

# Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen

Nr. 5 1990

## Lavteknologisk spildevandsrensning i danske landsbyer



Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

# **Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen**

**Nr. 5 1990**

## **Lavteknologisk spildevandsrensning i danske landsbyer**

Arne Bernt Hasling  
COWIconsult AS

Jes la Cour Jansen, Janne Nielsen  
Vandkvalitetsinstituttet ATV

**Miljøministeriet  
Miljøstyrelsen**

### **Om spildevandsforskning**

Miljøstyrelsen har med baggrund i en særlig programbevilling i perioden 1988-91, med rådgivning fra Vandrensningsrådet, igangsat en række forskningsprojekter på spildevandsområdet.

Disse projekter er tæt koordineret med en række tilsvarende projekter, igangsat af Teknologirådet under Industri- og Handelsstyrelsen.

Miljøstyrelsens projekter offentliggøres i denne serie om spildevandsforskning. De øvrige offentliggjorte rapporter er anført på omslagets næstsidste side.

Der bemærkes, at offentliggørelsen ikke nødvendigvis betyder, at indholdet er udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter, men styrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt bidrag til den videnopbygning, der også skulle være et led i gennemførelsen af Vandmiljøplanen.

## INDHOLD

|           |                                                                            |    |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| <u>1.</u> | <u>Indledning</u>                                                          | 7  |
| <u>2.</u> | <u>Résumé</u>                                                              | 9  |
| 2.1       | Baggrund                                                                   | 9  |
| 2.2       | Renseprincip                                                               | 9  |
| 2.3       | Arealforbrug og renseeffekt                                                | 11 |
| 2.4       | Økonomi                                                                    | 12 |
| 2.5       | Erfaringer fra amter og kommuner                                           | 12 |
| <u>3.</u> | <u>Udvikling af lavteknologisk spildevandsrensning</u>                     | 15 |
| <u>4.</u> | <u>Rodzoneanlæg</u>                                                        | 17 |
| 4.1       | Introduktion til danske rodzoneanlæg                                       | 17 |
| 4.2       | Principopbygning af rodzoneanlæg og metodens rensemæssige hovedprincipper  | 17 |
| 4.3       | Undersøgelser af danske rodzoneanlæg                                       | 19 |
| 4.4       | Erfaringer fra 14 eksisterende rodzoneanlæg                                | 19 |
|           | 4.4.1 Undersøgelsens omfang og formål                                      | 19 |
|           | 4.4.2 Renseeffekt og afløbskvalitet                                        | 21 |
|           | 4.4.3 Karakterisering af rodzoneanlæggene                                  | 22 |
|           | 4.4.4 Konklusioner vedrørende de undersøgte anlæg                          | 24 |
| 4.5       | Undersøgelse af forsøgsanlægget i Ringsted                                 | 26 |
|           | 4.5.1 Undersøgelsens omfang og formål                                      | 26 |
|           | 4.5.2 Driftsforhold                                                        | 27 |
|           | 4.5.3 Renseeffekt og afløbskvalitet i anlægget i Ringsted                  | 29 |
|           | 4.5.4 Karakterisering af udviklinger i anlægget                            | 31 |
|           | 4.5.5 Konklusioner vedrørende undersøgelserne i forsøgsanlægget i Ringsted | 33 |
| 4.6       | Brugeres og tilsynsmyndigheders erfaringer med rodzoneanlæg                | 34 |
|           | 4.6.1 Amtskommunernes erfaringer med rodzoneanlæg                          | 35 |
|           | 4.6.2 Kommunernes erfaringer med rodzoneanlæg                              | 36 |

|           |                                                                                    |    |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.7       | Status for rodzoneanlæg i Danmark                                                  | 38 |
| 4.7.1     | Forudsætninger                                                                     | 38 |
| 4.7.2     | Opbygning af rodzoneanlæg                                                          | 39 |
| 4.7.3     | Virkemåde af rodzoneanlæg                                                          | 39 |
| 4.7.4     | Arealbehov og renseeffekt for rodzoneanlæg                                         | 40 |
| 4.7.5     | Økonomi - Rodzoneanlæg                                                             | 45 |
| 4.8       | Udviklingstendenser i rodzoneteknikken                                             | 46 |
| <u>5.</u> | <u>Biologiske sandfiltre</u>                                                       | 49 |
| 5.1       | Introduktion til biologiske sandfiltre i Danmark                                   | 49 |
| 5.2       | Principopbygning af biologiske sandfiltre og metodens rensemæssige hovedprincipper | 49 |
| 5.2.1     | Fordeling af spildevandet                                                          | 51 |
| 5.2.2     | Filtersand                                                                         | 52 |
| 5.2.3     | Rensningsmekanismen i hovedtræk                                                    | 52 |
| 5.3       | Erfaringer fra anlæg i Danmark                                                     | 53 |
| 5.3.1     | Undersøgelsens omfang og formål                                                    | 53 |
| 5.3.2     | Renseeffekt                                                                        | 54 |
| 5.3.3     | Karakterisering af de undersøgte anlæg                                             | 54 |
| 5.3.4     | Driftserfaringer                                                                   | 55 |
| 5.4       | Konklusioner vedrørende danske biologiske sandfiltre                               | 57 |
| 5.5       | Brugeres og tilsynsmyndigheders erfaringer med biologiske sandfiltre               | 57 |
| 5.5.1     | Amtskommunernes erfaringer med biologiske sandfiltre                               | 58 |
| 5.5.2     | Kommunernes erfaringer med biologiske sandfiltre                                   | 59 |
| 5.6       | Status for biologiske sandfiltre i Danmark                                         | 60 |
| 5.6.1     | Forudsætninger                                                                     | 61 |
| 5.6.2     | Opbygning af biologiske sandfilteranlæg                                            | 61 |
| 5.6.3     | Virkemåde af biologiske sandfiltre                                                 | 62 |
| 5.6.4     | Arealbehov og renseeffekt for biologiske sandfiltre                                | 62 |
| 5.6.5     | Økonomi - Biologiske sandfiltre                                                    | 66 |
| 5.7       | Udviklingstendenser i sandfilterteknikken                                          | 67 |
| <u>6.</u> | <u>Kort status over øvrige lavteknologiske rensemetoder til landsbysamfund</u>     | 69 |

|     |                                     |    |
|-----|-------------------------------------|----|
| 6.1 | Øvrige lavteknologiske rensemetoder | 69 |
| 6.2 | Bassinanlæg i Danmark               | 69 |
|     | <u>Referenceliste</u>               | 73 |



## 1. INDLEDNING

Grundlaget for en pjece

Denne rapport er et led i en udredningsopgave, hvis formål er at samle de tilgængelige erfaringer med lavteknologisk spildevandsrensning, specielt rodzoneanlæg og biologiske sandfiltre. Udredningsopgaven resulterer i en pjece vedrørende danske erfaringer med disse anlægstyper samt i nærværende baggrundsrapport.

Opdatering af danske erfaringer i praksis

Rapporten er baseret dels på resultaterne fra en række undersøgelser udført for Miljøstyrelsen i perioden 1983-88 og dels på en rundspørge til kommuner, amter og leverandører udført i foråret 1989. Hensigten med rundspørgen har været at få en opdatering af de erfaringer, der er gjort i praksis med de lavteknologiske metoder, mens rapporter fra de tidligere undersøgelser har dannet baggrund for de rent tekniske beskrivelser og vurderinger af anlægstyperne.

Tidligere undersøgelser

Rapporten er primært baseret på resultaterne fra tre undersøgelser udført for Miljøstyrelsen. De tre undersøgelser er:

1. Biologiske sandfiltre i Danmark - driftserfaringer og renseresultater, udført af Vandkvalitetsinstituttet, ATV, 1983-85.
2. Driftserfaringer fra 14 danske rodzoneanlæg i etableringsfasen, udført af Hans Brix og Hans-Henrik Schierup, Botanisk Institut, Århus Universitet, 1985-86.
4. Undersøgelse af forsøgsrodzoneanlæg i Ringsted og Rødekro kommuner, udført af Vandkvalitetsinstituttet, ATV, 1984-88.

Der er ved udarbejdelsen af denne kortfattede redegørelse lagt vægt på direkte at beskrive rensemetoderne, og de resultater, der kan fremdrages af de tidligere undersøgelser. Mere detaljerede oplysninger om konkrete anlæg, undersøgelsesmetoder, forsøgsteknik, referencer etc. må søges i baggrundsmaterialet for undersøgelserne.

Ved de sammenfattende vurderinger er endvidere inddraget de seneste måle- og analyseresultater fra rodzoneanlæg og sandfiltre, i det omfang disse resultater har været tilgængelige.





## 2. RESUME

Lavteknologisk rensning af spildevand fra mindre bysamfund har i de sidste 5-10 år været koncentreret om rodzoneanlæg og biologiske sandfiltre.

I denne rapport beskrives de to rensemetoder idet alle vurderinger og konklusioner knytter sig til anlæggenes anvendelse i danske landsbyer uden industri.

### 2.1 Baggrund

Biologiske sandfiltre siden 1980

De første biologiske sandfiltre for landsbyer blev bygget i 1980. Anlæggene blev etableret udfra erfaringer fra nedsivningsanlæg og anlæg i Norden. De biologiske sandfiltre blev primært bygget for at fjerne organisk stof og partikler, mens man håbede også at få nitrifikation.

Rodzoneanlæg siden 1984

I 1984 blev de første rodzoneanlæg for landsbyer bygget, udfra tyske erfaringer. Anlæggene blev primært bygget for at fjerne organisk stof og partikler, men metoden skulle i modsætning til de øvrige lavteknologiske metoder også kunne fjerne kvælstof, fosfor og tungmetaller. På grund af planternes voksehastighed forventes metoden dog først at have fuld effekt efter ca. 3 år.

Undersøgelsens omfang

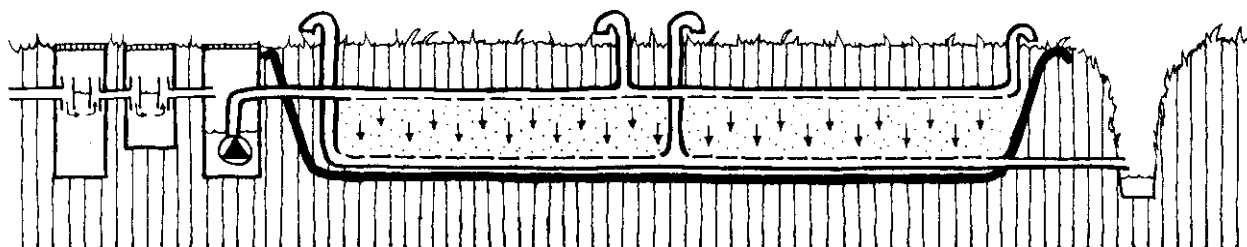
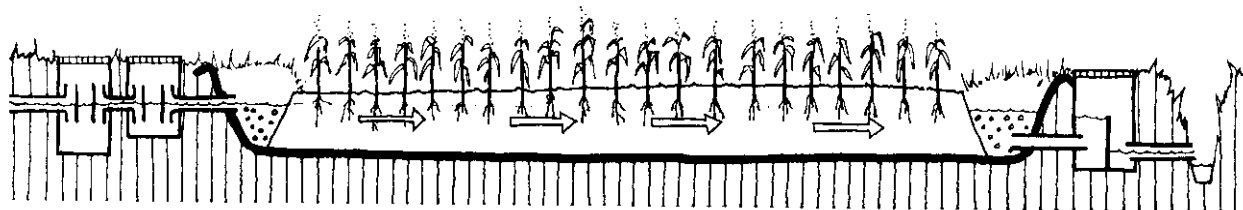
De i indledningen nævnte undersøgelser af rodzoneanlæg og biologiske sandfiltre er resumeret i nærværende rapport og suppleret med oplysninger fra:

- en interviewrunde til amtskommunerne, 18 kommuner samt leverandører og rådgivere
- data for 21 rodzoneanlæg som de er beskrevet i artiklerne /4/ og /5/
- indsamlede måle- og analysedata fra 11 biologiske sandfiltre (1980-89).

De anførte konklusioner vedrørende konstaterede renseeffekter m.v. baserer sig på resultater fra ca. 45% af de større rodzoneanlæg og resultater fra ca. 55% af de større biologiske sandfiltre.

### 2.2 Renseprincip

Den principielle opbygning af de to anlægstyper er vist i fig. 1.



Figur 1  
Principopbygning af rodzoneanlæg og biologiske sandfiltre.

Grundprincip:  
filter med  
mikroorganismer

Grundprincippet i de to metoder er ens, nemlig at spildevandet først renses mekanisk (bundfældning) hvorefter det ledes gennem et filtermateriale hvorpå der sidder mikroorganismer som biologisk omdanner spildevandets nedbrydelige dele. De væsentligste forskelle mellem de to metoder er:

|                   | Rodzoneanlæg                                             | Biologisk Sandfilter anlæg |
|-------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|
| Filtermateriale   | Jord, hvor permeabiliteten skal øges v.h.a. planterødder | Sand                       |
| Iltforhold        | Skiftende iltede og iltfrie zoner                        | Iltede forhold             |
| Strømning         | 20-30 m på langs                                         | 0,8-1 m lodret             |
| Kemisk binding    | Kemisk binding af fosfor og tungmetaller til jorden      | Næsten ingen               |
| Indkøringsperiode | Ca. 3 år                                                 | Ca. 1 uge                  |

## 2.3 Arealforbrug og renseeffekt

Aktuel belastning mindre end forudsat

Ved dimensioneringen af såvel rodzoneanlæg som biologiske sandfiltre er oftest anvendt et arealforbrug på 4-7 m<sup>2</sup> pr. person. For rodzoneanlæggene gælder at den aktuelle belastning generelt er lavere end forudsat ved dimensioneringen, hvorfor det reelle arealforbrug ligger på 5-45 m<sup>2</sup> pr. person.

Stor spredning i renseeffekten

Rodzoneanlæggene udviser stor spredning i såvel udløbskoncentrationer som renseeffekt. Det er ikke muligt udfra det foreliggende materiale at angive en sammenhæng mellem arealforbrug (belastning) og renseeffekt (se fig. 7). Nedenstående tabel 1 angiver typiske arealforbrug og tilsvarende typiske renseeffekter.

Tabel 1

Typisk arealforbrug og renseeffekt for danske rodzoneanlæg og biologiske sandfiltre.

|                                               |                      | 21 rodzoneanlæg<br>/4/ og /5/ | Rodzoneforsøgene i<br>Ringsted /3/ | 11 biologiske<br>Sandfiltre |
|-----------------------------------------------|----------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| <u>Arealforbrug</u><br><u>pr. person</u>      |                      |                               |                                    |                             |
| 1) Anvendt ved dimensionering                 |                      | 4-7 m <sup>2</sup>            | -                                  | 4-6 m <sup>2</sup>          |
| 2) Ved den aktuelle belastning                |                      |                               |                                    |                             |
| - hydraulisk                                  |                      | 5-35 m <sup>2</sup>           | 11-28 m <sup>2</sup>               | 3-7 m <sup>2</sup>          |
| - organisk                                    |                      | 9-45 m <sup>2</sup>           | 11-22 m <sup>2</sup>               | 3-9 m <sup>2</sup>          |
| - gennemsnit                                  |                      | 8-13 m <sup>2</sup>           | 13-19 m <sup>2</sup>               | 4-5 m <sup>2</sup>          |
| <u>Aktuel belastning</u>                      |                      |                               |                                    |                             |
| Hydraulisk l/m <sup>2</sup> /d                |                      | 10-70                         | 13-34                              | 50-115                      |
| Organisk g BI <sub>5</sub> /m <sup>2</sup> /d |                      | 1-5                           | 2-4                                | 5-16                        |
| <u>Udløbsværdier</u>                          |                      |                               |                                    |                             |
| Organisk stof                                 | BI <sub>5</sub> mg/l | 10-30                         | 5-12                               | 3-12                        |
| Kvælstof                                      | N mg/l               | 13-35                         | 7-13                               | 10-30                       |
| Fosfor                                        | P mg/l               | 3-11                          | 3-7                                | 2-8                         |
| <u>Renseeffekt</u>                            |                      |                               |                                    |                             |
| Organisk stof                                 | BI <sub>5</sub>      | 70-85%                        | 92-98%                             | 92-98%                      |
| Kvælstof                                      | N                    | 25-45%                        | 75-90%                             | 30-55%                      |
| Fosfor                                        | P                    | 15-30%                        | 60-80%                             | 25-70%                      |

## Arealbehov

Udfra tabellen skønnes at arealbehovet for rodzoneanlæg er 13 m<sup>2</sup> pr. person og 5 m<sup>2</sup> pr. person for biologiske sandfiltre, hvis man ønsker at opnå de i tabellen anførte rensegrader for eksisterende anlæg. Hertil kommer arealforbrug til mekanisk forrensning, adgangsveje, hegn og lignende.

## 2.4 Økonomi

Prisen pr. m<sup>2</sup> er lidt mindre for rodzoneanlæg end for biologiske sandfiltre, men da der kræves væsentligt mere areal bliver den samlede anlægsomkostning for rodzoneanlæg 30-50% højere end for biologiske sandfiltre. Sammenlignes med traditionelle mekanisk-biologiske renseanlæg er der generelt ingen penge at spare i anlægsfasen for anlæg over ca. 300 personer. Driftsomkostningerne ved de to typer lavteknologiske renseanlæg er ens og noget lavere end for traditionelle anlæg.

## 2.5 Erfaringer fra amter og kommuner

I det følgende resumeres hovedpunkterne fra de erfaringer der blev fremhævet ved samtalerne med samtlige amter og 18 udvalgte kommuner i foråret 1989.

### Rodzoneanlæg:

- Anlæggene falder godt ind i naturen, er dyre at anlægge, billig i drift, opfylder for det meste kravet om højst 20 mg BI<sub>5</sub>/l i udløbet, men anlæggene kan ikke styres, fjerner ikke så meget kvælstof og fosfor som forventet og nitrificerer ikke.
- Over halvdelen af kommunerne var betænkelige ved at anbefale metoden p.g.a. store anlægsomkostninger, manglende styringsmuligheder, frygt for kommende krav til nitrifikation og/eller næringssaltfjernelse.
- Anlæggene foreslås kun anvendt i sin nuværende udformning for områder hvor der alene stilles krav til udledningen af organisk stof og kun tilledes begrænsede mængder regnvand.
- Overfladeafstrømning er et helt generelt problem, der har optrådt i samtlige rodzoneanlæg.

- Alle steder er accepteret en indkøringsperiode på 2-5 år med lempelige krav.

#### Biologiske sandfiltre:

- Anlæggene falder godt ind i naturen, er dyre at anlægge, billige i drift, kan for det meste opfylde et krav om højst 10 mg BI<sub>5</sub>/l i udløbet, nitrificerer men fjerner ikke nævneværdige mængder næringssalte.
- Anlæggene virker straks, godt og stabilt.
- Slamflugt fra forrensningen er den almindeligste årsag til problemer.
- De adspurgte kommuner syntes at anlæggene fungerede godt og kunne anbefale metoden hvis økonomien og recipienthensynet talte for lavteknologisk rensning.



### 3. UDVIKLING AF LAVTEKNOLOGISK SPILDEVANDSRENSNING

Anvendelse af lavteknologiske anlæg i Danmark har fundet sted i mange år som led i spildevandsbortskaffelsen fra landsbyer, enkeltliggende huse og gårde, campingpladser o.l.

De stadigt større krav til spildevandsrensning igennem 70'erne og op i 80'erne gav dog anledning til stigende behov for metoder, der kunne leve op til disse større krav, men som på den anden side ikke var så dyre og teknisk komplicerede som de rensningsanlæg, der er bygget til større bysamfund. Lave anlægsomkostninger og små pasningskrav er i denne sammenhæng centrale faktorer.

En række forskellige renseprincipper har været udviklet til at løse renseproblemerne for landsbyer og små bysamfund, men kun rodzoneanlæg og biologiske sandfiltre har i dag et egentligt potentiale for udbredelse i Danmark.

Biologiske sandfiltre, ca. 30 anlæg bygget siden 1980

Biologiske sandfiltre har en længere tradition i Danmark. Sivedræn, nedsivningsanlæg o.l. har eksisteret i mange år som forløber for udviklingen af egentlige biologiske sandfiltre, hvor renseprocesserne på mange måder er de samme, men hvor spildevandet efter endt rensning kan tilledes en forudvalgt recipient i stedet for at blive ledt til grundvandet.

Forventningerne til rensningen i biologiske sandfiltre har på denne baggrund fra starten i 1980 været koncentreret om fjernelse af partikler og organisk stof samt nitrifikation, og anlægstypen har med sin moderate anlægspris og sine lave driftsomkostninger været attraktiv, hvor en sådan rensning var krævet. Der findes i dag ca. 30 biologiske sandfiltre, hvoraf ca. 20 benyttes til behandling af spildevand fra landsbyersamfund.

Rodzoneanlæg ca. 120 anlæg bygget siden 1984

I 1983 introduceredes rodzoneprincippet i Danmark som et lavteknologisk og decentralt alternativ til hidtil anvendte spildevandsløsninger. Rodzoneanlæg blev fra starten introduceret som specielt velegnede til rensning af spildevand fra mindre landsbyer, sommerhusbebyggelser etc.

Allerede fra starten var interessen for denne renseanlægstype stor. I modsætning til andre lavteknologiske renseprincipper skulle rodzoneanlæg kunne rense spildevandet effektivt for



både organisk stof, næringssaltene kvælstof og fosfor, tungmetaller og hygiejniske parametre. Dette, sammenholdt med en overordentlig god økonomi såvel på anlægssiden som på driftssiden, gjorde det meget attraktivt for et stort antal kommuner at forsøge denne løsninger. Der blev følgelig i årene herefter udbygget et stort antal anlæg, således at der i dag er ca. 120 anlæg i drift i størrelse mellem 1 PE og 1000 PE. Af disse behandler dog kun ca. 50 anlæg spildevand fra landsbysamfund.

## 4. RODZONEANLÆG

### 4.1 Introduktion til danske rodzoneanlæg

I 1983 introduceredes rodzoneprincippet i Danmark som et lavteknologisk og decentralt alternativ til hidtil anvendte spildevandsmetoder. Rodzoneanlæg blev fra starten introduceret som specielt velegnede til rensning af spildevand fra mindre landsbyer, sommerhusbebyggelser, enkeltliggende gårde samt visse typer af industri-spildevand.

Baggrunden for den interesse, der fra starten samledes om anlægstypen, var de meget lovende renseresultater, der blev stillet i udsigt. I modsætning til andre lavteknologiske renseprincipper skulle rodzoneanlæg kunne rense spildevandet effektivt for både organisk stof, næringssaltene kvælstof og fosfor, tungmetaller og hygiejniske parametre. Rodzoneanlæg fremstod således som lige så effektive eller endog mere effektive end 3-trins mekanisk-biologisk-kemiske anlæg. Dette, sammenholdt med en overordentlig god økonomi såvel på anlægssiden som på driftssiden i forhold til traditionel rensning, gjorde anlægstypen meget attraktiv.

### 4.2 Principopbygning af rodzoneanlæg og metodens rensemæssige hovedprincipper

Vandret strømning gennem beplantet jordmatrice

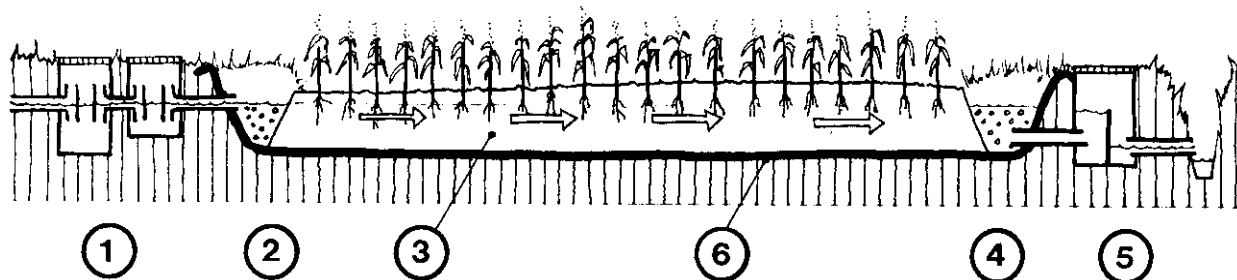
Et rodzoneanlæg består af et traditionelt mekanisk renseanlæg (bundfældningstanke) efterfulgt af et jordvolumen beplantet med sumpplanter, hvorigennem spildevandet ledes. En tætning (plast eller lermembran) kan etableres for at forhindre udsivning fra rodzoneområdet.

Biologisk omsætning, kemisk binding og aflejring

Spildevandet passerer vandret gennem jordmatricen, og rensningen opnås som kombination af binding af stoffer til jordmatricen, aflejring og biologisk omsætning ved hjælp af mikroorganismer. Sumpplanternes rolle består i at tilføre ilt til jordmatricen via over- og underjordiske stængler (rodstængler). Herudover forventes rodstænglerne at være voksested for en del af mikroorganismene. Endelig kan rodstænglerne medvirke til en ændret jordstruktur, så spildevandets strømning forløber lettere.

Figur 2 viser den typiske principopbygning af de danske rodzoneanlæg, og figur 3 viser en stærkt forenklet skitse af resemekanismerne.

De første anlæg i Danmark blev bygget efter tysk forbillede (se figur 2) dog med en dybde på ca. 1 m. I dag udføres anlæggene dog normalt med en dybde på kun 0,6 m.

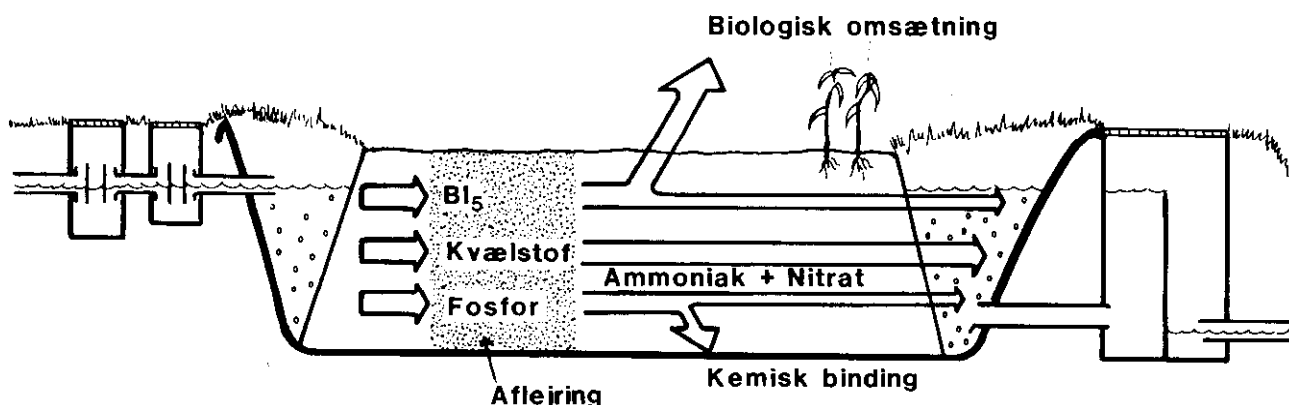


Figur 2

Principskitse af et rodzoneanlæg. 1: mekanisk forrensning (bundfældning), 2: indløbskanal, 3: jordfyldt med sumpplanter (tagrør), 4: afløbskanal, 5: afløbsbrønd med vandstandsreguleringsmulighed, 6: membran

#### Opbygning af et rodzoneanlæg

Bund og sider er tætnet med en vandtæt membran for at hindre nedslivning til grundvandet. Spildevandet renses normalt først mekanisk i et traditionelt anlæg og føres derefter til en tilløbsanordning, sædvanligvis i form af en stenfaskine. Det rensede spildevand afledes via en (stenfyldt) afløbsrende. Anlægget er normalt tilplantet med tagrør, idet denne plante har et særligt dybtgående rodnet. Planternes rodzone er først fuldt udviklet efter en periode på 2-5 år, hvilket betyder, at reseeffektiviteten først forventes at være optimal efter en indkøringsperiode af mindst samme varighed.



Figur 3

Skitse af resemekanismer i rodzoneanlæg. Stærkt forenklet

Rodzoneanlæggene forbedres, da forventningerne ikke blev indfriet

Rodzoneanlæg har lige siden introduktionen i Danmark været stærkt omdiskuteret, i det væsentlige fordi der har været sat spørgsmålstegn ved den videnskabelige dokumentation for funktionen. Derudover har de indkomne rensere-sultater heller ikke svaret til de store forventninger til fjernelse af organisk stof og til fjernelse af kvælstof og fosfor. I de senere år er der fremkommet en del nye principopbygninger for rodzoneanlæg. Deres opbygning tilsigter at løse nogle af de erkendte problemer ved den gangse type, men der er ikke i dag tilstrækkelig erfaringsbaggrund til at belyse, om der med nye principopbygninger kan forventes væsentlige forbedringer af rensere-sultaterne.

#### 4.3 Undersøgelser af danske rodzoneanlæg

To undersøgelser:  
1. erfaringer fra 14 anlæg  
2. forsøgsanlæg

Der er tidligere gennemført to undersøgelser af danske rodzoneanlæg for Miljøstyrelsen. Den ene fokuserede på at tilvejebringe en oversigt over erfaringerne med et større antal eksisterende anlæg, mens den anden havde til formål at undersøge metoden og forskellige anlægsopbygninger under mere velkontrollerede omstændigheder i forsøgsanlæg bygget i Ringsted og i anlægget i Rødekro (Hjordkær). Det sidstnævnte anlæg indgår i begge undersøgelser.

Erfaringerne fra de eksisterende anlæg beskrives i afsnit 4.4, mens erfaringerne fra forsøgsanlægget i Ringsted beskrives i afsnit 4.5.

#### 4.4 Erfaringer fra 14 eksisterende rodzoneanlæg

##### 4.4.1

##### Undersøgelsens omfang og formål

Undersøgelsen af de eksisterende anlæg omfattede 14 anlæg placeret i Jylland /2/. Tabel 2 giver en oversigt over anlæggene. På undersøgelsestidspunktet har de typisk været i drift 1-2 år, og der er derfor alene tale om at vurdere anlægsopbygning og anlæggenes funktion i etableringsfasen. Undersøgelsens formål var således:

##### Formål

- at beskrive anlæggene og deres vegetation
- at indsamle jordprøver til en orienterende beskrivelse af den anvendte jordtype
- at indsamle og bearbejde det analysemateriale, der forelå hos ejerne af de enkelte anlæg

Udvælgelse af anlæg

De 14 anlæg blev udvalgt med henblik på at inddrage

- så "gamle" anlæg som muligt
- anlæg af forskellig størrelse
- anlæg, der dækkede så mange spildevandstyper som muligt
- anlæg med forskellig jordtype
- anlæg projekteret af forskellige firmaer/myndigheder

Tabel 2

Liste over basale data for de 14 rodzoneanlæg, der indgik i undersøgelsen /2/.

| Anlæg                   | Størrelse           | Jordbund            | Belastningstype                        |
|-------------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------------|
| (1) Moesgård            | 500 m <sup>2</sup>  | Lerblandet sandjord | Afløb fra museum                       |
| (2) Hjordkær (Røde kro) | 1125 m <sup>2</sup> | Grus                | Byspildevand                           |
| (3) Ingstrup            | 100 m <sup>2</sup>  | Muldrig sandjord    | Gårdspildevand                         |
| (4) Rugballegård        | 100 m <sup>2</sup>  | Muldrig sandjord    | Gårdspildevand                         |
| (5) Lunderskov          | 1800 m <sup>2</sup> | Organisk jord       | M/B-renset spildevand                  |
| (6) Knudby              | 361 m <sup>2</sup>  | Lerblandet sandjord | Byspildevand + regnvand                |
| (7) Borup               | 1440 m <sup>2</sup> | Lerblandet sandjord | Byspildevand + regnvand                |
| (8) Kalø                | 760 m <sup>2</sup>  | Lerjord             | Husspildevand                          |
| (9) Egeskov             | 3600 m <sup>2</sup> | Grovsand            | M/B-renset spildevand                  |
| (10) Bredballegård      | 126 m <sup>2</sup>  | Lerblandet sandjord | Husspildevand                          |
| (11) Ferring            | 2000 m <sup>2</sup> | Lerjord             | Sommerhusområde + camping              |
| (12) Fousing            | 1175 m <sup>2</sup> | Lerblandet sandjord | Byspildevand + regnvand                |
| (13) Stenhøj            | 1500 m <sup>2</sup> | Sandblandet lerjord | Byspildevand + regnvand                |
| (14) Østjyden           | 3000 m <sup>2</sup> | Grovsandet jord     | Grundvand med højt indhold af ammoniak |

Ved undersøgelsen blev de enkelte anlæg besøgt. Vegetation og artssammensætning blev registreret, ligesom eventuel forekomst af overfladeafstrømning blev noteret. Derudover blev udtaget en enkelt jordprøve fra hvert anlæg.

Driftsanalyser, analyseparametre

Fra de enkelte anlægsejere blev der derudover indhentet tilgængelige driftsanalyser, idet hovedvægten blev lagt på følgende analyseparametre:

- Total suspenderet stof
- BI<sub>5</sub> (biokemisk iltforbrug)
- COD (kaliumdichromat-iltforbrug)
- KIF (kaliumpermanganat-iltforbrug)
- Total-N (total-kvælstof)
- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (ammonium-kvælstof)
- NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub> (nitrit+nitrat-kvælstof)
- Total-P (total-fosfor)
- PO<sub>4</sub> (orthofosfat)
- pH
- Vandbelastning

Anvendt definition af en PE

Ved omregning af den hydrauliske og organiske belastning til personækvivalenter (PE) er i /2/ anvendt følgende relationer:

- Hydraulisk belastning: 1 PE = 200 l/døgn
- Organisk belastning: 1 PE = 60 g BI5/døgn

#### 4.4.2

#### Renseeffekt og afløbskvalitet

Kun op til to års drift

På baggrund af de første års drift af de undersøgte renseanlæg er det vanskeligt at uddrage generelle tendenser om effektiviteten og afløbskvaliteten fra rodzoneanlæg. I tabel 3 er resultater fra /2/ sammenstillet for 12 af de undersøgte anlæg.

Tabel 3

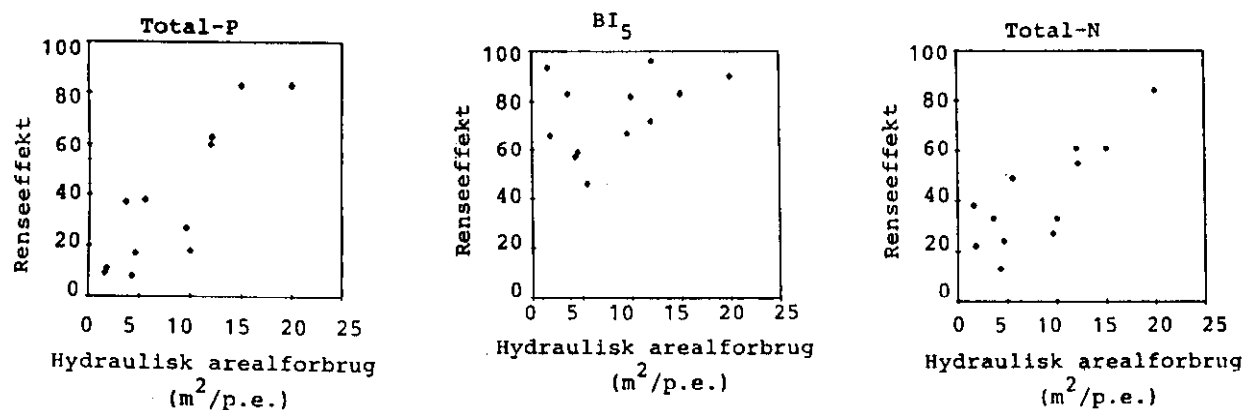
Renseeffektivitet og afløbskvalitet for BI5, Total-N og Total-P.

|                                   | <u>BI5</u> | <u>Total-N</u> | <u>Total-P</u> |
|-----------------------------------|------------|----------------|----------------|
| <u>Rensningseffektivitet - %:</u> |            |                |                |
| Variationsinterval                | 46-96      | 13-84          | 8-83           |
| Typisk område                     | 60-80      | 25-50          | 20-40          |
| <u>Afløbskvalitet - mg/l:</u>     |            |                |                |
| Variationsinterval                | 3-54       | 5,6-60         | 0,8-11,5       |
| Typisk område                     | 8-40       | 10-40          | 2,5-10         |

Ringe sammenhæng mellem belastning og renseseffekt

Sammenhængen mellem den gennemsnitlige renseseffektivitet for BI5, Total-N og Total-P og indløbskoncentrationen af de tre stoffer samt den hydrauliske og organiske stofbelastning for data fra de første to års drift er statistisk analyseret. Kun for den hydrauliske belastning og næringssaltene kan der konstateres statistisk sikker sammenhæng. Sammenhængen mellem hydraulisk belastning og rensningseffektivitet er dog ikke særlig "pæn", som det fremgår af figur 4.

Der kunne generelt ikke konstateres en årstidsvariation i rensningen; men baggrundsmaterialet med kun to års drift er dog spinkelt for en sådan vurdering.



Figur 4

Sammenhæng mellem hydraulisk belastning og renseseffekt. Fra /2/.

#### 4.4.3

#### Karakterisering af rodzoneanlæggene

Mange plantearter har indfundet sig spontant

Vegetationsudvikling. Ud over de arter, der er indplantet i de undersøgte anlæg, har et stort antal arter indfundet sig spontant. I alt rummede de 14 anlæg ved undersøgelsen 117 arter af blomsterplanter. Heraf var 59 såkaldte sumpplanter, dvs. arter, som tåler vandmætning af jorden i længere tid, mens 58 arter var deciderede landplanter.

Anlæggene udviste store individuelle forskelle i den totale artssammensætning. Det enkelte anlægs særpræg var betinget af forskelle i jordbundens fysiske og kemiske sammensætning samt forskellige fugtighedsforhold. Ofte sås vidt forskellige artssammensætninger i forskellige dele af samme anlæg som følge af ujævn vandfordeling i anlægget.

De fleste anlæg havde således enten overfladisk afstrømning i render gennem anlægget eller hældning på tværs af anlægget forårsaget af sætninger eller dårlig overfladeregulering i anlægsfasen.

Tagrørene når dybere i jorden end dunhammer

Rod- og jordstængeludviklingen blev undersøgt i Moesgård-anlægget. Her blev målt, at bredbladet dunhammer efter to vækstsæsoner havde rhizomer ned til 35 cm's dybde og rødder ned til ca. 50 cm's dybde, mens tagrør havde rhizomer ned til ca. 60 cm's dybde og rødder ned til ca. 75 cm's dybde.

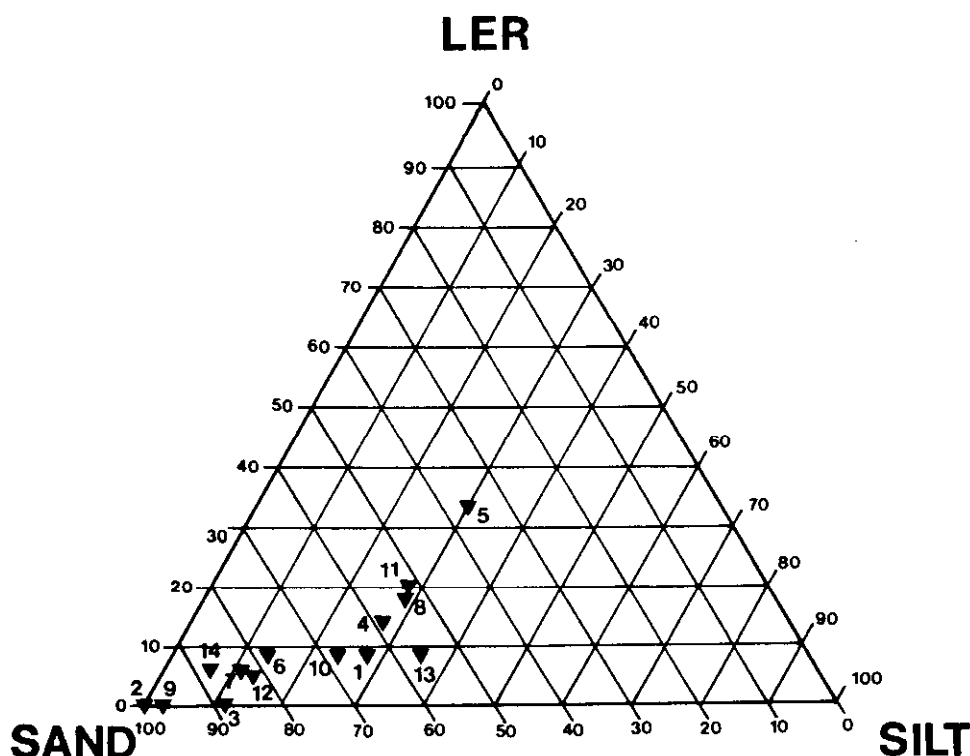
På trods af denne betydelige rod-og jordstængelmængde var permeabiliteten stadig dårlig og anlægget tydeligt præget af overfladisk afstrømning, selv om den hydrauliske belastning var lav.

Meget forskellig  
jordsammensætning

Jordbundsforhold. Sammensætningen af jordbunden i et rodzoneanlæg har betydning, dels for den hydrauliske kapacitet (vandledeledningsevne) i etableringsfasen, og dels for bindingen af specielt fosfor og tungmetaller. De 14 undersøgte anlæg repræsenterer et bredt spektrum af jordtyper, jf. tabel I. På figur 5 er yderligere angivet de anvendte jordtypers tekstur (kornstørrelsesfordeling). De anvendte jordtyper spænder fra forholdsvis tunge lerjorder over forskellige typer af sandjorder og tørveholdige jorder til groft sand og filtergrus.

Jordtyperne generelt for tætte i begyndelsen

Hovedparten af de anvendte jordtypers vandledningsevne var ved etableringen lav i forhold til anlæggenes aktuelle vandbelastning. Dette medfører, at en væsentlig del af det tilførte spildevand i modsætning til anlægsteorien - løb overfladisk af. Kun i meget lavt belastede anlæg (Ingstrup) og i anlæg med groft sand eller grus (Egeskov og Hjordkær) var der ikke overfladisk afstrømning.



Figur 5

Jordbundens tekstur (kornstørrelsesfordeling) i 14 danske rodzoneanlæg. Diagrammet viser den procentvise fordeling mellem ler ( $< 2 \mu\text{m}$ ), silt ( $2-60 \mu\text{m}$ ) og sand ( $60-2000 \mu\text{m}$ ). 1: Moesgård, 2: Hjordkær, 3: Ingstrup, 4: Rugballegård, 5: Lunderskov, 6: Knudby, 7: Borup, 8: Kalø, 9: Egeskov, 10: Bredballegård, 11: Ferring, 12: Fou-sing, 13: Stenhøj, 14: Østjyden. Fra /2/.



For hvert anlæg blev jordprøvens indhold af organisk stof (glødetab), totalindhold af calcium, jern og aluminium bestemt.

Jordbundens indhold af organisk stof har betydning for den midlertidige binding af bl.a. ammonium og fosfat ved ionbytning. Desuden kan jordens humusindhold have indflydelse på jordens porøsitet og dermed den hydrauliske kapacitet. De anvendte jorders organiske indhold varierer mellem 0,5 og 48%.

Indhold af calcium-, jern- og aluminium-oxider/hydroxider har betydning for den permanente binding af fosfor i jorden. Jordens calciumindhold varierer fra mindre end 0,1% i Fousing til 3,8% i Moesgård. Indholdet af jern og aluminium i de undersøgte jorder varierer mellem henholdsvis 0,5-2,1% og 0,2-1,6%.

Ingen sammenhæng mellem jordtype og renseeffekt

På trods af de meget store forskelle i jordtype og sammensætning er det ikke muligt på det eksisterende datagrundlag at finde statistisk sikker sammenhæng mellem jordbundsforhold og renseeffekt for organisk stof, kvælstof og fosfor.

#### 4.4.4

#### Konklusioner vedrørende de undersøgte anlæg

I undersøgelsen /2/ er præsenteret data fra 14 jyske rodzoneanlæg med vidt forskellige jordbundsforhold, beplantning, belastningsforhold og teknisk opbygning. Derudover varierer de i størrelse fra 100 til 3.600 m<sup>2</sup>.

De anvendte jordtyper i rodzoneanlæggene spænder fra forholdsvis tunge lerjorder over forskellige typer af sandjorder og tørveholdige jorder til groft sand og grus. Jordernes indhold af calcium, jern og aluminium varierer mellem henholdsvis 0,1-3,8%, 0,5-2,1% og 0,2-1,6%.

Samtlige anlæg - undtagen de sand- eller grusbaserede anlæg i Egeskov og Hjordkær samt det lavt belastede anlæg i Ingstrup - var præget af overfladestrømning. Efter to vækstsæsoner var jordbundenes hydrauliske kapacitet (vandledningsevne) generelt stadig utilstrækkelig.

Anlæggenes vegetation udviste store individuelle forskelle i artssammensætning betinget af jordbundenes forskellige fysiske/kemiske egenskaber samt forskellige fugtighedsforhold. Kun i 6 af de undersøgte anlæg var de indplantede sumpplanter i god vækst. Dårlig vækst forekom typisk, hvor afstrømningen skete i render på overfladen.

BI5-reduktionen i anlæggene var typisk 60-80%. Udlederkravene kunne ikke opfyldes i alle tilfælde.

Reduktionen af total-N og total-P var typisk henholdsvis 25-50% og 20-40%. At renseeffekten for kvælstof og fosfor generelt er ringe, kan tilskrives følgende forhold:

- overfladeafstrøming (ringe permeabilitet i jordbunden), der hindrer spildevandet i at komme i kontakt med "reaktoren"
- overvurdering af rødders og rhizomers frigivelse af ilt til brug i nitrifikationen

De vigtigste rensemekanismer for kvælstof og fosfor op til tidspunktet for undersøgelsen var aflejring i anlægget, og ikke som forudsat mikrobiologisk omsætning (kvælstof) og fældning (fosfor).

Der blev observeret en signifikant sammenhæng mellem renseeffekt og anlæggenes hydrauliske belastning (vandbelastning). Kun i anlæg hvor den hydrauliske belastning var mindre end 20 l/m<sup>2</sup>/døgn var renseeffekten for kvælstof og fosfor over 50%. Der kunne ikke registreres nogen signifikant sammenhæng mellem de anvendte jordtyper og de observerede renseeffekter.

I rapporten fremhæves, at det ældste af de undersøgte anlæg er taget i brug i foråret 1984, og at der derfor ikke er forløbet den etableringsperiode på 3-5 år, som forudsættes for rodzoneanlægs optimale effektivitet. På denne baggrund konkluderes sammenfattende

- at der findes en rimelig effektivitet for reduktion af BI5
- at effektiviteten med hensyn til reduktion af næringssaltene fosfor og kvælstof er ringe
- at permeabiliteten udvikles langsomt
- at den overfladiske afstrømning oftest finder sted i et mønster over en ringe del af anlæggets areal
- at de teoretiske forudsætninger for, at de forudsatte rensningsprocesser kan finde sted, generelt er til stede, men at deres kapacitet ikke er verificeret

## 4.5 Undersøgelse af forsøgsanlægget i Ringsted

### 4.5.1

#### Undersøgelsens omfang og formål

Ringsted og Rødékro kommuner etablerede i 1984 forsøgsanlæg for spildevandsrensning efter rodzonemetoden. På Miljøstyrelsens foranledning er forsøgene koordineret /3/.

12 forsøgsstrenger  
i Ringsted

Rodzzoneanlægget i Ringsted er udført med 12 parallelle forsøgsstrenger. Formålet har her været at undersøge

Formål

- den rensningsmæssige betydning af valg af jordbundstype, udplantningstæthed, størrelse af indløbsfaskine og planteart i stejle og dybe kontra flade og lave anlæg.
- at karakterisere det koncentrationsniveau, der opnås for organisk stof, total- og ammoniumkvælstof samt totalfosfor under og efter udvikling af rodzoner.

For rodzzoneanlægget i Rødékro (Hjordkær) har formålet været at undersøge renseeffektiviteten for organisk stof, total- og ammoniumkvælstof, total-fosfor samt anlæggets hydrauliske kapacitet.

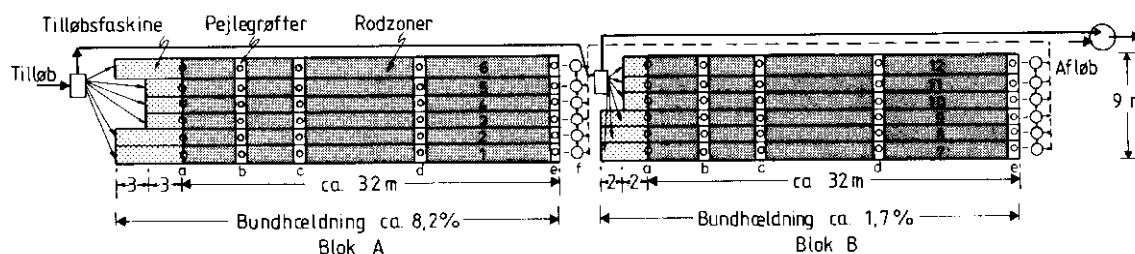
Da anlægget i Rødékro indgår i undersøgelsen beskrevet i det foregående, vil det ikke yderligere blive omtalt her.

Tabel 4

Opbygning af forsøgsanlæg i Ringsted

| Forsøgs-<br>streng | Plante    | Dybde<br>i m | Fald<br>i % | Plante-<br>tæthed | Jord-<br>type | Indløbs-<br>faskine |
|--------------------|-----------|--------------|-------------|-------------------|---------------|---------------------|
| 1                  | Tagrør    | 1            | 8,2         | 2,7               | ler           | stor                |
| 2                  | Tagrør    | 1            | 8,2         | 10,7              | grus          | stor                |
| 3                  | Tagrør    | 1            | 8,2         | 2,7               | jord          | lille               |
| 4                  | Blandet   | 1            | 8,2         | 2,7               | jord          | lille               |
| 5                  | Tagrør    | 1            | 8,2         | 10,7              | ler           | lille               |
| 6                  | Tagrør    | 1            | 8,2         | 10,7              | jord          | stor                |
| 7                  | Dunhammer | 0,5          | 1,7         | 10,7              | ler           | stor                |
| 8                  | Dunhammer | 0,5          | 1,7         | 2,7               | jord          | stor                |
| 9                  | Blandet   | 0,5          | 1,7         | 2,7               | jord          | stor                |
| 10                 | Dunhammer | 0,5          | 1,7         | 10,7              | jord          | lille               |
| 11                 | Dunhammer | 0,5          | 1,7         | 2,7               | ler           | lille               |
| 12                 | Dunhammer | 0,5          | 1,7         | 10,7              | grus          | lille               |

Rodzzoneanlægget i Ringsted er indrettet på et skrånende terræn på området ved renseanlægget, Møllevej, som betjener slagteriet FSA og et mindre boligområde. Rodzzoneanlægget er opbygget som to blokke á 6 anlægsstrenge, der er adskilt af spunsvægge. Anlægget dækker et areal på ca. 570 m<sup>2</sup> og modtager i det væsentlige mekanisk rensset byspildevand, idet slagterispildevandet kun i korte perioder er tilledt anlægget.



**Figur 6**

Oversigtsskitse af forsøgsanlæg i Ringsted fra /3/.

#### 4.5.2

#### Driftsforhold

##### Hydraulisk belastning

Ingen overfladisk afstrømning

De enkelte forsøgsstrenge blev i videst muligt omfang kun belastet op til deres hydrauliske kapacitet for at undgå overfladisk afstrømning.

I tabel 5 er samlet middelværdier af til- og afløb fra de enkelte strenge. I hver middelværdi indgår 110-175 enkeltobservationer.

**Tabel 5**

Middelværdi af til- og afløb for de enkelte forsøgsstrenge

Hydraulisk belastning

| Forsøgs-<br>streng | Plante    | Jord-<br>type | Tilløb<br>l/m <sup>2</sup> /d | Afløb<br>l/m <sup>2</sup> /d |
|--------------------|-----------|---------------|-------------------------------|------------------------------|
| 1                  | Tagrør    | ler           | 16                            | 5,6                          |
| 2                  | Tagrør    | grus          | 48                            | 44                           |
| 3                  | Tagrør    | jord          | 13                            | 14                           |
| 4                  | Blandet   | jord          | 19                            | 15                           |
| 5                  | Tagrør    | ler           | 16                            | 15                           |
| 6                  | Tagrør    | jord          | 55                            | 15                           |
| 7                  | Dunhammer | ler           | 30                            | 9,3                          |
| 8                  | Dunhammer | jord          | 14                            | 11                           |
| 9                  | Blandet   | jord          | 15                            | 9,3                          |
| 10                 | Dunhammer | jord          | 20                            | 12                           |
| 11                 | Dunhammer | ler           | 16                            | 21                           |
| 12                 | Dunhammer | grus          | 31                            | 10                           |

En del vand fordamper fra anlægget

Forskellen mellem til- og afløb skyldes dels fordampning fra anlæggene og for visse strenge muligvis også udsivning. Den største forskel er fundet for streng 6, der som den eneste er udført uden membran.

### Stofbelastning

Indløbsprøver udtaget efter forrensningen

Forsøgsanlæggets belastning med de væsentligste forureningskomponenter fremgår af tabel 6. Det skal bemærkes, at indløbsprøverne er udtaget efter den mekaniske forrensning. Den konstaterede rensning er således alene foregået i rodzonerne.

Stofbelastning

Tabel 6

Årsmiddelværdier og standardafvigelse for tilløbskoncentrationer. Ringsted anlæg.

|                                     | 1986*                    |          | 1987                      |          |
|-------------------------------------|--------------------------|----------|---------------------------|----------|
|                                     | Antal obs. = 9<br>middel | std.afv. | Antal obs. = 11<br>middel | std.afv. |
| COD, Cr                             | 371                      | 166      | 905                       | 1028     |
| BI <sub>5</sub> mod.                | 142                      | 72       | 253                       | 265      |
| Total-N                             | 41                       | 18       | 54                        | 25       |
| NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> N      | 29                       | 14       | 32                        | 8        |
| NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> -N | 0,8                      | 1,0      | 0,7                       | 0,7      |
| Total-P                             | 13,8                     | 7,1      | 17,3                      | 7,1      |
| SSTS                                | 135                      | 47       | 593                       | 846      |
| SSGT                                | 89                       | 49       | 496                       | 648      |

### Temperaturforhold

Normalt har temperaturen i tilløbet svinget mellem 5 og 15°C. Afløbstemperaturen følger i sommerperioden tilløbstemperaturen, medens den når ned på 1-2°C om vinteren, uden større forskelle mellem de enkelte forsøgsstrenge.

### Driftsproblemer

I forsøgsperioden har der løbende kunnet konstateres driftsproblemer, der stillede krav til korrigerende indgreb, eller som førte til midlertidig afbrydelse af forsøgsprogrammet.

Tilstopning af tilløbsfaskinen

I løbet af den første halvandet års driftsperiode blev der konstateret tilstopning af stort set alle tilløbsfaskinerne. Tilstopningerne med overjordisk afstrømning til følge var sandsynligvis forårsaget af en punkttilledning af spildevandet til de enkelte strenge.

I de koldeste vintermåneder blev de lavest belastede strenge sat ud af drift på grund af frost i afløbsrørene.

Tilledning af slagterispildevand i korte perioder i sommeren 1986 førte til tilstopning af tilløbsfordelerne i anlæggets ene side.

#### Skadedyrsangreb

Et omfattende skadedyrsangreb blev konstateret på anlæggets ene side. Skadedyrene var larver af *Phragmithipila typha*, som specielt angriber dunhammer.

#### 4.5.3

#### Renseeffekt og afløbskvalitet i anlægget i Ringsted

Undersøgelsen /3/ indeholder en detaljeret beskrivelse af rensningen, som den forløber for anlægget fra opstarten i 1984 indtil 1987. Afløbsresultater efter indkøringsperioden er samlet i tabel 7.

Tabel 7

Belastning og renseresultater fra forsøgsanlægget i Ringsted.

| Forsøgs-<br>streng | Plante  | Jord-<br>type | Døgnbelastning   |                                   | BI <sub>5</sub> | Udløb |      |                    | Renseeffekt     |    |    |
|--------------------|---------|---------------|------------------|-----------------------------------|-----------------|-------|------|--------------------|-----------------|----|----|
|                    |         |               | Hydrau.          | Org.                              |                 | N     | P    | NH <sub>4</sub> -N | BI <sub>5</sub> | N  | P  |
|                    |         |               | l/m <sup>2</sup> | g BI <sub>5</sub> /m <sup>2</sup> |                 | mg/l  | mg/l | mg/l               | mg/l            | %  | %  |
| 1986*              |         |               |                  |                                   |                 |       |      |                    |                 |    |    |
| 1                  | Tagrør  | ler           | 17,0             | 2,4                               | -               | 4,4   | 3,0  | 3,2                | -               | 89 | 78 |
| 2                  | Tagrør  | grus          | 47,0             | 6,7                               | 11,0            | 24,0  | 11,0 | 21,0               | 92              | 41 | 20 |
| 3                  | Tagrør  | jord          | 16,0             | 2,3                               | 11,0            | 8,1   | 4,8  | 6,3                | 92              | 80 | 65 |
| 4                  | Blandet | jord          | 18,0             | 2,6                               | 8,0             | 8,9   | 4,7  | 6,3                | 94              | 78 | 65 |
| 5                  | Tagrør  | ler           | 17,0             | 2,4                               | 8,0             | 10,0  | 4,3  | 8,5                | 94              | 75 | 68 |
| 6                  | Tagrør  | jord          | 36,0             | 5,1                               | 28,0            | 37,0  | 13,0 | 33,0               | 80              | 10 | 6  |
| 7                  | Dunham  | ler           | 34,0             | 4,8                               | 5,0             | 10,0  | 5,0  | 8,3                | 96              | 75 | 63 |
| 8                  | Dunham  | jord          | 16,0             | 2,3                               | 7,3             | 8,5   | 4,1  | 6,3                | 94              | 79 | 70 |
| 9                  | Blandet | jord          | 18,0             | 2,3                               | 6,0             | 10,0  | 3,7  | 7,0                | 95              | 75 | 73 |
| 10                 | Dunham  | jord          | 19,0             | 2,7                               | 22,0            | -     | -    | -                  | 84              | -  | -  |
| 11                 | Dunham  | ler           | 18,0             | 2,3                               | 8,8             | 13,0  | 5,5  | 10,0               | 93              | 68 | 60 |
| 12                 | Dunham  | grus          | 29,0             | 4,1                               | 2,7             | 8,3   | 7,3  | 8,0                | 98              | 79 | 47 |
| 1987**             |         |               |                  |                                   |                 |       |      |                    |                 |    |    |
| 1                  | Tagrør  | ler           | 15,0             | 3,8                               | 7,2             | 9,2   | 6,2  | 7,7                | 97              | 82 | 64 |
| 2                  | Tagrør  | grus          | 48,0             | 12,1                              | 10,0            | 21,0  | 11,0 | 19,0               | 96              | 61 | 36 |
| 3                  | Tagrør  | jord          | 13,0             | 3,3                               | 5,0             | 7,8   | 4,5  | 6,4                | 98              | 85 | 73 |
| 4                  | Blandet | jord          | 16,0             | 4,0                               | 5,0             | 7,5   | 5,8  | 6,2                | 98              | 86 | 66 |
| 5                  | Tagrør  | ler           | 15,0             | 3,8                               | 11,0            | 12,0  | 6,5  | 8,9                | 95              | 77 | 62 |
| 6                  | Tagrør  | jord          | 33,0             | 8,3                               | 56,0            | 31,0  | 12,0 | 24,0               | 77              | 42 | 30 |

\* Indløbskoncentrationerne var for alle strenge 142 mg BI<sub>5</sub>/l, 41 mg N/l og 13,8 mg P/l i 1986

\*\* Indløbskoncentrationerne var for alle strenge 253 mg BI<sub>5</sub>/l, 54 mg N/l og 17,3 mg P/l i 1987

For anlæggets ene side, streng 1-6, er anført gennemsnitsresultater for 1986 og 1987, mens der for streng 7-12 alene er benyttet data for 1986, da rensningen i denne anlægsside i 1987 ikke blev undersøgt på grund af skadedyrsangreb.

I tabellen er for de enkelte strenge anført den hydrauliske og organiske stofbelastning, ligesom der er anført gennemsnitlige afløbskoncentrationer for BI5, Total-P, Total-N og ammonium.

Resultater fra  
rodzonematricen  
alene

Følgende generelle tendenser fremgår af /3/ og af tabellen:

- Hovedparten af forsøgsstregene er i stand til at nedbringe BI5 koncentrationer til middeludledning på under 20 mg/l.
- Fosfor reduceres med 30-75%. Udløbskoncentrationen af total-P ligger i middel i området 4-12 mg P/l.
- Kvælstof reduceres med 40-85%. Udløbskoncentrationen af total-N ligger i området 8-30 mg N/l.
- I ingen tilfælde opnås fuld nitrifikation idet ammoniumkoncentrationen i udløbet i middel ligger i området 6-24 mg/l.
- Endeligt kan det konstateres at anlægsstregene med grus (2 og 12) og anlægsstrengen uden membran (6) adskiller sig væsentligt fra de øvrige strenge. Anlægsstregene med grus drives med den højeste hydrauliske belastning, men med en god rensning af organisk stof. Anlægget uden membran mister en væsentlig del af spildevandet, der formentlig afledes gennem anlæggets bund.

#### Hygiejnisk kvalitet

I forbindelse med forsøgene er særskilt undersøgt tre forsøgsstreges indvirkning på den hygiejniske kvalitet af spildevandet.

Betydelig reduktion af bakterier

I tabel 8 er samlet til- og afløbsresultater for coliforme og fækalcoliforme kim. Det fremgår, at der er betydelig reduktion i anlæggene. Afløbskvaliteten svarer til, hvad der opnås efter vidtgående biologisk rensning efterfulgt af f.eks. sandfiltrering.

Tabel 8

Hygiejnisk kvalitet bestemt som coliforme og fækalcoliforme kim i til- og afløb

| Forsøgs-<br>streng | Plante | Jord-<br>type | Fækale<br>coli/100 ml |       | Coliforme<br>kim/100 ml |       |
|--------------------|--------|---------------|-----------------------|-------|-------------------------|-------|
|                    |        |               | Tilløb                | Udløb | Tilløb                  | Udløb |
| 1                  | Tagrør | Ler           | 1,47·10 <sup>7</sup>  | 133   | 4,37·10 <sup>7</sup>    | 267   |
| 2                  | Tagrør | Grus          | -                     | 46067 | -                       | 64310 |
| 3                  | Tagrør | Jord          | -                     | 1130  | -                       | 4700  |

#### 4.5.4

#### Karakterisering af udviklingen i anlægget

##### Vegetationsudvikling

Udviklingen i vegetationen har løbende været fulgt i perioden 1985-87. De overjordiske skud og biomassen har været undersøgt i september hvert år, medens den underjordiske biomasse har været undersøgt en enkelt gang i 1987.

Ingen sammenhæng mellem vegetation og renseeffekt

Der kan ikke konstateres nogen direkte sammenhæng mellem udviklingen i de overjordiske plantedele og strengenes hydrauliske kapacitet eller renseeffekt.

Tabel 9 viser den gennemsnitlige tørvægt og dybdeudbredelse af rhizomer og rødder i anlægget.

Tabel 9

Gennemsnitlig tørvægt og dybdeudbredelse af rhizomer og rødder

| Forsøgs-<br>streng | Plante  | Jord-<br>type | Tørvægt             |                     | Dybde  |        |
|--------------------|---------|---------------|---------------------|---------------------|--------|--------|
|                    |         |               | Rhizom              | Rødder              | Rhizom | Rødder |
|                    |         |               | g TS/m <sup>2</sup> | g TS/m <sup>2</sup> | cm     | cm     |
| 1                  | Tagrør  | Ler           | 1600                | 215                 | 40-60  | >70    |
| 2                  | Tagrør  | Grus          | 490                 | 105                 | 25-50  | >50    |
| 3                  | Tagrør  | Jord          | 1000                | 200                 | 35-60  | >70    |
| 4                  | Blandet | Jord          | 630                 | 140                 | <20    | 35     |
| 5                  | Tagrør  | Ler           | 1420                | 495                 | 30-55  | >60    |
| 6                  | Tagrør  | Jord          | 500                 | 115                 | 35     | >50    |
| 7                  | Dunham  | Ler           | 120                 | 15                  | -      | -      |
| 8                  | Dunham  | Jord          | 190                 | 45                  | -      | -      |
| 9                  | Blandet | Jord          | 9                   | 60                  | -      | -      |
| 10                 | Dunham  | Jord          | 105                 | 25                  | -      | -      |
| 11                 | Dunham  | Ler           | 50                  | 10                  | -      | -      |
| 12                 | Dunham  | Grus          | 15                  | 5                   | -      | -      |



Tagrør udvikles hurtigere end dunhammer m.v.

Vedrørende den underjordiske biomasse kan der konstateres en faktor 10 større biomasse for tagrør end for dunhammer. Blandet beplantning (streng 4 og 9) ses at bevirke generelt ringere udvikling.

#### Sammenhæng mellem anlægsopbygning og hydraulisk kapacitet/permeabilitet

Forsøgene i Ringsted blev planlagt med henblik på at kunne vurdere den rensningsmæssige betydning af følgende forhold:

- Plantetype, dybde af anlæg og fald
- Udplantningstæthed
- Jordtype
- Størrelse af indløbsfaskine

Den hydrauliske kapacitet bestemmes alene af fylden

Som følge af de driftsproblemer, der især plagede anlæggets ene side, blev datagrundlaget for spinkelt til at gennemføre den planlagte detaljerede statistiske analyse for andet end betydningen for den hydrauliske kapacitet/permeabilitet. På baggrund af analysen kan konkluderes, at

- hverken udplantningstæthed eller indløbsfaskinens størrelse har statistisk signifikant betydning for anlæggenes driftsmæssige hydrauliske kapacitet eller permeabilitet.
- grus anvendt som fyld giver - ikke uventet - en højere hydraulisk kapacitet/permeabilitet end jord og ler. Der kan derimod ikke i undersøgelsen skelnes mellem de to sidste typer fyld.
- der har ikke efter det første halve års drift kunnet skelnes mellem den hydrauliske kapacitet af dybe anlæg med stort fald beplantet med tagrør og mindre dybe anlæg med lille fald beplantet med dunhammer. Permeabiliteten er dog signifikant bedre for de mindre dybe anlæg, hvilket skønnes at skyldes, at strømmingen i alle anlæg væsentligst sker i de øverste jordlag. De nederste dele af de dybe anlæg udnyttes derfor mindre, med en beregningsmæssigt mindre permeabilitet til følge.

#### 4.5.5

#### Konklusioner vedrørende undersøgelserne i forsøgsanlægget i Ringsted

Der er gennemført undersøgelser på forsøgsanlægget i Ringsted i perioden 1984-87. Anlægget blev bygget i 1984.

Forsøgsanlægget i Ringsted består af 12 parallelle strenge, som er indrettet forskelligt, og som hver tilledes en afpasset spildevandsmængde. Den organiske belastning med BI5 på hver af strengene, der har et overfladeareal på 45-50 m<sup>2</sup> svarer til 2-12 g BI5/m<sup>2</sup>/d (forudgående bundfældning ikke indregnet).

Ved at følge anlæggenes tilløb og afløb i perioden 1984-88 er der opnået følgende resultater:

- Der er opnået en vidtgående rensning (>95%) for organisk stof med afløbskoncentrationer ned til et niveau på 5-10 mg/l BI5 modificeret for de lavest belastede strenge. Rodzonerne med grusfyld, som modtager en højere belastning, ligger på et højere niveau: ca. 10-20 mg/l BI5 modificeret som årsgennemsnit. Disse strenge har imidlertid den højeste omsætning pr. m<sup>2</sup>. Der er sket en svag forbedring af rensningen i løbet af forsøgsperioden, men en god rensning for BI5 blev opnået allerede fra anlæggenes start.
- Der ses en vis tilbageholdelse af kvælstof typisk af størrelsesordenen 60-80% ned til afløbskoncentrationer på ca. 8-20 mg N/l.
- Der ses en vis fjernelse af fosfor for de lavest belastede strenge på 60-70% ned til afløbskoncentrationer på 4-6 mg P/l. For rodzonerne med grusfyld og højere belastning hersker der i højere grad anaerobe forhold, hvilket medfører en ringe tilbageholdelse af fosfor. Der er god overensstemmelse mellem den beregnede fjernelse af fosfor fra spildevandet i hele forsøgsperioden og den ophobning, der kunne konstateres i jordfyldet ved periodens slutning.
- Ved undersøgelse af coliforme og fækale colibakterier i 3 rodzonestrenge i juni 1988 er fundet en kraftig decimering med mere end faktor 10<sup>3</sup>.
- Der kan ikke ses nogen direkte sammenhæng mellem planternes udbredelse og den opnåede rensning. Der er ikke sammenfald mellem hverken over- eller underjordisk udbredelse af planter og den tilhørende opnåede renseeffekt.

#### 4.6 Brugeres og tilsynsmyndigheder erfaringer med rodzoneanlæg

Omfang af interviewrunde

I foråret 1989 blev der gennemført telefoninterview af alle amter og 18 kommuner, hvoraf 12 havde et eller flere rodzoneanlæg i drift. I tabel 10 angivet hvilke amter og kommuner der deltog i spørgerunden. For hver af de adspurgte er angivet, hvor mange rodzoneanlæg de repræsenterede.

Tabel 10

Amter og kommuner omfattet af interviewrunden i foråret 1989.

| Amtskommune   | Rodzone-<br>anlæg | Biologiske<br>sandfiltre | Fælles<br>nedsivning | Kommune     | Rodzone-<br>anlæg | Biologiske<br>sandfiltre | Fælles<br>nedsivning |
|---------------|-------------------|--------------------------|----------------------|-------------|-------------------|--------------------------|----------------------|
|               | Antal             | Antal                    | Antal                |             | Antal             | Antal                    | Antal                |
| KØBENHAVN     | -                 | -                        | -                    | -           | -                 | -                        | -                    |
| FREDERIKSBORG | -                 | 1                        | -                    | SLANGERUP   | -                 | 1                        | -                    |
| ROSKILDE      | 1                 | 2                        | -                    | SKOVBO      | 1                 | 2                        | -                    |
| VEST SJÆLLAND | 2                 | 2                        | 2                    | -           | -                 | -                        | -                    |
| STORSTRØM     | 1                 | 3                        | -                    | RØDBY       | -                 | 1                        | -                    |
| BORNHOLM      | -                 | -                        | -                    | -           | -                 | -                        | -                    |
| FYN           | -                 | (3)                      | -                    | -           | -                 | -                        | -                    |
| SØNDERJYLLAND | 4                 | -                        | 4                    | TINGLEV     | -                 | -                        | 2                    |
| RIBE          | 2                 | -                        | 15                   | BLÅVANDSHUG | -                 | -                        | 5                    |
| VEJLE         | 3                 | -                        | -                    | -           | -                 | -                        | -                    |
| RINGKØBING    | 7                 | -                        | 1                    | LEMVIG      | 4                 | -                        | -                    |
| ÅRHUS         | 15                | 6                        | -                    | THYHOLM     | -                 | -                        | 1                    |
|               |                   |                          |                      | EBELTOFT    | 2                 | -                        | -                    |
|               |                   |                          |                      | GRENÅ       | 4                 | -                        | -                    |
|               |                   |                          |                      | RANDERS     | 1                 | 1                        | -                    |
|               |                   |                          |                      | RY          | 1                 | 1                        | -                    |
|               |                   |                          |                      | ÅRHUS       | 3                 | -                        | -                    |
| VIBORG        | 10                | 2                        | -                    | FJENDS      | 4                 | -                        | -                    |
|               |                   |                          |                      | SUNDSØRE    | 2                 | -                        | -                    |
| NORDJYLLAND   | 10                | 3                        | 1                    | VIBORG      | 2                 | -                        | 1                    |
|               |                   |                          |                      | NIBE        | 2                 | -                        | -                    |
|               |                   |                          |                      | NØRAGER     | (2)*              | -                        | 1                    |
|               |                   |                          |                      | ÅLBORG      | 2                 | -                        | -                    |
| I ALT         | 55                | 19                       | 23                   |             | 29                | 6                        | 10                   |

\*) har kun et i drift i dag, da kommunen har opgivet det ene anlæg

Kun anlæg for landsbyer

Ved interviewrunden blev spurgt om erfaringer fra anlæg, der betjener landsbyer, mens private anlæg kun blev behandlet perifert. I det følgende gennemgås i hovedtræk resultatet af rundspørgen til amtskommunerne og kommunerne hver for sig.

Rundspørgen til amtskommunerne koncentrererede sig især om rensekrav og deres overholdelse samt amtets indstilling til rensemetoden. Svarene vedr. driftserfaringer knytter sig således kun til de oplysninger amtskommunerne har fået fra kommunerne, eller det amtskommunerne har iagttaget ved tilsynet. Med hensyn til tilsynets omfang kan nævnes, at der de fleste steder køres med minimum 6 målinger og analyser pr. år, mens der kun få steder er krav om 12 målinger og analyser pr. år.

Amtskommunernes svar er grupperet i følgende hovedgrupper:

- A. Rensekrav og deres overholdelse
  - B. Driftserfaringer
  - C. Indstilling og foreløbig konklusion om rodzoneanlæg
- A. Rensekrav og deres overholdelse, rodzoneanlæg:
- De fleste steder er der kun stillet krav til suspenderet stof, bundfald og organisk stof.
  - Alle steder er accepteret en indkøringsperiode på 2-3 år med lempeligere krav.
  - Flere steder har det været nødvendigt at acceptere en forlængelse af indkøringsperiodens krav til 5 år.
  - Det endelige krav til organisk stof ligger som regel på 20 mg BI<sub>5</sub>/l, men enkelte steder er kravet på 15 eller 30 mg BI<sub>5</sub>/l.
  - Kun få anlæg kan ikke overholde kravene til indholdet af organisk stof i udløbet.
  - De få steder der er stillet krav til fosforfjernelse eller fuld nitrifikation kan kravet ikke overholdes af et rodzoneanlæg alene.
- B. Driftserfaringer, rodzoneanlæg:
- Ved tilsyn med anlæggene er der de fleste steder konstateret overfladeafstrømning.
  - Mange steder er væksten af tagrør kommet for langsomt i gang.
- C. Indstilling og foreløbig konklusion om rodzoneanlæg:
- Anlægstypen kan ikke accepteres anvendt i sin nuværende udformning, hvis der er stillet krav om stor næringsfjernelse eller fuld nitrifikation.
  - Anlæggene er rimeligt gode til at fjerne organisk stof, suspenderet stof og bundfald.

- Anlægstypen kan ikke umiddelbart anbefales, men bør i hver enkelt tilfælde sammenlignes med andre metoder til nedbringelse af den organiske belastning.
- Anlæggene bør placeres mindst 300 m fra samlet bebyggelse, da der i anlæggene forekommer synligt spildevand.

#### 4.6.2

#### Kommunernes erfaringer med rodzoneanlæg

Ved telefoninterviewet blev der især fokuseret på de rent praktiske driftserfaringer, økonomien og kommunens holdning til rensemetoden. I det følgende beskrives resultatet af telefoninterviewet under de samme overskrifter som for amtskommunerne.

##### A. Rensekrav og deres overholdelse, rodzoneanlæg:

- De fleste anlæg overholder kravet til BI<sub>5</sub>, suspenderet stof og bundfald, men afløbsværdierne er meget svingende.
- Selvom rensekravene til organisk stof for det meste er overholdt, er de fleste kommuner skuffede over den manglende nitrifikation og den beskedne næringssaltfjernelse.

##### B. Driftserfaringer, rodzoneanlæg:

- Overfladeafstrømning er et helt generelt problem der har optrådt i samtlige rodzoneanlæg. Kun ganske få anlæg har fået løst problemet med overfladeafstrømning.

Der gives mange forklaringer på overfladeafstrømningen, men de fleste mener, at problemet skyldes for tæt og komprimeret jord, der har for lille vandføringsevne. Eneste realistiske løsninger er, enten at grave anlægget op og etablere en ny jordmatrice, der udlægges tørt og løst eller at vente på at planterødder eventuelt får øget permabiliteten i jorden.

- De fleste har haft problemer med at få tagrørene i groning, men har til gengæld fået en masse andre planter på rodzonearealet.

Problemer med den manglende udvikling af tagrørene gives der mange forklaringer på: For tør jord, for korte rodstængler, forkert udplantningstidspunkt eller drukning.

- Rodzonearealet gror til med mange andre planter. Især græsser har flere steder overtaget magten så der ikke forekommer tagrør i rodzoneanlægget.

Problemerne med landplanter er søgt løst ved oversvømmelse i forårs månederne, hvilket flere steder har kunnet kvæle det meste ukrudt. Sumpplanter, høje græsarter o.lign. kan ikke udryddes ved denne metode, men må behandles med plantegifte eller ved udlugning i anlægget.

- Tilslutning af regnvand giver de fleste steder problemer med periodevis stor overfladeafstrømning samt slamflugt til anlægget.

Slamflugt har forårsaget tilstopning af tilførsfaskinen og de første meter af rodzoneanlægget. Den kraftige overfladeafstrømning har skabt erosionsrenden i overfladen.

- Anlæggene kan ikke styres. De fleste anlægsoperatører er frustrerede over at anlæggene reelt ikke kan styres, idet alle indgreb for at forbedre rensningen har karakter af anlægsændringer samt at effekten af disse anlægsændringer først kan ses flere år efter indgrebet.
- Halvdelen af kommunerne havde oplevet lugtproblemer i større eller mindre grad. Alle anbefalede at anlæggene blev placeret langt fra bebyggelse.
- Anlæggene er billige i drift og kræver kun beskeden pasning. Man må dog være opmærksom på, at driften af rodzoneanlæg kræver folk med "grønne fingre" fremfor maskinteknisk snilde.
- Ingen kommuner har konstateret frostproblemer i forbindelse med rodzoneanlæg.

#### C. Indstilling og foreløbig konklusion om rodzoneanlæg

- Anlæggene falder godt ind i naturen, er dyre at anlægge, billig i drift, opfylder for det meste kravet om højst 20 mg BI<sub>5</sub>/l i udløbet, men anlæggene kan ikke styres, fjerner ikke så meget kvælstof og fosfor som ønsket og nitrificerer ikke.
- Over halvdelen af kommunerne var meget betænkelige ved at anbefale metoden p.g.a. store anlægsmkostninger, manglende styringsmuligheder, frygt for kommende krav til nitrifikation og/eller næringssaltfjernelse.

- Anlæggene foreslås kun anvendt i sin nuværende udformning for områder hvor der kun er stillet krav til udledningen af organisk stof og kun tilledes meget begrænsede mængder regnvand.

#### 4.7 Status for rodzoneanlæg i Danmark

Opbygning som i pjecen      Den følgende gennemgang følger opbygningen i pjecen "Lavteknologisk spildevandsrensning - i danske landsbyer", som blev udgivet af Miljøstyrelsen i efteråret 1989.

##### 4.7.1

##### Forudsætninger

Anlæggene betjener landsbyer      Alle vurderinger tager udgangspunkt i at rodzoneanlæggene skal betjene landsbyer uden industri. Der regnes således kun med tilledning af husspildevand.

Definition af "en person"      Det er i pjecen og de efterfølgende beregninger forudsat at en person bidrager med følgende vand- og forureningsmængder:

Vand:

|                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| spildevand             | 170 l/døgn/person        |
| drønvand og indsivning | <u>200 l/døgn/person</u> |
| afløbsvand i alt       | 370 l/døgn/person        |

Forureningsmængder:

|                                   |                                      |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 45 g BI <sub>5</sub> /døgn/person | 122 mg BI <sub>5</sub> /l afløbsvand |
| 12 g N/døgn/person                | 32 mg N/l afløbsvand                 |
| 3,5 g P/døgn/person               | 9,5 mg P/l afløbsvand                |

Ved mekanisk forbehandling af spildevandet regnes at ske en reduktion af forureningsindholdet, mens vandmængden er uændret. Belastningen fra en person efter mekanisk forrensning bliver således 370 l/døgn, 32 g BI<sub>5</sub>/døgn, 11 g N/døgn og 3,2 g P/døgn.

Gennemsnit fra ref. /4/ og /5/      I afsnit 4.7.4, der omhandler arealbehov og renseeffekt for rodzoneanlæg, er alle data for 21 rodzoneanlæg hentet direkte fra tabel 1 i /4/ og tabel 2 i /5/. Der er således for hver anlæg alene anvendt gennemsnitstal for hele anlæggets driftsperiode.

#### 4.7.2

#### Opbygning af rodzoneanlæg

Inden rodzonen findes de fleste steder et traditionelt opbygget mekanisk renseanlæg. Kun få steder har man valgt at lade forrensningen ske i septictanke ved de enkelte husstande.

Den geometriske opbygning af rodzoneanlæggene er stort set ens og er baseret på opbygningen af tyske anlæg.

Opbygningen er: (se fig. 2)

- indløbsfaskine af ral eller skærver
- 0,6-1,2 m dyb og 20-30 m lang jordmatrice af egnet jordfyld beplantet med tagrør eller lignende
- udløbsfaskine af ral eller skærver
- udløbsbrønd med mulighed for regulering af vandstanden ved udløbet fra anlægget
- tæt membran af plast eller ler sikrer at spildevandet ikke siver ud i grundvandet.

Enkelte nyere anlæg er udført med flere sektioner, specielle fordelerarrangementer eller er kombineret med sandfiltre.

De ældre anlæg adskiller sig væsentligst med hensyn til jordtype, udbredelse og type af beplantning, fald og mulighederne for højdejustering af afløbet.

#### 4.7.3

#### Virkemåde af rodzoneanlæg

Teorien holder ikke i praksis

Den teoretiske virkemåde af rodzoneanlæg er beskrevet i mange artikler, men det kniber med dokumentationen for at processerne virkeligt forløber som i teorien. Renseresultaterne skulle i så fald have været meget bedre for specielt kvælstof og fosfor, end det der er målt i virkeligheden.

Tagrørenes rolle

Teorien er at tagrørene udvikler en rodzone, som øger jordens permeabilitet og giver skiftende zoner med iltrige og iltfattige forhold. Med tiden kan spildevandet så sive på langs gennem rodzonen og der renses biologisk og kemisk.

Organisk stof

Nedbrydningen af organisk stof sker ved hjælp af mikroorganismer i både de iltrige og iltfattige zoner. Ilt til nedbrydningen tilføres dels gennem planternes rødder og dels gennem jordoverfladen. Nedbrydningen i de iltfattige zoner foregår væsentligt langsommere end i de iltrige zoner.



|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kvælstof       | Nedbrydningen af kvælstof foregår også ved hjælp af mikroorganismer. Der sker således en nitrifikation i de iltrige zoner og en efterfølgende denitrifikation i de iltfattige zoner. Derved omdannes ammonium/ammoniak via nitrit og nitrat til frit kvælstof, som frigives til atmosfæren.                                                                    |
| Fosfor         | Fosfor tilbageholdes ved kemisk binding til specielt jernforbindelserne i jorden.                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Filtereffekten | <p>For både organisk stof, kvælstof og fosfor må det antages at også slamtilbageholdelsen som følge af jordens filtereffekt har betydning.</p> <p>Planternes optagelse af næringssalte har ingen reel betydning for rensningen.</p> <p>Rodzoneanlægs teoretiske virkemåde er overordnet beskrevet i en artikel i bladet Vand &amp; Miljø nr. 1, 1984 /11/.</p> |

#### 4.7.4

#### Arealbehov og renseeffekt for rodzoneanlæg

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                               | <p>Rodzoneanlæggene er de fleste steder dimensioneret til alene at fjerne organisk stof, suspenderet stof og bundfældeligt stof. Fjernelsen af næringssalte og evt. fuld nitrifikation var sidegevinster man håbede på at få selvom der ikke var stillet krav hertil.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Anlæggenes belastning er ca. 4 gange mindre end forudsat ved dimensioneringen | <p>Anlæggene er generelt dimensioneret med et arealforbrug til selve rodzonen på 4-7 m<sup>2</sup> pr. person afhængigt af spildevandets sammensætning og oplandets karakter. Udviklingen i belastningen, har dog gjort at den aktuelle belastning af anlæggene svarer til et arealforbrug på 5-35 m<sup>2</sup> pr. person målt som hydraulisk belastning og 9-45 m<sup>2</sup> pr. person målt som organisk belastning.</p> <p>Gennemsnittet ligger på henholdsvis 8 og 13 m<sup>2</sup> pr. person (46 l/m<sup>2</sup>/døgn og 3,6 g BI<sub>5</sub>/m<sup>2</sup>/døgn.).</p> <p>Det må således konstateres at anlæggene i gennemsnit ikke er fuldt belastede, samt at anlæggene belastes med spildevand der har et noget mindre forureningsindhold end hvad der er almindeligt for husspildevand fra rimeligt tætte afløbssystemer.</p> |
| Renser meget forskelligt                                                      | Rodzoneanlæggene udviser meget forskellige renseresultater både når der ses på udløbskoncentrationen og procentvis reduktion af forureningskomponenter.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Ingen bekræftede dimensioneringskriterier                                     | Opgørelsen af arealbehovet bør baseres på et krav til renseeffekt eller udlederværdier, samt en beregning udfra nogle dimensionerings-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

kriterier for rodzoneanlæg. Desværre har ingen af de teoretisk opstillede dimensioneringskriterier kunnet bekræftes udfra de målinger og analyser der har været til rådighed fra 21 rodzoneanlæg eller forsøgsanlægget i Ringsted.

Med/uden forrensning

I figur 7 og figur 8 er optegnet grafer, dels for de 21 anlæg der er omtalt i /4/ og /5/ og dels for forsøgsanlægget i Ringsted. Det skal bemærkes at graferne for Ringsted-anlægget alene indeholder rensningen over rodzonen, mens der i graferne for de 21 rodzoneanlæg også er indeholdt effekten af den mekaniske forrensning for 14 anlægs vedkommende.

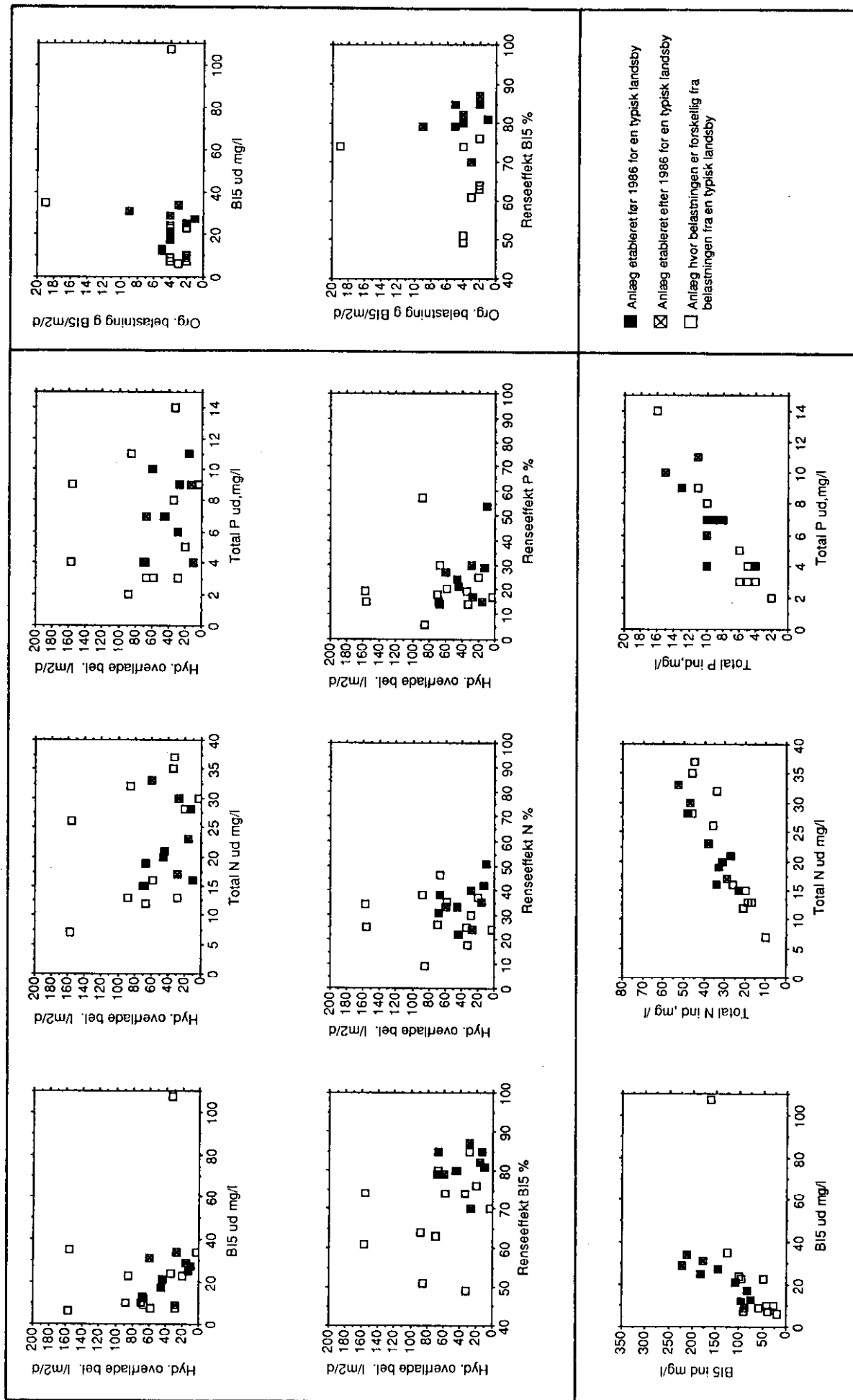
Gennemsnitstal for hele driftsperioden

De optegnede resultater for hvert enkelt anlæg er gennemsnitstal for hele anlæggets levetid (1-4 år) og kan derfor være påvirket af mindre gode renseresultater fra det første års indkøringsperiode. For Ringsted anlægget repræsenterer hvert punkt gennemsnittet af et års forsøgsperiode for hver forsøgsstreng (alle 12 strenge fra 3' vækstsæson 1986 og streng 1-6 fra 4' vækstsæson 1987).

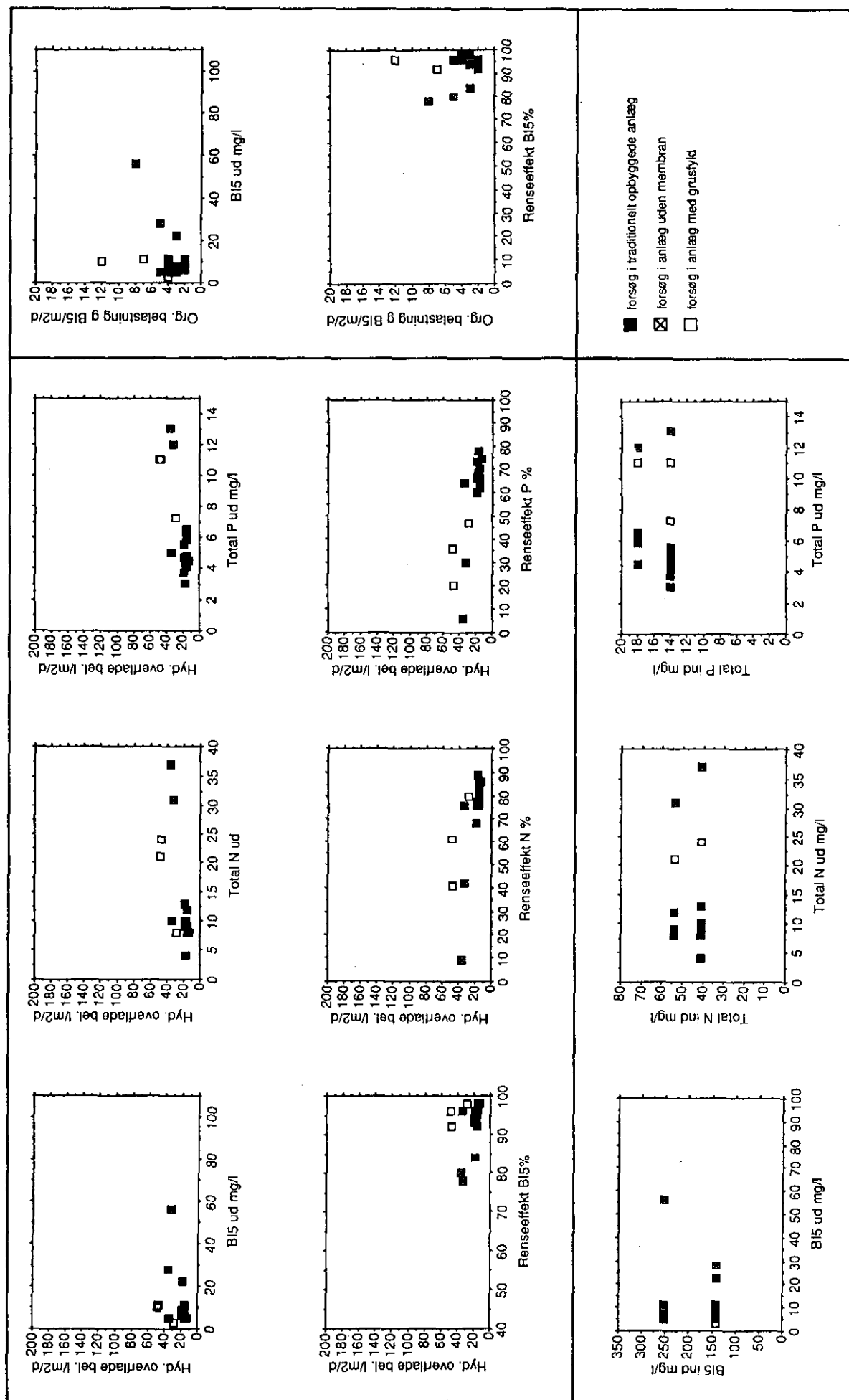
Som det ses af graferne for specielt de 21 anlæg er der ikke en entydig sammenhæng mellem belastningen (hydraulisk eller organisk) og den gennemsnitlige rensning målt som udløbskoncentration eller renseeffekt.

Typisk areal giver typisk rensning, men forskelligt fra anlæg til anlæg

Da der således ikke kan ses at være grundlag for en egentlig dimensionering, er det valgt istedet at bruge den gennemsnitligt konstaterede renseeffekt sammenholdt med det gennemsnitligt aktuelle arealforbrug til at angive hvad man i typisk kan forvente ved et typisk arealforbrug. I tabel 11 er opstillet typiske værdier for dels de undersøgte 21 anlæg og dels for forsøgsanlæggene i Ringsted.



Figur 7 Resultater fra 21 rødzone anlæg [5] &amp; [6]



Figur 8 Resultater fra Rodzoneanlæggene i Ringsted, 1986 & 1987

Tabel 11

Typiske middelværdier for danske rodzoneanlæg.

|                                              | 21<br>Rodzoneanlæg<br>/4/ og /5/ | Ringsted for-<br>søgsanlæg /3/ | Værdier anført<br>i pjecen om<br>om lavteknolo-<br>gisk rensning |
|----------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Belastning:                                  |                                  |                                |                                                                  |
| - $l/m^2/d$                                  | 10-70                            | 13-34                          | -                                                                |
| - $g BI_5/m^2/d$                             | 1-5                              | 2-4                            | -                                                                |
| Udløb:                                       |                                  |                                |                                                                  |
| - $BI_5$ mg/l                                | 10-30                            | 5-12                           | 10-30                                                            |
| - N mg/l                                     | 13-35                            | 7-13                           | 10-30                                                            |
| - P mg/l                                     | 3-11                             | 3-7                            | 3-10                                                             |
| Rensning:                                    |                                  |                                |                                                                  |
| - $BI_5$ %                                   | 70-85                            | 92-98                          | 70-90                                                            |
| - N %                                        | 25-45                            | 75-90                          | 25-50                                                            |
| - P %                                        | 15-30                            | 60-80                          | 15-30                                                            |
| Gennemsnitligt<br>arealforbrug<br>pr. person | 8-13 $m^2$                       | 13-19 $m^2$                    | 10-15 $m^2$                                                      |

Af skemaet ses at resultaterne for Ringsted-anlægget er bedst samt at overfladebelastningen her er mindst. En stor del af forklaringen på det bedre rensresultat skal nok også søges i at anlægget ikke har haft overfladeafstrømning af betydning.

Arealbehov anta-  
ges at være  
13  $m^2$  pr. person

Da rodzoneanlæggenes styrke, i modsætning til andre lavteknologiske metoder, siges at være at de kan fjerne næringssalte og da den gode drift af Ringsted-anlægget tyder på at det kan lade sig gøre i en vis udstrækning, er det her valgt:

- at antage et ønske om en halvering af nærings-saltene
- at påstå at dette ønske nok kan opfyldes ved et arealforbrug på 13  $m^2$  pr. person (10-15  $m^2$  pr. person), og
- at benytte dette udgangspunkt i pjecen "Lavteknologisk spildevandsrensning i danske landsbyer".

#### 4.7.5

#### Økonomi - Rodzoneanlæg

Overslagene for anlægsomkostninger er baseret på licitationsresultater, oplysninger om byggeregnskaber og erfaringspriser.

Stor spredning i anlægsomkostningerne

Anlægsomkostningerne udviser stor spredning og afhænger meget af lokale forhold. De i pjecen og i figur 9 anførte kurver er korrigeret for at der her regnes med ca. 13 m<sup>2</sup> pr. person mod 4-7 m<sup>2</sup> pr. person ved den oprindelige dimensionering.

De viste kurver for anlægsoverslag svarer til prisniveau medio 1989 excl. moms.

De anførte priser indeholder følgende.

Råpris for biologisk del:

Alle leverancer og arbejder i forbindelse med etablering og beplantning af rodzonematricen incl. tæt plastmembran og faskiner. Det antages at den opgravede jord kan genbruges uden tilslag af andre materialer.

Råpris for hele anlægget:

Råpris for biologisk del plus,

- mekanisk forrensning
- hegn
- arealerhvervelse
- ledninger og brønde udenfor rodzonen
- interne veje

Totalpris for hele anlægget:

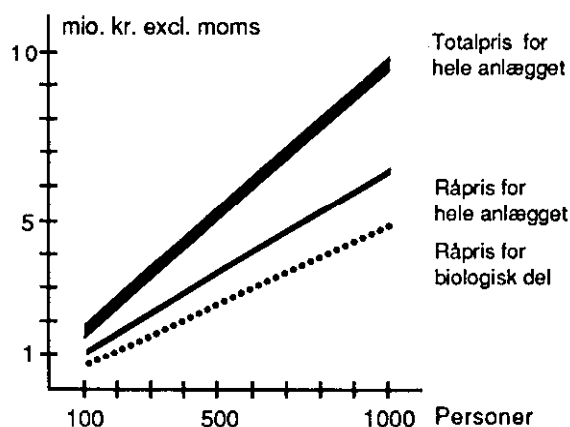
Råpris for hele anlægget plus 50% til dækning af

- forundersøgelser
- projektering
- tilsyn og administration
- uforudseelige omkostninger

Er ønsket et mindre arealforbrug end det her anførte kan prisen for den biologiske del korrigeres herfor mens priserne for den mekaniske forrensning og øvrige udenoms faciliteter ikke skal korrigeres.

Sammenlignes med traditionelle mekanisk-biologiske anlæg er rodzoneanlæggene generelt dyrere når der er tale om anlæg til mere end ca. 300 personer.

## Anlægsomkostninger Rodzoneanlæg



Figur 9  
Anlægsomkostninger for rodzoneanlæg.

## Driftsomkostninger Rodzoneanlæg

Driftsomkostningerne er baseret på erfarings-tal fra små mekaniske renseanlæg, med et til-læg på 20% for ekstra pasning i form af ukrudts-bekæmpelse, opdæmning for overfladeafstrømning, græsslåning m.v.

Der er i overslaget indregnet omkostninger til slamtransport, slambehandling og slamdeponering.

Analyseomkostningerne er her sat til ca. 30.000 kr. pr. år, og er baseret på standardanalyser af 12 udløbsprøver og 2 indløbsprøver pr. år.

### 4.8 Udviklingstendenser i rodzoneteknikken

De fleste anlæg er bygget med en næsten ens geometrisk udformning. Kun variationer i anvendte jordtyper og planter adskiller anlæggene. I det seneste år er der dog kommet nye konstruktioner frem som følge af de erkendte problemer med utilstrækkelig rensning og overfladeafstrømning.

## Nye konstruk-tioner

Af mest markante forslag eller ændringer kan nævnes:

- Opdeling af rodzonen i flere sektioner som drives
  1. alternerende
  2. i serie eller
  3. parallelt
- Luftning af spildevandet mellem rodzoneanlæg i serie.

- Kombination med biologisk sandfilter, ved at
  1. udlægge et lag grus på overfladen eller
  2. efterrense i et sandfilter
- Fordeling af spildevandet gennem dræn i bunden af rodzoneanlæggets første halvdel, og evt. etablering af tilsvarende opsamlingsdræn i bunden af anlægget. (Bryder med det grundlæggende princip at vandet skal strømme 20-30 m vandret gennem en rodzone).
- Bedre udformning af rodzonematrice og brønden for vandstandsregulering, så hydraulikken i anlægget kan styres bedre.

Nogle af disse konstruktioner er under afprøvning i fuld skala. Foreløbige resultater viser at disse forsøgskonstruktioner kan forventes at give lidt bedre rensresultater end de erfaringer der haves fra de 21 rodzoneanlæg der er omtalt i afsnit 4.7.4.





## 5. BIOLOGISKE SANDFILTRE

### 5.1 Introduktion til biologiske sandfiltre i Danmark

Rensning af spildevand i jorden har en lang tradition i Danmark. Sivedræn, nedslivningsanlæg o.lign. har eksisteret i mange år som forløber for udviklingen af egentlige biologiske sandfiltre.

I løbet af 70'erne blev der eksperimenteret meget med biologiske sandfiltre. Da man begyndte at etablere sandfiltre i Danmark i starten af 80'erne, var det amerikanske og især svenske erfaringer, der dannede grundlag for anlægsudformningen. Gennem årene er anlægsudformningen, driftsformen og filtersandets kornstørrelse løbende blevet diskuteret, og der er foregået en vis tilpasning af anlæggene som en naturlig følge af de danske erfaringer. I undersøgelsen /1/ er metodens princip og de danske erfaringer op til 1986 gennemgået.

### 5.2 Principopbygning af biologiske sandfiltre og metodens rensemæssige hovedprincipper

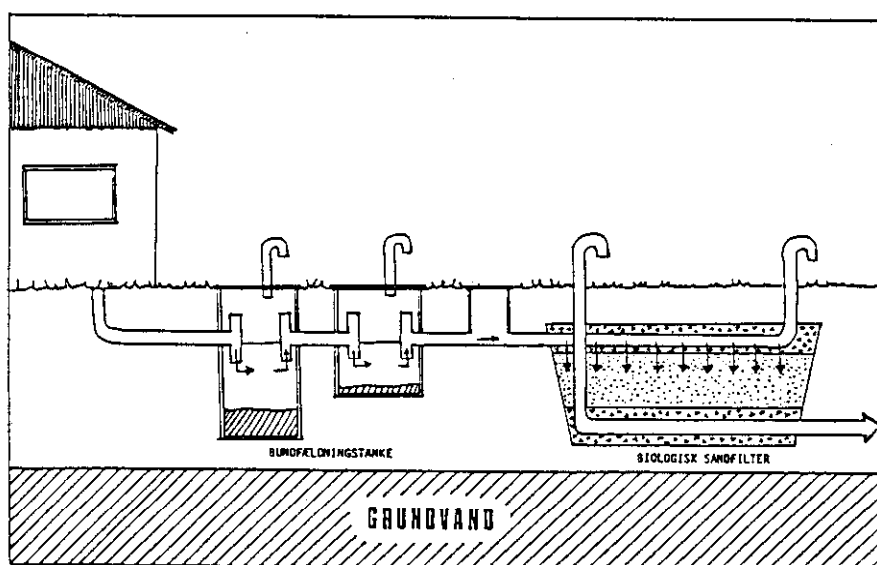
Lodret strømning gennem sand med mikroorganismer på

Biologiske sandfiltre kan betragtes som en mellemløsning mellem nedslivning og rensning i traditionelle biologiske anlæg. I et sandfilter ledes spildevandet igennem et lag mere eller mindre finkornet materiale, hvorefter det opsamles igen og ledes ud til en overfladerecipient. I filterlaget opstår der en aktiv biomasse, der omsætter spildevandets indhold af organisk stof m.m. For at hindre tilstopning af filterlaget gennemgår spildevandet først en mekanisk rensning i en septiktank eller lignende.

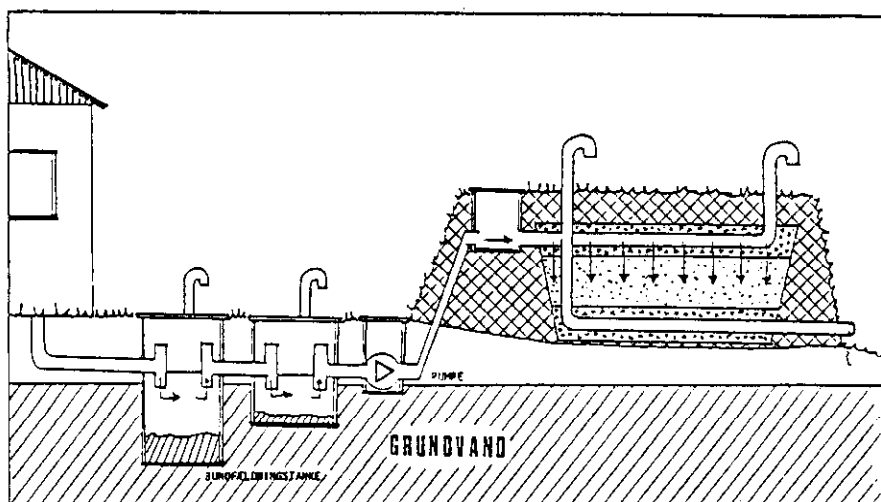
Åbent/overdækket filter

Sektionsopdeling

Selve opbygningen af anlæggene varierer med hensyn til antallet af bundfældningstanke, fordelingssystem, jorddækning, om der er opdeling af filtret i flere sektioner, om filtret er nedgravet eller ligger ovenpå jorden som en sandmile osv. Figur 10 og figur 11 viser den principielle opbygning af to typer anlæg.



Figur 10  
Principskitse for et nedgravet sandfilteranlæg



Figur 11  
Principskitse for et biologisk sandfilteranlæg,  
udført som sandmølle

Renseprocesserne i det biologiske sandfilter minder meget om processerne i et traditionelt biologisk anlæg.

Den mikrobielle omsætning i et sandfilter fjerner en stor del af det organiske stof og en del af kvælstoffet, mens fosfor i begrænset omfang fjernes ved fysisk/kemiske processer.

Et sandfilters renseeffekt er bestemt af den hydrauliske og organiske belastning. Er disse forhold ikke afstemt efter filtersandets kapacitet, kan der opstå tilstopningsproblemer som følge af akkumulering af organisk materiale og øget mikrobiel aktivitet. Overbelastning kan f.eks. skyldes slamflugt fra den mekaniske forrensning.

Det er derfor afgørende, at spildevandet gennemgår en mekanisk rensning, inden det ledes til filteret, samt at filteret er sikret mod langvarige kraftige regnbelastninger med et udligningsbassin eller lignende.

#### 5.2.1

#### Fordeling af spildevandet

Hvis filteret skal fungere optimalt må spildevandet fordeles jævnt over hele filteret. På den måde sikres, at dele af filteret ikke overbelastes, og at hele filteret udnyttes til rensningen.

Flere metoder anvendes til fordeling af spildevand på biologiske sandfiltre:

1. Kontinuert tilledning (gravitationssystem)
2. Diskontinuert tilledning (pumpedosering)
3. Vekseldrift (alternerende drift)

#### Kontinuert tilledning

1. Ved kontinuert tilledning ledes vand til filteret hele tiden.

Dette kan være svært at opnå med gravitationssystemer, for især små anlæg, på grund af perioder uden belastning (nattetimer m.m.).

Desuden er det vanskeligt at opnå en jævn fordeling af spildevandet over filteret med gravitationssystemer. En kontinuert tilledning kan give problemer med iltforholdene i filteret, hvis dette bliver vandmættet.

#### Diskontinuert tilledning

2. Ved diskontinuert tilledning tilføres spildevandet stødvis med pauser imellem.

Ved at tillade spildevandet i kontrollerede "stød", opnås, at filteret kan afdræne mellem stødene og dermed få lejlighed til "ånde". Der er således god mulighed for ilt diffusion ned i filteret. Ideelt set skal der doseres igen hurtigst muligt, efter at ilten er kommet ned i filteret, så det arbejder mest muligt. I Norge har man arbejdet med diskontinueret tilledning i kombination med gravitationssystemer, idet man har anvendt vippekar og cisterner til at give en stødvis belastning.

Doseres pumper fås den mest sikre og jævne fordeling af spildevandet over filteret. Pumpedosering har yderligere den fordel, at filteret kan bygges oven på jorden som et sandmoleanlæg, således at problemer med grundvandet undgås.

#### Vekseldrift

3. Ved vekseldrift eller altemnerende drift belastes de enkelte sektioner af filteret skiftevis.

Fordelingen af vandet over den enkelte filtersektion kan ske ved kontinuert eller diskontinuert tilledning.

Længden af hvile- og belastningsperioderne varierer meget fra sted til sted. Ofte anvendes 1 uges hård belastning og 2 ugers hvile. Fordelen ved altemnerende drift skulle være at filteret i hvileperioden har god ilttilførsel og dermed mulighed for nedbrydning af eventuelt ophobet materiale.

#### 5.2.2

Ingen entydige kriterier for valg af filtersand

#### Filtersand

Der findes ikke entydige generelle kriterier for valg af filtersand til biologiske sandfiltre.

Generelt gælder, at jo mindre kornstørrelse, jo bedre rensning opnås. Omvendt vil et for fint materiale have lettere ved at stoppe til.

For at undgå sammenkitning og for at bevare et stort porervolumen, er det vigtigt, at filtermaterialet er så ensartet som muligt. Anvendes en blanding af groft og fint materiale vil det fine materiale kunne sætte sig fast mellem det grove.

#### 5.2.3

Organisk stof

#### Rensningsmekanismen i hovedtræk

Det organiske stof absorberes af biofilmen i filteret og nedbrydes enten aerobt (med ilt) eller anaerobt (uden ilt).

I den iltede zone vil let nedbrydeligt organisk stof omsættes til kuldioxyd og vand. Nedbrydningen af de øvrige organiske forbindelser foregår lidt langsommere, og mellemprodukter vil ofte blive udnyttet direkte i biofilmen (fx aminosyrer).

#### Kvælstof

Kvælstof (N) findes i urensset spildevand bundet i organisk stof (aminosyrer, urinstof osv.) eller som ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). I visse tilfælde findes desuden nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) i spildevandet.

I starten af nedbrydningsforløbet vil der foregå en ammonifikation, dvs. at organisk bundet kvælstof frigives som ammonium under påvirkning af enzymer fra mikroorganismer. Derefter iltes ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) til nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) ved hjælp af ilt.

### 5.3 Erfaringer fra anlæg i Danmark

#### 5.3.1

#### Undersøgelsens omfang og formål

Undersøgelsen /1/ startede med en indsamling af materiale om eksisterende biologiske sandfiltre i Danmark. Senere koncentreredes opmærksomheden om 4 anlæg, der blev fulgt over en længere periode.

#### Formål

Det primære formål med undersøgelsen var at tilvejebringe dokumentation for biologiske sandfiltres rensningsevne over for husspildevand samt at undersøge anlægsudformning, dimensionering og evt. driftsproblemer.

I dette afsnit gives en sammenfatning af driftserfaringer over en længere periode (1980-1985/89) af de fire udvalgte anlæg suppleret med renseresultater fra de seneste år. De fire anlæg, der indgår, er:

#### 4 undersøgte sandfiltre

1. Sundbylille  
(Slangerup, Frederiksborg amtskommune)
2. Vejlebykov - Kristianssæde  
(Rødby, Storstrøms amtskommune)
3. Alling  
(Ry, Århus amtskommune)
4. Brusgård  
(Randers, Århus amtskommune)

### 5.3.2

#### Renseeffekt

Renseeffekten for de 4 anlæg er beregnet som forholdet mellem medianværdierne i tilløb og afløb. En samlet oversigt over renseeffekten og afløbskvaliteten af BI5, Total-N og Total-P fra de 4 anlæg er vist i tabel 12.

Tabel 12

Renseeffekt af sandfiltre.

|                               | <u>BI5</u> | <u>Total-N</u> | <u>Total-P</u> |
|-------------------------------|------------|----------------|----------------|
| <u>Renseeffektivitet - %:</u> |            |                |                |
| Variationsinterval            | 85-93      | 31-44          | 20-56          |
| Typiske værdier               | 88-90      | ca. 38         | ca. 40         |
| <u>Afløbskvalitet - mg/l:</u> |            |                |                |
| Variationsinterval            | 2-97       | 8-60           | 1-16           |
| Typiske værdier               | <10        | 17-35          | 3-10           |

Det ses, at biologiske sandfiltre udviser rense-effekt og afløbskvalitet, der tåler sammenligning med et traditionelt mekanisk/biologisk anlæg.

### 5.3.3

#### Karakterisering af de undersøgte anlæg

Alle anlægene er opbygget med en mekanisk forrensning i septic-tanke eller lignende, hvorefter spildevandet opsamles i en fordelerbrønd inden det ledes ud til filteret. Alling anlægget er et sandmile-anlæg, mens de øvrige er nedgravede anlæg.

Udvalgte anlægsdata og oversigt over anvendte filtermaterialer er opstillet i tabel 13.

**Tabel 13**  
**Karakterisering af udvalgte sandfiltre.**

| ANLÆG             | SUNDBYLILLE                                             | VEJLEBYSKOV                                                        | ALLING             | BRUSGÅRD           |
|-------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|
| P.E.              | 150                                                     | 225                                                                | 130                | 40                 |
| Udligningsbassin  | 95 m <sup>3</sup>                                       | 120 m <sup>3</sup>                                                 | Regnoverfald       | -                  |
| Bundfældningstank | 2 x 30 m <sup>3</sup>                                   | 2 x 15 m <sup>3</sup>                                              | 18 m <sup>3</sup>  | 20 m <sup>3</sup>  |
| Areal (ialt)      | 800m <sup>2</sup>                                       | 780m <sup>2</sup>                                                  | 520m <sup>2</sup>  | 168 m <sup>2</sup> |
| Antal sektioner   | 2                                                       | 3                                                                  | 2                  | 3 (1983)           |
| Vekseldrift       | 1 mdr. drift/pause<br>Efter 1987 3 ugers<br>drift/pause | 1 mdr drift/14 dg. pause<br>Ofte med 2 filtre i drift<br>ad gangen | 14 dg. drift/pause | 1 uge drift/pause  |
| Filtersand        |                                                         |                                                                    |                    |                    |
| D10               | 0,06-0,15                                               | ca. 0,4                                                            | ca. 0,9            | 0,28               |
| D60               | 2-3                                                     | ca. 1,6                                                            | ca. 3,0            | 0,8                |
| Uensformighedstal | 23-27                                                   | ca. 5                                                              | ca. 3,4            | 2,9                |

**Noter:**

1. Alle anlæg kører med alternerende drift.
2. Anlæggene er overbelastet hydraulisk i forhold til det forudsatte ved dimensioneringen. For Alling- og Brusgårdanlæggene er der endvidere tale om organisk overbelastning.
3. Filtersandet i Sundbylille skiller sig markant ud fra de øvrige ved et meget stort uensformighedstal (u), hvilket kan give sammenkitning af filteret.

**5.3.4**

**Driftserfaringer**

Tilstopning 4  
 gange på 4 år

- slamflugt
- tæt filterdug
- inhomogent sand

Sundbylille. Anlægget har haft en del problemer fra starten i 1980 til ombygningen i 1987. Filteret tilstoppede 4 gange i perioden 1980-1984. Tankvolumenet i den mekaniske forrensning var sandsynligvis for lille, hvilket i perioder medførte slamflugt ud i filteret. En prøveopgravning i filterlaget viste, at en fiberdug under det første fordelingslag var tilstoppet under anaerobe forhold. Et plastlag over fordelingslaget hæmmede gasudvekslingen (CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>) i filteret, muligvis med dårlig aerob omsætning til følge. Endvidere var filtersandet for inhomogent. Anlægget udviste kun ringe nitrifikation, hvilket tyder på iltbegrænsning selv ved lav



belastning. Desuden var der problemer med at få afløbsvandet ud i opsamlingslaget, fordi fiberdugen mellem filter og opsamlingslaget i bunden stoppede til. Filteret var derfor tit vandmættet, med dårlig omsætning til følge. Regenerering af filteret, ved tilsætning af iltningssmidde eller lignende, blev ikke forsøgt.

Ombygning i 1987

I 1987 blev hele filteret gravet op og anlagt i en ny udformning. Endvidere blev bygget en ekstra tank for at sikre en bedre forrensning af spildevandet. Herefter har anlægget fungeret tilfredsstillende.

I dag fjerner anlægget over 90% af BI5-belastningen, mens total-N og total-P reduceres med knap 40%. Anlægget er også begyndt at nitrificere.

Hårdt belastet, men renser godt

Vejlebyskov. I perioden fra 1980-1985 steg belastningen af anlægget, så det i 1985 modtog det dobbelte af den dimensionerede hydrauliske belastning. Enkelte gange har anlægget været udsat for ekstrem belastning, der kortvarigt har forringet afløbskvaliteten. Septic-tankene tømmes hvert kvartal, og fordelerrørene spules 2 gange årligt.

Anlægget har stort set fungeret tilfredsstillende, siden det blev anlagt, og afløbskvaliteten er stabil med hensyn til BI5 (under 10mg/l) trods stor variation i den organiske belastning.

Der er siden 1985 kun gennemført få analyser af kvælstof og fosfor i afløbet, og det er derfor ikke muligt at dokumentere en eventuel kvælstof- eller fosforreduktion. Som forsøg kører anlægget nu med kontinuert drift.

Fordelerrørene må spules 2 gange pr. år

Alling. I perioden 1980-1985 var anlæggets største problem tilsyneladende at få vandet ud af fordelingsrørene, idet hullerne stoppede til. Fordelerrørene udspules nu 2 gange om året, hvilket har løst problemet.

Meget højt belastet, men renser godt

Til trods for en hydraulisk belastning, der er ca. 4 gange højere end anbefalingerne, og en organisk belastning, der er 2 gange højere end anbefalingerne, udviser anlægget en god renssevne.

BI5-koncentrationen i afløbet ligger under 10 mg/l, total-N reduceres med 30%, og der foregår en god nitrifikation på ca. 80%, hvilket tyder på gode iltforhold i filteret. Derimod er fosforreduktionen på 22% noget lavere end gennemsnittet, muligvis som følge af overbelastningen.

Spidsbelastninger af anlægget skaber ingen varig forringelse af afløbskvaliteten.

Dårlig forrens-  
der fun-  
ning har voldt  
problemer  
Renser godt

Brusgård. Den mekaniske forrensning har i perio-  
deret dårligt, så slam er skyllet ud i filte-  
ret. Anlægget har af samme årsag haft proble-  
mer med tilstopning af fordelingssystemet med  
halm, klude etc. Problemer er nu løst og anlæg-  
get fungerer tilfredsstillende.

Der fjernes typisk over 90% af BI<sub>5</sub>-belastningen.  
Der er tegn på begyndende overbelastning af  
anlægget, idet koncentrationerne af total-N, to-  
tal-P og NH<sub>4</sub><sup>+</sup> i afløbet er stigende.

#### 5.4 Konklusioner vedrørende danske biologiske sandfiltre

Det foreliggende datamateriale fra 5-årsperioden  
1980-85, omfatter månedlige analyser af til-og  
afløbskoncentrationer. Efter denne periode er  
datamaterialet mere spinkelt, og for Vejleby-  
skovs vedkommende er der kun få og spredte ana-  
lyser af kvælstof og fosfor.

Udfra dette datamateriale vurderes biologiske  
sandfiltre at være en god metode til rensning af  
spildevand fra landsbyer, sommerhusområder og  
lignende.

Virker efter få  
dage

Anlæggenes renseeffekt opnås hurtigt efter  
etableringen, dvs. en indkøringstid på få dage  
eller op til et par uger. Trods variation fra  
anlæg til anlæg er der opnået en særdeles effek-  
tiv fjernelse af organisk stof, med afløbs-  
værdier, der typisk ligger under 10 mg BI<sub>5</sub>/l.  
Anlæggene nitrificerer og fjerner typisk 30-50%  
af total-N og total-P. Der er stort set ingen  
tilstopningsproblemer længere.

Udløb ≤10 mg  
BI<sub>5</sub>/l

#### 5.5 Brugerens og tilsynsmyndighedens erfaringer med biologiske sandfiltre

Omfanget af den gennemførte interviewrunde frem-  
går af afsnit 4.6 og tabel 10.

Erfaringer fra  
nedsivningsanlæg  
er inddraget

Antallet af biologiske sandfiltre er noget  
mindre end antallet af rodzoneanlæg, hvorfor  
også erfaringer fra store fællesnedsivningsanlæg  
blev inddraget som repræsentative for de biolo-  
giske sandfiltre. Der kan fra nedsivningsanlæg-  
gene ikke udtrækkes erfaringer om renseeffekt,

men problematikken med vandfordeling, tilstopningsrisiko m.v. er helt ens for de to typer anlæg. Blåvandshug kommune har således for fælles nedslivningsanlæg bidraget med mange værdifulde erfaringer om anlægs- og driftsproblemer samt forebyggelse af disse.

Generel tilfredshed med anlæggene

Den generelle holdning til biologiske sandfiltre blandt brugere og tilsynsmyndigheder er tilfredshed med drift og afløbskvalitet. I enkelte tilfælde som fx i Sundbylille, hvor anlægget ikke var korrekt anlagt fra starten, har de indledende års problemer naturligt nok skabt en del forbehold ved anlægstypen. Der kan dog konstateres tilfredshed med anlægget siden omlægningen i 1987. Flere brugere og tilsynsmyndigheder synes at foretrække biologiske sandfiltre frem for rodzoneanlæg, bl.a. fordi rodzoneanlæg har en lang indkøringstid (ca. 5 år), og fordi næringssaltfjernelsen er begrænset.

#### 5.5.1

#### Amtskommunernes erfaringer med biologiske sandfiltre

Amtskommunernes svar er i det følgende kort resumeret under emnerne:

- A. Rensekrav og deres overholdelse
  - B. Driftserfaringer
  - C. Indstilling og foreløbig konklusion om biologiske sandfiltre
- 
- A. Rensekrav og deres overholdelse, biologiske sandfiltre:
    - De fleste steder er der kun stillet krav til suspenderet stof, bundfald og organisk stof.
    - Enkelte steder er der endvidere stillet krav om fuld nitrifikation og meget lempelige krav til udledningen af kvælstof og fosfor.
    - Kravene til organisk stof ligger som regel på 20 mg BI<sub>5</sub>/l, men enkelte steder er kravet 10 mg BI<sub>5</sub>/l.
    - Kravene til indholdet af organisk stof i udløbet kan overholdes. Enkelte anlæg har haft problemer med at overholde kravet om fuld nitrifikation.

#### B. Driftserfaringer, biologiske sandfiltre

- Anlæggene virker straks, godt og stabilt.
- I anlægget i Sundbylille har der været en del tilstopningsproblemer. Nu er konstruktionen og driftsproceduren ændret så problemerne skulle være løst.

#### C. Indstilling og foreløbig konklusion om biologiske sandfiltre

- Anlægstypen kan anvendes hvis der ikke stilles krav om stor næringssaltfjernelse.
- Anlæggene er særdeles gode til at fjerne organisk stof og suspenderet stof.
- Foretrækker biologiske sandfiltre fremfor rodzoneanlæg hvis der kun er disse to muligheder. Recipienthensynet må dog aldrig tilsidettes til fordel for en bestemt rensemethode.

### 5.5.2

#### Kommunens erfaringer med biologiske sandfiltre

Ved telefoninterviewet blev der især fokuseret på de rent praktiske driftserfaringer, økonomien og kommunens holdning til rensemetode. I det følgende beskrives resultatet af telefoninterviewet under de samme overskrifter som for amtskommunerne.

#### A. Rensekrav og deres overholdelse, biologiske sandfiltre

- Anlæggene opfylder med stor sikkerhed udløbskravene. Gennemsnitsværdierne i udløbet ligger ofte 50-80% under kravværdien.
- De fleste anlæg vil kunne overholde et krav på 10 mg/l BI<sub>5</sub>.
- Enkelte meget hårdt belastede anlæg har ikke haft fuld nitrifikation.

#### B. Driftserfaringer, biologiske sandfiltre

- Kun enkelte steder har der været problemer med nedsat kapacitet (delvis tilstopning). Problemernes årsag er alle steder blevet klarlagt og imødegået.

- Slamflugt er den almindeligste årsag til problemer. Kan løses ved god mekanisk forrensning og/eller et højt belastet lille grusfilter foran det biologiske sandfilter.
- Flere steder foretages højtryksspuling af drænrørene en gang om året for at undgå at bakteriekager tilstopper hullerne i drænrørene. Dette er vigtigt hvor der er brugt drænrør med små huller.
- Anlæggene er billige i drift og kræver kun begrænset pasning.
- Alternierende drift anvendes normalt, men ændringer i drifts-/hvileperioder har ikke kunnet afspejles i renseeffekten.
- Ingen sandfiltre har haft frostproblemer. I Gørslev, hvor filteret har åben overflade, bliver der dog lagt isoleringsmåtter over fordelerdrænet i de koldeste måneder.
- Ved store regnvandstilledninger fordeles vandet også over de filtersektioner der ligger i hvile.
- De lukkede anlæg kan placeres tæt ved bebyggelse og fremstår som en græsplæne.

#### C. Indstilling og foreløbig konklusion om biologiske sandfiltre

- Anlæggene falder godt ind i naturen, er dyre at anlægge, billige i drift, kan for det meste opfylde et krav om højst 10 mg BI<sub>5</sub>/l i udløbet, nitrificerer men fjerner ikke nævneværdige mængder næringssalte.
- Alle kommuner syntes at anlæggene fungerede godt og kunne anbefale metoden hvis økonomien og recipienthensynet talte for lavteknologisk rensning. Slangerup kommune har dog en begrundet skepsis udfra erfaringerne med Sundbylille anlægget.

#### 5.6 Status for biologiske sandfiltre i Danmark

Den følgende gennemgang følger opbygningen i pjecen "Lavteknologisk spildevandsrensning - i danske landsbyer", som blev udgivet af Miljøstyrelsen i juli 1989.

### 5.6.1

#### Forudsætninger

Forudsætningerne for vurderingernes udgangspunkt og definitionen af "en person" er identisk med forudsætningerne for rodzoneanlæg som beskrevet i afsnit 4.7.1.

En opsamling af samtlige erfaringer fra alle anlæg er uden for dette projekts rammer. Her repræsenteres et udsnit af erfaringerne som en foreløbig status over landets biologiske sandfiltre.

11 ud af 20 anlæg er omfattet af undersøgelsen

Ud over de fire tidligere omtalte anlæg er der i forbindelse med denne undersøgelse indgået rensere resultater fra syv andre anlæg, hvoraf tre er forholdsvis nyetablerede (Vesterbo, Købelev og Gørslev). De syv anlæg er:

|            |                                     |
|------------|-------------------------------------|
| Gørslev    | (Skovbo, Roskilde amtskommune)      |
| Købelev    | (Ravnsborg, Storstrøms amtskommune) |
| Vesterbo   | (Ravnsborg, Storstrøms amtskommune) |
| Bøstrup    | (Langå, Århus amtskommune)          |
| Jeksen     | (Hørning, Århus amtskommune)        |
| Røgen      | (Hammel, Århus amtskommune)         |
| Ø. Velling | (Langå, Århus amtskommune)          |

De efterfølgende beskrivelser baserer sig derfor primært på de resultater der er opnået i 11 af de ialt 20 biologiske sandfiltre for landsbyer.

### 5.6.2

#### Opbygning af biologiske sandfilteranlæg

Inden sandfilteret findes et traditionelt opbygget mekanisk renseanlæg. Endvidere er der ofte placeret en pumpestation eller en form for cisterne der sikrer en stødvis og ensartet belastning over sandfilteret.

Den principielle opbygning af sandfilteret er følgende beskrevet fra oven og nedefter:

- Øverst et 10-50 cm lag jord
- Et lag fiberdug for at sikre at jorden ikke trænger ned i filteret
- 10-15 cm lag ral eller skærver, hvori der er placeret udluftede tilløbsdræn
- ca. 80 cm filtergrus med en meget ensartet kornstørrelse på 2-4 mm
- 5-10 cm grovere grus
- 10-15 cm ral eller skærver hvori der er placeret udluftede afløbsdræn
- Tæt membran af plast eller ler.

Sandfiltrene er oftest inddelt i to til fire sektioner. Derved kan anlægget køres med alternerende drift.

Flere steder anvendes biologiske sandfiltre som efterpolering for mere avancerede renseanlæg. Disse sandfiltre er ikke medtaget her.

Et par anlæg er udført med åben filteroverflade og kun ét langsgående fordelerdren pr. filtersektion. Et anlæg er udført i en sandmøle ovenpå jorden.

#### 5.6.3

#### Virkemåde af biologiske sandfiltre

Rensemekanismen i et biologisk sandfilter svarer i hovedtræk til de processer der foregår i biologiske skærvefiltre. Filtermaterialet er bare mere finkornet. Dette giver en god stor overflade hvorpå mikroorganismen kan sidde, men også en vanskeligere tilførsel af ilt og dermed større mulighed for tilstopning med ophobede materialer.

Biologisk omsætning under iltede forhold

Vigtigste renseprocesser er de mikrobiologiske processer med nedbrydning af organisk stof og omdannelsen af ammonium og ammoniak til nitrit og nitrat. De fleste processer i et sandfilter tilstræbes at foregå under iltede forhold. Bliver udbredelsen af de iltfattige områder for stor nedsættes filterets kapacitet væsentligt da rensningen under iltfrie forhold foregår meget langsommere end under iltede forhold.

Det er konstateret at flere anlæg fjerner mere fosfor end forventeligt, ved en almindelig bundfældning og filtrering, hvorfor der sandsynligvis også sker en binding af fosfor til sandets indhold af jern og lignende.

#### 5.6.4

#### Arealbehov og renseeffekt for biologiske sandfiltre

Med hensyn til renseeffekten må det konstateres, at biologiske sandfiltre er effektive til at fjerne organisk og suspenderet stof, mange anlæg har nitrifikation ved normal drift, mens der kun opnås en begrænset næringssaltfjernelse i anlægene.

For biologiske sandfiltre er der på samme måde som for rodzoneanlæggene optegnet grafer for sammenhængen mellem overfladebelastningen (hydraulisk og organisk) og den opnåede udløbskoncentration eller rensegrad overfor  $BI_5$ , N og P. Se figur 12. En samlet oversigt over belastningsforhold, samt gennemsnitlige tilløbs- og afløbsværdier for anlæggene er angivet i tabel 14. Alle tallene repræsenterer gennemsnitsværdier for det enkelte anlægs funktionsperiode ( $1\frac{1}{2}$ -7 år).

Tabel 14

Driftsresultater fra danske biologiske sandfiltre.

| Navn/<br>Design-<br>grundlag | Belastning                   |                                | BI5  | Tilløb<br>mg/l |       |                    | BI5  | Afløb<br>mg/l |       |                    |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------|----------------|-------|--------------------|------|---------------|-------|--------------------|
|                              | Hydr.<br>l/m <sup>2</sup> /d | Org.<br>gBI5/m <sup>2</sup> /d |      | Tot-N          | Tot-P | NH <sub>3</sub> -N |      | Tot-N         | Tot-P | NH <sub>3</sub> -N |
| SUNDBYLILLE<br>PE: 150       |                              |                                | 96   | 35             | 13    | 21                 | 7,8  | 21,3          | 8,2   | 5,3                |
| VEJLEBYSKOV<br>PE: 225       | 67                           | 3-12                           | 103  | -              | -     | -                  | 4,6  | 9,5           | 3     | -                  |
| ALLING<br>PE: 165            | 183                          | 18                             | 99   | 26,1           | 8,2   | 12,5               | 7    | 18,1          | 6,4   | 2,2                |
| BRUSGÅRD<br>PE: 120          | 70                           | 21-12                          | 178  | 45,9           | 7,6   | 35                 | 11,5 | 28,1          | 4,8   | 19,1               |
| GØRSLEV                      | 63                           | (6)                            | 88   | -              | -     | -                  | 3,8  | 18,1          | 4,5   | 1,5                |
| KØBELEV<br>PE: 45            | (50)                         | (7)                            | 131  | 26             | 9,6   | 18,2               | 2,5  | 17,4          | 4,8   | 1                  |
| VESTERBO<br>PE: 319          | (50)                         | (17)                           | 338  | 72             | 19    | 42,7               | 4,4  | 37            | 5,6   | 9,1                |
| BØSTRUP<br>PE: 300           | -                            | -                              | 130  | -              | 13,6  | -                  | 26,9 | -             | 3,1   | -                  |
| JEKSEN<br>PE: 140            | 86                           | 11                             | 132  | 37,6           | 10,8  | -                  | 8    | 16,9          | 8,3   | 1,5                |
| RØGEN<br>PE: 200             | 95                           | 5                              | 52,3 | 18,4           | 5     | -                  | 4,7  | 13,4          | 2,2   | -                  |
| Ø. VELLING<br>PE: 300        | 117                          | 15                             | 125  | 4,1            | 7,8   | -                  | 18,3 | 1             | 2     | -                  |

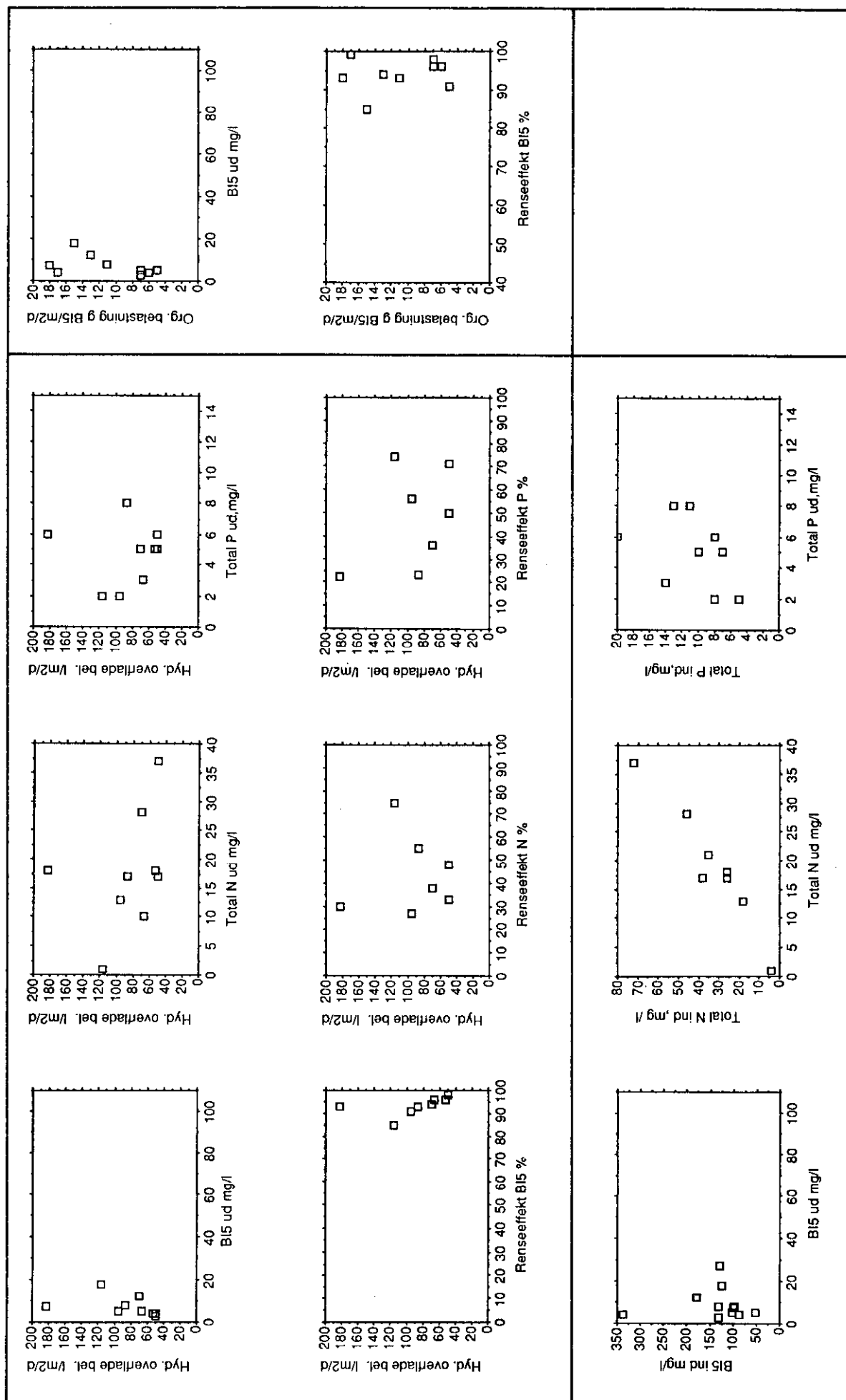
Tal i parentes er delvis skønnede værdier

Sammenhæng mellem belastning og renseeffekt

De anførte resultater gælder hele sandfilteranlægget incl. den mekaniske forrensning. Der synes at være en direkte sammenhæng mellem specielt den hydrauliske overfladebelastning og renseeffekten overfor organisk stof (BI5). For kvælstof og fosfor ses ikke en tydelig sammenhæng.

Det synes således muligt at opstille et udløbskrav til BI5 og herudfra angive det nødvendige arealforbrug, hvilket er eksemplificeret i tabel 15.





Figur 12 Resultater fra 11 biologiske sandfiltre

Tabel 15

Arealforbrug for biologiske sandfiltre udfra ønsket afløbskvalitet.

| Ønsket gennemsnitlig udløbskoncentration | Højst gennemsnitligt belastning pr. m <sup>2</sup> /døgn | Arealforbrug pr. person        |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 5 mg BI <sub>5</sub> /l                  | 60 l, 6 g BI <sub>5</sub>                                | 6,2-7,5 m <sup>2</sup> /person |
| 10 mg BI <sub>5</sub> /l                 | 90 l, 11 g BI <sub>5</sub>                               | 4,1-4,1 m <sup>2</sup> /person |
| 20 mg BI <sub>5</sub> /l                 | 140 l, 18 g BI <sub>5</sub>                              | 2,6-2,5 m <sup>2</sup> /person |

Det er imidlertid valgt i pjecen at fremstille renseresultaterne og arealforbruget på samme måde som for rodzoneanlæggene. Nemlig angivelse af den erfarede typiske rensning ved det typiske aktuelle arealforbrug. Disse størrelser er angivet i tabel 16.

Tabel 16

Typiske udløbskoncentrationer og renseeffekter for biologiske sandfiltre.

|                                      | Typiske værdier for 11 sandfiltre | Værdier anført i pjecen om lavteknologisk rensning |
|--------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------|
| Belastning:                          |                                   |                                                    |
| l/m <sup>2</sup> /d                  | 50-115                            | -                                                  |
| g BI <sub>5</sub> /m <sup>2</sup> /d | 5-16                              | -                                                  |
| Udløb:                               |                                   |                                                    |
| BI <sub>5</sub> mg/l                 | 3-12                              | 3-15                                               |
| N mg/l                               | 10-30                             | 10-30                                              |
| P mg/l                               | 2- 8                              | 2- 8                                               |
| Rensning:                            |                                   |                                                    |
| BI <sub>5</sub> %                    | 92-98                             | 90-98                                              |
| N %                                  | 30-55                             | 25-50                                              |
| P %                                  | 25-70                             | 25-70                                              |
| Gennemsnitligt arealforbrug          | 4-5 m <sup>2</sup> /person        | 4-5 m <sup>2</sup> /person                         |

Arealbehov  
5 m<sup>2</sup> pr. person

Udfra tabel 16 er arealbehovet for biologiske sandfiltre skønnet til 5 m<sup>2</sup> pr. person.

Overslagene for anlægsomkostninger er baseret på licitationsresultater, oplysninger om byggeregnskaber og erfaringspriser.

Anlægsomkostningerne udviser mindre spredning end for rodzoneanlæggene, men er dog meget afhængige af lokale forhold. Skal egnet filtersand hentes langt væk vil dette medføre store transportomkostninger.

De i pjecen og figur 13 anførte kurver er baseret på et arealforbrug til det egentlige biologiske sandfilter på 5 m<sup>2</sup> pr. person.

De viste kurver for anlægsomkostninger svarer til prisniveau medio 1989 excl. moms.

De anførte priser indeholder følgende:

Råpris for biologisk del:

Alle leverancer og arbejder i forbindelse med etablering af filtermediet, tilløbsdræn, opsamlingsdræn og tæt membran omkring filteret. Det antages at egnet filtersand er til rådighed indenfor en afstand af 15 km.

Råpris for hele anlægget:

Råpris for biologisk del plus

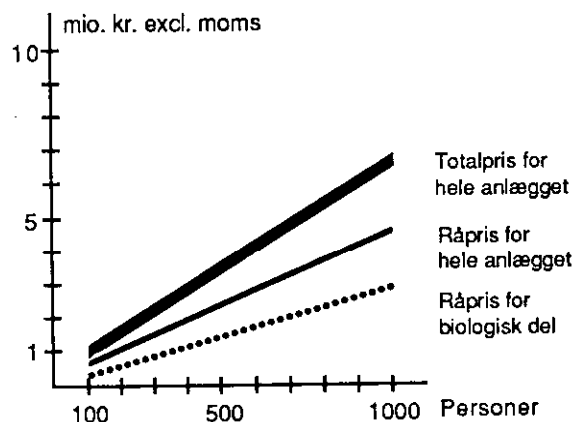
- mekanisk forrensning
- hegn
- arealerhvervelse
- ledninger og brønde udenfor filteret
- interne veje

Totalpris for hele anlægget:

Råpris for hele anlægget plus 50% til dækning af

- forundersøgelser
- projektering
- tilsyn og administration
- uforudseelige omkostninger.

Sammenlignes med traditionelle mekanisk-biologiske anlæg er de biologiske sandfiltre generelt lidt dyrere når der er tale om anlæg til mere end 300 personer.



Figur 13

Anlægsomkostninger for biologiske sandfiltre.

Anlægsomkostninger. Sandfiltre

Driftsomkostninger som for rodzoneanlæg

Driftsomkostningerne for biologiske sandfiltre er af samme størrelsesorden som for rodzoneanlæg og er beregnet på samme måde, se afsnit 4.7.5.

## 5.7 Udviklingstendenser i sandfilterteknikken

Bedre fordeler-system

Med udgangspunkt i de erkendte problemer med at få vandet jævnt fordelt over filteret og den manglende ilttilførsel i helt tillukkede anlæg er der udviklet metoder til jævn fordeling af vandet ved hjælp af stødbelastning eller særligt udformede gravitationsdræn. Ilttilførslen sikres idag ved naturlig ventilation gennem dræn og brønde, og enkelte steder er filterets overflade blottet så der er ekstra stor ilttilførsel og mulighed for at fræse/oprense filterets overflade.

Forsøg med fosforfældning

I efteråret 1989 startes forsøg med forskellige former for fosforfældning før eller i biologiske sandfiltre. Forsøgene indgår i Miljøstyrelsens og Vandrensningsrådets forskningsprogram.

Udviklingstendenserne går også i retning af at anvende mere sandmateriale, mindre mængder sten og helt udelade brugen af fiberdug. Også udskiftning af voksemediet for mikroorganismerne, sandet, med andre materialer der har større overflade, bedre filtereffekt og bedre ilttransport overvejes.



## 6. KORT STATUS OVER ØVRIGE LAVTEKNOLOGISKE RENSEMETODER TIL LANDSBYSAMFUND

### 6.1 Øvrige lavteknologiske rensemetoder

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bassinanlæg                     | Rodzoneanlæg og biologiske sandfiltre har i de senere år været dominerende som lavteknologisk renseanlæg til landsbysamfund. Tidligere var bassinanlæg den mest benyttede teknologi, og der findes stadig mange anlæg i drift af denne type. Ud over disse tre typer, der har vid praktisk anvendelse, har der været en vis interesse for udvikling af nye plantebaserede rensemetoder; men disse har endnu ikke dokumenteret deres anvendelighed som rensningsteknik til landsbysamfund. |
| Nye plantebaserede rensemetoder |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Fælles nedsivning               | Også fælles nedsivning af spildevand har en udbredt anvendelse. Metoden har dog ingen udledning af spildevand til overfladerecipient, hvorfor metoden almindeligvis ikke anses for et renseanlæg. Metoden stiller krav til jordens permeabilitet og grundvandsinteresser. Der er derfor geografisk begrænsede områder for metodens anvendelse.                                                                                                                                            |

Nedenfor gives en kort beskrivelse af bassinanlæg, mens der for de øvrige typer ikke foreligger resultater og erfaringer, der skønnes egnet til nærværende rapport.

### 6.2 Bassinanlæg i Danmark

Bassinanlæg i Danmark blev introduceret i 40 og 50'erne til reduktion af organisk stof (BI<sub>5</sub>) i hus- og industrispildevand. Mange af bassinanlæggene er imidlertid senere nedlagt og erstattet af konventionelle spildevandsrenseanlæg. De tilbageværende anlæg er primært lokaliseret i tilknytning til mindre bebyggelser og landsbyer. Anlæggene er i vidt omfang opbygget svarende til anbefalingerne i skrift nr. 15 fra DIF, 1966, Bassinanlæg /12/.

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Principopbygning<br>Renseprincip | Bassinanlæg er en række på langs gennemstrømmede bassiner, der er indbyrdes forbundet. Et karakteristisk bassinanlæg vil bestå af ét anaerobt bassin (rådnebassin) og to aerobe bassiner (iltningsbassiner). Forskellen mellem de to typer bassiner ligger hovedsagelig i vand- |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

dybden, idet rådnebassiner er dybe (0,5-3,0 m) og iltningsbassiner er lavvandede (0,5-1,5 m). Figur 14 viser en typisk opbygning (anlægget i Rønnede).

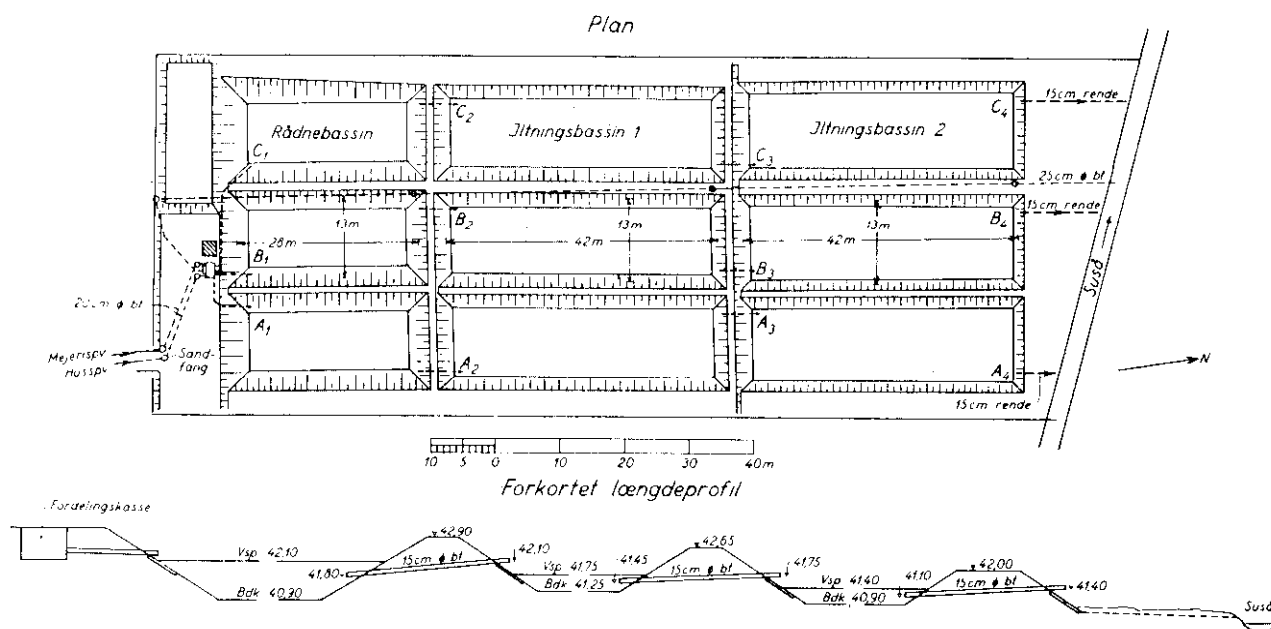
#### Opholdstid

Den hydrauliske opholdstid er som regel i størrelsesordenen flere uger, hvilket medfører, at bassinanlægs arealmæssige behov er meget stort.

#### Stofomsætning

Stofomsætningen i et bassinanlæg er et meget komplekst samspil mellem en række fysiske, kemiske og biologiske processer såsom fordampning, udsivning, sedimentation, anaerob og aerob nedbrydning, algevækst, prædation etc.

I rådnebassinet tilstræbes primært en sedimentering af det suspenderede stof. Spildevandsslammet på bunden af rådnebassinet undergår derefter en anaerob nedbrydning, hvilket medfører en reduktion af slammængden. I iltningsbassinerne sker den aerobe nedbrydning ved ilttilførslen, som tilvejebringes vha. diffusion fra atmosfæren samt ved iltproduktion fra grønalgers fotosyntese. Sidstnævnte er stærkt afhængig af solindfaldet, hvilket bevirker, at iltproduktionen bortfalder om vinteren under danske forhold. Nogle anlæg har desuden iltning vha. iltningstrapper mellem bassinerne eller mekaniske beluftere placeret i bassinet.



**Figur 14**

Rønnede bassinanlæg. Fra Vand og Miljø 6/1985 /13/.

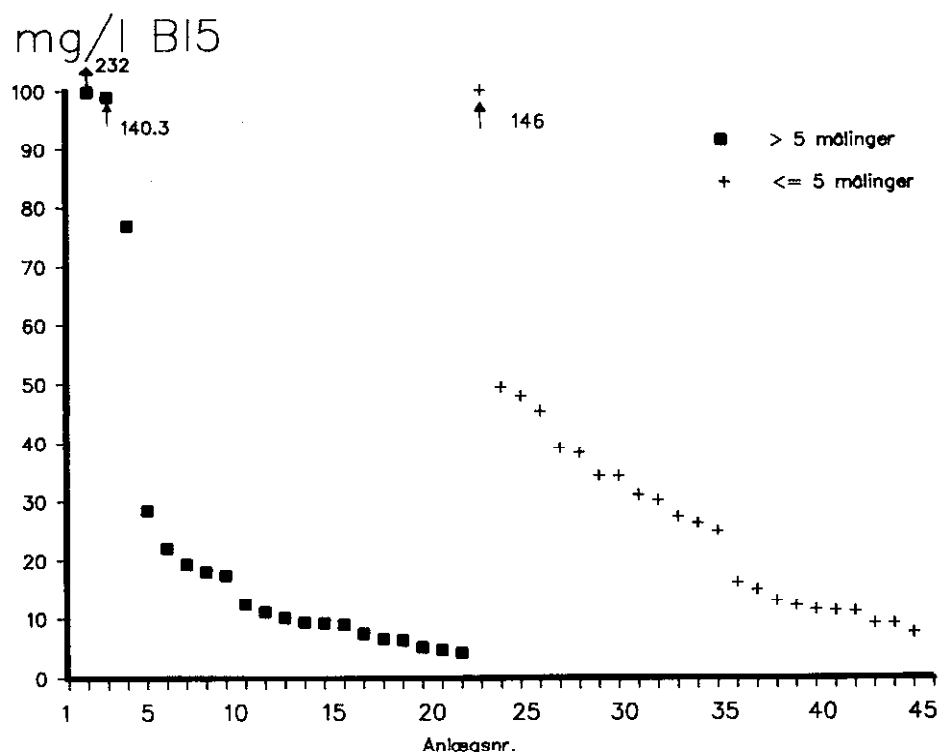
#### Undersøgelse af 66 danske bassinanlæg

Der foreligger ingen detaljeret undersøgelse af danske bassinanlægs rensemæssige funktion, men Miljøstyrelsen indsamlede i efteråret 1985 hos amter og Hovedstadsrådet oplysninger om

eksisterende bassinanlæg og om erfaringer og analyseresultater herfra. Undersøgelsen viste, at der var 66 anlæg i drift med en designmæssig belastning i område 50-3000 PE med en typisk størrelse på 300-500 PE.

Der foreligger kun sparsomme oplysninger om belastning og afløbsforhold fra bassinanlæggene. Kun for afløbskvaliteten af organisk stof foreligger analyseresultater fra et større antal anlæg. Figur 15 viser således gennemsnitsværdier for de 43 anlæg, hvorfra der foreligger analyseresultater.

Afløbskvalitet  
for 43 danske  
bassinanlæg



Figur 15

Middel afløbskvalitet for BI<sub>5</sub> for 43 danske bassinanlæg. Gennemsnitlig BI<sub>5</sub>-udløbskoncentration.

Som det fremgår af figur 15, er der meget stor forskel i udløbskoncentrationen for anlæggene. Udløbskoncentrationen varierer således mellem 4,2 og 232 mg BI<sub>5</sub>/l.

For kvælstof og fosfor foreligger kun i begrænset omfang afløbsresultater. De viser ikke uventet, at bassinanlæg ikke generelt opnår afløbskvalitet sammenligneligt med rodzoneanlæg og biologiske sandfiltre, ligesom der kun undtagelsesvis opnås nitrifikation i anlæggene.





## REFERENCELISTE

- /1/ Biologiske sandfiltre i Danmark - driftserfaringer og renseresultater, udført af Vandkvalitetsinstituttet, ATV, 1983-85.
- /2/ Driftserfaringer fra 14 danske rodzoneanlæg i etableringsfasen, udført af Hans Brix og Hans-Henrik Schierup, Botanisk Institut, Århus Universitet, 1985-86.
- /3/ Undersøgelse af forsøgsrodzoneanlæg i Ringsted og Rødekro kommuner, udført af Vandkvalitetsinstituttet, 1984-88.
- /4/ Brix, H., H.-H. Schierup & B. Lorenzen (1989): Design criteria for BOD<sub>5</sub>-removal in constructed reed beds. Proc. Int. Spec. Conf. on Design and Operation of Small Wastewater Treatment Plants, Trondheim, Norway, 26-28 June, 1989, (8 pp)
- /5/ Schierup, H.-H. & H. Brix (1989): Danish experience with emergent hydrophyte treatment systems (EHTS) and prospects in the light of future requirements to outlet water quality. Proc. Int. Spec. Conf. on Design and Operation of Small Wastewater Treatment Plants, Trondheim, Norway, 26-28 June, 1989, (8 pp)
- /6/ Brix, H. & H.-H. Schierup, (1989): The use of macrophytes in Water-Pollution Control. Ambio 18: 100-107.
- /7/ Brix, H. & H.-H. Schierup, (1989): Danish experiences with sewage treatment in constructed wetlands. Proc. Int. Conf. on Constructed Wetlands for Wastewater Treatment, Chattanooga, Tennessee, June 1988 (in press), 15 pp.
- /8/ Brix, H. (Editor) IAWPRC Specialist Group: The use of macrophytes in water pollution control. Newsletter No. 1, March 1989 (82 pp).
- /9/ Brix, H. & H.-H. Schierup, (1989): Sewage treatment in constructed reed beds -Danish experiences. Wat. Sci. Technol. (in press), 4 pp.
- /10/ Schierup, H.-H. & H. Brix, (1989): Plantebaserede anlæg til rensning af spildevand -fiktion eller fremtid? Vand & Miljø juni 1989.
- /11/ Skaarup, J. & B. Neergaard-Jacobsen, (1984): Rensemekanismer i rodzoneanlæg. Vand & Miljø 1/1984.

- /12/ Spildevandskomiteeens skrift nr. 15. Bassinanlæg. Beretning om forsøg med rensning af hus- og mejerispildevand i bassinanlæg ved Rønnede samt undersøgelse af bassinanlæg ved en militærlejr og i Ørbæk. Teknisk forlag 1966.
- /13/ Løw, J., (1985): Hvordan har bassianlægget i Rønnede det egentlig? Vand & Miljø 6/1985.

## Registreringsblad

**Udgiver:** Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K.

**Serietitel, nr.:**

Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen, nr. 5

**Udgivelsesår:** 1990

**Titel:**

Lavteknologisk spildevandsrensning i danske landsbyer

**Undertitel:**

**Forfatter(e):**

Hasling, Arne Bernt; Jansen, Jes la Cour; Nielsen, Janne

**Udførende institution(er):**

Vandrensningsrådet (spons); COWIconsult A/S; Vandkvalitetsinstituttet

**Resumé:**

I rapporten beskrives de 2 lavteknologiske rensemetoder for spildevand fra danske landsbyer uden industri: Rodzoneanlæg og biologiske sandfiltre. For disse 2 metoder beskrives rensprincip, arealforbrug og renseeffekt, økonomien ved anlæg og drift samt nogle amters og kommuners erfaringer med metoderne.

**Emneord:**

biologiske metoder; spildevand; rensning; rodzoneanlæg; filtre

**ISBN:** 87-503-8719-7

**Pris (inkl. moms):** 85,- kr.

**Format:** A4

**Sideantal:** 80

**Md./år for redaktionens afslutning:** december 1989

**Oplag:** 1. oplag 400. 2. oplag 200.

**Andre oplysninger:**

**Tryk:** Scantryk, København

Trykt på miljøpapir

## **Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen**

- Nr. 1 : Proces- og funktionsgarantier samt rådgiveransvar
- Nr. 2 : Fagligt indhold af renseanlæggets driftsdatabase
- Nr. 3 : Datagrundlag for dimensionering af renseanlæg
- Nr. 4 : Bestemmelse af belastningen fra regnvandsbetingede udløb
- Nr. 5 : Lavteknologisk spildevandsrensning i danske landsbyer

# Lavteknologisk spildevandsrensning i danske landsbyer

I rapporten beskrives de 2 lavteknologiske rensemetoder for spildevand fra danske landsbyer uden industri: Rodzoneanlæg og biologiske sandfiltre. For disse 2 metoder beskrives renseprincip, arealforbrug og renseeffekt, økonomien ved anlæg og drift samt nogle amters og kommuners erfaringer med metoderne.



Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Strandgade 29, 1401 København K, tlf. 31 57 83 10

**Pris kr. 85,- inkl. 25% moms**

ISBN nr. 87-503-8719-7