

ESBJERG BYGNINGSTEKNIKU

DANSK INGENIØRFORENING
SPILDEVANDSKOMITEEN

Gr. 9

Del 1

Skrift nr. 9

FORSØG MED
ANAEROB BEHANDLING
AF SPILDEVAND

PÅ KØBENHAVNS KOMMUNES RENSEANLÆG
VED DAMHUSÅEN



Esbjerg Tekniske Bibliotek

413078210



391300156559

TEKNISK FORLAG
KØBENHAVN 1955

Det af *Dansk Ingeniørforenings Spildevandskomité* i 1944 nedsatte *forsøgsudvalg* har i 1950—53 ladet foretage en række forsøg med anaerob behandling af spildevand i et forsøgsanlæg på Københavns kommunes renseanlæg ved Damhusåen, bygget efter forslag af civilingeniør C. H. Pape.

På grundlag af forsøgene er udarbejdet nærværende betænkning, der er godkendt af komiteen den 14. december 1954 som

Spildevandskomiteens skrift nr. 9.

Forsøgsudvalgets medlemmer er:

Stadsingeniør, cand. polyt. A. T. Jørgensen (formand),
professor, dr. phil. Kaj Berg,
professor, dr. med. Poul Bonnevie,
lektor, civilingeniør J. E. E. Engel,
amtsvejnspektør, civilingeniør A. P. Grimstrup,
professor, dr. techn. K. Erik Jensen,
stadsingeniør, cand. polyt. H. Kerstens,
stadsingeniør, cand. polyt. L. Malchow-Møller,
inspektør A. Paludan,
civilingeniør C. H. V. Pape,
overingeniør, cand. polyt. Kai Rehof,
overlæge, dr. med. Erik Uhl,
stadsingeniør, cand. polyt. J. A. C. Rastrup
(komiteens formand).

INDHOLD:

	Side
Indledning	5
Beskrivelse af det første forsøgsanlæg	11
Analyseresultater fra 1. forsøgeperiode	11
Analyseresultater fra 2. forsøgeperiode	12
Analyseresultater fra 3. forsøgeperiode	13
Analyseresultater fra 4. forsøgeperiode	14
Biologiske undersøgelser i 1.-4. forsøgsperiode	15
5. forsøgeperiode	17
6. forsøgsperiode	20
7. forsøgsperiode	23
8. forsøgsperiode	28
Bakteriologiske undersøgelsesresultater	29
Konklusion af de bakteriologiske undersøgelser	33
Analyser og undersøgelser	35
Resumé	36
English summary	39

Bilag 1-7.

Indledning.

Årsagen til at de i det følgende beskrevne undersøgelser blev påbegyndt i foråret 1950 af Dansk Ingeniørforenings spildevandskomité var, at chefkemiker ved Københavns vandforsyning, civilingeniør C. H. V. Pape bl. a. i en artikel i 1944 i "Ingeniøren" og i en der efter gennem flere år ført diskussion havde kritiseret de principper, der normalt anvendes ved biologiske renseanlæg for spildevand, og havde fremsat sine personlige meninger om, hvorledes man burde gå frem for at opnå en efter hans mening virkelig biologisk rensning af spildevandet.

I „Ingeniøren“ for 16. august 1944 udtalte Pape efter at have kritiseret de hidtil anvendte rensningsprincipper, at det rigtige princip sikkert bør være:

1. Effektiv bundfældning, og således at vand og slam fra rådnetanken ikke føres tilbage til anlægget, da koncentrationen af skadelige luftarter er for stor.
2. Anaerob nedbrydning af de tilbageværende organiske stoffer, hvorved slutprodukterne bliver ammoniak, svovlbrinte og metan. Anlægget må dog gøres så stort, at disse luftarter ikke optræder i så store koncentrationer, at nedbrydningen af de organiske stoffer ikke bliver fuldstændig.
3. Aerob fjernelse eller nedbrydning af de dannede luftarter. Dette kan ske på een gang ved luftgennemblæsning.
4. Efterklaring af vandet med fornøden lufttilsætning inden udlødsen i recipienten.

I en artikel i „Ingeniøren“ for 20. december 1944 imødegik professor, dr. techn. K. Erik Jensen civilingeniør Papes kritik og hævdede principielt, at en tilfredsstillende biologisk rensning kan opnås alene ved anvendelse af aerobe metoder. Ved hjælp af disse kan man nemlig gennemføre en tilstrækkelig vidtgående mineralisering af de

opløste, organiske stoffer, således at kulstof-, kvælstof- og svovlforbindelserne ender som kuldioxyd, nitrat og sulfat uden udvikling af metan eller svovlbrinte.

K. Erik Jensen fremhævede, at dette ikke betyder, at en anaerob forbehandling af spildevand er uanvendelig; thi ældre tiders langvarige, anaerobe septic-tankbehandling af byspildevand inden dettes rensning på biologisk filter kunne give udmærket resultat.

Ud fra det hovedsynspunkt, som Pape havde formuleret i de foran givne 4 punkter, henviste han i flere tidsskriftartikler til den biologiske tilstand i forskellige vandløb (Mølleåen, Rosenåen, Tude å m. fl.) og hævdede, at forholdene her var meget dårlige for dyrelivet, specielt for fiskelivet.

Papes biologiske betragtninger blev imødegået af professor Spärck, magister Otterstrøm og cand. mag. Knud Larsen. Overingeniør Abrahamsen gav detaljerede oplysninger om forholdene i Mølleåen, og overingeniør Rehof gjorde opmærksom på, at Papes betragtninger delvis vedrørte vandløb, der modtog urensset og delvis rensset spildevand sammen med eventuelt biologisk rensset vand og derfor ikke kunne bruges som udtryk for godt biologisk rensset spildevands indvirkning på en recipient.

Civilingeniør Pape blev således imødegået udfra de erfaringer, man havde vedrørende rensning af spildevand i virkelig gode og rigtigt dimensionerede renseanlæg efter de almindeligt anvendte principper, og endvidere svækkedes hans argumentation ved, at han i flæng talte om vandløb, der modtog spildevand af meget forskellig karakter.

Hans påstand virkede derfor ikke overbevisende, men på den anden side kunne det ikke nægtes, at visse vandløb, der modtog forholdsvis godt rensset spildevand, havde et udseende og en karakter, der var meget langt fra at minde om det, man forudsatte i vandløbslovens § 71, 1. stk., der siger, at afledningen af spildevand ikke må skade vandløbets naturlige tilstand.

Hertil kom, at da civilingeniør Pape havde ydet udmærkede bidrag til løsning af visse vanskelige problemer indenfor vandforsy-

ningsområdet, blev der fra mange sider lyttet til hans kritik, og det gav sig bl. a. udslag i stærke angreb i pressen, hvor det blev fremført, at de mange penge, der allerede var investeret i biologiske renseanlæg, var spildt, da anlæggene ifølge Papes anskuelser var uhensigtsmæssige og ikke ydede vore søer og vandløb den beskyttelse, som man havde forudsat ved deres bygning.

Spildevandskomiteen overvejede derfor spørgsmålet om, hvorvidt det ville være rigtigt at foretage visse forsøg, der kunne kaste lys over uoverensstemmelserne, således at man senere kunne henvise til resultater af forsøg, der direkte viste en sammenligning mellem de to principielle metoder, og hvor forsøgene i de biologiske dele af anlæggene var udført med spildevand fra samme bundfældningsanlæg. Foruden at man opnåede disse direkte resultater, der som kendsgerninger formentlig enten ville standse diskussionen eller i hvert fald bringe den ind på mere konkrete områder, ville der formentlig også fremkomme mange interessante enkeltresultater, der i sig selv havde værdi, og som måske kunne føre ind på nye tankegange og danne udgangspunktet for andre specielle undersøgelser.

Spildevandskomiteen fandt efter disse overvejelser, at der, trods de vægtige imødegåelser af Papes kritik, var grund til at søge at skaffe midler til at gennemføre et rationelt forsøg.

Man var klar over, at det bedste ville være, såfremt man kunne skaffe forsøgsanlægget afløb til en ren recipient, således at man direkte kunne iagttage afløbets indvirkning på denne, men en sådan forsøgsanordning viste sig desværre ikke mulig, alene af den grund, at forsøgsanlægget af praktiske grunde måtte drives sammen med et andet større renseanlæg, hvor det stadig kunne overvåges, og hvor der var et laboratorium til rådighed, således at de mange prøver kunne undersøges uden for lang transportafstand.

På et møde den 30. november 1948 i det af *Dansk Ingeniørforenings spildevandskomité* nedsatte arbejdsudvalg *forsøgsudvalget* fremsatte civilingeniør C. H. V. Pape, der er medlem af udvalget, et forslag til et forsøgs-reseanlæg, hvori spildevandet efter afslam-

ning skulle underkastes en anaerob behandling, før den aerobe del af processen påbegyndes.

Civilingeniør Pape begrundede forslaget med en kritik af de bestående spildevandsrens anlæg, der efter hans opfattelse ikke egner sig for danske forhold af følgende grunde:

- 1) Ikke alt slam underkastes anaerob behandling.
- 2) Iltilførsel til anlægget sker på et for tidligt tidspunkt og er alt for ringe.
- 3) Det udrådne vand fra rådnetanken ledes i mange tilfælde tilbage til anlægget.
- 4) Anlæggene er ikke forsynede med pH-registratorer.
- 5) Opholdstiden er for lille.

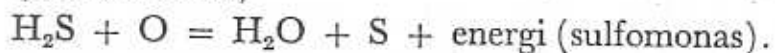
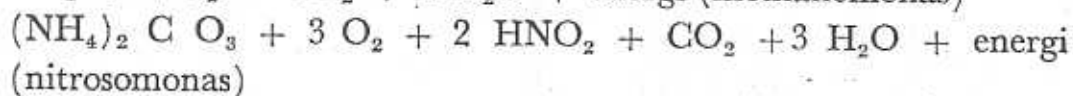
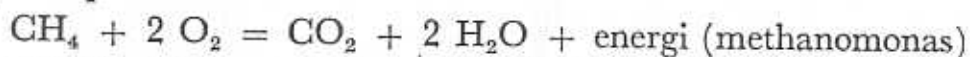
Det af civilingeniør Pape foreslåede anlæg skulle bestå af følgende dele (se bilag 1):

Sandfang.
Bundfældningstank.
Rådnekammer.
Afledning for udrådnet vand.
Slambede.
Stenfiltre (slaggefiltre).
Lægtefilter.
Iltningsfilter.
Damme.
Recipient.

Det bundfældede vand skulle først passere de to stenfiltre og derpå lægtefilteret. Den i stenfilteret bundfældede slam skulle ligesom slammen fra bundfældningstanken pumpes til rådnekammeret. I lægtefilteret underkastes vandet en anaerob forrådnelse under medvirken af bakterier, der lever i hinderne på lægterne, og alle proteinstoffer skal nedbrydes til methan, svovlbrinte og ammoniak. Fra lægtefilteret føres vandet til iltningsfilteret, hvor der skal foregå en kraftig iltning, og derfra til dammene, hvor der kan indblæses luft.

De organiske stoffer i spildevandet skulle gennemgå følgende processer:

Ved den anaerobe behandling nedbrydes proteinstofferne til CH_4 , NH_4+ og H_2S . Ved den påfølgende aerobe behandling sker følgende processer:



De tre luftarter nedbrydes altså under en samtidig mineralisering. Da bakterierne opbygger deres celler af de i vandet opløste salte, finder der samtidig med bakterievæksten et forbrug af uorganiske salte sted.

Ved processerne skulle derfor opnås, at slutproduktet bliver bakterier, der er føde for bakterieædende organismer, der atter er føde for fisk, og man skulle kunne undgå såvel ubehandlede proteinstoffer som gødningssalte.

Civilingeniør Papes kritik af afløbet fra de bestående renseanlæg gik ud på, at der ved den aerobe behandling dannes „stabiliseret kloakvand“, hvori stadig findes proteinstoffer, som ikke er forrådnede, samt ammoniak. Når dette vand ledes ud i recipienten, omsætter proteinstofferne sig med humusstofferne i overfladevandet under dannelse af et sort slimet bundfald, og NH_4+ , HNO_3 og PO_4 slår planter og dyr ihjel.

Civilingeniør Pape foreslog, at udvalget tog under overvejelse at foranledige et forsøgsanlæg udført efter de af ham angivne principper. Dette vedtoges, idet dog professor K. Erik Jensen tog afstand fra forslaget med henvisning til, at han anså princippet for spildevandsrensning med aerob mineralisering af spildevandets indhold af opløste organiske stoffer — altså uden anaerob forbehandling — for tilfredsstillende.

I Stads- og Havneingeniøren for marts 1949 gav civilingeniør Pape igen en sammenfattende skildring af sine synspunkter med en principskitse som bilag 1.

På forsøgsudvalgets følgende møder den 26. 8. 1949 og 20. 1. 1950 drøftede man forskellige muligheder for udførelse af et forsøgsanlæg, og på sidstnævnte møde vedtoges det at støtte en ansøgning fra Faxe kommune om statstilskud til et renseanlæg efter civilingeniør Papes princip. Det vedtoges desuden at søge om midler til udførelse af et mindre forsøgsanlæg ved Københavns kommunes renseanlæg ved Damhusåen.

Projektet til dette anlæg blev udarbejdet ved et samarbejde mellem civilingeniør Pape og stadsingeniørens direktorats kloakkontor. Den 8. marts 1950 indsendte spildevandskomiteen ansøgning til arbejdsministeriet om tilskud i henhold til beskæftigelsesloven.

På et plenarmøde den 15. 3. 1950 gav spildevandskomiteen sin tilslutning til de af forsøgsudvalget truffne dispositioner med hensyn til de to forsøgsanlæg og vedtog at yde tilskud til udførelse af anlægget ved Damhusåen.

Ved skrivelse af 4. 4. 1950 godkendte arbejds- og boligministeriet, at forsøgsanlægget ved Damhusåen udførtes med tilskud i henhold til beskæftigelsesloven. Da der på forhånd var truffet aftale med ministeriet om arbejdets udførelse, var anlægget på dette tidspunkt omtrent færdigt og kunne sættes i drift den 12. 4. 1950.

Som det vil fremgå af det følgende, blev der senere bygget et kontrolanlæg af samme størrelse som Pape-anlægget, men efter de almindeligt anvendte principper, således at resultaterne kunne sammenlignes.

Beskrivelse af det første forsøgsanlæg (I).

Det anlæg, der blev bygget i foråret 1950, fremgår af bilag 2.

Beliggenheden er som nævnt Københavns kommunes renseanlæg ved Damhusåen, og forsøgsanlægget belastes med forrenset spildevand fra anlæggets forklaringstanke. Tilløbet sker gennem en 3" tilførselsledning. Forsøgsanlægget består af følgende dele:

A: brønd med lægtefilter for anaerob behandling

B: " " " " " "

C: " " " " aerob "

D: luftningsbassin.

L:Kompressor til luftgennemblæsning i brønd C

P: kunstig dam.

Det samlede effektive volumen af brøndene A, B og C er 5,9 m³, bassin D har et effektivt volumen på 8,7 m³.

Anlægget blev sat i drift i begyndelsen af april 1950 med en belastning på 1 l/sek. af omtrent 50 % husspildevand og 50 % spildevand overvejende fra industri. Da analyser af afløbet ikke viste nogen væsentlig rensning, blev tilløbet til anlægget den 10. 5. 1950 nedsat til 0,2 l/sek., og denne belastning blev holdt under resten af driftsperioden. Med denne belastning bliver opholdstiden i brøndene A, B og C tilsammen ca. 8 timer og i bassin D ca. 12 timer.

Analyseresultater fra 1. forsøgsperiode 16. 5.— 20. 6. 1950 (forsøgsanlæg I).

Der er udtaget een ugentlig prøve af til- og afløbet til analysering efter Dansk Ingeniørforenings normer for spildevandsanalyser; endvidere er der taget prøver af svovlbrinteindholdet på de forskellige rensningstrin. Gennemsnitsresultaterne er:

	før A	før B	før C	før D	efter D
Iltforbrug med KMnO_4 mg/l	128			98	97
Rensning efter KMnO_4 %				23,5	24,2
bis mg/l	205			158	161
Rensning efter bis %				22,9	21,4
Svovlbrinteindhold mg $\text{H}_2\text{S/l}$	10,0	46,4	34,3	30,9	

Ingen nitrifikation. Afløbet var ildelugtende og havde udseende som septic-tank-afløb.

Da der i brønd A dannedes en stor mængde svovlbrinte, og dette skønnedes skadeligt for den videre anaerobe behandling af vandet, blev der den 19. 6. indført en afluftning i brønd A (ved luftindblæsning gennem et rørkors med huller, anbragt ovenpå lægtefilteret) for derved at få fjernet svovlbrinten. En analyse af de opløste luftarter i brønd A bestemt ved afkogning viste 15,2 mg/l ilt + kvælstof og 0,4 mg/l metan.

Analyseresultater fra 2. forøgsperiode 27. 6.—8. 8. 1950 (forsøgsanlæg I).

Gennemsnittet af resultaterne fra denne periode er:

	før A	før B	før C	før D	efter D
Iltforbrug med KMnO_4 mg/l	124			102	97
Rensning efter KMnO_4 %				17,8	21,8
bis mg/l	204			172	138
Rensning efter bis %				15,7	32,4
Svovlbrinteindhold mg $\text{H}_2\text{S/l}$	31,6	34,4	36,4	35,9	44,0*)

*) Enkelt resultat fra 8.8.50. De øvrige H_2S -bestemmelser er gennemsnit af henholdsvis 6, 6, 4 og 5 prøver.

Ingen nitrifikation. Afløbet var ildelugtende og havde udseende som septic-tank-afløb.

Den ønskede virkning af afluftningen udeblev, muligvis fordi

Forsøgsanlægget så nu ud som vist på bilag 2 (forsøgsanlæg II) og bestod af:

B: 33 33 33 33 33 33

E: biologisk nedrislingsfilter.

P: kunstig dam.

L: kompressor.

(forsøgsanlæg II, 3: det biologiske filter indskudt).

Gennemsnittet af resultaterne fra denne periode er:

		før A	før B	før C	før D	efter D
Iltforbrug med KMnO_4	mg/l	123				41
Rensning efter KMnO_4	%					67
bi_5	mg/l	189				28
Rensning efter bi_5	%					85
Total-N	mg/l	60				53
$\text{NH}_3\text{-N}$	mg/l	48				43
$\text{NO}_2\text{-N}$	mg/l					2,7
$\text{NO}_3\text{-N}$	mg/l					0,5
Svovlbrinteindhold	mg $\text{H}_2\text{S/l}$	36,0	41,0	41,0		2,0

Afløbet havde udseende og lugt som normalt biologisk rensset spildevand, stabiliteten med metylenblåt steg fra 4 døgn ved periodens begyndelse til større end 20 døgn den 5.9.1950. En analyse af de i brønd B dannede luftarter viste følgende sammensætning:

kuldioxyd	2,0 %
ilt	0,1 %
brint	2,1 %
kvælstof	38,5 %
metan	57,3 %

Afløbet fra efterklaringstanken gik i denne periode uden om dammen, hvis vanddybde blev forøget fra ca. 25 cm til ca. 45 cm, for at man kunne se, om fisk kunne leve der.

Analyseresultater fra 4. forsøgsperiode 12. 9.— 27. 12. 1950 (forsøgsanlæg II).

Gennemsnittet af resultaterne fra denne periode er:

	før A	efter P
Iltforbrug med KMnO_4 mg/l	133	34
Rensning efter KMnO_4 %		74
bi_5 mg/l	202	43
Rensning efter bi_5 %		79
Total-N mg/l	67	57
$\text{NH}_3\text{-N}$ mg/l	53	26
$\text{NO}_2\text{-N}$ mg/l		6
$\text{NO}_3\text{-N}$ mg/l		21

Afløbets udseende var som i foregående periode, affarvningstiden for metylenblåt større end 20 døgn i hele perioden.

Det bemærkes, at rensningsprocenten i alle de gengivne tabeller er beregnet fra afslammet til biologisk rensset vand. I perioden fra 12.9 til 27.12.1950 kan råvandets bi_5 og iltforbruget med kaliumpermanganat sættes til henholdsvis 327 mg/l og 236 mg/l. På dette

grundlag bliver rensningsprocenterne fra råvand til biologisk rensset vand henholdsvis 87 % og 86 %.

Biologiske undersøgelser i 1950 (1.—4. forsøgsperiode).

Der foretoges biologiske undersøgelser i den dam, hvortil afløbet fra forsøgsanlægget førtes.

Sidst i maj måned 1950, da tilløbet til anlægget endnu havde et forholdsvis lille indhold af svovlbrinte, konstateredes et begyndende liv i dammen af flagellater og grønalger.

I den følgende tid indtil 12.7. udvikledes et meget rigt dyreliv af paramæcier, amøber, enkelte vorticella, krebsdyr og myggelarver af forskellig art. En analyse viste, at methanomonas var til stede.

Ved en kemisk analyse den 11.7. konstateredes et svovlbrinteindhold på 33 mg/l i tilløbet til anlægget, og den 12.7. var alt liv i dammen uddødt på enkelte bakteriearter nær. Ca. 14 dage senere var der dog atter et rigt liv i dammen.

Efter at man havde tømt dammen for at foretage en forøgelse af vanddybden, udvikledes atter et rigt dyreliv, og en analyse af opløst ilt viste, at fisk skulle kunne leve deri (6,5 mg/l — 60 % mætning). Den 14.10.1950 blev der udsat 10 karudser i dammen. Midt i februar 1951 var disse trods dammens islægning levende og i god stand. Fiskene havde altså i perioden fra 14.10.1950 til årets udgang levet udelukkende i rensset spildevand.

Ved en biologisk undersøgelse af dammen den 21.11.1950 — altså inden for 4. forsøgsperiode — konstateredes et overordentlig rigt liv. Der var mange forskellige arter, og en del af arterne forekom i stor mængde. Planter, grene m. m. var overgroet af en tyk belægning af kiselalger. Herudover fandtes navnlig flagellater og infusionsdyr. Tilstanden var typisk α -mesosaprob.

Ved en prøveudtagning den 2.1.1951 (dagen efter at forsøgsanlægget var sat ud af funktion) var dammen islagt. Dyre- og plantelivet var betydelig fattigere end ved undersøgelsen den 21.11.1950, men bestod i det væsentlige af de samme arter.

På grundlag af de foretagne forsøg udtalte kloakkontoret:

„I foranstående fremstilling er der gjort rede for den successive opbygning af forsøgsanlægget samt de faktiske resultater af de foretagne kemiske analyser og biologiske undersøgelser. Det er ikke muligt på grundlag heraf at tage endelig stilling til, hvorvidt der vil kunne opnås de resultater, som civilingeniør Pape i henhold til foreliggende skriftlige og mundtlige udtalelser mener, der kan forventes ved den af ham anviste kombination af i og for sig kendte dele af renseanlæg.

Det kan dog ikke benægtes, at der i den til anlægget knyttede dam er fremkommet et rigt dyreliv, der har kunnet danne grundlag for, at de udsatte karudser har kunnet leve i det uopspædte rensede spildevand.

Hvor megen betydning, der kan lægges heri, kan dog først overses, når der er udført visse kontrolforsøg med en dam, der tilføres vand fra et renseanlæg af sædvanlig type bestående af bundfældningsanlæg og derpå umiddelbart følgende biologiske behandling, f. eks. i nedrislingsfiltre.

Endvidere må det bemærkes, at det renseanlæg, som det under de givne forhold har været nødvendigt efterhånden at opbygge for at opnå de fundne resultater i dammen, består af følgende dele:

Bundfældningsanlæg,
filter af jernspåner,
dykkede lægtefiltre, der arbejder anaerobt,
biologisk nedrislingsfilter,
efterklaringstank,
dam.

Dette anlæg kan imidlertid ikke siges at være helt i overensstemmelse med de hovedprincipper, som af civilingeniør Pape oprindelig blev angivet som nødvendige og tilstrækkelige til frembringelse af et efter hans mening tilfredsstillende resultat, idet disse forudsatte, at der skete en meget hurtig omdannelse af de svovlholdige proteinstoffer i de anaerobe lægtefiltre, således at den derefter følgende

aerobe behandling kunne foregå ved en foranstaltning, der var noget simplere end et lavtbelastet nedrislingsfilter, hvilket også fremgår af, at ingeniør Pape — som det ses af rapporten — kun havde angivet en ret primitiv luftgennemblæsning i det oprindelige luftningsbassin D.

Når dette ikke gav en tilstrækkelig rensning af vandet, blev dette af ingeniør Pape forklaret ved, at det tilledte afslammede spildevand — i hvert fald efter den 11.7.1950 — indeholdt et efter ingeniør Papes mening usædvanlig stort indhold af svovlbrinte, der forhindrede bakterierne i de anaerobe brønde at virke tilfredsstillende. Der blev derfor indskudt dels jernspånfiltret i brønd A og dels det biologiske filter E. Det ved forsøget anvendte afslammede spildevand bestod af 50 % fra renseanlægget ved Damhusåen, hvis tilløb i hovedsagen er husholdningsspildevand, og 50 % fra renseanlægget ved Trekronergade, hvis tilløb indeholder betydelige mængder industriafløb, bl. a. fra garverier og gasværker.

Ved en fortsættelse af forsøgene i foråret 1951 må der dels foretages de foran nævnte kontrolofforsøg, hvor afløbet fra et almindeligt biologisk anlæg føres til en dam, og dels må det undersøges, om der kan opnås de af ingeniør Pape ønskede resultater uden den meget omfattende iltning i et lavt belastet filter.

For at udskyde den usikkerhed, der ligger i, at råvandet har det store svovlbrinteindhold, bør man starte de nye forsøg med almindeligt husholdningsspildevand, men det må dog meget stærkt understreges, at såfremt metoden skal have almindelig betydning, må den også give tilfredsstillende resultater, selv om der i tilløbsvandet er visse industriafløb, der kan give et stort indhold af svovlbrinte i det afslammede vand, idet et sådant tilfælde ofte vil kunne indtræde, hvor der må føres industriafløb til kloakerne.“

5. forsøgsperiode 18. 4.—17. 8. 1951 (forsøgsanlæg III).

De i 1950 opnåede forsøgsresultater blev drøftet på møder i forsøgsudvalget den 10.11.1950 og den 9.4.1951. Da årsagen til, at

	før A	før C	før D	efter P	efter K
Iltforbrug med KMnO_4 mg/l	81			41	30
Rensning efter KMnO_4 %				49	63
bis mg/l	123			47	22
Rensning efter bis %				62	82
Total-N mg/l	40			35	28
$\text{NH}_3\text{-N}$ mg/l	29			27	16
$\text{NO}_2\text{-N}$ mg/l				0-spor	0,9
$\text{NO}_3\text{-N}$ mg/l				0,9	7,6
pH	7,6			7,8	7,9
Affarvning af metylenblåt døgn				1	>20

Ved iltbestemmelser i damafløbene fandtes følgende resultater:

<i>Pape-dammen:</i>	29.5.1951	4.6.1951
opløst ilt mg/l	1,3	0,2
iltmætning %	15	2

<i>Kontrol-dammen:</i>	29.5.1951	4.6.1951
opløst ilt mg/l	10,2	8,0
iltmætning %	91	84

Svovlbrintebestemmelser i Pape-anlægget:

	før A	før C	før D	efter P
Svovlbrinte mg/l { 11.5.1951		8,8	3,4	
18.5.1951	7,0	18,1	6,4	
29.5.1951	1,7	4,1	1,7	4,3

Pape-dammens uklare og mælkede udseende ville ikke forsvinde, og da iltindholdet var meget lille, blev der den 14. 6. 1951 foretaget ændringer i luftfordelingen i bundfældnings- og iltningstanken D, således at alle sektioner fik nogenlunde samme luftmængde.

Da dette ikke havde den ønskede virkning, blev der indlagt 3 dykkede slaggefiltre i tanken. Disse kom i drift den 27. 7., men denne foranstaltning gav heller ikke nogen større bedring i afløbet. An-

lægget blev derfor den 17. 8. sat ud af drift, dog således at den anaerobe behandling fortsattes.

Biologiske undersøgelser af dammene er foretaget på følgende data: 15. 5., 31. 5., 15. 6., 27. 6., og 15. 8. 1951.

Resultatet af undersøgelserne var, at tilstanden i Pape-dammen, hvis vand var uklart og grumset, stadig blev dårligere, medens tilstanden i kontroldammen, hvis vand var klart, blev noget bedre i forsøgsperioden.

Pape-dammen havde ved periodens begyndelse et rigt liv af organismer (tilstanden α -mesosaprob), men til slut bestod vegetationen næsten udelukkende af svovlbakterier og *Euglena viridis*, og tilstanden må betegnes som polysaprob.

Kontroldammen var i begyndelsen fattigere på organismer end Pape-dammen, hvilket sikkert skyldes aldersforskellen mellem dammene. Tilstanden blev hurtigt α -mesosaprob og var ved periodens slutning α - β -mesosaprob; der var bevoksninger af Tigger-Ranunkel, Håret Dueurt, Tagrør og Liden Andemad.

Der blev i perioden foretaget forsøg med udsætning af fisk i de to damme. Den 26. 5. 1951 udsattes 10 karudser i hver dam. I Pape-dammen konstateredes 1 død fisk den 28. 5. og 1 den 2. 6.; ved en eftersøgning den 4. 6. og 5. 6. konstateredes, at også de resterende 8 fisk i Pape-dammen var døde. I kontroldammen konstateredes 1 død fisk den 31. 5., 1 den 1. 6., og 2 den 2. 6., 2 den 4. 6. og 2 den 5. 6.; der skulle altså være 2 fisk tilbage.

Da kontroldammen den 2. 8. 1951 skønnedes at være i biologisk god stand, udsattes atter 10 karudser. Der konstateredes 1 død fisk den 3. 8., 1 den 6. 8., 1 den 7. 8., 2 den 8. 8., 1 den 4. 9., 1 den 15. 9. og 2 den 17. 9., i alt 9 døde fisk. Der skulle altså endnu findes 3 levende karudser i kontroldammen, inklusive de 2 fra den første udsætning.

6. forsøgsperiode 7. 9.—15. 12. 1951 (forsøgsanlæg IV).

Da man ikke mente det formålstjenligt at fortsætte med de foran omtalte forsøg med en speciel form for iltning af afløbsvandet fra

de anaerobe brønde, besluttede man at bygge endnu et almindeligt lavtbelastet nedrislingsfilter og en efterklaringstank nøjagtig som det tidligere byggede anlæg, der nu som kontrol anvendtes til iltning af det forrensede spildevand, som ikke blev underkastet anaerob behandling.

Den 8. juli 1951 indsendte komiteen ansøgning om statstilskud til udvidelsen af anlægget, og den 23. juli godkendte arbejds- og socialministeriet, at det nye filter og den nye efterklaringstank kunne udføres på samme betingelser som det oprindelige forsøgsanlæg. I august 1951 blev arbejdet udført, og den 7. 9. 1951 kunne det nye anlæg sættes i drift.

De to forsøgsanlæg, hvormed de følgende forsøg udførtes, fremgår af bilag 2 og består af følgende dele (forsøgsanlæg IV):

Pape-anlægget:

A: brønd med lægtefilter for anaerob behandling.

B: " " " " " "

C: " " " " " "

G: biologisk nedrislingsfilter.

H: efterklaringstank.

P: kunstig dam.

Kontrol-anlægget:

E: biologisk nedrislingsfilter.

F: efterklaringstank.

K: kunstig dam.

Anlæggene adskiller sig kun fra hinanden ved, at der i Pape-anlægget er indskudt de tre anaerobe tanke foran filteret. Belastningen var som i forrige forsøgsperiode 0,2 l/sek. husholdningsspildevand til hvert af anlæggene.

På et plenarmøde den 26. 10. 1951 gav spildevandskomiteen sin tilslutning til, at der i forbindelse med forsøgene blev foretaget en række kemiske analyser og bakteriologiske undersøgelser af spildevandet under dets gang gennem anlæggene samt grundige undersøgelser af det biologiske liv i dammene.

For perioden 25. 9.—27. 11. 1951 var gennemsnittet af de af kloakkontoret fundne analyseresultater:

	før A	efter P	efter K
Iltforbrug med KMnO_4 mg/l	97,3	28,1	25,7
Rensning efter KMnO_4 %		71,1	73,6
bis mg/l	169	35,4	23,3
Rensning efter bis %		79,1	86,2
Total-N mg/l	52,5	38,3	31,4
$\text{NH}_3\text{-N}$ mg/l	41,0	7,7	5,3
$\text{NO}_2\text{-N}$ mg/l		5,4	2,7
$\text{NO}_3\text{-N}$ mg/l		20,8	19,2

Ved en undersøgelse den 18. 10. 1951 var indholdet af opløst ilt noget større i afløbet fra Pape-anlægget end i afløbet fra kontrol-anlægget.

Biologiske undersøgelser af dammene blev foretaget af cand. mag. Erik Jørgensen den 25. 9. og 18. 10. 1951. Tilstanden i kontrol-dammen var noget bedre end i Pape-dammen. I begge damme var vandet i tilløb, afløb og i selve dammen klart og pænt. Tilstanden i Pape-dammen må betegnes som α -mesosaprob, i kontroldammen α - β -mesosaprob.

Biologiske undersøgelser af de to damme den 24. 10. og 30. 10. 1951, foretaget af fuldmægtig E. Fjerdingsstad, giver det samme billede af tilstandene.

Bakteriologiske undersøgelser den 18. 10. 1951 viste ingen større forskel på afløbene fra de to anlæg i bakteriologisk henseende.

Endelig blev der atter foretaget forsøg med udsætning af fisk i de to damme, denne gang med rødsaller. Den 1. 10. blev der udsat 13 fisk i Pape-dammen og 12 i kontroldammen. Kort efter viste fiskene i Pape-dammen tegn på utilpashed, skønt der var ilt nok i vandet. 8 fisk blev taget op og sat i et bur i kontroldammen. De 6 levede videre og skulle sættes over i Pape-dammen igen, men ved et uheld smuttede 3 ud i kontroldammen, og kun 3 blev sat ud i

Pape-dammen. I Pape-dammen var herefter 8 rødskaller, i kontroldammen 15. I Pape-dammen døde 1 fisk den 3. 10., 1 den 6. 10. og 1 den 16. 10, der skulle da være 5 tilbage. Disse fandtes også levende, da dammene blev tømt for vand ved forsøgsperiodens afslutning. I kontroldammen fandtes derimod kun 3 karudser og 6 rødskaller levende; der er altså forsvundet 9 rødskaller, hvorledes ved man ikke.

7. forsøgsperiode 15. 3.—30. 11. 1952 (forsøgsanlæg V).

På forsøgsudvalgets møde den 25. april 1952 vedtoges det at fortsætte med forsøgene i sommeren 1952 med de samme to anlæg som i sidste forsøgsperiode, men med den ændring i fremgangsmåden, at afløbet fra efterklaringstankene føres uden om dammene, indtil filtrene er indarbejdede. Man undgår derved at få dammene fyldt med dårligt rensset vand og delvis med slam, inden de egentlige forsøg påbegyndes. Inden dammene toges i brug, blev hver dam delt i 4 dele af ledevægge for at sikre en bedre blanding af det gennemstrømmende vand med dammenes indhold. Anlægget fremgår af bilag 2 (forsøgsanlæg V).

Det vedtoges at foretage følgende undersøgelser (tallene refererer til bilag 2, forsøgsanlæg V):

- A) I perioden, indtil det biologiske anlæg er indarbejdet, foretages følgende ugentlige undersøgelser af råvandet og af afløbene fra efterklaringstankene (prøveudtagningsstederne 1, 5 og 7):

- Iltforbrug med kaliumpermanganat,
- 5 døgns biokemisk iltforbrug,
- pH
- total-kvælstof,
- ammoniak-kvælstof,
- nitrit-kvælstof,
- nitrat-kvælstof.

B) Når filtrene er indarbejdede og dammene sat i drift, foretages de under A nævnte bestemmelser ugentlig på gennemsnitsprøver af råvandet og af dam afløbene (prøveudtagningsstederne 1, 6 og 8. Endvidere foretages:

Bestemmelse af pH i gennemsnitsprøven fra udtagningsstederne 3, 4, 5 og 7.

Bestemmelse af opløst ilt (5, 5 a og 6; 7, 7 a og 8).

Bestemmelse af svovlforbindelser i prøverne 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 og 8.

Bestemmelse af fosfatindholdet i dammene (6 og 8).

C) Når der er enighed om, at dammenes tilstand er stabil, foretages en afsluttende fuldstændig kemisk undersøgelse.

D) Når dammene er taget i brug, foretages biologiske undersøgelser ca. hver 14. dag, evt. oftere, hvis der sker ændringer i dammenes udseende eller øvrige karakter.

Anlæggene blev sat i drift den 12. 3. 1952, og belastningen udgjorde i hele forsøgsperioden 0,2 l/sek. husholdningsspildevand på hvert af de to forsøgsanlæg.

Den 21. 5. 1952 var afløbet fra filtrene tilfredsstillende, og dammene blev taget i brug. Civilingeniør Pape var til stede og godkendte igangsætningen og dammenes tilstand, inden de blev taget i brug.

Resultaterne af de ovenfor under A og B omtalte undersøgelser fremgår af bilagene 3, 4 og 5.

Analyseresultaterne vedrørende fosfatbestemmelsen er dog ikke gengivet, da de på grund af en forkert fremgangsmåde i laboratoriet ikke er pålidelige. Det samme gælder svovlbestemmelserne indtil 29. 7. 1952. Selv efter dette tidspunkt bør svovlanalyserne bedømmes med varsomhed.

Bilag 3 viser iltforbruget med kaliumpermanganat samt det 5 døgn biokemiske iltforbrug i tilløb og afløb fra anlæggene. I perioden fra

27. 5. til 30. 9. 1952, hvor dammene var i drift, var iltforbruget med kaliumpermanganat gennemsnitlig 21 mg/l i afløbet fra Pape-anlægget og 25 mg/l i afløbet fra kontrolanlægget, medens bi_5 i samme periode var gennemsnitlig 9,2 mg/l i afløbet fra Pape-anlægget og 10,5 mg/l i afløbet fra kontrolanlægget.

På enkelte af undersøgelsesdagene er der tillige foretaget analyser af afløbene fra de første damafsnit (punkterne 5 b og 7 b). Iltforbruget med kaliumpermanganat og det biokemiske iltforbrug i disse punkter har kun afvejet meget lidt fra de i punkterne 6 og 8 fundne værdier.

Bilag 4 viser kvælstofindholdet i tilløb og afløb. I gennemsnit for hele forsøgsperioden har indholdet af total-kvælstof og nitrat-kvælstof været lidt større i afløbet fra Pape-anlægget end i afløbet fra kontrolanlægget. Det modsatte er tilfældet med ammoniak- og nitrit-kvælstof.

Indholdet af svovlforbindelser i stationerne 1—8 fremgår af bilag 5. Som gennemsnit for perioden har indholdet af total-svovl i afløbet fra Pape-anlægget været 37,4 mg/l mod 39,4 mg/l i afløbet fra kontrolanlægget. De tilsvarende tal for sulfat-svovl har været 32,1 mg/l og 37,7 mg/l. Indholdet af sulfid-svovl har gennemsnitlig været det samme i afløbet fra de to anlæg, nemlig 0,7 mg/l. Alt i alt er indholdet af svovl altså gået noget mere ned i Pape-anlægget end i kontrolanlægget. I Pape-anlæggets anaerobe tanke sker der øjensynlig en stærk stigning i indholdet af sulfid-svovl. For at undersøge, om det som sulfid-svovl bestemte svovl fandtes som sulfid eller som svovlbrinte, foretoges 2 laboratorieforsøg med afblæsning af svovlbrinten i vandprøver fra st. 4. Ved afblæsning i 4 timer reduceredes indholdet af H_2S ved det ene forsøg fra 30,7 mg/l til 4,4 mg/l, ved det andet forsøg fra 20,7 mg/l til 4,8 mg/l.

pH-værdierne fremgår af følgende skema:

station	perioden 27.5-30.9.1952		
	gennem- snit	max.	min.
1. Tilløb til anlæg	7,7	8,0	7,3
2. Efter brønd A	7,7	8,0	7,1
3. " " B	7,5	7,8	7,0
4. " " C			
5. Afløb fra efterklaringstank	7,9	8,3	7,1
6. Afløb fra dam	8,0	8,4	7,2
7. Afløb fra efterklaringstank	7,9	8,2	7,1
8. Afløb fra dam	7,8	8,1	7,2

pH falder altså lidt i de anaerobe tanke for atter at stige ved filterbehandlingen. I Papes dam har pH vist en svagt stigende tendens, i kontroldammen en svagt faldende, men forskellen i afløbet er ikke stort.

Indholdet af opløst ilt viser følgende resultat, udtrykt ved mætningsprocenten:

station	perioden 27.5-30.9.1952		
	gennem- snit	max.	min.
5. Afløb fra efterklaringstank	68	83	31
5a. Afløb fra iltningsstrappe			
6. Afløb fra dam			
7. Afløb fra efterklaringstank	54	66	34
7a. Afløb fra iltningsstrappe			
8. Afløb fra dam			

Det ses, at indholdet af opløst ilt som helhed er noget større i Pape-anlægget end i kontrolanlægget. Afløbet fra efterklarings-tankene iltes på iltningsstrapperne, men ved passagen af dammene aftager iltindholdet atter.

Biologiske undersøgelser af dammene er i løbet af sommeren 1952 foretaget af cand. mag. Erik Jørgensen og fuldmægtig E. Fjerdingsstad.

I efterfølgende skema er givet en oversigt over dammenes udvik-

Undersøgelsesdato	Tilstand i Pape-dam	Tilstand i kontrolldam	Sammenligning
3.6.1952	P ₁ -P ₄ : α -mesosaprob. Tilstanden bliver bedre fra P ₁ til P ₄	K ₁ -K ₄ : α -mesosaprob. Tilstanden bliver bedre fra K ₁ til K ₄	Pape-dammen noget bedre end kontrolldammen
17.6.1952	P ₁ -P ₃ : α -mesosaprob. P ₄ : α - β -mesosaprob. P ₁ -P ₄ : bedre end den 3.6 Tilstanden bliver bedre fra P ₁ til P ₄	K ₁ -K ₄ : α -mesosaprob. Samme tilstand i alle fire damafsnit	Pape-dammen noget bedre end kontrolldammen
30.6.1952	P ₁ -P ₄ : α - β -mesosaprob.	K ₁ -K ₄ : α - β -mesosaprob.	Omtrent ens
21.7.1952	P ₁ -P ₄ : α - β -mesosaprob. P ₂ og P ₃ : en del andemad	K ₁ -K ₄ : α - β -mesosaprob. K ₂ og K ₃ : en del andemad	Dyrelivet noget bedre i Pape-dam end i kontrolldam. Ellers omtrent ens
12.8.1952	P ₁ -P ₄ : α - β -mesosaprob. P ₂ og P ₃ dækket af andemad	K ₁ -K ₄ : α - β -mesosaprob. K ₂ og K ₃ dækket af andemad	Omtrent ens
1.9.1952	Andemad fjernet P ₁ -P ₄ : α - β -mesosaprob.	Andemad fjernet K ₁ -K ₄ : α - β -mesosaprob.	Omtrent ens
17.9.1952	P ₁ -P ₄ : α - β -mesosaprob. Kun lidt andemad	K ₁ -K ₄ : α - β -mesosaprob. Kun lidt andemad	Ingen forskel

ling i henhold til cand. mag. Erik Jørgensens undersøgelser. De fire damafsnit i Pape-dammen er benævnt P_1 , P_2 , P_3 og P_4 , i kontroldammen K_1 , K_2 , K_3 og K_4 . P_5 og K_5 betegner damafløbene.

Bilag 6 viser resultaterne af cand. mag. Erik Jørgensens mikroskopiske undersøgelser, ketsjerprøver og bundprøver.

Bilag 7 viser resultaterne af fuldmægtig Fjerdingstads mikroskopiske undersøgelser, der er foretaget den 26. 5., 1. 8., 21. 8. og 16. 9. 1952.

Resultatet af de biologiske undersøgelser er, at der i begyndelsen af forsøgsperioden i sommeren 1952 var en lille forskel mellem de to damme til fordel for Pape-dammen, men at forskellen er blevet mindre og mindre. Ved de sidst foretagne undersøgelser er de to damme med hensyn til de undersøgte dyr og planter så ens, som to damme overhovedet kan være. Biologisk set har der således ikke kunnet konstateres nogen forskel i anlæggenes rensningseffektivitet.

Også i sommeren 1952 blev der foretaget forsøg med udsætning af fisk i dammene. På forskellige tidspunkter mellem den 30. 6. og 15. 9. blev der i de forskellige damafsnit udsat i alt 11 karudser og 35 rødskaller i hver af de to damme. Indtil den 15. 10. fandtes 1 død karudse og 30 døde rødskaller i Pape-dammen, 2 døde karudser og 18 døde rødskaller i kontroldammen. Ved elektrofiskning den 15.—17. oktober fandtes 10 karudser og 11 rødskaller i Pape-dammen, 7 karudser og 17 rødskaller i kontroldammen. Der mangler således regnskab for 4 rødskaller i Pape-dammen og 2 karudser i kontroldammen, men dette kan ikke forrykke den almindelige bedømmelse, at fiskene har levet nogenlunde ligegodt i de to damme.

Medens alle de fundne døde fisk var skimmelbefængte, var alle de ved elektrofiskning fundne fisk tilsyneladende sunde med blank overflade og i god foderstand. Det sås også, at karudserne var vokset kendeligt under forsøget.

8. forsøgsperiode sommeren 1953 (forsøgsanlæg VI).

De af spildevandskomiteen iværksatte og bekostede forsøg sluttede med 7. forsøgsperiode. Da der imidlertid fremkom forskellige ønsker

om supplerende forsøg, og man nu havde forsøgsanlægget liggende, blev der i sommeren 1953 foretaget forskellige undersøgelser, dels af Københavns kommunes kloakkontor, dels af Københavns universitets hygiejniske institut. Disse undersøgelser er ikke bekostet af spildevandskomiteen.

Civilingeniør Pape havde været utilfreds med, at der ikke under de foregående forsøg var foretaget en virkelig afblæsning af svovlbrinten i spildevandet. Ved forsøgene i sommeren 1953 skete dette ved, at man fra et kompressoranlæg blæste luft gennem spildevandet i en særlig afluftningsbrønd J (se bilag 2) og derved fjernede største delen af svovlbrinten. Inden de sidste forsøg udførtes, blev der desuden lagt et lag slagger i bunden af de to damme, idet ingeniør Pape havde ment, at der før havde dannet sig anaerobe „lommer“ i kontroldammen, men ikke i Pape-dammen. Ved de foretagne kemiske og biologiske undersøgelser, udført af henholdsvis kloakkontoret og cand. mag. Erik Jørgensen, viste der sig dog ikke nogen forskel af betydning på Pape-anlægget og kontrolanlægget. Rensningen var god i begge anlæg.

Angående resultaterne af de bakteriologiske undersøgelser henvises til efterfølgende afsnit:

Bakteriologiske undersøgelsesresultater.

De på Hygiejnisk Institut foretagne bakteriologiske undersøgelser omfatter kun enkelte forsøgsperioder og har som regel alene været en undersøgelse for reduktion i antallet af fækale indikator-bakterier, mens kimtal på agar og gelatine kun er medtaget to gange, nemlig i første forsøgsperiode (24. 5. 50) og ved sidste undersøgelsesrække i september 1953. Endvidere er der dyrket sulfatreducerende mikrober (*Desulfovibrio desulfuricans*) fra afskrabet slam fra 1. lægtefilter og fra bundslam fra 1. lægtefilter.

Af indikatorbakterier er der undersøgt for coliforme efter modificeret „Dansk Standard for vandundersøgelser“ med primær inkubering ved 43° i 1., 4., 6. og 7. forsøgsperiode og efter „Dansk Stan-

	1. forsøgsperiode Maj 1950		4. forsøgsperiode November 1950					
	Agar v. 37°	Colif.	Colif.	perfr.	Colif.	perfr.	Colif.	perfr.
1. A.	10 ⁷	2,4 × 10 ⁶	6,2 × 10 ⁶	250	3,5 × 10 ⁸	100	1,4 × 10 ⁷	200
B.	10 ⁵	1, × 10 ⁵	2,8 × 10 ³	130	2,8 × 10 ⁵	100	1,7 × 10 ⁵	100
C.			1,4 × 10 ⁴	70	4 × 10 ²	50	7 × 10 ²	20
4.								
5.	10 ⁵	5,4 × 10 ²	5,4 × 10 ³	40	1 × 10 ²	95	1 × 10 ³	20
5a.								
7.								
7a.	10 ⁵	5,4 × 10 ⁴	5,4 × 10 ³	40	1 × 10 ²	95	1 × 10 ³	20
6.								
8.							5 × 10 ²	30

dard" og den engelske „39-standard" (Mac Conkey's medium) i september 1953; ved denne er de coliforme stammer identificeret som coli type I. Der er undersøgt for sulfitreducerende sporedannere (Cl. perfringens) i de samme forsøgsrækker og for enterococcer (Str. faecalis) i september 1953.

Metodiken ved disse undersøgelser har således ikke været helt ens, ligesom anlæggets driftsmåde også har varieret, hvorfor resultaterne ikke er direkte sammenlignelige; til tabellens oversigt over de vigtigste resultater skal derfor knyttes et skøn over deres betydning. Talværdierne i det følgende refererer alle til 1 ml.

Kimtallene på agar viser kun en ringe reduktion gennem Pape-anlægget fra størrelsesordenen ca. 10⁹ ved indgangen i anlægget til ca. 10⁸ efter den anaerobe behandling. Filterbehandlingen reducerer tilsvarende antallet fra 10⁸ til 10⁷. Kimtælling på gelatine er kun foretaget ved septemberundersøgelsen 1953 og viser en samlet reduktion fra 10¹⁰ til 10⁶. Kontrolanlægget viser kun ubetydeligt større tal. Disse resultater svarer til materialer fra andre anlæg.

En sammenligning mellem de forskellige resultater af *coliundersøgelsen* viser, at reduktionen her er af samme størrelsesorden ved

TABEL 1.

		6. forsøgsperiode Oktober 1951		7. forsøgsperiode August 1952 September 1952				
Colif.	perfr.	Colif.	perfr.	Colif.	perfr.	Colif.	perfr.	
$1,4 \times 10^7$	200	7×10^7	400			$1,3 \times 10^5$	200	1.
		1×10^8	450			$2,3 \times 10^5$	250	A.
$1,7 \times 10^3$	80	2×10^6	500			$1,7 \times 10^5$	200	B.
		4×10^6	300			$1,1 \times 10^5$	400	C.
		1×10^4	105	$3,3 \times 10^2$	70	4×10^2	90	4.
$9,5 \times 10^2$	30					$3,4 \times 10^2$	22	5a.
		5×10^2	200	$3,5 \times 10^3$	200	$3,4 \times 10^3$	25	7.
2×10^2	70					$1,4 \times 10^3$	33	7a.
7×10^3	20	$1,2 \times 10^3$	77	$2,4 \times 10^2$	43	$1,3 \times 10^2$	18	6.
		$2,7 \times 10^3$	130	$3,4 \times 10^2$	100	$1,4 \times 10^3$	27	8.

de skiftende driftsmåder. Et gennemsnit af resultaterne er ganske instruktivt, omend insignifikant. Det indkomne vand indeholder 10^7 coliforme, efter den anaerobe behandling reduceret til 10^5 , efter den aerobe atter igen fra 10^5 til 10^3 . Kontrolanlægget alene viser ganske tilsvarende en reduktion fra 10^7 til 10^3 i såvel pkt. 7 som 8.

Et tilsvarende gennemsnit af tællingerne af *sulfitreducerende anaerobe* (Cl. perfringens) viser en reduktion fra 211 til 120 i den anaerobe del (57 %) og fra 120 til 70 (58 %) i den aerobe, hvorefter antallet yderligere reduceres gennem dammen til 30 ved pkt. 6. I kontrolanlægget sker en reduktion fra 211 til 120 på filteret og yderligere en reduktion fra 120 til 74 gennem kontroldammen.

Meget instruktivt har den ene bestemmelse af *enterococcer* været, idet disse ved den anaerobe behandling reduceres fra 10^7 til 10^5 , og ved den påfølgende aerobe fra 10^5 til 140, mens kontrolfiltret ned-sætter deres antal fra 10^7 til 3000. Gennem dammene sker der en udligning af tallene, således at pkt. 6 endog ligger lidt højere end pkt. 8.

Disse gennemsnitstal antyder, at antallet af anaerobe sulfitreducerende sporedannere reduceres mere i Pape-anlægget end i kontrol-

anlægget som følge af den anaerobe forbehandling, mens de fakultativt anaerobe (coli og enterococcer) forholder sig i det væsentlige ens og i hvert fald ved pkt. 6 og 8 ikke afviger sikkert fra hinanden. Septemberundersøgelsen 1953 viser disse forhold klart (tabel 2). Der ses her væsentlig større nedgang i tallene for coliforme, str. faecalis og anaerobe sporedannere fra pkt. 1 til 5 a end fra pkt. 1 til 7 a; men antallet af de fakultativt anaerobe udlignes i dammene, medens de anaerobe holder sig uforandret lavere.

TABEL 2. Septemberundersøgelsen 1953.

(8. forsøgsperiode)

Antal organismer pr. ml.

	Gel. 21°	Agar 37°	Colif. „DS“	Colif. 39 st.	Str. faecalis	Sulf. red.	Eh m. V.	pH
1.	1×10^{10}	1×10^9	$1,7 \times 10^6$	$1,1 \times 10^6$	$1,8 \times 10^7$	130	÷ 180	7,6
4.	2×10^{10}	1×10^8	$5,4 \times 10^4$	$2,4 \times 10^4$	$5,4 \times 10^5$	120	÷ 230	7,4
4a.	4×10^8	2×10^8	$1,7 \times 10^5$	$3,5 \times 10^4$	$4,3 \times 10^6$	120	÷ 210	7,6
5a.	$1,3 \times 10^8$	4×10^7	$2,2 \times 10^2$	$3,3 \times 10^2$	$1,4 \times 10^2$	9	+ 85	8,1
7a.	2×10^6	1×10^6	$2,2 \times 10^3$	$1,7 \times 10^3$	$2,6 \times 10^3$	72	+ 100	7,9
6.	2×10^6	1×10^6	$1,7 \times 10^3$	$2,4 \times 10^2$	$3,5 \times 10^2$	0,6	+ 85	7,8
8.	2×10^7	2×10^7	$3,3 \times 10^2$	$2,4 \times 10^2$	$1,1 \times 10^2$	25	+ 90	7,8

Af de isolerede anaerobe sporedannere, dyrket ved 48°, er næsten alle identificerede som Cl. perfringens. Dyrkning af nogle af slamprøverne har voldt vanskeligheder ved 48° og er foretaget ved 37°. Heraf var 89,7 % Cl. perfringens. Totalmaterialet (omfattende prøver fra maj 1953 til oktober 1953) udgør ialt 241 isolerede stammer, hvoraf 94,2 % var Cl. perfringens. Kun 27,4 % fandtes i renkultur, og de forurenende mikroorganismer har navnlig været Str. faecalis og Cl. dissolvens. Også disses forekomst kan ligesom iagttagelsen af sporulerende clostridier få betydning for vurderingen; således viser pkt. 4 og 5 et mindre antal forurenende mikrober, men til gengæld sporulerende Cl. perfringens, hvilket antyder en større intensitet af og mulighed for anaerobe processer.

Efter opholdet i lægtefiltrene får vandet et lavere pH, ligesom redoxpotentiallet falder, men efter biologisk filter og iltningstrappe bliver redoxpotentiallet positivt og pH højere.

Konklusion af de bakteriologiske undersøgelser.

Til de foran nævnte resultater har professor, dr. med. Poul Bonnevie knyttet følgende konklusioner og teoretiske betragtninger:

En forskel på de to anlæg i bakteriologisk henseende antydes alene af tallene for *Cl. perfringens*. Denne forskel går igen ved de fleste foretagne bestemmelser, men kommer tydeligst frem i undersøgelsen fra september 1953. Antallet af *Cl. perfringens* er oftest lavere ved pkt. 5 end ved pkt. 7, og denne forskel bevares gennem damanlæggene. Således udgør antallet ved pkt. 5 i gennemsnit 35 % af antallet ved pkt. 7 og tilsvarende ved pkt. 6 kun 43 % af pkt. 8.

Cl. perfringens er ikke den proteinnedbrydende mikrobe par excellence, men den er strengt anaerob, smelter gelatine og nedbryder kendte medier under dannelse af lavere organiske syrer samt kuldioxid og brint. Den kan påvises i store mængder i koncentreret slam (10^6), ligesom den findes i stort antal i det rå spildevand (10^3) og i almindelighed bliver reduceret gennem biologisk renseanlæg til størrelsesordenen 10^2 .

Cl. perfringens's større elimination i et anaerobt forbehandlet spildevand kunne tyde på, at betingelserne for en senere anaerobiose er blevet ringere end i det alene på biologisk filter rensede spildevand.

Da civilingeniør Pape (i „Stads- og Havneingeniøren“, okt. 1951: Anaerob behandling af afløbsvand) har anført, at der kun er en gradsforskel mellem at rense kloakvand og visse typer af grundvand, må det fremholdes, at bakteriefloraens afgørende forskel i de to tilfælde taler mod dette. Hans udgangspunkt, at de nævnte grundvandstypers indhold af metan og svovlbrinte fremmer dannelsen af aktive aerobe filterhinder af methanomonas og talrige andre mikroorganismer, er dog en vægtig støtte for at udnytte anaerobe proces-

ser, der medfører dannelsen bl. a. af de nævnte luftarter, i forløbet af spildevandsrensningen, hvilket andre erfaringer også taler for.

Forsøgsanlægget bygger på det princip, at de sedimenterbare bestanddele behandles anaerobt for sig i rådnetank og det afslammede vand for sig. I naturen foregår imidlertid hele den anaerobe omsætning på eet sted, hvorved de synergistiske processer, der herunder finder sted, betinger, at energigivende processer afløber sammen med energikrævende, hvortil de indledende anaerobe proteinnedbrydninger hører. Dette gælder specielt de af civilingeniør Pape tilstræbte, hvorved proteinstoffer tænkes nedbrudt til luftarterne CH_4 , H_2S og NH_3 . At opnå dette vil i hvert fald kræve lang tid og optimale betingelser, idet proteinstoffernes nedbrydning går over organiske syrer, aminer, merkaptaner, kadaverin, putrescin, aminosyrer m. v., som sammen med de nævnte luftarter vil være de sandsynligste endeprodukter ved en mere ufuldstændig nedbrydning. Hverken opholdstiden eller temperaturforholdene i Pape-anlæggets lægtefiltre har efter resultaterne at dømme kunnet føre processerne til ende. Det må her erindres, at de anaerobe enzymatiskbakterielle omsætninger har temperaturoptima $> 30^\circ$. De indledende hydrolytiske enzymprocesser vil derimod kunne finde sted ved lavere temperatur og kortere ophold.

Den i Pape-anlægget skete proteinomsætning kan søges vurderet ved de i lægtefiltrene dannede luftarter og ved svovlforbindelsernes og kvælstofforbindelsernes nedbrydning.

De dannede gasarter (se side 14) er i sammensætning forskellig fra slamrådnetankgas, og dette støtter formodningen om, at der i modsætning til i slamrådnetanke sker en væsentlig nedbrydning af proteinstoffer i lægtefiltrene.

Der dannes rigelig svovlbrinte i lægtefiltrene, ligeledes i modsætning til i slamrådnetanken, og sulfidindholdet i slam fra lægtefiltrene er ved undersøgelser på Hygiejnisk Institut fundet at være langt større end i rådnetankslam:

mg S/l	S÷÷	SO ₄ ÷÷	Total S
Råt spildevand	3,81	45,0	59,3
Rådnetank (R III)	1,2	46,1	56
Papeslam	51,6	33,8	for lidt til analyse

Af svovlanalyserne fra 1952 kan ikke med sikkerhed udledes, at det dannede S⁻ hidrører fra proteinnedbrydning, idet analyseresultaterne vil kunne forklares ved, at al det dannede S⁻ stammer fra en reduktion af vandets sulfat; men omvendt udelukkes ikke, at en del S⁻ hidrører fra proteinnedbrydning. (Der er som omtalt påvist den sulfatreducerende *Desulfovibrio desulfuricans* i slammen).

Slutresultatet af proteinnedbrydningen bedømt ved svovlomsætningen viser ikke nogen afgørende forskel på de to anlæg, og det samme fører betragtninger over kvælstof-omsætningerne til. Da proteinomsætningen således synes at foregå omtrent lige så godt på kontrolfilteret, ligger den konklusion nær, at der ved den anaerobe forbehandling i Pape-anlægget højst kan ske en gavnlig, omend utilstrækkelig indledning af anaerobe processer, der giver Pape-anlægget med biologisk filter et forspring for kontrolfilteret. På dette vil for en stor del de samme — såvel indledende anaerobe som efterfølgende aerobe — processer finde sted, ligesom det ikke må glemmes, at der allerede i kloaksystemet og sedimenteringstanken indledes anaerobe omsætninger, også i det vand, der er tilført kontrolfilteret.

Analyser og undersøgelser.

Forsøgene er som nævnt udført på Københavns kommunes renseanlæg ved Damhusåen. Forsøgsanlæggene er projekteret og udført af stadsingeniørens direktorats kloakkontor under ledelse af overingeniør Kai Rehof og afdelingsingeniør A. Skadhauge i samarbejde med civilingeniør Pape. Det daglige tilsyn med anlæggene og med forsøgene med fisk er udført af civilingeniør Vagn Rønne. De fleste kemiske analyser (iltforbrug med kaliumpermanganat, biokemisk ilt-

forbrug og kvælstofbestemmelser) samt bestemmelse af pH og opløst ilt er foretaget af kloakkontoret under ledelse af civilingeniør Ole Malchow-Møller, medens svovlbestemmelserne og enkelte andre kemiske analyser er foretaget af Alfred Jørgensens gæringsfysiologiske laboratorium. De biologiske undersøgelser er foretaget af cand. mag. Erik Jørgensen og fuldmægtig E. Fjerdingstad. De bakteriologiske undersøgelser er foretaget på Universitetets hygiejniske Institut under ledelse af professor, dr. med. Poul Bonnevie af lægerne N. Hvid-Hansen og G. J. Bonde.

Resumé.

Forsøgene blev påbegyndt i april 1950, men i begyndelsen viste det sig nødvendigt med visse mellemrum at ændre ved forsøgsanlæggene, og arbejdet i tiden mellem april 1950 og september 1951 må derfor anses for forarbejder, der var nødvendige for at komme frem til det endelige forsøgsanlæg.

Man vil derfor i det følgende kun betragte de resultater, der er fremkommet i tiden fra september 1951 til efteråret 1953, nemlig forsøgene med forsøgsanlæggene IV, V og VI.

Som grundlag for en endelig bedømmelse af forsøgene skal der af den foregående fremstilling uddrages følgende udtalelser vedrørende de forskellige forsøgsresultater:

I oktober 1951 (se foran side 22) anfører cand. mag. Erik Jørgensen, at tilstanden i kontroldammen var noget bedre end i Papedammen. I begge damme var vandet i tilløb, afløb og i selve dammen klart og pænt. Tilstanden i Papedammen må betegnes som α -mesosaprob, i kontroldammen α - β -mesosaprob.

Fuldmægtig E. Fjerdingstads biologiske undersøgelser giver det samme billede af tilstandene, og endelig viste de bakteriologiske undersøgelser ingen større forskel på afløbene i bakteriologisk henseende.

I perioden fra *maj til september 1952* var (side 25) både iltforbrug med kaliumpermanganat og bi_5 noget bedre i Pape-afløbet

end i kontrol afløbet (henholdsvis 21 og 25 mg/l samt 9,2 og 10,5 mg/l).

I hele forsøgsperioden har indholdet af total-kvælstof og nitrat-kvælstof været lidt større i Pape-afløbet end i kontrol afløbet, men for indholdet af ammoniak- og nitrit-kvælstof har forholdet været det modsatte.

Med hensyn til indholdet af total-svovl og sulfat-svovl er forholdet det, at der i Pape-anlægget har været lidt mindre end i kontrol afløbet (henholdsvis 37,4 mg/l mod 39,4 mg/l og 32,1 mg/l mod 37,7 mg/l). Indholdet af sulfid-svovl har gennemsnitligt været det samme (0,7 mg/l) i afløbet fra de to anlæg.

Alt i alt er indholdet af svovl altså gået noget mere ned i Pape-anlægget end i kontrol anlægget.

pH-værdierne (side 26) har i Pape-afløbet vist en svagt stigende tendens, i kontrol dammen en svagt faldende, men forskellen er ikke stor.

Indholdet af opløst ilt har som helhed været noget større i Pape-anlægget end i kontrol anlægget.

Hovedresultatet (side 28) af de biologiske undersøgelser er, at der i sommeren 1952 var en lille forskel mellem de to damme til fordel for Pape-dammen, men at forskellen er blevet mindre og mindre. Ved de sidst foretagne undersøgelser er de to damme med hensyn til de undersøgte dyr og planter så ens, som to damme overhovedet kan være. Biologisk set har der således ikke kunnet konstateres nogen forskel i anlæggenes rensningseffektivitet, og der kunne (side 35) heller ikke påvises nogen afgørende forskel på de to anlæg i bakterielogisk henseende.

Med hensyn til de i dammene udsatte fisk var hovedresultatet, at fiskene har levet nogenlunde lige godt i de to damme.

I forsøgsperioden sommeren 1953 (anlæg VI) blev der bl. a. foretaget en luftgennemblæsning efter de anaerobe brønde i Pape-anlægget, men (side 29) ved de foretagne kemiske og biologiske undersøgelser viste der sig ikke nogen forskel af betydning på Pape-anlægget og kontrol anlægget. Rensningen var god i begge anlæg.

Universitetets hygiejniske Institut har udført nogle specielle bakteriologiske undersøgelser og udtaler (side 33), at en forskel på de to anlæg i bakteriologisk henseende antydes alene af tallene for Cl. perfringens.

I øvrigt udtaler professor Bonnevie, at slutresultatet af protein-nedbrydningen bedømt ved svovlomsætningen ikke viser nogen afgørende forskel på de to anlæg, og det samme gælder betragtninger over kvælstofomsætningerne og de biologiske bedømmelser.

Da Pape-anlægget indeholder en særlig anaerob afdeling foruden de samme enheder som kontrolanlægget og som følge heraf også er betydelig dyrere at bygge, måtte man på forhånd vente at få bedre resultater i Pape-anlægget.

De i det foregående refererede hovedresultater giver imidlertid ikke holdepunkter for, at der er en afgørende forskel mellem de rensningsresultater, der kan opnås ved et Pape-anlæg og et anlæg af hidtil almindelig anvendt type med biologisk filter umiddelbart efter afslamningen, selv om nogle resultater viser en svag tendens til fordel for Pape-anlægget.

ENGLISH SUMMARY

Some experiments on Anaerobic Treatment of Sewage.

Mr. C. H. V. Pape, chief chemist of the Copenhagen water works, in articles in the technical press, threw doubt upon the principles normally followed in the biological treatment of sewage. He contended that, after efficient sedimentation, the sewage should first be subjected to anaerobic treatment, then to aerobic treatment followed by secondary settlement and, finally, to aeration.

Others, among them Prof. K. Erik Jensen, Dr. techn., refuted this contention and affirmed that satisfactory biological purification can be attained by aerobic methods alone, even though anaerobic pre-treatment of the sewage is not unusable.

The fact that the condition of several watercourses, receiving fairly well purified water from disposal works of the usual type, was unsatisfactory, both in appearance and quality, lent support to Mr. Pape's criticism.

In 1950 the Sewage Disposal Committee of the Danish Institution of Civil Engineers resolved, therefore, to build an experimental plant to ascertain to what extent sewage is benefited by anaerobic treatment and the effect of an effluent so treated upon the recipient.

The experimental plant was constructed at the Damhus Brook sewage disposal works of the City of Copenhagen, and was supplied with effluent from the works primary settling tanks.

The tests were begun in April 1950, but as it was necessary to alter the experimental plant from time to time, the period between April 1950 and September 1951 must be regarded as preparatory and leading to the final arrangement of the experimental plant.

The results proper were those obtained in the period between September 1951 and the autumn of 1953 with the plant (experimental Plant IV) shown on the diagram Appendix 2. It comprised actually two plants, viz.:

The Pape Plant:

A: tank with lath filter for anaerobic treatment.

B:

"

C:

"

G: biological trickling filter.

H: secondary settling tank.

P: artificial pond.

and the *Control Plant:*

E: biological trickling filter.

F: secondary settling tank.

K: artificial pond.

The only difference between the two plants was, that the Pape Plant had 3 anaerobic tanks inserted in front of the filter.

The total effective volume of the anaerobic tanks, A, B and C, was 5.9 m³, the volume of each filter was 17 m³ and each secondary settling tank 3.5 m³.

The plants were supplied with settled domestic sewage, about 0.2 litre per sec. to each (2.6 gallons per minute).

A series of chemical, biological, and bacteriological investigations were made to determine the effectiveness of the plants, and the condition of the water in the ponds, also trials to ascertain whether fish were able to live in the latter.

The experimental plants were designed and constructed by the Municipal Sewerage Division of Copenhagen under the direction of the Chief Engineer Mr. Kai Rehof and Section Engineer Mr. A. Skadhauge, in co-operation with Mr. Pape. Mr. Vagn Rønne was in charge of the works and supervised the fish tests. Most of the chemical analyses were made in the laboratory of the Sewerage Di-

vision under the supervision of the chemist Mr. Ole Malchow-Møller.

The biological examinations were made by Mr. Erik Jørgensen, cand. mag. and Mr. E. Fjerdingsstad. The bacteriological examinations were carried out at the Institute of Hygienics of the University of Copenhagen, under the supervision of Professor Poul Bonnevie M.D. together with Mr. N. Hvid-Hansen M.D. and Mr. G. J. Bonde M.D.

As a basis for final judgment of the experiments the following statements concerning the various results may be given:

In Oct. 1951 Mr. Jørgensen stated that conditions in the control pond were somewhat better than in the Pape pond. The influents and effluents of both ponds, as well as the water in the ponds themselves were clear. Conditions in the Pape pond may be classed as α -mesosaprobic and in the control ponds as α - β -mesosaprobic.

Mr. Fjerdingsstad's biological examination indicated the same picture of the conditions. The bacteriological tests showed no great difference between the effluents.

From May 1952 until Sept. 1952 the oxygen demand with KMnO_4 , and the B.O.D. were somewhat better in the Pape effluent than in the control effluent. (21 against 25 p.p.m. and 9.2 against 10.5 p.p.m. respectively).

During the entire experimental period the content of total nitrogen and nitrate-nitrogen was a little greater in the Pape effluent than in the control effluent, while the opposite was the case for ammonia and nitrite-nitrogen.

The Pape plant effluent contained less total sulphur and sulphate-sulphur than the control plant (37.4 p.p.m. against 39.4 p.p.m. and 32.1 p.p.m. against 37.7 p.p.m. respectively). The average amount of sulphite-sulphur was the same (0.7 p.p.m.) in the effluents from both works.

Taken as a whole, the sulphur content was a little lower in the Pape plant effluent than in that from the control plant.

In the Pape effluent the pH-values showed a slight upward tendency while they fell slightly in the control pond, but the difference was insignificant.

The amount of dissolved oxygen in the effluents was, in general, somewhat greater with the Pape plant than the control plant.

The biological investigation shows mainly that during the summer of 1952 there was a slight difference in favour of the Pape pond, which, however, gradually grew less. The latest examinations show, as regards the animal and plant organisms surveyed, that both ponds are as like as can be. Biologically therefore, no difference in the purifying effect of the two plants could be found, nor could any significant difference be found between them bacteriologically.

The tests with fish proved that, essentially, they thrived equally well in both ponds.

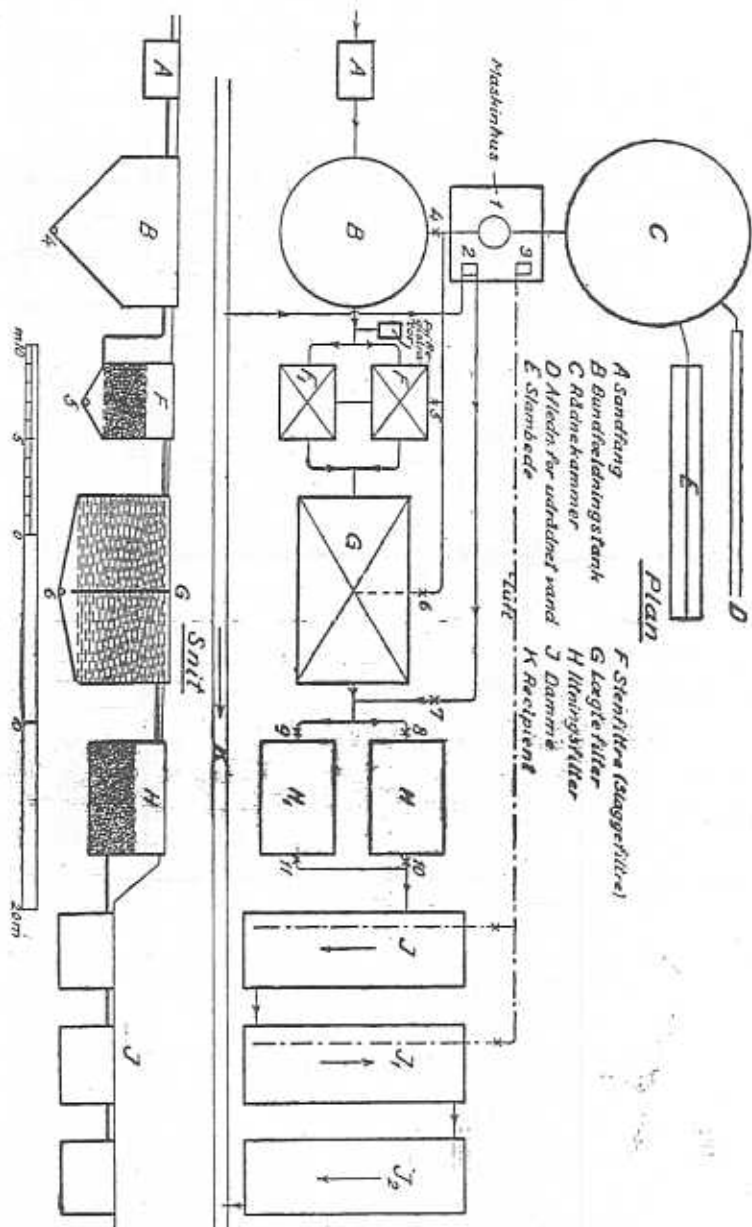
During the experimental period of the summer of 1953, compressed air was blown through the effluent from the Pape anaerobic tanks. Neither chemically or biologically, however, could any noteworthy difference be found between the effluents from the two plants. The purification in both cases was satisfactory.

The Institute of Hygienics of the University of Copenhagen made some special bacteriological examinations and states that the only indication, bacteriologically, of any difference between the two plants is in the figures for *clostridium perfringens*.

As the Pape plant includes a special anaerobic unit, in addition to the same units as in the control plant, and consequently costs considerably more to build, it could be anticipated, that the former would yield improved results.

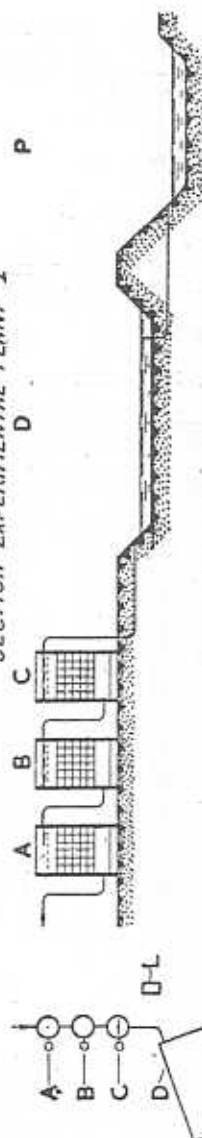
The results referred to in the foregoing, notwithstanding that in some respects they are faintly in favour of the Pape plant, afford no basis, however, for assuming that there is a decisive difference between the purification effected by a plant of the Pape type and one of the type usually employed, with biological filtration immediately following sedimentation.

BILAG 1.

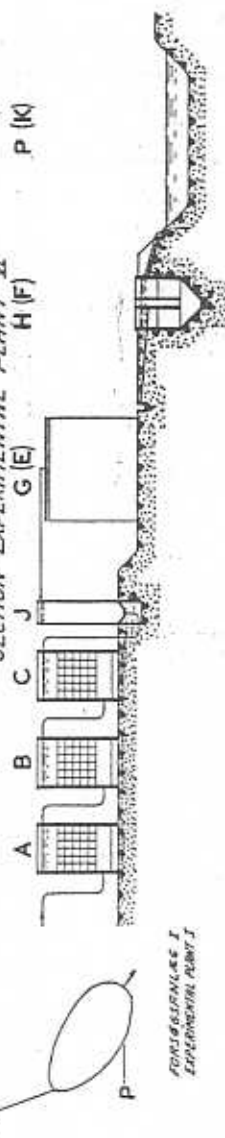


BILAG 2.

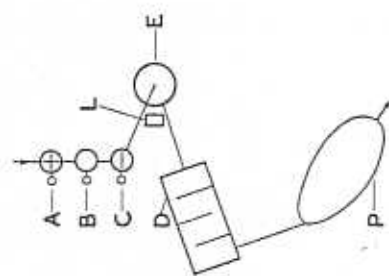
SNIT I FORSØGSANLÆG I
SECTION EXPERIMENTAL PLANT I



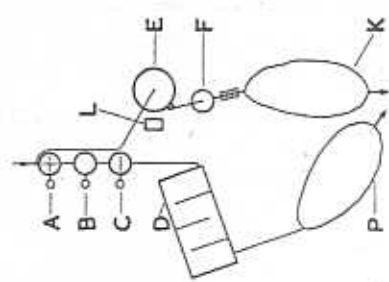
SNIT I FORSØGSANLÆG III
SECTION EXPERIMENTAL PLANT III



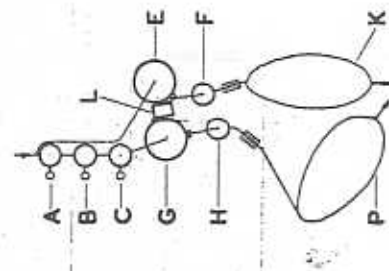
FORSØGSANLÆG I
EXPERIMENTAL PLANT I



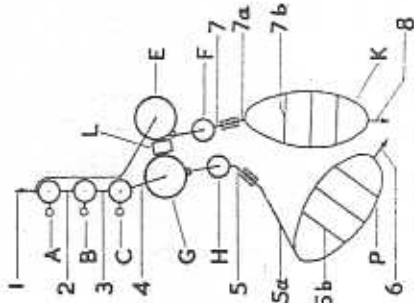
FORSØGSANLÆG I
EXPERIMENTAL PLANT I



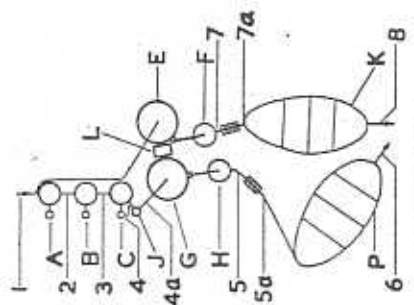
FORSØGSANLÆG II
EXPERIMENTAL PLANT II



FORSØGSANLÆG III
EXPERIMENTAL PLANT III



FORSØGSANLÆG IV
EXPERIMENTAL PLANT IV



FORSØGSANLÆG V
EXPERIMENTAL PLANT V

- A BØRND MED LIGTEFILTER FOR ANÆROB BEHANDLING
- B JØN "A"
- C BØRND MED LIGTEFILTER FOR EITNER AÆROB ELLER ANÆROB BEHANDLING
- D LUFTNINGSBÆLSE
- E BØRND MED LIGTEFILTER
- F EITNERANSTÆT
- G JØN "E"
- H JØN "F"
- J AÆLUFTNINGSBÆLSE
- K KUNSTIG DÆK
- L KOMPRESSOR FOR LUFT - BEHÆLSEL
- P JØN "A"

TAL: ANVÆRER

FIGURES: SAMPLING POINTS

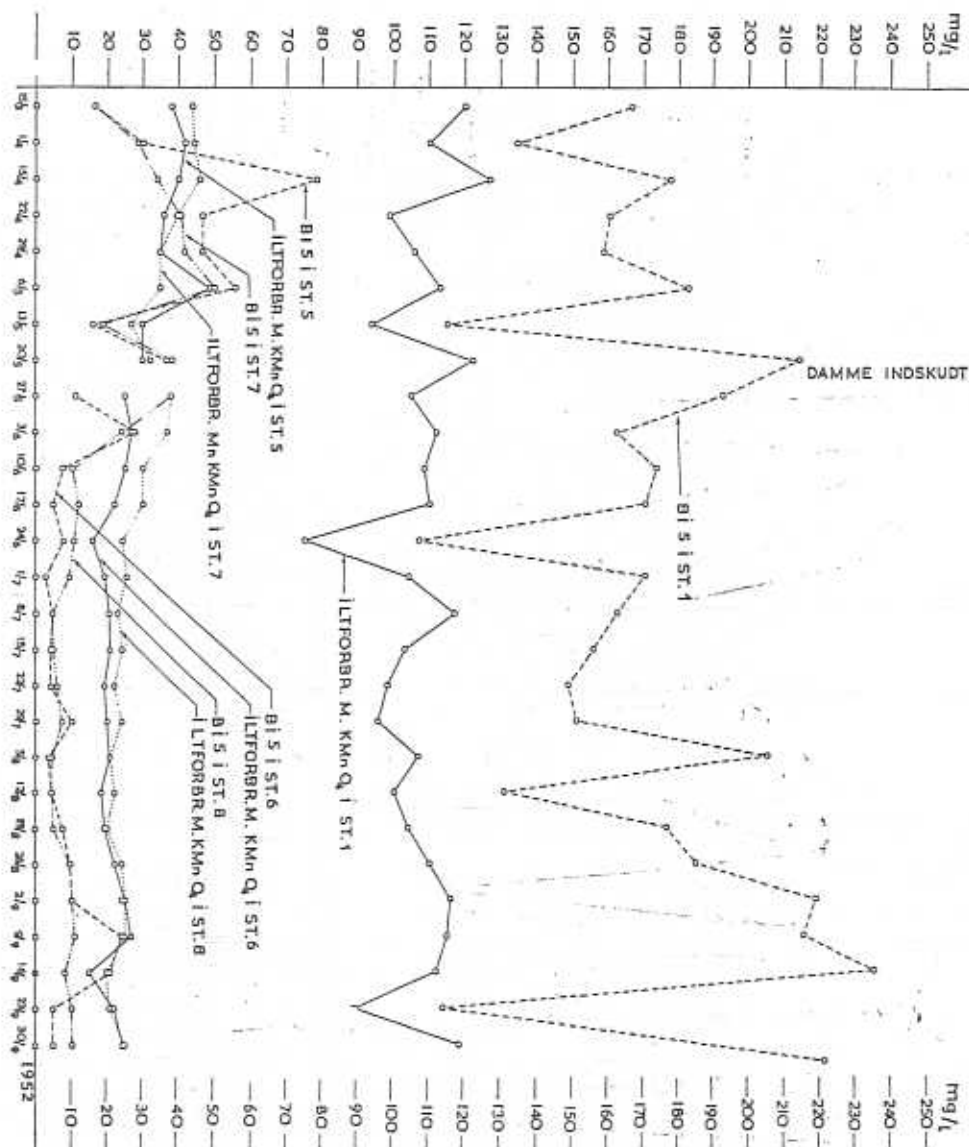
BILAG 3.

GENNEMSNITSTAL FOR PERIODEN 27/5 - 30/9

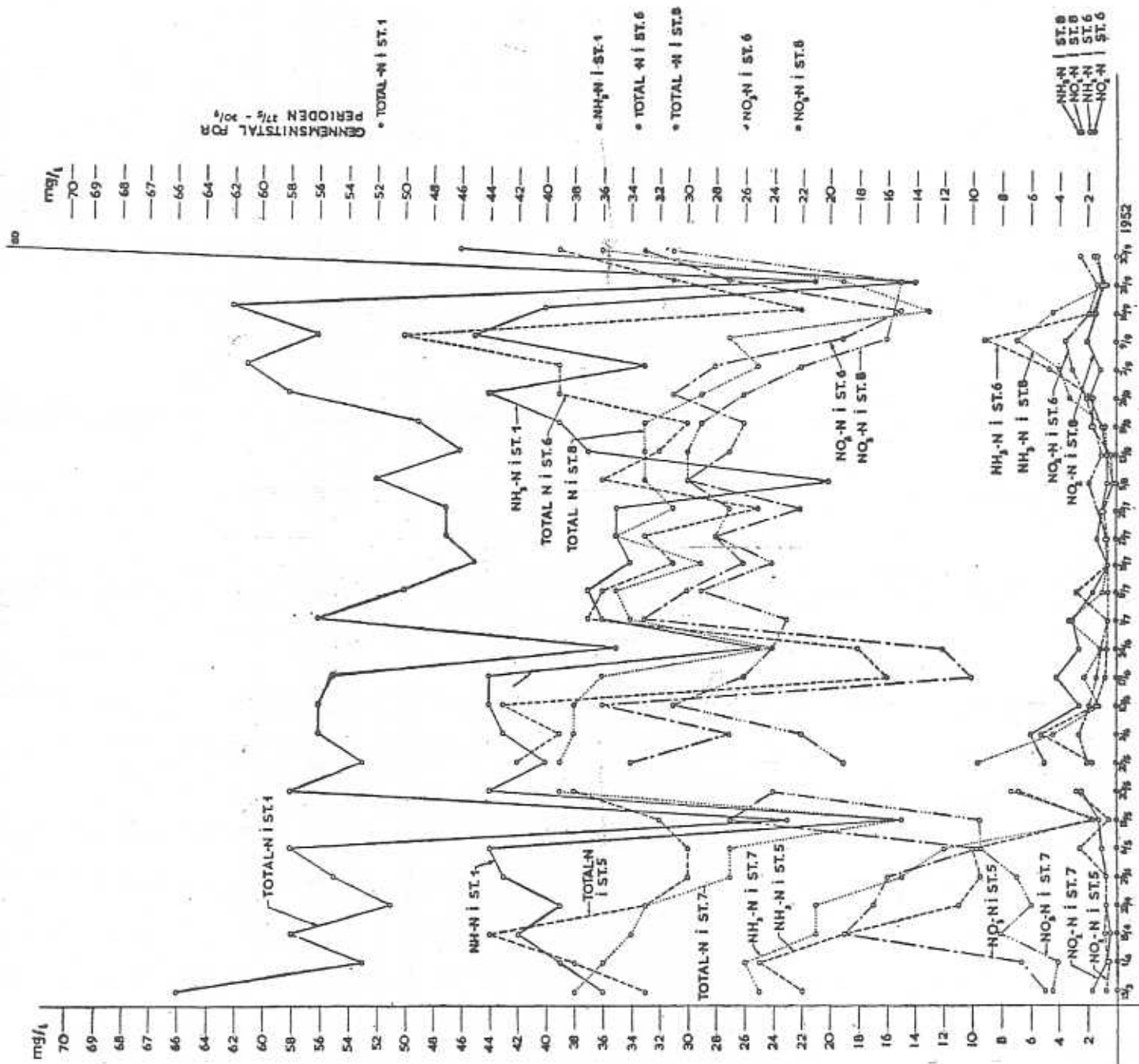
• B15 i ST. 1

• LTFORBR. M. KMnQ i ST. 1

• LTFORBR. M. KMnQ i ST. 6
• B15 i ST. 6
• LTFORBR. M. KMnQ i ST. 6
• B15 i ST. 6



BILAG 4.



BILAG 5.

Date	Total-group										Subid-group										Subfat-group									
	1	2	3	4	5	6	7	7b	8	1	2	3	4	5	5b	6	7	7b	8	1	2	3	4	5	5b	6	7	7b	8	
29-7	51,6	58,7	59,6	68,7	39,4	31,8	42,9		33,1	5,5	13,3	18,9	12,5	0,04		0,5	0,8		41,8	34,6	27,5	26,7	36,2		27,5	35,9		30,9		
5-8	49,4	62,3	65,2	74,6	36,7	36,9	42,2		44,8	7,6	19,5	31,9	35,6	1,9		1,6	1,6		2,5	38	29,7	25	18	34,4		31,6	38,7		42,3	
12-8	52,5	50,7	42,6	51,3	34,8		43,1		38,9	8,7	18,7	22,0	32,5	0,7		0,4	1,1		37,2	27,4	20,6	18,8	32,8		31,4	38,8		36,4		
19-8	59,0	62,5	66,9	81,0		41,6	42,3		45,3	41,4	13,6	22,3	22,3	37,0		1,3	0,6	0	41,3	34,8	24,4	20,4		31,8	30,4		39,1	40,5		
26-8	50,7	56,2	62,0	66,4		35,3	38,4		40,9	39,2	8,6	20,4	22,2	30,2		0,3	0,5	0	40,0	33,0	25,6	17,3		32,5	35,8		37,2	38,5		
2-9	51,2	51,0	58,0	72,4		33,6	39,2		49,7	39,8	10,9	21,4	29,1	36,6		0,6	0,7	0,7	39,6	27,4	24,6	20,6		31,8	35,4		37,4	37,8		
9-9																														
16-9	51,4					71,6	39,6	37,6		40,4	44,7	42,2	38,8	10																
23-9																														
30-9																														
sum	373,8	341,4	354,3	486,0	150,5	148,1	262,0	172,9	178,1	276,0	64,9	115,6	146,4	238,4	4,14	3,12	4,4	1,1	5,1	273,8	186,9	147,7	141,7	129,2	186,1	224,8	155,6	150,4	264,2	
average	51,4	56,9	59,1	69,4	37,6	37,0	37,4	43,2	44,5	39,4	9,3	19,3	24,4	34,2	1,0	0,8	0,7	1,2	0,3	0,7	39,1	31,2	24,6	20,2	32,3	31,5	32,1	38,9	37,6	37,7

[illegible]