt via een persleiding van kunststof (HPE). Iedere twee kilometer is een pomp geïnstalleerd om het afvalwater op te voeren. De te transporteren hoeveelheid afvalwater is dermate klein dat voor de persleiding de minimaal vereiste diameter (rond 50x44,2 mm) voldoende is, ongeacht het aantal aangesloten inwoners (maximaal 200). De kosten van de persleiding zijn daardoor alleen afhankelijk van lengte van de leiding.
Er zijn drie scenario's gekozen voor de kosten van een dergelijke persleiding: duur, normaal en goedkoop:

	duur	normaal	goedkoop
aanlegkosten (per m')	*f* 80,-	*f* 40,-	*f* 20,-
prijs per pomp (compleet)	*f* 24.000,-	*f* 12.000,-	*f* 6.000,-
bedrijfslasten per jaar	*f* 2.000,-	*f* 1.000,-	*f* 500,-

N.b. de persleiding wordt in 40 jaar afgeschreven, de pomp in 10 jaar.

Het resultaat van bovengenoemde berekeningen staat grafisch weergegeven in figuur VI.1. Op de x-as is het aantal te saneren inwoner equivalenten (de benodigde extra zuiveringscapaciteit) uitgezet, op de y-as de afstand tussen het te saneren gebied en het dichtst bij zijnde rioolstelsel, dat is aangesloten op een centrale RWZI.
Voor elk van de hierboven beschouwde scenario's is een lijn geschetst waarvoor geldt dat wegpersen even duur is als ter plaatse behandelen met een biorotorinstallatie. Bij grotere afstanden wordt wegpersen te duur en kan dus beter ter plaatse worden gezuiverd. Uitgaande van normale kosten voor de aanleg van een persleiding kan gesteld worden, dat ter plaatse behandelen met een biorotor goedkoper is als de transportafstand naar een centrale RWZI (of een stelsel, dat is aangesloten op een RWZI) meer dan 3,3 km bedraagt voor systemen van 200 i.e. aflopend tot 1,2 km voor systemen van 5 i.e.
Infiltratie voor 5 tot 10 i.e. is altijd goedkoper dan wegpersen, ongeacht de afstand. Een afvoer onder vrijverval over een afstand tot 400 à 600 m - kosten geraamd op *f* 35,-/m' - gevolgd door een behandeling in een centrale RWZI is voor 5 tot 10 i.e. nog concurrerend met een behandeling ter plaatse via een zakputsysteem. Bij kortere afstanden kan het beste afvoer naar een rioolstelsel worden overwogen, als er voldoende verhang beschikbaar is.

VI 4. Individueel zuiveren volgens een integraal plan

Een gebied met enkele verspreid liggende lozingen wordt gesaneerd. Er is geen afvoer naar een centrale RWZI mogelijk, zodat de sanering binnen het gebied moet worden uitgevoerd. Het probleem is dan welke lozingen gezamenlijk moeten worden aangepakt, en welke apart. Dit probleem kan worden opgelost door te berekenen of de kosten van transportleidingen, die een gecombineerde

behandeling met zich mee brengt, opwegen tegen de kostenbesparing die door de gecombineerde afvalwaterbehandeling wordt bereikt. Aan de hand van enige voorbeelden worden aangegeven wanneer een gezamenlijke aanpak valt te prefereren.

Uitgangspunten bij deze berekeningen met de **contante waarde methode** (looptijd 20 jaar) zijn:

- Een inzamelingssysteem onder vrijverval wordt aangelegd en 20 jaar onderhouden voor *f* 35,- per m'.
- Bij grote afstanden is geen vrijvervalsysteem meer mogelijk, zodat dan met drukrioleringen gewerkt moet worden. Hiervoor wordt aangenomen:
  f 25,-per m' leiding (afschrijven in 40 jaar);
  f 35,- per m' huisaansluiting (gemiddeld 25 m per woning, afschrijving in 40 jaar);
  f 10.000,- per pomp plus put (eenmaal per 2 à 3 huizen, afschrijven in 10 jaar);
  f 500,- onderhoud per pomp per jaar.
  Over 20 jaar contant gemaakt kost drukriolering dan *f* 10.700,- per woning plus *f* 20,50 maal het aantal meters leiding.
- Als behandelingssysteem voor een locatie van 5 of 10 i.e. wordt indien mogelijk een septic tank plus zakput(ten) geplaatst, die door de bewoners zelf wordt beheerd. De voor het basisjaar contant gemaakte investerings- plus bedrijfslasten over 20 jaar bedragen respectievelijk *f* 4.200,- en *f* 3.200,- per i.e. Voor grotere lozingen is het de verwachting, dat infiltratie in de toekomst wordt verboden, zodat dan van een ander zuiveringssysteem moet worden uitgegaan, in dit geval een biorotor.
- Voor de behandeling van meer dan 10 i.e. wordt een septic tank met biorotor geplaatst, waarvan het beheer door een centrale instantie wordt verzorgd. Een biorotor van 5 tot 10 i.e. (in eigen beheer van de bewoners) komt alleen in aanmerking als infiltratie onmogelijk is. De contante waarden per i.e. zijn:
  f 9.500,- voor 5 i.e. (in eigen beheer van de bewoners);
  f 6.000,- voor 10 i.e. (in eigen beheer van de bewoners):
  f 5.600,- voor 20 i.e.;
  f 3.300,- voor 50 i.e.;
  f 2.200,- voor 100 i.e.;
  f 1.600,- voor 200 i.e.

voorbeeld 1:
Het afvalwater van twee woonhuizen (5 i.e. per woning) kan apart (2 maal 5 i.e.) of samen (1 maal 10 i.e.) worden behandeld. Het laatste is 10 * (*f* 4.200,- - *f* 3.200,-) = *f* 10.000,- voordeliger. Als de afstand tussen de woningen niet meer bedraagt dan *f* 10.000,-/*f* 35,- = 275 m kan het beste één systeem van 10 i.e. worden geplaatst, met aanvoer onder vrijverval.
Als de behandeling met biorotoren wordt overwogen is de behandeling in één systeem van 10 i.e. *f* 35.000,- goedkoper dan de behandeling in twee losse biorotoren van 5 i.e. Van dit verschil kan een drukriool van 400 m worden bekostigd.

voorbeeld 2:
Tien woningen (5 i.e. per woning) staan in een lintbebouwing. Apart behandelen met een zakputsysteem (10 maal 5 i.e.) is 50* (4.200,- - *f* 3.300,-) = *f* 45.000,- duurder dan simultaan met één biorotor van 50 i.e. Voor dit bedrag kan er geen drukriool worden aangelegd. Als inzameling onder vrijverval mogelijk is valt er voor dit bedrag *f* 45.000,-/*f*35,- = 1300 m vrijvervalleiding aan te leggen. De huizen mogen niet meer 140 m uit elkaar liggen. Als er aan het einde van de vrijvervalleiding een extra opvoerpomp geplaatst moet worden is slechts 300 m leiding mogelijk.

Het is overigens goedkoper om per twee woningen één zakputsysteem van 10 i.e. te plaatsen dan een biorotor van 50 i.e. voor alle woningen samen.

Apart behandelen met 10 biorotoren van 5 i.e. is *f* 310.000,- duurder dan gezamenlijk met één biorotor van 50 i.e. In dat geval is inzameling met een drukriool vrijwel altijd goedkoper; al is er voor elke woning een eigen pomp nodig dan kan nog steeds een drukriool van 2100 m worden gefinancierd (230 m afstand tussen de woningen).

voorbeeld 3:
Tien lozingsbronnen van 10 i.e. (twee huizen onder een kap) staan in een lintbebouwing. Apart (10 maal 10 i.e.) behandelen met een zakputsysteem is 100 * (*f* 3.200,- - *f* 2.200,-) = *f* 100.000,- duurder dan samen met een biorotor van 100 i.e. Voor dit bedrag kan een vrijvervalleiding met twee extra pompen plus putten tot een lengte van 850 m worden aangelegd en onderhouden.

Apart behandelen met biorotoren van 10 i.e. is *f* 380.000,- duurder dan gezamenlijk met een biorotor van 100 i.e. In dat geval is inzameling met een drukriool vrijwel altijd voordeliger; al is er voor elke lozing een eigen pomp plus nodig dan is een drukriool tot een lengte van 5500 m concurrerend.

N.B. Het is nooit voordeliger om vijf of minder woningen van 10 i.e. samen aan te pakken met één biorotor als bij de woningen een zakputsysteem kan woren geplaatst. Als de afstanden echter klein zijn en de bewoners geen beheerstaken wensen uit te voeren is gezamenlijke aanpak toch het overwegen waard.

voorbeeld 4:
De besparing door in plaats van vijf 20 i.e. biorotoren, één 100 i.e. systeem te plaatsen bedraagt 100* (*f* 5.600,- - *f* 2.200,-) = *f* 340.000,-. Met dit bedrag kunnen bijvoorbeeld 4 persleidingen van elk 1,7 km naar het centraal gelegen behandelingspunt worden aangelegd en onderhouden.

voorbeeld 5:
De besparing door vier maal 50 i.e. niet apart, maar in één systeem van 200 i.e. te behandelen is 200* (*f* 3.300,- - *f* 1.600,-) = *f* 340.000,-.
Voldoende voor de aanleg en het onderhoud van ongeveer 6,8 km persleiding met vier pompen plus putten.

Zoals uit bovenstaande voorbeelden blijkt, dient van geval tot geval te worden onderzocht hoe de lozingen van een te saneren gebied moeten worden aangepakt. Daarom verdient het aanbeveling om niet ad hoc kleine zuiveringssystemen te plaatsen, maar kan beter een integraal plan voor een geheel gebied worden opgesteld. Diverse alternatieven kunnen dan naast elkaar worden gezet.

BIJLAGE VII - Enige specifieke aandachtspunten bij de bouw- en uitvoering van IBA-systemen

BIJLAGE VII: Enige specifieke aandachtspunten bij de bouw- en uitvoering van IBA-systemen

Onderstaand worden kort enige specifieke aandachtspunten en problemen belicht, voortkomende uit ervaringen van het IBA-praktijkonderzoek, die van belang zijn bij de realisatie van IBA-systemen.

1. De aanbesteding

In afwijking van de gebruikelijke aanbestedingsprocedure conform het Uniform Aanbestedingsreglement kan - om kosten voor rekenvergoedingen te besparen - één plaatselijke, goed bekend staande, aannemer worden aangeschreven. Bijkomend voordeel is dat deze lokale aannemer vaak bekend is met de bestaande situatie van de aanwezige riolering etc. ter plaatse van de locatie.
Bij het inschrijvingsbiljet wordt in dat geval een afstandsovereenkomst gevoegd, dat ondertekend geretourneerd dient te worden. Deze overeenkomst houdt in dat, indien onverhoopt aannemer en opdrachtgever niet tot een prijsovereenkomst kunnen komen, de aannemer het werk niet door zijn Prijsregelende Organisatie besmet laat verklaren.

2. Bestaande situatie

Om onaangename verrassingen tijdens de bouw te voorkomen, dient men zich vooraf zo goed mogelijk op de hoogte te stellen van de bestaande situatie.
Vaak is er bij bewoners of de gemeente te weinig of verouderde informatie met betrekking tot de bestaande situatie, zoals ligging van leidingen voor gas, water, elektriciteit en PTT.
De meeste gegevens zijn soms verkrijgbaar bij de plaatselijke aannemers, welke bij de aanleg van de woningen betrokken zijn geweest.

Bestaande huisaansluitingen naar aanwezige voorzieningen (septic tanks, beerputten, e.d.) zullen in veel gevallen gewijzigd of vervangen dienen te worden, bijvoorbeeld:

- afkoppeling en evt. verwijdering van bestaande afvalwatervoorzieningen. De afgekoppelde tanks kunnen desgewenst deels gesloopt worden en volgestort met grond.
- afkoppelen van eventueel aanwezige regenwaterafvoer.
- in slechte staat verkerende aansluitingen vervangen.

3. Terrein rond de installatie

Teneinde op terreinonderhoud te besparen en bepaalde laag gelegen onderdelen (monsterputten, aftappunten surplusslib, e.d.) niet overgroeid te laten geraken, is het aan te bevelen het terrein rondom de installatie(onderdelen) te verharden met straatstenen of trottoirtegels, of een grindlaag aan te brengen (mits niet bereden).
Daarnaast kan afbakening/afrastering van het terrein zinvol zijn om betreding door onbevoegden te beperken/afrastering van het terrein zinvol zijn om betreding door onbevoegden te beperken/voorkomen.

4. Corrosie- en vochtgevoeligheid apparatuur

Corrosie- en vochtgevoelige elektrotechnische onderdelen zijn een belangrijke bron van storingen door kortsluiting, en dienen zoveel mogelijk te worden vermeden of afdoende te zijn beschermd.

5. Storingssignalering

Aanbevolen wordt alle bewegende c.q. aandrijvende onderdelen van IBA-systemen van een storingssignalering te voorzien, met name bij opvoerpompen.

De storingssignalering dient duidelijk van buitenaf door een bewoner waarneembaar te zijn. Uitvoering ervan kan geschieden als waarschuwingslamp of signaalhoorn, op een afzonderlijke stroomvoorziening.

6. Leidingwerk

Teneinde verstoppingen te voorkomen dient het leidingwerk:
- zo weinig mogelijk bochten te bevatten;
- zo weinig mogelijk oneffenheden te bevatten;
- onder een geschikt verhang te liggen (vrijverval minimaal 1:500);
- een geschikt inwendige diameter te bezitten:
  * vrijverval minimaal 100 mm;
  * persleiding minimaal 40 mm.

Voorts dienen inspectie- en ontstoppingsputjes, met name in de aanvoerleiding, voorzien te zijn van stroomprofielen.

Het verdient aanbeveling om, zeker in de aanvoerleiding, ontstoppingsputjes te plaatsen. De lengte van een voor ontstopping gebruikte hogedrukspuit bedraagt maximaal 20 m.

7. Overstortmogelijkheden

Aanbevolen wordt om bij ieder systeem een overstortmogelijkheid te realiseren, zodanig dat er geen of nauwelijks een kans bestaat dat bij stremming van de waterafvoer water- of stankoverlast in de woningen op kan treden.
Overstortvoorzieningen zijn met name van belang indien in het systeem opvoerpompen aanwezig zijn.
Het is wel essentieel dat deze overstortvoorzieningen regelmatig worden geïnspecteerd, teneinde illegale overstorting te vermijden.

8. Afdekkingen tijdens de bouw

Bij het onderbreken van de bouwwerkzaamheden moeten reeds gegraven infiltratiesleuven worden afgedekt om te voorkomen dat de grond als gevolg van regenbuien dichtslaat en de infiltratiecapaciteit nadelig wordt beïnvloed.
Ook leidingen moeten bij onderbreking van werkzaamheden worden afgesloten ter voorkoming van verontreiniging/verstopping.

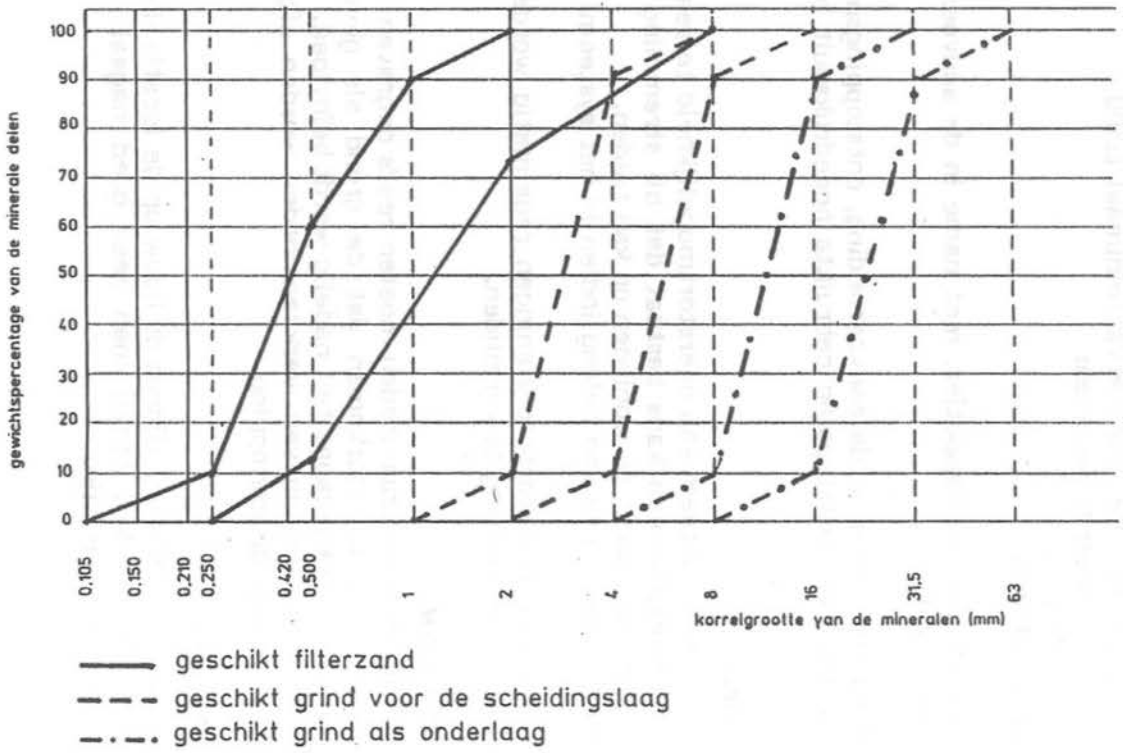
9. Wijzigingen tijdens de bouw

Wijzigingen ten aanzien van het ontwerp tijdens de bouw op de locatie dienen zo veel mogelijk voorkomen te worden, tenzij men zeer goed nagaat wat de consequenties van de wijziging(en) is/zijn.

10. Toegankelijkheid

Het terrein moet goed bereikbaar zijn voor tractoren of wagens van een rioleringsbedrijf, om slib uit de septic tank of nabezinktanks te kunnen verwijderen.
De bereikbaarheid op het terrein zelf moet zodanig zijn, dat niet met zware voertuigen over installatie-onderdelen, zoals de septic tank, heen gereden hoeft te worden. De kans op verzakking van deze onderdelen is in dat geval erg groot.

Bij de uitvoering dient ruimte aandacht besteed te worden aan voldoende toegankelijkheid van installatie-onderdelen, ten behoeve van controle, onderhoud en reparatie.
Eenvoud en tijdsbesteding worden hierdoor positief beïnvloed, wel dient hierbij de nodige aandacht aan hygiëne te worden geschonken.



Figuur VII.1.: De omhullenden van zeefkrommen van voor toepassing in filtratiesystemen geschikt zand en grind.

Beperking van de toegankelijkheid van installatie en terrein voor onbevoegden is aan te bevelen, zowel uit oogpunt van vandalisme als uit hygiënisch oogpunt.
Sloten op toegangsluiken/hekken dienen beschermd te zijn tegen vervuiling en corrosievorming.

11. Filterzand, grind

Het is raadzaam om direct na levering, nog tijdens de bouw, zeefanalyses uit te voeren van het geleverde filterzand en grind voor filtratiesystemen.
Hierdoor kan bijtijds worden ingegrepen als het geleverde niet voldoet aan de voorgeschreven en/of bij de partij vermelde specificaties. Vervanging van een foutief geleverde zandsoort achteraf kost veel tijd en geld.
In figuur VII.1 zijn grenzen aangegeven van zeefkrommen voor geschikte zand-en grindsoorten voor filtratiesystemen.

12. Ontluchting en luchttoevoer

Ontluchtingsbuizen op afgesloten systeemonderdelen dienen aan de bovenzijde tegen vervuiling en inregening beschermd te zijn door een regenkapje.
De situering ervan dient zodanig te zijn dat er geen geuroverlast voor bewoners kan ontstaan. De situering is derhalve bij voorkeur windafwaarts, en rekening dient gehouden te worden met voorkomende windvallen op de locatie.

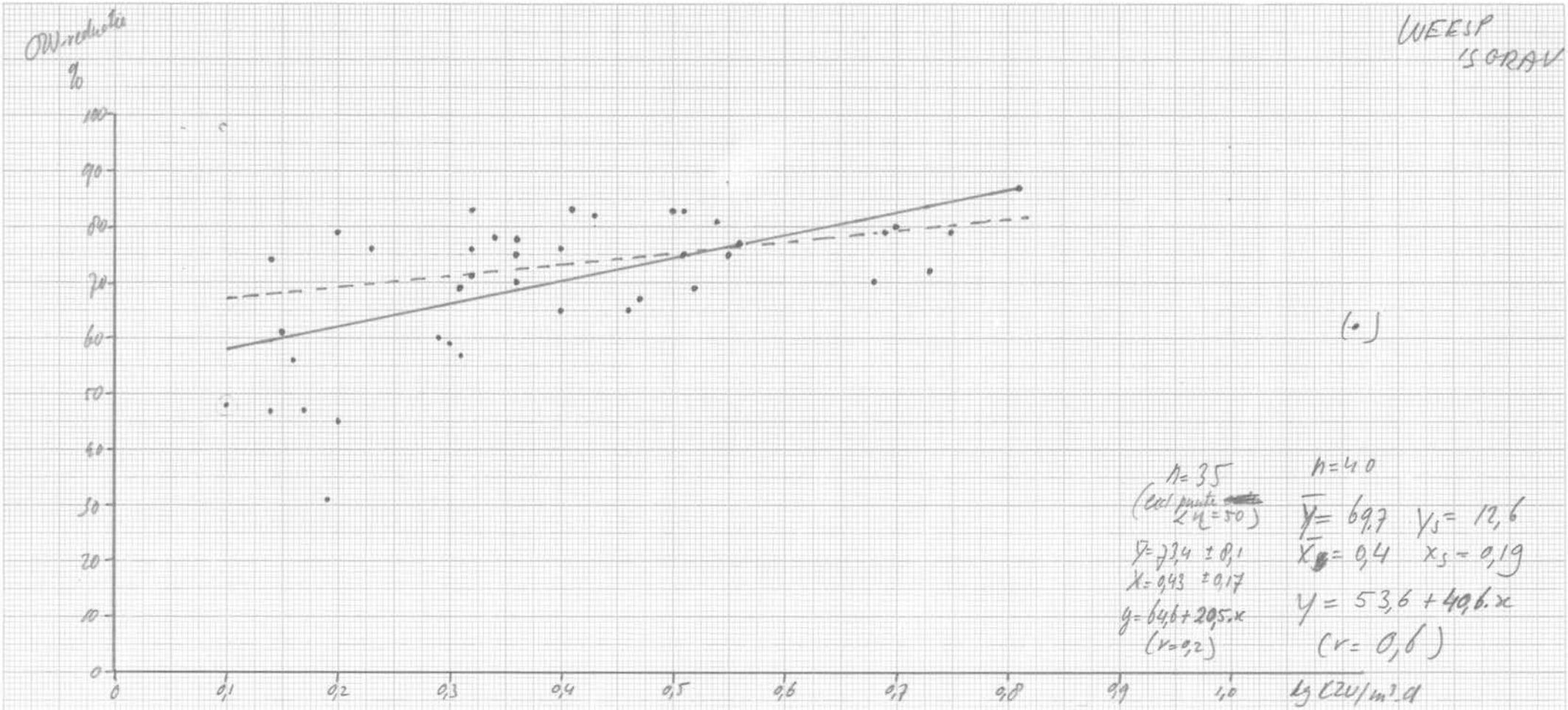
Bij de aerobe biologische zuiveringstrappen dient de luchttoevoer voldoende te zijn voor het biologische proces.

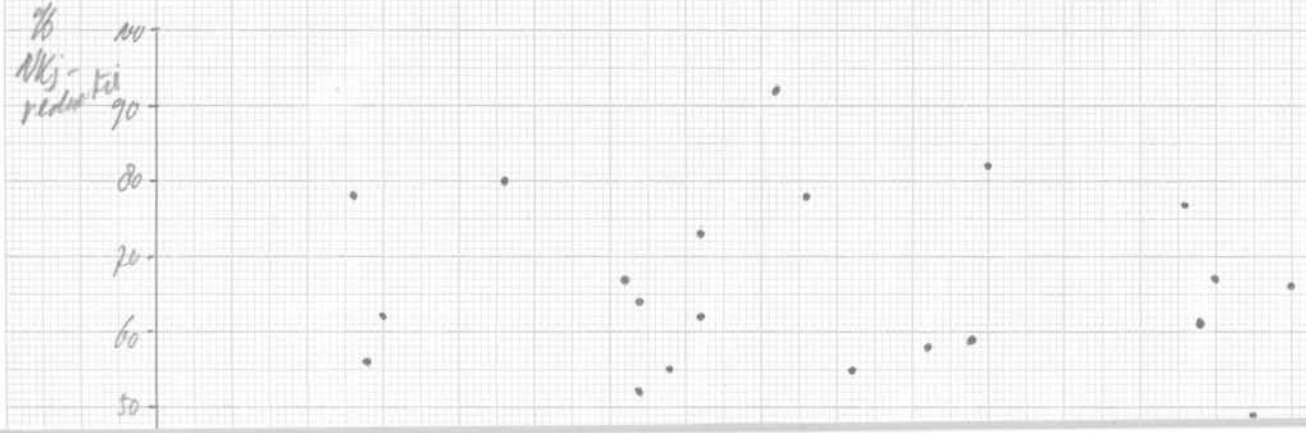
13. Situering van de installatie ten opzichte van bebouwing

In verband met eventuele geur- en geluidshinder, en uit hygiënisch oogpunt, is het raadzaam de installatie windafwaarts en op voldoende afstand van bebouwing te situeren.
De Britse richtlijnen (BSCP 6279) geven hiervoor waarden als 25 m vrije tussenruimte bij 1 woning en 76 m bij open actief slibinstallaties (i.v.m. aerosolvorming).

Inpassing van de installatie in het landschap en/of afscherming met begroeiing zijn niet alleen gewenst uit oogpunt van visuele overlast voor de bewoner, maar ook om nieuwsgierige onbevoegde bezoekers te weren.
De begroeiing rondom het terrein dient niet tot overlast van de bedrijfsvoering van de systemen te leiden (bijvoorbeeld: bladval op open zandfilters).

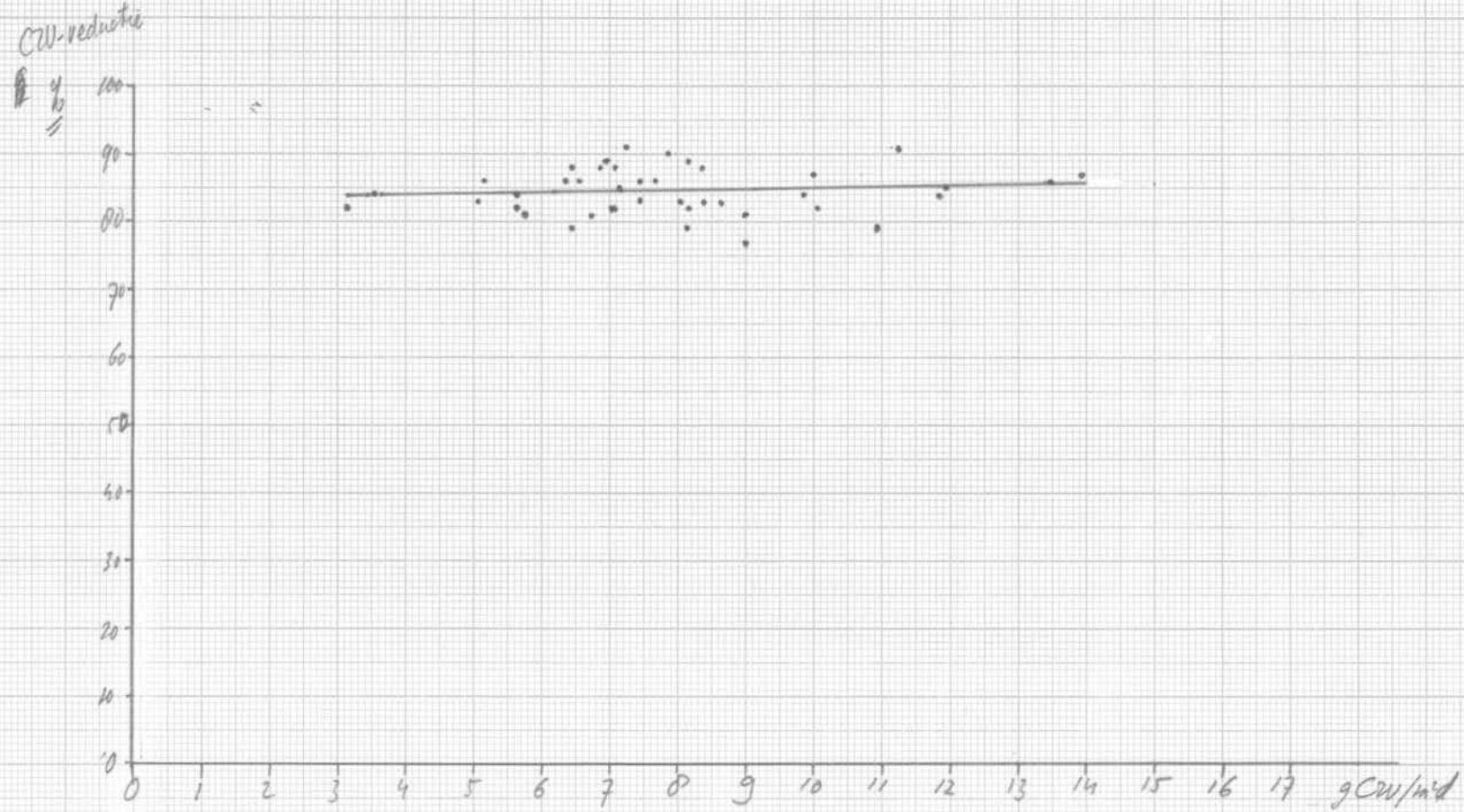
WEESP
ISGRAV





Belasting - rendement
Weesp Kev.

WEESP KEVERDIJK



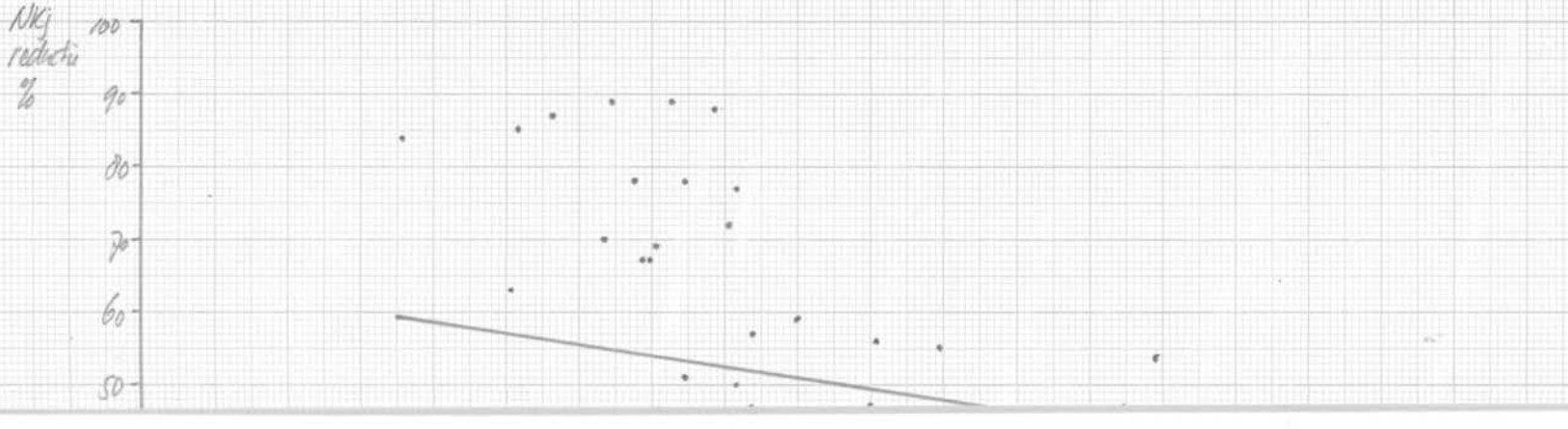
$n = 41$

$\bar{y} = 84{,}4$; $s_y = 3{,}36$

$\bar{x} = 7{,}91$; $s_x = 2{,}29$

$y = 83{,}2 + 0{,}15\,x$

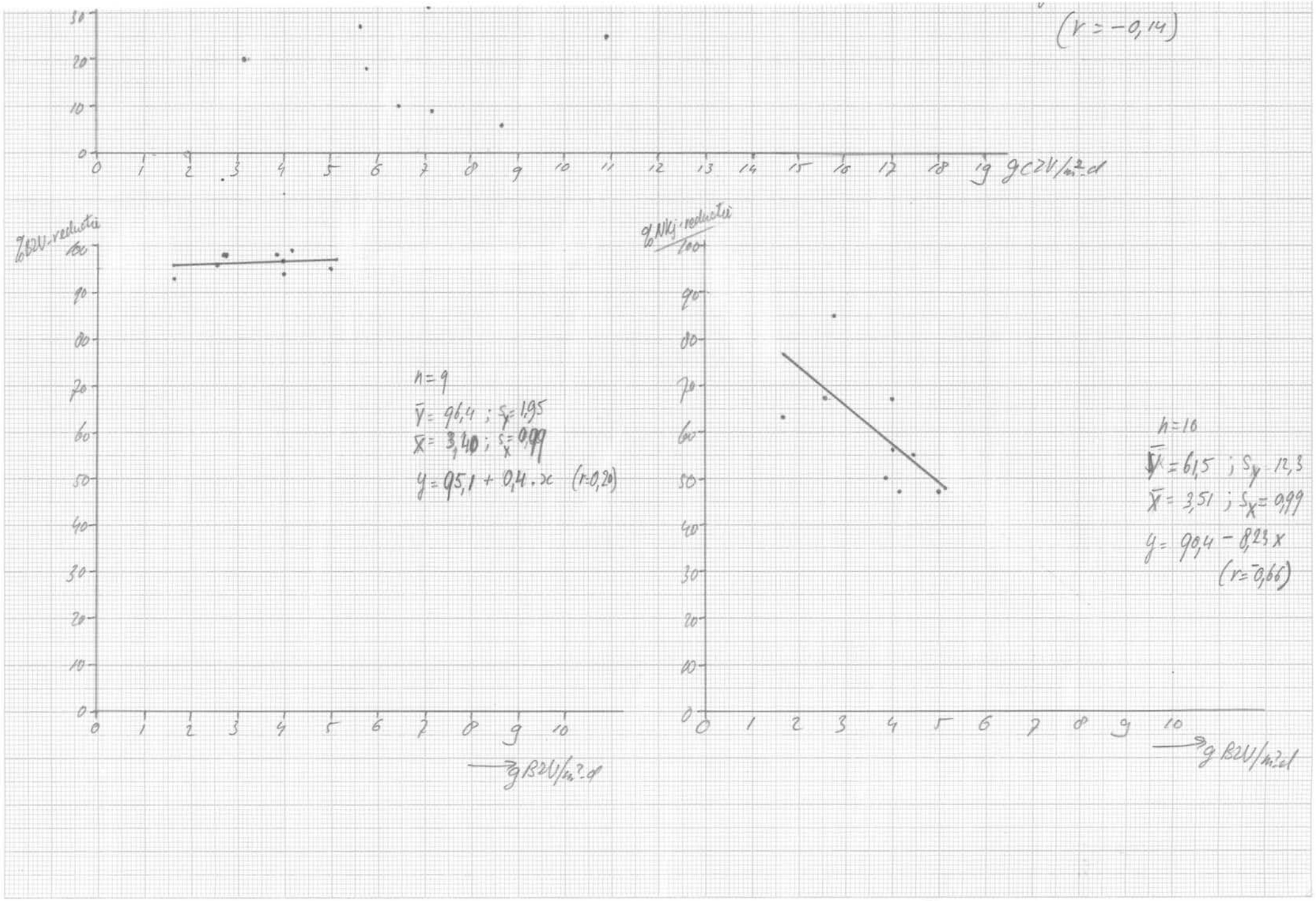
$(r = 0{,}11)$



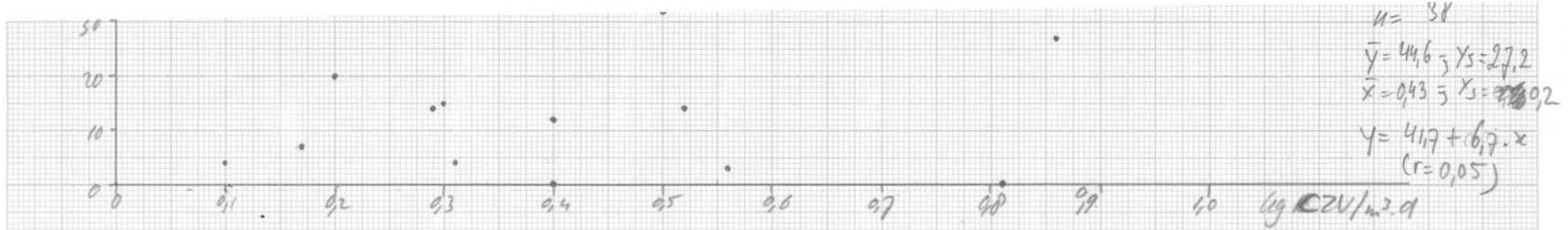
$n = 40$

$\bar{y} = 52{,}3$; $s_y = 23{,}9$

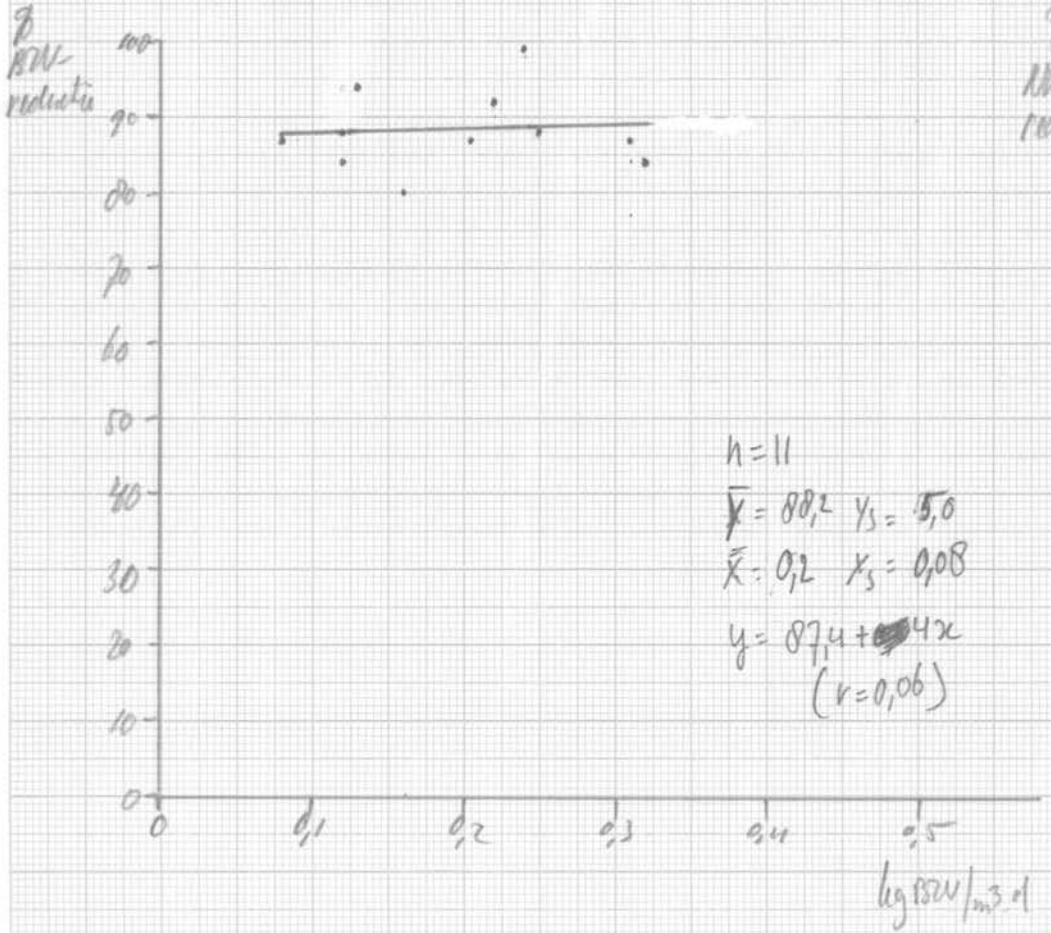
$\bar{x} = 7{,}87$; $s_x = 2{,}26$



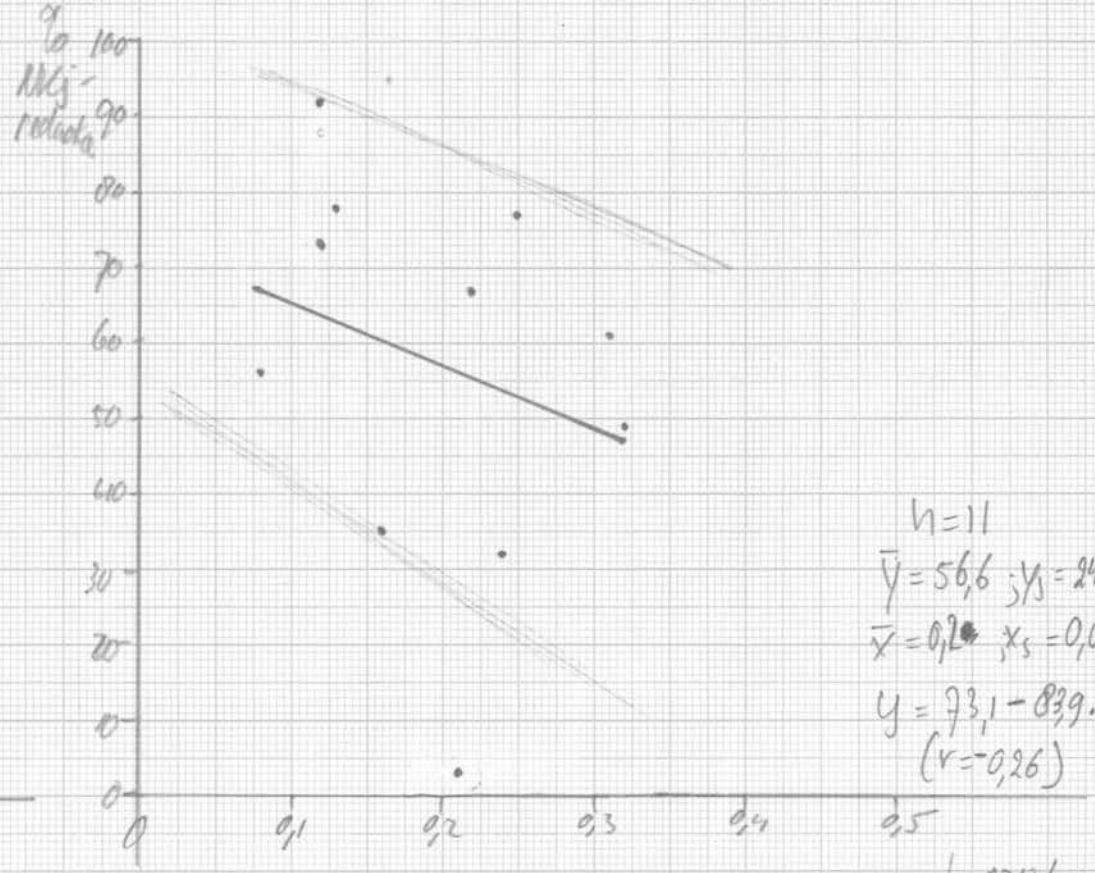
DIN A 3 297x420mm



n = 38
$\bar{y}$ = 44,6 ; y_s = 27,2
$\bar{x}$ = 0,43 ; x_s = 0,2
y = 41,7 + 6,7 . x
(r = 0,05)



n = 11
$\bar{y}$ = 88,2 y_s = 5,0
$\bar{x}$ = 0,2 x_s = 0,08
y = 87,4 + 4x
(r = 0,06)



n = 11
$\bar{y}$ = 56,6 ; y_s = 24,4
$\bar{x}$ = 0,2 ; x_s = 0,08
y = 73,1 − 83,9 . x
(r = −0,26)

DIN A 3 297x420mm