stora

Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen

2. Behandeling van procesgassen

(compostfiltratie en luchtwassing)

	Inhoud	I - II
	Ten geleide	III
1	SAMENVATTING	1 - 3
2	INLEIDING	4 - 5
3	COMPOSTFILTRATIE	6 - 34
3.1	Inleiding	6
3.2	Algemene principes	6 - 9
3.2.1	*reactiemechanismen*	6 - 7
3.2.2	*de samenstelling van het filtermateriaal*	7 - 8
3.2.3	*vochtgehalte van het filtermateriaal*	8
3.2.4	*dimensionering van het filter*	8 - 9
3.3	Praktijkervaringen met compostfiltratie	6 - 19
3.3.1	*algemeen*	9 - 10
3.3.2	*bezochte installaties*	10 - 13
3.3.3	*overige informatie*	14
3.3.4	*onderhoud*	14 - 15
3.3.5	*constructie*	15 - 18
3.3.6	*kosten*	19
3.4	Het onderzoek met het compostfilter in Meppel	20 - 34
3.4.1	*gegevens van de rwzi Meppel*	20
3.4.2	*bestrijving van de proefinstallatie*	20 - 22
3.4.3	*beschrijving van de meetmethoden*	22 - 26
3.4.4	*werkwijze tijdens het onderzoek*	26 - 27
3.4.5	*resultaten*	27 - 31
3.4.6	*overige waarnemingen*	32 - 33
3.4.7	*conclusies*	33 - 34
4	LUCHTWASSING	35 - 48
4.1.	Onderzoek naar de behandeling van afgassen van een thermische slibdroger met een luchtwasser	35 - 42
4.1.1	*inleiding*	35
4.1.2	*beschrijving van de proefinstallatie*	35 - 37
4.1.3	*beschrijving van de meetmethode*	38
4.1.4	*resultaten van de geurmetingen*	38 - 41
4.1.5	*kosten*	41
4.1.6	*conclusies*	41 - 42

4.2 Onderzoek naar de behandeling van ventilatielucht uit indikkers met een luchtwasser 43 - 48

4.2.1 *inleiding* 43
4.2.2 *gegevens van de rwzi Renkum* 43
4.2.3 *beschrijving van de proefinstallatie* 43 - 44
4.2.4 *beschrijving van de meetresultaten* 45
4.2.5 *resultaten* 45 - 48
4.2.6 *conclusies* 48 - 50

5 LITERATUUR 49

Bijlage 1 : Resultaten van de geurconcentratiemetingen aan het compostfilter in Meppel
Bijlage 2 : Resultaten van de geurconcentratiemetingen aan de luchtwasser in Meppel
Bijlage 3 : Waarnemingen tijdens het onderzoek met de luchtwasser in Meppel
Bijlage 4 : Omschrijving compostsoorten
Bijlage 5 : Geurmetingen met een panel m.b.v. de Mannebeck Olfactometer
Bijlage 6 : Compostfilters in Nederland

Ten geleide

Dit rapport is het derde in de serie STORA-publicaties betreffende de geuremissie van rioolwaterzuiveringsinrichtingen en de bestrijdingsmogelijkheden daarvan.
Eerder (in 1979) verschenen: "Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen: 1. Bestrijding in transportleidingen" en "2. Behandeling van procesgassen (inventarisatie)".

In het laatste rapport werd geadviseerd tot onderzoek naar biologische methoden voor de bestrijding van stankoverlast, toegespitst op indikders van primair slib en thermische slibbehandelingsprocessen.
Naast anaëroob influent zijn dit in Nederland de voornaamste bronnen van stankoverlast op rioolwaterzuiveringsinrichtingen.

Het voorliggende rapport is het resultaat van bovengenoemd onderzoek; de STORA speelt daarmee vooral in op de grote en (inter)nationale belangstelling voor compostfilters.
Zulke filters blijken op een breed terrein inzetbaar. De in dit onderzoek bepaalde rendementen van deze filters gelden echter alleen voor de onderzochte gassen; voor luchtstromen van andere oorsprong moet het rendement nog proefondervindelijk worden vastgesteld.

Het onderzoek, dat aan dit rapport ten grondslag ligt, werd - op voorstel van de Onderzoekadviescommissie* - door het algemeen bestuur van de STORA opgedragen aan DHV Raadgevend Ingenieursbureau B.V., namens de stichting begeleid door mevr. ir. J.M. Koppius-Odink, ir. T. Meijer, dr. D.K.J. Tommel (voorzitter) en ir. K. Visscher.

Dank is de STORA verschuldigd aan haar deelnemers, de zuiveringsschappen "Drenthe" en "Veluwe", die hun zuiveringsinrichtingen te Meppel en te Renkum voor praktijkproeven ter beschikking stelden en daarbij waardevolle technische bijstand verleenden.

augustus 1980. De directeur van de STORA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

---

* prof.ir. A.C.J. Koot (voorzitter), drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff (secretaris) en dr.ir. H.J. Eggink, prof.dr. P.G. Fohr, ir. R. Karper, ir. C.H. Kuggeleijn, ir. J.S. Kuyper, ir. Th.G. Martijn, ir. H.A. Meijer, ir. H.M.J. Scheltinga, dr.ir. D.W. Scholte Ubing, ir. J. van Selm, ir. M. Tiessens, drs. A.A. Wismeijer (leden).

1 SAMENVATTING

- Dit rapport omvat de resultaten van het experimenteel onderzoek naar de behandeling van de afgassen van de thermische slibdroger op de rioolwaterzuiveringsinrichting Meppel met behulp van compostfiltratie en luchtwassing.
  Tevens zijn hierin gegevens opgenomen over algemene principes van compostfilters, noodzakelijke onderhoudswerkzaamheden en de kosten.

  In dit rapport zijn verder weergegeven de resultaten van het experimenteel onderzoek naar de behandeling van de ventilatielucht van afgedekte primair slibindikker op de rioolwaterzuiveringsinsrichting Renkum eveneens met behulp van luchtwassing.

  Voor het onderzoek van de luchtbehandeling in compostfilters en luchtwassers is gekozen, omdat deze systemen op voorhand economisch aantrekkelijk leken, ondanks de beperkte ervaring met deze systemen.

  Bij de genoemde onderzoeken stond centraal het bereiken van een maximale reductie van de geurconcentratie.

- Compostfiltratie is een proces waarbij de te behandelen lucht door een laag compost wordt geleid. De te verwijderen componenten worden opgenomen door de micro-organismen. Het proces verloopt in twee stappen:
  - de overgang naar het in het compost aanwezige water
  - opname uit de waterfase door de micro-organismen.

- De werking van een compostfilter wordt bepaald door o.a. de volgende factoren:
  - de aard van het filtermateriaal
  - de dimensionering van het filter
  - de constructie
  - het onderhoud.

  Als filtermateriaal wordt voornamelijk compost gebruikt, dat in verschillende soorten verkrijgbaar is.
  Vooralsnog lijkt in verband met de lagere weerstand een betrekkelijk grove compostsoort aan te bevelen. Een goede regulering van het vochtgehalte van het compost is daarbij belangrijk.

- Bij de dimensionering van een compostfilter spelen de volgende factoren een rol:
  - de oppervlaktebelasting (m3/m2.h)
  - de laagdikte van het compost
  - de aard en de concentratie van de geurcomponenten
  - de standtijd
  - de temperatuur.

Voor de behandeling in een compostfilter is voor veel gassen de optimale oppervlaktebelasting nog onbekend.
De tot nu toe gehanteerde oppervlaktebelastingen variëren van 1 tot enkele tientallen m3/m2.h, veelal gebaseerd op veilige aannamen en niet op diepgaande onderzoekingen.
Als laagdikte voor het compost wordt in het algemeen 0,8 tot 1 meter aangehouden.
Bij de aard van de geurcomponenten zijn de stofoverdracht en de biologische afbreekbaarheid van belang.
Over de standtijd van het compostfilter zijn nog betrekkelijk weinig praktijkervaringen bekend. Op basis van de huidige ervaringen zou totale vernieuwing van het compost eenmaal per 2 tot 5 jaar noodzakelijk zijn.
De temperatuur van het compost wordt in belangrijke mate bepaald door de temperatuur van de doorgevoerde lucht.
Binnen bepaalde grenzen heeft een hogere temperatuur een gunstige invloed op de werking van het filter.

- Betrefffende de constructie van een compostfilter zijn een aantal uitvoeringsvormen mogelijk. Een veel voorkomende constructie is een luchtverdeelsysteem gelegen in een grindbed met daarop een steunweefsel en ca. 1 meter compost.
  Een andere uitvoering is de toepassing van een drukkamer afgedekt met geperforeerde platen met daarop het compost.
  Deze laatste uitvoeringsvorm biedt enkele voordelen boven de eerstgenoemde zoals eenvoudiger onderhoud en geen verstopping van het luchtverdeelsysteem.
  De investeringskosten zijn echter hoger.

- Het onderhoud van een compostfilter bestaat o.a. uit de volgende activiteiten:
  - het loshouden en onkruidvrij houden van het compost
  - het aanvullen en vervangen van het compost
  - het handhaven van een optimaal vochtgehalte (sproeien, draineren).

- De investeringskosten voor een compostfilter blijken nogal uiteen te lopen. Uit verzamelde gegevens hieromtrent blijken deze, afhankelijk van de gekozen constructie, globaal te liggen tussen de 250 en 800 gulden per vierkante meter filteroppervlak.

- Bij het onderzoek in Meppel met het compostfilter is na elkaar gebruik gemaakt van twee verschillende compostsoorten.
  Met beide compostsoorten is het filter ca.4 maanden in bedrijf geweest.
  De tweede compostsoort is gebruikt omdat verwacht werd dat de weerstand die deze compost zou geven aanmerkelijk minder zou zijn dan de eerste compostsoort. De luchtweerstand van beide compostsoorten bleek resp. ca. 140 en 100 mm WK te bedragen bij een luchtdebiet van 100 m3/m2.h en een laagdikte van 1 meter.

Uit de proeven in Meppel met het compostfilter is gebleken dat de geurconcentratie in de afgassen van de thermische slibdroger door behandeling in een compostfilter in vergaande mate gereduceerd kan worden, ook bij relatief hoge luchtbelastingen. De ingaande geurconcentratie bedroeg ca. 300 à 400 geureenheden/m3. Bij een luchtbelasting van 100 m3/m2.h was de middelste waarde van de uitgaande geurconcentratie bij gebruik van de beide compostsoorten resp. minder dan 10 geureenheden/m3 en 18 tot 56 geureenheden/m3.

Een mogelijke invloed van de ingaande geurconcentratie op de uitgaande geurconcentratie is niet vastgesteld.
Wel bleek de uitgaande geurconcentratie voor de gemeten concentraties en debieten samen te hangen met de gebruikte compostsoort. Of dit duidt op een effectievere werking van de ene soort boven de andere of dat dit moet worden toegeschreven aan het verschil in eigen geur van beide compostsoorten, is onduidelijk.

- Bij het onderzoek met de luchtwasser in Meppel was de ingaande geurconcentratie evenals bij de proeven met het compostfilter ca. 300-400 geureenheden/m3.
  Zelfs bij zeer lange contacttijden (meer dan 10 seconden) bleek de reductie van de geurconcentratie slechts 60-70% te bedragen. De uitgaande geurconcentratie bedroeg daarbij ca. 120-150 geureenheden/m3.
  Als wasvloeistof werd zowel effluent als actiefslib gebruikt. Het wassen met actiefslib bleek enigszins effectiever te zijn dan het wassen met effluent.

- Bij het onderzoek met de luchtwasser in Renkum is ook gebruik gemaakt van actiefslib en effluent als wasvloeistof. De te behandelen lucht was afkomstig van de afgedekte primair slibindikker en bevatte veel H_2S.
  Zonder pH-correctie (pH = 7,5) van de wasvloeistof bedroeg de H_2S-reductie ca. 50%.
  Door de pH te verhogen tot ca. 9,5 zijn reducties bereikt van 50-90%.

  Bij gebruik van zowel effluent als actiefslib als waswater bleek er weinig verschil in effectiviteit.

2 INLEIDING

Blijkens eerder STORA-onderzoek is geuremissie door primair-slibindikkers en thermische slibdrogers de voornaamste bron van stankoverlast door gassen van rioolwaterzuiveringsprocessen.

Hoewel er weinig ervaring mee bestond leken twee methoden op voorhand economisch aantrekkelijk nl. compostfiltratie en biowassing.
Besloten is daarom het experimenteel onderzoek in fase 2 voorlopig op deze beide methoden toe te spitsen, zowel voor de ventilatielucht van overdekte slibindikkers als de afgassen van thermische slibdrogers.

Compostfiltratie is een proces, waarbij de te behandelen lucht door een laag compost wordt geleid.
De te verwijderen componenten worden opgenomen door de micro-organismen in het compost.

Een biowasser is een gaswasinstallatie waarin de verontreinigingen eerst overgaan naar de waterfase en daarna kunnen worden opgenomen door de micro-organismen in de wasvloeistof.
Als wasvloeistof kan worden toegepast geadapteerd actiefslib of effluent in combinatie met een op het vulmateriaal aangegroeide slijmlaag van geadapteerde micro-organismen.
Tijdens dit onderzoek is als waswater naast effluent uitsluitend niet-geadapteerd actiefslib toegepast.
Om begripsverwarring te voorkomen wordt in dit rapport verder alleen gesproken over luchtwasser i.p.v. biowasser.

Het onderzoek naar de behandeling van de afgassen van een thermische slibdroger is uitgevoerd op de rwzi Meppel.
De luchtwasser voor dit onderzoek werd ter beschikking gesteld door de firma Interpolacel te Doetinchem, terwijl het compostfilter ter plaatse in eigen beheer is opgebouwd.

Het onderzoek naar de behandeling van ventilatielucht van een primair slibindikker is uitgevoerd op de rwzi Renkum.
De luchtwasser voor dit onderzoek is ter plaatse gebouwd.

Dit rapport bevat de resultaten van het experimenteel onderzoek naar de behandeling van de afgassen van de thermische slibdroger m.b.v. compostfiltratie en luchtwassing. Eveneens zijn weergegeven de resultaten van een dergelijk onderzoek naar de behandeling van ventilatielucht van afgedekte primair slibindikkers m.b.v. luchtwassing.
Compostfiltratie is bij dit laatste onderzoek achterwege gelaten omdat op korte termijn ervaringen met compostfilters, waarin soortgelijke luchtmengsels behandeld worden, beschikbaar zullen* komen.

De resultaten van het onderzoek met het compostfilter in Meppel zijn weergegeven in hoofdstuk 3.

* via de technische dienst van het zuiveringsschap Veluwe.

Ook is in dit hoofdstuk ingegaan op de algemene principes van compostfiltratie, constructie, onderhoud en kosten.
Hoofdstuk 4 bevat de resultaten van respectievelijk de onderzoeken met de luchtwassers in Meppel en Renkum.

3 COMPOSTFILTRATIE

3.1 Inleiding

Zowel in Nederland als in West-Duitsland is al enige jaren ervaring opgedaan met compostfilters op zowel zuiveringsinstallaties als bij industrieën.
Het betreffen in het algemeen filters met een lage oppervlaktebelasting (10-20 m3/m2.h) en lucht afkomstig van afgedekte onderdelen zoals zandvangers, verdeelputten of ruimtelucht van slibontwateringsgebouwen.

Over de mogelijkheden om de relatief grote afgasdebieten van een thermische slibdroger te behandelen in een compostfilter was weinig bekend.

Het doel van de proeven met compostfiltratie in Meppel was dan ook na te gaan welke geurreductie verkregen kan worden bij de behandeling van de afgassen van een thermische slibdroger in een compostfilter met name bij hoge luchtbelastingen.

Alvorens de resultaten van de proeven worden weergegeven wordt eerst ingegaan op de algemene principes van compostfiltratie en enige praktijkervaringen hiermee.

3.2 Algemene principes

3.2.1 *reactiemechanismen*

Bij compostfiltratie wordt de te behandelen lucht door een laag compost gevoerd, waarbij een proces optreedt dat vergelijkbaar is met aërobe biologische zuivering van afvalwater: de geurcomponenten worden samen met zuurstof opgenomen door micro-organismen en vervolgens afgebroken, c.q. geoxydeerd.
De overgang van de componenten van de gasfase naar de micro-organismen verloopt, in twee stappen:
a. overgang naar het in het compost aanwezige water (absorptie);
b. opname uit de waterfase door micro-organismen.

Behalve via het bovenstaande mechanisme, kunnen de verontreinigingen ook voor een deel via adsorptie aan het droge korreloppervlak in het compost worden opgenomen. De geadsorbeerde componenten kunnen vervolgens katalytisch of chemisch worden omgezet.
Dit mechanisme is in kwantitatieve zin echter van minder belang dan het eerste.
De opnamecapaciteit is beperkt; dit geldt in versterkte mate wanneer sprake is van alleen adsorptie (droge gesteriliseerde grond).

De werking van een compostfilter wordt vooral bepaald door de volgende factoren:
- de samenstelling van het filtermateriaal;
- vochtgehalte van het filtermateriaal;
- de dimensionering van het filter;
- de wijze van constructie en onderhoud van het filter.

Op de eerste twee aspecten wordt hieronder ingegaan.
Het laatste aspect wordt behandeld in par. 3.3.5.

3.2.2 *de samenstelling van het filtermateriaal*

De filters, waarmee volgens de literatuur geëxperimenteerd is, zijn onder te verdelen in twee groepen:
- bodemfilters; het filtermateriaal bestaat uit zand, klei, mengsels van zand en klei, grond;
- compostfilters; het filtermateriaal bestaat uit compost al dan niet gemengd met turf.

Compost bevat een hoger bestanddeel aan organisch materiaal dan zand, klei e.d., zodat de biologische activiteit erin groter is. Dit zal gunstig zijn voor het zuiveringsrendement van het filter; in de praktijk wordt dan ook meestal compost toegepast.

Compost is in verschillende soorten verkrijgbaar. Voor een algemene beschrijving van compostbereiding en de soorten die voor dit doel in de handel verkrijgbaar zijn wordt verwezen naar bijlage 4.
Voor compostfilters lijkt het aan te bevelen een betrekkelijk grove, goed uitgerijpte compost te kiezen. Dit laatste vanwege het feit, dat de rijping anders alsnog in het filter plaatsvindt, waardoor enige tijd lang sprake kan zijn van een verhoogde geuremissie uit het filter, veroorzaakt door de "eigen" geur van het compost. Te fijne compost kan verslemping veroorzaken.

Het is mogelijk compost te mengen met turf. De gedachte hierbij is dat de turf werkzaam is als vochtregulator. Bij een te hoog gehalte aan vocht wordt dit opgenomen in de turf, die het water weer afstaat, naarmate de compost droger wordt. Of dit in de praktijk zo werkt is niet vastgesteld. Vermenging met turf brengt echter ook meer kans op verslemping met zich mee.

De grootte van de "compostkorrels" mag geen al te grote spreiding vertonen.
Anders kan hetzelfde verschijnsel optreden als reeds is gesignaleerd bij een te hoog vochtgehalte, namelijk dat het compostfilter ongelijkmatig wordt doorstroomd.

Als verwacht mag worden dat er veel zuurvormende stoffen in het water van het compost zullen oplossen is het raadzaam een pH-buffer (bijvoorbeeld in de vorm van dolokal) aan het compost toe te voegen.

Bij de biologische oxydatie komen namelijk afbraakprodukten vrij. Sommige daarvan ontwijken naar de atmosfeer (o.a. CO_2, N_2 e.d.). Andere lossen op in het water en kunnen zuurvormend zijn, bijvoorbeeld sulfaat (SO_4=), dat ontstaat uit zwavelwaterstof (H_2S). Op de duur kan deze verzuring de werking van het filter negatief beïnvloeden.

3.2.3 *vochtgehalte van het filtermateriaal*

Voor een optimale werking van een compostfilter dient het vochtgehalte binnen bepaalde grenzen te blijven.
Wanneer het filter te vochtig is, treedt "verslemping" op: er ontstaan grote vochtige klonten.
Daardoor wordt de doorstroming van het compostfilter minder gelijkmatig en kan het zuiveringsrendement teruglopen. Bovendien wordt de luchttoetreding op de vochtige plaatsen belemmerd, waardoor anaërobe omzetting kan gaan optreden.
Wanneer het vochtgehalte in het compostfilter te laag is, wordt de eerste opnamestap - naar de waterfase - belemmerd, waardoor de reinigende werking van het filter eveneens afneemt.
In de literatuur wordt als bovengrens voor het vochtgehalte ca. 40% en de ondergrens 25% genoemd. Daarnaast worden echter ook als optimale vochtgehalten 40 à 60% genoemd.
Het vochtgehalte in een compostfilter wordt beïnvloed door:
- het klimaat: regen, zon, droogte, temperatuur;
- de aard van het doorgevoerd gas: relatieve vochtigheid, temperatuur.

Met deze factoren moet bij de constructie van het filter rekening worden gehouden (bijvoorbeeld door een beregeningssysteem, drainage, overkapping, bevochtiging toegevoerde lucht e.d.).

3.2.4 *dimensionering van het filter*

Bij de dimensionering van een compostfilter spelen de volgende dimensioneringsgrondslagen een rol:
- oppervlaktebelasting (m3 lucht/m2 filter.h);
- laagdikte van het compost;
- aard en concentratie van de geurcomponenten;
- standtijd;
- temperatuur.

Voor de behandeling in een compostfilter is voor veel gassen de optimale oppervlaktebelasting onbekend.
Voor een optimaal ontwerp dienen de milieutechnische en economische factoren tegen elkaar te worden afgewogen.

De tot nu toe gehanteerde oppervlaktebelastingen variëren van 1 tot enkele tientallen m3/m2.h.

Deze waarden zijn niet afgeleid uit diepgaande onderzoekingen, maar berusten veelal op veilige aannamen.

Als laagdikte van het compost wordt in het algemeen 0,8 tot 1 meter aangehouden. Deze laagdikte vormt een praktisch optimum.
Bij een dikkere laag neemt de weerstand over het filter toe en dus het energieverbruik.
Een dunnere laag kan gaan ten koste van de effectiviteit van het compostfilter.

Betreffende de aard van de geurcomponenten zijn de volgende factoren van belang:
- de stofoverdracht van de componenten van het gas naar het water b.v. de oplosbaarheid van de componenten in water;
- de biologische afbreekbaarheid van de te verwijderen componenten; overigens zal de populatie micro-organismen zich na verloop van tijd min of meer aanpassen aan de omstandigheden.

De standtijd van het filter is de tijd dat de concentratie van de te verwijderen componenten in het uitgaande gas beneden een bepaalde waarde blijft.
Naarmate de oppervlaktebelasting toeneemt zal - bij gelijkblijvende concentratie - de standtijd van het compostfilter afnemen, waardoor men sneller moet overgaan tot vervanging van het compost.

De temperatuur van de doorgevoerde lucht bepaalt in belangrijke mate de temperatuur van het compost.
De biologische processen, die plaatsvinden in het filter zijn exotherm, zodat de temperatuur in het filter zelfs enigszins hoger kan zijn dan de temperatuur van het behandelde gas. Deze hogere temperatuur heeft binnen bepaalde grenzen weer een positieve invloed op de biologische activiteit van de micro-organismen in het filter.
Bij bevriezing van het filter, zal de zuiverende werking afnemen, aangezien de opname van de componenten immers voornamelijk via de waterfase verloopt. Na ontdooiing zal de werkzaamheid van het filter weer op het oude peil terugkeren. Het filtermateriaal bevriest in het algemeen slechts gedeeltelijk zodat er in de winterperiode toch goed mee te werken is.

3.3 Praktijkervaringen met compostfiltratie

3.3.1 *algemeen*

Ten behoeve van het praktijkonderzoek naar compostfiltratie is vooraf enige gezaghebbende literatuur in beschouwing genomen (zie hoofdstuk 5) en is tevens een inventarisatie gemaakt van Nederlandse en Duitse praktijkervaringen met het bouwen en bedrijven van compostfilters.

In het algemeen is men tevreden over de werking van de compostfilters. De geur die resteert is alleen de eigen geur van de compost. Bij vorst treden weinig problemen op. Het filter blijft redelijk "open" afhankelijk van de temperatuur van de behandelde lucht.
De spreiding in het vochtgehalte van het compost kan relatief groot zijn (30-60%) zonder dat verminderde werking van het compostfilter blijkt.

De noodzaak om extra vocht toe te voegen b.v. door middel van sproeien is afhankelijk van de aard van de behandelde lucht.
Op het gebied van constructie en uitvoeringsvorm bestaat grote verscheidenheid.

De volgende paragraaf bevat een overzicht van de belangrijkste gegevens van de bezochte compostfilters. Voor een beschrijving van de gebruikte compostsoorten wordt verwezen naar bijlage 4.

3.3.2 *bezochte installaties*

Compostfilter van het rioolgemaal "Berkel" te Zutphen.

behandelde lucht	:	ventilatielucht afgedekte ruimten van het gemaal
doel	:	tegengaan betonaantasting en stankoverlast
gegevens van het filter		
aantal	:	1
oppervlakte	:	25 m2
ontwerpbelasting	:	32 m3/m2.h
soort compost	:	aanvankelijk edelcompost, later grove compost (compost B)
laagdikte	:	1 m
luchtverdeelsysteem	:	aanvankelijk filterbuizen in grindbed, later drukkamer
in bedrijf	:	sinds medio 1978
werking	:	goed
bijzonderheden	:	bij gebruik van edelcompost sloeg het filter "dicht"; overgegaan is toen op grovere compost. De openingen van het luchtverdeelsysteem raakten op de duur verstopt; gekozen is daarna voor het systeem van een drukkamer afgedekt met metalen roosters

Compostfilter rwzi Renkum

behandelde lucht	:	ventilatielucht afgedekte voorindikker, aanvoergoten en verdeelputten
doel	:	tegengaan stankoverlast

gegevens van het filter		
aantal	:	2
oppervlakte	:	2x 100 m2
ontwerpbelasting	:	12 m3/m2.h
soort compost	:	aanvankelijk edelcompost en turfbolster (40:60), later grove compost
laagdikte	:	1 m
luchtverdeelsysteem	:	geperforeerde PVC-buizen (gaten 5 mm) gelegen in grindbed
in bedrijf	:	sinds medio 1978
werking	:	goed

Compostfilter rwzi Almelo

behandelde lucht	:	ventilatielucht van indikker en aërobe stabilisatie
doel	:	tegengaan stankoverlast
gegevens van het filter		
aantal	:	2 met elk 2 compartimenten
oppervlakte	:	totaal 200 m2
ontwerpbelasting	:	25 m3/m2.h
soort compost	:	aanvankelijk rekrocompost; vervangen door compost B
laagdikte	:	1 meter
luchtverdeelsysteem	:	drukkamer
in bedrijf	:	sinds medio 1978
werking	:	goed
bijzonderheden	:	bij het uit bedrijf nemen van een compartiment kan het andere compartiment belast worden met 50 m3/m2.h

Compostfilter rwzi Alkmaar

behandelde lucht	:	ventilatielucht van indikker
doel	:	tegengaan stankoverlast
gegevens van het filter		
aantal	:	1 met 2 compartimenten
oppervlakte	:	100 m2
ontwerpbelasting	:	25 m3/m2.h
soort compost	:	aanvankelijk rekrocompost gemengd met bolsterveen; vervangen door compost B
laagdikte	:	1 meter
luchtverdeelsysteem	:	drukkamer
in bedrijf	:	sinds medio 1978
werking	:	goed
bijzonderheden	:	bij het uit bedrijf nemen van een compartiment kan het andere compartiment belast worden met 50 m3/m2.h

Compostfilter rwzi Bocholt (BRD)

behandelde lucht	:	ventilatielucht afgedekte beluchte zandvanger, afgedekte zandopslag en slibindikker

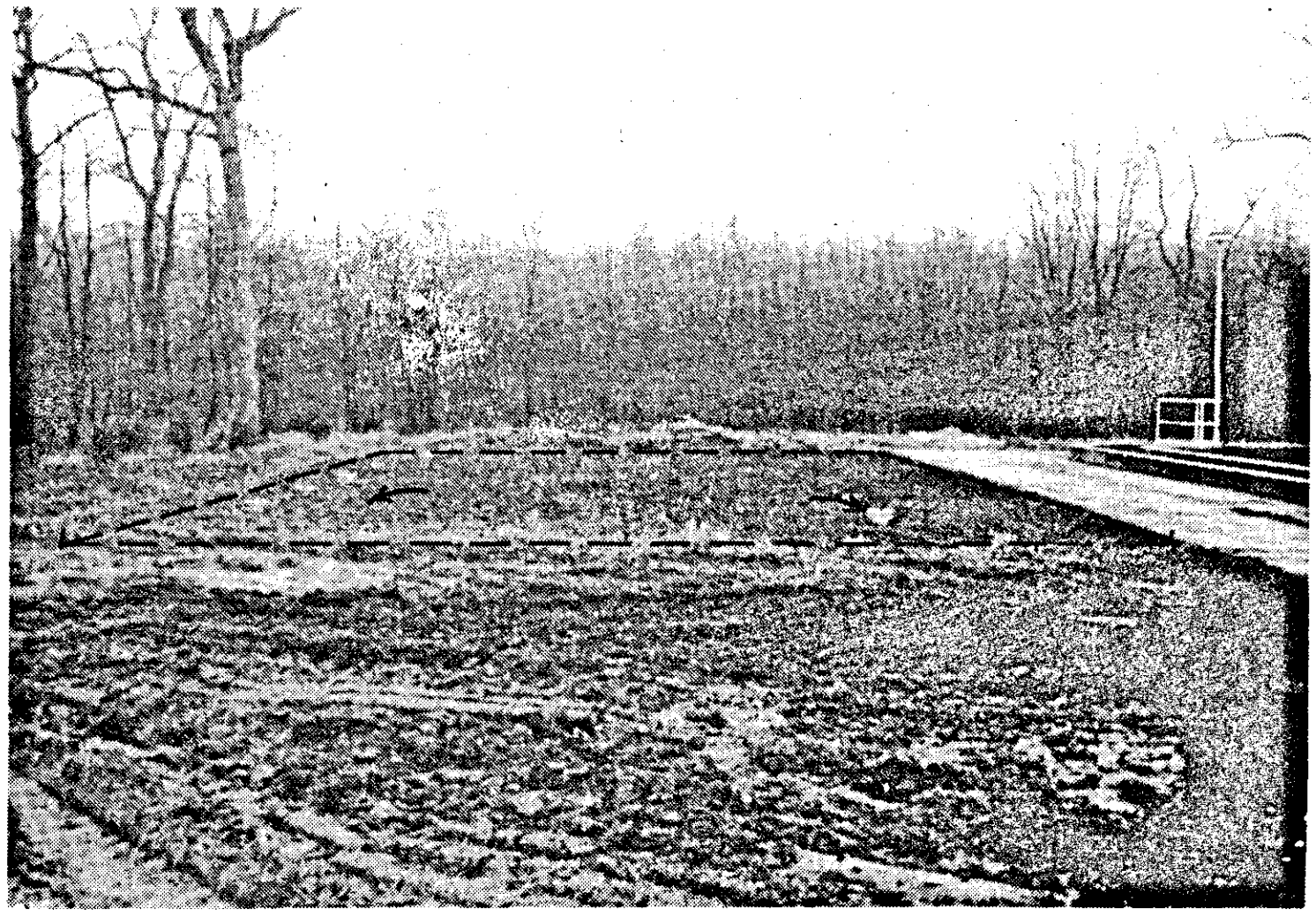
doel	:	tegengaan stankoverlast
gegevens van het filter		
aantal	:	1
oppervlakte	:	130 m2
ontwerp belasting	:	20 m3/m2.h
soort compost	:	Müllcompost
laagdikte	:	1 m
luchtverdeelsysteem	:	geperforeerde buizen in grindbed
in bedrijf	:	sinds medio 1977
werking	:	goed
bijzonderheden	:	na een bedrijfsduur van ca. 1½ jaar is 25 m3 compost bijgevuld

Compostfilter rwzi Bergisch Gladbach (BRD) (zie afb. 1)

behandelde lucht	:	ventilatielucht uit slibvoorraadtank, filtraatbak, instroomput voorbezinktank, filterpersgebouw
doel	:	tegengaan stankoverlast
gegevens van het filter		
aantal	:	2
oppervlakte	:	2x 100 m2
ontwerp belasting	:	15 m3/m2.h
soort compost	:	Müllcompost
laagdikte	:	1 m
luchtverdeelsysteem	:	geperforeerde PVC-buizen (Ø 130 mm) in grindbed
in bedrijf	:	sinds begin 1978
werking	:	goed
bijzonderheden	:	de 2 compostfilters waren door een betonnen scheidingswand verdeeld; deze wand is eind 1979 verwijderd omdat hierlangs kortsluitstromen ontstonden. jaarlijks is ca. 25 m3 compost bijgevuld.

Compostfilter bij composteerinrichting Duisburg-Huckingen (BRD)

behandelde lucht	:	ventilatielucht gebouwen van de compostbereiding
doel	:	tegengaan stankoverlast
gegevens van het filter		
aantal	:	1
oppervlakte	:	300 m2
ontwerp belasting	:	40 m3/m2.h
soort compost	:	Müllcompost
laagdikte	:	1 m
luchtverdeelsysteem	:	geperforeerde buizen in grindbed
in bedrijf	:	sinds 1966
werking	:	goed



Afb. 1. Compostfilter rwzi Bergisch Gladbach (BRD)

— — — — grens compostfilter
——→ steunpilaren

3.3.3 *overige informatie*

Ten aanzien van de overige informatie met compostfiltratie is o.a. de literatuur geraadpleegd die vermeld staat in bijlage 6. In het bijzonder wordt verwezen naar een artikel van Cornelisse, van Lohuizen en Visscher (1979) over de ervaringen met een compostfilter op de rwzi Renkum, waarin opgenomen een korte samenvatting van de onderzoekresultaten van gezaghebbende auteurs.
In essentie wijken deze literatuurgegevens niet af van het algemene beeld dat is geschetst in paragraaf 3.2.

3.3.4 *onderhoud*

Het onderhoud van een compostfilter komt voornamelijk neer op de volgende activiteiten:
- loshouden van het compost;
- onkruidvrij houden;
- aanvullen/vervangen van het compost;
- sproeien/handhaven optimaal vochtgehalte.

Het voldoende loshouden van het compost is van belang om de weerstand van het compostfilter zo laag mogelijk te houden en om een gelijkmatige luchtverdeling over het filter te bewerkstelligen.
Bij de relatief kleine compostfilters wordt dit in de praktijk opgelost door periodiek (1 à 2x per maand) met de hand de bovenste laag van het compostfilter los te hakken.
Om daarbij vastlopen te voorkomen wordt gebruik gemaakt van planken. Met deze werkwijze kan een laag van ca. 20 cm, max. 30 cm losgewerkt worden.
Er wordt gezocht naar een andere methode, waarbij dieper gespit kan worden en die tevens geschikt is voor grotere compostfilters. Hierbij valt te denken aan een spitmachine (Vicon Lely), waarbij tot 60 cm diep gespit kan worden.

Het onkruidvrij houden van het compostfilter is van belang om kortsluitstromen van de te behandelen lucht te voorkomen en een gelijkmatige luchtverdeling te handhaven.

Door "vertering" van het compost zal aanvulling met verse compost ca. eenmaal per jaar noodzakelijk zijn.
Over het vervangen van het compost zijn in de praktijk nog betrekkelijk weinig gegevens bekend. De standtijd van het compost hangt van een aantal factoren af, zoals geurconcentratie, oppervlaktebelasting, temperatuur e.d.
Op basis van de huidige ervaringen mag verwacht worden dat totale vernieuwing van het compost eenmaal in de 2 tot 5 jaar wenselijk zal zijn om van een goede werking van het filter verzekerd te zijn.

Voor de goede werking van het compostfilter dient het vochtgehalte van het compost binnen zekere grenzen (30-60%) te worden gehandhaafd. Afhankelijk van de behandelde lucht en het jaargetijde zal bevochtiging met behulp van bijvoorbeeld een sproei-installatie noodzakelijk zijn.
Het water dient egaal over het oppervlak te worden verspreid.

3.3.5 *constructie*

Wat betreft de constructie van een compostfilter zijn een aantal uitvoeringsvormen mogelijk.
Een van de meest voorkomende constructies is globaal als volgt.
Een luchtverdeelsysteem gelegen in een grindbed van ca. 30 cm; daarop eventueel een steunweefsel waarop het compost met een laagdikte van ca. 1 meter. Tevens is een drainageleiding aangebracht voor de afvoer van overtollig water.
Om te voorkomen dat grondwater in het filter komt wordt gebruik gemaakt van een plastic folie op de bodem en langs de zijwanden.
Het geheel kan zowel in als op het maaiveld gebouwd worden.
In de figuren 1, 2 en 3 is schematisch een aantal uitvoeringsvormen weergegeven.

In plaats van het grindbed waarin de leidingen voor de luchtverdeling liggen kan een andere constructie worden toegepast namelijk het systeem van een drukkamer.
Een drukkamer bestaat uit een ruimte (h = ca. 25 cm) onder het compost, afgedekt met geperforeerde platen of roosters. Hierop kan een filterdoek aangebracht worden waarop het compost gestort kan worden.
Een drukkamer biedt een aantal voordelen boven een constructie met een grindbed o.a. een goede luchtverdeling, geen of nagenoeg geen drukverlies in het luchtverdeelsysteem, geen verstopping van het luchtverdeelsysteem en eenvoudiger onderhoud.
Als nadeel kan genoemd worden dat de investeringskosten hoger zijn.

Bij de constructie van compostfilters dient rekening gehouden te worden met de mogelijkheid van het ontstaan van kortsluitstromen langs de wanden.
Een van de methoden om dit tegen te gaan is het naar binnen slaan van de plastic folie halverwege de compostlaag.

Bij de materiaalkeuze dient rekening gehouden te worden met de samenstelling van de te behandelen gassen in verband met mogelijke corrosie (b.v. aantasting door H_2S).

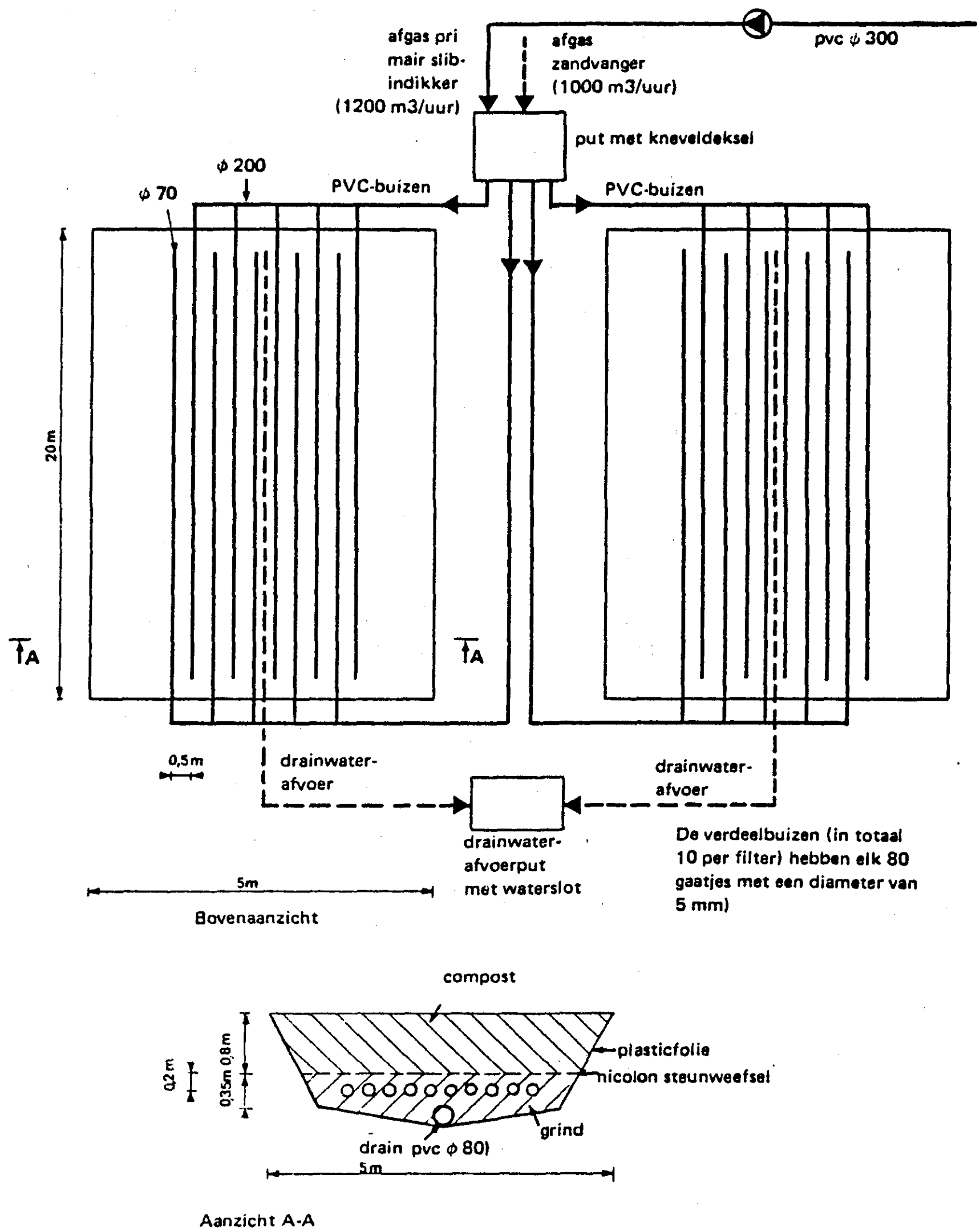


Fig. 1. Compostfilter rwzi Renkum

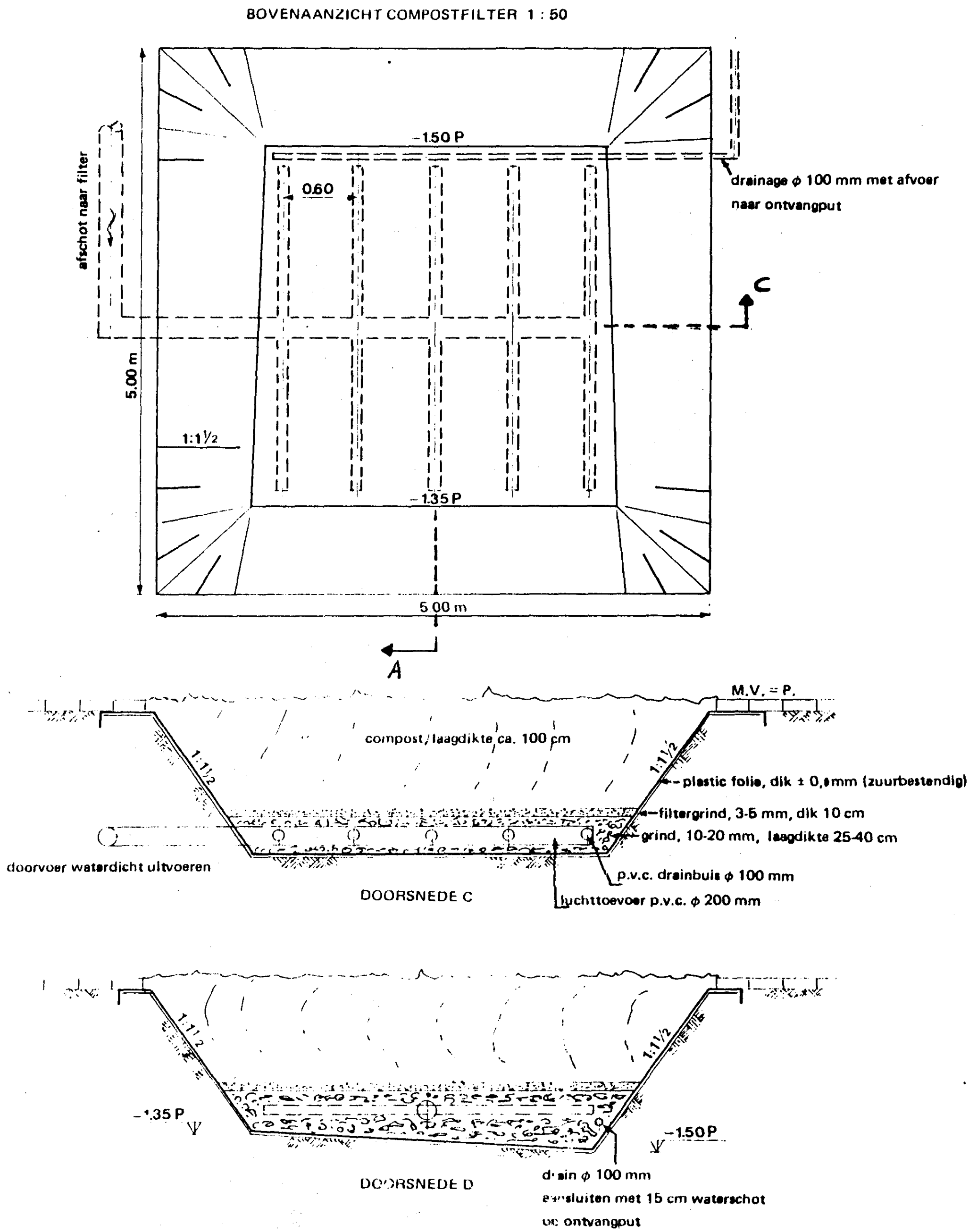
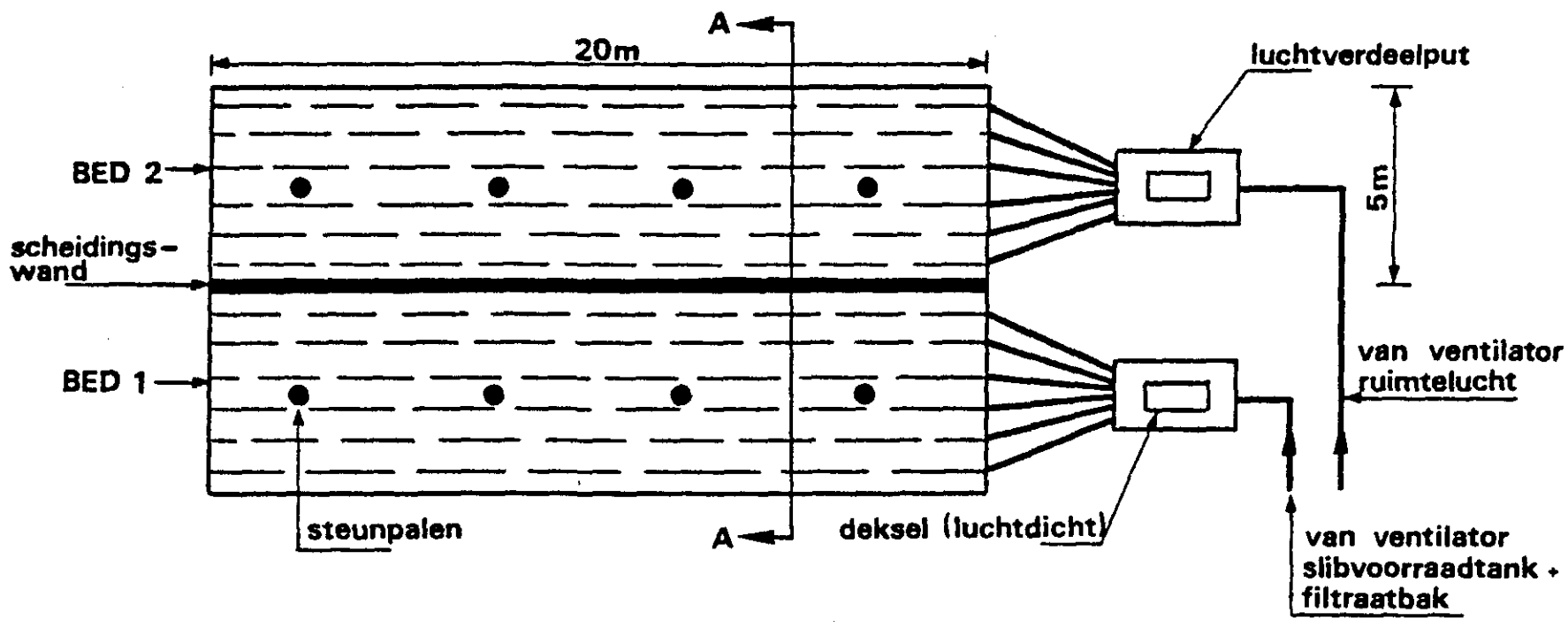
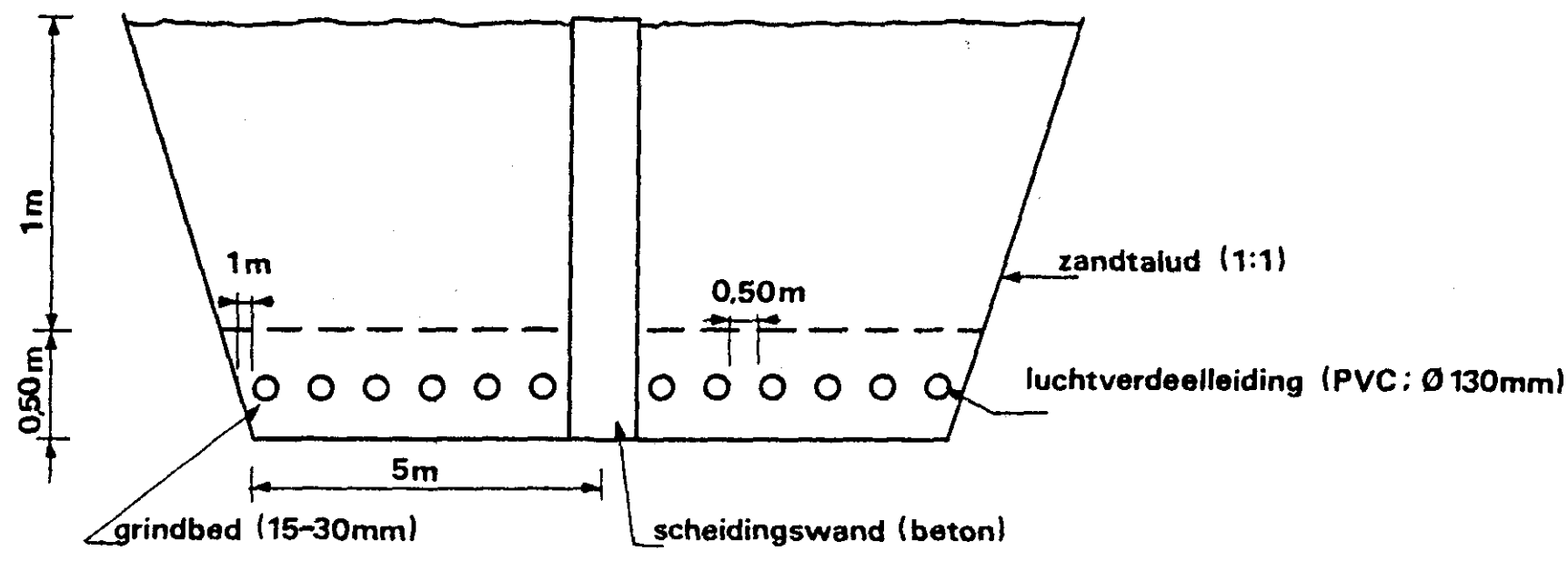


Fig. 2. Compostfilter gemaal Zutphen





DWARSDOORSNEDE A-A

Fig. 3. Compostfilter rwzi Bergisch Gladbach (BRD)

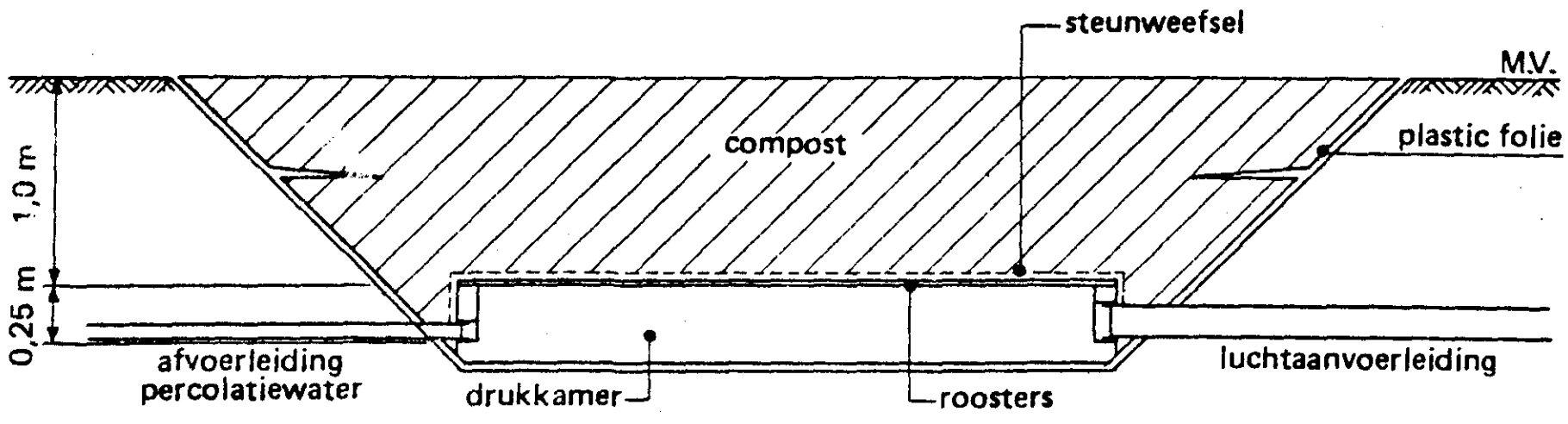


Fig. 3a. Doorsnede drukkamerfilter

3.3.6 *kosten*

Ter oriëntatie zijn in tabel 1 de kosten weergegeven van een aantal bestaande en in ontwerp zijnde compostfilters.
De hoogte van de investeringskosten hangt sterk af van de gekozen uitvoeringsvorm en constructie. Zoals reeds eerder gesteld is, zijn er op dit gebied een groot aantal mogelijkheden die afhankelijk zijn van de plaatselijke omstandigheden.

Voor de kostenberekening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- prijspeil : 1978 voor filter I en II
  1980 voor filter III en IV
- prijzen : exclusief BTW, exclusief grondkosten
- kapitaalslasten : op basis van annuïteit
  bouwkundig deel: 20 jaar
  mechanisch/elektrisch deel: 10 jaar
- rentevoet : 10%
- standtijd van het filtermateriaal : 3 à 4 jaar.

filternummer	I	II	III*	IV*
grondslagen				
capaciteit m3/h	2.200	5.000	1.000	20.000
opp. bel. m3/m2.h	12	25	10	100
oppervlakte m2	200	200	100	200
investeringskosten				
bouwkundig	} 50.000	54.000	75.000	85.000
mech/elektr.		16.500	5.000	48.000
totaal	50.000	70.500	80.000	133.000
per m2 filteroppervlak	250	350	800	665
exploitatiekosten				
kapitaalslasten:				
- bouwkundig	} 7.800	5.800	8.800	10.000
- mech./elektr.		2.700	800	7.800
onderhoud	2.500	800	1.000	2.100
vervanging compost	1.000	1.100	1.000	3.000
energie	1.700	5.700	1.250	4.700
onvoorzien	-	-	-	1.000
totaal	13.000	16.100	12.850	28.600

* in ontwerp

Tabel 1. Overzicht kosten compostfilters (in guldens)

3.4 Het onderzoek met het compostfilter in Meppel

3.4.1 *gegevens van de rwzi Meppel*

De zuiveringsinrichting te Meppel is een tweetrapsactief-slibinstallatie (systeem obas) met voorbezinking en anaërobe slibstabilisatie voor het primair slib uit de 1e trap. De zuiveringsinrichting heeft een capaciteit van 70.000 i.e.

De thermische slibdroger (verdampingscapsciteit 3,6 ton/h, luchtdebiet ca. 20.000 m3/h) verwerkt een mengsel van surplusslib uit de 2e trap en anaëroob gestabiliseerd slib uit de 1e trap.
Voor de droger wordt het slib mechanisch ontwaterd tot ca. 15% droge stof. De droger verhoogt het drogestofgehalte tot 90 à 95%.

3.4.2 *beschrijving van de proefinstallatie*

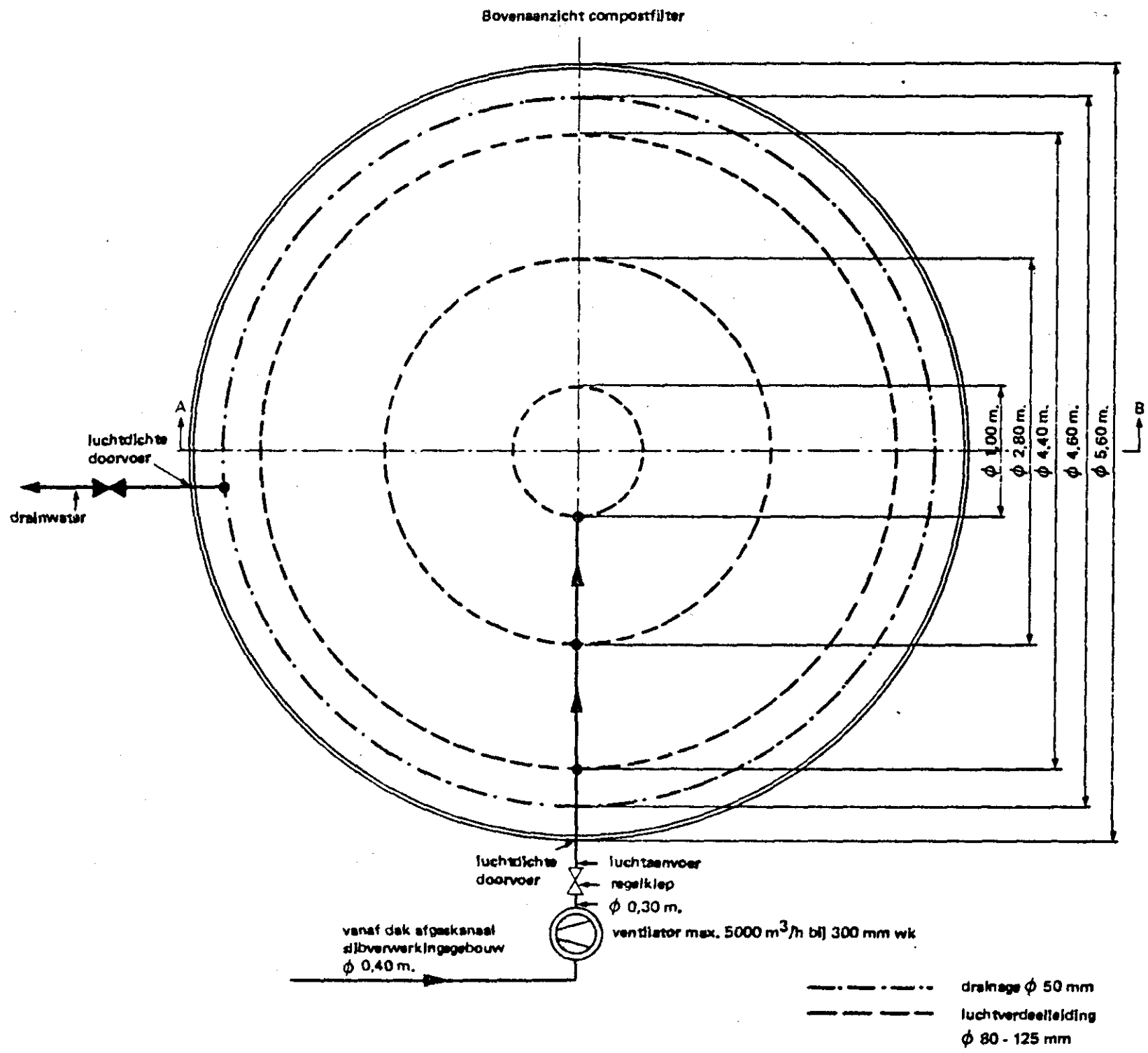
De dimensionering en uitvoering van het compostfilter is voornamelijk gebaseerd op aanbevelingen uit de literatuur en praktijkervaringen met een dergelijk filter in Renkum.
In fig. 4 is een principeschets van het compostfilter in Meppel weergegeven.
Het filter is in hoofdzaak uit de volgende onderdelen samengesteld:
- de ronde metalen filterwand met daarin luchtdichte folie, grindlaag, drainagesysteem, luchtverdeelsysteem, steunweefsel en compost;
- de ventilator voor de aanvoer van een deelstroom uit het afgaskanaal van de slibdroger.

De afmetingen van het filter zijn:

diameter	:	Ø 5,60 m
hoogte	:	2,10 m
oppervlakte	:	24,6 m2
inhoud	:	52 m3 (grind: 12 m3, compost: 25 m3).

De romp van het filter is samengesteld uit geribbelde metalen segmenten (fabrikaat Armco) elk met een lengte van ca. 3,50 m.
De segmenten overlappen elkaar en zijn door bouten met elkaar verbonden.
Aan de binnenzijde en op de bodem is het filter luchtdicht afgesloten met een dubbele laag folie (0,3 mm).

Op de folie is tegen de binnenkant van de filterwand een rondliggend drainagesysteem aangebracht met een luchtdichte doorvoer door het plastic en een demontabele afdichting bij het aftappunt.
Boven het drainagesysteem bevindt zich 0,50 m grind. Halverwege de grindlaag is het luchtverdeelsysteem aangebracht.



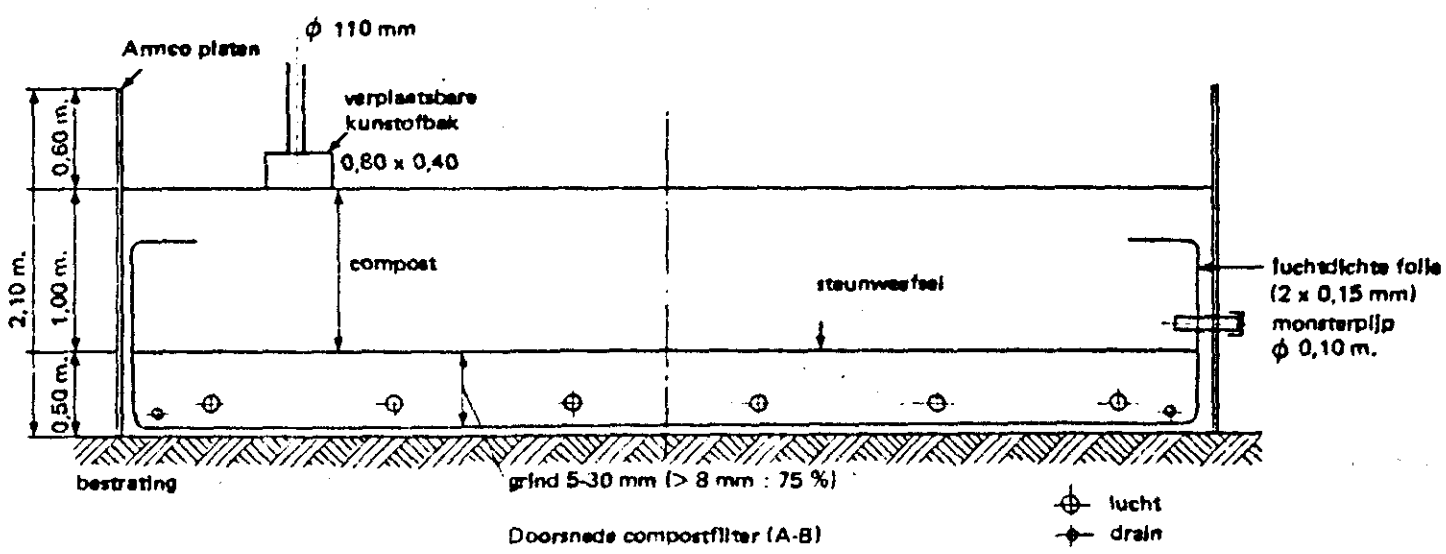


Fig. 4. Principeschets compostfilter rwzi Meppel

Dit systeem bestaat uit een drietal horizontaal aangelegde concentrische ringen van kunststofbuis met luchtsleuven (zie foto).
Op het grind is een laag van 1 m compost gestort.

Tussen het grind en het compost bevindt zich een luchtdoorlatend steunweefsel (Nicolon 66339).
Ter voorkoming van kortsluiting is halverwege de compostlaag het plastic-folie dat tegen de wand van het filter is aangebracht ca. 0,3 m in horizontale richting naar binnen geslagen.

Op het compost zijn loopplanken aangelegd om op diverse plaatsen compostmonsters in verticale richting te kunnen nemen.
Via afsluitbare openingen in de zijwand van het filter kunnen eveneens monsters in horizontale richting genomen worden.

Overeenkomstig het proefprogramma was de proefinstallatie uitgelegd voor een maximale luchtbelasting van 200 m3/m2.h.

Ter illustratie is in afbeeldingen 2 en 3 een indruk gegeven van de uitvoering van de proefinstallatie.

3.4.3 *beschrijving van de meetmethoden*

Luchtdebiet

Het luchtdebiet naar het compostfilter werd gemeten in het rechte deel van de persleiding van de ventilator, vlak voor het compostfilter.
De meting van de luchtsnelheid vond plaats met de elektrische anémometer (fabrikant Wallad, type GG A235).
Voor een globale controle hierop werd regelmatig op de uitgang van de kunststof bak de luchtsnelheid gemeten met de vleugelradanémometer (fabrikaat Stoppani, type 02330).

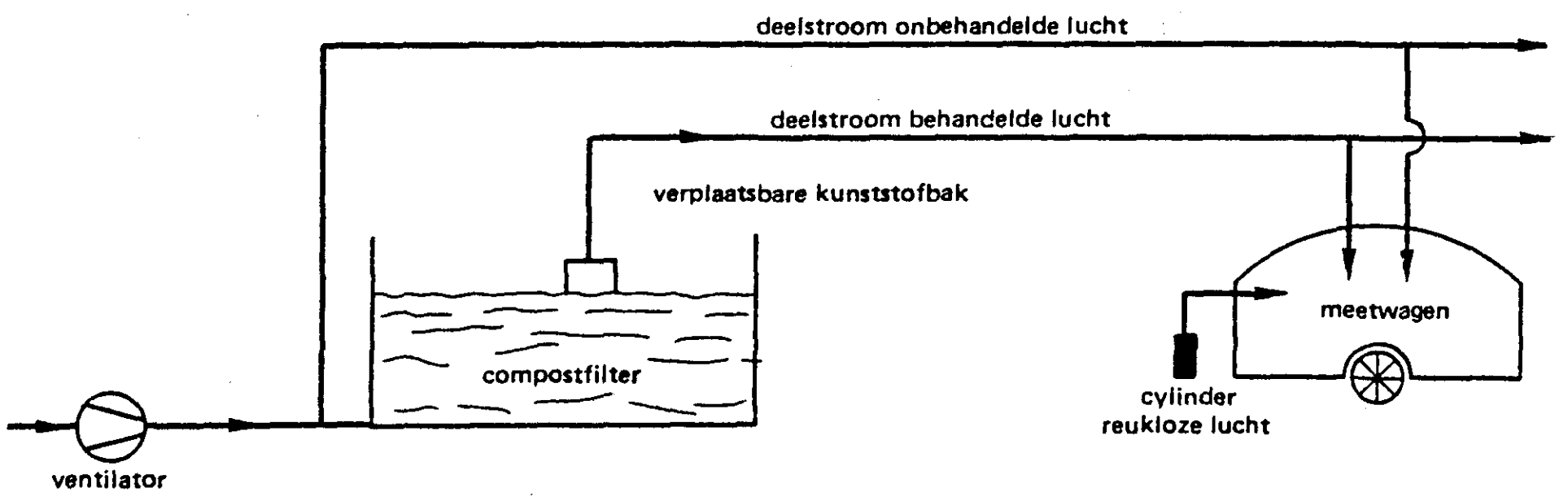
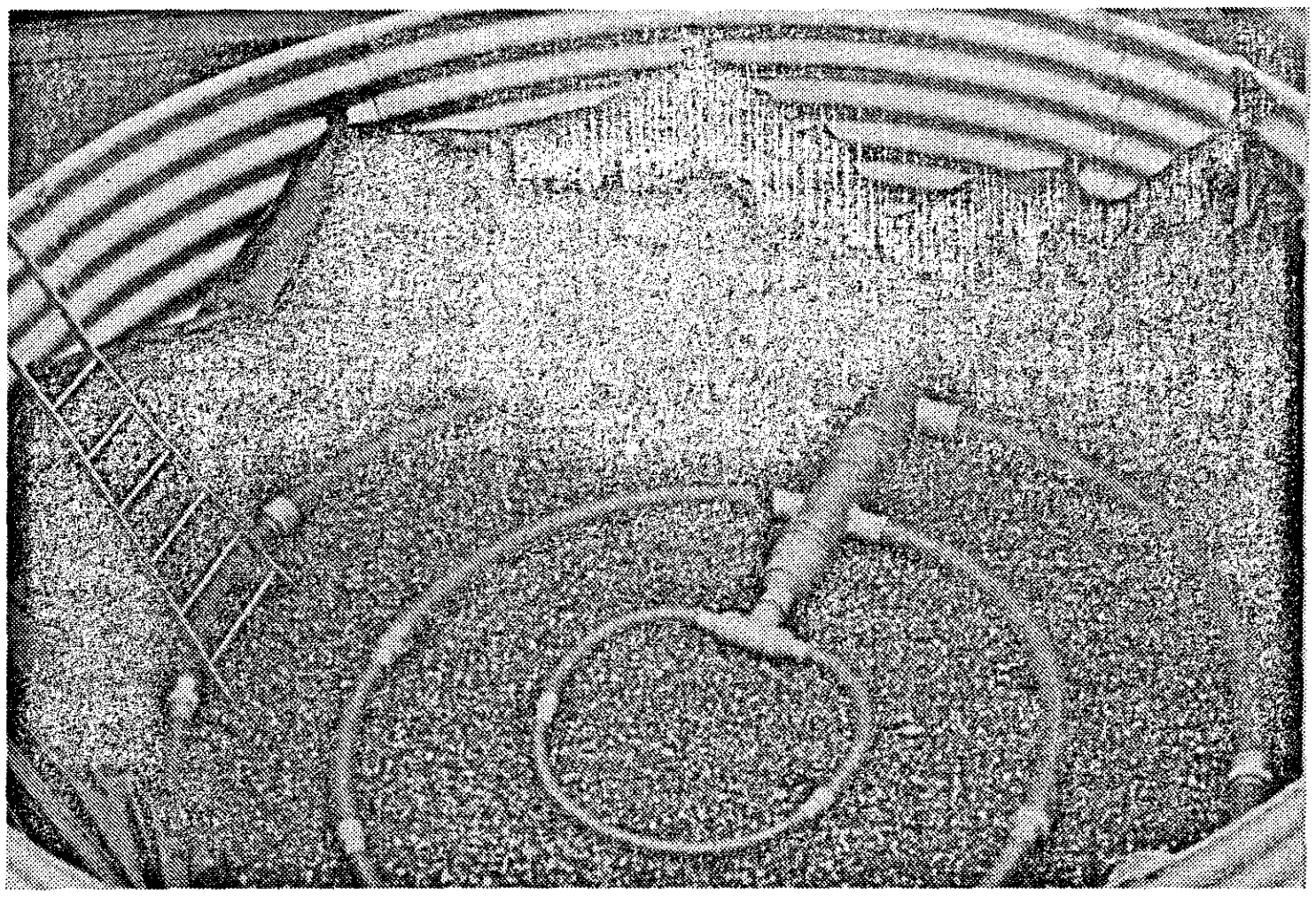
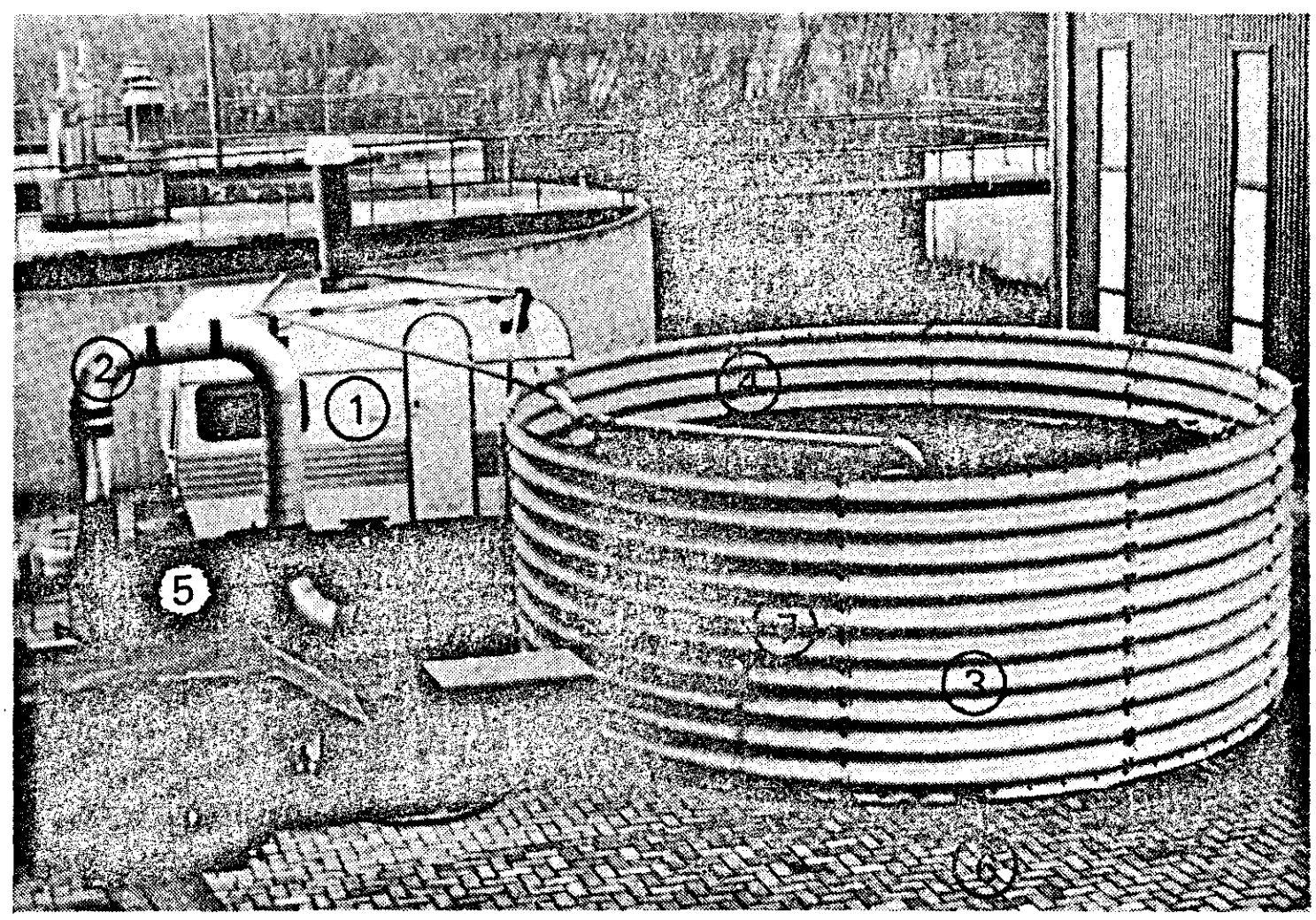


Fig. 5. Geurmeetsysteem compostfilter



Afb. 2. Luchtverdeelsysteem compostfilter rwzi Meppel

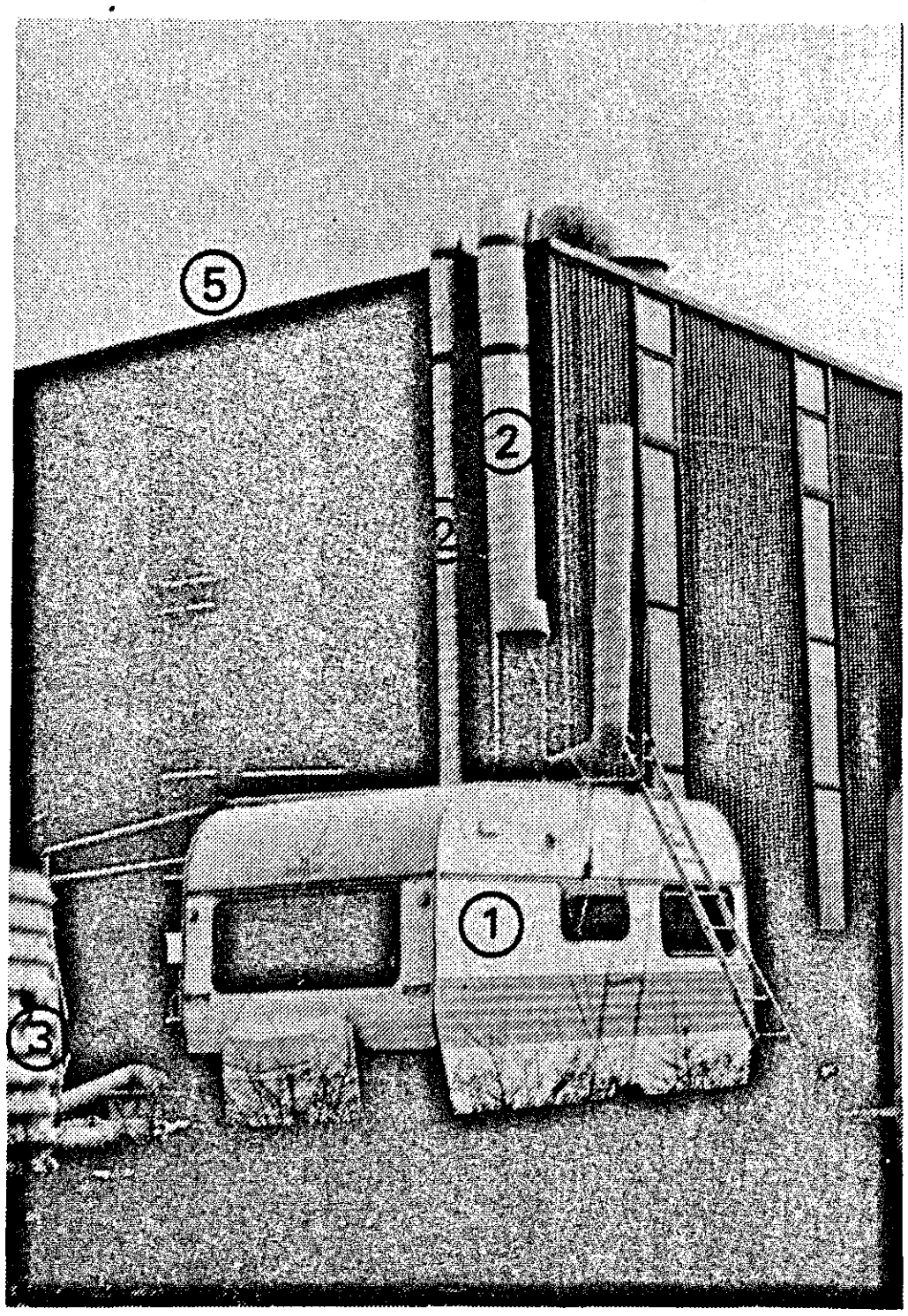


1 = meetwagen
2 = luchtaanvoerleiding
3 = compostfilter
4 = luchtafvoerleiding
5 = ventilator
6 = drainwater afvoerleiding
7 = afsluitbare opening t.b.v. monstername

Afb. 3. Compostfilter met monsterluchtleidingen naar meetwagen

Geurmetingen

De metingen vonden plaats in een hiervoor speciaal ingerichte meetwagen (zie afbeelding 4). Een buisventilator, voorzien van een koolfilter, zorgde tijdens de metingen voor een geringe overdruk in de meetwagen, zodat geuren van buiten werden tegengehouden.
De luchttemperatuur in de meetwagen bedroeg ca. 20°C.



1 = meetwagen
2 = luchtaanvoerleidingen
3 = compostfilter
4 = luchtwasser
5 = slibverwerkingsgebouw

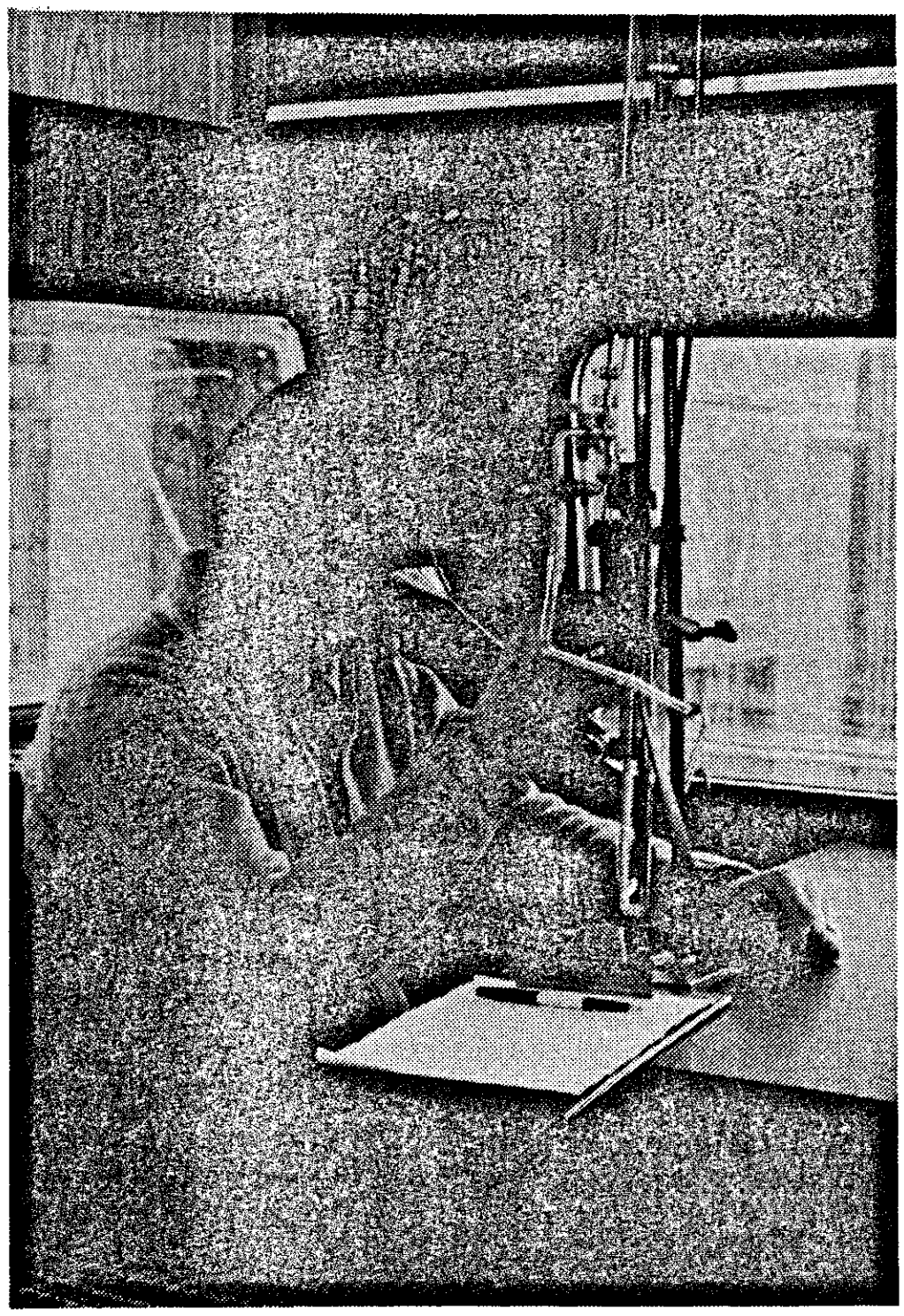
Afb. 4. Meetwagen voor het sensorisch onderzoek

Een deel van zowel de onbehandelde als de behandelde lucht werd continu afgetapt; de onbehandelde lucht vanaf een punt tussen de ventilator en het compostfilter, de behandelde lucht via een verplaatsbare rechthoekige kunststofbak op het compostfilter.

Vlak voor de meetwagen werd opnieuw een gedeelte van de op deze wijze aangevoerde lucht afgetapt en via glazen leidingen naar de olfactometer geleid. Schematisch is dit weergegeven in figuur 5.

Om condensatie tegen te gaan werd aan de buitenzijde van de glazen monsterluchtleidingen en de menggasleiding lintverwarming aangebracht omwikkeld door isolatiemateriaal.

De geurmetingen zelf zijn uitgevoerd met behulp van de Mannebeck-olfactometer TO-4 (zie afbeelding 5). Daarbij is gebruik gemaakt van een geurpanel van 6 personen.
De methode van geurmeting met behulp van de Mannebeck TO-4 en de wijze van verwerking van de proefresultaten is beschreven in bijlage 5.



Afb. 5. Meting met olfactometer in meetwagen

Door de korte tijd dat de slibdroger telkens in bedrijf was, kon per dag slechts een beperkt aantal metingen worden uitgevoerd. Het bleek niet mogelijk binnen de beschikbare tijd de in de bijlage beschreven methode van geurmeting exact te volgen. De meetmethode is daarom als volgt aangepast.

De waarnemer start de meting met reukloze lucht en voegt traploos de geurhoudende lucht toe totdat geur of geurverandering wordt waargenomen.
Vervolgens wordt met de snelhandel reukloze lucht in de reukkap toegelaten en vermindert het panellid in geringe mate de hoeveelheid geurhoudende lucht.
Tenslotte wordt het mengsel van reukvrije en geurhoudende lucht weer toegelaten en stelt de waarnemer opnieuw vast of de geurhoudende lucht te onderscheiden is van de geurvrije lucht.
Deze procedure kan zich enkele malen herhalen.

Uit enkele controlemetingen volgens de in de bijlage beschreven methode bleek de aangepaste methode geen sterk verschillende meetresultaten op te leveren.
Overigens betreft het hier een rendementsmeting, waardoor de betrouwbaarheid van de absolute meetwaarden van minder belang is dan die van de relatieve afname van de geurconcentratie.

Na elke meting werd de monsterluchtleiding schoongeblazen met reukloze lucht.
De flow-meters van de olfaktometers zijn zodanig afgedekt dat het zweeflichaam door het panellid niet kon worden waargenomen.
Als geurconcentratie is de mediaan van de individueel gemeten waarden aangehouden.

Het geurpanel was constant van samenstelling en bestond tijdens het onderzoek uit 6 personen (3 mannen en 3 vrouwen, allen in de leeftijd tussen 30 en 45 jaar).
Het geurpanel voerde maximaal 3 geurmetingen na elkaar uit.
Gedurende de pauze tussen de verschillende metingen vertoefden de panelleden eveneens in een geurvrije ruimte.

De geurconcentratie voor en na het compostfilter werd eenmaal per dag gemeten.
De plaats waar de monsterlucht op het filter werd afgenomen werd regelmatig gewijzigd, waarbij een minimale afstand tot de buitenwand van het filter van ca. 1 m werd aangehouden.

3.4.4 *werkwijze tijdens het onderzoek*

Het compostfilter is gebouwd in het najaar van 1978.
Tijdens het onderzoek is gebruik gemaakt van twee verschillende soorten compost; verder in dit rapport genoemd compost A en compost B.
Voor de beschrijving van de samenstelling van deze compostsoorten wordt verwezen naar bijlage 4.

De start van het onderzoek en de strenge winter vielen vrijwel samen zodat de geurconcentratiemetingen uitgesteld moesten worden tot april 1979.

Om bevriezing en verslemping van het compost tegen te gaan is het compostfilter in deze periode (november 1978 - april 1979) belast met ca. 100 m3/m2.h; dit slechts tijdens het in bedrijf zijn van de slibdrooginstallatie. Voor deze belasting werd gekozen omdat uit verkennende proeven bleek dat het filter bij deze belasting goed werkte en het derhalve niet zinvol leek een lagere belasting van 50 m3/m2.h (overeenkomstig het proefprogramma) aan te houden.

Gedurende voornoemde periode zijn namelijk geen geurconcentratiemetingen, maar wel regelmatig controles uitgevoerd.
Tijdens deze controles zijn incidenteel door enkele leden van het geurpanel zogenaamd directie reuktesten uitgevoerd (= rechtstreeks ruiken boven de meetbak zonder olfactometer).
Daarbij bleek dat in de behandelde lucht steeds alleen de eigen geur van het compost kon worden waargenomen.
Hieruit mag voorzichtig worden afgeleid dat het compostfilter in deze periode goed functioneerde.

In april 1979 is definitief met het onderzoek naar de reductie van de geurconcentratie gestart.
Op dat moment was het compostfilter ca. 200 uur in bedrijf geweest en steeds belast met 100 m3/m2.h.
Het vochtgehalte van het compost was nog steeds voldoende (ca. 55%) zonder dat tussentijds extra water was toegevoegd.

In een later stadium (augustus 1979) is het onderzoek voortgezet met compost B.
Voor deze compost is een inwerktijd aangehouden van ca. 1½ maand.

3.4.5 *resultaten*

Meetresultaten met compost A

In tabel 2 zijn de resultaten weergegeven van de geurconcentratiemetingen aan het compostfilter in de periode van 6 april tot 2 mei 1979.
De luchtbelasting werd gedurende deze periode constant gehouden nl. 100 m3/m2.h (2500 m3/h).
Per meetdag werd eenmaal zowel de in- als de uitgaande geurconcentratie gemeten.
De ingaande geurconcentratie bleek te wisselen van 200-410 G.E./m3 (middelste waarde).

Opvallend was de stabiele werking van het compostfilter gedurende de gehele periode, waarbij de uitgaande geurconcentratie minder dan 10 G.E./m3 bedroeg, onafhankelijk van de geurconcentratie van de ingaande lucht.

		luchtdebiet		geurconcentratie (G.E./m3)						
				in			uit			reductie
		m3/h	m3/m2.h	middelste	min.	max.	middelste	min.	max.	%
1	6/4	2500	100	375	220	1180	1,6	1,5	1,6	99,6
2	9/4	2500	100	410	240	1180	3,5	2	8	99,1
3	12/4	2500	100	285	140	560	4	2,5	10	98,6
4	18/4	2500	100	200	140	240	3	2,5	4	98,5
5	26/4	2500	100	300	68	> 300	3	2	10	99,0
6	1/5	2500	100	375	200	560	4	1,5	6	98,9

Tabel 2. Overzicht meetresultaten compostfilter (compost A)

Meetresultaten met compost B

In tabel 3 zijn de resultaten weergegeven van de geurconcentratiemetingen aan het compostfilter in de periode van oktober 1979 t/m januari 1980, waarbij het compostfilter gevuld was met compost B.

De geurconcentratiemetingen zijn uitgevoerd bij luchtbelastingen in een traject van 50 tot 200 m3/m2.h (resp. 1250 tot 5000 m3/h). Evenals tijdens de eerste proefperiode wisselde de ingaande geurconcentratie per meetdag en varieerde van 200-300 G.E./m3.

De uitgaande geurconcentratie varieerde van 18 tot 56 G.E./m3, dit evenals in de eerste proefperiode onafhankelijk van de ingaande geurconcentratie.
Ook was het niet mogelijk een duidelijk verband te leggen tussen de luchtbelasting (m3/m2.h) en de uitgaande geurconcentratie.
Vergeleken met de eerste proefperiode was de uitgaande geurconcentratie bovendien aanmerkelijk hoger.

In hoeverre de resterende geurconcentratie kan worden toegeschreven aan de eigen geur van het compost is voor geen van beide compostsoorten eenduidig vastgesteld. Wel zijn er op basis van enkele verkennende metingen aanwijzingen, dat bij toevoer van reukloze lucht gedurende enkele uren er geen wijziging optrad in de uitgaande geurconcentratie.

		luchtdebiet		geurconcentratie (G.E./m3)						
				in			uit			reductie
		m3/h	m3/m2.h	middelste	min.	max.	middelste	min.	max.	%
1	26/10	1250	50	250	220	300	24	15	88	90
2	5/11	1250	50	220	118	300	40	35	68	82
3	10/10	2500	100	300	220	300	47	30	88	84
4	26/10	2500	100	250	220	300	18	15	68	93
5	18/10	3750	150	250	220	300	47	13	68	81
6	26/10	3750	150	250	220	300	18	15	88	93
7	5/11	3750	150	350	180	400	40	35	47	89
8	16/11	5000	200	250	220	300	56	40	174	78
9	12/12	5000	200	175	70	300	47	40	88	73
10	18/12	5000	200	250	220	300	56	18	174	78
11	17/1	5000	200	300	175	300	30	18	88	90

Tabel 3 . Overzicht meetresultaten compostfilter (compost B)

Beoordeling geurmetingen

Bij het beoordelen van de proefresultaten dienen de volgende factoren mee in beschouwing te worden genomen:

- Het slibdrogen is geen continu bedrijf; de droger was maximaal 4 h aaneengesloten in bedrijf, waarvan ca. 1 h nodig was voor het opstarten van de droger.
  Het dagelijks onderzoekprogramma moest daarom binnen enkele uren worden afgewerkt; zodat er beperkte ruimte bestond voor uitvoerig en gedetailleerd onderzoek.
  Daarom is bij het bepalen van de geuremissie van de onbehandelde lucht volstaan met 1 meting per proefdag.
  Hoewel het niet onwaarschijnlijk is dat gedurende de proefdag deze geuremissie aan enige fluctuaties onderhevig is geweest, liggen de gemeten waarden in dezelfde orde van grootte als gemeten bij een soortgelijk onderzoek op de rwzi Hoensbroek.
- Het droogproces bleek niet onder alle omstandigheden stabiel. Door wisselende ontwateringseigenschappen van het slib vertoonde de brander van de droogtrommel regelmatig de neiging tot pendelen. De afgassen verspreidden daarbij een min of meer branderige geur. Mede hierdoor bleek de geurconcentratie van de onbehandelde lucht bepaald op verschillende meetdagen nogal uiteen te lopen. Vergelijking van de proefresultaten bepaald op verschillende meetdagen wordt hierdoor bemoeilijkt.

  Het meten met de olfactometer is tijdrovend en kan op den duur voor het panellid vermoeiend werken. Na een serie aaneengesloten metingen kan het vermogen tot concentratie bij het panellid enigszins afnemen. Ondanks deze bezwaren is na enige ervaring goed met de olfactometer te werken.

  In de praktijk bleek het niet altijd mogelijk het voltallige geurpanel voor de metingen in te schakelen, zodat in sommige gevallen het aantal panelleden 1 à 2 beneden de normale sterkte lag van 6 personen.

Drukverlies

De weerstand van het compost is afhankelijk van de gebruikte soort compost en het luchtdebiet en nam enigszins toe in de loop van de proefperiode.

Bij compost A was bij een luchtdebiet van 100 m3/m2.h het drukverlies over de totale installatie ca. 320 mm Wk.
De gedachte was dat dit hoge drukverlies veroorzaakt werd door de aard van de gebruikte compost.
Daarom is gekozen voor een andere grovere compostsoort (compost B).

Het drukverlies bleek door het gebruik van deze laatstgenoemde compostsoort echter betrekkelijk weinig te dalen (ca. 40 mm Wk).
Later bleek dat in het leidingsysteem een drukverlies optrad van ca. 180 mmWk.
De weerstand van compost A bij een laagdikte van 1 meter en een luchtdebiet van 100 m3/m2.h bedroeg dus globaal 140 mmWk.
Onder gelijke omstandigheden bedroeg de weerstand bij compost B globaal 100 mmWk.

Om de weerstand te kunnen meten van het luchtdoorlatend steunweefsel was direct onder en boven het weefsel een leiding aangebracht waarop een manometer was aangesloten. Het drukverschil was nihil.

3.4.6 *overige waarnemingen*

Samenstelling compost

Tijdens de proeven is zowel van compost A als van compost B een aantal malen de indamprest en de gloeirest bepaald.
De resultaten zijn weergegeven in tabel 4.
Om een zo goed mogelijke indruk te verkrijgen van de samenstelling van het compost zijn de monsters op verschillende plaatsen en verschillende diepten genomen.

	indamprest in gew. %						gloeirest in % van de indamprest				
diepte in cm	10	20	40	50	60	80	10	20	40	50	80
Compost A											
14-12-78	40,1	44,6					54,9	53,5			
16-03-79	40,3	40,5	40,4				55,3	59,9	54,4		
21-03-79	42,0	41,6	42,7	40,5	39,2	42,4					
26-04-79	39,9	43,6	41,1	41,0	39,4		51,9	58,9	53,7	55,5	53,1
Compost B											
18-10-79	54,1	80,7	82,8				68,2	63,7	71,4		
16-11-79	51,6	60,2	58,2				69	70	69		

Tabel 4. Overzicht indamprest en gloeirest van compost A en B

Compost B bleek aanmerkelijk minder vocht te bevatten dan compost A. Om een voldoende hoog vochtgehalte te verkrijgen in compost B is éénmalig een hoeveelheid water toegevoegd.
Om een goede verdeling van het water te bewerkstelligen is het compost tijdens het sproeien geheel "omgezet".

Uit de meetresultaten blijkt dat tijdens de proefperioden geen duidelijke verandering optrad van vochtgehalte en gloeirest van het compost.

Drainwater

Bij de constructie van het compostfilter was een afsluitbare aftapleiding aangebracht om eventueel drainwater af te kunnen laten.
Bij regelmatige controle bleek de hoeveelheid drainwater, zowel in de eerste proefperiode als in de tweede proefperiode, nihil te zijn.

Steunweefsel

Bij het verwisselen van de compost is aandacht besteed aan de conditie van het steunweefsel.
Van dichtkoeken of dichtsmeren van het weefsel was in het geheel geen sprake.

Temperatuur

De temperatuur van de ingaande lucht in het compostfilter bedroeg ca. 30°C. De uitgaande temperatuur bedroeg ca. 18-20°C.
Deze temperatuur was nagenoeg onafhankelijk van de buitentemperatuur.

Luchtvochtigheid

De vochtigheid van de ingaande lucht bedroeg 100%.

3.4.7 *conclusies*

Het compostfilter is zowel met compostsoort A als B ca. 4 maanden in bedrijf geweest. Uit de resultaten van de proeven kan het volgende geconcludeerd worden:

- De geurconcentratie in de afgassen van een thermische slibdroger kan door behandeling in een compostfilter ook bij een relatief hoge luchtbelasting in vergaande mate worden gereduceerd.
- De geurconcentratie van de lucht die het compostfilter verlaat blijkt, voor de gemeten concentraties en debieten, niet af te hangen van de ingaande geurconcentratie en de luchtbelasting, maar van de gebruikte soort compost.
- De ingaande geurconcentratie bedroeg ca. 300-400 G.E./m3.
  Bij gebruik van compost A (luchtbelasting 100 m3/m2.h) was de middelste waarde van de uitgaande geurconcentratie minder dan 10 G.E./m3.

Bij gebruik van compost B (luchtbelasting 50, 100, 150 en 200 m3/m2.h) varieerde de middelste waarde van de uitgaande geurconcentratie van 18 tot 56 G.E./m3 (onafhankelijk van de luchtbelasting).

- De luchtweerstand van de compostlaag bleek, afhankelijk van de gebruikte compostsoort, 100-140 mmWk te bedragen bij een luchtdebiet van 100 m3/m2.h en een compostlaag van 1 meter.
- Tijdens de proefperiode trad geen duidelijke verandering op van het vochtgehalte en de gloeirest van het compost.
- De hoeveelheid af te laten drainwater was nihil zowel bij gebruik van compost A als compost B.
- Het gebruikte steunweefsel (maaswijdte 0,4 mm) koekte niet dicht; achteraf gezien kan ook met een grofmaziger steunweefsel gewerkt worden.
- de geurconcentratie in de afgassen van een thermische slibdroger kan door behandeling in een compostfilter in vergaande mate worden gereduceerd.

Dit is zeker het geval bij de beproefde luchtbelasting van 100 m3/m2.h en zelfs bij 200 m3/m2.h zijn goede resultaten bereikt.
Hoewel mogelijk ook bij nog hogere luchtbelastingen bevredigende resultaten bereikt kunnen worden zal bij toenemende oppervlaktebelastingen de weerstand toenemen en daarmee het energieverbruik.

4 LUCHTWASSING

4.1 Onderzoek naar de behandeling van afgassen van een thermische slibdroger met een luchtwasser

4.1.1 *inleiding*

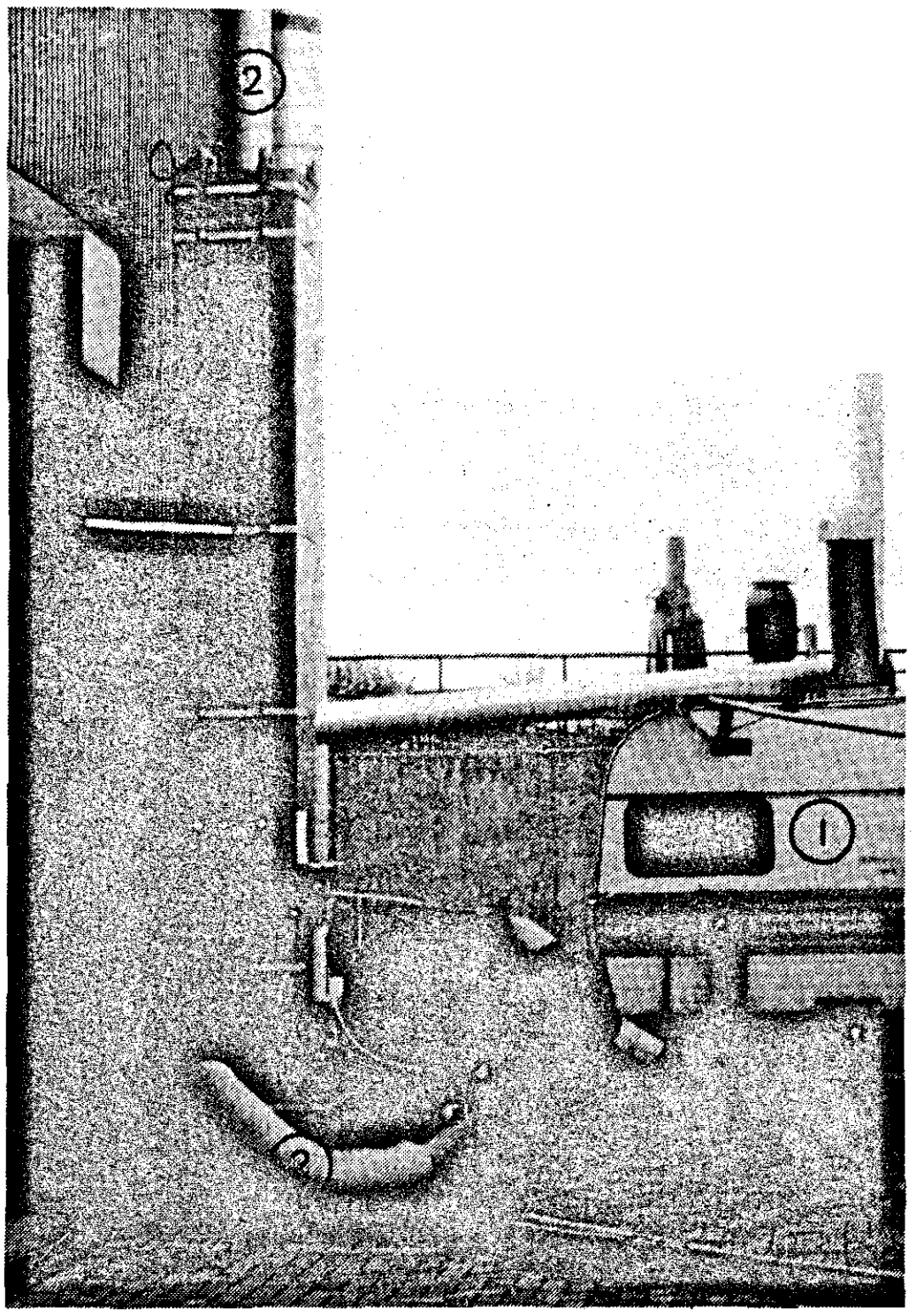
Voor dit onderzoek werd op de zuiveringsinrichting te Meppel een deelstroom van de afgasser van de thermische slibdroger behandeld in een proefinstallatie.

De dimensies, de aard van het vulmateriaal en de uitvoering van de proefinstallatie werden vooraf met de leverancier, de fa. Interpolacel, vastgesteld.

4.1.2 *beschrijving van de proefinstallatie*

De luchtwasser bestaat in hoofdzaak uit een verticaal opgestelde waskolom met randapparatuur (zie afbeelding 6). De kolom, deels uitgevoerd als tegenstroom en deels als meestroomwasser, was samengesteld uit de volgende onderdelen:

- kolom opgebouwd uit 4 identieke in serie geschakelde vierkante secties met een totale lengte van 16 m en een oppervlakte per sectie van 0,09 m2;
- ca. 1,5 m3 kunststof vulmateriaal, fabrikaat Plasdek, type CF12;
- ventilator voor de aanvoer van onbehandelde lucht, capaciteit 665 m3/h;
- waswaterrecirculatievat, inhoud ca. 300 l;
- waswaterpomp, capaciteit 15-20 m3/h;
- afgaskanaal.



1 = meetwagen
2 = luchtaanvoerleiding
3 = luchtwasser
4 = waswaterafvoer

Afb. 6. Luchtwasser rwzi Meppel.

In figuur 6 is een principeschets van de luchtwasser weergegeven. In de secties 1 en 3 is de stromingsrichting van lucht en waswater tegengesteld; in de secties 2 en 4 is deze gelijkgericht.

Het waswaterdebiet per sectie is regelbaar en bedraagt normaal ¼ van de totale hoeveelheid waswater. Als wasvloeistof is zowel effluent als actiefslib gebruikt. Tijdens de proeven is geen gebruik gemaakt van de mogelijkheid de wasvloeistof te recirculeren. Het volledige waswaterdebiet werd rechtstreeks via de overloop van het recirculatievat afgevoerd naar de terreinriolering van de rioolwaterzuiveringsinstallatie.

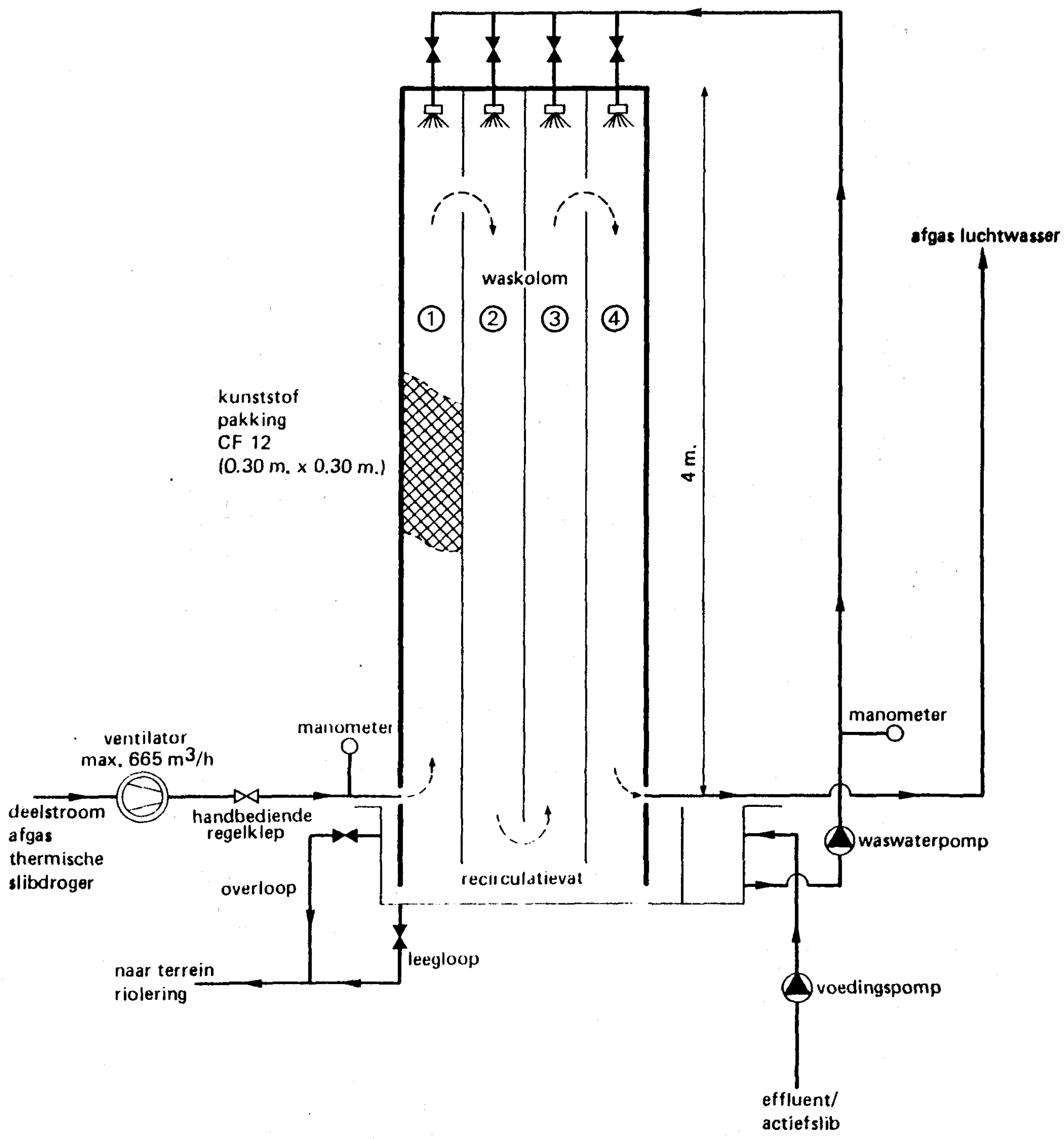


Fig. 6. Principeschets luchtwasser in Meppel

4.1.3 *beschrijving van de meetmethode*

debietmetingen

Het gezamenlijk waswaterdebiet naar de sproeiers kan worden afgelezen op de flow-meter (rotameter) in de persleiding van de waswaterpomp.
De flow-meter werd regelmatig geijkt.
De recirculatie was 0, zodat al het waswater uit de wasser direct werd afgevoerd naar de terreinriolering van de rioolwaterzuiverings-installatie.

Het luchtdebiet naar de luchtwasser werd gemeten in het rechte deel van de persleiding van de ventilator.
Het debiet werd bepaald door het meten van de luchtsnelheid met een elektrische anémometer (fabrikant Wallace, type GG A235).

geurmetingen

De meting van de geurconcentratie van de onbehandelde lucht werd eenmaal per dag uitgevoerd.

De belasting van de luchtwasser werd ingesteld overeenkomstig het onderzoekprogramma. Na elke wijziging in de belasting werd doorgaans minimaal 20 minuten gewacht voordat de geurconcentratiemetingen in de behandellucht uitgevoerd werden.
Een beschrijving van de methoden van geurmeting is weergegeven in paragraaf 3.4.3.

4.1.4 *resultaten van de geurmetingen*

Het effect van de wasser kan op twee criteria worden beoordeeld, nl. op basis van:
- de reductie van de geurconcentratie (betrokken op de middelste waarden) ;
- de geurconcentratie van de behandelde lucht.

Het tweede criterium geeft het meeste houvast voor geurverspreidings-berekeningen.
Een overzicht van de meetresultaten met de luchtwasser in Meppel is weergegeven in tabel 5.
De geurconcentratie is uitgedrukt in geureenheden per m3 en afgekort weergegeven door G.E./m3.

Proeven 1 t/m 4 (1e proefserie)

De 1e proefserie was verkennend van karakter. Het doel was na te gaan binnen welke grenzen enig positief resultaat van de luchtwasser verwacht mocht worden.
Voor het merendeel van het geurpanel was dit ook de eerste kennis-making met de olfaktometer, zodat aan de resultaten van deze metingen daarom geen al te grote nauwkeurigheid mag worden toegekend.

Bij een luchtdebiet van 500 m3/h en 20 à 30 m3 waswater/m2.h (effluent) bleek de reductie van de geurconcentratie globaal 70 à 80% te bedragen met een uitgaande geurconcentratie (= geurconcentratie van de behandelde lucht) van 70-120 G.E./m3.
De contacttijd bedroeg ca. 10 s.

De maximale capaciteit van de ventilator bedroeg 665 m3 lucht/h. Bij dit luchtdebiet en een waswaterdebiet van 20-30 m3/m2.h liep de reductie terug tot 50 à 60% met een uitgaande geurconcentratie van 150-175 G.E./m3.
De contacttijd bedroeg ca. 8 s.

Proeven 5 en 6 (2e proefserie)

De 2e proefserie was gedeeltelijk een herhaling van de 1e proefserie. De resultaten van de proeven 5 en 6 zijn strijdig met die van de proeven 1 en 2. Bij 500 m3 lucht/h en een waswaterbelasting van 20-30 m3/m2.h werd een lage reductie bereikt (ca. 30%) en was de geurconcentratie van de uitgaande lucht zeer hoog (260-300 G.E./m3). Voor deze uitspringende resultaten kan geen duidelijke verklaring worden gegeven.
Mogelijk heeft de onregelmatige werking van de slibdroger ten tijde van de 2e proefserie hierin een zeker aandeel gehad.

Proeven 7 t/m 12 (3e proefserie)

Het doel van de 3e proefserie was na te gaan of bij een contacttijd langer dan 10 s, verhoging van de reductie mogelijk was en tevens of de povere resultaten van de 2e proefserie gereproduceerd konden worden.

Bij een luchtdebiet van 350 m3/h (contacttijd ca. 15 s) werden zeer matige resultaten behaald bij een waswaterdebiet van 20-30 m3/m2.h. De reductie bedroeg ca. 50% met een uitgaande geurconcentratie van 200-260 G.E./m3.
Pas bij een spoelwaterdebiet van 40 m3/m2.h kon een rendement van 75-80% worden behaald met een uitgaande geurconcentratie van 80-120 G.E./m3.

Bij een verhoging van het luchtdebiet tot 500 m3/h (contacttijd ca. 10 s) en bij een waswaterbelasting van 30-40 m3/m2.h daalde het rendement tot ca. 70% bij een uitgaande geurconcentratie van ca. 145 G.E./m3. Deze resultaten weken duidelijk af van de matige resultaten uit de 2e proefserie.

Proeven 13 t/m 18 (4e proefserie)

Bij de 4e proefserie is getracht na te gaan of door verlenging van de contacttijd tot 15 à 20 sec. de resultaten van de 3e proefserie verbeterd konden worden.

Opvallend bij de 4e proefserie was de lage ingaande geurconcentratie in vergelijk met de vorige proefseries.
Onderlinge vergelijking van de reducties wordt hierdoor sterk bemoeilijkt.

Bij een luchtdebiet van 270 m3/h en een lage spoelwaterbelasting (10-30 m3/m2.h) was, evenals bij de 3e proefserie, het rendement laag (10-40%) met een hoge uitgaande geurconcentratie (175-260 G.E./m3).
Door verhoging van de spoelwaterbelasting tot 40 m3/m2.h was het mogelijk de uitgaande geurconcentratie te verlagen tot ca. 110 G.E./m3, hetgeen vrijwel overeenkomt met de resultaten bij de 3e proefserie (zie proef 10).
Duidelijk bleek dat door verlenging van de contacttijd boven 15 s de reductie vrijwel niet werd beïnvloed.

Bij het 2e deel van de 4e proefserie is het luchtdebiet verhoogd tot 350 m3/h. Zowel bij een lage als een extreem hoge spoelwaterbelasting (10 resp. 50 m3/m2.h) werden matige resultaten bereikt.
De uitgaande geurconcentratie bedroeg 200-260 G.E./m3.
De resultaten bij 30 m3/m2.h waren iets gunstiger (ca. 180 G.E./m3) maar bleven ook achter bij resultaten van de vorige proefserie.
Overziet men de resultaten van de eerste 4 proefseries dan lijkt een waswaterbelasting van 40 m3/m2.h optimaal voor een goede werking van de luchtwasser.

Proeven 19 t/m 23 (5e proefserie)

Het doel van de 5e proefserie was na te gaan in hoeverre met actiefslib als waswater betere resultaten dan met effluent kunnen worden behaald.
Het actiefslib werd rechtstreeks uit de beluchtingsruimte van de zuiveringsinstallatie naar de luchtwasser gepompt.
Het actiefslib in de beluchtingsruimte werd ultra-laag belast (ca. 0,05 kg BOD/kg d.s. d). Het drogestofgehalte varieerde van 3-4 g/l met een gloeirest van ca. 70% en pH-waarde van 6,8-7,1.
Om verstopping te voorkomen waren speciale voorzieningen noodzakelijk, zoals een zeef in de persleiding van de waswaterpomp en vergrote sproeiers.

Bij 500 m3/h lucht en 40 m3 actiefslib/m2.h bleek, bij een overigens zeer lage ingaande geurconcentratie, de uitgaande geurconcentratie ca. 100 G.E./m3 te bedragen.
De resultaten van de daarop volgende proeven (nr. 20 t/m 23) gaven ruwweg dezelfde resultaten.
Zowel bij 350 m3 lucht/h als bij 500 m3 lucht/h en 40 m3 actiefslib/m2.h werd een rendement van 60% gehaald bij een uitgaande geurconcentratie van ca. 120 G.E./m3.
De ingaande geurconcentraties van de 3e en 5e proefserie lagen nogal uit elkaar zodat de conclusies op basis van het vergelijken van deze proefresultaten met de nodige voorzichtigheid getrokken dienen te worden.

Bij een directe reuktest (rechtstreeks ruiken zonder olfactometer boven het afgaskanaal van de wasser) werd door het merendeel van het reukpanel de geur bij het wassen met actiefslib als minder onaangenaam ervaren dan de geur bij het wassen met effluent.

Proeven 24 en 25 (6e proefserie)

Het doel van de laatste proefserie was na te gaan of bij contacttijden korter dan 10 s. en bij het wassen met actiefslib nog goede resultaten behaald kunnen worden.
Uit de resultaten blijkt dat bij 665 m3 lucht/h en een waswaterbelasting van 40-80 m3 actiefslib/m2.h de luchtwasser niet meer naar behoren functioneert.
Er trad geen reductie op van de geurconcentratie.

4.1.5 *kosten*

Voor de kosten van luchtwassers wordt voor meer informatie verwezen naar het STORA-rapport "Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen" - 2 Behandeling van procesgassen (inventarisatie).
Hier wordt volstaan met de vermelding dat luchtwassing globaal minder dan één gulden per 1000 m3 behandelde lucht bedraagt.

4.1.6 *conclusies*

- De geurconcentratie van de onbehandelde afgassen van de thermische slibdroger van de rwzi Meppel varieerde van 200-420 G.E./m3, maar bedroeg doorgaans ca. 300 G.E./m3.

- Door behandeling in een luchtwasser bij een contacttijd van 10-15 s. en effluent als waswater bleek het mogelijk deze geurconcentratie met 60 à 70% terug te brengen tot een uitgaande geurconcentratie van 120-150 G.E./m3. Verlenging van de contacttijd tot meer dan 15 s. leidde niet tot betere resultaten.
  Onder gelijke omstandigheden is met niet geadapteerd actiefslib als waswater de uitgaande geurconcentratie teruggebracht tot 120 G.E./m3.
  Een waswaterbelasting van 40 m3/m2.h gaf doorgaans de beste resultaten.

- De proefresultaten waren niet in alle gevallen eenduidig.
  Afgezien van de nauwkeurigheid van de meetmethode zelf moet dit mede worden gezocht in de bedrijfsvoering van de slibdroger die door de wisselende ontwateringseigenschappen van het slib niet altijd stabiel kan zijn.

		lucht				waswater				geurconcentratie(G.E./m³)						
		debiet		snelheid	contacttijd	aard		debiet		in			uit			
proef nr.	datum	m³/h	m³/m².h	m/s	s	actiefslib	effluent	m³/h	m³/m².h	middelste	min.	max.	middelste	min.	max.	reductie (%)
1	6/4	500	5555	1,54	10,4		x	7,2	20	375	180	680	68	16	174	82
2	6/4	500	5555	1,54	10,4		x	10,8	30	375	220	1180	121	40	174	68
3	6/4	665	7389	2,05	7,8		x	7,2	20	375			146	40	300	61
4	6/4	665	7389	2,05	7,8		x	10,8	30	375			174	56	> 300	54
5	9/4	500	5555	1,54	10,4		x	7,2	20	410			300	88	300	27
6	9/4	500	5555	1,54	10,4		x	10,8	30	410	240	1180	261	88	> 300	36
7	11/4	350	3889	1,08	14,8		x	7,2	20	455			209	88	> 300	54
8	11/4	350	3889	1,08	14,8		x	10,8	30	455	140	560	261	118	300	43
9	11/4	350	3889	1,08	14,8		x	14,4	40	455			82	47	300	82
10	11/4	350	3889	1,08	14,8		x	14,4	40	455			118	88	300	74
11	11/4	500	5555	1,54	10,4		x	10,8	30	455			146	75	300	68
12	11/4	500	5555	1,54	10,4		x	14,4	40	455			146	75	300	68
13	12/4	270	3000	0,83	19,2		x	3,6	10	285			261	68	> 300	8
14	12/4	270	3000	0,83	19,2		x	10,8	30	285			174	75	300	39
15	12/4	270	3000	0,83	19,2		x	14,4	40	285	140	560	109	27	118	62
16	12/4	350	3889	1,08	14,8		x	3,6	10	285			261	68	> 300	8
17	12/4	350	3889	1,08	14,8		x	10,8	30	285			182	88	300	36
18	12/4	350	3889	1,08	14,8		x	18,0	50	285			198	100	300	31
19	18/4	500	5555	1,54	10,4	x		14,4	40	200	140	240	110	40	300	45
20	26/4	350	3889	1,08	14,8	x		7,2	20	300			300	118	> 300	0
21	26/4	350	3889	1,08	14,8	x		14,4	40	300			118	88	> 300	61
22	26/4	500	5555	1,54	10,4	x		10,8	30	300			118	88	300	61
23	26/4	500	5555	1,54	10,4	x		14,4	40	300	68	> 300	118	47	174	61
24	1/5	665	7389	2,05	7,8	x		14,4	40	375			> 300	118	> 300	0
25	1/5	665	7389	2,05	7,8	x		28,8	80	375	200	560	> 300	> 300		0

Tabel 5. Overzicht meetresultaten met de luchtwasser in Meppel

4.2 Onderzoek naar de behandeling van ventilatielucht uit indikkers met een luchtwasser

4.2.1 *inleiding*

Een karakteristieke geurcomponent die vrijkomt uit primair slibindikkers is H_2S.
In verband hiermede heeft het onderzoek in Renkum zich gericht op de mogelijkheid om H_2S uit lucht te verwijderen door middel van luchtwassing.

4.2.2 *gegevens van de rwzi Renkum*

De zuiveringsinrichting te Renkum is een laagbelaste actief-slibinstallatie met voorbezinking en anaërobe slibstabilisatie. De installatie heeft een capaciteit van 120.000 i.e.
In de primair slibindikker (inhoud 650 m3; diameter 16,50 m) wordt een mengsel van primair en secondair slib ingedikt.
De indikker is afgedekt en wordt kunstmatig geventileerd. De ventilatielucht wordt geleid door een ten tijde van het onderzoek gereedgekomen compostfilter.
Voor het onderzoek werd een deel van de ventilatielucht van de indikker door de luchtwasser geleid.
In fig. 7 is de opstelling van de luchtwasser en de indikker weergegeven.

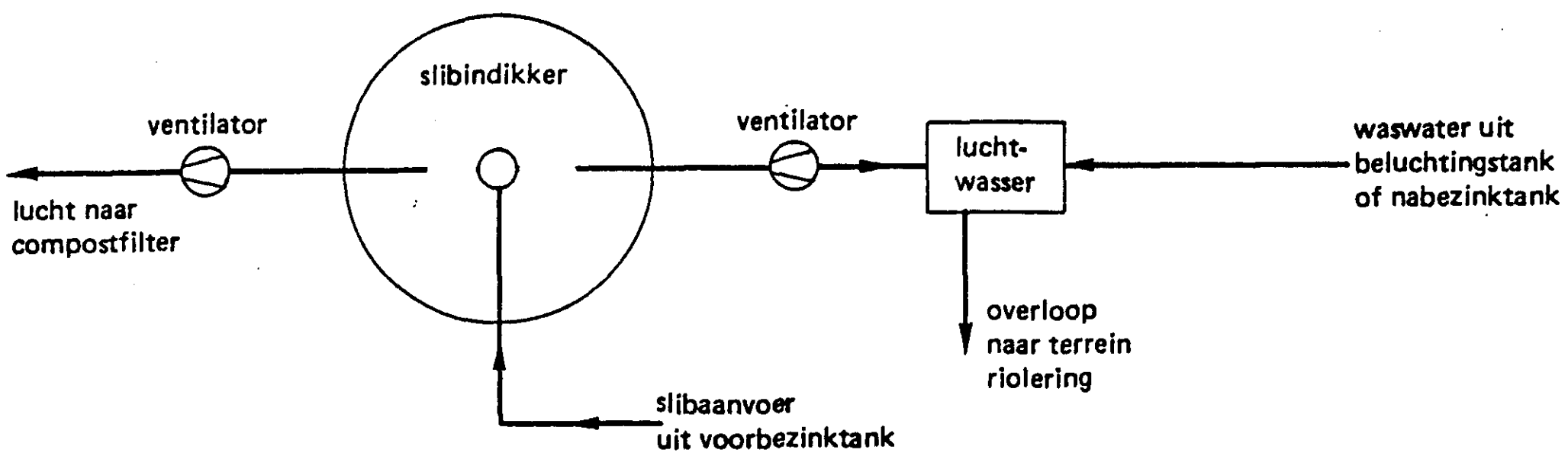


Fig. 7. Situatieschets luchtwasser in Renkum

4.2.3 *beschrijving van de proefinstallatie*

De luchtwasser is schematisch weergegeven in fig. 8.
De wasser is opgebouwd uit vierkante segmenten van 0,7 m en een totale hoogte van 2 m.
De nuttige inhoud van de bufferbak is ca. 150 liter.
Het vulmateriaal bestaat uit Pall-ringen (fabrikaat Norton type 5).

Tegen de binnenwand van elk segment zijn T-profielen aangebracht tegen kortsuiting van de luchtstroom.
De wasser is voorzien van regelbare afsluiters in de suppletie, recirculatie, by-pas en luchttoevoerleidingen.

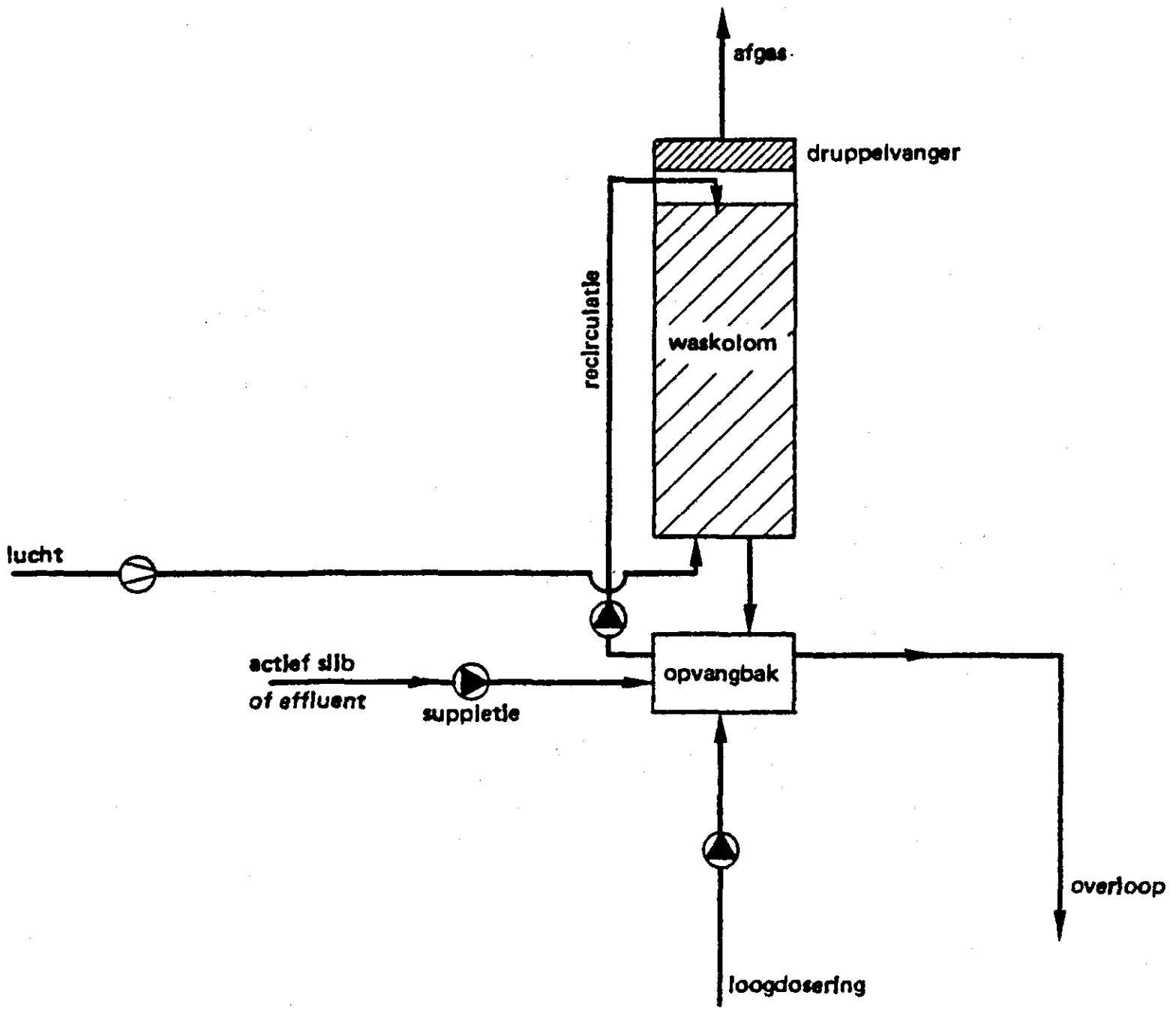


Fig. 8. Principeschets luchtwasser rwzi Renkum

Het waswaterverdeelsysteem bestaat uit twee aan de onderzijde geperforeerde PVC-buizen met openingen van ca. 5 mm.
Het verdeelsysteem ligt tussen twee afzonderlijke lagen vulmateriaal elk rustend op een steunlaag van gaas.
De bovenste laag fungeert als druppelvanger, terwijl de onderste laag in feite het vulmateriaal van de wasser is.
De hold-up ten aanzien van vloeistof bedroeg tijdens deze proeven ongeveer 70 liter per segment.

4.2.4 *beschrijving van de meetmethoden*

H_2S-meting

Voor de meting van H_2S was er de beschikking over twee monitoren (UEI-H_2S-monitor, model 7010, Poole, England). Dit type heeft een meetbereik van maximaal 20 ppm H_2S. Omdat er ook met hogere concentraties is gewerkt, was voorschakeling van verdunningsapparatuur nodig. Hiervoor is gebruik gemaakt van twee olfactometers (Mannenbeck, TO-4). De verdunningslucht is aangevoerd door twee compressoren (bij normaal gebruik van de olfactometer dient zuurstof of stankvrije lucht uit cylinders te worden gebruikt; hier wordt echter H_2S gemeten).

Luchtdebiet

Het luchtdebiet werd gemeten door bepaling van de luchtsnelheid in de uitvoeropening van de luchtwasser met behulp van een vleugelrad-anémometer.

Waterdebiet

Het waterdebiet werd periodiek vastgesteld aan de hand van de vulling van een meetvat per tijdseenheid.

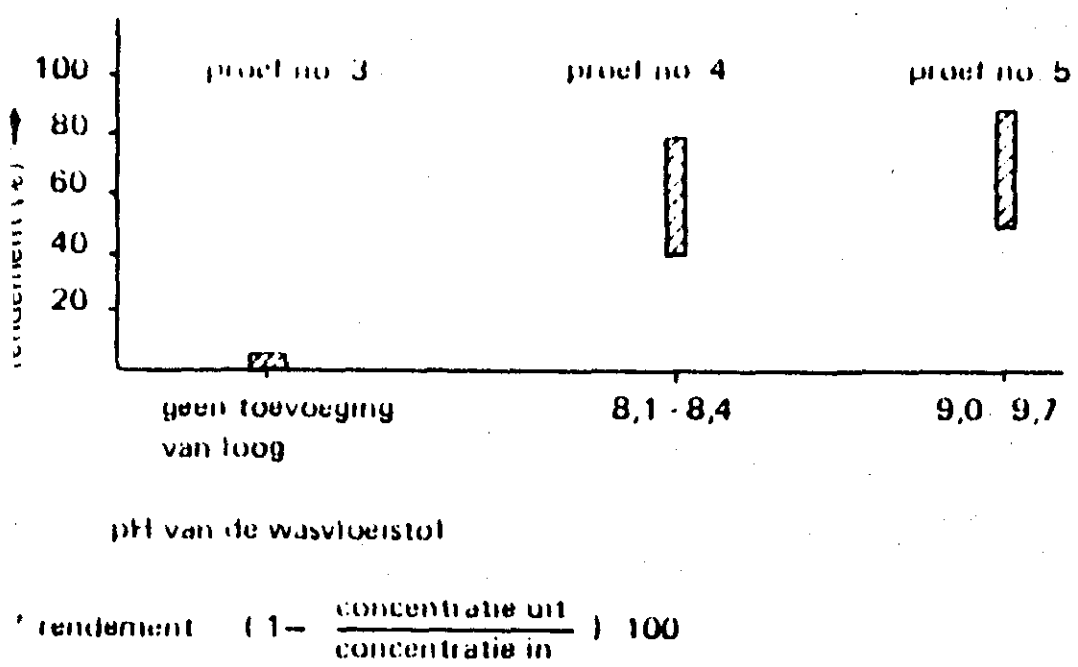
4.2.5 *resultaten*

Tabel 6 en figuur 9 en 10 bevatten een overzicht van de resultaten. De luchtsnelheid was gedurende alle proeven ca. 0,7 m/s. Bij een luchtcontacttijd van 2,6 sec. en een spoelbelasting van 8,6 m3/m2.h was de H_2S-reductie nihil (proef 1). Dat verbeterende enigszins bij verhoging van deze twee variabelen tot respectievelijk 6,0 s en 21 m3/m2.h (proef 2a en 2b). Bij verlaging van de suppletie en de daarmee samenhangende verhoging van de verblijftijd van het retourslib in het systeem van 2 à 3 minuten gedurende genoemde drie proeven naar ca. 8 minuten in de volgende proef, daalt het rendement echter weer tot nul (proef 3).
Deze slechte resultaten deden besluiten tot natronloogdosering ter verhoging van de pH van de wasvloeistof.

Proef 4 demonstreert de invloed hiervan. De H_2S-reductie stijgt van ongeveer nul bij geen loogdosering (proef 3) tot 40 à 80% bij een pH van 8,1 à 8,4 (proef 4) en tot 50-90% bij een pH van 9,0 à 9,7 (proef 5).

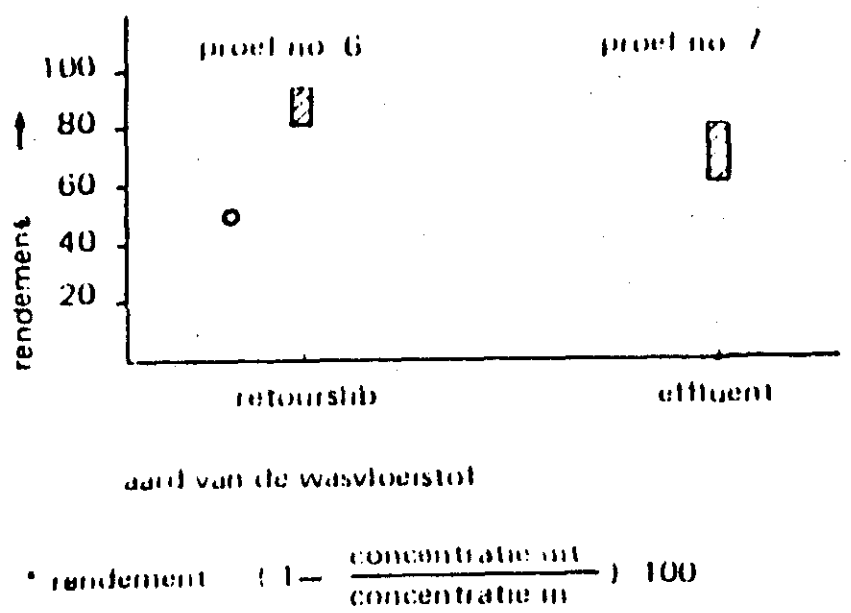
proef no.	1	2a	2b	3	4	5	6	7
toevoeging van 33%-ige natronloog (ml/uur)	0	0	0	0	300	640	210	210
aard wasvloeistof	retourslib	retourslib	retourslib	retourslib (pH=6,9)	retourslib zwevende stof 4,5 mg/l	retourslib zwevende stof 4,0 mg/l	retourslib zwevende stof 4,1 mg/l pH=6,8	effluent
pH-wasvloeistof	-	-	-	-	8,1 à 8,4	9,0 à 9,7	9,4 à 9,5	9,4 à 9,5
luchtdebiet (m^3/h)	1350	1170	1170	1310	1360	1240	1170	1340
luchtsnelheid in het filter (m/sec.)	0,77	0,66	0,66	0,74	0,77	0,70	0,66	0,76
filterhoogte (m)	2	4	4	4	4	4	4	4
luchtcontacttijd (sec.)	2,6	6,0	6,0	5,4	5,2	5,7	6,0	5,3
spoeldebiet (m^3/h)	4,2	10,5	10,5	10,8	10,6	12,0	11,6	11,4
spoelbelasting (m^3/m^2 h)	8,6	21	21	22	22	24	24	23
suppletie (m^3/h)	6,3	6,4	6,4	2,3	2,3	2,2	0,78	0,92
(m^3/1000 m^3 lucht)	4,7	5,5	5,5	1,8	1,4	1,7	0,67	0,68
verblijftijd van de wasvloeistof in het systeem (min.)	ca. 2	ca. 3	ca. 3	ca. 8	ca. 8	ca. 8	ca. 22	ca. 19
H_2S-concentratie in de ingaande lucht (ppm)	ca. 50	ca. 25	ca. 50	ca. 25	ca. 25	ca. 25	ca. 50	ca. 50
H_2S-concentratie in de uitgaande lucht (ppm)	ca. 50	10 à 15	ca. 40	ca. 25	5 à 15	2 à 10	7 à 9	10 à 20
rendement = $(1 - \frac{uit}{in}) \times 100\%$	0	ca. 50	ca. 20	0	40 à 80	50 à 90	80 à 90	60 à 80

Tabel 6. Overzicht meetresultaten van het verkennend onderzoek met de luchtwasser in Renkum



Overige variabelen	Geen toevoeging van loog	pH 8,1 - 8,4	pH 9,0 - 9,7
Luchtsnelheid (m/sec.)	0,74	0,77	0,70
Luchtkontakttijd (sec.)	5,4	5,2	5,7
Spoelbelasting (m/uur)	22	22	24
Suppletie (m^3/1000 m^3)	1,8	1,4	1,7
H_2S-concentratie in (ppm)	ca. 25	ca. 25	ca. 25
Proef no.	3	4	5

Fig. 9. De H_2S-reductie in de ventilatielucht als functie van de pH van de wasvloeistof (luchtwasser in Renkum)



Overige variabelen	retourslib	effluent
pH	9,4 - 9,5	9,4 - 9,5
Luchtsnelheid (m/sec.)	0,66	0,76
Luchtkontakttijd (sec.)	6,0	5,3
Spoelbelasting (m/uur)	24	23
Suppletie (m^3/1000 m^3)	0,67	0,68
H_2S-concentratie in (ppm)	50	50
Proef no.	6	7

Fig. 10. De H_2S-reductie in de ventilatielucht als functie van de aard van de wasvloeistof (luchtwasser in Renkum)

Bij deze drie experimenten was de luchtsnelheid 0,70 à 0,77 m/sec., de luchtcontacttijd 5,2 à 5,7 seconden, de spoelbelasting 22 à 24 m3/m2.h en de verblijftijd van het slib in het systeem ca. 8 minuten. De H_2S-concentratie in de toegevoerde lucht is op ca. 25 ppm gehandhaafd.
Bij proef 6 is de suppletie teruggebracht tot ongeveer 1/3 van die van de vorige drie experimenten. De slibverblijftijd bedroeg ca. 20 minuten, terwijl de H_2S-concentratie in de toegevoerde lucht verhoogd werd van 25 naar 50 ppm.
De loogdosering werd zodanig ingesteld dat de pH gehandhaafd bleef op 9,4 à 9,5. De benodigde hoeveelheid loog daalde vrijwel recht evenredig met de gesuppleerde hoeveelheid wasvloeistof, terwijl de H_2S-reductie 80 à 90% bedroeg (proef 6).

Om de specifieke werking van het in het waswater aanwezige actiefslib te kunnen bepalen is in proef 7 retourslib als wasvloeistof vervangen door effluent, terwijl alle overige bij het vorige experiment ingestelde variabelen constant bleven. De H_2S-reductie daalde in geringe mate tot 60 à 80% (zie afb. 6).

4.2.6 *conclusies*

- Bij de behandeling van ventilatielucht in de luchtwasser zonder pH-correctie van het waswater bleek de H_2S-reductie slechts enkele tientallen procenten te bedragen.
  De procesomstandigheden waren:
  - luchtsnelheid : ca. 0,7 m/sec.
  - luchtcontacttijd : 3 à 6 sec.
  - spoelbelasting : 10 à 20 m3/m2/uur
  - suppletie : 2 à 6 m3/1000 m3 lucht
  - wasvloeistof : retourslib met een gehalte aan zwevende stof van 4 à 4,5 g/l en een pH van ca. 7
  - H_2S-concentratie in de toegevoerde lucht : 25 à 50 ppm
- Bij de dosering van natronloog aan het waswater tot een pH van ca. 9,5 werd de H_2S-concentratie van 50 ppm gereduceerd tot 7 à 9 ppm. Bij een suppletie van ca. 0,7 m3 retourslib/1000 m3 lucht bedraagt de loogdosering dan ca. 1,4 g NaOH per gram verwijderde H_2S.

5 LITERATUUR

Boon, A.G. & Lister, A.R., Formation of sulphide in rising main sewers and its prevention by injection of oxygen, Progress in Water Technology, Vol. 7, No. 2, pp. 289-300, Pergamon Press, 1975.

Clarenburg, L.A. Milieubelasting door stank. Openbaar lichaam Rijnmond, juli 1973.

Cornelisse, A.H., Lohuizen, C.J. van & Visscher, K., Stankbestrijding met een bodemfilter, PT-Procestechniek, 34, 1979, 9, 575-79.

DHV & US, H_2S en corrosie. Onderzoek naar aantastingsverschijnselen in rioolgemalen in het beheersgebied van Uitwaterende Sluizen, DHV Raadgevend Ingenieursbureau, Hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en Westfriesland, maart 1979.

EPA, Proces design manual for sulfide control in sanitary sewerage systems, U.S. Environmental Protection Agency, Technology Transfer, October 1974.

Gast, M.K.H. & Giffen, A.E. van. Bestrijding stankbezwaar op de rwzi Beemster, H_2O, 9, 1976, 23, 469-78.

Gemert, L.J. van. Methode voor de sensorische bepaling van het geurgetal van monsters olie of water, CIVO-TNO, rapport no. R.5072, Zeist, 1976.

Gust, M., Sporenberg, F., Schippert, E., Grundlagen der biologischen Abluftreinigung, Abgasreinigung durch Mikro-organismen mit Hilfe von Biowäschern. Staub-Reinhalt. Luft 39, 1979, 9, 308-14.

Hartmann, H., Massnahmen zur Geruchsbekämpfung in Kläranlagen am Beispiel der Stadt Nürnberg, Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft 59, Kommissionsverlag R. Oldenburg, München, 1977.

Helmer, R., Sorption und mikrobiller Abbau in Bodenfiltern bei der Desodorisierung von Luftströmen, Kommissionsverlag R. Oldenburg, Münchem, 1972.

Hoek, K.W., v.d., Biologische luchtwassers. PT-Procestechniek 33, 1978, 11, 670-73.

Köster, E.P., Psychonomie/2, Intermediair, 14, 1978, 10, 25-29.

Pomeroy, R. Generation and control of sulfide in filled pipes. J.W.P.C.F. 35, 1963, 1580-8.

Scheltinga, H.M.J., Toepassing van de hinderwet op afvalwaterzuiveringsinrichtingen en op rioolgemalen H_2O, 10, 1977, 9, 198-99, 203.

STORA, Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen. 1. Bestrijding in transportleidingen, Stichting Toegepast Onderzoek Reiniging Afvalwater, Rijswijk Z.H., 1979.

STORA, Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen. 2. Behandeling van procesgassen (inventarisatie), Stichting Toegepast Onderzoek Reiniging Afvalwater, Rijswijk Z.H., 1979.

Stork, B. & Gemert, L.J. van, Sensorische metingen in verband met stankhinder in het milieu. PT-Procestechniek 32, 1977, 82-86.

Verbeek, A., Sensorische meting van stank. Voordracht op de cursus stankbestrijding 11-15 september 1978 van de Stichting Postacademiale Vorming Gezondheidstechniek.

Bijlagen

Resultaten geurconcentratiemetingen compostfilter rwzi Meppel

(compost A)

datum	meetplaats comp.filter IN	meetplaats comp.filter UIT	panellid nr.	olfaktometer stand	menglucht kg/cm²	geurconcentratie (G.E./m³) meetwaarde	geurconcentratie (G.E./m³) middelste	geurconcentratie (G.E./m³) min.-max.	flow-meter* A1	flow-meter* A6	10 voud-verdunning ja	10 voud-verdunning nee
6/4	x						375		x			
6/4		x	5	5	2	1,5	1,6	1,5- 1,6		x		x
			6	4,5		1,6						
9/4	x						410		x		x	
9/4		x	2	4		2						
			4	2,5		3						
			1	2,0	2	4	3,5	2 -6		x		x
			5	2,0		4						
			3	1,5		6						
12/4	x						285		x		x	
12/4		x	3	3		2,5						
			2	2		4						
			4	2	2	4	4	2,5-10		x		x
			5	2	2	4						
			6	1		10						
18/4	x	x	4	3		2,5						
			1	2,5	2	3	3	2,5- 4		x		x
			5	2,5		3						
			6	2		4						
26/4	x						300		x		x	
26/4		x	3	4	2	2						
			6	3		2,5						
			4	2,5	2	3	3	2 -10		x		x
			2	1,5		6						
			1	1		10						
1/5	x						300		x			x
1/5		x	3	5		1,5						
			2	4		2						
			1	2	2	4	4	1,5- 6		x		x
			5	1,5		6						
			6	1,5		6						

*verklaring voor A_1 en A_6: zie beschrijving olfaktometer

Resultaten geurconcentratiemetingen compostfilter rwzi Meppel

(compost B)

datum	meetplaats comp. filter IN	meetplaats comp. filter UIT	panellid nr.	olfaktometer stand	menglucht kg/cm2	geurconcentratie (G.E./m3) meetwaarde	geurconcentratie (G.E./m3) middelste	geurconcentratie (G.E./m3) min.- max.	flowmeter A1	flowmeter A6	10 voud-verdunning ja	10 voud-verdunning nee
3- 9		x	1	2	2	118			x			x
12- 9		x	5	5	2	35						
			1	2,5		88	88	35-118	x			x
			6	2		118						
21- 9		x	4	6	2	27						x
			5	5		35	35	27-68	x			
			1	3		68						
2-10		x	5	6	2	27	31	27-35	x			x
			1	5		35						
10-10	x		3	7	2	220						
			1	7		220						
			5	5,5		300	300	220-300	x		x	
			4	5,5		300						
			6	5,5		300						
10-10		x	3	5,5	2	30						
			1	4,5		40						
			4	4		47	47	30-88	x			x
			5	3,5		56						
			6	2,5		88						
18-10	x		5	7	2	220			x			
			1	6,5		250						
			F	6,5		250	250	220-300	x			x
			G	6		270						
			6	5,5		300						
18-10		x	1	10	2	13						
			5	4,5		40						
			F	4		47	47	13-68	x			x
			G	3,5		56						
			6	3		68						
26-10	x		5	7	2	220						
			3	7		220						
			6	6,5		250	250	220-300	x		x	
			1	5,5		300						
			4	5,5		300						
26-10		x	3	9,5	2	15						
			5	9,5		15						
			4	8,5		18	18	15-88	x			x
			1	5		35						
			6	2,5		88						
26-10		x	3	9,5	2	15						
			5	9,5		15						
			4	8,5		18	18	15-68	x			x
			1	6		27						
			6	3		68						
26-10		x	5	9,5	2	15						
			6	9,5		15						
			4	6,5		24	24	15-88	x			x
			1	6		30						
			3	2,5		88						
5-11	x		3	8,5	2	180						
			4	8,5		180						
			6	5		350	350	180-400	x		x	
			5	4,5		400						
			1	4,5		400						
5-11		x	6	5	2	35						
			3	4,5		40						
			4	4,5		40	40	35-47	x			x
			5	4,5		40						
			1	4		47						
5-11		x	3	5		35						
			1	4,5	2	40						
			4	4,5		40	40	35-68	x			x
			5	4,5		40						
			6	3		68						
16-11	x		1	7	2	220						
			4	7		220						
			6	6,5		250	250	220-300	x		x	
			5	5,5		300						
			3	5,5		300						
16-11		x	4	4,5	2	40						
			1	4		47						
			6	3,5		56	56	40-174	x			x
			3	3		68						
			5	1,5		174						

BIJLAGE 1
(vervolg)

datum	meetplaats comp. filter IN	UIT	panellid nr.	olfaktometer stand	menglucht kg/cm2	geurconcentratie (G.E./m3) meetwaarde	middelste	min.- max.	flowmeter A1	A6	10 voud-verdunning ja	nee
12-12	x		3	3	2	70						
			4	9		174						
			6	9		174	174	70->300	x			x
			5	1		300						
			1	< 1		> 300						
12-12		x	4	4,5	2	40						
			3	4		47						
			6	4		47	47	40-88	x			x
			1	3		68						
			5	2,5		88						
18-12	x		3	7	2	220						
			1	6,5		250						
			5	6,5		250	250	220-300	x		x	
			6	5,5		300						
			4	5,5		300						
18-12		x	5	8,5		18						
			3	4,5		40						
			1	3,5		56	56	18-174	x			x
			4	2		118						
			6	1,5		174						
17-1	x		4	1,5		174						
			3	1,5		174						
			5	1		300	300	174->300	x			x
			6	< 1		> 300						
			1	< 1		> 300						
17-1		x	3	8,5		18						
			4	7		22						
			5	5,5		30	30	18-88	x			x
			1	2,75		75						
			6	2,5		88						

Resultaten geurconcentratiemetingen luchtwasser rwzi Meppel

datum	meetplaats luchtwasser IN	UIT	panellid nr.	olfaktometer stand	menglucht kg/cm²	geurconcentratie (G.E./m³) meetwaarde	middelste	min.-max.	10 voud-* verdunning ja	nee
6/4	x		1	8		180				
			3	8		180				
			4	5	2	350	375	180- 680	x	
			2	4,5		400				
			6	4		470				
			5	3		680				
6/4		x	4	9		16				
			3	3		68				
			1	3	2	68	68	16- 174		x
			5	2		118				
			6	1,5		174				
6/4	x		1	7		220				
			5	5		350				
			3	5	2	350	375	220-1180	x	
			6	4,5		400				
			4	2,3		1000				
			2	2		1180				
6/4		x	1	4,5		40				
			3	4		47				
			4	3	2	68	121	40- 174		x
			2	1,5		174				
			5	1,5		174				
			6	1,5		174				
6/4	x						375		x	
6/4		x	1	3,5		56				
			3	1,5		174				
			5	1,5	2	174				
			6	1,5		174	174	56->300		x
			2	< 1		> 300				
			4	< 1		> 300				
6/4	x						375		x	
6/4		x	3	4,5		40				
			4	4		47				
			1	2	2	118	146	40- 300		x
			2	1,5		174				
			5	1,5		174				
			6	1		300				
9/4	x		5	6,5		240				
			1	5,5		300				
			4	5	2	350	410	240-1180	x	
			6	4		470				
			2	3,5		560				
			3	2		1180				
9/4		x	2	2,5		88				
			5	1,3		222				
			6	1,3	2	222	261	88->300		x
			1	1		300				
			4	< 1		> 300				
			3	0,5		> 300				
9/4	x						410		x	
9/4		x	4	2,5		88				
			3	2		118				
			2	1	2	300	300	88- 300	x	
			5	1		300				
			6	1		300				
11/4	x		3	10		140				
			2	10		140				
			4	5	2	350				
			1	3,5		560	455	140- 560	x	
			5	3,5		560				
			6	3,5		560				
11/4		x	5	4		47				
			6	4		47				
			2	2,8	2	75	82	47- 300		x
			1	2,5		88				
			4	2		118				
			3	1		300				

*alle metingen zijn uitgevoerd met flow-meter buis A_1 (zie beschrijving olfaktometer)

datum	meetplaats luchtwasser IN	UIT	paneellid nr.	olfaktometer stand	menglucht kg/cm²	geurconcentratie (G.E./m³) meetwaarde	middelste	min.-max.	10 voud-verdunning ja	nee
11/4	x						455		x	
11/4		x	4	2		118				
			5	2		118				
			2	1,3	2	222	261	118- 300		x
			1	1		300				
			3	1		300				
			6	1		300				
11/4	x						455		x	
11/4		x	2	2,5		88				
			4	2,5		88				
			3	2	2	118	209	88->300		x
			5	1		300				
			1	< 1		> 300				
			6	< 1		> 300				
11/4	x						455		x	
11/4		x	2	2,5		88				
			4	2,5		88				
			1	2	2	118	118	88- 300		x
			3	1		300				
			5	1		300				
11/4	x						455		x	
11/4		x	2	2,8		75				
			4	2,8		75				
			5	2,0	2	118	146	75- 300		x
			6	1,5		174				
			1	1,5		174				
			2	1,0		300				
11/4	x						455		x	
11/4		x	4	2,8		75				
			5	2,0	2	118	146	75- 300		x
			6	1,5		174				
			2	1,0		300				
12/4	x		3	10		140				
			2	10		140				
			5	7	2	220				
			6	5		350	285	140- 560	x	
			4	4		470				
			1	3,5		560				
12/4		x	3	6		27				
			5	2,5		88				
			2	2,3	2	100				
			1	2		118	109	27- 118		x
			4	2		118				
			6	2		118				
12/4	x						285		x	
12/4		x	2	3		68				
			5	1,5		174				
			6	1,3	2	222	261	68->300		x
			1	1		300				
			4	1		300				
			3	< 1		> 300				
12/4	x						285		x	
12/4		x	1	2,8		75				
			2	2,5		88				
			3	1,5	2	174	174	75- 300		x
			5	1,5		174				
			6	1,5		174				
			4	1		300				
12/4	x						285		x	
12/4		x	2	2,3		100				
			3	2,3		100				
			5	1,5	2	174	198	100- 300		x
			1	1,3		222				
			4	1,3		222				
			6	1		300				
12/4	x						285		x	

datum	meetplaats luchtwasser IN	UIT	panellid nr.	olfaktometer stand		menglucht kg/cm²	geurconcentratie (G.E./m³) meetwaarde		middelste	min.-max.	10 voud-verdunning ja	nee
12/4		x	5	2,5			88					
			6	1,8			141					
			1	1,8		2	141		182	88- 300		x
			4	1,3			222					
			2	1			300					
			3	1			300					
12/4	x								285		x	
12/4		x	3	3			68					
			1	2			118					
			6	1,3		2	222		261	68->300		x
			2	1			300					
			5	1			300					
			4	0,5				>	300			
26/4	x		2	3			68					
			1	1			300					
			3	1		2	300		300	68->300	x	
			4		< 1			>	300			
			6		< 1			>	300			
26/4		x	2	4			47					
			3	3			68					
			1	2		2	118		118	47- 174		x
			4	2			118					
			6	1,5			174					
26/4	x								300		x	
26/4		x	1	2,5			88					
			3	2			118					
			4	2		2	118		118	88- 300		x
			2	1			300					
			6	1			300					
26/4	x								300		x	
26/4		x		1			88					
				3			118					
				6		2	118		118	88->300		x
				4			141					
				2				>	300			
26/4	x								300			x
26/4		x	6	2			118					
			3	1,5			174					
			2	1		2	300		300	118->300		x
			4	1			300					
			1	0,5				>	300			
1/5	x						200					
							350					
							400		375	200- 560		x
							560					
1/5		x	3	2			118					
			5	1		2	300		300			
			2	0,5			300			118->300		x
			6	0,5				>	300			
1/5	x								300			x
1/5		x	1	2			118					
			5	1			300					
			2		< 1	2		>	300	118->300		x
			3		< 1			>	300			
			6	0,5				>	300			
1/5	x								300			x
1/5		x	1	2			118					
			3		< 1	2		>	300	> 300	118->300	x
			5		< 1			>	300			
			6		< 1			>	300			
			2	0,5				>	300			
1/5	x								300			x
1/5		x	1		< 1		> 300	>	300			
			2		< 1		> 300	>	300	> 300		
			3		< 1		> 300	>	300			x
			6		< 1		> 300	>	300			

Waarnemingen tijdens het onderzoek met de luchtwasser in Meppel

		lucht								waswater			
		debiet		druk	temperatuur			aard	debiet		druk	temperatuur	
proef	datum	m^3/h	$m^3/m^2.h$	mmwk	°C		effluent	actiefslib	m^3/h	$m^3/m^2.h$	(bar)	°C	
				IN	IN	UIT						IN	UIT
1	6/4	500	5555	80	22	10	x		7,2	20	0,5	8,5	9,5
2	6/4	500	5555	85	22	10	x		10,8	30	0,6	8,5	9,5
3	6/4	665	7389	90	29	11	x		7,2	20	0,5	8,5	9,5
4	6/4	665	7389	130	26	11	x		10,8	30	0,6	8,5	9,5
5	9/4	500	5555	130	28	13	x		7,2	20	0,6	12	12,5
6	9/4	500	5555	130	28	13	x		10,8	30	0,6	12	12,5
7	11/4	350	3889	40	28	12	x		7,2	20	0,5	10,5	11,5
8	11/4	350	3889	60	30	12	x		10,8	30	0,7	10,5	11,5
9	11/4	350	3889	85	26	12	x		14,4	40	1,0	10,0	10,5
10	11/4	350	3889	85	28	12	x		14,4	40	1,0	10,5	11,5
11	11/4	500	5555	85	31	14	x		10,8	30	0,7	10,0	11,0
12	11/4	500	5555	90	31	14	x		14,4	40	1,0	10,0	11,0
13	12/4	270	3000	20	28	13	x		3,6	10	0,4	10,5	11,5
14	12/4	270	3000	40	28	13	x		10,8	30	0,7	10,0	11,0
15	12/4	270	3000	70	28	13	x		14,4	40	1,0	10,5	11,5
16	12/4	350	3889	50	28	13	x		3,6	10	0,4	11,5	12,5
17	12/4	350	3889	80	30	13	x		10,8	30	0,7	11,5	12,0
18	12/4	350	3889	140	30	13	x		18,0	50	> 1,0	11,5	12,0
19	18/4	500	5555	90	28	11		x	14,4	40	0,7	10,0	10,5
20	26/4	350	3889	70	25	11		x	7,2	20	0,3	12,0	12,5
21	26/4	350	3889	80	25	11		x	14,4	40	0,3	12,0	12,5
22	26/4	500	5555	120	28	12		x	10,8	30	0,7	12,0	12,5
23	26/4	500	5555	135	28	12		x	14,4	40	0,8	12,0	12,5
24	1/5	665	7389	135	22	10,5		x	14,4	40	0,7	10,5	11,0
25	1/5	665	7389	140	22	10,5		x	28,8	80	> 1,0	10,5	11,0

opmerkingen

proef 1 t/m 4:
droger verwerkt mengsel van actief slib
en uitgegist slib

proef 5/6

luchtdebieten gemeten met vleugelrad-
anémometer

proef 7 t/m 12:
droger verwerkt uitgegist slib/
brander pendelt niet

proef 13 t/m 18:
droger verwerkt uitgegist slib

proef 19

pH-effluent IN: 6,5
UIT: 6,4

Omschrijving compostsoorten

Door het composteren van huisvuil ontstaat compost, dat in verschillende soorten in de handel verkrijgbaar is.
De soort compost hangt naast de samenstelling van het huisvuil ook in belangrijke mate samen met de mechanische bewerkingen die vóór, tijdens of ná het composteringsproces worden uitgevoerd.

Huisvuil kan volgens verschillende systemen worden gecomposteerd. Bekende systemen zijn het van Maanen en Dano-systeem.

- Van Maanen - systeem

  Bij het van Maanen-systeem (in Nederland toegepast door de VAM) wordt het huisvuil in de open lucht gecomposteerd. Aan het einde van het proces (na ca. 9 maanden) wordt het materiaal geleid over een scheidingsinstallatie, waarbij de niet-composterende delen worden afgescheiden.
  Het restant kan zonodig worden gezeefd, verkleind of vermalen.
  Door de VAM worden o.a. de volgende compostsoorten in de handel gebracht, alle bereid volgens het van Maanen-systeem:

  * Edelcompost : onvermalen compost met deeltjes < 5 mm
  * Rekro-compost : vermalen compost met deeltjes < 15 mm

  In bijzondere gevallen is het ook mogelijk speciale soorten of mengsels te bereiden. Voor het STORA-onderzoek in Meppel zijn de volgende soorten toegepast.

  Compost A : rekro-compost gemengd met bolsterveen in een volume-verhouding van 40% rekro-compost en 60% bolsterveen

  Compost B : onvermalen rekro-compost met deeltjes van 5 - 22 mm.

- Dano - systeem

  Bij dit proces wordt het vooraf ontijzerde huisvuil gedurende 3 - 5 dagen in een langwerpige roterende trommel voorgefermenteerd. Na de trommel wordt het materiaal gezeefd en ontdaan van glas, waarna het compost enige tijd op hopen in de buitenlucht narijpt.

  Het Dano-systeem wordt toegepast bij o.a. het composteerbedrijf in Soest.
  Dano-compost is in West-Duitsland bekend onder de naam Müll compost, waarbij voor de toepassing in compostfilter de fractie < 4 mm wordt verwijderd.

Geurmetingen met een panel met behulp van de Mannebeck olfactometer TO-4

Beschrijving van de olfactometer

Voor de geurmetingen is gebruik gemaakt van een Mannebeck olfactometer TO-4. Zie figuur 11. De werking van deze olfactometer is als volgt.

Met behulp van een naaldventiel wordt een constant debiet van reukloze lucht aangevoerd. Deze is afkomstig uit een gascylinder gevuld met 20% zuurstof en 80% stikstof.
De instelling van de aanvoer van reukloze lucht wordt gecontroleerd op de manometer. Via een ejecteur wordt de geurhoudende lucht meegezogen. Het debiet daarvan en dus de mengverhouding tussen reukloze en geurhoudende lucht - wordt ingesteld via een regelbaar smoorklepje en afgelezen op een van de flowmeters met verschillende capaciteit voor passage van de geurhoudende lucht. Daarmee kan een meetbereik worden ingesteld dat varieert van een mengverhouding geurhoudende lucht/ reukloze lucht van ca. 1:1 tot ongeveer 1:800 en met een extra hulpstuk zelfs tot 1:8000.
Het gasmengsel stroomt via een metalen leiding naar de reukkap. Daar wordt door de waarnemer geconstateerd of het mengsel qua geur is te onderscheiden van schone lucht.
Aan de hand van de stand van de flowmeter en de manometer kan via een ijkgrafiek de mengverhouding worden vastgesteld en daarmee de geurconcentratie.
De geurconcentratie van een gasmengsel is het aantal malen dat het mengsel moet worden verdund met schone lucht, opdat de helft van een geurpanel het verdunde mengsel nog juist onderscheidt van schone lucht. In feite is de geurconcentratie dus de mediaan van de individueel gemeten geurconcentraties.
Via een snelhandel kan de aanvoer van geurhoudende lucht onmiddellijk worden gestopt.
Er stroomt dan alleen nog reukloze lucht naar de reukkap. Op deze wijze kan de waarnemer eventueel controleren of de verdunde geurhoudende lucht is te onderscheiden van schone lucht.

Meetprocedure

1. De metingen dienen plaats te vinden in een geurvrije omgeving. Bij gebruik van de extra 10-voudige vóórverdunning moet de vrijkomende stank zodanig worden afgevoerd dat de waarnemers er niet aan blootstaan.

2. Men verzekere zich ervan dat toevoerleidingen en olfactometer schoon zijn (reukvrij).
3. Vóór aanvang het leidingensysteem geheel vullen met de betreffende stanklucht.
4. Condensvorming moet worden voorkomen (vóórverdunning met schone droge lucht, verwarming, condenspotjes). Wanneer deze toch optreedt, moeten de leidingen voor elke nieuwe geurmeting worden schoongemaakt.
   Redenen:
   - het condenswater bevat geurstoffen
   - het condenswater kan in de flowmeters van de olfactometer terecht komen
5. Als schone lucht wordt menggas gebruikt. Dit is een mengsel van 80% stikstof en 20% zuurstof. Een andere mogelijkheid is een olievrije luchtpomp gevolgd door een droogtoren (silicagel) en een koolfilter.
6. Proefruiken; dit gebeurt door de onderzoeker(s). Stel dat een geurconcentratie (a) wordt gevonden; voor de metingen met het panel worden dan de volgende verdunningen ingesteld:
   $\frac{1}{4}$a, $\frac{1}{2}$a, a, 2a en 4a; aflezen op het nomogram welke flowmeterstanden hierbij behoren; deze noteren in de tabel.
7. De meting kan beginnen; bij elke instelling wordt het aangeboden verdunde gas vergeleken met schone lucht; daartoe dienen de handels aan de zijkant van de olfactometer, de waarnemer krijgt de verdunningen aangeboden te beginnen met de grootste, dus:
   - $\frac{1}{4}$a instellen
   - schone lucht aanbieden door handels in te knijpen; eerste enige seconden wachten om de vuile lucht te verdrijven
   - $\frac{1}{4}$a aanbieden door loslaten handels
   - is er onderscheid tussen de schone lucht en de verdunde stanklucht waar te nemen? Ja of nee?
   - $\frac{1}{2}$a instellen
   - etc.
8. De waarnemers mogen hoogstens 3x snuiven per ingestelde verdunning; minder mag, vaker niet, reden: gewenning; geen valse lucht bijsnuiven.
9. De reeks aangeboden verdunningen wordt beëindigd, wanneer de waarnemers op twee <u>navolgende</u> verdunningen positief heeft gereageerd.
10. Een waarnemer mag geen twee metingen na elkaar verrichten (één meting bestaat uit één reeks van afnemende verdunning, 5x ruiken dus); minstens 5 à 10 minuten pauseren in reukvrije omgeving; reden: gewenning.
11. De waarnemer mag niet zien welke verdunning hij aangeboden krijgt; daartoe worden de flowmeters van de olfactometer afgedekt, zodat de waarnemer de flowmeterstand niet, doch de onderzoeker deze wel kan zien.

Verwerking proefresultaten

De geurconcentratie van een gasmengsel is het aantal malen dat het mengsel moet worden verdund met schone lucht, opdat de helft van een geurpanel het verdunde mengsel nog juist onderscheidt van schone lucht.
In feite is de geurconcentratie dus de mediaan van de individueel gemeten geurconcentraties.
De individuele gemeten geurconcentratie is niet de eerste verdunning van de twee, die direct na elkaar worden onderscheiden van schone lucht. In feite ligt de drempel nog daarvóór. Daarom is het gebruikelijk om de individueel gemeten geurconcentratie te berekenen als het geometrisch gemiddelde van de verdunning, die net niet wordt waargenomen (b.v. 2a) en de verdunning, die net wél wordt waargenomen (b.v. a). Het geometrisch gemiddelde van twee getallen is de wortel van het produkt van die twee getallen ($\sqrt{2a.a}$).

Bij grote panels (> 10 waarnemers) kan ervan worden uitgegaan dat de resultaten log-normaal zijn verdeeld. De resultaten worden uitgezet op log-normaal papier, de percentages positieve antwoorden op de normale zijde, de individueel gemeten geurconcentraties op de log-zijde.
Door de punten wordt een rechte getrokken (eventueel met behulp van de methode van de kleinste kwadraten). De verdunning, die volgens de verkregen rechte correspondeert met 50% van de waarnemers, is de geurconcentratie.
Bij kleine panels (< 10 waarnemers) kan er niet van worden uitgegaan dat de geurgevoeligheid van de waarnemers mooi normaal verdeeld is. Om daarvoor te corrigeren wordt van de volgende formule gebruik gemaakt*.

$$\log G = \bar{Y} - (\bar{X}) \frac{\Sigma(X.Y) - N.\bar{X}.\bar{Y}}{\Sigma\ (X^2) - N(\bar{X})^2}$$

G	=	geurconcentratie
$\bar{Y}$ en $\bar{X}$	=	rekenkundige gemiddelden van Y en X
Y	=	de tien logarithme van de individueel gemeten geurconcentraties
X	=	getal dat afhangt van het gemiddelde rangnummer van Y en van het aantal panelleden. Het gemiddelde rangnummer wordt als volgt bepaald (voorbeeld, 6 panelleden)

* A. Dravnieks, W.H. Prokop, Source emission odor measurements by a dynamic forced-choice triangle olfactormeter, JAPCA, 25, 1978, 1, 28-35

ingestelde verdunning	frequentieverdeling individuele "geur-drempels"	Y	gem. rangnr.	X
4a	0	½(log 8a+log 4a)	-	-
2a	2 (no. 1 en 2)	½(log 4a+log 2a)	1,5	-0,79
a	1 (no. 3)	½(log 2a+log a)	3	-0,8
½a	2 (no. 4 en 5)	½(log a+log ½a)	4,5	+0,37
¼a	1 (no. 6)	½(log ½a+log ¼a)	6	+1,07

X wordt bepaald uit de volgende tabel.

gemiddeld rangnummer	aantal panelleden 6	7	8	9	10
1.0	-1.07	-1.15	-1.22	-1.28	-1.33
1.5	-0.79	-0.89	-0.97	-1.04	-1.10
2.0	-0.57	-0.67	-0.77	-0.84	-0.81
2.5	-0.37	-0.49	-0.59	-0.67	-0.75
3.0	-0.18	-0.32	-0.43	-0.52	-0.60
3.5	0	-0.16	-0.28	-0.39	-0.47
4.0	+0.18	0	-0.14	-0.25	-0.35
4.5	+0.37	+0.16	0	-0.13	-0.23
5.0	+0.57	+0.32	+0.14	0	-0.13
5.5	+0.79	+0.49	+0.28	+0.13	0
6.0	+1.07	+0.67	+0.43	+0.25	+0.11
6.5		+0.89	+0.59	+0.39	+0.23
7.0		+1.15	+0.77	+0.58	+0.35
7.5			+0.97	+0.67	+0.47
8.0			+1.22	+0.84	+0.60
8.5				+1.04	+0.75
9.0				+1.28	+0.91
9.5					+1.10
10.0					+1.33

N = aantal gemiddelde rangnummers (in het bovenstaande voorbeeld: 4).

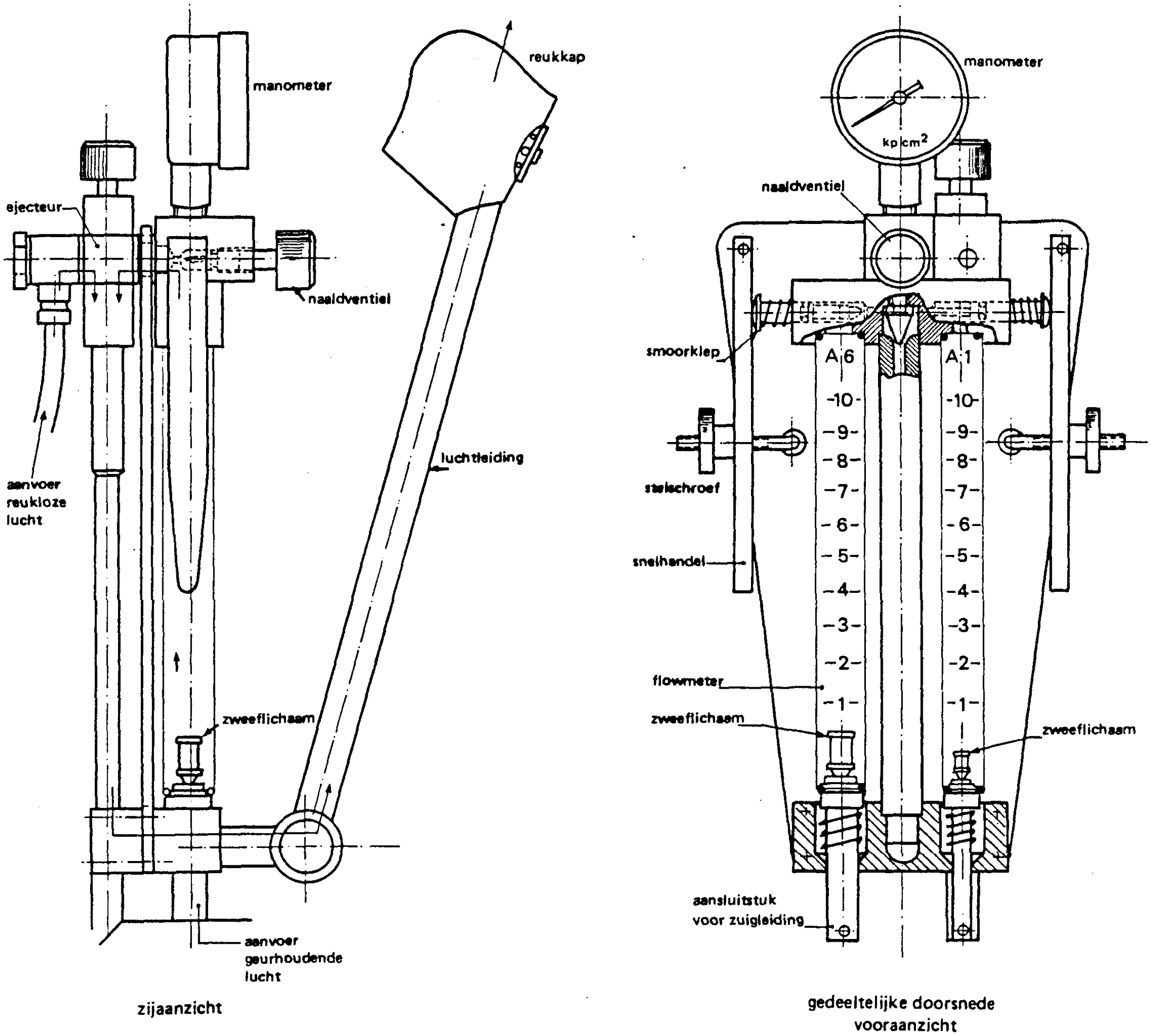


Fig. 11. Mannebeck-Olfactometer TO-4

Compostfilters in Nederland.

In bedrijf

1. rwzi Alkmaar
2. rwzi Almelo
3. rwzi Renkum
4. rioolgemaal Zutphen

In ontwerp

1. rwzi Alkmaar (uitbreiding)
2. rwzi Almelo (uitbreiding)
3. rwzi Beverwijk
4. rwzi Den Helder
5. rwzi Deventer
6. rwzi Eindhoven
7. rwzi Harderwijk
8. rwzi Hattemerbroek
9. rwzi Horstermeer
10. rwzi Katwoude
11. rwzi Laren/Blaricum
12. rwzi Leek
13. rwzi Oosterwolde
14. rwzi Scheemda
15. rwzi Tiel
16. rwzi Uithoorn
17. rwzi Zwaanshoek
18. rwzi Zwolle.