



**National Library  
of Sweden**

Denna bok digitaliserades på Kungl. biblioteket år 2012

x. A

STATENS OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1955: 18

*Inrikesdepartementet*



---

**Undersökningar rörande  
små avloppsreningsanläggningar**

*1950 års avloppsutredning*

---

*Stockholm 1955*

# Statens offentliga utredningar 1955

## Kronologisk förteckning

---

1. Lag om jordbrukskasserörelsen m. m. Kihlström. 160 s. **Jo.**
2. Stöd åt den mindre och medelstora skeppsfarten. Idun. 280 s. **H.**
- 3 o. 4. Nordiska post- och teletaxor. Idun. 37 s. **U.**
5. Prissättningen på jordbruksprodukter. Bilaga 1. Marcus. 101 s. **Jo.**
6. Vattenvården. Hæggström. 133 s. **Jo.**
7. Det mindre jordbrukets möjligheter att uppnå bättre lönsamhet. Berlingska Boktryckeriet, Lund. 402 s. **Jo.**
8. Tvätt. Kihlström. 368 s. **S.**
9. Frågan om statsinlösen av stamaktierna i LKAB. Marcus. 181 s. **Fl.**
10. Vidlyftiga rättgångar. Norstedt. 72 s. **Ju.**
11. Psykologisk utbildning och forskning. Idun. 324 s. **E.**
12. Rationalisering av sjukhusdriften. Kihlström. 283 s. **I.**
13. Utlandstransaktionerna och den svenska ekonomin. Av B. Metelius. Idun. 245 s. **Fl.**
14. Yrkeskolornas handelsundervisning m. m. Marcus. 489 s. **E.**
15. Detaljdistributörerna samt deras råkraftkostnader och priser vid distribution av elektrisk kraft. Kopparbergs och Gävleborgs län. Kihlström. 47 s. **K.**
16. Pris och prestation i handeln. Idun. 478 s. **H.**
17. Sekretessen vid förundersökning i brottmål. Kihlström. 92 s. **I.**
18. Undersökningar rörande små avloppsreningsanläggningar. Victor Petterson. 105 s. + 3 pl. **I.**

**Ann.** Om särskild tryckort ej anges, är tryckorten Stockholm. Bokstäverna med fetstil utgöra begynnelsebokstäverna till det departement, under vilket utredningen avgivits, t. ex **E.** = eklelesiastikdepartementet, **Jo.** = jordbruksdepartementet.

STATENS OFFENTLIGA UTREDNINGAR 1955: 18

*Inrikesdepartementet*



Undersökningar rörande  
små avloppsreningsanläggningar

*1950 års avloppsutredning*

VICTOR PETTERSONS BOKINDUSTRI AKTIEBOLAG

STOCKHOLM 1955



STATENS OFFENTLIGA TRYCKERIET  
SÖDERSTRÅKET 10



Ungerskningar förändringar  
sina av löprensningsskattningarna

1936 års utgåva

STATENS OFFENTLIGA TRYCKERIET  
SÖDERSTRÅKET 10

## Innehållsförteckning

Skrivelse till Konungen .. .. .	5
Kap. 1 Översikt över tillkomsten av 1950 års avloppsutredning .. .. . Direktiven för utredningen s. 7	7
Kap. 2 Allmänt om hushållsavloppsvattnets sammansättning och behandling	13
Kap. 3 Små avloppsanläggningars planering och skötsel .. .. . Iakttagelser och erfarenheter från olika delar av landet s. 20	20
Kap. 4 Undersökningarnas allmänna uppläggning och bedrivande .. ..	28
Kap. 5 Det obehandlade avloppsvattnet .. .. .	37
Kap. 6 Slamavskiljare .. .. . Försök med olika i allmänna handeln förekommande typer av slamavskiljare s. 43 — Försök med vissa modifierade typer av brunnar s. 51 — Bestämningar av uppehållstider s. 54 — Modellförsök s. 58 — Praktiska försök med trekammarbrunn s. 61	43
Kap. 7 Jäskammare .. .. .	63
Kap. 8 Markbäddar .. .. . Något om de mikrobiologiska processerna i jorden s. 68 — Temperaturförhållandena i marken s. 71 — Försöksanordningar s. 74 — Försöken 1951—52 s. 75 — Modellförsök s. 78 — Praktiska försök med markbädd s. 80 — Nya modellförsök s. 82 — Sammanfattning s. 84	68
Kap. 9 Självreningen i ett vattendrag .. .. .	86
Kap. 10 Diskussion och sammanfattning av försöksresultaten .. .. .	98

# Table of Contents

Kapitel 1	Überblick über die Grundlagen der Informatik	1
Kapitel 2	Die Entwicklung der Informatik	15
Kapitel 3	Die Hardware der Informatik	35
Kapitel 4	Die Software der Informatik	55
Kapitel 5	Die Datenverarbeitung	75
Kapitel 6	Die Kommunikationstechnik	95
Kapitel 7	Die Netzwerke	115
Kapitel 8	Die Sicherheit der Informatik	135
Kapitel 9	Die Mensch-Computer-Interaktion	155
Kapitel 10	Die Informatik in der Wirtschaft	175

## TILL KONUNGEN

Genom kungl. brev den 5 maj 1950 uppdrog Kungl. Maj:t åt statens institut för folkhälsan att — i samarbete med medicinalstyrelsen, väg- och vattenbyggnadsstyrelsen, bostadsstyrelsen och fiskeristyrelsen — fullfölja de

enligt Kungl. Maj:ts beslut den 2 november 1944 påbörjade undersökningarna rörande små avloppsreningsanläggningar. Sedan utredningsarbetet, som letts av en delegation under benämningen 1950 års avloppsutredning med institutets föreståndare som ordförande, avslutats, får styrelsen för institutet härmed överlämna utredningens betänkande Undersökningar rörande små avloppsreningsanläggningar jämte förslag till råd och anvisningar för planering och utförande av slamavskiljare för lägenheter vid spridd bebyggelse. Tomtebodan den 25 april 1955.

U n d e r d å n i g s t

för styrelsen:

*David Östrand*

*Ernst Abramson*

*/Stig Linell*

## Översikt över tillkomsten av 1950 års avloppsutredning

**Direktiven för utredningen**

I skrivelse den 9 augusti 1943 till statens institut för folkhälsan hemställde medicinalstyrelsen att institutet ville uppgöra förslag till anvisningar för hälsovårdsnämnder och tjänsteläkare "rörande åtgärder till motverkande av vattenförorening och rörande rening av avloppsvatten". Institutet framhöll i sitt den 31 december 1943 häröver avgivna utlåtande, att det var nödvändigt att först göra vissa undersökningar över olika metoder att behandla avloppsvatten, brunnskonstruktioner m. m. och föreslog att härmed sammanhängande spörsmål skulle behandlas vid en överläggning, i vilken borde delta representanter för de närmast intresserade myndigheterna jämte experter. En sådan ägde rum den 20 april 1944, varvid uppdrogs åt e. o. byrådirektören H. Junæus i egnahemsstyrelsen samt t. f. laboratorn och överläroaren A. Myrgård vid statens institut för folkhälsan att med biträde av experterna, civilingenjörerna C. Fischerström och I. Gullström, ytterligare bearbeta frågan och därefter framlägga ett preliminärt undersökningsprogram jämte kostnadsberäkning.

Den 24 augusti 1944 förelåg en av Junæus och Myrgård utarbetad "promemoria angående utförande av vissa undersökningar beträffande små avloppsreningsanläggningar". I denna framhölls bl. a.:

Undersökningarna synas böra inledas med ett översiktligt studium av av-

loppsproblemen på landsbygden i syfte att få de olika karakteristiska typfallen klarlagda och särskilda. Vidare synas beräkningar och undersökningar böra göras angående erforderlig reningsgrad med hänsyn tagen till föroreningens inverkan på olika slag av recipienter. Slutligen bör ingå som det kanske viktigaste ledet i undersökningarna, utprovningen av lämpliga konstruktioner för ernående av önskad reningsgrad vid olika belastningar. — Studiet av avloppsproblemen på landsbygden synes lämpligen böra utföras inom några utvalda områden i olika delar av landet, varvid samarbete bör ske med hälsovårdsmyndigheterna på platsen. Genom dessa undersökningar torde man kunna få en uppfattning dels om antalet avloppsproblem av olika storleksordning dels om recipienternas storlek och beskaffenhet dels slutligen om nuvarande missförhållanden.

I promemorian framhölls vidare, att undersökningsprogrammet borde begränsas till frågan om små reningsanläggningar, en begränsning som för övrigt var nödvändig, om resultat skulle kunna uppnås inom rimlig tid. När det gällde större anläggningar, syntes det föreligga ekonomiska möjligheter att i varje särskilt fall anlita erforderlig expertis. Dessutom var kostnaderna för att utföra och driva dylika anläggningar i regel, både per enhet räknat och i förhållande till bärkraften hos den då ifrågakommande bebyggelsen, inte så stora, att de hindrade en ur hygienisk synpunkt godtagbar lösning. De önskvärda undersökningarna kunde hänföras till tre skilda huvudmoment:

1. Undersökningarna borde inledas med ett översiktligt studium av avlopps-

problemen på landsbygden i syfte att klarlägga och särskilja olika karakteristiska typfall.

2. Vidare borde man beräkna och undersöka vilken reningsgrad som fordras i olika fall med hänsyn till föroreningarnas inverkan på olika slag av recipienter.

3. Slutligen borde som det kanske viktigaste ledet i undersökningarna ingå utprovning av lämpliga konstruktioner för att ernå önskad reningsgrad vid olika belastning. På grundval härav borde man kunna utföra förslagsritningar till anordningar för grovrening, låggradig rening och höggradig rening samt ange konstruktionsdata för olika mängder avloppsvatten, olika antal anslutna personer m. m.

De vid undersökningarna vunna resultaten skulle sedan läggas till grund för anvisningar till hälsovårdsnämnder och tjänsteläkare.

I anledning av denna promemoria inbjöd medicinalstyrelsen representanter för egnahemsstyrelsen, statens institut för folkhälsan, fisketillsynsmyndigheten samt väg- och vattenbyggnadsstyrelsen till en överläggning. Vid denna enades man om att institutet för folkhälsan hos Kungl. Maj:t borde hemställa om medel för att under medverkan av egnahemsstyrelsen och i samråd med övriga deltagande myndigheter verkställa ifrågavarande undersökningar i huvudsaklig överensstämmelse med det i promemorian angivna programmet. Kostnaderna beräknades till 55 000 kronor.

Med anledning av en av styrelsen för statens institut för folkhälsan i skrivelse den 14 oktober 1944 gjord framställning uppdrog Kungl. Maj:t åt institutet att — efter samråd med medicinalstyrelsen, väg- och vattenbyggnadsstyrelsen, egnahemsstyrelsen och fisketillsynsmyndigheten — i huvudsaklig överensstämmelse med promemorian verkställa undersökningar rörande små avloppsreningsanläggningar. Åt egnahemsstyrelsen uppdrogs att utföra för undersökningarna erforderliga

försöksanläggningar. För bestridande av kostnaderna härför ställdes ett belopp av högst 35 000 kronor till egnahemsstyrelsens förfogande.

Det utredningsarbete, som sålunda anförtrots statens institut för folkhälsan, utfördes av dess allmänhygieniska avdelning. Med avdelningsföreståndaren, professor G. Fischer, som ordförande och laboratorn vid avdelningen som sekreterare konstituerade sig representanter för de i Kungl. Maj:t beslut angivna myndigheterna jämte vissa tillkallade, inte statsanställda, experter till en kommitté, som antog benämningen "1944 års avloppsutredning".

Inom ett genom tillmötesgående av vederbörande kommunala myndigheter upplåtet område i Stocksund påbörjades i juni 1945 utförandet av försöksanläggningen, vars första utbyggnad, som omfattade tio avloppsbrunnar, blev färdig att tas i bruk i juli 1946.

Av olika skäl blev anläggningskostnaderna väsentligt högre än beräknat, varför statens institut för folkhälsan den 6 december 1946 hemställde att ytterligare 40 000 kronor skulle anvisas, varigenom även vissa utvidgningar i undersökningsprogrammet skulle möjliggöras. I yttrande häröver underströk väg- och vattenbyggnadsstyrelsen, att det var angeläget såväl ur ekonomiska och administrativa synpunkter som med hänsyn till bebyggelseregleringen, att frågan om rening av avloppsvattnet från smärre områden och enstaka bostadsbyggnader snarast möjligt utredes och klarlades. Styrelsen tillstyrkte därför institutets framställning och påpekade samtidigt, att det ej var osannolikt, att utredningen kunde behöva utvidgas ännu mera och att kostnaderna för densamma skulle stiga ytterligare. Kungl. Maj:t biföll den 31 januari 1947 institutets framställning. Institutet fick också tillstånd att för undersökningen

anställa två befattningshavare mot ett arvode av högst 9 000 kronor var.

Den andra etappen började byggas i juni 1947 och beräknades vara färdig på nyåret följande år. Av olika anledningar uppkom det emellertid avsevärda förseningar och kostnadsfördyringar. Den 1 juli 1948 återstod alltså vissa arbeten, samtidigt som för utredningsarbetet avsedda medel hade förbrukats eller ej längre var disponibla.

I skrivelse till Kungl. Maj:t den 27 april 1949 nödgades styrelsen för statens institut för folkhälsan begära mera medel och anförde bl. a. följande:

Anläggningen har varit i regelbunden drift under tiden juli 1946—juni 1947. En preliminär sammanställning av resultaten har gjorts i orienterande syfte. Av denna synes framgå, att en påtaglig skillnad i mekanisk reningseffekt föreligger hos de olika konstruktionerna samt att brunnarnas skötsel är av väsentlig betydelse för effekten. De olika konstruktionerna ha även visat en avsevärd skillnad i förmågan att bibehålla reningseffekten vid dålig skötsel. En närmare utredning om det konstruktiva underlaget för dessa olikheter har påbörjats men ej hunnit slutföras. Undersökningarna ur medicinsk synpunkt ha resulterat i att förslag till provisoriska råd och anvisningar utarbetats. Dessa ha emellertid icke kunnat taga hänsyn till i marknaden förefintliga reningsaggregat, enär tillräcklig erfarenhet av dessa ännu icke förefinnes.

Beträffande den fortsatta verksamheten kan följande anföras. Vid starten åtog sig utredningen en jämförande undersökning av olika aggregat, vilka kostnadsfritt ställdes till förfogande av olika firmor. Av dessa aggregat ha två ännu icke underkastats något prov, då de kommit att tillhöra andra etappen i utbyggnaden. I denna ingå även två inom utredningen konstruerade anläggningar med syfte att nå en billig och enkel konstruktion (standardringar med insats av arsenikimpregnerat virke). I den andra utbyggnaden ingå även samtliga de anläggningar, vilka avse att driva avloppsvattnets rening längre än vad slamavskiljare förmå (jäskammare med

olika uppehållstid, infiltration och biologisk bädd).

Det behov av råd och anvisningar, som år 1944 föranledde beslutet om utredningen, har vuxit i betydande grad. Detta sammanhänger främst med dels den omfattande nyproduktionen av bostäder inom mindre samhällen, dels den förbättrings- och ombyggnadsverksamhet beträffande äldre bostadsbestånd, som ägt rum sedan 1944. Härvid har såväl som en direkt följd av målsättningen för den statliga bostadspolitikens som på grund av den höjda levnads- och inkomststandarden både nyproduktion och förbättringsarbeten inneburit en väsentlig höjning av bostädernas standard, bl. a. i det avseendet att de i mycket betydande omfattning försetts med vatten och avlopp ävensom, vilket i detta sammanhang är av särskild betydelse, med w. c. Till belysande av det sistnämnda må återges en från bostadsstyrelsen erhållen uppgift, att beträffande det stora antal enfamiljshus, som under viss tidsperiod tillkommit med statsunderstöd, det endast i ett par enstaka undantagsfall, där speciella omständigheter förelegat, förekommit att w. c. icke installerats. Vidare må erinras att enligt en i 1948 års statsverksproposition, sjätte huvudtiteln, s. 79, åberopad utredning, vilken även delvis bygger på material från det statliga bostadsorganet, det inom landet årligen skulle utföras ca 20 000 separata vatten- och avloppsanläggningar för en beräknad genomsnittskostnad av 4 000 kronor, vilket ger en total kostnad av 80 milj. kronor per år. Även om antalet per år utförda mindre avloppsreningsanläggningar av olika skäl måhända icke kan uppskattas uppgå till förenämnda antal, erhålles därav dock en uppfattning om problemets storleksordning särskilt ur ekonomisk synpunkt.

De senare årens utveckling har medfört en hastigt ökande förorening av ett stort antal av våra vattendrag. Samtidigt som frågan med nödvändighet måste påkalla ökad uppmärksamhet från i första hand de lokala hälsovårdsmyndigheternas sida, ha dessa knappast förutsättningar och möjligheter att ur saklig synpunkt komma tillrätta med problemen annat än i ringa mån. I avvaktan på resultatet av tillräckligt omfattande undersökningar vid Stockundsanläggningen finnas endast mycket begränsade möjligheter att träffa ett sakligt motiverat val ifråga om inköp eller

utformning av reningsanordningar för små avloppsvattenmängder.

Hälsovårdsmyndigheternas uppgifter försvåras ej sällan av att även mycket väl-motiverade förbud mot installation av w.c. i allmänhetens ögon stundom uppfattas som ett försvärande eller ett hinder för förverkligandet av den höjda bostadsstandard, som är målet för den statliga bostadspolitiken och samtidigt ett av villkoren för statens stöd åt den enskildes bostadsförsörjning.

Slutligen bör ytterligare en viktig omständighet framhållas. Med den investeringsbegränsning, som tills vidare är nödvändig på grund av det ekonomiska läget, kunna rationella, gemensamma lösningar av vatten- och avloppsproblemen i många mindre samhällen icke komma till stånd i den takt som önskvärt vore. I avvaktan på en gemensam anläggning, vilken man kanske hoppas kunna förverkliga inom närmaste tiden, men som också kan komma att dröja åtskilliga år, kan man ställas inför valet antingen att tills vidare uppskjuta installation av vattenklosetter eller att i den mån sådana insätts anordna separata reningsanordningar, vilka bli av provisorisk karaktär, då de komma att bli överflödiga genom tillkomsten framdeles av en gemensam anläggning. Å andra sidan kan tillkomsten av separata anläggningar i större omfattning komma behovet av den gemensamma anläggningen att framstå som mindre angeläget, särskilt för dem som nedlagt kostnader på separata anordningar. Både myndigheter och de enskilda kunna av här berörda skäl ställas inför svårbedömbara avvägningsproblem. Detta gäller icke minst de statliga organ, som ha att lämna ekonomiskt stöd till anläggningar, varom här är fråga, dvs. bostadsstyrelsen och länsbostadsnämnderna beträffande i huvudsak separata anläggningar och väg- och vattenbyggnadsstyrelsen beträffande gemensamma anläggningar. Även ur nu anförda synpunkter är det verkligt angeläget, att såväl underordnade myndigheter som allmänheten får tillgång till auktoritativa råd och anvisningar för bedömning av dessa spörsmål.

Den under utredningens drivande hitills verksamma stora kommittén synes i vissa avseenden icke haft möjlighet att på ett helt tillfredsställande sätt kunna handha den omedelbara ledningen av arbetet. Det är därför av stor betydelse, att det i

ovannämnda Kungl. brev (den 2. 11. 1944) anbefallda samarbetet mellan de olika deltagande myndigheterna, statens institut för folkhälsan, medicinalstyrelsen, väg- och vattenbyggnadsstyrelsen, bostadsstyrelsen såsom efterträdare till egnahemsstyrelsen samt nuvarande fiskeristyrelsens tillsynsavdelning, effektiviseras. Även om huvuddelen av det dagliga arbetet avses komma att åvila föreståndaren för institutets vattenlaboratorium, vilken i egenskap av försöksledare bör ha ansvaret för ledningen av arbetet, torde det bli nödvändigt, att han vid sin sida får ett effektivt arbetande utskott bestående av representanter för de nämnda verken utökat med en representant för den enskilda expertisen på området. Utskottet bör nämligen hålla regelbundna sammanträden och oavlatligt följa verksamheten, taga del av erhållna resultat och anpassa försöken efter därvid gjorda iakttagelser.

I skrivelsen hemställde styrelsen för statens institut för folkhälsan slutligen att Kungl. Maj:t måtte ställa dels ett belopp av 24 000 kronor till väg- och vattenbyggnadsstyrelsens förfogande för försöksanläggningens i Stocksund utbyggande och underhåll och dels ett belopp av 42 800 kronor till styrelsens för statens institut för folkhälsan förfogande för undersökningarnas utförande under budgetåren 1948/49 och 1949/50.

Genom Kungl. brev den 5 maj 1950 angående anslag till statens institut för folkhälsan för budgetåret 1950/51 uppdrog Kungl. Maj:t åt institutet att — i samarbete med medicinalstyrelsen, väg- och vattenbyggnadsstyrelsen, bostadsstyrelsen och fiskeristyrelsen — fullfölja de enligt Kungl. Maj:ts beslut den 2 november 1944 påbörjade undersökningarna rörande små avloppsreningsanläggningar. Åt väg- och vattenbyggnadsstyrelsen uppdrogs att utföra för de fortsatta undersökningarna erforderliga kompletterings- och underhållsarbeten å befintliga anläggningar.

Undersökningarna skulle ske i hu-

vudsaklig överensstämmelse med de riktlinjer, som angivits av föredragande departementschefen i 1950 års statsverksproposition (11 huvudtiteln, punkt 91, s. 131).

Den undersökningsverksamhet rörande små avloppsreningsanläggningar om vilken nu är fråga... avser i första hand att genom praktiska försök utröna den ur hygienisk, teknisk och ekonomisk synpunkt lämpligaste utformningen av smärre avloppsreningsanordningar och det lämpligaste sättet för skötseln av dessa... Avsikten har vidare varit att, sedan tillräckliga erfarenheter vunnits, på basis av dessa skulle utarbetas råd och anvisningar för byggande och skötsel av sådana anläggningar, varom nu är fråga.

För nämnda samarbete mellan myndigheterna skulle inrättas en delegation, bestående av sex ledamöter, med uppgift att planlägga och leda verksamheten. I delegationen skulle statens institut för folkhälsan representeras av

#### *Ordinarie ledamöter*

Statens institut för folkhälsan:

professorn E. L. Abramson, tillika ordförande

Medicinalstyrelsen:

medicinalrådet R. K. Bergman till den 15 febr. 1953

från den 15 febr. 1953 förste provinsialläkaren i Stockholms län A. M. Myrgård

Väg- och vattenbyggnadsstyrelsen:

dåvarande förste byråingenjören numera byrådirektören H. G. Klintstedt till den 26 febr. 1952

från den 26 febr. 1952 byråchefen B. Petrelius

Bostadsstyrelsen:

förste byråingenjören H. V. Lantz

Fiskeristyrelsen:

överinspektören S. A. Vallin

Konsulterande vatten- och avloppstekniker:

civilingenjören O. H. Jonsson

institutets föreståndare, vilken jämväl skulle vara delegationens ordförande med laboratorn vid biologiska laboratoriet som suppleant. Vidare skulle medicinalstyrelsen, väg- och vattenbyggnadsstyrelsen, bostadsstyrelsen och fiskeristyrelsen utse vardera en representant jämte suppleant för denne. Den sjätte ledamoten skulle vara konsulterande vatten- och avloppstekniker som jämte suppleant utsågs av förstnämnda fem delegationsmedlemmar gemensamt. Den närmaste ledningen av försöksverksamheten skulle under delegationen handhas av föreståndaren för institutets vattenlaboratorium, civilingenjör E. Ljungholm i egenskap av försöksledare.

Samarbetsdelegationen, som vid konstituerande sammanträde den 7 juni 1950 antog benämningen "1950 års avloppsutredning", har haft följande sammansättning:

#### *Suppleanter*

laboratorn S. H. Widell

dåvarande förste byråingenjören G. A. Åkerlindh till den 26 febr. 1952

från den 26 febr. 1952 numera byrådirektören H. G. Klintstedt

byråingenjören S. Dahlström till den 18 april 1952

från den 18 april 1952 byråingenjören N. T. L. Enquist

laboratorn I. B. Stendahl

civilingenjören T. H. Öijerfeldt

Följande år utsågs ett arbetsutskott bestående av herrar Jonsson, Åkerlindh och Ljungholm. Från den 17 april 1952 har herr Petrelius varit arbetsutskottets ordförande. Efter februari 1953, sedan herr Ljungholm avgått som försöksledare, har utredningen eller vissa av dess ledamöter utövat den direkta ledningen av arbetena inom olika områden. Som assistent åt försöksledaren har varit anställd ingenjören J. E. L. Kling-sell.

Under tiden efter den 26 februari 1952, då förste byråingenjören G. A. Åkerlindh upphörde att vara suppleant för väg- och vattenbyggnadsstyrelsens ledamot i delegationen, har han medverkat såsom expert. Dessutom har såsom experter medverkat förste byråingenjören R. G. H. Åberg (fr. februari 1952) och byråingenjören K. G. Næslund (fr. februari 1953). Som utredningens sekreterare har fungerat förste byråsekreteraren S. J. Y. Linell.

## Allmänt om hushållsavloppsvattnets sammansättning och behandling

Hushållens avloppsvatten härstammar huvudsakligen från kök, badrum samt vattenklosetter. Även om dess sammansättning är mycket komplicerad, skiljer det sig dock i många avseenden från de större samhällenas, i vilkas avloppsvatten i regel också ingår industriella avlopp. Huvudbeståndsdelen, inemot 99,9 %, av hushållens avloppsvatten utgörs av vatten. De övriga beståndsdelarna är t. ex. lösta och olösta ämnen från avföring, urin, disk- och tvättvattnen, osv., papper m. m. samt de mineralämnena, som normalt förekommer i rent vatten. Härtill kommer åtskilliga mikroorganismer, av vilka bakterier och virus är de ur hygienisk synpunkt viktigaste. Torrsubstansens mängd per person och dag, *den specifika föroreningen*, är mycket konstant och utgör omkring 150 g, medan däremot dess halt växlar ganska mycket, beroende på hur mycket vatten, som förbrukas i de olika hushållen. Vanligen uppgår den till mellan 500 och 1 200 mg per liter, dvs. omkring 0,1 %. Dessa variationer spelar dock föga praktisk roll vid planläggningen av anläggningar för enskilda hushåll. Torrsubstansen förekommer dels löst och dels olöst. Den senare delen, de suspenderade ämnena, sammanför man ofta under benämningen *slam*.

Om man håller upp avloppsvatten i en glasbägare, finner man, att det efter en stund börjar skikta sig. En del äm-

nen sjunker till botten, andra flyter upp till ytan. Mellan dessa båda skikt finns ett starkt grumligt vätskeområde. Man har kommit överens om att kalla den del av avloppsvattnets olösta beståndsdelar, som med tillämpning av en viss metodik avsätter sig inom två timmar, för den *avsättbara delen*. Det övriga ingår i den *inte avsättbara delen*. Denna indelning har betydelse, då man vill beräkna storleken av vissa av de olägenheter, som kan väntas uppkomma av avloppsvatten samt då man studerar verkan av olika behandlingsätt. Den på botten avsatta delen kallas *bottenslam* och är i regel avsevärt större än den uppflutna delen, som kallas *yt slam*. Det mellanliggande vätskeskiktet innehåller *svävslammet*, dvs. de suspenderade ämnena, som inte sjunkit till botten eller flutit upp till ytan på två timmar. Härtill kommer sedan de lösta ämnena. Mängderna av de olika arterna av slam samt av lösta och suspenderade ämnen anges oftast i mg per liter. Mindre exakt uttrycks slam-mängderna ofta också i volym, ml per liter.

Ur kemisk synpunkt skiljer man mellan oorganiska och organiska ämnen. De senare bestäms som viktförlusten vid torrsubstansens förbränning. Återstoden kallas aska eller *glödningsrest*.

Då i allt hushållsavloppsvatten ingår rester av animala och vegetabla produkter samt utsöndringar från män-

niskor och djur, innehåller vattnet åtskilliga kvävehaltiga beståndsdelar, såsom äggviteämnen, urinämne, urinsyra m. m. Dessa ämnen undergår en mycket komplicerad nedbrytning, förruttelse, under vars tidigare stadier det ofta bildas starkt illaluktande ämnen. Så småningom övergår de ursprungliga kväveföreningarna till ammoniak. Genom biokemiska processer oxideras därefter ammoniak, om syre finns närvarande, först till nitrit och slutligen till nitrat.<sup>1</sup> Vid studiet av omvandlingsprocessernas förlopp i ett avloppsvatten spelar därför förändringarna i dess halt av ammoniak, nitrit och nitrat en viktig roll. Äggviteämnena innehåller i regel också svavel. Detta omvandlas under förruttnelsens gång till svavelväte och andra obehagligt luktande ämnen. Om syre finns närvarande oxideras svavelvätet av s. k. svavelbakterier till svavel och kan vidare överföras till luktfria sulfat. Kolet i äggvita, fett, cellulosa, stärkelse, socker och andra ämnen omsätts genom bakterieverkan vid fullständig nedbrytning i närvaro av syre bl. a. till kolsyra.

En av de äldsta metoderna att på ett relativt enkelt sätt bestämma halten organiska ämnen i avloppsvatten är att ange dess förbrukning av kaliumpermanganat. Värdet av denna bestämning är dock tämligen begränsat, bl. a. därför att metoden inte ger någon upplysning om de ifrågakommande organiska ämnenas närmare ursprung och art.

Av det sagda framgår, att den slutliga stabiliseringen av förhållandena i ett avloppsvatten endast kan ske i närvaro av syre. Detta erhålls från det i vattnet lösta syret, som i sin tur härstammar från luften samt från vattenväxternas assimilation. Syrehalten i rent vatten uppgår vid full mättnad till omkring 10 mg per liter vid ca 15°

temperatur. Ju mera organiska föroreningar ett vatten tillförs, desto större är dess syreförbrukning. I ett avloppsvatten är syreförbrukningen i allmänhet så kraftig, att vattnets syrehalt snart blir lika med noll. För att mäta den syremängd, som erfordras för att de i avloppsvatten eller i därmed förorenat vatten förekommande mikroorganismerna slutgiltigt skall kunna bryta ned föroreningarna, späder man kända mängder av det vatten, som skall undersökas, med vatten, som är mättat med syre. Blandningen förvaras i slutna flaskor vid 20° under fem dagar. Skillnaden mellan det lösta syrets begynnelse- och slutvärdet motsvarar det *biokemiska syrebehovet*, BS 5d 20°, och anges i mg per liter.

Inte minst vid studiet av de mikrobiologiska skeendena är det viktigt att känna avloppsvattnets reaktion. Som ett mått härpå använder man surhetsgraden, pH. Ett pH-värde på 7,0 anger att reaktionen är neutral, lägre värden att den är sur och högre att den är alkalisk.

Ur hygienisk synpunkt är avloppsvattnets innehåll av bakterier det viktigaste. Bakteriehalterna är synnerligen höga såväl i slamskikten som i vätskeskiktet. Vid den hygieniska bedömningen av ett avloppsvatten liksom av vatten i allmänhet lägger man särskild vikt vid de bakterier, som härrör från varmblodiga varelsers tarmuttöningar. Då det kan vara mycket svårt att direkt fastställa förekomsten av specifika sjukdomsalstrande mikroorganismer, använder man vissa i den normala tarmfloran ingående, i och för sig ofarliga bakterier, de s. k. kolibakterierna, som indikator på en förorening med tarminnehåll. Det måste dock

<sup>1</sup>Dylika processer kallas aeroba. Processer, som sker utan att syre finns närvarande, benämnas anaeroba.

uttryckligen framhållas, att tarmbakterierna inte alltid representerar hela smittrisken. I avloppsvatten kan också förekomma vissa vid jämförelse med kolibakterier mera motståndskraftiga mikroorganismer, t. ex. tuberkelbaciller och virus. Även om de sjukdomsalstrande mikroorganismerna endast utgör en mindre del av alla de i ett avloppsvatten förekommande mikroorganismerna innebär de dock en påtaglig risk för smittspridning.

Avloppsvatten släpps ofta ut i sjöar eller vattendrag. Dylika vattenområden benämns i detta sammanhang *recipienter*. Ett rent vatten, dvs. ett som inte tillförts avloppsvatten, innehåller likväl åtskilliga främmande beståndsdelar. Vid t. ex. regnväder spolas från kringliggande områden sand, jord, bladrest m. m., oorganiska salter och organiska ämnen ut i vattnet. De senare utgörs till stor del av humusämnen, dvs. förmultningsprodukter från jorden. Då marken är starkt bemängd med bakterier och andra mikroorganismer, kommer även sådana att tillföras vattendraget i stort antal. Inom vattendraget är emellertid krafter i rörelse för att befria vattnet från de tillförda främmande produkterna. Detta kallas *vattendragets självrening*, som är en i alla vatten ständigt pågående process. Den utgörs av ett mycket komplicerat system av olika skeenden. Genom mekaniska krafter avskiljs tyngre partiklar, som sedimenterar. Under inverkan av såväl mikroorganismer som högre och lägre växt- och djurliv omvandlas och nedbryts de olika substanserna. Härtill kommer rent kemiska reaktioner mellan ämnena i vattnet. Vid den aeroba självreningen har dessutom solljuset en viss betydelse, då det gäller de ytliga skikten. Alla dessa processer påverkar såväl i vattnet förekommande ämnen som mikrofloran och -faunan.

De biokemiska processer, om vilka det här är fråga, kräver, som redan nämnts, syre för att kunna slutföras. Syretillförseln från luften sker emellertid relativt långsamt i sjöar och i lugnt framflytande vattendrag. I vattensystem, som är fria från avloppsvatten eller andra starkare föroreningar, är självreningsprocesserna i regel så svaga, att syreförbrukningen lätt uppvägs av det syre, som tillförs från luften eller frigörs vid växternas assimilation. På grund härav uppkommer i vattenområdet ett jämviktstillstånd vid relativt hög syrehalt. I närvaro av syre, dvs. under aeroba förhållanden, utgörs de vid självreningen bildade nedbrytningsprodukterna av för vattendraget oskadliga ämnen, såsom kolsyra och oorganiska salter. Vattnet förblir därför friskt och ett artrikt högre växt- och djurliv kan utvecklas.

Om avloppsvatten har tillförts recipienten, blir bilden lätt en annan. De betydande föroreningsmängderna fordrar mycket avsevärda kvantiteter syre för att nedbrytas. Då syretillförseln inte kan ske tillräckligt snabbt, sjunker vattnets syrehalt, vilket kan leda till att det normala livet i vattendraget helt förändras. Detta börjar ske då syrehalten sjunker under omkring 4 mg per liter. Avloppsvattens inverkan begränsas emellertid ej härtill. Det torde därför vara lämpligt att nu i ett sammanhang lämna en kort översikt över de olägenheter, som kan framkallas av ett avloppsvatten.

Flytande föroreningar, t. ex. papper, apelsinskal, fekalieklumpar, preventivmedel m. m., medför att vattendragets yta och stränderna får ett motbjudande utseende. Strandavlagringarna börjar så småningom att ruttna och sprida dålig lukt. De blir lätt ett tillhåll för råttor och flugor, vilka kan föra smittämnen vidare och sålunda framkalla

hygieniska faror. Besvären från yt-slammets uppträder som regel i kloak-utloppets närmaste omgivning.

En del av slammets sedimenterar ofta snabbt och kan ge upphov till större eller mindre avlagringar. Då slammets börjar sönderdelas, bildas gaser, vilka kan föra upp bottenlam till ytan, där det ger upphov till estetiska olägenheter. Sönderdelningsprocesserna i slammets medför en stegrad syreförbrukning, vilken ytterligare stegras, genom att slammets rörs upp. Härigenom ökas risken för att vattnets syrehalt skall bli onormalt låg. Ofta är inverkan av slamavsättningen mycket lokalt begränsad, men vid starkare strömsättning kan slammets föras långa vägar, innan det sedimenterar. Det kan även avsätta sig på nät och andra fiskeredskap och åstadkomma betydande ohägn för fisket.

Svavslam och lösta organiska ämnen påverkar i hög grad vattendragets syreinnehåll. Om recipientens vattenmängd (vattenföring) är liten i förhållande till mängden tillfört avloppsvatten, kommer vattendraget mycket snabbt att fullständigt utarmas på syre. Detta medför att de biokemiska processerna helt ändrar karaktär. Från att tidigare ha ägt rum med utnyttjande av det i vattnet lösta syret — aeroba processer — övergår de då till sådana, som kan ske utan att löst syre finns närvarande — anaeroba processer. På grund av syrebristen försvinner det normala växt- och djurlivet i vattendraget. Fortfarande pågår dock den biologiska nedbrytningen av avloppsvattnets organiska ämnen, ehuru den sker under medverkan av andra mikroorganismer än tidigare. Härvid bildas bl. a. svavelväte och vissa andra ämnen, som sprider dålig lukt och medför betydande sanitära olägenheter för de människor, som vistas i närheten. Ska-

deverkningarna på fisket, de minskade möjligheterna till bad och friluftsliv leder i många fall till avsevärda ekonomiska förluster, bl. a. genom värdeminskning av närliggande mark. De olägenheter, som framkallas av de förändrade biokemiska processerna, börjar ofta uppträda först ett eller annat hundratal meter nedanför kloakutloppet, emedan processerna behöver en viss tid för att komma igång. De kvarstår sedan inom ett område, vars utsträckning sammanhänger med vattnets strömningshastighet samt förekomsten av forsar och fall m. m., som påverkar vattnets syrsättning.

De i avloppsvattnet förekommande sjukdomsalstrande mikroorganismerna innebär slutligen hygieniska risker. Bland sjukdomar, vilkas smittämnen kan överföras genom vatten, kan nämnas tyfus, paratyfus, dysenteri, vissa andra diarré sjukdomar, tuberkulos, epidemisk gulsot samt polio. Även husdjuren kan smittas av mikroorganismer från ett med avloppsvatten förorenat vattendrag. Bland ungdjuren, föl och kalvar, inträffar årligen ett antal dödsfall, som hänförs till att de druckit vatten från förorenade vattendrag. Den bakteriella föroreningen omöjliggör sålunda vattnets direkta användning till dricksvatten samt minskar användbarheten för bad och tvätt, vattning av djur samt bevattning av grönsaker och bär. I ett vattendrag kan den bakteriella föroreningen sträcka sig längre än andra i avloppsvattnet förekommande föroreningar. Kolibakterier från ett kloakutlopp kan ibland påvisas flera kilometer från detsamma. Då det finns åtskilliga smittämnen, som med säkerhet är betydligt mera motståndskraftiga än kolibakterierna, måste man räkna med att de hygieniska riskerna av ett avloppsvatten kvarstår på ett betydande avstånd från kloakutloppet.

I vissa fall avleds inte ett avloppsvatten till ett vattendrag utan får i stället infiltrera i marken. Härvid måste först huvuddelen av det grövre slammet avlägsnas för att det inte skall ge upphov till illaluktande avlagringar på markytan och sådana igensättningar av marken, att vattnet inte kan tränga ner. Även om avloppsvattnet på bästa sätt befriats från slam, måste marken vara relativt porös för att infiltrationen skall lyckas. Svävslammet och vissa lösta ämnen fälls nämligen lätt ut och bakas ihop, vilket minskar markens genomsläpplighet. Vid infiltrationen måste man särskilt uppmärksamma risken för en bakteriell förorening av grundvatten, som används eller kan komma att användas för dricksvattenförsörjningen. Riskerna blir speciellt stora i områden, där det förekommer sprickbildningar i underliggande bergarter.

Av det föregående framgår, att de olägenheter, som framkallas av avloppsvatten, hänför sig till alla dess olika huvudbeståndsdelar, botten- och yt slam, svävslam, lösta ämnen och bakterier. I naturen omvandlas och oskadliggörs avloppsvattnet så småningom genom självreningen i vattendragen eller de mikrobiologiska processerna i jorden. Då man på konstlad väg behandlar avloppsvatten, söker man i princip att utnyttja samma krafter, dvs. mekaniska för att avskilja grövre slam samt biologiska och biokemiska för att nedbryta och omvandla slam och lösta ämnen samt oskadliggöra bakterier. Med *behandling* förstås varje artificiell åtgärd, som företas i syfte att avlägsna eller förändra avloppsvattnets beståndsdelar och därigenom göra det mindre frånstötande eller farligt.

I äldre litteratur talade man i allmänhet om "rening" av avloppsvatten i stället för "behandling". Det är en ut-

bredd uppfattning bland allmänheten ännu i dag, att avloppsvattnet blir "rent" och "ofarligt", sedan det undergått den mycket enkla behandling, som äger rum i små hushållsanläggningar. Detta har lett till att man underskattat såväl de hygieniska riskerna som andra olägenheter av att släppa ut på så sätt behandlat vatten i vattendrag eller infiltrera det i marken. I syfte att söka motverka ordets makt över tanken har utredningen därför ansett det nödvändigt att i sin terminologi undvika denna vilseledande benämning, trots att den här i landet vunnit burskap och utbyta den mot "behandling". Det kan nämnas, att i den anglosachsiska litteraturen används allmänt ordet "treatment" för att beteckna de åtgärder, som det här är frågan om.

Beträffande behandlingen avser s. k. *lågbehandling* uteslutande eller huvudsakligen slammets mekaniska avskiljande. Vid densamma bortskaffas endast en ringa del eller intet alls av de i kolloidal eller verklig lösning förekommande ämnena och ej heller någon väsentlig del av bakterierna. En behandling, vid vilken man därutöver avser att tillgodogöra sig inverkan av biologiska och biokemiska krafter kallas *högbehandling*. Den kan drivas mer eller mindre långt. Hur långt behandlingen skall drivas, får i det speciella fallet bestämmas efter en avvägning mellan kostnader och vad som går att vinna.

När strömmande vatten får passera en behållare, avloppsbrunn, minskar dess hastighet. Då det gäller avloppsvatten från enstaka hushåll, är tillströmningen inte kontinuerlig utan periodisk. Under sådana förhållanden kommer avloppsvattnet att under längre eller kortare tid stå stilla i brunnen. Ju långsammare vattnets rörelse är i brunnen, desto större blir förutsätt-

ningarna för att det sedimenterbara slammet under tyngdens inverkan skall hinna avsätta sig på botten. Den tid, under vilken avloppsvattnet genomsnittligt befinner sig i brunnen, kallas *uppehållstiden* och beräknas vanligen som kvoten mellan sedimentationsutrymmet och den tillförda mängden avloppsvatten per dygn. Den på detta sätt beräknade uppehållstiden kallas i det följande för *nominell uppehållstid*. Uppenbarligen är det av utomordentligt stor betydelse för att uppnå önskad avsättningseffekt att avväga brunnens storlek i förhållande till det tillrinande avloppsvattnets mängd, så att slammet verkligen hinner att avsätta sig. Man räknar med att för en tämligen fullständig slamavskiljning fordras åtminstone 1—2 timmar. I ett senare kapitel skall det visas, att avloppsvattnets verkliga uppehållstid ofta skiljer sig mycket från den nominella, och att den inte bara beror på brunnens storlek utan framför allt på dess konstruktion.

Den enklaste typen av avloppsbrunnar kallas *slamavskiljare* och bland dem kan man urskilja två huvudtyper. I den ena leds strömmen så att det inkommande avloppsvattnet huvudsakligen passerar brunnens övre del och endast i ringa mån blandas med de i dess undre del befintliga vattenskikten. Brunnens övre del är så utformad, att avloppsvattnets strömningshastighet nedsätts till vad som fordras, för att största delen av slammet skall hinna att avsätta sig. I övrigt bör det utgående vattnet vara så oförändrat som möjligt. Denna typ av slamavskiljare kallas *emscherbrunnar*.

I den andra typen av slamavskiljare, *slambrunnar*, skall det inkommande vattnet ha tillgång till brunnens hela utrymme varför man ofta försett dem med mellanväggar eller andra insatser, avdelat dem i rum osv. Det utgående

vattnet utgörs här sålunda inte som vid emscherbrunnarna huvudsakligen av färskt avloppsvatten, utan är alltid i större eller mindre utsträckning uppblandat med äldre vatten från brunnens undre delar.

Såväl emscherbrunnar som slambrunnar är i regel försedda med särskilda anordningar för att kvarhålla ytslammet, för att hindra att botten slammet rörs upp och för att underlätta slamavsättningen. I slamavskiljarnas undre del äger, även då det gäller småanläggningar, en anaerob rötning rum av det avsatta slammet.

Anläggningar, som byggts i syfte att mera avsevärt förlänga det avslammade avloppsvattnets uppehållstid, kallas lämpligen *jäskammare*. Man strävar här att utöver slamrötningen få en starkare anaerob nedbrytning av det avslammade avloppsvattnet. Om avslammat avloppsvatten får strila genom jord eller med konst framställda *markbäddar*, till vilka luften har tillträde, uppkommer förutsättningar för en aerob efterbehandling under inverkan av mikroorganismer av många olika slag. Nedbrytningen av de organiska ämnena blir då mera fullständig och bakteriehalterna minskas kraftigt.

Tabell 2:1. Exempel på sammansättningen hos avloppsvatten från hushåll före och efter lågbehandling, mg per liter

	Obe-handlat avloppsvatten	Lågbe-handlat avloppsvatten
Suspenderade ämnen	197	91
Lösta ämnen . . . . .	363	342
Biokemiskt syrebehov, 5 d 20° . . . . .	125	81
Ammoniakkväve . . . . .	19,00	15,25
Nitrit . . . . .	0,05	0,35
Nitrat . . . . .	0,52	0,52

Efter att ha legat länge i slamavskiljare eller jäskammare,  $\frac{1}{2}$ —1 år, har det avsatta slammet förändrats avsevärt både till utseende och egenskaper. Dess konsistens påminner om en tjock homogen välling, i vilken inte något av avloppsvattnets ursprungliga beståndsdelar kan urskiljas med blotta ögat. Slammet är svart, nästan luktlöst samt kan relativt lätt avvattnas och utan

olägenhet komposteras på lämplig plats.

I tabell 2:1 lämnas ett exempel efter Ehlers och Steel<sup>1</sup> på den genomsnittliga sammansättningen hos hushållsavloppsvatten före och efter behandling i slamavskiljare. Man lägger märke till hur de suspenderade ämnenas halt nedgår efter behandlingen, medan de lösas är i stort sett oförändrad.

<sup>1</sup> Municipal and Rural Sanitation 1950, p. 22.

## Små avloppsanläggningars planering och skötsel

### Iakttagelser och erfarenheter från olika delar av landet

I äldre tider och under mera primitiva förhållanden måste människorna på landsbygden hämta allt sitt hushållsvatten från gårdsbrunnar. Vattenförbrukningen per person och dag beräknades då vara omkring 20 liter. De små, huvudsakligen från disk- och tvättvattnen uppkommande spillvattenmängderna tömdes ut på ett trädgårdsland nära bostaden, vid husknuten, i närmaste dike eller vattendrag. Det grövre, fasta avfallet från t. ex. köket, uppsamlades särskilt och kastades på avskrädeshögen eller gödselstacken, där även tunnorna från avträdet tömdes.

De obetydliga, från suspenderade ämnen relativt fria spillvattenmängderna orsakade inga större olägenheter, då de lätt rann ner i marken eller snabbt oskadliggjordes genom de biologiska processerna i diken och vattendrag. Under sådana förhållanden spelade också vattenföringen i diken och andra vattendrag en ganska underordnad roll. På den tiden uppkom det därför i stort sett inga avloppsproblem annat än vid tätbebyggelse.

I kraven på god bostadsstandard ingår numera vattenledning. Detta medför att vattenförbrukningen per person och dag ökar kraftigt. Man räknar med att den i sådana fall uppgår till 150—200 liter och att den sannolikt i framtiden kommer att stiga ytterligare. Avloppsvattenmängden, som är direkt

proportionell mot vattenförbrukningen, ökar i motsvarande grad. Inrättandet av vattenklosetter medför dessutom, att riskerna för smittspridning genom avloppsvatten ökas väsentligt, varjämte mängden av torrsubstans, särskilt dess organiska del, stiger kraftigt räknat per person och dag. Därest s. k. avfallskvarnar skulle komma till allmän användning, får man räkna med en ytterligare höjning av den organiska substansen i avloppsvattnet. För att det inte skall uppkomma hygieniska risker och andra olägenheter såväl för det egna hushållet som för närmare och fjärrare grannar, kräver inrättandet av vattenledning oundgängligen att det finns eller samtidigt anläggs lämpliga anordningar för behandling av avloppsvatten med därtill hörande ledningar.

Avloppsfrågan för ett större bostadsområde löses i regel lämpligast genom en för alla fastigheter gemensam anläggning för behandling av avloppsvattnet. Kostnadernas storlek och de tekniska problem, som en dylik anläggning ställer, medför att man i dylika fall praktiskt taget alltid anlitar experter. På grund härav finns förut sättningar för att sådana anläggningar bör kunna utformas på ett sätt, som svarar mot den ekonomiska, tekniska och hygieniska sakkunskapens krav.

Då en enstaka gård eller ett fåtal fastigheter skall anordna sitt avlopp, saknas i allmänhet det ekonomiska under-

laget för att anlita experter, varjämte insikten om att det krävs en viss sakkunskap för att planera och utföra små avloppsanläggningar torde vara långt ifrån allmän. Det är en vanlig uppfattning hos sakkunniga personer, som haft anledning att komma i beröring med dessa problem, att missförhållandena är utbredda och stora.

I syfte att bilda sig en närmare uppfattning om de små avloppsanläggningarnas anordning och skötsel uppdrogs åt två av utredningens medarbetare att under sensommaren 1952 företa en studieresa per bil i Stockholms, Uppsala, Östergötlands, Kalmar, Kristianstads, Malmöhus, Göteborgs- och Bohus, Örebro, Kopparbergs och Jämtlands län. Härunder inspekterades ett stort antal avloppsanläggningar och för 135 föreligger detaljerade inspektionsprotokoll.

Omkring 100 av de protokollförda anläggningarna erhöll aldrig eller endast mycket sällan någon tillsyn och skötsel. Detta var inte alltid en följd av försummelse från ägarens sida utan skedde ofta avsiktligt. Tron att anläggningen fungerar som en "förintelsebrunn" var visserligen inte allenarådande men stark och mycket utbredd inom stora delar av landet. Man ansåg att i anläggningen hopat slam helt förtärdes av mikroorganismer och försvann (Uppsala m. fl. län), eller att i ytslammet levande maskar åt upp slammet och att det av maskarna reducerades och omvandlades till ett kalkstoff, som så småningom sjönk till botten och där samlade sig i ett tunt lager (Örebro län). Den sistnämnda tron ansågs vinna stöd bl. a. av den omständigheten, att brunnarna i övervägande antalet fall innehöll ett tjockt lager av flytslam, men däremot i många fall inget botten slam.

Så länge det inte uppstod stopp i anläggningen förmodades allt vara i sin ordning. Som exempel kan anföras, att på tre närliggande fastigheter i Kopparbergs län hade anläggningarna gått utan tillsyn i respektive 5, 9 och 14 år. Exemplet är inte något särfall. Det hör till vanligheten att i alla landsdelar finna avloppsanläggningar, som inte setts till under både 5 och 10 år eller ännu längre tid, och som fortfarande är igång. Sålunda påträffades i Örebro län ett område, där en av anläggningarna enligt ägarens uppgift gått utan anmärkning i 18 år. Vid besiktning av det dike, som tjänade som recipient för denna och ett antal intilliggande fastigheter, konstaterades att dess botten på en sträcka av inemot 100 meter täcktes av ett decimetertjockt lager slam av grötliknande konsistens, trots att diket enligt uppgift rensades en gång om året.

Det i recipienterna lagrade slammets karaktär visade sig variera mycket. Någon enstaka gång var det svart, homogent och tämligen luktlöst, i de flesta fall grått och trögflytande eller degartat samt starkt illaluktande. Ej sällan var det alldeles färskt med lätt urskiljbara beståndsdelar trots att det passerat genom avloppsanläggningen. Det var därför uppenbart, att avloppsvattnet ofta endast rann igenom brunnen utan nämnvärt uppehåll.

En kontinuerlig tillsyn och skötsel av brunnarna är naturligtvis omöjlig, när anläggningen är nedgrävd och helt övertäckt av jord. Detta förekommer allmänt i stora delar av landet och sammanhänger med tron, att anläggningen är en förintelsebrunn. Man ansåg sig inte kunna få full effekt av brunnen med mindre den var lufttätt tillsluten. Den täcktes därför med jordfyllning, vars tjocklek varierade i olika bygder. Inom vissa bebyggelseområden användes

de man en halv meters fyllning, inom andra tjockare — 1 till 2 meter var tämligen vanligt.

Av de 135 protokollförda anläggningarna var mellan 35 och 40 oåtkomliga på grund av att de var övertäckta med jord. De hade mestadels täckts redan då de anlades och fastighetsinnehavarna visste ofta mycket litet om var de låg, hur de var konstruerade eller vart avloppsvattnet leddes.

I vissa fall grävde man i bland fram anläggningarna för inspektion, exempelvis vart femte år, men många ansåg en dylik kontroll vara obehövlig, emedan man vid tidigare framgrävningar funnit föga slam i anläggningen. Den hade då definitivt täckts med jord.

Såväl de avloppsanläggningar, som var övertäckta med jord och således låg helt dolda, som de vilkas övre yta låg i dagern, var emellertid i allmänhet täckta med betongblock. Stundom fann man dock även andra övertäckningsformer. Så befanns t. ex. en stor infiltrationsbrunn i Malmöhus län vara övertäckt med järnvägsslipers, ovanpå vilka lagts en täckning med 5 mm järnplåt, därpå ett lager av jord och slutligen grus — brunnen låg under en trädgårdsgång. Vid olika tillfällen påträffades fastigheter, där brunnarna helt gjutits igen vid färdigställandet. De utgjorde sålunda fullständigt slutna betongkonstruktioner utan andra öppningar än in- och utloppsrören och var dessutom definitivt övertäckta med jordfyllning. En av de påträffade, helt igengjutna avloppsbrunnarna låg under betonggolvet i boningshusets källare.

Anläggningar, som var täckta med tjockare fyllning, kunde inte inspekteras, emedan det då varit nödvändigt att först riva upp gräsmattor och trädgårdsgångar eller göra annat intrång. I en del fall uppgav ägarna, att de funnit blott små slammängder i brunnen, då

de någon enstaka gång grävt fram och inspekterat den. I andra fall förklarade de, att man ungefär vart femte år behövde göra en dylik inspektion och rensa bort det slam, som då fanns. Som regel gick emellertid dessa anläggningar utan någon tillsyn alls. Då avloppssystemet började verka en smula trögt, brukade man spola ner stora kvantiteter vatten för att få igång det igen. Detta kallades att "friska upp" brunnen.

I Östergötlands län inom ett område, där anläggningarna i allmänhet låg oåtkomliga under en eller ett par meters jordfyllning, ansågs den process, som avloppsvattnet undergick i brunnen, kunna effektiveras med vanlig bakjäst. I en till en lanthandel hörande brunn nedspolades därför regelbundet all överbliven jäst genom vattenklosetten.

Tillståndet i de brunnar, som var åtkomliga för inspektion, befanns som regel vara dåligt. Man påträffade ofta brunnar, som var igenslammade från botten och upp till vad som borde varit vattenytan, liksom anläggningar med flytslam och färska fekalier ända in i tillloppsröret och stundom upp i ledningen. Ibland var det bristande kunskap om anläggningens funktionssätt, som gjorde att den inte sköttes. Såsom ett exempel kan nämnas en anläggning med fullständigt igenslammade insatsanordningar med en råge av färska fekalier, som fortsatte in i tillloppsröret. Ägaren hade fått uppgift om att anläggningen var dimensionerad för 25 personer och med denna belastning krävde rensning vart eller vartannat år. Då belastningen endast var 6 personer, antog han, att anläggningen endast behövde rensas vart åttonde eller tionde år. Ett motsatt förhållande kan också belysas med ett exempel. Där hade brunnsens insatsanordningar tidi-

gare ständigt krånglat och ideligen satt igen sig. Men sedan ägaren inrett badrum och w. c. fungerade brunnen enligt hans uppfattning klanderfritt. Eftersom brunnen numera ofta spolades ren av de stora vattenmängderna förekom aldrig några igensättningar eller stopp. Att det färska avloppsvattnet direkt strömmade ut i recipienten hade ägaren inte tänkt på.

Slammets förhållande i anläggningarna visade snart sagt alla tänkbara variationer. Det vanligaste var emellertid, att det fanns ett väl utbildat yt-slamlager, medan något botten slam inte kunde påvisas. Det motsatta förhållandet, botten slam men inte yt slam, påträffades ytterst sällan. Endast 7 anläggningar befanns vara fria eller i huvudsak fria från yt slam. Orsaken härtill torde ha varit att yt slammet på grund av tekniska felaktigheter i anläggningen eller överbelastning spolats bort.

Inom stora delar av landet behandlades avloppsvatten av olika slag i skilda anläggningar, innan det samlades och bortleddes. Avloppsvattnet från w. c. fick passera en stor, ofta med insatser försedd brunn, medan avloppsvatten från kök, badrum och tvättstuga leddes till en mindre och enklare brunn. Först därefter samlades allt avloppsvatten i en gemensam ledning och bortfördes till recipienten. Anläggningen för w. c.-avloppsvattnet brukade i de flesta fall vara helt nedgrävd och övertäckt med jordfyllning, medan däremot locket till brunnen för avloppet från köket låg i markytan. Den sistnämnda brunnen rensades ofta, en eller ett par gånger om året, medan w. c.-brunnen ofta lämnades utan tillsyn i 8—10 år. Bruket att anordna en särskild brunn för w. c.-avloppet sammanhänge med en uppfattning, att detta avloppsvatten inte borde blandas med

annat avloppsvatten utan lämnas så ostört som möjligt. Det ansågs att avloppsvattnet från w. c. inte fick det lugn, som troddes vara ett villkor för slammets omvandling och nedbrytning, om samtidigt större eller mindre mängder avloppsvatten från kök och bad fick strömma in i samma brunn med oregelbundna mellanrum.

Vid omkring en tredjedel av de protokollförda anläggningarna användes markinfiltration. I själva verket var frekvensen dock högre. Många fall då öppna diken användes som recipient hörde också hit, emedan de ofta saknade erforderligt fall för att avloppsvattnet skulle kunna nå en naturlig öppen vattensamling. I stället absorberades det av marken eller avdunstade. Tillfredsställande markinfiltration förekom sällan. I regel skedde den i en särskild infiltrationsbrunn, där avloppsvattnet uppsamlades efter att ha passerat en slamavskiljare av något slag. Infiltrationsbrunnen var oftast utförd av cementringar av standardtyp och utgjorde en nedtill öppen rörbrunn med stenfyllning i botten. Den var ej sällan helt övertäckt med jord och således oåtkomlig för tillsyn. I många fall användes också en enkel stenbrunn, dvs. en i marken nedgrävd stenfyllning i vilken avloppsröret mynnade. I de sydligaste länen utföres infiltrationsbrunnarna med väggar av löst liggande tegelstenar utan tätande murbruk.

Fältundersökningarna visade, att försättningsarna för markinfiltration kan växla starkt även inom mycket små områden. Ett fåtal meter kunde ibland vara avgörande för resultatet. I Grytnäs socken i Dalarna fanns på 2 fastigheter slamavskiljare utan särskilda inre anordningar, varifrån avloppsvattnet leddes till en stenbrunn. I ena fallet, där slamavskiljaren endast tömdes en gång

om året, erhöles en god infiltration året om. På den andra fastigheten fick man praktiskt taget ingen infiltration alls, trots täta slamtömningar. Slamavskiljaren måste länsas en gång i veckan för att inte avloppsvattnet skulle tränga upp genom källargolvet. Ägaren hade i tur och ordning anordnat två stenbrunnar, vilka båda slammat igen, och ansåg, att på hans mark en stenbrunn i genomsnitt endast fungerade ett år.

Trots dålig eller praktiskt taget ingen avslamning kunde stundom en god markinfiltration erhållas under lång tid och utan att någon förändring tycktes inträda. I Färnäs by i Kopparbergs län passerade avloppsvattnet från en fastighet en fyrkantig betongbrunn försedd med enkla skärmanordningar samt en cementrörsbrunn, varefter det leddes ut i en stenbrunn. Samtliga brunnar var nedgrävda och övertäckta med en halv meters jordfyllning. Utan skötsel eller tillsyn hade anläggningen gått 14 år utan anmärkning. Till densamma var anslutna såväl kök, badrum och w. c. som takavlopp.

Infiltrationsmöjligheterna växlar med årstiderna. Vintertid kan marken genom tjäle bli alldeles ogenomtränglig och fullständigt stopp kan då uppstå, även om infiltrationen går bra under övriga årstider. Även stendiken och stenbrunnar fryser på många håll helt igen på vintern. Särskilt då dylika anordningar ligger i slutningar uppstår översvämningar på våren med sanitära olägenheter för närliggande bebyggelse. Dessa svårigheter iaktogs såväl i Norrland som mångenstädes i Mellansverige.

Drastiska metoder tillämpades stundom för att förhindra, att avloppsvatten vid stoppad markinfiltration trängde tillbaka till byggnaden genom källarledningen. Strax utanför Orsa påträffades en fastighet, där man en vinter vid ett tillfälle sänkte ned en dynamit-

laddning till brunnens botten för att genom sprängning luckra upp marklagren. Man lyckades åter få igång infiltrationen, men brunnens betonglock sprang samtidigt i stycken.

Medan markinfiltrationen i den norra och i viss mån även den mellersta delen av landet hindrades av tjälbildningen, försvårades den på vissa håll i de södra landsdelarnas slättbygder av grundvattennivåns höga läge. Dessutom tillkom ofta som en försvårande faktor, att jordarterna här är mycket täta.

På sina håll infiltrerade man i berggrunden. I områden med kalkbergarter, där berggrunden täcks av lösa marklager till ringa djup, förekom det att man sprängt ned infiltrationsbrunnarna till större eller mindre del i berget. Detta var fallet t. ex. i det jämtländska silurområdet. Dylika brunnar uppgavs ibland fungera godtagbart, men sades stundom ha förorenat vattentäkter såväl i närheten som längre bort. De besiktigade anläggningarna var otillfredsställande. I ett fall var infiltrationen så obetydlig, att avloppsvattnet periodvis helt fyllde brunnen, svämmade över kanterna och strömmade vidare utför den slutning, i vilken brunnen var nedsprängd. I ett annat fall trängde avloppsvattnet upp ur berggrunden och blev stående med fri vattenyta i ett intilliggande vägdike.

Då en infiltrationsbrunn slammat igen, sökte man ofta först att stöta upp en kanal i brunnsbotten. Om detta inte lyckades måste man gräva en ny brunn. På en och samma fastighet kunde därför finnas flera igenlagda infiltrationsbrunnar. Vanligare var emellertid, att den nya brunnen anslöts till den gamla, så att avloppsvattnet passerade båda brunnarna. Då markinfiltrationen i sinom tid upphörde även i den sista brunnen, byggde man ytterligare en.

Vid en fastighet i Löddeköpinge förekom av denna anledning 6 efter varandra kopplade brunnar på tomten. Detta exempel visar, att ett avsevärt kapital kan nedläggas på avloppsbrunnar på en enda tomt. Ägaren till fastigheten uppgav, att han köpt en angränsande, obebyggd tomt huvudsakligen för att i framtiden kunna nedsätta ytterligare brunnar för att klara avloppsfrågan. På en fastighet i Annelöv avsåg ägaren att gräva en ny brunn varje höst till dess han fått fyra infiltrationsbrunnar. Dessa skulle förenas med ledningar, så att en av brunnarna i tur och ordning kunde kopplas ur för att få stå och vila ett år.

Vid ett ålderdomshem passerade avloppsledningen i en starkt sluttande terräng först en liten brunn, närmast att anse som en inspektionsbrunn e. d., och fortsatte därefter i rät vinkel nedför sluttningen till en 50 meter längre ner befintlig stor brunn, som vid besiktningstillfället var fylld med kompakt slam av fekalier från ytan ända ned till betongbotten. Brunnen uppgavs ha tömts vid ett tillfälle, varvid man fann ett 30—40 cm tjockt slamlager på ytan men därunder ingenting annat än vad som betecknades som "tunt vatten". Från den stora brunnen leddes tidigare avloppsvattnet till två stenbrunnar. Då de slammades igen, anlades ett övertäckt stendike, som slutade i två nya större stenbrunnar. Dessa hade nu slammat igen och avloppsvattnet bröt fram i markytan och rann ned till sjön i en fåra, fylld av en tjockflytande slammassa av grötkliknande konsistens, som spred en på långt håll kännbar stank.

I stället för att bygga ut infiltrationsanläggningen med nya brunnar, tillämpade man på vissa håll metoden att vid behov året om tömma den sista brunnen. I sin enklaste form skedde detta

genom att avloppsvattnet hinkades upp och slängdes ut över trädgårdslanden. Den sista infiltrationsanläggningen var då ofta helt enkelt en öppen grävd grop, som vid behov östes ur. På många håll rationaliserades tömningen genom att man installerade en handpump. Det förekom även att flera fastigheter anordnade en gemensam tömning till tankvagn.

De vid besiktningarna påträffade anläggningarnas konstruktion växlade från de enklast tänkbara till de mest komplicerade, vilka åstadkommits genom en förening av stor praktisk handskicklighet och av gamla vanföreställningar och livlig fantasi vägledt uppfinningsförmåga. Fabriksmässigt tillverkade brunnar förekom inte i den utsträckning, man vanligen föreställer sig.

Av de gjorda iakttagelserna och vad som i övrigt är känt om förhållandena på landsbygden i avseende på anordningar för avlopp från enstaka hushåll framgår sålunda, att kunskapen om de hygieniska och andra olägenheter, som kan orsakas av en illa utförd och planerad avloppsanläggning, på många håll är otillräcklig. Upplysning om dessa frågors betydelse och allvar har på många olika sätt spritts såväl till berörda lokala myndigheter som till allmänheten. Flera av de dagliga tidningarna har här redan gjort betydande insatser genom att på framträdande plats publicera sakliga och populärt skrivna artiklar i ämnet, ofta illustrerade med lättförståeliga och drastiska bilder. Propagandan har dock inte varit tillräcklig och behöver därför intensifieras. En allmän folkupplysning på området är säkerligen svår att genomföra och blir en fråga på lång sikt.

Under tiden skulle mycket kunna nås genom att speciellt rikta sig till hälsovårdsnämnderna på landsbygden och

deras tjänstemän. Så länge dessa inte besitter den sakkunskap, som fordras för att på ett tillfredsställande sätt tillhandagå allmänheten med nödiga råd och upplysningar, är det naturligt att den enskilde inte kan finna sig tillrätta. Det har förekommit att en avloppsanläggning av viss typ blivit godkänd inom ett hälsovårdsområde men förbjudits i ett annat. Dylika missförhållanden måste undvikas. Erfarenheten visar också att avloppsförhållandena i allmänhet är bättre inom områden med särskilt kunniga och för saken intresserade hälsovårdsnämnder. Den enskilde fastighetsägaren har ofta svårt att förstå att det både ur hans eget och samhällets synpunkt är nödvändigt att avloppsvattnet behandlas. För honom är de därav betingade utgifterna en realitet, medan fördelarna syns honom mindre påtagliga. De lokala hälsovårdsmyndigheterna har en betydande uppgift att fylla för att genom upplysning och propaganda samt sakkunnig rådgivning förbättra förhållandena.

Sedan lång tid tillbaka finns det i marknaden ett betydande antal standardtyper av anläggningar för behandling av avloppsvatten från enstaka gårdar och villor. Varje typ förekommer dessutom i olika storlekar avsedda för olika stora avloppsvattenmängder. Åtskilliga av dessa brunnar har konstruerats av fackmän och fyller ofta både med hänsyn till dimensionering och effekt rimliga fordringar. Det har dock konstaterats, att det också finns brunnar av denna typ, vilka är ineffektiva eller vilkas konstruktion gjort dem onödigt dyra eller svårskötta.

Andra brunnstyper har utformats av personer, som inte är fackmän på det avloppstekniska området. Antalet sådana konstruktioner är omöjligt att överblicka. Det kan förekomma, att det

inom en kommun finns en "uppfinnare" på området, vilkens konstruktioner helt behärskar marknaden inom denna kommun men inte överskrider dess gränser. Ej sällan förekommer en viss konstruktion endast i ett enda exemplar — på den egna gården. Det kan inte bestridas, att det inom denna grupp av anläggningar finns konstruktioner, som fyller rimliga krav på effekt. I det övervägande antalet fall torde de dock vara relativt ineffektiva.

Allt detta visar, att det är mycket angeläget, att det i allmänna handeln kan tillhandahållas goda standardtyper av anläggningar för behandling av avloppsvatten från enstaka hushåll eller annan mindre bebyggelse. Det föreligger med andra ord behov av god konstruktion på området. Det är viktigt att hälsovårdsnämnderna kan biträda med råd och anvisningar vid valet av sådana anläggningar. Men det är också nödvändigt, att det finns enkla standardritningar för att användas av dem som själva vill utföra sina anläggningar. Behovet av råd och anvisningar är sålunda stort.

En avloppsfråga är emellertid ej löst blott därigenom att man får en riktig anläggning för avloppsvattnets behandling. Lika viktig är den allmänna planeringen och ledningsdragningen. Det kan ibland förekomma att endast brunnens undre del utnyttjas och den största delen av dess volym är ett ineffektivt luftrum, därför att terrängförhållandena inte tillvaratagits eller att ledningarna dragits på ett olämpligt sätt. Läckage från avloppsbrunnar eller avloppsledningar är i de flesta fall ofrånkomliga. Genom att de har lagts för nära dricksvattenbrunnar har dessa många gånger förorenats med därav följande risker och andra olägenheter.

Slutligen är också anläggningarnas skötsel i allmänhet ett mycket försum-

mat område. Lekmannakonstruktörer framhåller ibland som den stora fördelen med deras konstruktion att brunnen aldrig behöver ses till. En väsentlig uppgift för dessa anläggningar är emellertid att avskilja och kvarhålla slammet. Brunnen måste därför så småningom bli fylld, varefter den blir helt

ineffektiv. Regelbunden tillsyn och tömning av brunnen är därför alltid nödvändig. Vanföreställningen att brunnarna arbetar utan skötsel, som medfört att brunnarna ofta dolts under tjocka jordlager eller stensättningar, måste motarbetas.

## Undersökningarnas allmänna uppläggning och bedrivande

Enligt föredragande departementschefens uttalande i 1950 års statsverksproposition skulle undersökningsverksamheten i första hand avse "att genom praktiska försök utröna den ur hygienisk, teknisk och ekonomisk synpunkt lämpligaste utformningen av smärre avloppsanläggningar och det lämpligaste sättet för skötseln av dessa". För detta ändamål avsåg utredningen att till en början genom praktiska försök jämföra behandlingseffekten hos åtskilliga i allmänna handeln förekommande anordningar för lågbehandling av avloppsvatten från enstaka hushåll samt att på grund av härvid vunna resultat och andra erfarenheter söka ange principerna för en för svenska förhållanden lämplig och billig sådan anläggning. Utredningen avsåg vidare att studera möjligheterna för att erhålla för små hushåll lämpliga och billiga speciella anordningar för högbehandling, vilka var skilda från anordningarna för lågbehandling, varvid särskild uppmärksamhet skulle ägnas markbäddar. Ett viktigt led i arbetet var dessutom att undersöka självreningen i ett mindre vattendrag.

Till utredningens förfogande stod i första hand det i Stocksunds köping belägna försöksområde, som hade anlagts och använts av tidigare avloppsutredning. Där undersöktes slamavskiljare, jäskammare och markbäddar. Innan recipientundersökningarna kunde komma till stånd, måste man emellertid

söka finna något lämpligt vattendrag. All analysverksamhet utfördes av folkhälsoinstitutets vattenlaboratorium. I detta kapitel skall nu lämnas en allmän beskrivning av försöksområdet i Stocksund medan i de följande närmare redogöres för konstruktionen av de olika brunnarna m. m.

Såsom framgår av fig. 4:1 låg försöksområdet på en tomt i närheten av den s. k. Solstaden. Bebyggelsen utgjordes av 7 trevånings punkthus med en folkmängd av omkring 270 personer. Härifrån leddes avloppsvattnet i en samlingsledning under Danderydsvägen mot Godsvägen omedelbart väster om järnvägen Stockholm—Rimbo. Mellan Danderydsvägen och Godsvägen anordnades en nedstigningsbrunn till samlingsledningen och påsattes en grenledning till försöksanläggningen. Då så erfordrades, t. ex. vid större reparationsarbeten på anläggningen, kunde grenledningen avstängas, varvid avloppsvattnet fördes direkt till den i Godsvägen liggande fortsättningen av samlingsledningen.

Den mängd avloppsvatten, som tillfördes anläggningen, utgjorde i genomsnitt drygt 50 m<sup>3</sup> per dygn, motsvarande en specifik avrinning av omkring 190 liter per person och dygn. I avloppsvattnet ingick ej blott spillvatten från hushållen utan även grundvatten och regnvatten. Däremot fanns inget industriellt avloppsvatten. Vid några enstaka tillfällen observerades

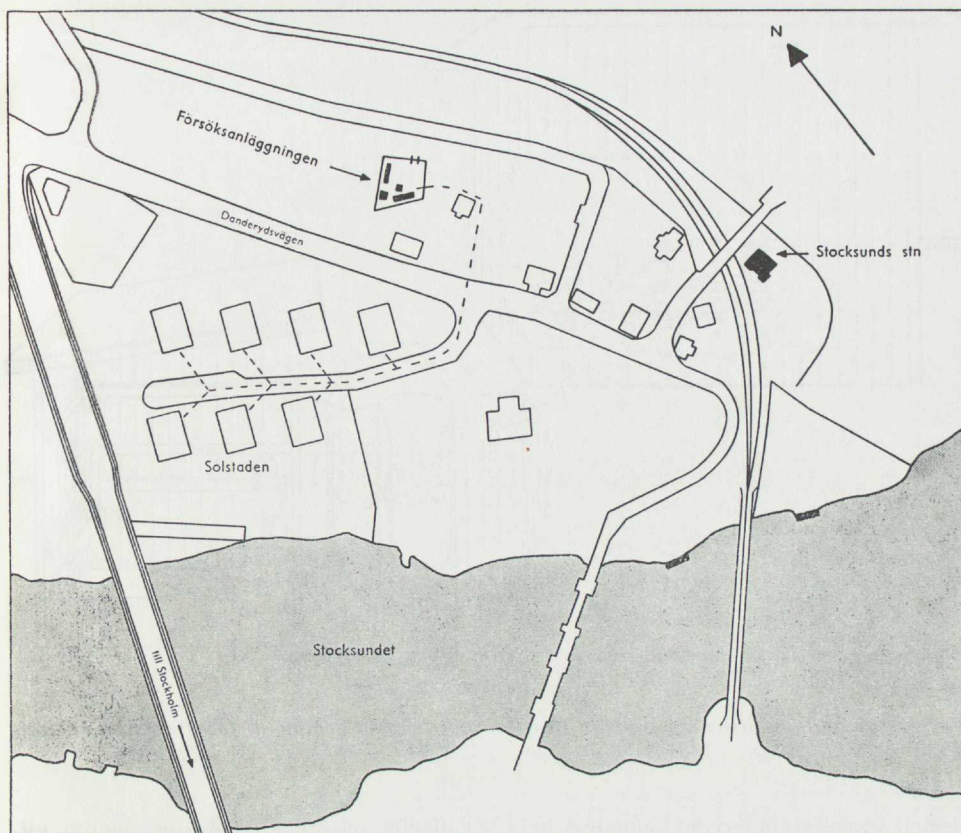


Fig. 4: 1. Försöksområdets belägenhet i närheten av Solstaden i Stocksunds köping.

dock att det uppträdde olja i avloppsvattnet, sannolikt spillolja från något oljeeldningsaggregat. Detta avloppsvatten motsvarar ej helt det som i allmänhet förekommer vid små anläggningar. Dels torde det där höra till undantagen att annat avloppsvatten tillförs anläggningen än spillvatten i egentlig mening, dels varierar tillförseln mera vid små anläggningar än här, där tillflödet på grund av bebyggelseområdets storlek blev betydligt jämnare.

Sedan avloppsvattnet genom grenledningen letts till försöksområdet, fördes det in i ett fördelarhus. Med hjälp av en roterande arm (fig. 4: 2), vars hastighet genom en utväxling kunde varie-

ras från 4 varv/min. till  $\frac{1}{3}$  varv/min., leddes avloppsvattnet där ned i en cirkulär ränna, som genom mellanväggar var indelad i fack, vilkas storlek kunde varieras allt efter den belastning, som man önskade få på de olika anläggningarna. Från botten av varje fack utgick en ledning till en av de olika slamavskiljarna, jäskamrarna eller markbäddarna, sammanlagt 19 stycken. Varje fack var försett med ett bräddavloppshål. Om tillflödet till de enskilda anläggningarna av någon orsak skulle stoppas, kunde man därför leda bort avloppsvattnet genom att sätta en plugg i facketts bottenhål. Detta visade sig vara värdefullt vid lokala repara-

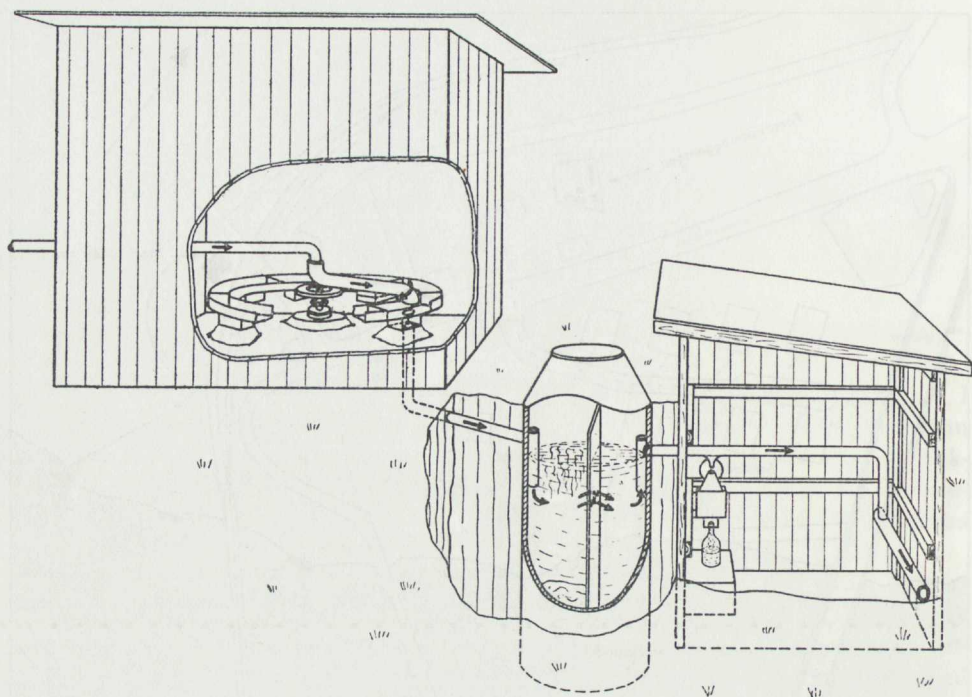


Fig. 4: 2. Avloppsvattnets gång från fördelaranordningen genom en försöksbrunn till galleri för provtagning.

tioner inom ett aggregat, emedan hela anläggningen ej då behöfve stängas av.

I fördelarhuset uppmättes den tillrinnande avloppsvattenmängden på följande sätt. Ett av facken i fördelar-rännan mynnade över en vippmätare, som slog över, då den fyllts med en bestämd vattenmängd. På vippmätaren fanns ett kvicksilverrelä, som gav impulser till ett räkneverk, vilket registrerade antalet vippningar. Genom att bestämma hur stor sektion av fördelar-rännan, som var inkopplad till vippmätaren, kunde man sedan beräkna tillflödet till de enskilda anläggningarna.

Det behandlade vattnet från anläggningarna utom från markbäddarna fördes till ettdera av de båda gallerier, som var avsedda för provtagning, uppmätning m. m. (fig. 4: 3). Från vardera

galleriet utgick en ledning, genom vilken det behandlade avloppsvatten bortfördes till samlingsledningen i Godsvägen, omedelbart väster om järnvägen. Utloppsvattnet från de olika markbäddarna leddes till en särskild brunn, där det fanns möjlighet att ta prov. De olika anläggningarnas placering inom området framgår av fig. 4: 3.

Efter att avloppsvattnet passerat genom en anläggning fanns det som ovan nämnts i gallerierna anordningar för att ta prover. Provtagningen utgör ett svårt problem på grund av avloppsvattnets starkt varierande sammansättning. Enstaka stickprov har mycket litet värde, särskilt då det gäller avloppsvatten från anläggningar med kort uppehållstid. Vid försöksanläggningen i Stock-sund har därför använts automatiska provtagare, som uttog prov i förhål-

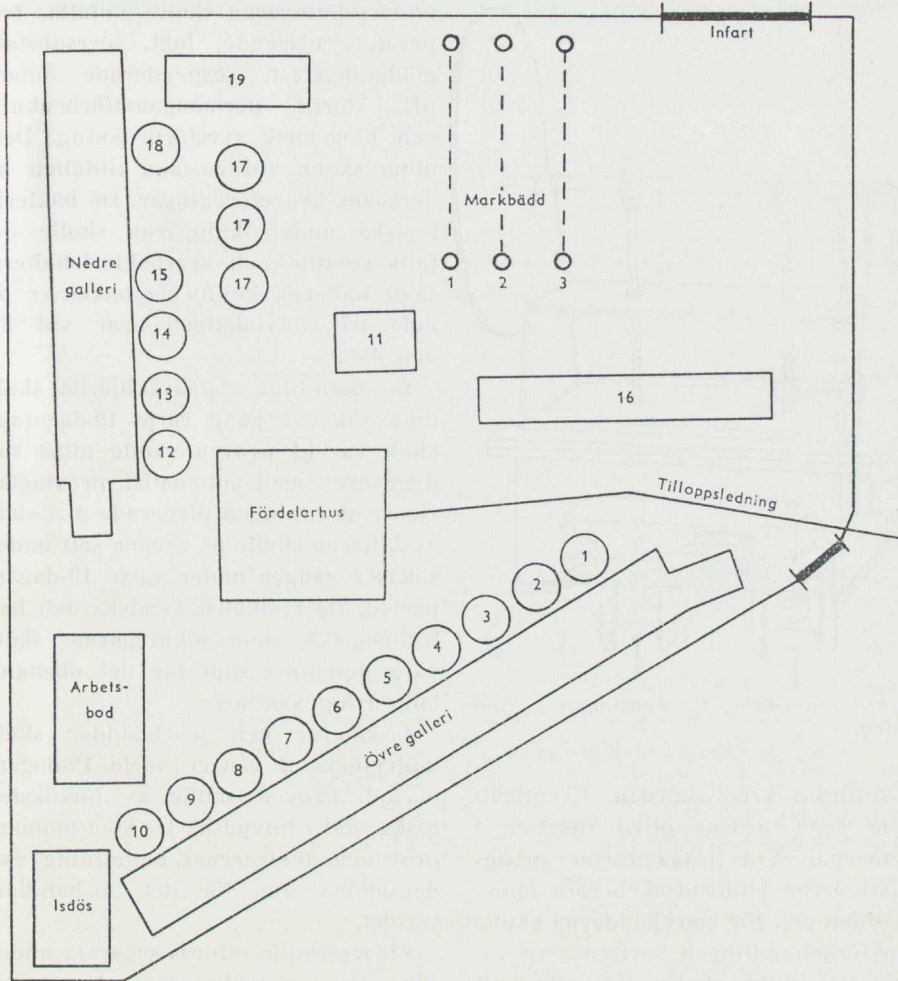


Fig. 4:3. Anläggningarnas placering inom försöksområdet.

lande till den framrinnande vattenmängden. Provtagarna, som var så konstruerade att de genomspolades före varje delprov till provflaskan (se fig. 4:4), var inkopplade på de enskilda anläggningarnas utloppsledningar och styrdes av elektriska impulser från vippmätaren i fördelarhuset.

Vid avloppsutredningens första sammanträde den 7 juni 1950 uppdrog utredningen åt herrar Widell och Ljungholm att utarbeta ett förslag till principprogram för de kommande under-

sökningarna. Detta behandlades vid utredningens sammanträde den 5 juli samma år. Utredningen beslöt, att undersökningarna skulle ske i huvudsak enligt följande plan.

Samtliga försöksanläggningar skulle under 1 år drivas med måttlig (normal) tillsyn beträffande yt slamrensning, slamtömning o. d. Med ledning av vunna erfarenheter skulle, om så visade sig erforderligt, under nästkommande år vissa ändringar av driften ske. Vid slamavskiljarna avsågs bl. a. att variera

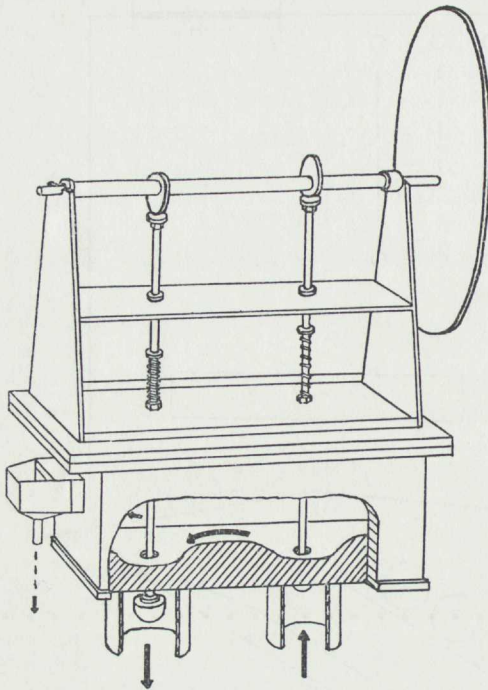


Fig. 4: 4. Anordning för kontinuerlig provtagning.

belastningen samt skötseln. Eventuellt skulle även prövas olika insatser i brunnarna. Vid jäskamrarna avsågs variationerna i huvudsak beröra uppehållstiden och för markbäddarna skulle bl. a. förbehandlingen varieras.

Provtagningen skulle ske efter ett särskilt upp gjort schema, där året indelades i 19-dagarsperioder. Härigenom erhöles automatiskt en förskjutning över de olika veckodagarna. Vid behov av specialundersökningar (dygnsserier, slamundersökningar, etc.) skulle perioden förlängas med 7<sup>o</sup> dagar.

Momentprov av det obehandlade avloppsvattnet skulle tas dagligen mellan kl. 07.00 och 08.00 för bakteriologisk undersökning och 3 gånger varje 19-dagarsperiod för kemisk undersökning. Dessutom skulle dygnsserier utföras till ett antal motsvarande minst varannan 19-dagarsperiod. De fysikalisk-kemiska

undersökningarna skulle omfatta: temperatur, utseende, lukt, torrs substans, glödningsrest, suspenderade ämnen, pH, klorid, permanganatförbrukning och biokemisk syreförbrukning. Dessutom skulle vid enstaka tillfällen undersökas kväveföreningar. De bakteriologiska undersökningarna skulle omfatta gelatin- och agarbakteriehalter samt halterna koliforma bakterier odlade på rödviolettgalla-agar vid 37° och 45°.

De befintliga slamavskiljarna skulle undersökas 1 gång varje 19-dagarsperiod, varvid proven skulle uttas som dygnsprov med automatisk provtagare. De av utredningen planerade nya slamavskiljarna skulle på samma sätt undersökas 2 gånger under varje 19-dagarsperiod. De fysikalisk-kemiska och bakteriologiska undersökningarna skulle vara desamma som för det obehandlade avloppsvattnet.

Jäskamrar och markbäddar skulle undersökas 2 gånger varje 19-dagarsperiod. Proven skulle av försökstekniska skäl i huvudsak tas som momentprov och analysernas omfattning vara densamma som för det obehandlade vattnet.

Vidare skulle utföras separata undersökningar rörande slam, temperatur och pH på olika djup i brunnarna och den verkliga uppehållstiden skulle bestämmas vid normal belastning och stötblastning. I det nybyggnadsprogram, som fastställdes, ingick en markbädd, föregången av slamavskiljare, samt en jäskammare.

Sedan byggnadstillstånd erhållits för nybyggnaderna på försöksanläggningen, påbörjades dessa i samband med en del reparationsarbeten. På grund av att anläggningen inte använts sedan 1948, blev de senare mycket omfattande och tidsödande. Efter en kortare inkörningsperiod blev anlägg-

ningen klar för drift först i slutet av oktober 1950. Undersökningarna genomfördes relativt störningsfritt enligt programmet under ca 5 veckor, men därefter inträffade en följd av drifts-avbrott. Anordningen för volymmätning måste utbytas, brott uppstod på flera av utloppsledningarna, huvudledningen till fördelarhuset satte igen sig och översvämningar inträffade varför provtagningen helt inställdes tiden 7. 3.—8. 4. 1951.

Då vattnet i brunnarna efter driftstoppen ansågs böra omsättas under minst 10 dygn för att ett fortvarighets-tillstånd skulle erhållas, uppkom redan i början en avsevärd eftersläpning i förhållande till det uppgjorda programmet. En justering av försöksprogrammet blev därför nödvändig.

Nya svårigheter uppträdde emellertid även i fortsättningen, vilka framtvingade upprepade omläggningar av programmet. Arten och omfattningen av dessa hinder belyses genom några utdrag ur driftjournalen:

30. 10—6. 12 1950. Två 19-dagarsperioder med normal drift. Infiltrationsbädden dock fränkopplad då häverten ej fungerade. Den nybyggda jäskammaren fylld först den 5. 12. Utöver programmet: Temperaturmätningar, undersökning rörande inverkan från "stötar", transporttidens inverkan, timvariationer på 6 brunnar under tiden kl. 06.00—12.00.

7. 12 1950—7. 1 1951. 19-dagarsperiod med normal provtagning. Prov på infiltrationsbädden kunde dock ej tagas då häverten ej fungerade. 4 prov på brunnar dessutom förstörda genom strömavbrott. Utöver programmet: Temperaturmätningar på olika djup samt undersökningar angående metodiken för bestämning av permanganatförbrukning med hänsyn till "normalföreskrifter".

27. 1—5. 2 1951. Normaluppehåll i provtagningen förlängd genom stopp i utloppsledning från fördelarhuset och fel på elinstallationen. Undersökningar utförda beträffande yt- och botten slam samt temperaturmätningar på olika djup.

6. 2—24. 2 1951. 19-dagarsperiod med normal drift. Infiltrationsbädd dock ej i funktion. Provtagarmotor ur funktion vid 2 tillfällen varför 4 prov ej kunde tagas och 4 prov fick förskjutats till fel veckodag. Utöver programmet: Serieprov på dagsvariationerna hos obehandlat vatten och utloppsvatten från brunnarna 5—8 kl. 09.50—20.50. Bakteriologiska och kemiska undersökningar beträffande inverkan av förvaringstid och temperatur på proven.

25. 2—6. 3 1951. Normaluppehåll förlängt genom fel på provtagarmotor och fördelar-motor. Undersökningar utförda på yt- och botten slam.

Fortsättning på förvaringsförsöken.

7. 3—8. 4 1951. 19-dagarsperiod påbörjad den 7. 3. Perioden blev helt spolierad genom att stopp på huvudavloppet från anläggningen inträffade den 8. 3, varigenom anläggningen fick avstängas. Huvudavloppet omlagt. Anläggningen startades den 7. 4.

Genom att icke ens råvatten kunde erhållas mer än tillfälligt kunde endast slamundersökningar ske samt i obetydlig omfattning vissa prov rörande BS. Försöken med den till institutet intagna häverten till infiltrationsbädden påbörjades.

3. 5—juni 1951. Två 19-dagarsperioder i följd med normal drift. Häverten inmonterad den 11. 5. Har därefter fungerat utan anmärkning. Försöksdrift på infiltrationsbädden för undersökningar beträffande lämpligaste provtagningssätt. Utöver programmet: Slamundersökningar. Temperatur och pH-mätningar på olika djup i brunnarna, 24 extraprov för komplettering. Det äldre galleriet sviktade och måste kraftigt förstärkas. Då flytslammet verkat störande på driften under hela första halvåret, har flytslamrensningar företagits vid ett flertal tillfällen.

Vid sammanträde den 13 juni 1951 upptogs åter till behandling frågan om undersökningar av självreningen i mindre recipienter. Utredningen beslöt, att låta besiktiga ett antal små vattendrag i Stockholms närhet för att se, om de kunde användas för ändamålet. Sedan detta gjorts, kunde utredningen vid sammanträde den 20 augusti 1951 besluta om en omedelbar och mera in-

gående inspektion av Oxundaån vid Täby. Den visade, att vattendraget sannolikt var lämpligt för uppgiften, varför en orienterande undersökning genomfördes.

I beskickningsanordningen för markbäddarna har man iakttagit svavelvätebildning, vilket ansågs vara mindre lämpligt. Utredningen beslöt därför att låta fränkoppla den ena slamavskiljaren för att minska vattnets uppehållstid och därigenom få svavelvätebildningen att upphöra. Den lediga slamavskiljaren användes sedan för försedimentering av vattnet till den långa jäskammaren (brunn 16) för att pröva en inom utredningen framlagd arbetshypotes om bottenlammets inverkan på vattnets nedbrytning i jäskammare. För att få ett bättre statistiskt underlag för att bedöma jäskamrarnas och markbäddarnas effekt under den varma årstiden ökades provtagningsfrekvensen under senare delen av sommaren. Detta nödvändiggjorde att antalet provtagningar på slamavskiljarna då måste minskas.

Vid sammanträde den 7 september 1951 beslöts att utföra vissa orienterande försök med stötblastning, dvs. diskontinuerlig tillförsel av en större mängd vatten, på några olika brunns typer.

För att belysa arbetets gång lämnas ytterligare några utdrag ur driftjournalen:

1.6—9.6 1951. 19-dagarsperiod med normal drift avslutad. Därutöver har försök med alkalisering av bottenlammets i brunn nr 15 företagits. Vissa extra prov på brunnarna nr 1 och 17 har uttagits, för att se om samtidigt jämförelse mellan slamavskiljare och jäskammare skulle visa andra skillnader än som uppstår vid reguljär provtagning. Vattenmätning under 1 dygn utförd såväl genom vippkärsmätning som avläsning av fastigheternas vattenmätare.

12.6—30.6 1951. 19-dagarsperiod med normal drift. Den 18.6 avkopplades den

ena slamavskiljaren före hävertkammaren i enlighet med beslut. Brunn nr 15 ytterligare alkaliserad. Undersökningar av flytslam utförda. Vissa extra prov i samband med stark nederbördsperiod uttagna för specialundersökning. Arbeten med iordningställandet av försedimentering för långa jäskammaren (nr 16) påbörjade.

4.7—22.7 1951. 19-dagarsperiod med något störd drift, genom att häverten strejkade samt fel på provtagaraxel. Den 9.7 var arbetena med den nya slamavskiljaren till brunn nr 16 avslutade. Mätningar av flytslamlagens tjocklek samt pH.

23.7—10.8 1951. 19-dagarsperiod med normal drift. Bestämning av flytslamlagens tjocklek.

11.8—20.8 1951. Provtagning i huvudsak koncentrerad på jäskamrarna för att er-hålla ett bättre underlag för bedömning av temperaturrens eventuella inverkan. Temperatur- och pH-mätningar samt mätningar av flytslammets tjocklek. Nytt krångel med häverten.

21.8—8.9 1951. 19-dagarsperiod med normal drift. pH-mätningar på bottenlam. Ytslamundersökningar. Inspektion av Täbybäcken för slutligt fastläggande av provpunkter. Häverten sätter igen vid flera tillfällen. Den 7.9 beslöts att provtagningen på slamavskiljarna skulle upphöra samt att några åtgärder för att bli av med flytslammet icke skulle vidtagas. Då vid en fortsatt provtagning enligt principalschemat (19-dagarsperioder) laboratoriets möjligheter icke skulle helt utnyttjas med enbart jäskamrarna och markbädden har provtagningen på dessa utförts så ofta som möjligt med hänsyn till andra arbeten, så speciellt vattenmätningar, dygnsserier och stötblastningar. I det följande redovisas arbetet därför per månad och ej per 19-dagarsperiod.

12.9 1951. Provtagning i Täbybäcken.

12.9—30.9 1951. Intensifierad provtagning på jäskammare och markbädd. Större oljemängder medföljde avloppsvattnet och bildade en hinna i samtliga brunnar vid flera tillfällen. Oljan försvann från brunnarna utan särskilda åtgärder. Temperatur- och pH-mätningar i slam och brunnar. Bakt. serieprov under dagen i brunnarna 16—18.

1.10—31.10 1951. Utöver provtagningarna på markbäddar och jäskammare har prov med stötblastning utförts på brunnarna 1, 4, 5, 7, 8.

En dygnsserie på råvattnet (kem. och bakt.) i förening med vippkärlnmätning.

Genom reparationsarbeten på institutet fick vissa inskränkningar ske i provtagningen. pH- och temperaturmätning på några brunnar.

1.11—30.11 1951. Provtagningen koncentrerad på markbäddar och jäskammare. Häverten krånglar. Borttagen för justering. 2 dygnsserier (kem. och bakt.) i förening med vippkärlnmätning.

2 dygnsserier omfattande endast vattenmängdsmätningar på såväl vippkärlet som fastigheternas vattenmätare. Stötblastning på brunnarna 2, 4, 6, 12 varvid vissa prov utförts såväl med flytsslammet kvar, som med detsamma borttaget.

Vissa försök med klorering på laboratoriet.

1.12—31.12 1951. Provtagningen koncentrerad till markbäddar och jäskammare. Häverten inmonterad efter justering.

Stötblastning på brunnarna 2, 3, 4, 6, 8, 13, 18. Vissa prov härvid utförda såväl med som utan flytsslam.

En dygnsserie (kem. och bakt.) i förening med vippkärlnmätning.

Under de första månaderna 1952 bearbetades undersökningsmaterialet fram till den 31 december 1951 statistiskt och en rapport häröver föredrogs vid utredningens sammanträde den 12 mars 1952. I syfte att närmare studera de på fältet rådande förhållandena företogs försöksledaren under februari en studieresa i Skåne. Herr Åkerlindh framlade ett allmänt program för de fortsatta undersökningarna och redogjorde för detta vid utredningens sammanträde den 17 april 1952.

Programmets huvudpunkter var följande: Vissa anläggningar skulle drivas under oförändrade förhållanden som normaler, andra ympas med väl inarbetat slam, varefter såväl behandlingseffekter som speciellt ytslambildningen, skulle studeras. Försök på lång sikt skulle utföras. Verkan på bottenfloras sammansättning skulle prövas med användning av svaga alkalier såsom marmor. Stötblastningarna skulle fortsätta.

För att utröna brunnarnas lämpliga utformning och dimensionering skulle över- och underbelastningar utföras, vilket krävde viss ombyggnad av en del brunnar. Undersökningarna skulle dessutom kompletteras med modellförsök, laboratorieförsök och fältundersökningar.

Utredningen beslöt att belastningsvariationer skulle genomföras på några brunnar samt att ympning skulle företas på vissa andra. Dessutom skulle en del ombyggnadsarbeten utföras. Vid nästa sammanträde den 27 juni 1952 förelades utredningen ett av herr Åberg utarbetat förslag till synpunkter på den återstående verksamheten. Utredningen beslöt att detta förslag skulle samarbetas med det tidigare försöksprogrammet. Det väsentliga i det nya förslaget var, att man ställde arbetet med slamavskiljarna i förgrunden, samt att en systematisk insamling av erfarenheter och data från i praktiken brukade behandlingsanläggningar snarast skulle komma till stånd.

Det sist framlagda förslaget nödvändiggjorde även ganska väsentliga ombyggnadsarbeten. Försöksanläggningen hade sedan den 16 maj 1952 avstängts och överlämnats till väg- och vattenbyggnadsstyrelsen för ombyggnads- och reparationsarbeten. På grund av svårigheter att anskaffa personal för ombyggnadsarbetena kom dessa ej igång förrän i mitten på juli. Anläggningen var åter klar för drift i början av september.

Med anledning av utredningens beslut den 27 juni 1952 om fältundersökningar för att systematiskt insamla uppgifter och erfarenheter rörande i praktisk drift varande små avloppsbehandlingsanläggningar, uppdrogs åt herrar Klingsell och Åberg att genomföra inventeringen. Arbetet härmed påbörjades den 3 juli och avslutades den

2 augusti 1952. För detsamma har redogörelse lämnats i föregående kapitel.

Recipientundersökningar i Täbybäcken utfördes den 30 september—3 oktober samt den 25—27 november 1952, varjämte undersökningarna vid försöksanläggningen i Stocksund fortsattes. De senare inriktades helt på den mekaniska effekten, sedimenteringen. I samband med dessa undersökningar gjordes även vissa metodförsök beträffande bästa sättet att bestämma avsättbara ämnen i avloppsvatten. Huvudförsöken inriktades på två frågor, nämligen dels hur en brunn med given storlek i princip bör vara konstruerad för att ge största möjliga slamavskiljning, dels om slamavskiljningen i en större brunn av given konstruktion är så mycket bättre än i en mindre, att detta kan anses uppväga den högre anläggningskostnaden.

På grund av de resultat, som erhöles vid höstens försöksverksamhet, uppgjordes ett program för 1953 års undersökningar. Då nya konstruktioner skulle prövas, fick en del ombyggnadsarbeten genomföras, som blev klara först i mitten av april 1953. Under tiden genomfördes vid två tillfällen undersökningar av den verkliga uppehållstiden i brunnarna med hjälp av radioaktivt spårämne.

Under 1953 ingick undersökningen i sitt slutskede. Särskilt ifråga om slamavskiljarna återstod blott en rad försök av mer eller mindre kompletterande karaktär. För att genomföra dessa ut-

fördes under våren ånyo vissa ombyggnadsarbeten vid försöksanläggningen i Stocksund. Därjämte gjordes vid folkhälsoinstitutet modellförsök i halvstor skala. Försöken med slamavskiljare avsåg att jämföra slamavskiljningsförmågan vid några olika brunnsutföranden och företogs i två perioder under april och augusti 1953.

Försöken med jäskammare pågick under hela året med enstaka avbrott för driftstopp i samband med omläggning av belastningarna. De avslutades under december.

Försöksanläggningens markbäddar grävdes upp för inspektion av dräneringsrör och bäddmaterial. Nya bäddar utfördes och prövades i anslutning till erfarenheter från modellförsök.

Vid fem olika tillfällen under året utfördes recipientundersökningar i Täbybäcken. I samliga fall gjordes fysikalisk-kemiska och bakteriologiska undersökningar och vid tre tillfällen även biologiska. De sistnämnda utfördes av fiskeristyrelsens tillsynsavdelning i Drottningholm.

Jämsides med undersökningarna bearbetades och sammanställdes det material, som erhållits vid tidigare försök. Flertalet rapporter över 1953 års undersökningar förelåg i början av år 1954. Under våren sistnämnda år utarbetades redogörelser för utredningens resultat samt ett förslag till råd och anvisningar beträffande små anläggningar för behandling av avloppsvatten från enskilda hushåll.

## Det obehandlade avloppsvattnet

Såsom redan omnämnts i kapitel 4 har den tillrinnande mängden avloppsvatten uppmätts med en i fördelarhuset befintlig anordning, vars huvuddel utgjordes av ett vippkärl med tillhörande räkneverk. Volymen hos vippkärlet kunde varieras mellan 7 och 12 liter. Vippkärlet befann sig under ett av facken i fördelningsrännan. Varje gång fördelararmen passerade över detta fack, fick följaktligen vippkärlet en dos avloppsvatten. Då kärlet var nästan fyllt, vippade det över för påföljande stöt och tömdes. Eftersom kärlet var delat i två symmetriska halvorn, kom den ena halvan att befinna sig rakt under utloppet, när den andra vippat över för tömning.

Med kännedom om den genomsnittliga vattenvolym, för vilken vippkärlet svängde över, antalet vippningar under en viss tid, t. ex. en timme, samt förhållandet mellan fördelningsrännans omkrets och längden av vippkärlets fack, kunde den under ifrågavarande tid tillrinnande mängden avloppsvatten beräknas. En viss korrektion fordrades dock, emedan den överskjutande mängd avloppsvatten, som följer med vid en vippning, är större vid stor tillrinning än vid liten. I genomsnitt blir den lika med halva mängden av den dos, som kommer kärlet att vippa.

Räkneverket avlästes i allmänhet varje morgon omkring klockan 09.00. Under de dygn, då mera ingående undersökningar utfördes över avloppsvatt-

nets beskaffenhet, avlästes det varje timme. I vissa fall bestämdes även den mängd vattenledningsvatten, som samtidigt förbrukats i de olika fastigheterna, genom avläsning på vattenmätarna.

Provtagningar och analys av avloppsvattnet utfördes dels som enskilda bestämningar, momentprov, dels som fullständiga dygnsundersökningar. Momentproven togs fortlöpande under så gott som alla dagar, då undersökningar förekom. Vid momentproven, vilka genomgående varit förlagda till en tidpunkt mellan kl. 08.00 och 10.00, uttogs prov på avloppsvattnet under loppet av omkring 5 minuter och samlades i ett kärl, vilket insändes till folkhälsoinstitutet för analys.

Dygnsundersökningarna utfördes för ett mindre antal i stort sett slumpvis uttagna dygn (dock ej lördagar och söndagar). Dessa undersökningar gick ut på att bestämma avloppsvattnets genomsnittliga mängd och beskaffenhet under var och en av försöksdygnets timmar. För det första avsågs att bestämma den totala mängden föroreningar per dygn. För det andra önskade man få en bild av avloppsvattnets mängd och sammansättning under olika delar av dygnet. I och för sig har detta visserligen inget generellt intresse utan hänför sig blott till förhållandena vid försöksanläggningen. Man kan nämligen redan på grund av den anslutna befolkningens storlek förutsätta, att avloppsvattnets variationer, i vart fall un-

der dagen, såväl med avseende på halter som mängder är ganska små i förhållande till vad fallet är vid en anläggning för ett eller några få hushåll. Det undersökta avloppsvattnet kom från en bebyggelse, som i likhet med de flesta andra i Stockholms omedelbara närhet, hade karaktären av sovstad. Man kan därför vänta, att föroreningsmängden är relativt låg. För utredningen hade emellertid en närmare granskning av dygnsvariationerna ett betydande försökstekniskt intresse. Det var nämligen önskvärt att kunna härleda en åtminstone ungefärlig relation mellan halterna av olika ämnen omkring kl. 09.00 och dygnsgenomsnittet för att kunna utnyttja momentproven för beräkning av genomsnittshalterna per dygn. Slutligen avsåg också dygnsproven att utredna, om det förelåg någon mera påtaglig årstidsvariation.

Dygnsundersökningarna utfördes på följande sätt. Varje hel timme avlästes vippkärlets räkneverk och, som redan nämnts, vid vissa tillfällen även fastigheternas vattenmätare. Under loppet av varje timme uttogs så vid flera tillfällen prov på avloppsvattnet, så att man erhöll ett blandprov för timmen på omkring 3 liter. I allmänhet pågick undersökningen endast mellan kl. 05.00 och 24.00. Den tillförda mängden avloppsvatten var nämligen under de återstående timmarna mycket ringa, och beräknades inte överstiga 2,8 % av dygnsmängden.

De fysikalisk-kemiska och bakteriologiska undersökningarna utfördes som nämnts vid folkhälsoinstitutets vattenlaboratorium. Vid utredningens början fanns ej svenska normer för den fysikalisk-kemiska analysen av avloppsvatten. Den använda metodiken över-

Tabell 5: 1. Det obehandlade avloppsvattnets sammansättning

	Halter, mg/l		Mängd	
	beräknade ur: momentprov	dygnsprov	per dygn	per person och dygn
Vattenföring .....	—	—	52 m <sup>3</sup>	193 l
Torrsubstans:				
totalt .....	573	563	29,4 kg	108,8 g
därav organiskt .....	326	306	16,0 kg	59,2 g
suspenderat .....	144	155	8,1 kg	29,9 g
därav organiskt .....	109	118	6,1 kg	22,7 g
löst .....	429	408	21,3 kg	78,9 g
därav organiskt .....	217	188	9,9 kg	36,5 g
Avsättbara ämnen .....	14,9	15,2	272 l	1,0 l
pH .....	—	7,78	—	—
Permanganatförbrukning .....	286	332	—	—
Biokemiskt syrebehov .....	186	241	—	—
Klorid .....	47,7	48,3	—	—
Ammonium .....	23,0	19,6	—	—
Nitrit .....	0,39	0,30	—	—
Nitrat .....	< 2	< 2	—	—
Bakteriehalter, logaritmiska värden:				
Gelatinbakt. vid 20°, per l .....	9,31			
Agarbakt. vid 37°, per l .....	9,14			
Antal syrabildande kolonier per l å rödviolettgalla-agar				
vid 37° .....	7,75			
vid 45° .....	7,43			

<sup>1</sup> ml/l.

ensstämmar emellertid i allt väsentligt med de av Svenska kommunaltekniska föreningen år 1953 utgivna anvisningarna för fysikalisk-kemiska vattenundersökningar.

Vid de bakteriologiska undersökningarna bestämdes dels halten koliforma bakterier genom odling på röd-violettgallaagar vid såväl 37° som 45° och räkning av de efter 24 timmars inkubering framvuxna röda kolonierna, dels även totalantalet bakterier på kött-peptongelatin efter 48 timmars inkubering vid 20° samt på köttpeptonagar efter 24 timmars inkubering vid 37°. De båda sistnämnda substraten hade följande sammansättning:

	Kött-pepton-gelatin	Kött-pepton-agar
Köttextrakt (Liebig's)	5 g	5 g
Pepton (Witte) . . . . .	10 g	10 g
Natriumklorid . . . . .	5 g	5 g
Gelatin . . . . .	125 g	—
Agar . . . . .	—	20 g
Vatten . . . . .	1 000 ml	1 000 ml

De vid dygnsundersökningarna funna värdena framgår av tabell 5:1. De angivna halterna har erhållits genom att halterna för de enskilda timproven multiplicerats med vattenföringen under samma tid. Produkterna har sum-

merats och dividerats med den totala vattenföringen per dygn. Det på detta sätt erhållna vägda medeltalet för halterna har sedan multiplicerats med 1,028 som korrektion för de nattimmar, under vilka prov ej togs.

Man ser att vattenföringen uppgick till 52 m<sup>3</sup> per dygn, vilket motsvarar 193 liter per person. Den totala torrsubstanshalten var 563 mg/l motsvarande 29,4 kg per dygn och 108,8 g per person och dag. Dessa värden är som väntat tämligen låga. Torrsubstanshalten överensstämmer dock nästan numeriskt med det i kap. 2 efter Ehlers och Steel uppgivna amerikanska värdet. Imhoff anger ett betydligt högre tal, 830 mg/l. Även siffrorna för suspenderade ämnen är relativt låga. Den avsättbara mängden uppgick till 5,2 ml/l. Upprepade bestämmningar av torrsubstanshalten i den avsättbara delen har visat att 1 ml avsättbart motsvarar 24,5 mg. Härur erhålls den avsättbara torrsubstansen 128 mg. En sammanställning av torrsubstansens fördelning på organiska och oorganiska ämnen samt på lösta, suspenderade och avsättbara har gjorts i tabell 5:2. Siffrorna inom parentes har uppskattats.

I den nedre delen av tabellen har det obehandlade avloppsvattnets nu disku-

Tabell 5:2. Torrsubstansens fördelning på lösta och suspenderade ämnen

A) Utredningen, B) Imhoff

	Organiskt		Oorganiskt		Summa	
	A	B	A	B	A	B
<b>1. Absoluta tal, mg/l</b>						
Suspenderade ämnen . . . . .	118	215	37	85	155	300
Lösta ämnen . . . . .	188	265	220	265	408	530
Avsättbara ämnen . . . . .	(98)	130	(30)	50	128	180
<b>Totalt</b>	<b>306</b>	<b>480</b>	<b>257</b>	<b>350</b>	<b>563</b>	<b>830</b>
<b>2. Relativa tal, %</b>						
Suspenderade ämnen . . . . .	21,0	25,9	6,6	10,2	27,5	36,1
Lösta ämnen . . . . .	33,4	31,9	39,1	31,9	72,5	63,9
Avsättbara ämnen . . . . .	(17,4)	15,7	(5,3)	6,0	22,7	21,7
<b>Totalt</b>	<b>54,4</b>	<b>57,8</b>	<b>45,6</b>	<b>42,2</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

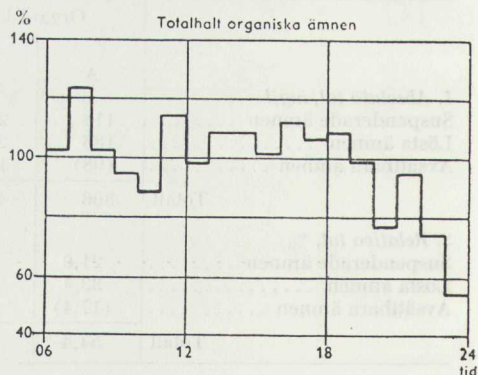
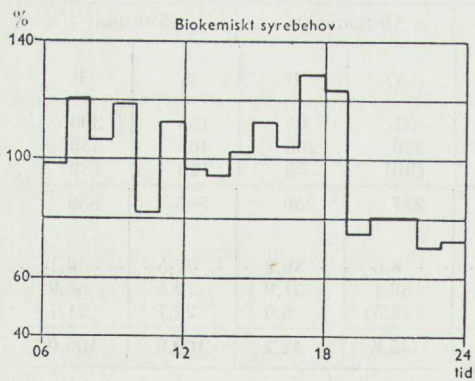
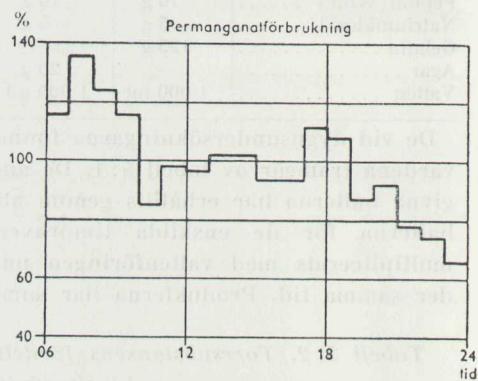
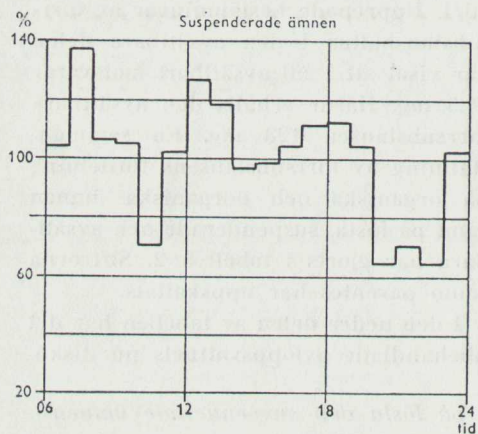
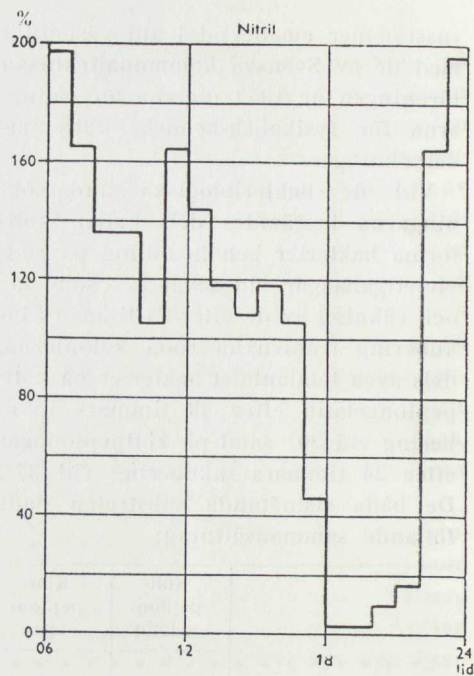
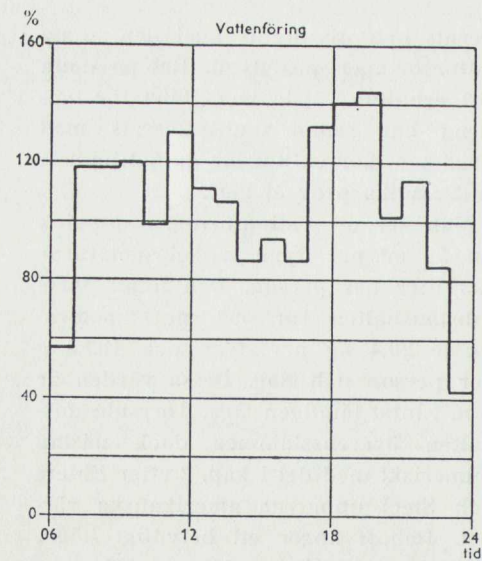


Fig. 5: 1. Diagram belysande avloppsvattnets mängd och sammansättning under dygnets olika timmar i procent av dygnsmedeltalet.

terade beståndsdelar även angivits i procent av totala torrsubstansen. Överensstämmelsen mellan utredningens och Imhoffs värden är mycket god. Av undersökningen framgår sålunda, att råvattnets allmänna sammansättning kan anses som normal för hushållsvatten, men att koncentrationen är relativt låg, vilket som nämnts torde sammanhänga med den anslutna bebyggelsens karaktär av sovstad.

Med hänsyn till de relativt låga halterna av organiska ämnen måste biokemiska syrebehovet och kaliumpermanganatförbrukningen betecknas som tämligen höga. Halten av klorider är ungefär så stor som man kan vänta. Övriga kemiska observationer kräver i detta sammanhang inga kommentarer.

Den andra frågan gällde dygnsvariationerna. I fig. 5:1 belyses vattenföringen. Den är som väntat ganska jämn under dagen med ett mindre maximum på förmiddagen och ett mera utpräglat på eftermiddagen. Det allmänna förloppet överensstämmer med vad man funnit vid andra liknande undersökningar. I stort sett samma förlopp visar halterna av total organisk torrsubstans och suspenderade ämnen samt det biokemiska syrebehovet och kaliumpermanganatförbrukningen. Däremot visar nitrithalten en tydligt motsatt tendens. Härutöver kan nämnas, att ammoniakhalterna är kraftigt förhöjda under morgontimmarna, men att de eljest ligger tämligen jämnt under hela dygnet och på en nivå som understiger dygnets genomsnittliga. Halten av torrsubstans är påfallande konstant och följer någorlunda vattenföringen. Övriga ämnen visar ingen regelbunden tendens. Eftersom de angivna illustrationerna hänföra sig till halterna, kommer mängderna av olika ämnen med undantag av nitrit och ammoniak att än mer utpräglat följa vattenföringen.

För att studera det försökstekniskt betydelsefulla spörsmålet, om de klockan 08.00 till 10.00 tagna momentproven kan användas för att uppskatta genomsnittshalterna under dygnet, har på dygnsproven för varje timme beräknats halten av de olika ämnena i procent av det vägda medeltalet per dygn, såsom delvis illustrerats i diagrammen. Medeltalen av ett stort antal observationer av momentvärden, som erhållits för det nämnda tidsavsnittet 08.00—10.00, har därefter dividerats med dessa procenttal. På så sätt har erhållits de till genomsnittshalten korrigerade momentvärden, som anges i första kolumnen av tabell 5:1. I förhållande till de vid dessa undersökningar förekommande spridningarna måste överensstämmelsen med dygnsobservationerna betecknas som god. Det är emellertid uppenbart, att korrigerade momentvärden för enstaka dagar endast kan tillmätas ett relativt begränsat värde. Däremot torde de för längre tidsperioder ge en mycket god uppfattning om genomsnittshalten. Man kan sålunda på detta sätt följa om det obehandlade avloppsvattnet undergår några mera betydande förändringar med tiden. En sammanställning av momentvärdena för sommar och vinter visar att skillnaderna är ganska små och oregelbundna.

Även de bakteriologiska undersökningsresultaten har redovisats i tabell 5:1. Av skäl, som närmare utvecklas i kapitel 8, har i denna utredning bakteriehalterna genomgående angivits i logaritmiska värden.

För dem som är mindre vana vid att använda logaritmer har i tabellen på s. 42 angivits sambandet mellan bakteriehalterna och de logaritmiska värdena.

Om man vill veta, vilket tal, som svarar mot t. ex. logaritmen 6,4, ser

Log.-värde	Bakterietal	Log.-värde	Bakterietal
0,0	1,00	3,5	3 160
0,1	1,26	4,0	10 000
0,2	1,58	4,5	31 600
0,3	2,00	5,0	100 000
0,4	2,51	5,5	316 000
0,5	3,16	6,0	1 000 000
0,6	3,98	6,5	3 160 000
0,7	5,01	7,0	10 000 000
0,8	6,31	7,5	31 600 000
0,9	7,94	8,0	100 000 000
1,0	10	8,5	316 000 000
1,5	31,6	9,0	1 000 000 000
2,0	100	9,5	3 160 000 000
2,5	316	10,0	10 000 000 000
3,0	1 000	10,5	31 600 000 000

man efter i tabellen, vilket tal som svarar mot logaritmen 0,4, nämligen 2,51.

Man flyttar sedan decimalkommat lika många steg åt höger, som logaritmens heltal anger, i detta fall således 6 steg, och får då 2 510 000.

Variationerna under dygnets timmar var relativt obetydliga, särskilt för gelatin- och agarbakterierna. Ifråga om de koliforma bakterierna inträffade en mindre topp på morgonen ungefär mellan klockan 08.00 och 10.00, men stegringen över genomsnittshalten uppgick dock ej till mer än omkring en halv potens. Ifråga om årstidsvariationen iaktogs för de koliforma bakterierna en viss gång. Värdena var något högre på sensommaren och hösten. Men variationerna rörde sig i logaritmiska värden ej om större maximala utslag än  $\pm 0,2$ .

## Slamavskiljare

Slamavskiljarnas huvuduppgift är att genom sedimentering avskilja huvuddelen av de avsättbara föroreningarna i avloppsvattnet. Bortsett från denna avsättning lämnar avloppsvattnet brunnen i stort sett oförändrat. På grund härav kallas denna form av avloppsvattenbehandling för lågbehandling. Slamavskiljarna är försedda med ett särskilt avdelat utrymme för de avsatta föroreningarna. Med lämpliga mellanrum måste slammet genom pumpning eller på annat sätt avlägsnas ur brunnen.

### Försök med olika i allmänna handeln förekommande typer av slamavskiljare

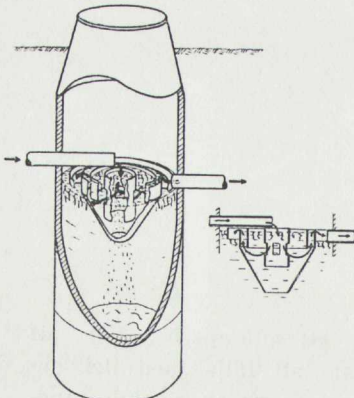
Vid försöksverksamhetens igångsättande hösten 1950 arbetade man på Stocksundsanläggningen med följande slamavskiljare.

Brunnarna 1 och 2, som var av inbördes lika konstruktion, men av olika storlek, hade en insats av järnplåt. Insatsen utgjordes i princip av en rund tratt, upphängd med överkanten i höjd med vattenytan. Från inloppsröret, som nådde in till brunnsens centrum, föll avloppsvattnet med fritt fall ned i trattens mitt. Under avloppsvattnets uppehåll i tratten sedimenterade det grövre slammet, sjönk ned genom trattens undre öppning och samlades på brunnsens botten. Det sålunda avslammade vattnet i tratten avgick efter hand genom att bräddas över trattens överkant. Det uppsamlades i en runt tratten löpande ränna och avleddes från brun-

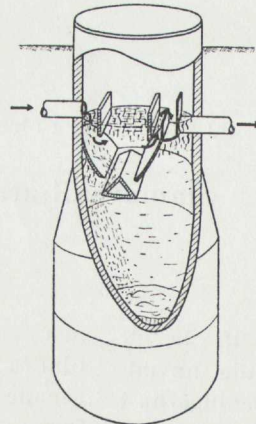
nen genom ett utloppsrör. För att hindra yt slam att följa med det avgående vattnet fanns en stående ringformig skärm, placerad i vattenytan innanför trattens kant. Belastningen på dessa båda brunnar motsvarade 21 respektive 7 personer.

Även brunnarna 3 och 4 hade inbördes samma konstruktion och skilde sig från varandra endast med avseende på storleken. I brunnsens övre del fanns ett särskilt avsättningsrum, avskilt från brunnsens underliggande del genom snedställda betongskivor. Avsättningsrummets volym var ringa. För att underlätta sedimenteringen hindrades vattnet att strömma tvärs över till utloppsöppningen vid andra sidan medelst en mindre vertikal betongskärm, placerad strax innanför inloppet. I avsättningsrummets botten fanns en slits, genom vilken slammet sjönk ner och uppsamlades i brunnsens nedre del. Framför utloppsöppningen i avsättningsrummet fanns en annan vertikal betongskiva i vattenytan såsom skumskärm. Belastningen på dessa båda brunnar motsvarade 21 respektive 7 personer.

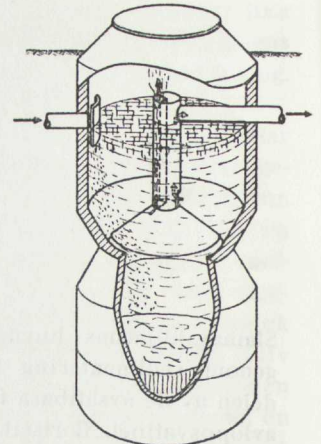
Insatsen i brunnarna 5 och 6 var tillverkad av plåt och så utformad, att den övre delen av brunnen avskärmades från den undre genom en centralt placerad kon med spetsen uppåt. Konens basdiameter var så avpassad att en springa lämnades öppen emellan dess kant och brunnsväggen, som på denna



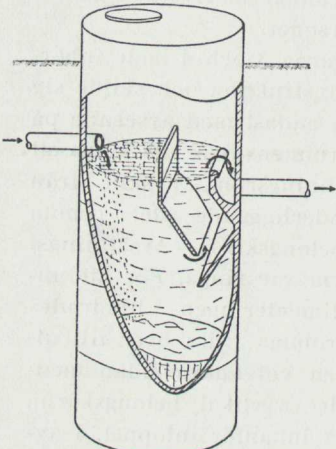
Brunn 1 o. 2.



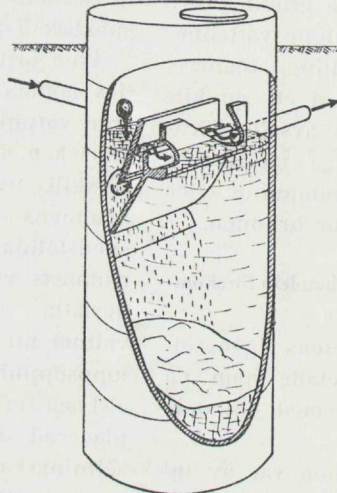
Brunn 3 o. 4.



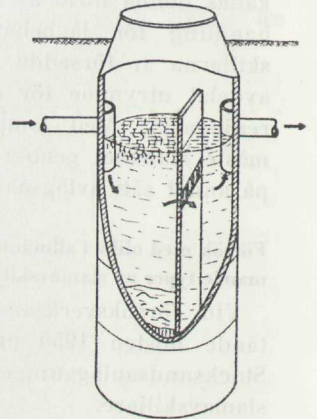
Brunn 5 o. 6.



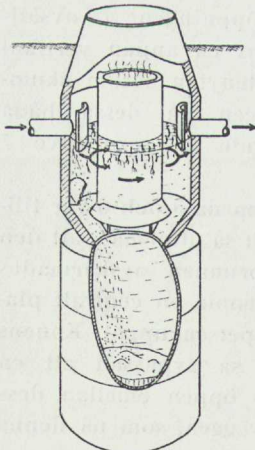
Brunn 7.



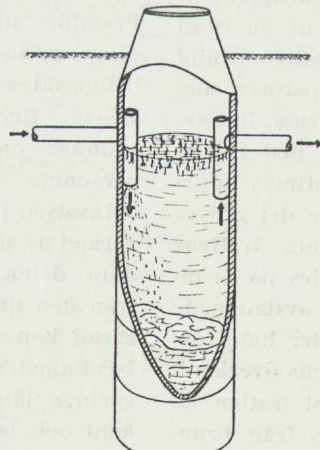
Brunn 8.



Brunn 12.



Brunn 13.



Brunn 14 o. 18.

Fig. 6: 1. Slamavskiljare.

Brunn	Diam. m	Vattendjup m
1	1,2	2,3
2	0,9	1,7
3	0,9	2,2
4	0,6	2,2
5	1,3	2,3
6	1,0	2,0
7	1,2	2,2
8	1,5	2,7
12	1,0	1,4
13	1,0	2,4
14	0,9	2,2
18	1,5	3,5

nivå var försedd med en inåtgående kant. Det över konen belägna brunnstrymmet tjänade såsom sedimenteringsutrymme. Sedimenterande slam gled ned genom springan till underliggande slammagasin. Det avslammade vattnet lämnade brunnen genom en ovanpå konen fäst vertikal plåtcylinder. Vattnet inströmmade därvid genom en sidoöppning nedtill på cylindern och steg uppåt till ett horisontellt utloppsrör. Från slammagasinet ledde ett i brunnens mitt placerat smalare rör upp genom plåtkonens spets och genom plåtcylindern ovanpå till fria luften för att lämna rötgaserna fritt utlopp. Belastningen på dessa båda brunnar var 7 respektive 21 personer.

Konstruktionen av brunn 7 avsåg att slamavskiljningen skulle ske i slammagasinet övre del. Vattnet inströmmade direkt i denna och fortsatte därifrån till en mindre utloppskammare med väggar av betong. Här bräddades vattnet till utloppsröret över en lång betongkant med dropplist, så att en viss luftning kunde komma till stånd. Belastningen på den vid försöksanläggningen prövade brunnen av denna typ motsvarade 7 personer.

Brunn 8 var i princip en omvänd form av brunn 7. Vattnet inströmmade i det mindre utrymmet, där sedimenteringen ägde rum, och lämnade därefter brunnen direkt från samma utrymme. Endast bräddningen över en lång kant med dropplist var densamma. Sedimenterande slam passerade en bottenlits och uppsamlades i brunnens slammagasin. Beskickningen på denna brunn motsvarade 21 personer.

Slamavskiljaren 12 var indelad i två avdelningar genom en stående betongvägg. Väggen var så placerad i brunnen, att den ena avdelningen var väsentligt större än den andra. Avloppsvattnet inströmmade genom ett T-rör

först i den stora delen. Den huvudsakliga sedimenteringen skedde här. Därefter gick vattnet vidare till den mindre avdelningen genom ett antal slitsar i mellanväggen, belägna på ca 2 dm djup under vattenytan. I den senare avdelningen kunde en viss eftersedimentering ske, varefter avloppsvattnet lämnade brunnen genom ett T-rör. Belastningen på denna brunn motsvarade 7 personer.

Avloppsvattnet kom vid brunn 13 in genom ett T-rör, strömmade mot en stående betongcylinder i brunnens mitt, gick runt denna på ömse sidor och lämnade brunnen genom ett annat T-rör beläget på motsatta sidan. Cylindern stod i förbindelse med ett underliggande slamutrymme, som var avskärmat från avsättningsutrymmet genom en utkragning av cylinderns underkant runt om och en utskjutande kant på brunnsväggen, så att en springa återstod för nedsjunkande slam. Belastningen på denna brunn motsvarade 7 personer.

Brunnarna 14 och 18 var s. k. T-brunnar av olika storlek. Konstruktionen hos en dylik är mycket enkel. Den utförs av en brunn utförd av i marknaden förekommande standardringar av betong och har inga andra inredningar än ett T-rör för det ingående avloppsvattnet och ett T-rör för det utgående vattnet. Belastningen på brunnarna 14 och 18 motsvarade 7 respektive 21 personer.

Slutligen utgjorde brunn 15 en av utredningen utförd konstruktion med rak avsättningsränna. Medelst träväggar hade ett rektangulärt avsättningsrum anordnats i brunnens övre del. Avloppsvattnet strömmade in vid insatsens ena gavel och ut vid den andra genom T-rör. Vid såväl inlopp som utlopp var tvärgående träskärmar placerade. Rännans botten lutade i sidled, så att sedi-

Tabell 6: 1. Det utgående vattnets sammansättning. Samtliga slamavskiljare. Sommar- och vintervärden. Medeltal

Halter mg/l	Sommar	Vinter	<sup>2</sup> Diff.
Torrsubstans:			
totalt .....	526	468	58***
därav organiskt .....	245	195	50***
supenderat .....	126	88	38***
därav organiskt .....	88	58	30***
löst .....	400	380	20**
därav organiskt .....	157	137	20***
Avsättbara ämnen <sup>1</sup> .....	1,89	1,20	0,69**
pH .....	7,295	7,413	— 0,12***
Permanganatförbrukning .....	258	200	58***
Biokemiskt syrebehov .....	168	139	29***
Klorid .....	53	56	— 3°
Ammonium .....	33	36	— 4***
Nitrit .....	0,28	0,26	0,02°
Nitrat .....	< 2	< 2	—
Bakteriehalter, logaritmiska värden:			
Gelatinbakt. vid 20°, per l .....	9,35	9,14	0,21
Agarbakt. vid 37°, per l .....	9,09	8,91	0,18
Antal syrabildande kolonier per l å rödviolett galla- agar:			
vid 37° .....	7,57	7,45	0,12
vid 45° .....	7,34	7,20	0,14

<sup>1</sup> ml/l.

<sup>2</sup> Antalet \*\* anger signifikansen för differensen (se texten).

menterande slam gled ned genom en slits i underliggande slammagasin. Belastningen på denna brunn motsvarade 21 personer.

Samtliga dessa brunnar representerar i allmänna handeln förekommande typer och ställdes på sin tid till 1944 års avloppsutrednings förfogande. Utredningen vill uttrycka sitt tack till alla de firmor och personer, som på detta och annat sätt underlättat utredningens arbete.

Till en början skall nu lämnas en redogörelse för resultaten av de undersökningar på de i det föregående nämnda slamavskiljarna, vilka utfördes under åren 1951 och 1952. Redan en tämligen ytlig granskning av det omfattande siffermaterialet gav vid handen, att det sannolikt förelåg vissa skillnader mellan resultaten från sommar- och vinterperioderna. På grund härav uppdelades materialet redan från

början på årtider. Resultatet har sammanställts i tabell 6: 1. Sammanlagda antalet analystillfällen utgjorde i genomsnitt 179 för sommarvärden och 141 för vintervärden. Som man ser ligger värdena för de flesta analyserna inte obetydligt högre på sommaren än på vintern. De i tabellen införda värdena utgör medeltal av ett betydande antal observationer, vilka avviker mer eller mindre från medeltalet. Det är därför nödvändigt att söka bestämma, om de iakttagna skillnaderna mellan sommar- och vintervärdenas medeltal kan anses vara "verkliga" eller om de endast beror på tillfälligheter, vilka framkallas av variationerna mellan de enskilda observationerna. Härvid kan man gå tillväga på följande sätt. Låt  $S(X_1)$  beteckna summan av observationerna för sommaren och  $S(X_2)$  summan av observationerna för vintern samt  $S(X_1^2)$  och  $S(X_2^2)$  motsvarande

summor av observationernas kvadrater. Om antalet observationer för sommaren respektive vintern är  $N_1$  resp.  $N_2$  blir då medelkvadratsumman<sup>1</sup> för den sammanlagda serien:

$$s^2 = \frac{S(X_1^2) - (SX_1)^2/N_1 + S(X_2^2) - (SX_2)^2/N_2}{N_1 + N_2 - 2}$$

Betecknas vidare medeltalen för respektive sommar- och vinterserierna med  $m_1$  respektive  $m_2$  får man:

$$t = \frac{m_1 - m_2}{s} \sqrt{\frac{N_1 \times N_2}{N_1 + N_2}}$$

Ju större det numeriska värdet på  $t$  är, desto större är sannolikheten att skillnaden mellan medeltalen är verklig och inte beror på tillfälligheter. Konventionellt brukar man skilja mellan fyra olika sannolikhetsnivåer, eller, skulle man kanske kunna säga, fyra olika grader av visshet, vilka ofta betecknas med  $^{\circ}$ ,  $*$ ,  $**$  och  $***$ . Tre stjärnor betyder att skillnaden är "mycket säker". Sannolikheten att den skulle bero på en slump är mindre än 1 på 1 000. Med en stjärna anges att skillnaden troligen är säker och med två att den är säker. Sannolikheten att den i dessa fall skulle bero på en slump är 1 på 20 respektive 1 på 100. Lägre sannolikheter än 1 på 20 betecknas med  $^{\circ}$ . Även i sistnämnda fall kan det naturligtvis föreligga en skillnad, även om den inte framträtt under de vid experimentet föreliggande betingelserna. Man får försöka antingen att minska medelkvadratsumman, vilket i vissa fall är möjligt genom förändringar i undersökningsmetodiken, eller genom att öka observationernas antal.

Om observationernas antal är 100 motsvarar ett  $t$ -värde på 3,39 sannolikheten 1 på 1 000, 2,63 sannolikheten 1 på 100 och 1,98 sannolikheten 1 på 20.

Sannolikheterna för andra värden på observationernas antal finner man i gängse statistiska tabeller. Slutligen skall påpekas, att, ehuru  $t$ -testen i sträng mening endast gäller under vissa teoretiska förutsättningar, den i praktiken visat sig vara av mycket stort värde även i fall, där de teoretiska förutsättningarna ej helt föreligger. Den används därför numera allmänt vid prövning av säkerheten av gjorda experimentella iakttagelser.

Man ser av tabellen att de flesta skillnaderna mellan sommar och vinter är mycket säkra. Undantag utgör klorid, nitrit och nitrat. Ifråga om klorid är detta att vänta och beträffande de båda sistnämnda bör påpekas att de analysmetoder, som använts, inte hade den noggrannhet, som skulle krävts för att fastställa säkra skillnader mellan mycket låga värden. Negativa säkra skillnader föreligger beträffande pH och ammoniak.

Det har redan påpekats, att det inte är möjligt att omedelbart bilda sig en uppfattning om säkerheten ("signifikansen") hos ett medeltal av ett antal observationer. I allmänhet är ett medeltal av ett större antal observationer säkrare än medeltalet av några få. Men det är inte bara observationernas antal, som är av betydelse i detta sammanhang, utan även hur mycket de enskilda observationerna avviker från varandra, eller med andra ord deras spridning. Ett av de mest använda måtten på spridningen är den ovannämnda medelkvadratavvikelsen eller variansen ( $s^2$ ). Kvadratroten ur detta tal är standardavvikelsen. Om denna uttrycks i procent av medeltalet får man variationskoefficienten.

I samband med sammanställningen av tabell 6:1 iaktogs att varianserna i regel var olika på sommaren och på vintern. Signifikansen var "två-stjär-

nig", utom för pH, där den var 0. Variationskoefficienterna var tämligen lika för samma slag av analysvärden. Mellan de olika analyserna växlade variationskoefficienterna däremot mycket. De var lägst för pH-värdena (omkr. 2 %) och låg mellan 20 % och 45 % för torrsubstanserna, permanganatförbrukning, biokemiskt syrebehov, klorider och ammonium samt vid 100 % och därutöver för övriga analysvärden.

Nästa steg var att söka utröna, om det förelåg någon skillnad mellan brunnarna inom vardera årstidsserien. För att kunna bedöma om sådana eventuella skillnader kunde anses säkra eller ej, var det även nödvändigt, att för var och en av de observerade faktorerna beräkna värdenas spridning inom de olika brunnarna. I detta sammanhang uppmärksammades särskilt totala torrsubstansen och dess organiska del, suspenderade ämnen och deras organiska del, avsättbara ämnen samt permanganatförbrukning och biokemiskt syrebehov. Härvid visade det sig, att såväl analysvärdenas medeltal som varianserna för samma observationer växlade mycket från brunn till brunn. Nu prövades med hjälp av den inom statistiken härför ofta använda s. k. Bartletts test, om skillnaderna mellan analysvärdenas spridning mellan brunnarna var större än som rimligen borde förekomma i ett homogent material. Detta visade sig vara fallet. Från var och en av de gjorda analysserierna borttogs därefter i tur och ordning de brunnar, som hade de största varianserna, tills det visade sig att återstoden kunde anses bilda en med avseende på spridning homogen grupp. På detta sätt uteslöts för vinterperioden brunnarna 12 och 14 samt för sommaren dessutom brunnarna 4, 8 och 13. Det återstod sålunda en med avseende på spridningarna homogen grupp på 7 brunnar, nämligen

1, 2, 3, 5, 6, 7 och 15. Medeltalen för denna grupp återfinns i tabell 6: 2. Såsom framgår av kapitel 7 förekom bland de under jäskammare redovisade brunnarna en, nr 18, som funktionellt visade sig vara en slamavskiljare. Denna brunn faller närmast inom den här redovisade gruppen.

Det är uppenbart att brunnar med höga spridningstal funktionellt sett är sämre än sådana med låga. Ett högt spridningstal för t. ex. torrsubstanshalten och därmed sammanhängande andra analysvärden visar att man ibland får höga analysvärden, ibland låga. Brunnen fungerar med andra ord ibland bra, men släpper emellanåt igenom stora mängder föroreningar. Man skulle kunna beteckna en sådan brunn som nyckfull eller opålitlig. Genom särskilda försök har utredningen övertygat sig om att de ibland förekommande stora växlingarna i analysvärdena mellan olika undersökningstillfällen inte beror på ofrånkomliga metodfel utan är "verkliga". Låga spridningstal visar att analysvärdena är tämligen lika vid olika observationstillfällen — brunnen är pålitlig. Men även ur denna synpunkt enhetliga brunnar kan skilja sig med avseende på medelvärdena. Om det utgående avloppsvattnet har en hög torrsubstanshalt, fungerar den brunnen sämre än en brunn, där koncentrationen är lägre. Det är sålunda önskvärt, att brunnarna ha låga medeltal och små spridningar.

Sedan nu brunnar med höga spridningstal uteslutits, återstod att undersöka om det inom den återstående i detta avseende homogena gruppen gick att utskilja en grupp brunnar med låga medeltal. Härför användes s. k. variansanalys. Därvid visade det sig till en början, att de olika brunnarnas medeltal avvek från varandra i högre grad än som kunde antas vara betingat av

Tabell 6: 2. Det utgående vattnets sammansättning. Grupper av slamavskiljare. Sommar- och vintervärden. Medeltal

Halter mg/l	Brunnar					
	1, 2, 3, 5, 6, 7, 15			5 och 7		
	Sommar	Vinter	<sup>2</sup> Diff.	Sommar	Vinter	<sup>2</sup> Diff.
Torrsubstans:						
totalt .....	491	458	33**	439	452	— 13°
därav organiskt .....	222	183	39***	186	177	9°
suspenderat .....	95	73	22**	58	48	10**
därav organiskt .....	65	46	19**	37	24	14°
löst .....	396	385	11°	381	404	— 23°
därav organiskt .....	157	137	20**	149	153	— 4°
Avsättbara ämnen <sup>1</sup> .....	1,35	1,02	0,33*	0,70	0,44	0,26°
pH .....	7,303	7,309	0,006°	7,337	7,276	0,056°
Permanganatförbrukning .....	231	191	40***	194	173	21°
Biokemiskt syrebehov .....	145	123	22**	95	99	— 4°
Klorid .....	51	59	— 8*	50	68	— 18°
Ammonium .....	29	36	— 7***	37	41	— 4°
Nitrit .....	0,25	0,21	0,04°	—	—	—
Nitrat .....	< 2	< 2	—	—	—	—
Bakteriehalter, logaritmiska värden:						
Gelatinbakt. vid 20°, per l ..	9,29	9,05	—	9,26	9,00	—
Agarbakt. vid 37°, per l ....	9,03	8,85	—	8,83	8,80	—
Antal syrabildande kolonier per l å rödviolettgalla-agar:						
vid 37° .....	7,58	7,42	—	7,37	7,48	— 0,11
vid 45° .....	7,35	7,22	—	7,18	7,24	— 0,06

<sup>1</sup> ml/l.

<sup>2</sup> Antalet \*\* anger signifikansen för differensen (se texten).

slumpen. Den fortsatta analysen visade, att brunnarna 5 och 7 kunde hänföras till en grupp med låga medeltal och att de övriga utgjorde en homogen grupp med något högre medeltal. Resultatet framgår av tabell 6: 2.

Av tabell 6: 2 syns vidare, att brunnarna 5 och 7 låter sig urskilja från de medelgoda (1, 2, 3, 5, 6, 7, 15) därigenom, att skillnaderna mellan sommar- och vintervärden fallit bort. Detta är, som närmare skall belysas i fortsättningen, en med hänsyn till brunnarnas funktionssätt viktigt iakttagelse.

I och för sig skulle det onekligen ha varit av stort intresse att söka finna en närmare förklaring till var och en av de olika brunnarnas skilda egenskaper. Detta skulle emellertid ha krävt mycket

ingående och detaljerade undersökningar av de olika brunnarna var för sig. Redan med hänsyn till den begränsade tid, som stod till förfogande, och de likaledes begränsade ekonomiska resurserna var en sådan undersökning inte möjlig. Därtill kom att utredningens uppgift i första hand inte var att söka förklara anledningen till att vissa slamavskiljare mindre väl fyllde sin avsedda uppgift utan framför allt att söka visa, hur långt i behandlingseffekt, som man kan nå med en enkel slamavskiljare och samtidigt ange riktlinjerna för hur en slamavskiljare bör vara konstruerad. Utredningen är också angelägen att framhålla, att, ehuru de undersökta brunnarna i många fall motsvarar i allmänna marknaden före-

kommande konstruktioner, de erhållna resultaten inte får betraktas som en allmän värdesättning av de olika konstruktionerna. Resultaten hänför sig nämligen blott till de förhållanden, under vilka brunnarna prövats. Det ligger därför i sakens natur att resultaten endast i begränsad omfattning kan ges en generell tillämpning med hänsyn till de olika konstruktionernas allmänna sätt att fylla sin avsedda uppgift.

Det har redan framhållits, att det tillförda obehandlade avloppsvattnets sammansättning var tämligen konstant och att växlingarna mellan sommar- och vintervärdena också var små. Då det från brunnarna utgående vattnet hade så växlande sammansättning, måste detta därför hänföra sig till omständigheter, som har med förhållandena i brunnarna att göra. Man torde härvid närmast ha att tänka på två olika saker. Det fanns i denna undersökning brunnar, där man inte kan utesluta, att det förelåg större eller mindre möjligheter för direkt kommunikation mellan inlopp och utlopp, i vart fall för någon del av avloppsvattnet. I sådana fall kan passagetiden genom brunnen bli för kort för att den ifrågakommande delen av avloppsvattnet skall kunna avslamas. Det utgående vattnet kommer därför att hålla en tämligen hög halt av föroreningar. För att förklara de stora skillnaderna i spridningarna är detta dock inte tillräckligt. Härför måste man beakta en annan omständighet.

Från det avloppsvatten, som får tillfälle att något längre tid uppehålla sig i sedimenteringskammaren, avskils huvuddelen av de avsättbara ämnena som slam, vilket sjunker till botten. Men åtminstone på sommaren, då temperaturen i brunnen är tämligen hög, ligger detta slam inte stilla där. Det sker en med gasutveckling förenad röt-

ning, som gör att slam periodvis förs upp från botten till ytan. Efter att någon tid ha stannat på ytan sjunker en del av detta slam åter ned till botten. Den av gasbildningen framkallade slamrörelsen sker ibland explosionsartat, så att en mycket stor del av, eller t. o. m. hela bottenlammet rycks med. Slamkoncentrationen i avloppsvattnet blir då mycket hög. Dessutom kan strömningar, föranledda av temperaturskillnader, växlingar i tillförseln av avloppsvatten m. m., medföra att bottenlam förs upp i det ovanliggande vätskeskiktet och bildar ett slags svävslam. På grund av dessa förhållanden är det mycket viktigt, att en slamavskiljare är så konstruerad, att dylikt svävslam om möjligt hindras att komma ut i den utgående ledningen. Särskilt viktigt är det givetvis, att inte ytslammet helt eller delvis kan ryckas med.

Redan av de i kapitel 3 återgivna iakttagelserna från besiktningar av avloppsbrunnar i olika delar av landet kan man sluta, att många av de i bruk varande slamavskiljarna inte fyller dessa villkor. Såsom där nämndes fanns det i många fall brunnar, som aldrig rensats, men som likväl var fria från slam. Det var sådana fall som låg till grund för den i vissa landsdelar utbredda uppfattningen att slamavskiljare fungerade som "förintelsebrunnar". I själva verket innebär det förhållandet att slammet försvunnit ur brunnen, endast att det spolats ut i ledningen. Enligt utredningens erfarenheter är den vanligaste och största svagheten i slamavskiljarnas konstruktion, att de inte tillräckligt effektivt hindrar det i brunnarna avsatta slammet från att kontinuerligt eller periodvis avgå med det utgående vattnet. Den omständigheten att brunnarna över lag fungerade betydligt bättre på vintern, då slammet på grund av den lägre temperaturen inte

undergår någon väsentlig rötning och följaktligen förhållandena i brunnarnas inre är lugnare, syns bekräfta denna uppfattning. De hittills gjorda iakttagelserna tyder också på att de olägenheter, som uppkommer av att det förefinns en begränsad direktkommunikation mellan de in- och utgående ledningarna, i regel är mindre än de, som åstadkommes om det i kammaren avsatta slammet av gasbildningen kan föras bort ur brunnen. Det är också uppenbart, att olämpliga konstruktioner i sistnämnda hänseende inte kan kompenseras genom att man ger brunnarna en större volym för att på så sätt öka vattnets nominella uppehållstid.

Efter att ha erhållit dessa resultat beslöts att i fortsättningen bedriva undersökningarna efter i huvudsak tre olika linjer. För det första skulle vid försöksanläggningen studeras slamavskilningsförmågan hos ett begränsat antal brunnar av samma storlek, men av principiellt olika typ. I samband härmed borde utrönas om en större slamavskiljare gav en så pass mycket bättre effekt än en mindre av samma konstruktion, att det kunde anses rationellt att anordna större brunnar, trots deras högre anläggningskostnad. För det andra borde genom särskilda försök bestämmas uppehållstiderna i brunnar av olika typ. Resultaten av dessa undersökningar borde sedan jämföras med vad man genom undersökningarna i övrigt hade funnit beträffande brunnarnas effekt. Slutligen borde, för det tredje, strömningen av vattnet i brunnarna och slammets förhållande där studeras med hjälp av modellförsök.

Vad de bakteriologiska analyserna beträffar finner man av tabellerna, att skillnaderna mellan sommar- och vinterserierna i samtliga grupper är mycket liten. Även om skillnaderna skulle vara signifikanta, är de för små för att

ha någon praktisk betydelse. Denna fråga belyses närmare i kapitel 8.

I samband med undersökningarna över de olika slamavskiljarna har vid olika tillfällen temperaturen uppmätts i brunnarna, såväl vid botten som 0,5 och 1 meter under ytan. I samtliga fall fann man, att botten temperaturen var 1—2° lägre än yttemperaturen och temperaturen 0,5 meter under ytan var något högre än 1 meter under ytan. I stort sett rörde sig temperaturerna mellan 16 och 12° med i de flesta fall tämligen små årstidsvariationer. Dessa temperaturer är höga i förhållande till marktemperaturen, vilket bl. a. sannolikt torde stå i samband med att dessa hushåll använde tämligen mycket varmvatten. I en studie över temperaturförhållandena i mindre emscherbrunnar i Norrland 1953 har civilingenjören E. Pajuste (Vattenhygien nr 10, 1954, s. 23—27) redovisat mätningvärden från brunnarnas nedre delar på 5—6° med tämligen små årstidsvariationer. Temperaturförhållandena är givetvis av mycket stor betydelse för de bakteriella och biokemiska processernas reaktionshastighet. Från denna synpunkt är det påfallande, att de i de undersökta brunnarna iakttagna bakteriella och biokemiska förändringarna varit så obetydliga, då man måste räkna med att temperaturförhållandena har varit särskilt gynnsamma.

#### **Försök med vissa modifierade typer av brunnar**

Vid konstruktionen av de för de praktiska försöken på Stocksundsanläggningen erforderliga brunnarna utgick utredningen från det från fältundersökningarna kända förhållandet, att det stora flertalet anläggningar för en- och tvåfamiljsfastigheter i landet byggs av ägarna själva eller av andra personer, som i regel inte besitter särskild tek-

nisk sakkunskap. Av praktiska skäl bör därför de brunnstyper, som utredningen kan komma att förordna, kunna utföras av fabriksmässigt framställda standardelement. På grund härav utfördes försöken med brunnar med cirkulär planform och framställda av vanliga brunnringar av betong.

Då det framgick av de tidigare försöken, att det i brunnarna sedimenterade slammet vid vissa tillfällen rördes upp och avgick med det utgående vattnet, var det nödvändigt att pröva en typ av enklare brunnar, där denna möjlighet så vitt möjligt förhindrades. Det föreföll utredningen sannolikt, att sådana konstruktioner, som utgjordes av efter varandra följande kammare, genom vilka vattenströmmen leddes i tur och ordning, skulle erbjuda en tekniskt lämplig väg. Dylika kammarbrunnar är väl kända i litteraturen. Det gällde här i första hand att söka bestämma det nödvändiga antalet kammare samt studera strömningsförloppet och medel att påverka detsamma i syfte att nå bästa möjliga resultat, som är förenligt med den eftersträfvade enkelheten i konstruktionen. Vid de efterföljande försöken jämfördes en brunn av emschertyp med brunnar av kammartyp och inom den senare gruppen brunnar med 1, 2 och 4 kammare. Samtliga hade 120 cm diameter och omkring 2 meters vattendjup. De belastades med samma mängd avloppsvatten. För storleksjämförelsen användes vidare en större fyrkammarbrunn med 150 cm diameter.

Försöken avsåg i första hand brunnarnas förmåga att mekaniskt kvarhålla slammet, varför inga kemiska eller bakteriologiska undersökningar ansågs erforderliga. Däremot uppmättes den avsättbara slammängden i det avgående vattnet såväl vid normal belastning som vid stötbelastning. Resultaten gav vid

handen att två- och fyrkammarbrunnen i stort sett gav likartade resultat och att båda var betydligt överlägsna brunnarna av enkammar- och emschertyp. Skillnaden i verkningssätt var så påtaglig, att utredningen kom till den uppfattningen, att man vid det fortsatta arbetet borde koncentrera sig på ett närmare studium av flerkammarbrunnar. Av praktiska skäl kan man vid småanläggningar knappast tänka sig kammarbrunnar med ett större antal kammare. Sådana blir både svårare att framställa och besvärligare att sköta. Vid försöken konstaterades emellertid, att slammet i kammarbrunnarna huvudsakligen koncentrerade sig till det första facket, vilket för fyrkammarbrunnen medförde en tendens till igen slamning av detta fack på relativt kort tid. Det syntes därför sannolikt, att den lämpligaste anordningen var en kammarbrunn med 3 kammare, av vilka den första var ungefär lika stor som de båda andra tillsammans. Jämförelsen mellan den större och mindre fyrkammarbrunnen utföll överraskande nog till den mindres förmån.

För att ompröva dessa resultat utfördes under 1953 likartade försök med kammarbrunnar av samma storlek indelade i 2, 3 och 4 fack. Samtliga brunnar hade en diameter av 120 cm och ett vattendjup av 2 meter. Beskickningen motsvarade på varje brunn 7 personer. Då det vid de tidigare försöken visat sig, att en större brunn vid samma belastning inte gett bättre resultat än en mindre, och vid försökens senare skede till och med sämre, ansågs det önskvärt att också pröva en serie brunnar av samma konstruktion men med olika diameter. Härför valdes trekammarbrunnar med respektive 90, 120 och 150 cm diameter och ett vattendjup av omkring 2 meter. Belastningen på dessa brunnar var densam-

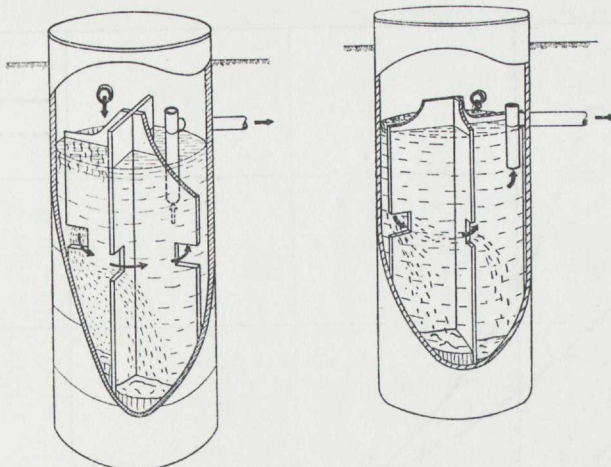


Fig. 6: 2. Slamavskiljare med 4 resp. 3 kammare.

ma som för de övriga i försöket deltagande. Härutöver studerades också en emscherbrunn av speciell konstruktion. I denna gjordes insatsen betydligt större i förhållande till belastningen än som vanligen är fallet vid dylika brunnar nämligen som en tratt med omkring 180 liters volym, varjämte brunnen försågs med 2 efterföljande kammare. Möjlighet till provtagning förefanns såväl omedelbart efter vattnets passage genom insatsen som efter att det lämnat den sista kammaren.

Av de nya undersökningarna framgick bl. a., att tvåkamarbrunnen genomsnittligt var sämre än tre- och fyrekamarbrunnarna och att någon säker skillnad inte förelåg mellan de båda sistnämnda. Förutom bestämning av avsättbart slam i det avgående vattnet följdes slamavsättningen i brunnarna med hjälp av en för ändamålet konstruerad vattenkikare. Med kikaren kunde man iakta slammets fördelning på yt- och bottenlam samt följa verkan av de eruptioner av bottenlammet, som emellanåt inträffade till följd av gasbildning. Trekamarbrunnens överlägsenhet över tvåkamarbrunnen beror uppenbarligen på att den tredje

kammaren tjänstgör som en säkerhetsficka, som fångar upp det slam, som passerat de båda föregående. Även den i detta försök använda emscherbrunnen visade sig, trots den stora insatsen, vara avgjort sämre än en kammarbrunn med samma totalvolym. Kombinationen av emscherbrunn med efterföljande kammare var däremot utmärkt.

En observation förtjänar i detta sammanhang att omnämnas. Det framgick nämligen, att slammets volym genomgående minskade i brunnarna under eftersommaren och hösten. Då den avgående slammängden inte ökades, måste detta sammanhånga med den under denna tid inträffade kraftigare slamrötningen. I vilken utsträckning den volymmässiga minskningen är ett uttryck för att en del av slammets nedbrutits till lösliga produkter eller att det genom denna omvandling blir mindre skrymmande, kan med ledning av försöksresultaten inte avgöras.

Storleksjämförelsen gav vid handen, att den minsta brunnen till att börja med gav ett något sämre resultat än den medelstora och större. I likhet med vad som var fallet i den tidigare undersökningen blev resultatet för den

Impulser / min.

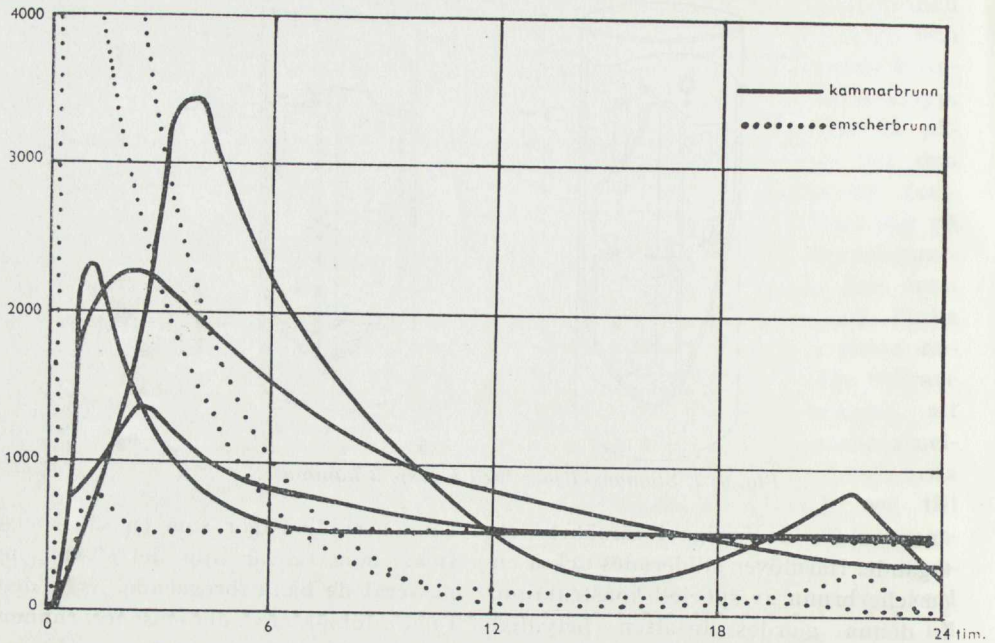


Fig. 6:3. Radioaktiviteten hos det utgående avloppsvattnet som funktion av tiden. (Första undersökningen.)

största brunnens vidkommande med tiden sämre och efter några månaders drift visade det sig t. o. m. ogynnsammare än den minsta. Någon förklaring till detta egendomliga resultat, vilket dock uppkommit vid tvenne undersökningsserier, kan utredningen inte lämna.

#### Bestämningar av uppehållstider

Som tidigare framhållits måste man noga skilja mellan den nominella uppehållstiden och den verkliga. Den förra kan lätt beräknas ur förhållandet mellan brunnens volym och den per tidsenhet tillförda volymen avloppsvatten. Den senare måste experimentellt utrönas. Detta kan ske på det sättet, att man till avloppsvattnet sätter lämpliga salter eller färglösningar och sedan följer deras koncentration i det utgående vattnet. Dessa metoder är dock i detta fall behäftade med allvarliga felkällor

av olika slag. Det visade sig också vid utförda försök, att mätningresultaten blev alltför osäkra för att medge några säkra slutsatser.

Utredningen övergick därefter till att bestämma uppehållstiden med hjälp av radioaktiva isotoper, som i andra sammanhang visat sig mycket lämpliga för liknande mätningar. Försöken utfördes under medverkan av L K B-Produkter fabriks AB och aktivitetsmätningarna utfördes på Tekniska högskolan av civilingenjör L.-G. Erwall.

Som indikator vid undersökningen användes den radioaktiva rubidiumisotopen Rb 86 med 19,5 dagars halveringstid. I de till de olika brunnarna hörande facken i fördelarhuset injicerades samtidigt 100 ml av en lösning innehållande 10 mC RbCl/l. Provtagningen skedde i brunnarnas utlopp vid olika tidpunkter, med tätare provtagning i början. Aktiviteten i proven be-

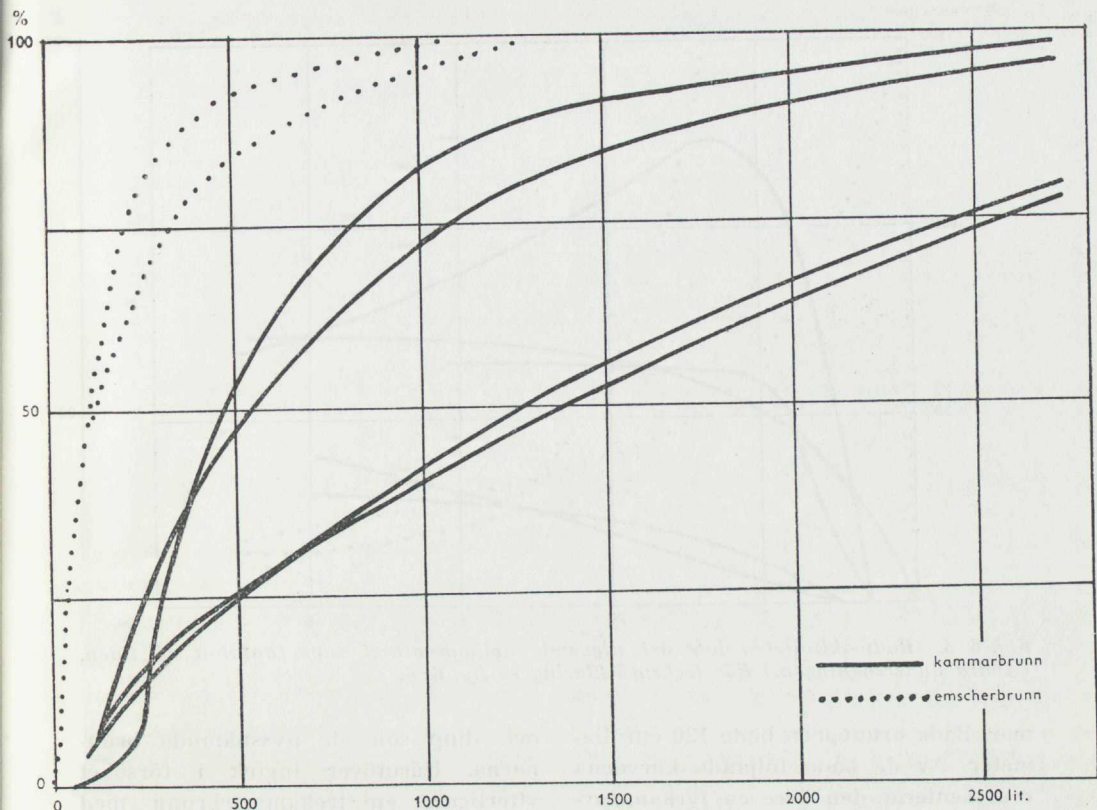


Fig. 6:4. Procentuell del av det radioaktiva ämnet, som utspolats med stigande mängder utgående avloppsvatten. (Första undersökningen.)

stämdes sedan genom mätning med ett Geiger-Müllerrör. Flödet genom brunnarna bestämdes under den tid provtagningen pågick. Närmare detaljer beträffande metodiken m. m. framgår av en i Teknisk tidskrift nr 22, 1954, publicerad redogörelse av civilingenjör L.-G. Erwall och ingenjör L. Klingsell.

Den första undersökningen ägde rum i februari 1953, varvid provtagningen utsträcktes över 3 dygn med successivt ökande tidsavstånd mellan provtagningarna. Serien omfattade 7 olika brunnar med varierande diametrar av såväl emscher- som kammartyp. Belastningen på brunnarna var lika och motsvarade ungefär 7 personer. Resultatet

framgår av fig. 6:3. Diagrammet anger aktiviteten hos det utgående vattnet (antalet impulser per minut på Geiger-Müllerröret) som funktion av tiden. Man lägger märke till att det radioaktiva ämnet kan påvisas i vattnet nästan omedelbart efter det att det tillsatts. Diagram 6:4 visar hur stor del av den tillsatta mängden radioaktivt ämne, som utspolats med olika mängder avloppsvatten. De två översta kurvorna härrör från försök med emscherbrunnar. Man ser att hälften av det radioaktiva ämnet återfunnits i det avgående vattnet redan när mindre än 150 liter passerat brunnen. Då den totala omsättningen per dygn uppgick till 1 250 liter, motsvarar detta en tid av knappa 2 tim-

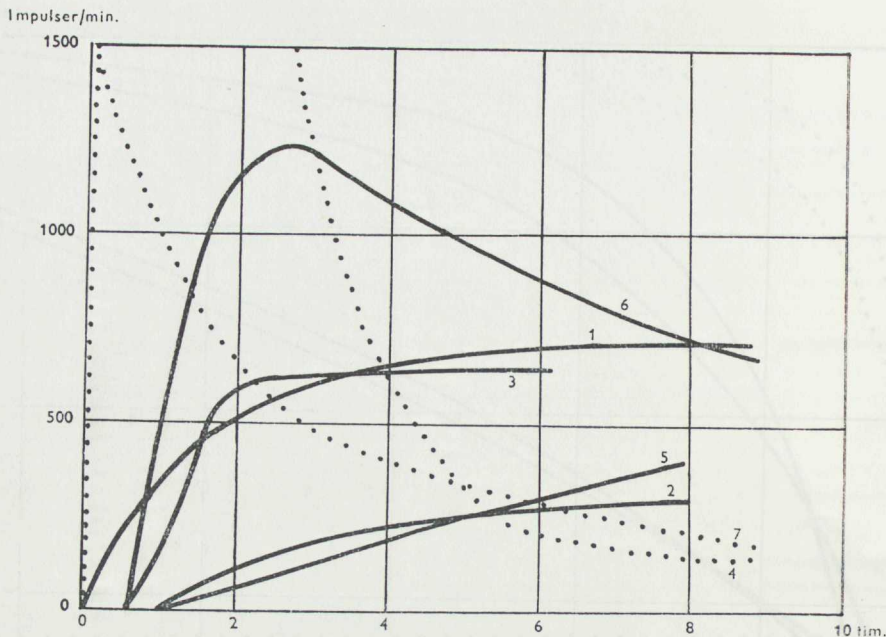


Fig. 6:5. Radioaktiviteten hos det utgående avloppsvattnet som funktion av tiden. (Andra undersökningen.) För teckenförklaring se fig. 6:6.

mar. Båda brunnarna hade 120 cm diameter. Av de båda följande kurvorna representerar den övre en fyrkammerbrunn och den undre en tvåkammerbrunn båda med 120 cm diameter. För dessa är utströmningen betydligt långsammare. Det erfordras en genomspolning med omkring 500 liter för att hälften av det tillsatta spårämnet skall återfinnas i det utgående vattnet. Det tredje kurvpåret hänför sig till tvenne tvåkammerbrunnar med 100 och 120 cm diameter. Den sjunde brunnen (ej inritad, en stor T-brunn, visade ännu långsammare utströmning.

Den andra undersökningen, mars 1953, omfattade en tvåkammerbrunn, en trekammerbrunn och en fyrkammerbrunn, samtliga med 120 cm diameter och 2 meters vattendjup. Dessa jämfördes med en brunn av emscher-typ med den ovannämnda stora insatsen, rymmande nära 200 liter, och placerad i en brunn med samma diameter

och djup som de nyssnämnda brunnarna. Härutöver ingick i försöket ytterligare en trekammerbrunn med samma vattendjup som de föregående men med en diameter av 150 cm. Anläggningarna beskickades med en avloppsvattenmängd motsvarande 7 personer. Samtidigt med dessa mätningar företogs en motsvarande undersökning av en liten trekammerbrunn (90 cm diameter) och av en emscherbrunn (130 cm diameter). Beskickningen på dessa båda brunnar motsvarade omkring 21 personer, dvs. tre gånger så mycket som på de föregående.

Det väsentliga av dessa försök framgår av fig. 6:5. Av diagrammet framgår, att det tog ungefär en timme efter det att spårämnet tillsatts till dess att man fick utslag av radioaktivitet i det utgående vattnet från de två olika stora trekammerbrunnarna med låg belastning. Motsvarande tid var för fyrkammerbrunnen och den trefaldigt belas-

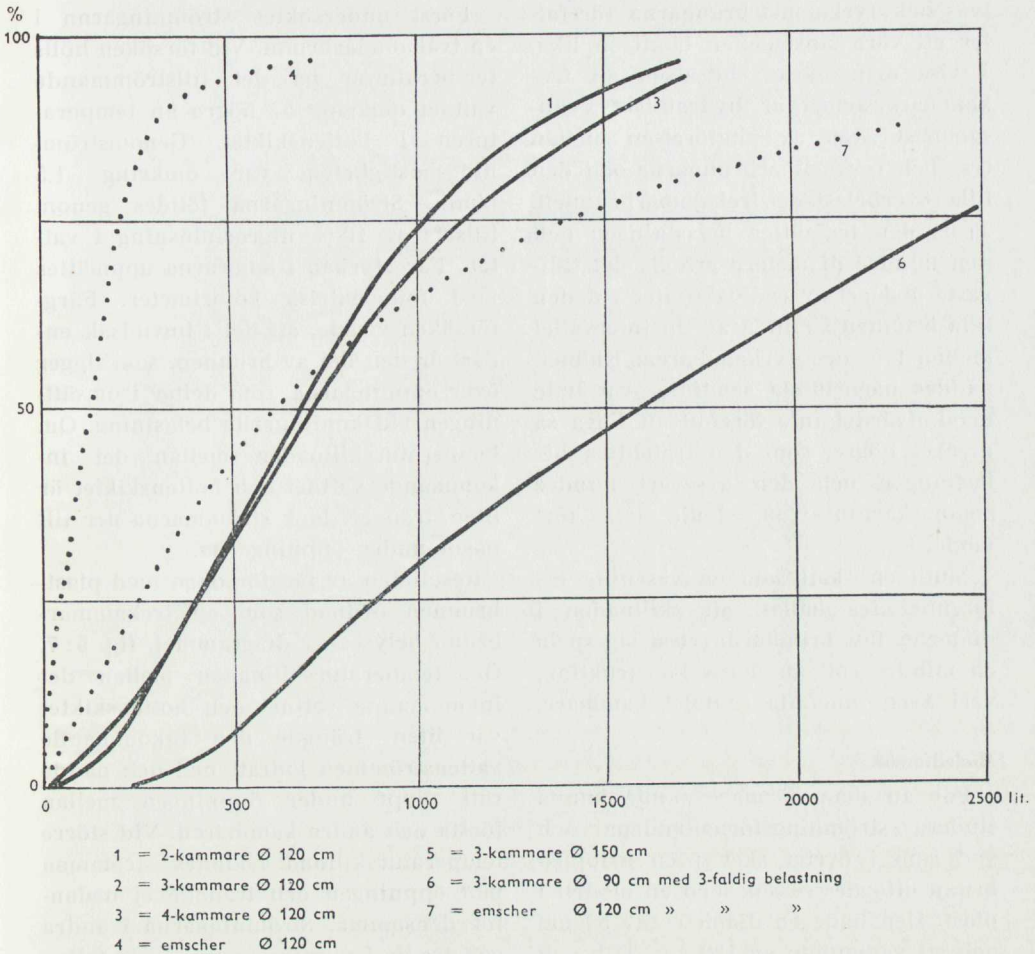


Fig. 6:6. Procentuell del av det radioaktiva ämnet, som utspolats med stigande mängder utgående avloppsvatten. (Andra undersökningen.)

tade trekammarbrunnen omkring två tredjedels timme. I det avgående vatten från en tvåkammarbrunn och en emscherbrunn uppträdde radioaktiviteten nästan omedelbart efter det att spårämnet tillsatts.

På fig. 6:6 ser man, att den lilla trekammarbrunnen med trefaldig belastning gett det bästa resultatet. Hälften av spårämnet har lämnat den först sedan mer än 1 500 liter vatten passerat genom brunnen. Även i detta försök visade sig emschertypen vara den säm-

sta (översta kurvan). Två- och fyrcammar- samt den överbelastade trekammarbrunnen visade ungefär samma inbördes förlopp.

Sammanfattningsvis visar dessa undersökningar att kammarbrunnarna i hydrauliskt avseende förhållit sig gynnsammare än emscherbrunnarna. Kurvorna för utströmningen ur emscherbrunnarna har överlag haft det ogynnsammast tänkbara förlopp. Ifråga om kammarbrunnarna tycks trekammarbrunnen vara fördelaktigast, medan

två- och fyrkammarrbrunnarna förefaller att vara sinsemellan tämligen lika. I viss mån stärks slutsatsen att trekammersystemet är hydrauliskt gynnsammast även av jämförelsen mellan två- och fyrkammarrbrunnarna och den lilla överbelastade trekammarrbrunnen. Trots den trefaldiga belastningen och den mindre diametern erhöles det tidigaste utslaget av radioaktivitet vid den lilla brunnen i mitten av tidsintervallet mellan två- och fyrkammaren. Kulmen nåddes någorlunda samtidigt varjämte maximivärdet inte föreföll att ligga så mycket högre, som den trefaldiga belastningen och den avsevärt mindre genomskärningsytan skulle låta förmoda.

Slutligen skall som en väsentlig erfarenhet framhållas, att skillnaden i diameter hos brunnarna visat sig spela en mindre roll än deras konstruktion, vari även innefattas antalet kammare.

#### Modellförsök

För att man närmare skulle kunna studera strömningsförhållandena och vad som i övrigt sker i en avloppsbrunn utfördes försök med en modell i plast. Den hade en diameter av 55 cm och ett vattendjup av 120 cm. Till- och utlopp ordnades som T-rör. Undersökningen utfördes sommaren 1953 på institutet för folkhälsan. Temperaturen i laboratoriet var omkring 22°. Modellbrunnen prövades dels som tvåkammarrbrunn, där den första kammaren var dubbelt så stor som den andra, och dels som trekammarrbrunn, där den första kammarens volym var lika med summan av de båda andras. Insatserna i tvåkammarrbrunnen hade 2 öppningar ca 50 cm från botten. I trekammarrbrunnen satt öppningen mellan första och andra kammaren ca 50 cm från botten och öppningen mellan den andra och tredje ca 25 cm från vattenytan.

Först undersöktes strömningarna i en tvåkammarrbrunn. Vid försöken hölls temperaturen på det tillströmmande vattnet omkring 5° högre än temperaturen i bottenskiktet. Genomströmningshastigheten var omkring 1,5 l/min. Strömningarna följdes genom tillsats av 10 % nigrosinlösning i vatten. Färgstyrkan i kamrarna uppmättes med fotoelektrisk kolorimeter. Färgförsöken visade, att det i huvudsak endast är den del av brunnen, som ligger över öppningarna, som deltar i omsättningen vid kontinuerlig belastning. Om temperaturskillnaden mellan det inkommande vattnet och bottenskiktet är liten, tränger dock strömmarna ner till något under öppningarna.

Resultaten av färgförsöken med plastbrunnen ordnad som en trekammarrbrunn belyses av diagrammet, fig. 6:7. Om temperaturskillnaden mellan det inkommande vattnet och bottenskiktet var liten, trängde den inkommande vattenströmmen lodrätt ned och nådde rätt djupt under öppningen mellan första och andra kammaren. Vid större temperaturskillnad riktades strömmen mot öppningen och trängde ej nedanför densamma. Strömningarna i andra och tredje kammaren var i båda fallen i det närmaste lika. Vid försök för att utröna brunnens stötkänslighet befanns att det färgade bottenskiktet förblev i det närmaste oförändrat, när temperaturskillnaden mellan det inkommande vattnet och bottenskiktet var större än 2°. I övriga fall fördes det rakt upp under inloppsröret.

Nu tillfördes trekammarrbrunnen botenslam från brunnarna i Stocksund. Slammet var poröst och blåsvart. Brunnen belastades sedan med vattenledningsvatten. Genomströmningshastigheten var omkring 1,5 l/min. och temperaturen hölls ungefär 5° högre än slamlagrets. Sedan brunnen varit i drift

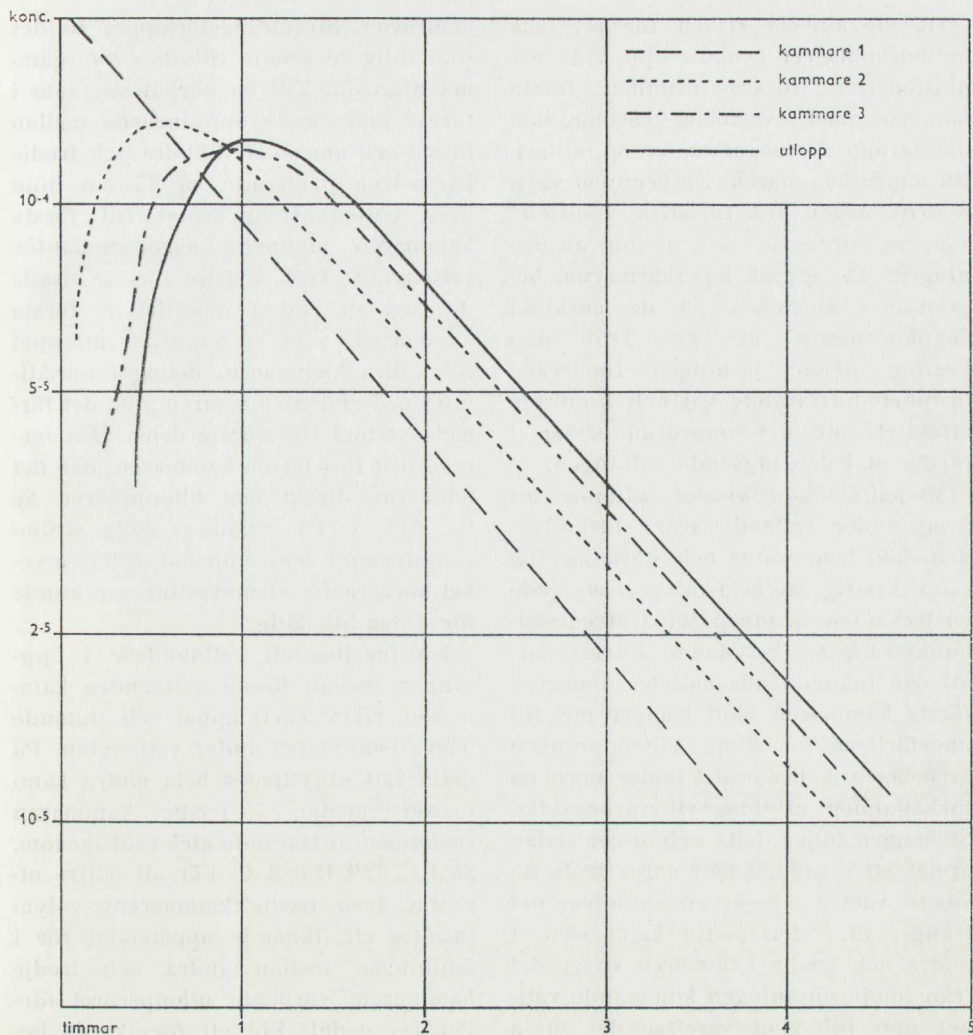


Fig. 6:7. Modellförsök. Utströmningens tidsförlopp.

med omväxlande stötbelastningar och kontinuerlig belastning i ca 3 dygn, kunde man iaktta, att slammet började jäsa. Stora sprickor och gasbubblor uppkom i skiktet och när efter 4 dagar en provtagare sänktes ner i slamskiktet, "exploderade" detta under livlig gasutveckling. Därvid uppkom stora mängder svävslam, vilka till största delen så småningom åter avsatte sig huvudsakligen i första kammaren. En mindre del gick över i den andra, me-

dan endast en obetydlig mängd avsatte sig i den tredje. Även vid mycket kraftiga "explosioner" utgjorde den tredje kammaren en mycket effektiv säkerhetsficka. Brunnen visade sig vidare vara mycket okänslig mot stötbelastningar.

Slutligen utfördes även försök, vid vilka brunnen belastades med 100 liter vattenledningsvatten och 1 liter färskslam per dag, både i form av kontinuerlig belastning och stötbelastning. I

syfte att minska risken för att hela bottenslamlagret rycktes upp vid "explosionerna", försågs brunnens första kammare med 3 vertikala skärmar, som nådde upp till något under öppningen till andra kammaren. Då brunnen varit i drift någon tid tillsattes ymslam, som medförde en stark ökning av jäsningen. På grund av skärmarna begränsades storleken på de enskilda "explosionerna" avsevärt. Trots den kraftigt ökade jäsningen fungerade brunnen fortfarande väl och hindrade effektivt, att det upprörda slammet fördes ut i den utgående ledningen.

Modellförsöken visade sålunda, att även under rådande svåra förhållanden, hög temperatur och stark jäsning samt kraftig stöbelastning, fungerade en trekammarbrunn på ett tillfredsställande sätt. Av betydande intresse är, att den inkommande vattenströmmen i första kammaren blott tränger ner till ungefärligen det djup, där öppningen är belägen, och där det under normala förhållanden utbildas ett språngskikt. Strömmen följer detta och stiger sedan uppåt efter samma kammars motsatta vägg, varvid dock en mindre del tränger in i den andra kammaren. I andra och tredje kammaren stiger det från inloppsöppningen kommande vattnet upp till ytan varefter det sakta sjunker, tills det når utloppsöppningen. Härav framgår sålunda att det är de delar av varje kammare, som ligger ovanför utloppsöppningen, som deltar i omsättningen. För att få största möjliga uppehållstid i brunnen bör därför varje kammars utloppsöppning ligga så lågt det är möjligt med hänsyn till det för kammaren beräknade erforderliga slamrummet. (Fig. 6:8 belyser vissa delar av modellförsöken.)

Därefter gjordes försök för att undersöka strömningsförloppet vid ändrad placering av öppningarna mellan

kamrarna. Strömningsförloppet följdes som tidigare genom tillsats av färgämnet nigrosin. Till en början var som i föregående försök öppningarna mellan första och andra samt andra och tredje kammaren placerade på 45 cm höjd över botten. Inloppsröret till första kammaren mynnade något nedanför vattenytan. Även i detta försök visade det sig, att endast den del av första kammaren, som ligger över utloppet till andra kammaren, deltog i omsättningen. I andra kammaren gick det färgade vattnet till största delen rakt igenom och in i tredje kammaren, där det höjde av direkt mot utloppsröret. Se fig. 6:9 A. På grund av detta strömningsförlopp blev uppehållstiden mycket kort, varför slamavsättningen kunde förväntas bli dålig.

Nu insattes ett celluloidrör i öppningen mellan första och andra kammaren, riktat snett uppåt och slutande några centimeter under vattenytan. På detta sätt utnyttjades hela andra kammaren, medan i tredje kammaren strömmen fortfarande gick rakt igenom. Se fig. 6:9 B och C. För att bättre utnyttja även tredje kammarens volym insattes ett liknande uppåtriktat rör i öppningen mellan andra och tredje kammaren, varjämte utloppsröret förlängdes nedåt. Vid ett försök, då belastningen var ca 1 l/min., nådde de första färgspåren fram till andra kammaren efter drygt 7 minuter, men först efter ungefär 18 minuter började större mängder färg tränga in i andra kammaren. Färgen sjönk tämligen långsamt mot inloppet till tredje kammaren, dit en första färgslinga nådde efter omkring 40 minuter. Det egentliga färgskiktet inträngde dock först efter omkring 60 minuter. Strömningsförloppet i denna kammare förhöll sig därefter i stort sett som i den föregående. En liten färgslinga sökte sig också här ned

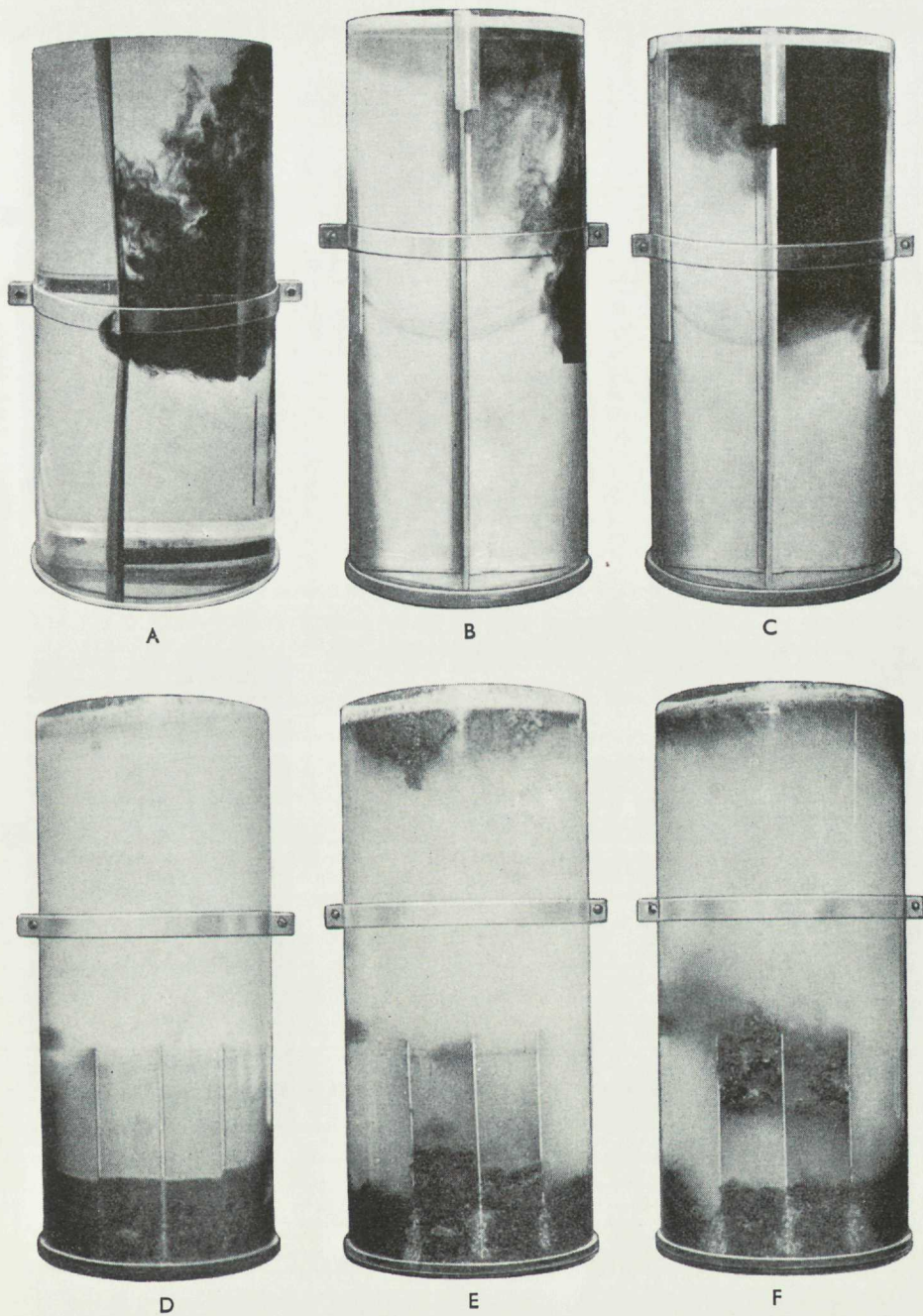
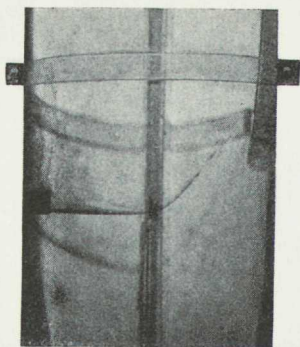
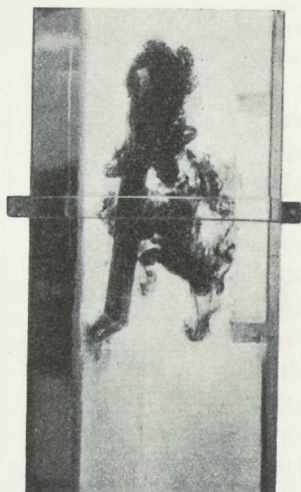


Fig. 6: 8.

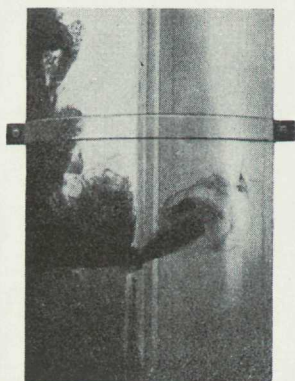
A. Första kammaren fylld med färgvätska till ungefär i höjd med inloppet till andra kammaren, dit färgvätskan just börjat inkomma.  
 B. Färgvätskan har stigit upp i andra kammaren men ännu ej nått den tredje.  
 C. Färgvätskan har börjat gå över i tredje kammaren.  
 D—F. Bottenslammets förändringar efter resp. 1, 2 och 4 dygn.



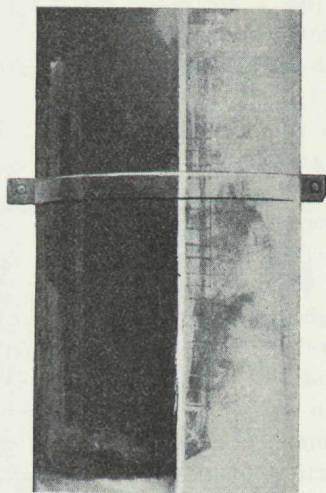
A



B



C



D

Fig. 6:9.

A. Strömningsbild. Färgvätskan går rakt igenom andra kammaren och böjer i tredje kammaren av direkt mot utloppsöppningen.

B. Strömmen föres upp i andra kammaren genom ett rör, varigenom denna kammares volym utnyttjas bättre.

C. I tredje kammaren fortsätter strömningen direkt mot utloppsröret.

D. Andra kammaren är alldeles fylld av färgvätska men tredje kammaren är fortfarande tämligen fri från densamma.

Tabell 6: 3. Medeltal (M) och variationskoefficienter (V) för vissa analysvärden för olika grupper av slamavskiljare. Sommarvärden

Halter mg/l	Brunnsgrupper							
	Samtliga		1, 2, 3, 5, 6, 7, 15		5 och 7		Försöksbrunn	
	M	V	M	V	M	V	M	V
Torrsubstans:								
totalt .....	526	23,9	491	12,0	439	9,3	401	4,5
därav organiskt ..	245	36,9	222	23,8	186	20,0	172	8,6
suspenderat .....	126	87,6	95	50,5	58	58,0	29	44,4
därav organiskt ..	88	91,1	65	63,2	37	83,4	23	42,0
löst .....	400	10,7	396	7,8	381	7,4	372	3,8
därav organiskt ..	157	28,3	157	24,1	149	24,4	149	10,1
pH .....	7,30	2,0	7,30	1,9	7,33	1,9	7,33	1,2
Permanganatförbrukning .....	258	44,2	231	23,3	194	39,3	180	10,9
Biokemiskt syrebehov	168	38,9	145	35,4	95	35,9	104	8,7
Ammonium .....	33	27,5	29	33,3	37	18,6	35	10,1

mot brunns utlopp före det egentliga färgskiktet, som först nådde fram till utloppet efter 1 timme och 45 minuter efter färgtillsatsen. Förloppet var i huvudsak lika om belastningen ökades, ehuru tiderna då blev kortare. Fig. 6:9 D visar hur andra kammaren är alldeles färgfylld, då bara litet färg hunnit fram till tredje.

Av dessa försök framgår, att en styrning av vattenströmmen i brunnen är önskvärd. För att ännu bättre kunna utnyttja första kammaren kan det ifrågasättas, om inte inloppsröret bör avkortas, så att det inte går längre än till vattenytan eller rent av slutar ovanför densamma.

Dessutom gjordes stötblastningsförsök, då belastningen uppgick till omkring 4 l/min. Dessa tydde på att brunnen är relativt okänslig för stötblastningar.

#### Praktiska försök med trekammarbrunn

Under våren och sommaren 1954 utfördes praktiska försök vid försöksanläggningen i Stocksund med en trekammarbrunn, som konstruerats i enlighet med de i det föregående angivna principerna. Brunnen var dock

inte försedd med de i de senare modellförsöken prövade anordningarna (rören) för att leda vattenströmmen. I tabell 6:3 ges en sammanfattning av de viktigaste fysikalisk-kemiska försöksresultaten i jämförelse med motsvarande värden från de i tabellerna 6:1 och 6:2 redovisade grupperna av slamavskiljare. Därtill har för samtliga grupper angivits respektive variationskoefficienter. Som tidigare omnämnts är variationskoefficienten standardavvikelsen i procent av medeltalet och innebär sålunda ett relativt mått på spridningen.

Den nu prövade slamavskiljaren ger som syns av tabellen lika goda medelvärden som gruppen 5 och 7. En påfallande skillnad är emellertid, att variationskoefficienterna i de flesta fallen är avsevärt mycket lägre. Försöksbrunnen ger sålunda mycket jämnare värden. Genom den valda konstruktionen har den tidigare i brunnarna iakttagna "nyckfullheten" övervunnits. Man behöver sålunda inte riskera, att brunnen genom inträffade inre omvälvningar emellanåt tömmer ut sitt slam i den utgående avloppsledningen. Den arbetar jämnt och säkert.

Vid modellförsöken visades att strömningsförhållandena i brunnen kunde förbättras, om man försåg den med särskilda rör för att leda vattenströmmen. Från början avsåg utredningen att fortsätta dessa försök för att studera förhållandena även vid andra än hittills prövade sätt att leda strömmen i brunnen. På grund av de gynnsamma erfarenheterna från de praktiska försöken har utredningen emellertid ansett sig böra avstå härifrån. Såsom i andra sammanhang framhållits, är det av största betydelse att slamavskiljarna är så

enkla som möjligt. Härigenom blir de lätta att utföra, kostnaderna blir lägre och skötseln enklare. De praktiska försöken visar, att de vinster beträffande effekt såväl i avseende på medeltal som spridningar, vilka är att vänta, om brunnen förses med anordningar för att leda vattenströmmen, är så små, att de för de brunnar, varom här är fråga, saknar praktisk betydelse. Under sådana förhållanden har utredningen inte ansett sig böra ytterligare fortsätta experimentverksamheten.

## SJUNDE KAPITLET

### Jäskammare

Vid försöksanläggningen i Stocksund fanns från början 4 brunnar, vilka be-teknades som jäskammare. Det som skiljer jäskammare från slamavskiljare är i första hand den längre uppehållstiden. Jäskamrarna är med andra ord så stora, att avloppsvattnet kan beräknas uppehålla sig i dem under en längre tid, varmed förstås ett par dygn upp till kanske tjugo. Genom den längre uppehållstiden avser man att förutom en mycket fullständig slamavsättning erhålla en viss nedbrytning av de i avloppsvattnet ingående organiska ämnen samt om möjligt också en mera avsevärd reduktion av bakteriehalten. Den biologiska process som kan för-siggå i jäskamrarna är liksom i slam-avskiljarna anaerob, dvs. den sker utan att syre finns närvarande.

Jäskammaren 16, utredningens mo-dell (fig. 7:1), var gjuten i betong på platsen. Den hade långsmal planform och var genom mellanväggar av arse-nikbehandlat trä indelad i 3 efter var-andra följande avdelningar. De 3 avdel-ningarna stod i förbindelse med var-andra genom slitsar i mellanväggarna, placerade ett par decimeter under vat-tenytan. Avloppsvattnet inströmmade med fritt fall vid jäskammarens ena gavel i den första avdelningen, som var försedd med en djupare slamficka med slamtömningsrör. Efter att ha passerat de olika avdelningarna utströmmade vattnet vid jäskammarens andra gavel genom ett T-rör. Sånär som på ett min-

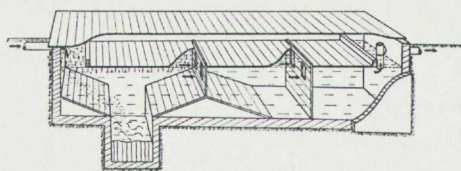
dre parti vid inlopps- och utloppsgav-larna var hela vattenytan i anlägg-ningen täckt med träluckor i kontakt med vattnet.

Den andra jäskammaren, 17, bestod av 3 stycken brunnar kopplade i serie. De var huvudsakligen utförda på sam-ma sätt som de i det föregående be-skrivna T-brunnarna 14 och 18. Dock var endast utloppet anordnat såsom ett T-rör i var och en av de tre brunnarna.

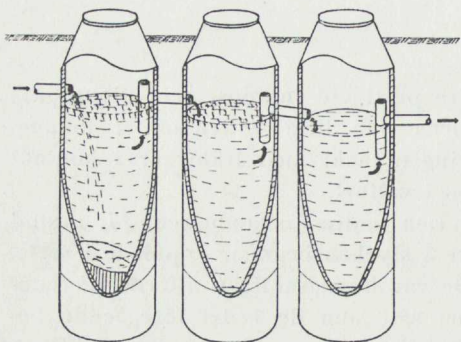
Från början uppfattades jämväl brun-nen 18 som jäskammare. Den var en stor T-brunn och byggdes av i mark-naden förekommande standardringar av betong. (Se fig. 6:1 och jämför även kapitel 6.)

Den fjärde jäskammaren, 19, var en konstruktion av betong, gjuten på plat-sen. Avloppsvattnet, som tillfördes brunnen, passerade först över en sek-tion med sluttande botten och tvinga-des under en vertikal träskärm och ut över en djupare slamficka. På andra sidan om denna mötte vattenströmmen en vägg, över vilken vattnet avsågs att passera med fritt fall för att luftas, innan det fortsatte vidare genom efter-följande eftersedimenteringsbassäng. På grund av att väggen var otät, läckte vattnet dock igenom densamma med påföljd, att den avsedda luftningen ej erhöles. Avloppsvattnet lämnade efter-sedimenteringsbassängen genom ett T-rör.

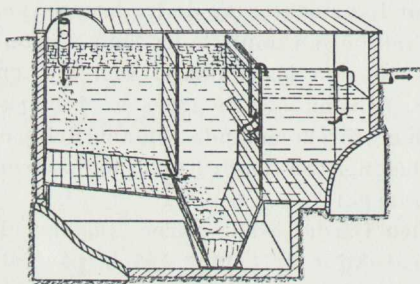
Den första provtagningsperioden om-fattade i stort sett åren 1951—52, då



Brunn 16.



Brunn 17.



Brunn 19.

Fig. 7: 1. Jäskammare.

jäskamrarna var i drift med undantag för avbrott beroende på driftstörningar. De belastades med en mängd avloppsvatten, som motsvarade omkring 10 dygns nominell uppehållstid, som på vedertaget sätt beräknats ur jäskamrarnas rymd per volym tillrinnande avloppsvatten per dygn. Såsom ingående behandlats i kapitel 6 kan den nominella uppehållstiden, avsevärt skilja sig från den verkliga. Resultaten av dessa undersökningar framgår av tabell 7: 1.

Vid beräkningen av försöksresultaten

visade det sig genast, att brunnen 18 så avsevärt skilde sig från jäskamrarna 16, 17 och 19, att den funktionellt inte kunde anses tillhöra denna typ. I själva verket fungerade den i huvudsak som en slamavskiljare och har därför även behandlats tillsammans med dem i kapitel 6. De återstående brunnen visade däremot i alla väsentliga avseenden enhetliga resultat och har därför sammanförts till en enda grupp. (I genomsnitt utgjorde för brunn 16 antalet analystillfällen 23 sommarvärden och 64 vintervärden. Motsvarande tal för brunn 17 var 29 respektive 54, för brunn 18, 21 respektive 45, och för brunn 19, 20 respektive 44.)

Liksom ifråga om slamavskiljarna förelåg beträffande de kemiska värdena en betydande skillnad i resultaten från sommar och vinter. Detta gäller såväl medeltalen som spridningarna. I stort sett skilde sig resultaten från jäskamrarna föga från de bästa slamavskiljarnas (5 och 7). Det torde dock föreligga en viss minskning i de totala suspenderade ämnena samt deras organiska del jämte någon ökning av den lösta organiska mängden. I likhet med förhållandena vid slamavskiljarna visade de bakteriologiska analyserna ingen reduktion av någon praktisk betydelse. Skillnaden mellan sommar- och vintervärden var i detta fall mycket obetydlig.

Med anledning av dessa inte särdeles uppmuntrande erfarenheter beslöt utredningen att under 1953 söka studera vad som kunde hända i jäskamrarna, om uppehållstiden ytterligare förlängdes samt om man ympade dem med moget slam. Förändringarna av uppehållstiden vid dessa försök åstadkoms genom att man förändrade den tillrinnande vattenmängdens storlek. Resultaten av dessa undersökningar har sammanförts i tabell 7: 2. Antalet ana-

Tabell 7: 1. Jäskamrarna, behandlat vatten, medeltal  
Försöken 1951—1952

Nominell uppehållstid, 10 dygn

Halter mg/l	Brunn			
	18		16, 17, 19	
	Sommar	Vinter	Sommar	Vinter
Torrsubstans:				
totalt .....	556	469	502	413
därav organiskt .....	266	225	220	183
suspenderat .....	80	69	42	25
därav organiskt .....	45	49	22	12
löst .....	476	400	460	388
därav organiskt .....	221	176	198	161
Avsättbara ämnen <sup>1</sup> .....	0,73	0,95	0,27	0,17
pH .....	7,18	7,32	6,76	7,30
Permanganatförbrukning .....	299	247	230	214
Biokemiskt syrebehov .....	211	153	130	100
Klorid .....	73,1	61,7	67,5	55,6
Ammonium .....	40,2	47,6	39,0	41,7
Nitrit .....	0,07	0,08	0,02	0,01
Nitrat .....	< 2	< 2	< 2	< 2
Bakteriehalter, logaritmiska värden:				
Gelatinbakterier vid 20°, per l .....	9,06	8,69	8,85	8,63
Agarbakterier, vid 37°, per l .....	8,75	8,67	8,67	8,44
Antal syrabildande kolonier per l å rödviolettgalla-agar				
vid 37° .....	7,50	7,58	6,98	7,25
vid 45° .....	7,44	7,42	6,94	7,12

<sup>1</sup> ml/l.

lystillfällen för de olika belastningsfallen är i genomsnitt 32.

Försöken utan ympning gav även nu i huvudsak samma resultat som vid de tidigare undersökningarna. Däremot erbjöd ympningsförsöken en annan bild. Vid en nominell uppehållstid på 20 dygn samt under den därefter följande 10-dagarsperioden har värdena för biokemisk syreförbrukning nedgått högst avsevärt. Samtidigt iakttar man en viss höjning av den utgående mängden torrsubstans. Det sistnämnda kan synas förvånande men är i själva verket mycket naturligt och bör uppfattas som ett uttryck för att en biologisk process kan ha kommit i gång i jäskamrarna. I samband med den biologiska omvandlingen av det avsatta slammet bringas det nämligen i sådan form, att

det kan avlägsnas med det avgående vattnet.

De i tabell 7: 2 angivna värdena för tjugodagarsperioden omfattar dess senare hälft för att resultaten inte skulle störas av eventuellt upprörda mängder av det tillsatta ymslammet. Om man i försöksprotokollen följer värdena dag för dag, finner man, att de inte är konstanta utan visar en påtagligt sjunkande tendens, som vid försökets slut inte fullt upphört. Jäskamrarna hade sålunda vid periodens slut ännu inte uppnått sitt jämviktsläge. Om försöket kunnat fortsättas ännu någon tid, hade man av kurvorna att döma dock ganska snart bort ha kommit fram till en dylik jämvikt. De sjunkande analyskurvorna kan antas närma sig asymptotiska värden, som motsvarar förhållandena, då

Tabell 7: 2. Jäskamrarna, behandlat vatten, medeltal  
Försöken 1953

Halter mg/l	Nominell uppehållstid, dygn								
	10	20	20	10	5	2	1		
	Driftperiod								
	10/3— 10/4	1/5— 8/5	8/5—22/6	12/7— 23/7	1/8— 15/8	25/8— 16/9	22/9— 10/12		
	Drifttid, dygn								
	30	8	<sup>1</sup> 45	11	15	22	80		
Ej ympat		Ympning genomförd							
			A	B					
Torrsubstans:									
totalt .....	437	432	518	482	503	461	435	424	
därav organiskt ..	197	208	222	201	198	222	195	196	
suspenderat .....	26	21	44	24	21	31	33	59	
därav organiskt ..	13	11	27	15	16	12	20	34	
löst .....	411	411	474	458	482	430	402	365	
därav organiskt ..	184	197	195	186	182	210	175	162	
Avsättbara ämnen <sup>2</sup> ..	0,1	< 0,1	0,1	—	0,1	0,1	0,2	0,8	
pH .....	7,2	7,1	7,2	—	7,3	7,3	7,2	7,3	
Permanganatförbruk- ning .....	227	230	265	231	189	176	228	246	
Biokemiskt syrebehov	88	79	64	47	36	66	109	118	
Klorid .....	48	49	—	—	—	—	—	—	
Ammonium .....	40	48	—	—	—	—	—	—	
Nitrit .....	0,01	0,01	—	—	—	—	—	—	
Nitrat .....	< 2	< 2	—	—	—	—	—	—	
Bakteriehalter, logarit- miska värden:									
Gelatinbakt. vid 20°, per l									
Agarbakt. vid 37°, per l									
Antalet syrabildande kolonier per l å röd- violettgalla-agar									
vid 37° .....	7,26	6,99	7,28	—	6,70	7,05	7,43	7,47	
vid 45° .....	7,11	6,88	7,14	—	6,57	6,92	7,25	7,25	

<sup>1</sup> A observerade, B extrapolerade värden. <sup>2</sup> ml/l.

jämvikt inträtt. Med ledning av observationerna har läget på denna asymptot beräknats grafiskt för vart fall och det funna värdet har införts under ympningsförsöken med 20-dagars nominell uppehållstid i kolumn B. Man ser att dessa värden är inte obetydligt lägre än de vid periodens slut verkligt iakttagna och tämligen väl överensstämmer med värdena från den omedelbart ef-

terföljande perioden med 10 dagars nominell uppehållstid. Man torde därför kunna utgå från att den effekt man under sommaren kan vänta av en jäskammare bör ligga i närheten av dessa värden. På vintern, då temperaturen i jäskamrarna i vårt klimat är låg, kan man däremot inte förutsätta att uppnå dylika effekter. Gjorda uppmätningar visade nämligen att jäskammarvattnets

Tabell 7: 3. Typning av koliforma bakterier

	1953		1954		Båda	
	Ingående vatten	Utgående vatten	Ingående vatten	Utgående vatten	Ingående vatten	Utgående vatten
<i>Escherichia coli</i> .....	16	15	10	15	26	30
<i>Escherichia coli</i> , atypisk .....	2	1	—	—	2	1
<i>Escherichia Freundii</i> .....	0	3	—	2	2	5
<i>Aerobacter aerogenes</i> .....	11	7	1	2	12	9
<i>Aerobacter aerogenes</i> , atypisk	1	3	7	1	8	4
<i>Paracoli</i> .....	0	1	—	—	0	1

temperatur vintertid låg mellan 3° och 6°. De fortsatta försöken med kortare nominell uppehållstid 5, 2 och 1 dagar, visar en fortskridande försämring av resultaten. Sammanfattande kan således anges, att jäskammare med en nominell uppehållstid på minst 10 dygn under sommaren medför en avsevärd sänkning av det biokemiska syrebehovet hos avloppsvattnet.

Vad de bakteriologiska undersökningarna beträffar blev resultaten inte gynnsamma. Nedgången av bakteriehalten var inte så stor att den har någon praktisk betydelse. Detta bestyrker den ofta gjorda erfarenheten, att bakterieavdödningen försiggår mycket långsamt under anaeroba förhållanden. Man skulle emellertid kunna tänka sig att de koliforma bakterierna i stort sett

visserligen inte undergick någon minskning, ehuru de specifika tarmbakterierna kunde ha avtagit i antal. I anledning härav gjordes en typning av dessa bakterier i såväl in- som utgående avloppsvatten. Resultatet framgår av tabell 7: 3. För denna typning uttogs vid varje tillfälle 10 kolonier från 37° rödviolettgalla-agarplattorna, renodlades och ympades i glykos- och laktosbuljong vid såväl 37° som vid 45° i Kosers citratlösning samt prövades på Voges-Proskauer- och metylröttreaktion och indolbildning. Av undersökningsresultaten kan man inte utläsa några skillnader mellan det ingående och det utgående avloppsvattnet.

En undersökning gjordes även följande sommar (1954) med motsvarande resultat.

## Markbäddar

**Något om de mikrobiologiska processerna i jorden**

Innan utredningen närmare ingår på de resultat, som utvunnits vid försöken med markbäddar, torde det vara önskvärt att något redogöra för de mikrobiologiska processer, som äger rum i jorden. Den biologiska nedbrytningen av avloppsvatten, som upptas i markbäddar, kan i princip liknas vid den, som i stor skala äger rum i jorden och där utgör ett led i elementens cirkulation, såsom kvävet's kretslopp, fosfor's kretslopp osv. De organiska beståndsdelarna bryts först ned till aminosyror, monosackarider och liknande, vilka småningom fullständigt omvandlas till kolsyra och vatten, när det gäller kol och väte, och till nitrit och nitrat, då det gäller kväve.

Studiet av de mikrobiologiska processer, som äger rum i jorden, har under senare år gjort betydande framsteg. Frågeställningarna och uppfattningarna liksom även metodiken skiljer sig numera i många avseenden från de tidigare. För studiet av avloppsvattnets biologi och alldeles särskilt i samband med processerna i markbäddarna kan utvecklingen på det område, som behandlar markens mikrobiologi, inte vara utan betydelse. Utredningen vill därför redan på detta stadium framhålla önskvärdheten av att den nödvändiga framtida forskningen på detta område nära knyts till institutioner, som arbetar inom den mikrobiella forskningen på jordområdet.

Då det gäller de mikrobiella faktorerna, kan jorden anses representera det medium eller substrat, i vilket lever ett mycket stort antal mikroorganismer av olika slag, som åstadkommer en mängd olika processer, vilka är ansvariga för upprätthållandet av livsförloppet i naturen. Under för växtförhållanden mycket gynnsamma omständigheter kan jorden antas innehålla omkring 5 volymprocent organisk substans, 45 % mineraler av olika slag samt 25 % av vardera luft och vatten. Men dess kemiska sammansättning växlar givetvis i utomordentlig grad. Det är i detta sammanhang av betydelse att erinra om att den mikrobiella verksamheten till allra största delen är förlagd till de övre och rent av de ytligaste jordlagren. Detta sammanhänger givetvis med att omgivningen, dvs. såväl det fysikaliska som det kemiska klimatet, där ger de bästa livsbetingelserna.

De levande organismerna i marken, vilka i detta sammanhang särskilt intresserar, har varit föremål för ingående undersökningar. Man har här gått fram på olika linjer. Vissa undersökare har ägnat den största uppmärksamheten åt den kvantitativa sammansättningen av den mikrobiologiska populationen. Andra har varit mera intresserade av mikroorganismernas biologi, medan åter andra ägnat sig åt de kemiska processer, som äger rum i jorden som resultat av de olika organismernas livsverksamhet, och i samband

darmed också åt deras betydelse för markens fruktbarhet och växternas liv.

Även om den vetenskapliga markbiologiens ursprung tillhör förra seklet, har den på de allra sista decennierna tillförts så mycket nytt, att man nu nästan kan tala om den som en ny vetenskap. Liksom på många andra områden sammanhänger detta bl. a. med undersökningsmetodernas utveckling. Detta har medfört att uppfattningen om den relativa betydelsen av olika mikroorganismer i hög grad förändrats. Man har kommit underfund med att olika grupper av mikroorganismer påverkas olika av växlande omgivningsfaktorer. Detta har lett till ändrade uppfattningar om förekomsten och naturen av den mikrobiologiska populationen i marken och dess betydelse vid omvandlingen av organiskt och oorganiskt material. Det kan dock knappast sägas, att dessa nyare rön överflyttats till de förhållanden, som gäller vid nedbrytningen av avloppsvattens organiska substans, åtminstone inte i den utsträckning som varit önskvärt. I princip torde dock mycket likartade förhållanden föreligga på båda dessa områden.

För att belysa förhållandena i allmänhet torde det vara nödvändigt att ytterligare något beröra utvecklingen inom jordmikrobiologien. Tidigare var det en allmän uppfattning bland agronomer och markkemister, att det var tillräckligt att räkna antalet bakteriekolonier, som utvecklades från en suspension av en given jord på agar- eller gelatinplattor, för att få en riktig bild, inte bara av den relativa förekomsten av de speciella organismerna utan också av markens mikrobiella population överhuvud taget. Genom att införa selektiva kulturmetoder fick man en bredare insikt i naturen och livsyttringarna hos denna population. Men meto-

derna hade sin numera uppenbara begränsning. När artificiella kulturmedier ympas med små mängder jord, kommer bara en ringa del av de mikroorganismer, som finns närvarande i jorden, att utvecklas. Detta sammanhänger med mediernas sammansättning och med inkubationsförhållandena, särskilt den tid och den temperatur, vid vilken inkubationen äger rum. Detta visar, vilket väl är allmänt känt men inte alltid tillämpat, att det i mycket väsentlig utsträckning är mediet och inkubationen, som avgör, vilka bakterier och andra mikroorganismer, som kommer att utvecklas. Detta vill med andra ord säga, att man från förekomsten av de på substratet växande bakterierna i allmänhet inte kan sluta sig till något om "totalantalet" och naturligtvis ej heller till något om andra typer av bakterier än de odlade. Användningen av medier och inkubationsformer, som lämpar sig för att påvisa *Escherichia coli*, begränsar samtidigt insynen i de övriga mikroorganismernas förekomst och sammansättning i totalfloran. Detta är givetvis en fördel, då det endast gäller studiet av jordens eller vattnets hygieniska beskaffenhet, på vilken *Escherichia coli* är en indikator, men är däremot inte vidare upplysande, då det gäller studiet av mikroorganismerna och de mikrobiella processer, som försiggår i jorden eller avloppsvattnen.

I allmänhet kan man knappast räkna med att den mikrobiella populationen är konstant. Den växlar till storlek och sammansättning allt efter de fortskridande förändringarna i substratet, vilka är en följd av nedbrytningsprocesserna, samt med ändringar av fysikalisk natur, framför allt i temperaturen. Genom att följa de kemiska förändringarnas förlopp kan man i många fall utan mikrobiologiska undersökningar kon-

statera, att mikrobiella processer ägt rum, och i många fall även bestämma arten av dessa processer.

I den mikrobiologiska populationen utgör bakterierna bara en del och vad jorden beträffar kanske inte ens den största. Vid sidan av 1) bakterier, såväl sporbildande som inte sporbildande och med olika utseende, syrebehov, energiomsättning etc., har man i mar- ken att räkna med 2) strålsvampar, 3) svampar, 4) alger, 5) protozoer, 6) fil- trerbara organismer som fager och andra virus. Dessutom förekommer högre djurformer (maskar, larver etc.) samt högre växtformer.

De sam- och motverkande egenska- perna hos dessa organismer utövar ett kontrollerande inflytande på popula- tionens sammansättning vid varje sär- skild tidpunkt. Så hämmas många bak- terier, särskilt sporbildande stavar och kocker av antibiotiska substanser, som bildas av svampar. Vissa svampar lever på nematoder och protozoer, och många av de senare på bakterier. Många bakteriers och svampars angrepp på insektslarver och olika fagers förmåga att angripa bakterier bidrar till att fort- löpande förändra populationens sam- mansättning. Det bör vidare påpekas, att tillsats av stora mängder organiskt material såväl av vegetabiliskt som ani- malt ursprung påverkar sammansätt- ningen hos den mikrobiella populatio- nen. Detsamma gäller givetvis också tillsatser av kemisk natur.

Men det finns anledning till att ytter- ligare uppehålla sig vid de allmänna problemen ur en annan synpunkt. Mik- roorganismer, som framkallar sjukdo- mar hos människor eller djur, kommer på många olika sätt till jorden och vattnet. Vad blir då av alla de bakterier, som orsakar tyfus, dysenteri, kolera, difteri, tuberkulos osv.? Under 1800-ta- let undersökte man marken mycket in-

gående för att kunna bilda sig en upp- fattning om i vad mån den var ansvarig för epidemierna. När man betänker de miljoner år, som sjuka människor och djur levat och dött på jorden, kan man inte ens tillnärmelsevis uppskatta de oerhörda mängder bakterier, som måste ha kommit i jorden. Resultatet, att man med mycket få undantag inte finner några patogena bakterier i jorden, är därför av stort intresse.

Detta måste innebära, att dessa mik- roorganismer i allmänhet dödas myc- ket fort. Bland undantag från denna regel kan nämnas några, där infektio- ner från jorden inte är så sällsynta: tetanus, gasgangrän, hudinfektioner, aktinomykos och vissa tarmsjukdomar hos människa. Härtill får läggas en del andra sjukdomar hos djur och åtskil- liga växtsjukdomar. Men huvuddelen av de sjukdomsalstrande bakterier, som finns i jord eller vatten — i vart fall de som angriper människor eller dägg- djur — förekommer bara i aktivt eller fortplantningsdugligt skick i jorden under korta perioder. Även tyfus och dysenteribakterier och liknande, som förorenar vattentäkter o. d., försvinner förr eller senare. Detta försvinnande kan bero på många olika faktorer, ogynnsamma omgivningar, brist på nä- ringsämnen, förstöring genom angrepp av protozoer och andra djur, genom saprofytiska bakterier och svampar.

Som exempel kan nämnas, att vid ett försök Eberthella typhosa överlevde i steriliserat vattenledningsvatten 15—25 dagar mot bara 4—7 dagar i det oste- riliserade och ännu kortare tid, 1—4 dagar, i flodvatten. Det visade sig också, att överlevandet stod i omvänt förhållande till vattnets förorenings- grad. Sannolikt var saprofyterna direkt ansvariga för de patogena bakteriernas försvinnande. Avdödandet gick snab- bare vid högre temperatur. Det visade

sig också, att om vissa bakterier, t. ex. *Pseudomonas aeruginosa*, fanns närvarande i vattnet hämmades den övriga bakteriefloran starkt. Medier, som ympats med denna organism och med *Escherichia coli*, gav efter 13 dagars odling kulturer av endast den förra. Inte ens kolerabaciller överlever länge i färskt vatten.

Erfarenheten visar, att när avloppsvatten utspädes förökar sig inte tyfusbacillen och liknande mikroorganismer — tvärtom avtar de i antal nästan omedelbart. Dessa bakterier överlever inte så länge i vatten som i jord, sannolikt inte mer än några få dagar eller en vecka. Därför är uppenbarligen färska föroreningar farligare än gamla, och på ett sätt ligger den hygieniska betydelsen av behandlingen däri, att man förebygger möjligheten av färska föroreningar. Härtill kommer naturligtvis ekonomiska och estetiska synpunkter.

Dessa exempel har bl. a. anförts för att visa, att närvaron av de hygieniskt farliga bakterierna inte alltid kan tas som ett mått, vare sig på vattnets allmänna föroreningsgrad eller läggas till grund för ett bedömande av dess mikrobiella flora. Det behöver ej råda någon parallellism mellan de bakteriologiska resultaten beträffande antalet kolibakterier och de biokemiska processerna. En klar uppfattning på denna punkt är av avgörande betydelse vid bedömningen av de resultat, som utredningen erhållit, särskilt beträffande jäskammare och markbäddar. Man kan naturligtvis också ifrågasätta i vilken utsträckning förekomsten av kolibakterier verkligen är ett mått på den patogena föroreningen med tarmbakterier. Detta sammanhänger uppenbarligen med frågan om förekomsten av koli i vatten, mark och annorstädes i naturen *alltid* är att uppfatta som fekal förorening eller om dessa bakterier också kan

förekomma i jungfrulig mark. Uppfattningarna på denna punkt är ej fullt enhetliga. Man synes emellertid numera luta åt att dessa bakterier alltid har fekal ursprung.

Till sist vill utredningen framhålla, att vad som sker i en markbädd är en av den mikrobiella populationen framkallad nedbrytning av det med avloppsvattnet tillförda organiska materialet. Det är sålunda inte frågan om en mekanisk filtrationsprocess.

#### Temperaturförhållandena i marken

I ett land som Sverige med så betydande skillnader mellan sommar- och vintertemperaturerna måste det vara av stort intresse att något närmare lära känna temperaturförhållandena i marken, då dessa uppenbarligen har stor betydelse för den mikrobiella floran. Vid försöksanläggningen i Stocksund har temperaturförhållandena i de olika brunnarna följts tämligen ingående, vilket omnämnts i samband med redogörelsen för de olika försöken. Dessa mätningar har emellertid en mera begränsad räckvidd, dels därför att de hänför sig till en enda plats i landet och dels därför att förhållandena på denna försöksstation med avseende på mark- och brunnstemperaturer kan antas ha blivit påverkade av åtgärder beträffande planering o. d., vilka måst vidtagas för att möjliggöra experimentens genomförande. Såväl i den allmänna diskussionen som vid de överläggningar utredningen hållit i anledning av iakttagelser vid inspektioner av avloppsbrunnar i olika delar av landet, har markens temperaturförhållanden och förändringarna med årstiderna spelat en viss roll. Frågan förefaller därför att ha ett så allmänt intresse, att utredningen ansett det önskvärt att i detta sammanhang lämna en översikt häröver.

Genom välvilligt tillmötesgående av dåvarande överdirektören för Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, fil. dr A. Ångström, har till utredningens förfogande ställts empiriska formler för beräkning av jordtemperaturer på olika avstånd från markytan vid 21 stationer i Sverige. Formlerna bygger på mätresultat under åren 1915—1930.

Temperaturen på olika djup i marken är intimt beroende av lufttemperaturen och dess variationer. I de översta marklagren finns därför såväl en årlig som en daglig gång. I själva markytan sammanfaller jordtemperaturens årliga variation i allmänhet tämligen nära med lufttemperaturen på någon meters höjd. Temperaturen på olika djup sammanhänger med jordartens värmeledningsförmåga och värmekapacitet i första hand, men påverkas också av t. ex. vattnets kondensation, smältning, avdunstning och frysning samt snötäckets inverkan. Snötäcket skyddar marken under vintern för betydande värmeförluster. Man kan approximativt säga, att markens årsmedeltemperatur är  $1,5^\circ$  högre än lufttemperaturens årsmedeltal för varje 100-tal dagar, som snötäcket varar, i vart fall för markskikt, som ej ligger djupare än omkring 2 meter. I nordligaste Sverige är sålunda jordtemperaturens årsmedelvärde omkring  $3^\circ$  högre än lufttemperaturens, i Skåne är skillnaden inte fullt  $1^\circ$ .

Av de vid de svenska stationerna utförda mätningarna framgår, att helårsamplituden ungefärligen avtar med 40 % för varje meters djup. Detta vill med andra ord säga, att om skillnaden mellan högsta och lägsta månadstemperaturen vid jordytan är t. ex.  $20^\circ$ , skulle på 1 meters djup amplitudskillnaden vara omkring  $12^\circ$ , på 2 meters djup omkring  $7^\circ$ , på 3 meters djup  $4^\circ$ . På större djup än 6 meter är den årliga

amplitudskillnaden i allmänhet mindre än  $1^\circ$ . Den stegring, som sammanhänger med jordens inre värme, behöver man inte räkna med i detta sammanhang, då den inte uppgår till mer än omkring  $3^\circ$  per 100 meter.

En annan förändring i temperaturförloppet i marken är en färförskjutning i förhållande till lufttemperaturen. Vid de svenska stationerna är temperaturvägens försening på 1 meters djup omkring en månad, på 2 meters djup omkring 2 månader osv. På ett djup av 6 meter kommer maximitemperaturen att inträffa ungefär samtidigt med minimitemperaturen vid jordytan. Jordtemperaturen når därför på detta djup i allmänhet sitt högsta värde i januari och sitt lägsta i juli eller augusti, fastän temperaturskillnaden på detta djup endast rör sig omkring  $1^\circ$ .

Med ledning av de av Ångström för olika stationer angivna empiriska formlerna har utredningen beräknat marktemperaturen vid jordytan samt på 1, 2 och 5 meters djup, dvs. det skikt, som närmast har intresse i förevarande sammanhang. Resultaten har sammanställts i fig. 8: 1.

Kurvorna belyser tydligt snötäckets utjämnande inflytande, skillnader mellan bevuxen och obevuxen mark, jordlagrens beskaffenhet samt latitudens inverkan. Med hänsyn till de mikrobiella förhållandena må påpekas, att den tid, som temperaturen på 2 meters djup överstiger  $10^\circ$ , t. ex. i Alnarp utgör 4,3 månader, i Skara 2,0 månader, på Experimentalfältet (Stockholm) bevuxen mark 3,6 månader och obevuxen 4,1 månader, i Kiruna 0 månader, och i Flahult i Småland, såväl på sandjord som på vitmossa 0 månader.

Utredningen har tämligen utförligt velat redogöra för temperaturförhållandena i jorden, enär denna fråga i den tidigare diskussionen om avloppsvatt-

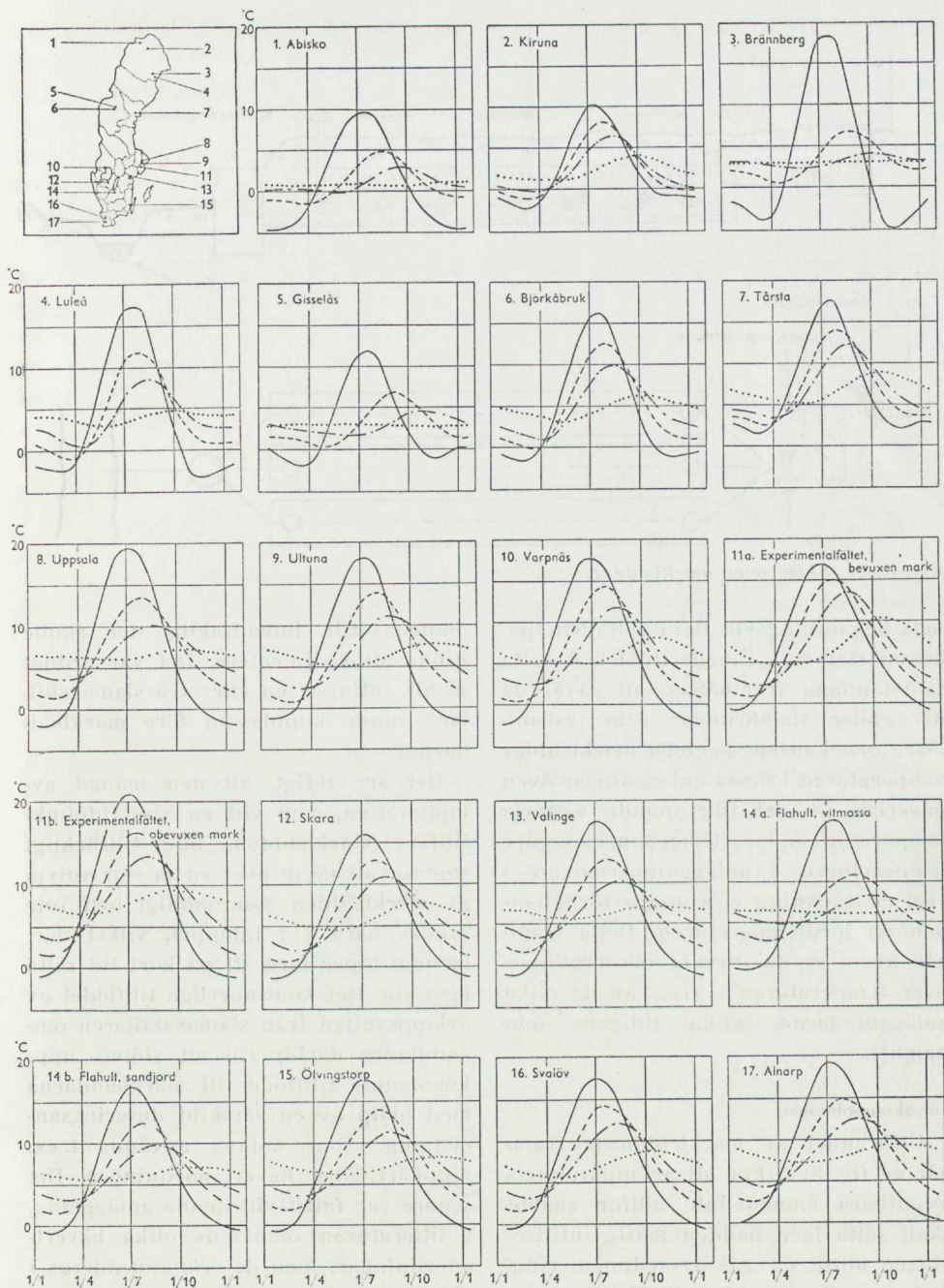


Fig. 8:1. Marktemperaturen vid jordytan (—) samt på 1 m (---), 2 m (-·-·-) och 5 m (·-·-·) djup på olika platser i landet.

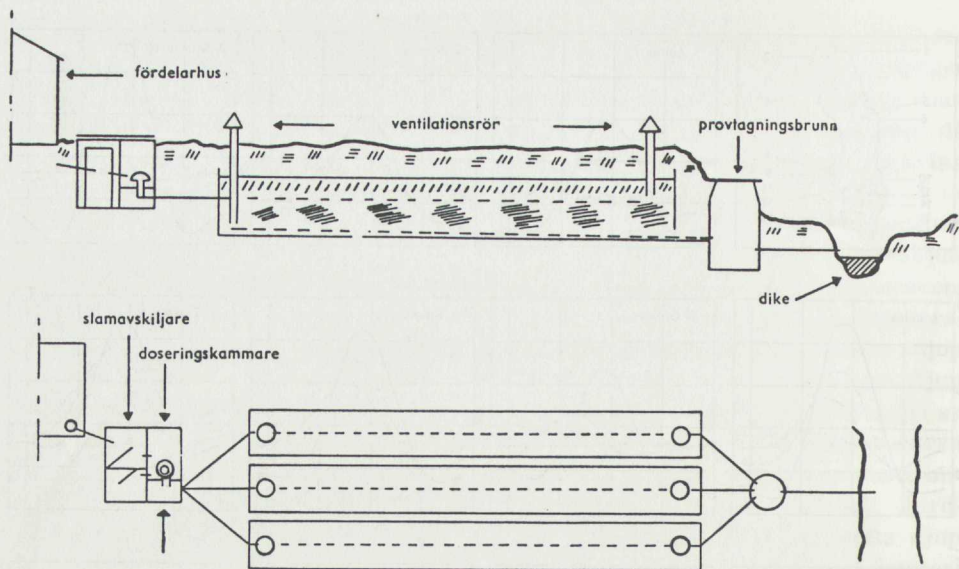


Fig. 8:2. Skiss över markbäddar.

nets behandling vid flera tillfällen spelat en stor roll. Emellertid bör i detta sammanhang framhållas, att såväl då det gäller slambrunnar som jäskammare och kanske speciella markbäddar temperaturen i dessa anläggningar även påverkas av det tillrinnande vattnets temperatur m. m. Härigenom kommer temperaturen i anläggningarna att i viss utsträckning visa andra förhållanden än jordtemperaturen. Detta framgår även av de direkta observationer över temperaturen i vissa av de olika anläggningarna, vilka tidigare omnämnts.

#### Försöksanordningar

Utförandet av markbäddarna framgår av fig. 8:2. För att avloppsvattnets avsättbara ämnen inte alltför snabbt skall sätta igen bädden måste infiltreringen alltid föregås av sedimentering. Avloppsvattnet leddes därför först genom en slamavskiljare av mycket enkel konstruktion. Dess storlek var så avmätt, att avloppsvattnets uppehållstid var tillräcklig för att de avsättbara

ämnena till huvudsaklig del skulle hinna att sedimentera. Det var ordnat så att antingen en eller två slamavskiljare kunde kopplas in före markbäddarna.

Det är viktigt, att den mängd avloppsvatten, som vid en viss tidpunkt tillförs markbädden, blir tillräckligt stor för att nå ut över en så stor volym av markbädden som möjligt och inte samlas bara vid inloppet, vilket därigenom löper fara att på kort tid sätta igen sig. Det kontinuerliga tillflödet av avloppsvatten från slamavskiljaren omvandlades därför till ett stötvis uppkommande tillflöde till markbäddarna med hjälp av en särskild doseringsanordning. Som sådana används t. ex. vippkärl eller hävertanordningar. Det senare var fallet vid denna anläggning. I litteraturen omnämns olika hävertanordningar, men de rekommenderas i allmänhet endast för sådana fall, då det anslutna personantalet inte är alltför litet och den utlagda dräneringssträngen tämligen lång. Skälet härför är, att små vattenmängder är mycket

svåra att dosera med hjälp av hävert, då "smårinn" eller läckage lätt uppstår. Detta visade sig vara fallet vid stockundsanläggningen. Särskilt på natten, när tillrinningen var mycket obetydlig, fungerade hävertanordningen mindre tillfredsställande.

Från hävertanordningen leddes vattnet till en fördelningskammare, vars uppgift var att jämnt fördela avloppsvattnet till de tre markbäddarna. Här är det väsentligt att rören till markbäddarna lämnar fördelningskammaren med samma elevation, så att det inte uppstår någon snedbelastning av bäddarna.

Markbäddarnas konstruktion framgår av figurerna.

#### Försöken 1951—52

De vid utredningens anläggning i Stocksund utförda undersökningarna omfattar till en början perioden 1951—52. Den fråga, som man i första hand avsåg att studera, var behandlingseffektens variation med bäddjup och kornstorlek hos filtermaterialet. Av de 3 markbäddarna fylldes nr 1 med sand. Den hade ett djup av omkring 70 cm. De båda andra markbäddarna fylldes med grus, nr 2 till omkring 70 cm djup och nr 3 till omkring 100 cm djup.

Vid avloppsvattnets passage genom markbäddarna sker en viss utjämning av den stötvisa tillförseln, varför vattnet efter varje beskickning lämnar bädden under en tidsperiod, som är längre än den, under vilken tillförseln ägt rum. Ehuru uttrinngstiden efter varje påfyllnad var relativt kort, några minuter, var det dock möjligt att under varje uttrinngsperiod ta 3 prov för bakteriologisk och 2 prov för fysikalisk-kemisk undersökning.

De bakteriologiska undersökningarna erbjuder givetvis det största intresset ur hygienisk synpunkt. Utredningen

vill emellertid, innan den ingår på resultatet, erinra om vad som tidigare i detta kapitel anfördes om innebörden av dylika undersökningar. Då vid de här utförda bakteriologiska undersökningarna de utvecklingsbara röda kolonierna å rödviolettgalla-agar bestämdes vid 37° och 45°, rör det sig huvudsakligen om koliforma bakterier. De i tabell 8:1 angivna bakterietalen hänförelse sig sålunda till denna typ av bakterier och siffrorna utgör inte något underlag för en uppfattning om den bakteriologiska population, som kan ha arbetat inuti markbäddarna, utan är ett mått på den kvarstående fekala bakterieföreningen. Ansättningen och avläsningen av proven gjordes alltid på 3 spädningar, varjämte en spädning ansattes på dubbla plattor. Vid beräkningen har beaktats att de säkraste resultaten ernås på plattor, där antalet kolonier är 30—300.

I tabell 8:1 har bakteriehalterna angivits i logaritmer. Det är många skäl, som talar härför. Ett viktigt skäl är av bearbetningsteknisk natur. Sålunda är felet i bestämningarna i stort sett proportionellt mot det förekommande bakterietalet, vilket gör att man först efter omvandling till logaritmer erhåller en normal fördelningskurva. Detta hindrar dock inte, att slutresultatet av räkningen mycket väl kunde anges i direkta tal. Utredningen har emellertid av skäl, som kommer att framgå av det följande, ansett sig genomgående böra ange bakteriehalter i logaritmiska värden. För klarhetens skull beräknas halterna här, liksom fallet är med de kemiska beståndsdelarna, per liter.

Vid odling vid 37° utgjorde bakteriehalten i hävertkammaren i logaritmiskt värde 7,51. Det vatten, som passerat markbädd 1 höll 7,09. Reduktionen i logaritmiskt mått utgjorde sålunda 0,42 och denna skillnad visar en höggradig

Tabell 8: 1. Markbäddar 1—3. Bakteriehåller (logaritmiska värden) per liter och behandlingseffekt

	Antal prov	37°				45°			
		Bakterier		Log. diff.	Behandl. eff. %	Bakterier		Log. diff.	Behandl. eff. %
		halt	fel			halt	fel		
Hävertkammaren			0,			0,			
totalt .....	43	7,51	47			7,29	46		
maj—sept. ....	18	7,36	42			7,20	49		
okt.—april ....	25	7,62	66			7,35	68		
Markbädd 1									
totalt .....	60	7,09	55	0,42	62	6,91	40	0,38	58
maj—sept. ....	29	7,08	72	0,28	48	6,90	71	0,30	50
okt.—april ....	31	7,10	82	0,51	70	6,91	76	0,44	64
Markbädd 2									
totalt .....	100	7,40	39	0,11	22	7,16	37	0,13	26
maj—sept. ....	46	7,27	69	0,09	19	7,06	64	0,14	28
okt.—april ....	54	7,51	36	0,11	22	7,24	38	0,11	22
Markbädd 3									
totalt .....	101	7,42	33	0,09	17	7,20	27	0,09	19
maj—sept. ....	47	7,31	56	0,05	11	7,10	42	0,10	21
okt.—april ....	54	7,52	33	0,10	21	7,29	30	0,06	13

signifikans. För att finna den procentuella behandlingseffekten behöver man endast slå upp antilogaritmen till  $—0,42$ , som är  $0,38$  och dra detta tal från  $1,00$ ; behandlingseffekten blir sålunda  $0,62$  eller  $62\%$ . Reduktionen vid passagen genom bäddarna 2 och 3 är numeriskt betydligt lägre,  $0,11$  respektive  $0,09$ , och skillnaderna i förhållande till hävertkammaren är ej signifikanta. I stort sett överensstämmande resultat erhöles vid odling vid  $45^\circ$ . Även här är reduktionen i markbädd 1 höggradigt signifikant, vilket inte är fallet för markbäddarna 2 och 3.

Vidare föreligger, som framgår av tabellen, små numeriska skillnader mellan sommar- och vinterperioderna. I allmänhet förefaller reduktionen vara något större på vintern än på sommaren. Dessa skillnader är emellertid ej signifikanta, vilket betyder att några säkra skillnader inte kunnat påvisas i

materialet. I detta sammanhang torde några erfarenheter från jordförsök ha intresse. Man har där funnit, att antalet bakterier i viss mån varierar med årstiden, det är högst på våren och hösten och minst på sommaren och vintern. Men även frekvensen av de dominerande grupperna växlar med årstiderna. Hiltner och Störmer anger, att strålsvamparna enligt plattmetoden utgör omkring  $20\%$  av den mikrobiologiska populationen på våren och  $30\%$  på hösten, men bara  $13\%$  på vintern. Conn fann ett större antal bakterier på vintern än på sommaren och förklarade detta med att det skulle förekomma två typer av bakterier, sommar- och vinterbakterier. Nyare undersökningar visar emellertid, att det möjligen finns en enklare förklaring härtill. Nedfrysningen av marken och den därpå följande upptiningen medför att de där vanligen förekommande bakte-

rieklumparna sprängs sönder, vilket leder till en skenbar ökning av antalet, såsom det bestäms med plattmetoden. En blick på kurvan över jordtemperaturen vid Experimentalfältet på 1 meters djup visar, att det inte där kan vara frågan om nedfrysning. Men däremot är temperaturskillnaden mellan de båda perioderna betydande. För maj—september ligger jordtemperaturen på detta djup praktiskt taget hela tiden över  $10^{\circ}$ , för oktober—april i genomsnitt vid omkring  $4^{\circ}$ . Frågan om det föreligger ett årstidsinflytande samt dess art och omfattning är betydelsefull och bör göras till föremål för fortsatta studier.

Det påpekades ovan i förbigående, att behandlingseffekten vid markbädd 1 uppgick till omkring 60 % och sålunda i och för sig var ganska tillfredsställande. Utredningen kan emellertid inte underlåta att framhålla, att enbart en hänvisning till en anläggnings behandlingseffekt, då det gäller dess hygieniska betydelse, lätt kan bli vilseledande. Behandlingseffekten ensam säger nämligen ingenting om det utgående vattnets hygieniska beskaffenhet. Det är därutöver nödvändigt att känna bakteriehalterna i endera det in- eller utgående vattnet. Om man tänker sig en anläggning, där det ingående vattnet innehåller  $10^8$  bakterier per liter, dvs. 100 000 000, och att gränsen för det tillåtliga antalet bakterier i ett badvatten som vanligt sätts till 10 000 per liter, erfordras en utspädning på 10 000 gånger för att vattnet skall vara godtagbart. Om verkningsgraden i anläggningen är 50 %, erfordras fortfarande en utspädning på 5 000 gånger, vilket i praktiken inte innebär nämnvärd förbättring. För att komma ned till en halt på 10 000 bakterier per liter erfordras sålunda i själva verket i detta fall en behandlingseffekt av

99,99 %. För ett vatten som blott innehåller 1 000 000 bakterier per liter, ger däremot en verkningsgrad på 99 % ett tillfredsställande resultat. Med utgångspunkt härifrån belyses de nyss refererade försöksresultaten på markbäddarna på fig. 8: 3. Det är nu tydligt, att den numeriska behandlingseffekten av bäddarna 2 och 3 är helt betydelselös, även om den varit signifikant, vilket ej var fallet. Men det framgår också, att effekten på markbädd 1, som är 62 % och högggradigt signifikant, dock är så ringa, att den ur praktisk synpunkt inte synes ha nämnvärd betydelse. För att nå gränsvärdet 10 000 bakterier per liter har spädningsbehovet minskat från 1 960 till 810 gånger.

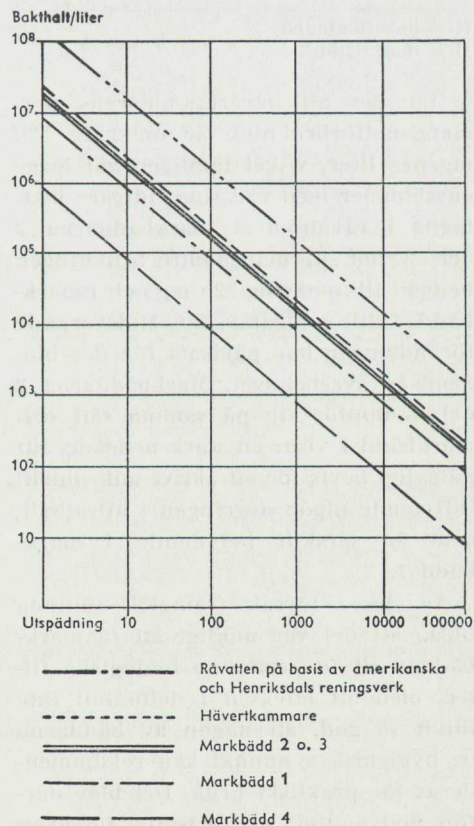


Fig. 8: 3. Utspädningsdiagram (se texten).

Det ligger måhända nära till hands att förklara den bättre verkan av markbädd 1 som resultat av en bättre filttering genom det finare bäddmaterialet. En sådan tolkning av resultaten är emellertid inte riktig. Detta framgår av de kemiska undersökningarna, som i sammandrag återfinns i tabell 8: 2.

Tabell 8: 2. Markbäddar 1—3, kemiska undersökningar

mg/l	H	M 1	M 2	M 3
Permanganatförbrukning .....	330	—	230	220
	335	130	—	—
Biokemisk syreförbrukning .....	220	—	130	130
	230	34	—	—
Ammonium .....	44	14	34	32
Nitrat .....	< 2	113	23	31

H = hävertkammare

M = markbädd

Man ser att hävertkammarens permanganatförbrukning är omkring 330 mg per liter, vilket tämligen väl överensstämmer med vad som tidigare iakttagits i råvattnet. I markbäddarna 2 och 3 har permanganatförbrukningen nedgått till omkring 225 mg och i markbädd 1 till omkring 130. Motsvarande förändringar har påvisats för det biokemiska syrebehovet. Markbäddarna 2 och 3 uppför sig på samma sätt och markbädd 1 visar en stark nedgång. Ett påtagligt bevis för ett aktivt mikrobiellt inflytande utgör stegringen i nitrathalt, som är särskilt betydande i markbädd 1.

Av dessa försök framgick sålunda bl. a., att det var möjligt att få markbäddar att fungera som biologiska filter, men att effekten i detta fall inte blivit så god, att någon av bäddarna ur hygienisk synpunkt kan rekommenderas för praktiskt bruk. Det blev därför nödvändigt att fortsätta försöken efter delvis andra linjer, i syfte särskilt

att närmare komma underfund med markbäddarnas funktionssätt, och att med ledning därav om möjligt söka nå fram till en mera effektiv konstruktion.

Under försökens gång hade man beträffande den bästa bädden, markbädd 1, vid flera tillfällen iakttagit, att det var svårt att få det inrinnande avloppsvattnet att verkligen passera bädden. Detta sammanhänge uppenbarligen med att bäddmaterialet var så fint och tätt. För att övervinna dessa svårigheter gjordes vid åtskilliga tillfällen försök att vid påfyllningen använda dubbla den normala vattenmängden. Men ej heller detta visade sig vara tillfyllest. Så småningom uppkom därför misstanken att bäddarnas isolering från varandra med tiden blivit ofullständig beroende på många samverkande omständigheter. Sedan försöken avslutats, grävdes bäddarna upp. Härvid befanns att dräneringsrören blivit starkt slamfyllda (fig. 8: 4 A). Detta hade tydligen tvingat vattnet att söka sig andra vägar än de avsedda och bl. a. medfört att förbindelser kunnat uppstå mellan de olika bäddarna. Detta förhållande tyder möjligen på att sedimenteringseffekten på den använda slamavskiljaren borde höjas. Tidigare har nämnts, att vid dessa försök användes en slamavskiljare med ett fack. Risken för markbäddarnas igensättning borde vara mindre om även här användes slamavskiljare med flerkammersystem. Den fortsatta undersökningen borde emellertid planläggas ur vidare synpunkter. Frågan togs därför upp från andra utgångspunkter.

#### Modellförsök

Det har redan framhållits, att ett studium av markbäddars funktionssätt har många beröringspunkter med den mikrobiologiska markforskningen. Uppenbarligen har den också nära anslutning till forskningen beträffande markdrä-

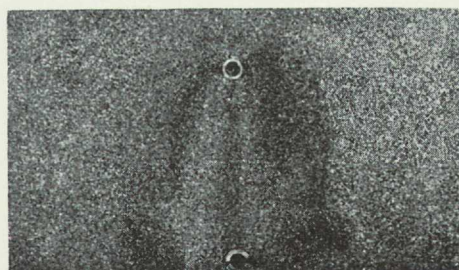
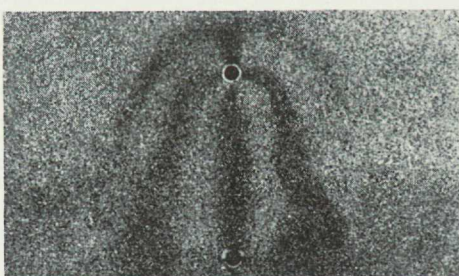
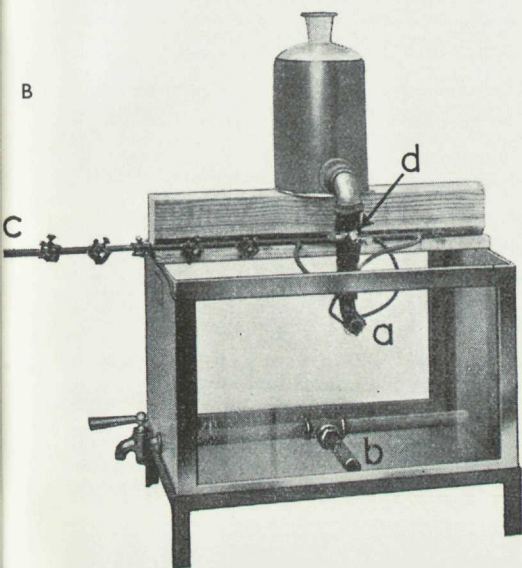
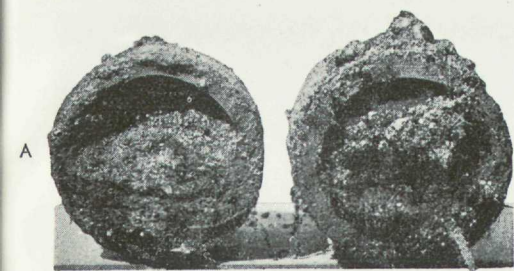
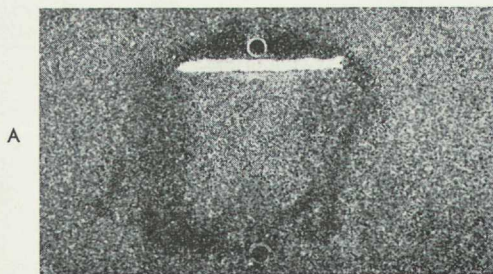


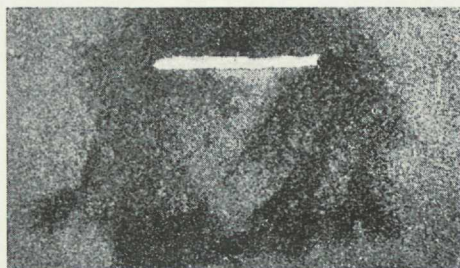
Fig. 8:4 A. Slamfyllda rör.

B. Apparat för modellförsök. a) tilloppsrör för vatten försedd med fyra munstycken för färglösning, b) avloppsrör, c) tilloppsrör för färglösning, d) slangklämmor med vilka vattentillförseln kan regleras.

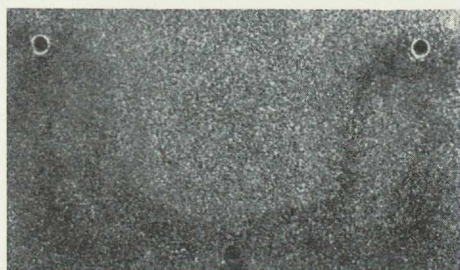
C—E. Markbäddens infiltration vid olika tryck i tilloppsledningen. C. tilloppsröret fyllt till  $1/3$  av diametern, D. tilloppsröret fyllt till  $2/3$  av diametern, E. övertryck (spridning även uppåt). F. Vattenströmningen vid C. G. Vattenströmningen vid D.



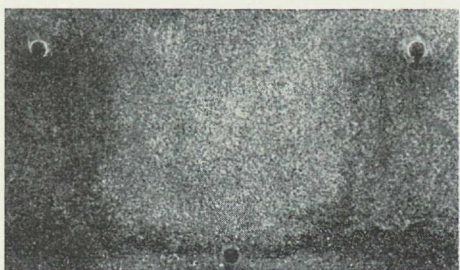
A



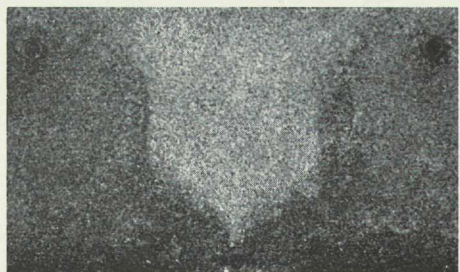
B



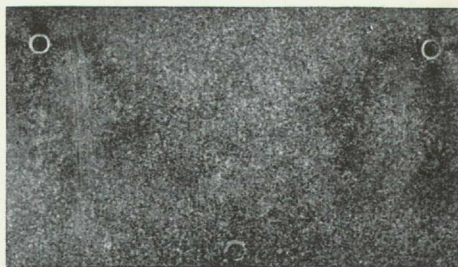
C



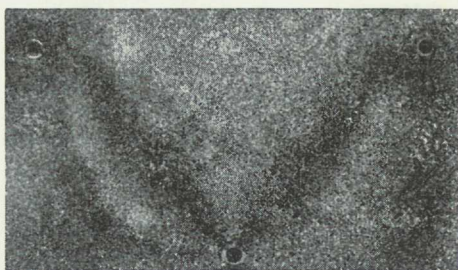
D



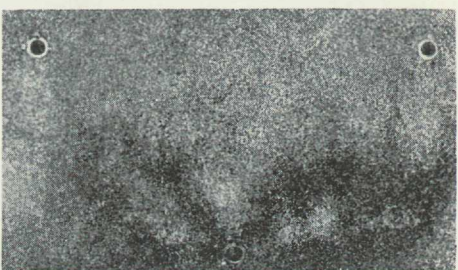
E



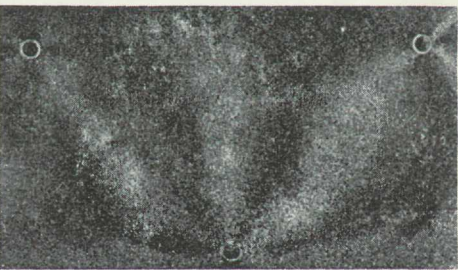
F



G



H



I

Fig. 8:5 A. Vattenströmningen vid 8:4 C, då tilloppsledningen underbyggts med spåntbädd.

B. Vattenströmningen vid övertryck, då tilloppsledningen underbyggts med spåntbädd.

C—E. Markbäddens infiltration vid olika tryck (jfr 8:4 C—E), när två tilloppsledningar användes.

F—H. Tre faser av strömningsförloppet (se texten).

I. Strömningsförlopp när hela markbädden är vattenfylld (jfr fig. G, där bädden var tom, då tillströmningen började).

nering, från vilken man bl. a. borde kunna tillgodogöra sig erfarenheter från täckdikning. I anledning härav vände sig utredningen till agronom N. E. Brink vid lantbrukshögskolans i Ultuna hydrotekniska institution och anmodade honom att i egenskap av expert biträda utredningen. Efter inspektion av försöksanläggningen och vissa i modell utförda försök inkom Brink den 16 juli 1953 med en förberedande utredning rörande markbäddarna, vilken även omfattade ganska detaljerade anvisningar över hur dylika bäddar teoretiskt borde utformas.

Brink ingick först på en diskussion av funktionssättet hos de hittills använda markbäddarna. Han påpekade särskilt, att ledningarnas volym i förhållande till den tillförda vattenmängden var sådan, att rören aldrig kunde gå fyllda, och fyllnadsgraden i rören uppskattades vid besök på anläggningen till knappt en tredjedel av rördiametern. Från denna utgångspunkt studerades det kvalitativa strömningsförloppet i modell (fig. 8:4 B).

Av bilderna 8:4 C—E framgår hur stor del av markbädden, som effektivt utnyttjas vid olika tryck på tilloppsledningen. Vid låg fyllnadsgrad är endast en ringa del av markbädden utnyttjad. Detta motsvarar det aktuella fallet vid försöksanläggningen. Effekten av övertryck framgår av fig. 8:4 E, medan fig. 8:4 D visar ett mellanstadium. I sammanhanget må påpekas, att kapillariteten hos materialet får relativt större inverkan i en liten modell, vilket gör att utfyllnadsgraden i de verkliga bäddarna blir mindre än vad bilderna utvisar. Bild 8:4 F—G visar strömbilderna i motsvarande fall. Spridningen i horisontell led kring nedre röret får tillskrivs dels en grundvattenyta i höjd med eller över rörets överkant, dels kapillärt vatten från grundvattenytan.

För att förbättra effekten lades nu en träskiva under genomströmningsröret. Resultatet framgår av fig. 8:5 A—B. Den förbättring, som denna anordning skulle medföra, torde stanna vid att vattnet skulle få en något längre väg genom bädden med ty åtföljande ökad tid för biologisk aktivitet. Med omdimensioneringar av till- och utlopp i syfte att öka nedbrytningstid och aktiv materialvolym skulle dock ett bättre resultat sannolikt kunna förväntas.

I ett annat modellförsök studerades effekten vid användning av 2 matarledning i stället för som hittills endast 1. Resultaten framgår av bild 8:5 C—E. Bild 8:5 C visar förhållandena vid självtryck i ledningarna, som vid försöket gick till knappt tredjedelen fyllda. Bild 8:5 D—E visar verkan vid övertryck av omkring 20 cm vattenpelare (trycket avtog från ca 20 cm vattenpelare till 0 under detta och motsvarande försök).

Bildserien 8:5 F—H visar 3 faser av strömningsförloppet. I bild F har tömningen just påbörjats, i bild G har markbädden börjat tömmas, medan tillrinningen fortfar, och i bild H har tillrinningen upphört, medan tömningen av markbädden fortgår. Avgörande för hur lång tid var och en av dessa faser tar (mellanfasen kan tvingas utebli) är fyllnadsmaterialets permeabilitet samt rörfogarnas beskaffenhet och antal per längdenhet markbädd. Motsvarande gäller givetvis även de tidigare behandlade anordningarna.

Bild 8:5 I visar slutligen strömbilden vid övertryck i tilloppsledningen, när fyllnadsmaterialet är vattenfyllt. Praktiskt taget hela markbädden är då aktiv. Detta tillstånd är emellertid inte eftersträvänsvärt, eftersom den mikrobiologiska effekten bör äga rum under aeroba förhållanden. En tillfällig stigning av grundvattenytan ovanför till-

loppsrören torde dock inte nämnvärt påverka den mikrobiologiska aktiviteten, enär vattnet då inte förmår att utdriva den luft, som finns i ett jordlagers porsystem. Detta kunde tydligt iaktas genom glaset på den använda apparaturen. Instängda luftblåsor framträder också på en av bilderna som ljusa fläckar i de eljest mörka (permananfärgade) partierna.

Brink diskuterade de erhållna resultaten på följande sätt. Med de givna betingelserna — markbäddarnas dimensioner, in- och utlopp på skilda nivåer samt fördelning medelst dräneringsrör — syns det på fig 8: 5 E representerade tillståndet vara eftersträvansvärt. Visserligen kunde ytterligare en tilloppsledning i mitten öka den aktiva sektionen något. Mot denna fördel måste dock vägas nackdelen, att strömningstiden på grund av den relativt höga vattenhastigheten för den så uppkomna delen av strömningen blir avsevärt kortare än för de perifera delarna. Detta är ett förhållande, som också talar emot den hittills använda anordningen vid försöksanläggningen i Stock-sund. Brink framhöll vidare, att markbäddar byggda efter den i anläggningen prövade principen endast kan få en begränsad praktisk användning. Ofta har man nämligen inte möjlighet att åstadkomma erforderlig höjdskillnad på upp till en meter mellan in- och utlopp. Då risk för igenslamning av rören finns, syntes det honom lämpligt att praktiskt pröva även någon annan princip. I anslutning härtill uppgjorde Brink en försöksplan, som omfattade praktiska försök med olika typer av markbäddar, försök med olika fyllnadsmaterial samt vissa kompletterande försök.

I en första etapp skulle 3 olika principer för spridning av vatten i bädden undersökas. Härvid borde fyllnadsmaterialet vara detsamma i alla bäddarna.

I andra etappen borde den effektivaste av de 3 typerna användas för försök med 3 olika material. Tredje omgången slutligen kunde i mån av behov inriktas på försök med modifikationer av bästa bädd med bästa fyllnadsmaterial. Med denna ordningsföljd kunde man redan i första omgången vänta sig att erhålla ett nöjaktigt resultat, om vid valet av material iaktogs hittills vunna erfarenheter.

Brink nämnde vidare, att man borde göra försök med olika bäddtyper, nämligen 1) markbädd med dubbla matarledningar, 2) bädd med matarledning och avloppsledning anordnade vinkelrätt mot bäddens längdriktning samt 3) en markbädd med centrummatning och radialströmning av vattnet.

Beträffande de olika alternativen framhölls, att det andra skulle kunna användas även vid små fall, därför att filtreringstiden tämligen lätt kan påverkas. Det tredje alternativet erbjuder flera intressanta möjligheter. I detta avtar nämligen vattenhastigheten i strömriktningen, vilket kan verka utjämnande på den aktiva materialvolymens biologiska effekt. I närheten av centrum är volymen liten och uppehållstiden kort. På större avstånd från centrum är volymen däremot stor och uppehållstiden lång. I det andra alternativet är filterhastigheten konstant, varför man kan vänta, att den biologiska aktiviteten avtar, allteftersom vattnet passerar bädden. I det första alternativet är hastigheten på vattnet tämligen stor, då det lämnar matarledningarna, men avtar sedan till en viss punkt, för att åter stiga allteftersom vattnet närmar sig avloppsledningen.

#### **Praktiska försök med markbädd**

Ehuru utredningen saknade möjligheter att fullfölja ett så vidlyftigt program, ansågs det dock lämpligt att ut-

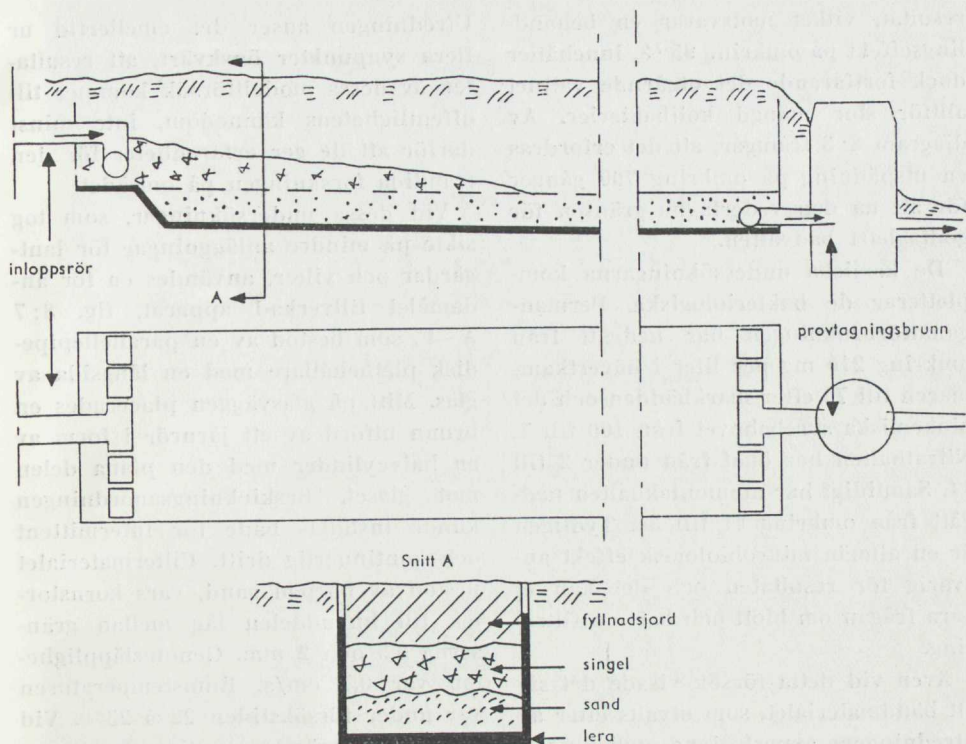


Fig. 8: 6. Markbädd med tväreställda till- och utloppsrör.

föra vissa smärre försök för att skaffa erfarenhet för kommande forskningsarbete på området. Markbädd 2 vid försöksanläggningen i Stocksund omlades därför under hösten 1953 till det av Brink föreslagna alternativet med tväreställda till- och avloppsrör (fig. 8: 6). Med denna bädd utfördes under tiden 28 oktober—11 december 1953 ett antal försök. I syfte att minska förutsättningarna för igenslamning föregicks bädden av 2 seriekopplade slamavskil-

Tabell 8: 3. Markbädd 4, bakteriehalter per liter, logaritmiska värden

	H	M 4	Log. diff.	Beh. eff. %
Rödviolettgalla-agar:				
37° .....	7,42	6,10	1,32	95
45° .....	7,23	5,85	1,38	96

Tabell 8: 4. Markbädd 4, kemiska undersökningar

mg/l	H	M 4
Permanganatförbrukning .....	210	70
Biokemisk syreförbrukning .....	100	7
Ammonium .....	41,4	34,3
Nitrat .....	< 2	13,6

jare. Undersökningsresultaten framgår av tabellerna 8: 3 och 8: 4.

Man ser att den bakteriologiska effekten i avseende på kolibakterierna är betydligt större än i markbäddarna 1—3. Den logaritmiska differensen är 1,32 vid inkubation vid 37° och 1,38 vid inkubation vid 45°, mot tidigare omkring 0,40 vid markbädd 1. Detta resultat nåddes sålunda i en ny bädd och efter en "inarbetningstid" av endast några dagar. Trots detta i och för sig gynnsamma

resultat, vilket motsvarar en behandlingseffekt på omkring 95 %, innehåller dock fortfarande det utgående vattnet alltför stor mängd kolibakterier. Av diagram 8:3 framgår, att det erfordras en utspädning på omkring 700 gånger för att nå den vedertagna gränsen för godtagbart badvatten.

De kemiska undersökningarna kompletterar de bakteriologiska. Permanganatförbrukningen har nedgått från omkring 210 mg per liter i hävertkammaren till 70 efter markbädden och det biokemiska syrebehovet från 100 till 7. Nitrathalten har ökat från under 2 till 14. Samtidigt har ammoniakhalten nedgått från omkring 41 till 34. Tydligt är en allmän mikrobiologisk effekt ansvarig för resultaten och det kan ej vara frågan om blott och bart en filttering.

Även vid detta försök visade det sig att bäddmaterialet, som utvalts efter av utredningens expert givna anvisningar, var för tätt, och att vattnet hade betydande svårigheter att genomtränga bädden. Trots att ältad lera smetats kring väggarna på denna bädd, trängde vatten in i de kringliggande marklagren.

#### Nya modellförsök

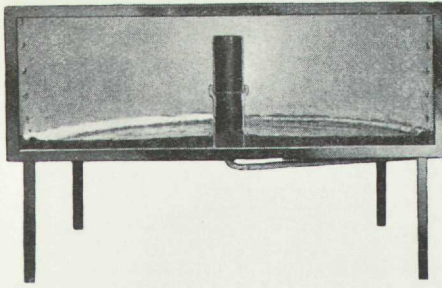
De ganska hoppgivande resultaten föranledde utredningen att anmoda agronom Brink att utföra ytterligare några modellförsök. Dessa ägde också rum vid lantbrukshögskolans hydrotekniska institution. Med hänsyn till de begränsade medel och den korta tid, som stod till förfogande, kunde försöken inte utföras i den omfattning, som varit önskvärd. Resultaten måste därför bedömas med försiktighet och generella slutsatser torde böra anstå tills undersökningsmaterial från ytterligare laborieförsök och fältundersökningar i större omfattning föreligger.

Utredningen anser det emellertid ur flera synpunkter önskvärt, att resultaten av dessa modellförsök kommer till offentlighetens kännedom, inte minst därför att de ger erfarenheter för den framtida forskningen på området.

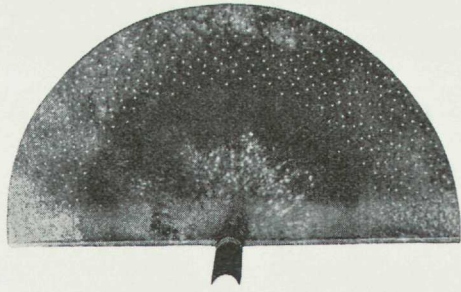
Vid dessa undersökningar, som tog sikte på mindre anläggningar för lantgårdar och villor, användes en för ändamålet tillverkad apparat, fig. 8:7 A—F, som bestod av en parallelepipedisk plåtbehållare med en långsida av glas. Mitt på glasväggen placerades en brunn utförd av ett järnrör i form av en halvcylinder med den plana delen mot glaset. Beskickningsanordningen kunde inställas både för intermittert och kontinuerlig drift. Filtermaterialet bestod av harpad sand, vars kornstorlek till huvuddelen låg mellan gränserna 0,5 och 2 mm. Genomsläppligheten var 0,7 cm/s. Rumstemperaturen var under försökstiden 22 å 23°. Vid försöken användes sedimenterat avloppsvatten från reningsverket i Uppsala. De bakteriologiska undersökningarna utfördes dels vid lantbrukshögskolans mikrobiologiska institution dels vid institutet för folkhälsan.

I tabellerna 8:5—8:7 visas försöksresultaten vid intermittert och kontinuerlig beskickning. De bakteriologiska undersökningarna började först efter 9 dagar i väntan på att bädden skulle inarbeta sig. Den effektiva bäddvolymen, 80 dm<sup>3</sup>, var 4—7 gånger så stor som den per dygn genomströmmade vattenmängden vid de intermitterta försöken och vid kontinuerlig beskickning i vissa fall 2—7 gånger.

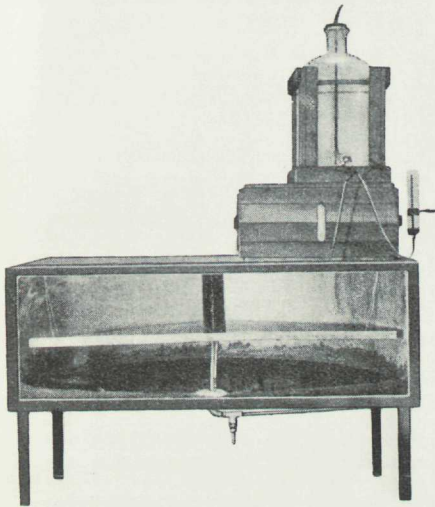
Det framgår av tabellerna att resultaten varit överraskande goda, såväl i bakteriologiskt som kemiskt hänseende. Vid dessa modellförsök uppträdde emellertid liksom vid de tidigare fältförsöken svårigheter till följd av att bädden vid några tillfällen satte igen sig. Stu-



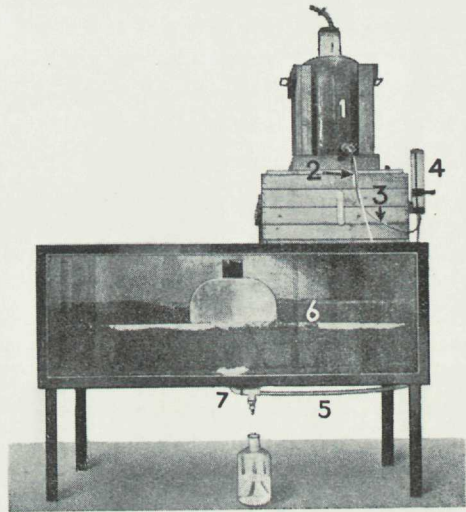
A. Försöksbassäng.



B. Spridarplåt efter genomförda försök. Plåten har angripits på ytan, starkast intill brunnen.

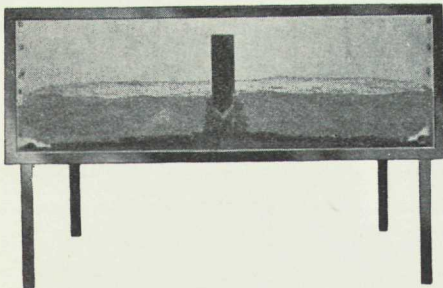


C. Försöksanordning utan fyllnadsmaterial.

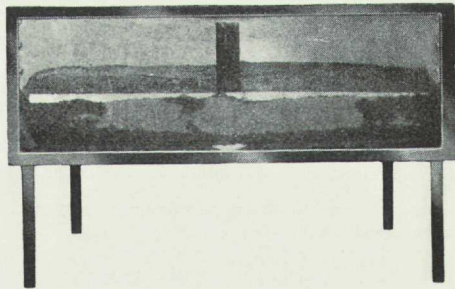


D. Försöksanordning med fyllnadsmaterial.

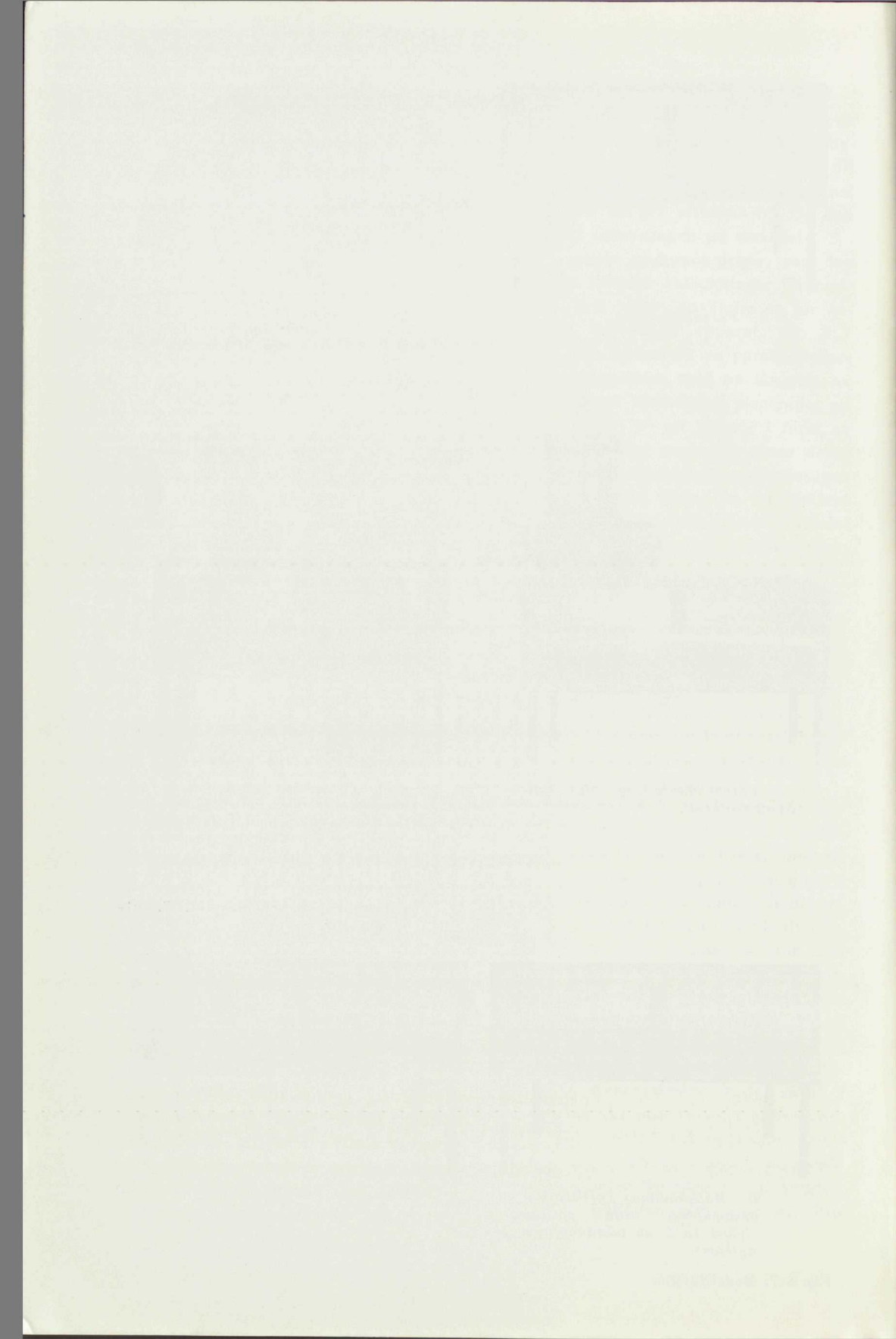
1. förrådsflaska utformad som en Mariottes flaska, 2. provtagningsrör, 3. utloppsledning, 4. beskickningsanordning med hävert för intermittert drift och överfall, 5. förbindelseledning förande till brunnen, 6. spridarplåt, 7. utloppsrör.



E. Markbäddens infiltration vid beskickning utan spridarplåt (högst 15 % av bäddvolymen utnyttjas).



F. Markbäddens infiltration vid beskickning med spridarplåt (60—70 % av bäddvolymen utnyttjas).



Tabll 8: 5—6. Modellförsök på markbäddar

## Intermittent beskickning. Bakterierhalter, logaritmiska värden

Datum	Utgående vattenmängd l/tim.	Ingående vattnets ålder dygn	45° Bakteriehalt per l		Anm.
			ingående vatten	utgående vatten	
1953			Försöket igångsattes		
25/11	0,6				
7/12	0,6	0	8,21	4,04	Kl. 12.15
	0,6	0	8,17	3,90	Kl. 15.15
8/12	0,8	0	—	—	
9/12	0,8	2	7,74	3,30	
11/12	1,0		—	—	
13/12		Rensning kring brunnen			
14/12	1,0	0	7,97	4,49	
17/12		Rensning kring brunnen			
18/12	1,0	2	7,77	4,18	
21/12	0,5	2	7,93	2,70	
22/12	0,5	3	7,42	2,75	
28/12	0,5	5	6,30	0,00	

## Kontinuerlig beskickning. Bakterierhalter, logaritmiska värden

Datum	Utgående vattenmängd l/tim.	Ingående vattnets ålder dygn	37° Bakteriehalt per l		45° Bakteriehalt per l	
			ingående vatten	utgående vatten	ingående vatten	utgående vatten
1954			Kontinuerlig beskickning började			
5/1		0			7,97	0,00
5/1	0,6	0			7,61	0,00
7/1	0,5	2				
9/1		Mataranordningen ur funktion				
9/1	2,2	4	8,26	5,57	6,86	4,86
11/1		Bädden utan tillförsel under ca 6 timmar				
11/1	0,7	0			8,01	4,11
12/1		Mataranordningen ur funktion				
12/1					8,16	5,98
13/1		Stopp i matarledningen under natten				
13/1		2			7,98	6,25
14/1	0,5				—	5,63
14/1	0,75				—	5,46
		0			8,07	—
	1,0				—	5,43
15/1	0,9	1			8,07	4,96
	0,75				—	4,54
	0,5				—	4,26
16/1	0,75	2	8,72	4,08	7,88	3,70

dier gjordes även över uppehållstider och avrinnings utjämning.

Med de inledningsvis angivna reservationerna kommer Brink till den slutsatsen, att en högbehandling av av-

loppsvatten genom infiltration i markbäddar under vissa gynnsamma betingelser kanske är möjlig. Försöken ger fingervisningar om hur problemet i fortsättningen bör angripas. Önskvärt

Tabell 8: 7. Kontinuerlig beskickning. Kemiska undersökningar

Provet uttaget	Provet analyserat	NH <sub>4</sub> mg/l	NO <sub>2</sub> mg/l	NO <sub>3</sub> mg/l	KMnO <sub>4</sub> - förbr. mg/l	BS 5 d 20° mg/l	pH	H <sub>2</sub> S- reakt.
1954		Ingående vatten						
15/1	16/1	44	< 0,1	< 2	200	108	7,7	svag
28/1 kl. 10.30	omedelbart	54	—	3,5 <sup>1</sup>	320	240	7,7	
11.30	„	44	1,2	2,8	300	210	7,9	
12.30	„	40	0,9	3,1	370	230	7,8	
13.30	„	36	0,7	2,8	460	270	8,0	
4/2 kl. 10.30	„	40	1,2	3,0	300	—	7,8	
11.30	„	46	1,7	2,8	410	—	8,1	
12.30	„	40	0,9	3,0	490	—	8,0	
13.30	„	38	0,6	2,7	460	—	7,9	
Medeltal		42	0,9	2,7	367	211	7,9	
		Utgående vatten						
5/1	9/1	< 0,1	0,06	150	26	—	7,7	ej
7/1	9/1	< 0,1	0,02	105	25	1,7	7,9	ej
9/1	9/1	0,7	0,71	113	30	1,4	7,8	ej
12/1	16/1	0,1	0,02	137	29	0,8	8,0	ej
13/1	16/1	1,0	0,45	114	29	1,7	8,0	ej
14/1	16/1	1,0	1,09	113	30	1,0	8,0	ej
15/1	16/1	0,1	0,59	166	30	0,7	8,0	ej
Medeltal		< 0,44	0,41	128	28,4	1,2	7,9	

<sup>1</sup> NO<sub>2</sub> + NO<sub>3</sub> (Värdet uteslutet vid medeltalsberäkningen).

är dock att en laboratoriemässig forskning i tillräcklig omfattning kan komma till stånd innan dyrbara fältförsök utförs.

#### Sammanfattning

Enligt utredningens mening visar resultatet såväl av fältförsöken som modellförsöken att det under vissa förhållanden även i vårt klimat är möjligt att nå en tillfredsställande behandling också vid små anläggningar genom att infiltrera avloppsvattnet i markbäddar. Ytterligare försök är emellertid nödvändiga, vilka bör inrikta sig dels på frågan om de mikrobiologiska skeendena i själva markbädden, dels på markbäddens tekniska utförande.

Det är påfallande, att den mikrobiologiska verksamheten kräver mycket kort inarbetningstid, vilket är en betydande fördel. Å andra sidan har det

både i praktiken och i modellerna visat sig svårt att förena en hög effekt, som syns kräva ett ganska tätt bäddmaterial, med kraven på att avloppsvattnet i sin helhet verkligen passerar bädden och inte tvingas att söka sig andra vägar. Den framtida forskningen bör väsentligen söka studera, hur en lämplig avvägning här kan komma till stånd. Så länge det är nödvändigt att med tämligen korta intervall avlägsna igensättningar, kan dessa bäddar inte få någon praktisk betydelse vid små anläggningar. Det vore av stort intresse, om i samband med studiet av den mikrobiella omsättningen i bäddarna även upptogs problemet, att genom ympning med vissa bakterier eller andra ämnen söka påverka de i avloppsvattnet förekommande patogena organismerna. Utredningen erinrar om vad som i inledningen till detta kapitel anförts om att

t. ex. den i jord och vatten förekommande organismen *Pseudomonas aeruginosa* syns stå i ett motsatsförhållande till kolibakterierna. Det vore därför värdefullt att veta om ett sådant motsatsförhållande även existerar mellan denna organism och de patogena tarmbakterierna. Skulle det vara möjligt att finna antagonismer av detta eller andra slag, bör undersökas, om dylika förhållanden kan utnyttjas i behandlingssyfte. Utredningen är emellertid väl medveten om att den hittillsvarande erfarenheten inom markläran visat, att det är utomordentligt svårt att på sådant sätt påverka den mikrobiella florán. Men då alla utvägar bör prövas för att få fram praktiskt tillämpbara metoder och oskadliggöra avloppsvattnets hygieniskt betänkliga beståndsdelar, torde även denna möjlighet böra beaktas.

Sedan den nödvändiga grundforskningen klarlagt möjligheterna för att i små markbäddar åstadkomma en effektiv behandling, bör de rent tekniska och ekonomiska problemen studeras. Härvid bör fältförsök utföras, till en början i begränsad skala. Den praktiska utformningen, särskilt med hänsyn till risken för infektion av grundvatten, måste noggrant studeras.

Även om det är möjligt att markbädd-

dar endast kan få en begränsad användning i praktiken, syns dock alla möjligheter för att erhålla enkla och praktiska små behandlingsanläggningar böra studeras. En fortsatt forskning är därför nödvändig. Av de hittills gjorda försöken framgår, att det är utomordentligt viktigt att tillgodogöra sig erfarenheterna från den moderna jordforskningens område. Att detta i hög grad gäller utforskningen av de mikrobiella processerna är naturligt med hänsyn till att miljöbetingelserna i vanlig jord och i markbäddar har så många beröringspunkter. Den hydrotekniska sakkunskapens betydelse vid studiet av genomrinning och strömningsförlopp torde ha tillräckligt belysts av de ovan refererade undersökningarna. Då här till kommer att anläggningar av denna typ närmast kommer ifråga för mindre jordbruk, syns det utredningen naturligt, att en kommande forskning i väsentlig grad koncentreras till lantbrukshögskolan, där företrädare för flera av de berörda forskningsgrenarna finns samlade. Där torde dessutom goda möjligheter finnas för att vid sidan av de laboratoriemässiga experimenten även kunna utföra fältförsök. Utredningen rekommenderar därför att medel för en forskning på detta område ställs till lantbrukshögskolans förfogande.

## Självreningen i ett vattendrag

Då det gäller att studera självreningen i ett vattendrag måste man hålla i sär två huvudsynpunkter. Å ena sidan medför självreningen att ett förorenat vattendrag, vars syrehalt blivit nedsatt, mer eller mindre fullständigt återvinner sin syremättnad, å andra sidan sker det en fortgående minskning av den ur hygiensk synpunkt farliga bakteriefloran. Återluftningen och bakterieavdödnigen beror på olika faktorer och följer skilda förlopp. Detta skall något belysas i det följande.

Praktiskt taget alla naturliga vatten innehåller mer eller mindre syreförbrukande organiska ämnen och mycket få är maximalt mättade med syre. Syreunderskottet är dock i s. k. rena vatten i regel mycket litet. Men om vattnet tillförts avsevärda mängder organiska ämnen, t. ex. med avloppsvatten, kan den i detsamma lösta mängden syre gå ner mycket avsevärt och det kan till och med uppkomma en fullständig syrebrist. Då syremättnaden gått ner till hälften eller något därunder, börjar förutsättningarna för ett normalt växt- och djurliv i vattendraget att försvinna.

I vatten förekommer fritt syre uteslutande som löst. Den mängd syre, som kan lösas, är proportionell mot barometerståndet och avtar med stigande temperatur. Den är lägre i salt än i sött vatten. Sambandet mellan vattnets temperatur och den maximalt lösta syremängden vid 760 mm barometertryck framgår av tabell 9:1.

Tabell 9:1. Syrets löslighet i sött vatten vid olika temperatur

Temperatur	Syre, mg/l
0	14,6
5	12,8
10	11,3
15	10,2
20	9,2
25	8,4

Vattnets syre härstammar från två olika håll, nämligen från luften och från det syre, som bildas vid de klorofyllförande vattenväxternas assimilation. Det är klart att om vattnet är fullständigt mättat med syre, kan det inte uppta mera från atmosfären. Men eftersom, vilket tidigare nämnts, naturliga vatten sällan är fullt mättade, sker det i praktiken i regel en syreupptagning, varigenom syrenedgången motverkas. Syret förbrukas vid oxidationen av den i vattnet förekommande organiska substansen och vid alla med syreupptagande förenade ämnesomsättningsprocesser hos i vattnet befintliga växter och djur. Syreupptagningens hastighet är proportionell mot det rådande syreunderskottets storlek. Vid ett syreunderskott på 20 %, vilket svarar mot en mättnad av 80 %, sker syreupptagslunda dubbelt så snabbt som vid ett syreunderskott på 10 %. Detta innebär att syreupptagningens intensitet är starkare ju lägre syrehalten är.

Syretilförseln från atmosfären äger

endast rum vid själva vattenytan. I den fria vattenytans översta, oändligt tunna ytskikt är mätnaden alltid fullständig. Genom diffusion tränger syret, om det inte omedelbart förbrukas, så småningom längre ner i vattnet. Om man känner syreunderskottet på en punkt i vattnet, är det med kännedom om diffusionslagarna möjligt att beräkna återluftningen på varje aktuellt djup. Det förtjänar påpekas, att omblandning av vattnet genom strömmar och virvlar inte ökar diffusionshastigheten. Rörelsen verkar däremot på ett annat sätt. Vid omblandningen transporteras syrerikare ytvatten ner till undre mera syrefattiga lager. Härigenom ökas det effektiva djup, inom vilket diffusionen verkar.

Syretillförseln till djupare vattenlager i en sjö sker väsentligen genom strömmar dels horisontala — vind och vågverkan — dels vertikala beroende på växlingar i temperaturskiktningen och därmed vattnets specifika vikt. I djupare sjöar utbildas ett språngskikt, under vilket syretillförsel genom dessa strömmar normalt ej äger rum. Endast under en kort period vår och höst, då temperaturen blir ungefär densamma i hela vattenskiktet, räcker vertikalcirkulationen hela vägen från ytan till botten.

Att beräkna den i ett vattendrag skeende återluftningen är i princip mycket enkelt. Man beräknar för ändpunkterna av den studerade sträckan skillnaderna i vattnets syrebalans. Detta bestäms av två för analys lätt tillgängliga faktorer, den lösta mängden syre,  $L$ , och det biokemiska syrebehovet,  $B$ . Syrebalansen vid den andra punkten är då  $L_2 - B_2$  och vid den första  $L_1 - B_1$ . Skillnaden mellan dessa värden, som, om vattenföringen på de båda platserna är densamma, givetvis direkt motsvaras av halterna, anger direkt syre-

balansens förändring mellan de båda punkterna. Skillnaden kan vara positiv eller negativ beroende på om vattnet återhämtat sig eller ytterligare förorenats på den ifrågavarande sträckan.

Antag att vi har ett vattendrag, som från början är praktiskt taget mättat med syre, och sedan belastar detta med en viss mängd avloppsvatten. Efter en viss kortare sträcka kommer då syreförbrukningen att öka, till en början hastigt och sedan i långsammare tempo. Man kan följa detta förlopp genom att mäta det biokemiska syrebehovets förändringar. Som redan framhållits är syreupptagandet vid full mätnad noll och ökar med stigande syreunderskott. Syreunderskottet, som från början var noll, kommer sålunda att först öka ganska snabbt, passera ett syreminimum, och sedan avta. Vid syreminimum, som också kallas den kritiska punkten, är syreunderskottet och syretillförseln lika stora. Det är tydligt, att det för bedömningen av syreförhållandena i ett självrenande vattendrag är av mycket stor praktisk betydelse att känna både syreunderskottets storlek vid den kritiska punkten och den tid efter föroreningsinsättande, vid vilken detta minimum inträffar.

Såväl graden av syremätnad som det biokemiska syrebehovet bestäms genom direkta undersökningar av vattnet på olika platser. Om man gör tillräckligt många och täta provtagningar, kan man på detta sätt skaffa sig en god bild av de rådande förhållandena vid undersökningstillfället. Dessa är dock sällan konstanta, särskilt när det gäller mindre vattendrag, där bl. a. vattnets temperatur och vattenflödets storlek ofta undergår stora förändringar på relativt kort tid. Det är därför önskvärt att finna något uttryck för de genomsnittliga förhållandena på längre sikt. Detta kan man få genom ett nog-

grant studium av växt- och djurlivet på olika platser i vattendraget. Erfarenheten visar, att såväl mikro- som makrofloran och -faunan förändras på ett karakteristiskt sätt med föroreningsgraden. Limnologiska (vattenbiologiska) undersökningar är därför ett värdefullt hjälpmedel vid studiet av vattnets föroreningsgrad och självrening. Som en stor fördel hos dessa undersökningar kan nämnas, att de ofta redan vid ett enstaka undersökningstillfälle kan ge en tämligen fullständig bild av de mera permanenta livsbetingelser och syreförhållanden, som råder i ett vattendrag.

Efter de på olika platser i ett vattendrag rådande förhållandena med avseende på graden av förorening indelar man det i zoner. I det svårast förorenade området (den polysaproba zonen) råder en fullständig eller nära nog fullständig syrebrist. Här äger en rad förruttelseprocesser rum, som ofta åtföljs av svavelvätebildning, vilken kan ge upphov till mycket obehaglig lukt. Biologiskt kännetecknas detta område av en massutveckling av bakterier. Praktiskt taget hela växt- och djurpopulationen utgörs av mikroorganismer. Antalet olika arter är begränsat, medan däremot antalet individer inom dessa arter kan vara mycket stort. Denna zon är således artfattig på gröna alger och alla högre undervattensväxter saknas. Bortsett från några få arter hjuldjur, maskar och insekter, förekommer det endast amöbor, gissel- och infusionsdjur. Kräftdjur, snäckor, musslor och fiskar saknas helt.

I det nästföljande området, övergångszonen, (den mesosaproba zonen) är föroreningsgraden fortfarande tämligen stark. Här börjar dock kraftiga oxidationsprocesser att sätta in både i vattnet och i slammet. Syrehalten kan vara betydande. Genom massutveckling

av klorofyllhaltiga alger och andra organismer kan t. o. m. mättnadsvärdet komma att överskridas i betydande grad under dagen, medan däremot syrehalten på natten sjunker starkt. På grund av den ökade syrehalten oxideras svavelvätet och luktbövären bortfaller.

I första delen av denna zon ( $\alpha$ -mesosaproba zonen) innehåller vattnet fortfarande ett stort antal bakterier. Ehuru högre växter och alger börjar förekomma, utgörs dock både faunan och floran till övervägande del av mikroorganismer. Djuren är väsentligen bakterieätare. Ett fåtal fiskarter, t. ex. karp och ål, kan också förekomma. De många växterna och djuren ger dem rikligt med näring. Vissa snäckor, musslor, kräftdjur och insektslarver finner man också. I den senare delen av övergångszonen ( $\beta$ -mesosaproba zonen) har oxidationen av föroreningarna framskridit ännu längre. Syreförbrukningen har gått ner kraftigt. Bakterietalet sjunker då, medan växt- och djurlivet ökar. Detta visar sig framför allt genom en ökad artrikedom.

Ur praktisk synpunkt är gränsen mellan de  $\alpha$ - och  $\beta$ -mesosaproba zonererna mycket viktig. För att förhindra en otillätlig förorening av ett vattendrag fordras, att kommunalt avloppsvatten, som alltid bör underkastas effektiv slamavskiljning, ytterligare bör undergå sådan (biologisk) behandling, att det, möjligen bortsett från ett starkt begränsat område omedelbart nedanför utsläppet, inte uppträder i polysaproba och  $\alpha$ -mesosaproba livsformer i vattendraget. Detta markeras av att "smutsvattensvampar", (*Sphaerotilus*, *Leptomit* och *Fusarium*) försvunnit och ersatts av en riklig flora av kiselalger och grönalger.

Så småningom går övergångszonen över i den tredje, oligosaproba zonen.

Här är den organiska substansen i huvudsak nedbruten, ytslammet oxiderat och vattnet i stort sett klart och syrerikt. Bakterietalet har ytterligare sjunkit kraftigt och samtidigt har också antalet bakterieätande organismer minskat starkt. Även växt- och djurlivet har alltmer övergått till det för ett rent vatten normala.

Den bakteriella självreningen i ett vattendrag är av helt annan natur än återluftningen. Man skulle kunna säga, att den bakteriella självreningens förlopp återspeglas av bakteriernas dödlighetskurva. Denna bestäms i stor utsträckning av tillgången på lämplig näring och förekomsten av konkurrerande livsformer. Man följer bakteriefloras förändringar genom att ta prov på olika platser i vattendraget och bestämma det antal kolonier från en viss vattenvolym, som växer på t. ex. agar, gelatin, eller på de för tarm- (koli-) bakterierna särskilt avsedda substraten. Den bakteriella dödlighetskurvan har ett mycket typiskt förlopp. Om man uttrycker bakteriehalterna på två olika platser i vattendraget i logaritmer, är förhållandet mellan dessa proportionellt mot den tid, som det tagit för vattnet att gå från den ena punkten till den andra. För att lättare kunna jämföra förhållandena i olika vattendrag brukar man emellanåt ange den tid, som det tar för att bakteriehalten skall ha nedgått till hälften, halveringstiden. Även om den bakteriella dödlighetskurvan i stort sett alltid har samma form, beror självreningens storlek på många olika faktorer. Alla bakterier dör inte lika snabbt. Kolibakterierna är exempelvis ofta mera motståndskraftiga än vissa andra i avloppsvatten förekommande bakterier. Detta förhållande gör att proportionen av olika bakteriearter ändras samtidigt som populationen i sin helhet avtar. Mot slutet av själv-

reningen kan sålunda koliformerna ingå med en annan del av totalantalet än i början och blir därför ett svårtolkat mått på den ursprungliga föroreningens storlek. Bakteriernas dödlighetskurva påverkas också av temperaturförhållandena.

Slutligen skall i detta sammanhang framhållas, att bakteriernas avdödning i regel inte börjar omedelbart efter det att ett vattendrag blivit förorenat med avloppsvatten. I regel sker nämligen till en början en kraftig tillväxt av bakterier och först efter relativt lång strömningstid börjar den förut beskrivna regelbundna dödlighetskurvan att framträda.

I äldre tider har man gjort många försök att på erfarenhetsmässig grund ange normer för den tillåtliga belastningens storlek i förhållande till vattenförlingen. Vid sådana beräkningar utgick man i allmänhet från undersökningar av vattnets kemiska sammansättning. Numera tillmäter man dessa inte samma vikt, emedan kunskapen om återluftningen och dess betydelse utvecklats mycket. Som en av de praktiska normer, vilka man uppställde, kan nämnas att en vattenförling på 70 l/s skulle vara otillräcklig för att hindra uppkomsten av sanitära olägenheter, om den tillförda avloppsvattnemängden motsvarade 1 000 personer, medan däremot en vattenförling på omkring 200 l/s säkert vore tillräcklig. Om man å andra sidan antar, att en person avger 10 milliarder kolibakterier per dygn och att den högsta tillåtliga vattenföroreningen är 10 000 per liter, skulle avloppsvattnet från 1 000 personer kräva en vattenförling, som var åtminstone omkring 100 gånger större än den ur fysikalisk-kemisk synpunkt erforderliga. Denna diskussion har dock endast avsett att belysa vad som inledningsvis påpekades, nämligen

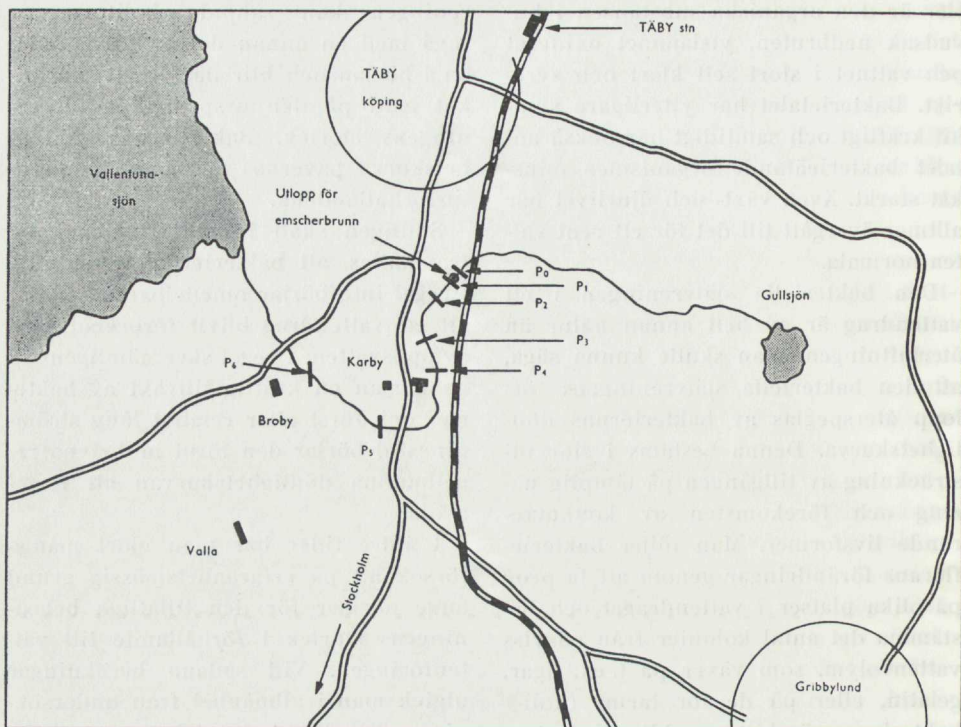


Fig. 9:1. Karta över Täbyområdet med provtagningspunkterna  $P_0$ — $P_5$

att avlägsnandet av den fysikalisk-kemiska vattenföroreningen och den bakteriella erbjuder två mycket skilda problem.

Det var flera skäl som ledde utredningen till att något studera förhållandena i ett mindre vattendrag. För det första var det den rent praktiska omständigheten, att det stora flertalet av de mindre avloppsanläggningar, med vilka utredningen haft att syssla, leds ut i mindre vattendrag. Ett annat skäl var att förhållandena i dessa erbjuder speciella problem. På grund av sin ringa vattenföring är dessa speciellt känsliga för tillförsel av avloppsvatten. Vattenföringen i dem växlar dessutom ofta mycket starkt. Ätminstone i södra och mellersta Sverige inträffar lågvattenföringen under sommaren, då temperaturen samtidigt är högst. Här-

igenom minskas vattnets förmåga att lösa syre, vilket ytterligare förvärrar förhållandena.

Under utredningens första år gjordes en del undersökningar av vattenföroreningen i Ulriksdalsån i närheten av Stockholm. Det visade sig emellertid ganska snart, att detta vattendrag inte lämpade sig särskilt väl för ifrågavarande undersökningar. Orsaken härtill var framför allt, att strömningstiden på den sträcka, som stod till buds för undersökningar, var alltför kort. Därefter studerades ett antal andra vattendrag och i samråd med distriktsingenjören för vatten och avlopp i Stockholms län utvaldes slutligen en bäck inom Täby köping, omkring två mil norr om Stockholm. Detta vattendrag, vars läge framgår av fig. 9:1, rinner upp i en myr och mynnar i östra kanten av Vallentuna-

tunasjön. Följande data beträffande Täbybäcken har inhämtats från Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut och avser förhållandena ungefär vid punkt 5 på fig. 9:1.

Högsta vattenföring .....	2 500 l/s
Normal högvattenföring .....	800
Normal medelvattenföring .....	50
Normal lågvattenföring .....	1
Lägsta lågvattenföring .....	0
Nederbördsområde .....	8,1 km
Sjöprocent .....	0,4

Sträckning och nivåförhållanden för den del av bäcken, som efter förundersökningar utvaldes för denna recipientundersökning, framgår av fig. 9:1 o. 9:2.

Vid den första provtagningsplatsen, 0, där bäcken korsar Roslagsbanan, var den vid förundersökningen ännu inte förorenad. Strax uppströms punkten 1 tillkommer utflödet från en anläggning för lågbehandling av avloppsvattnet från ett bebyggelseområde med omkring 200 personer. Enligt uppgift av byggnadschefen i Täby utgör vattenförbrukningen för hela det anslutna området omkring 9 000 m<sup>3</sup> per år. Från en industri tillförs ungefär en gång i veckan en liten kvantitet såp- och sodarester.

Från den första provtagningsplatsen för det förorenade vattnet, punkt 1, rinner bäcken i en grävd, så gott som rak fåra till nästa provtagningsplats, 2. Härefter rinner den i en sprängd ränna till tredje provtagningsplatsen, 3, varifrån den fortsätter i sin till synes naturliga fåra. Strax nedanför nästa provtagningsplats, 4, mynnar en avloppsledning från mjölkkrummet på Karby gård. Enligt uppgift utsläpps genom denna avloppsledning skölvatten från fyra 50-liters mjölkflaskor varje morgon mellan klockan 6 och 7. Samtidigt tillförs en del inte förorenat kylvatten. Något avloppsvatten från den intilliggande ladugården avleds ej till bäcken.

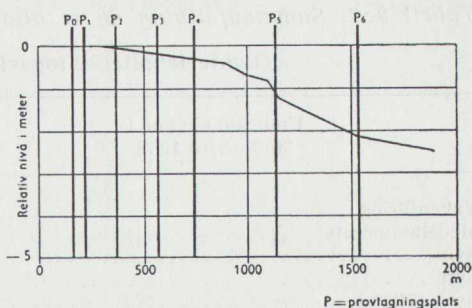


Fig. 9:2. Nivåförhållanden inom undersökningsområdet.

Vid den starka kröken mellan provtagningsplatserna 4 och 5 mynnar en dräneringsledning från markerna öster och söder om denna del av bäcken. Strax före provtagningsplatsen 5 passerar bäcken i trumma under stora landsvägen. I närheten av denna plats skall enligt uppgift avloppsvattnet från bostadshuset vid Karby gård utmynnas i bäcken, sedan avloppsvattnet passerat två seriekopplade slamavskiljare. Detta utlopp har emellertid, trots noggrann besiktning inte kunnat upptäckas. Troligen infiltreras avloppsvattnet dessförinnan i marken, varför det knappast torde ha någon förorenande inverkan på bäcken. I närheten av kulverten under landsvägen har bäcken sitt största fall. Strax nedom punkten 5 tillstöter ett dike, som emellanåt är vattenförande, men som ej är förorenat med avloppsvatten. Härifrån rinner bäcken i en uträtad fåra till punkt 6, som är den sista provtagningsplatsen. Strax nedanför denna tillstöter ännu ett dike, som i allmänhet är vattenförande. På sträckan härifrån till utloppet i Vallentunasjön tillkommer avloppsvattnet från pensionärshemmet Höstsol. Hela den undersökta sträckan mellan punkterna 0 och 6 har en längd av omkring 1 400 meter.

För att mäta vattenföringen och för att underlätta provtagningen utfördes

Tabell 9:2. Sammanfattning av resultaten av undersökningarna i Täbybäcken  
(Bakteriehalter i logaritmiska värden, antal/l)

Undersökning nr 1 30/9—3/10 1952	Provtagningsplats				
	0	2	5	6	
Vattenföring .....	m <sup>3</sup> /d	28,0	90,8	105,6	104,2
Medeltemperatur .....	°	5,8	7,6	6,7	6,8
Syre .....	kg/d	0,19	0,13	0,12	0,50
Syre .....	mg/l	6,8	1,4	1,1	4,8
Syremättnad .....	%	54	12	9	39
BS 5 d 20° .....	kg/d	0,03	7,35	1,97	0,60
BS 5 d 20° .....	mg/l	1,1	80,9	18,7	5,8
Antalet syrabildande kolonier per l å rödviolettgalla- agar:					
vid 37° .....		—	5,63	5,64	5,56
vid 45° .....		—	5,07	4,94	4,85

Undersökning nr 3 10/6—11/6 1953	Provtagningsplats				
	0	2	5	6	
Vattenföring .....	m <sup>3</sup> /d	—	591	613	637
Medeltemperatur .....	°	14,8	15,0	15,3	14,9
Syre .....	kg/d	—	2,07	1,41	2,06
Syre .....	mg/l	—	3,5	2,3	3,2
Syremättnad .....	%	—	35	23	32
BS 5 d 20° .....	kg/d	—	5,06	0,76	3,60
BS 5 d 20° .....	mg/l	—	8,6	1,2	5,7
Antalet syrabildande kolonier per l å rödviolettgalla- agar:					
vid 37° .....		4,65	6,52	6,00	5,82
vid 45° .....		2,64	6,01	5,59	5,32

fördämningar vid de olika provtag-  
ningsplatserna. Undersökningen gav  
emellertid snart vid handen, att vatten-  
föringen ej behövde mätas vid prov-  
tagningsplatserna 1, 3 och 4. Fördäm-  
ningarna på dessa platser avlägsnades  
därför för att inte onödigtvis inkräkta  
på bäckens profil och sektion. Provtag-  
ningsplatsen 1 kunde för övrigt snart  
uteslutas, därför att avloppsvattnet där  
ofta var otillräckligt blandat och sträck-  
kan fram till punkten 2 dessutom kunde  
betraktas som en sedimenteringsbas-  
säng på grund av att slamavskiljningen  
i köpingens slamavskiljare var ofull-  
ständig.

Förutom en orienterande undersök-  
ning den 12 september 1951 har föl-  
jande undersökningar genomförts:

1. 30.9 — 3.10 1952
2. 25.11—27.11 1952
3. 10.6 —11.6 1953
4. 16.6 —17.6 1953
5. 1.7 — 2.7 1953
6. 21.7 —22.7 1953
7. 2.9 — 3.9 1953

Vid undersökningen nr 2 råde rela-  
tivt kraftigt högvatten. Mätningarna av  
vattenföringen blev denna gång så osä-  
kra, att denna undersökning inte med-  
tagits i den följande bearbetningen.

Vid var och en av de återstående sex  
undersökningarna uppmättes ström-  
ningstid och vattenföring varjämte togs  
prov för fysikalisk-kemisk och bakte-  
riologisk analys. Bestämningen av vatt-  
nets strömningstid gjordes dels genom

Undersökning nr 4 16/6—17/6 1953	Provtagningsplats			
	0	2	5	6
Vattenföring . . . . . m <sup>3</sup> /d	423	450	551	563
Medeltemperatur . . . . . °	17,7	17,0	16,8	17,3
Syre . . . . . kg/d	1,26	0,88	0,75	1,28
Syre . . . . . mg/l	3,0	2,0	1,4	2,3
Syremättnad . . . . . %	32	21	14	24
BS 5 d 20° . . . . . kg/d	0,93	5,02	2,00	2,47
BS 5 d 20° . . . . . mg/l	2,2	11,2	3,6	4,4
Antalet syrabildande kolonier per l å rödviolettgalla- agar:				
vid 37° . . . . .	4,63	6,71	5,64	5,23
vid 45° . . . . .	3,30	6,32	5,18	4,80

Undersökning nr 5 1/7—2/7 1953	Provtagningsplats			
	0	2	5	6
Vattenföring . . . . . m <sup>3</sup> /d	117	188	241	223
Medeltemperatur . . . . . °	18,5	17,8	17,4	17,6
Syre . . . . . kg/d	0,09	0,09	0,17	0,19
Syre . . . . . mg/l	0,7	0,5	0,7	0,9
Syremättnad . . . . . %	7	5	7	9
BS 5 d 20° . . . . . kg/d	0,22 <sup>1</sup>	5,73	1,19	0,93
BS 5 d 20° . . . . . mg/l	1,9	30,5	4,9	4,2
Antalet syrabildande kolonier per l å rödviolettgalla- agar:				
vid 37° . . . . .	3,25	6,97	6,38	5,45
vid 45° . . . . .	2,10	6,53	5,08	4,46

<sup>1</sup> 00.00—12.00 tiden dubblad.

direkt uppmätning av strömningshastigheten på olika sträckor, dels genom mätning av vattenföringen och bäckens tvärsektioner på olika delsträckor. Mätningen av strömningshastigheten utfördes genom att tillsätta ett upplöst färgämne, fuksin, och bestämma strömningstiden mellan de olika punkterna. Ändamålet härmed var att kunna utnyttja strömningstiderna såväl vid planeringen av provtagningen som för bearbetningen av resultaten. Även om de uppmätta hastigheterna på grund av de något primitiva metoderna måste anses i viss mån osäkra, har de dock värde, särskilt vid jämförelse mellan de olika observationerna. Det var önskvärt att vid provtagningen om möjligt en och samma vattenmassa blev undersökt på hela sträckan under loppet av ett dygn.

För detta ändamål utsträcktes provtagningen vid varje plats över en tid av något mer än ett dygn. Därjämte försköts den för varje provtagningsplats bestämda provtagningsperioden framåt i tiden ju längre nedströms platsen var belägen.

Provtagningen utfördes omedelbart uppströms de i bäcken anlagda fördämningarna vid respektive provtagningsplatser. Påfyllningen av provtagningskärnen skedde med hjälp av bågare, som sänktes ner i bäcken. För syrebestämningarna uttogs prov i med kolsyra fyllda Winklerflaskor, som sänktes ned några centimeter under vattenytan och fylldes helt. De bakteriologiska proven togs i sterila flaskor innehållande glaspärlor. Flaskorna sänktes ner och fylldes helt, varefter ungefär hälften hällades ut.

Undersökning nr 6 21/7—22/7 1953	Provtagningsplats				
	0	2	5	6	
Vattenföring .....	m <sup>3</sup> /d	51	99	141	133
Medeltemperatur .....	°	15,7	16,8	16,1	16,1
Syre .....	kg/d	0,04	0,05	0,09	0,14
Syre .....	mg/l	0,8	0,5	0,6	1,1
Syremättnad .....	%	8	5	6	11
BS 5 d 20° .....	kg/d	0,07	6,90	1,59	0,53
BS 5 d 20° .....	mg/l	1,4	69,7	11,3	4,0
Antalet syrabildande kolonier per l å rödviolettgalla- agar:					
vid 37° .....		5,12	7,14	6,05	5,39
vid 45° .....		2,16	6,80	5,88	4,65

Undersökning nr 7 2/9—3/9 1953	Provtagningsplats				
	0	2	5	6	
Vattenföring .....	m <sup>3</sup> /d	57	119	135	140
Medeltemperatur .....	°	13,1	13,6	12,3	12,7
Syre .....	kg/d	0,12	0,06	0,09	0,19
Syre .....	mg/l	2,1	0,5	0,7	1,4
Syremättnad .....	%	20	5	7	13
BS 5 d 20° .....	kg/d	0,11	9,18	3,38	1,53
BS 5 d 20° .....	mg/l	1,9	77,1	25,0	10,9
Antalet syrabildande kolonier per l å rödviolettgalla- agar:					
vid 37° .....		5,42	7,58	7,18	7,11
vid 45° .....		0	7,14	6,97	6,60

Resultatet av undersökningarna har sammanförts i tabell 9: 2.

Beräkningen har utförts så, att man med ledning av de med jämna tidsmelanrum uppmätta vattenföringarna och halterna har uppritat diagram, vilka medgivit en beräkning av medelvattenföringen under dygnet och totalmängden av de olika observerade faktorerna, genomsnittshalter, medeltemperatur etc. Med hjälp av de på så sätt beräknade utgångsvärdena har bäckens självreningsförmåga studerats för sträckan mellan provtagningspunkterna 2 och 5 vid de sex olika undersöknings-tillfällena.

Av tabell 9: 2 framgår, att vid undersökning nr 1 var syrebalansen, dvs. skillnaden mellan syremängden och det biokemiska syrebehovet, vid punkt 5 lika med  $1,1 - 18,7 = -17,6$ . Syreba-

lansen vid punkt 2 var  $1,4 - 80,9 = -79,5$ . Skillnaden i syrebalans är således  $-17,6 - (-79,5) = 61,9$  mg/l. Då vattenföringen är olika på de båda punkterna, måste man dock göra en korrektion härför, och får då att syrebalansen förbättrats med 54,6 mg/l, hänfört till medelvattenföringen mellan punkterna 2 och 5. Detta värde har införts i tabell 9: 3 jämte motsvarande värden för de övriga undersökningarna. Syrebalansens förbättring på sträckan 2—5 framgår av tabellens tre sista kolumner. Då strömningstiden varierar starkt med vattenföringen, har det även sitt intresse att beräkna syrebalansens förbättring per m<sup>3</sup> för ett dygns strömningstid, vilket framgår av sista kolumnen. Denna i jämförelse med många vattendrag mycket höga självrenings-effekt är emellertid inte tillräcklig för

Tabell 9: 3. Syrebalansens förbättring, sjölvreningen, sträckan 2—5

Undersökning nr	Medelvatten- förling	Strömningstid	Syrebalansens förbättring		
	m <sup>3</sup> /d		d	mg/l	kg/d
1	98,2	0,75	54,6	5,36	72,8
3	602	0,13	6,1	3,69	47,2
4	500	0,16	5,9	2,93	36,6
5	214	0,36	21,6	4,63	60,0
6	120	0,60	44,5	5,34	74,2
7	127	0,60	45,9	5,83	76,5

att syrehalten i vattnet skall bli tillfredsställande. Av tabell 9: 2 framgår, att syrehalterna i allmänhet är mycket låga och vid punkt 5 inte i något fall når upp till 4 mg/l, som är det minimum som inte bör underskridas om normala biologiska förhållanden skall kunna upprätthållas. Man frågar sig därför, hur stor vattenförlingen skulle ha behövt vara, för att syrehalten i vattnet skulle bli tillfredsställande.

För att söka uppskatta detta kan man med ledning av de gjorda observationerna upprita sambandet mellan vattenförling och det biokemiska syrebehovets begynnelsevärde vid punkt 2. Om man vidare med utgångspunkt från observationerna konstruerar sambandet mellan vattenförling och syrehaltens minimum, kan man beräkna sambandet mellan syrehaltens minimivärde och det biokemiska syrebehovets begynnelsevärde. Det har redan nämnts att syreminimum i intet fall uppmättes till den önskvärda halten av 4 mg/l. För att kunna göra den ovannämnda beräkningen erfordras en ganska kraftig extrapolering, vilket givetvis medför en stor osäkerhet. Därtill kommer att observationernas antal är relativt litet och sambandet mellan minimum och vattenförling ganska osäkert, vilket bl. a. torde sammanhänga med att vid större vattenförling i allmänhet tillkommer andra föroreningskällor, t. ex. uppvirv-

ling av botten slam och nedspolning från kringliggande odlade marker. Uppskattningarna ger emellertid vid handen att det för att syrehalten i vattendraget på alla berörda sträckor skulle bli tillräcklig, erfordras en vattenförling, som ligger mellan den av Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut uppgivna medelvattenförlingen och högvattenförlingen, och som är omkring 30 gånger högre än den högsta under försöken uppmätta. Med all reservation för beräkningarnas osäkerhet skulle detta innebära, att under i Täbybäcken rådande förhållande avloppsvattnet behövde spädas omkring 400 gånger. Detta sammanhänger givetvis med att vid högre vattenförling passerar vattnet den berörda sträckan på så kort tid, att endast effekten av föroreningen kommer till synes, medan verkan av återluftningen ej hinner framträda.

På sträckan 5—6 fortsätter syrebalansen att förändras. Genom en beräkning, som utförts på samma sätt som den föregående, finner man att syrebalansens förbättring vid de olika försöken är 16,6, — 1,5, 0,1, 1,2, 8,2 och 14,2. Som man ser inträder vid undersökning nr 3, då vattenförlingen var högst, en försämring, vilket kan synas förvånande. I själva verket torde detta dock inte vara något som bara gäller för sträckan 5—6. I fig. 9: 3 har syreba-

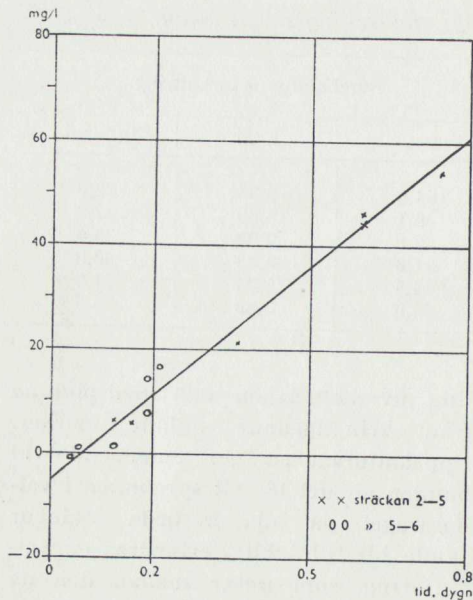


Fig. 9: 3. Sambandet mellan syrebehov och strömningstid.

lansens förbättring avsatts mot strömningstiden på de båda sträckorna. Observationerna ligger väl ordnade efter samma räta linje. Vid mycket starkt vattenflöde, då hastigheten är stor och den tid, som vattnet behöver för att passera en viss sträcka i motsvarande mån är kortare, blir balansens förbättring liten. Den kan då lätt utbytas mot en försämring, om vattnet samtidigt tillförs ytterligare föroreningar, exempelvis genom uppvirvling av botten slam eller på annat sätt.

I intet fall hade vattnet vid sista provtagningspunkten 6 återfått den syrebalans, som det ägde vid punkten 0, innan avloppsföroreningen hade tillkommit. Av försöksprotokollen framgår, att det endast var vid ett undersökningstillfälle, det första, som vattnet vid punkt 0 var tillfredsställande ur fysikalisk-kemisk synpunkt. De tidigare gjorda beräkningarna möjliggör en uppskattning, hur länge det dröjer, innan vattnet efter punkt 6 blir återställt till

den beskaffenhet, som det vid den första undersökningen hade vid punkt 0. Härvid förutsätts att ytterligare förorening ej tillförs och att reningen fortskrider på samma sätt som tidigare. Från dessa utgångspunkter finner man, att vid högsta iakttagna vattenföring hade sträckan behövt vara dubbelt så lång, vid lägsta vattenföring omkring 20 % längre än den är. Utan att lägga särskild vikt vid denna överslagsberäkning kan man dock säga, att Täbybäcken på en lång sträcka nedanför punkt 6 måste vara överbelastad.

För att komplettera de fysikalisk-kemiska undersökningarna studerade utredningen med bistånd av fiskeristyrelsens tillsynsavdelning i Drottningholm den 16 juni, 21 juli och 2 september 1953 de limnologiska förhållandena i Täbybäcken. Enligt denna undersökning tydde mikrofloran och mikrofaunan vid punkt 0 på att vattnet redan där periodvis var utsatt för föroreningar. Det kunde antingen vara frågan om tillfälliga utsläpp i bäcken ovanför kloakavloppet, möjligen av gödselvatten eller dylikt, eller bero på bakvatten i bäcken vid vissa tillfällen. Särskilt botten slammet måste här betecknas som typiskt förorenat på grund av de där förekommande organismerna.

Alla de tre provtagningsplatserna 2, 3 och 4 uppvisade en riklig förekomst av de flesta av de organismer, som är representativa för områden, där det råder en stark eller fullständig syrebrist. Även om förhållandena vid punkt 5 var bättre än vid de föregående måste dock även denna betecknas som starkt förorenad. Först vid punkt 6 hade det inträtt en tydlig förbättring ur biologisk synpunkt, även om självreningen här var långt ifrån avslutad. Sannolikt hade härför behövts ytterligare en flytsträcka på minst 1 km. Sammanfattningsvis kan framhållas, att de biologiska proven

Tabell 9: 4. Bakterieavdödningen mellan provpunkterna 2 och 6  
(Antal bakterier per liter, logaritmiska värden)

Undersökning	Substrat					
	Rödviolettgalla-agar, 37°			Rödviolettgalla-agar, 45°		
	Provpunkt					
	2	6		2	6	
	Antal	Antal	Diff.	Antal	Antal	Diff.
1	5,63	5,56	0,07	5,07	4,85	0,22
3	6,52	5,82	0,70	6,01	5,32	0,69
4	6,71	5,23	1,48	6,32	4,80	1,52
5	6,97	5,45	1,52	6,53	4,46	1,07
6	7,14	5,39	1,75	6,80	4,65	2,15
7	7,58	7,11	0,47	7,14	6,60	0,54

tydligt visade, att Täbybäcken främst genom det kommunala avloppsvattnet förorenas långt över det tillåtnas gräns och att en viss tillfällig förorening finns ovanför kloakavloppet samt att självreningen ej hunnit avslutas vid nedersta provtagningsplatsen omkring 1 300 meter nedanför kloakutsläppet. Överensstämmelsen mellan dessa undersökningar och de fysikalisk-kemiska var sålunda mycket god.

Med ledning av de i tabell 9: 4 angivna observerade värdena på bakteriehalterna vid punkt 2 och vattenföringen kan man beräkna, att den totala tillförda bakteriemängden per dygn i genomsnitt uppgått till omkring 400 miljarder bakterier på gallasubstrat vid 45°. Med stöd av vattenföringsmätningarna — skillnaden i vattenföring mellan punkterna 2 och 3 — samt med ledning av uppgifter över den ungefärliga vattenförbrukningen, kan avloppsvattemängden beräknas uppgå till i genomsnitt omkring 50 m<sup>3</sup> per dygn. Det i bäcken inkommande avloppsvattnet håller sålunda omkring 8 miljarder bakterier per liter. Den erforderliga späd-

ningen för att få ett vatten, som ej håller mer än 10 000 bakterier per liter, skulle därför vara omkring 800 gånger.

Under passagen från punkt 2 till punkt 6 sker en viss avdödning av bakterierna. Avdödningen följer dock inte den normala dödlighetskurvan, vilket är naturligt, då vattnet strömmat alltför kort tid för att detta skall inträffa. Den normala dödlighetskurvan brukar inte framträda förrän efter åtminstone 10 till 15 timmars förlopp. Tvärtom förekommer det ofta i början en ökning av bakteriernas antal. Bakteriehaltens förhållande vid punkterna 2 och 6 belyses av tabell 9: 4. Trots den vid vissa undersökningstillfällen inte betydelselösa minskningen i bakteriehalten, är denna dock vid punkt 6 fortfarande mycket hög sett ur hygienisk synpunkt. Tar man genomsnittet av de fem sista undersökningarna får man för galla 37° det logaritmiska värdet 5,80 eller 630 000 per liter och för galla 45° värdet 5,17 eller 148 000 per liter. Det skulle alltså behövas en betydande ytterligare spädning innan man når gränsen 10 000.

## Diskussion och sammanfattning av försöksresultaten

Enligt de av föredragande departementschefen i 1950 års statsverksproposition för utredningen angivna direktiven (XI. huvudtiteln, punkt 91, s. 131) skulle verksamheten i första hand avse att genom praktiska försök utröna den ur hygienisk, teknisk och ekonomisk synpunkt lämpligaste utformningen av små avloppsreningsanordningar och det lämpligaste sättet för deras skötsel. Sedan tillräckliga erfarenheter vunnits, skulle vidare utarbetas råd och anvisningar för hur sådana anläggningar skulle byggas och skötas.

Som framgått av det föregående har utredningens försöksverksamhet omfattat tre typer av anläggningar för behandling av avloppsvatten från enstaka hus, gårdar eller annan liknande mindre bebyggelse, nämligen slamavskiljare, jäskammare och markbäddar. Därjämte har utredningen studerat självreningen i ett mindre vattendrag.

Som ett led i utredningsarbetet ingick en studie över hur befolkningen i olika delar av landet i praktiken hade ordnat behandlingen av sitt avloppsvatten. Av denna undersökning, för vilken närmare redogjorts i kapitel 3, framgick bl. a., att förhållandena mångenstädes var mycket otillfredsställande och att detta inte sällan stod i samband med att det på många platser i landet råder en betydande okunnighet både hos allmänheten och hälsovårdsnämnderna om anläggningarnas verknings sätt, vad man kan vänta av dem samt att de behöver tillsyn och skötsel. En

riktig konstruktion, tillräckligt slamutrymme samt regelbunden tillsyn och skötsel är tre nödvändiga förutsättningar för att slamavskiljare skall fungera på ett tillfredsställande sätt.

Trots att det sedan länge är känt, att slamavskiljare i huvudsak endast kvarhåller en del av de grövre föroreningarna, syns man flestades hysa den uppfattningen, att föroreningarna "förintas" i dessa brunnar och att det utgående vattnet är "rent". Detta har lett till att man inom olika landsdelar tämligen allmänt ansett sig kunna redan från början täcka brunnarna med jord och sten, varefter de blir oåtkomliga för skötsel och inspektion. Som ett stöd för meningen att det verkligen rör sig om en "reningseffekt" anförs, att erfarenheten visar, att man i regel inte får stopp i anläggningarna, utan att vattnet rinner undan, vilket inte skulle vara fallet, om slammängden växte. Vid till äventyrs någon gång verkställd inspektion har man ofta funnit, att brunnarna helt eller nästan helt saknar slam. Den tolkning man givit dessa iakttagelser är emellertid grundfalsk. De gjorda observationerna visar i själva verket ingenting annat än att slammet kontinuerligt eller tid efter annan spolats ut ur brunnen, som sålunda i dylika fall överhuvud inte fyllt sin avsedda funktion. Det finns i verkligheten ingen slamavskiljare, för vilken regelbunden skötsel och tillsyn är överflödigt. Tvärtom är det ett oeffektivt villkor för att en slamavskiljare skall

kunna fungera riktigt, att den med lämpliga mellanrum tillses och vid behov töms på avsatt slam. Det är en lika angelägen uppgift för hälsovårdsnämnderna att övervaka, att anläggningarna får sin regelbundna och riktiga skötsel som att endast för sitt ändamål lämpade slamavskiljare kommer till användning. Utredningen ifrågasätter, om inte det förstnämnda åtminstone i mera tätbebyggda områden är en sådan kommunal angelägenhet av vikt, att samhället bör medverka till anläggningarnas skötsel, t. ex. genom att tillhandahålla tankvagnar, som pumpar upp och transporterar bort slammet, då så erfordras. Huruvida slamtömningen bör ske i kommunernas egen regi eller genom enskild eller kooperativ företagsamhet bör bedömas med hänsyn till vad som kan vara lämpligt på varje särskild ort.

Typerna av de i landet förekommande slamavskiljarna är många och växlande. Förutom fabriksframställda, av vilka det finns ett betydande antal olika typer, påträffar man ofta hemmagjorda av de mest skilda konstruktioner. Det är lätt för varje något så när händig person att med hjälp av i allmänna marknaden förekommande betongringar själv bygga sin slamavskiljare. Här har funnits ett rikt fält för experimenterande. Beklagligtvis har dock inte alltid kunskapen om brunnarnas uppgift och funktion varit lika väl utvecklad som uppfinningsförmågan. Huvuduppgiften för dessa brunnar är dels att bereda det inkommande avloppsvattnet tillfälle att avsätta så stor del av det medföljande slammet som möjligt, dels att förhindra, att det en gång inkomna och avsatta slammet sedermera förs ut ur brunnen med det avgående vattnet. Dessa båda syften kan uppnås med enkla medel, och det enkla har i detta fall också visat sig vara det bästa.

Vid valet av lämplig brunn för en lägenhet har man alltid fäst stor vikt vid den genomsnittliga tid, som avloppsvattnet kan beräknas stanna kvar i brunnen. Om denna tid är för kort, finns ej tid för slamavsättningen, om den är för lång blir brunnen överdimensionerad, vilket medför onödiga kostnader i inköp eller anläggning. Vattnets uppehållstid brukar vanligen beräknas med ledning av brunnens volym och den väntade belastningens storlek. Antas den dagliga mängden avloppsvatten från ett hushåll vara 1 000 liter och brunnens rymd 1 600 liter (motvarande en diameter av 1 meter och ett djup av 2 meter), blir den på detta sätt beräknade uppehållstiden  $1\,600/1\,000$  eller 1,6 dygn. En dylik uppehållstid kan synas fullt tillräcklig även under beaktande av att brunnen så småningom kommer att delvis fyllas med slam.

Den på nämnda sätt beräknade uppehållstiden, som utredningen i klarhetens intresse i det föregående kallat den nominella uppehållstiden, är i själva verket ett mycket litet upplysande begrepp. Det finns relativt stora brunnar med en sådan inre utformning, att det inkommande vattnet passerar direkt igenom brunnen till den utgående ledningen, varför endast en ringa slamavsättning kan äga rum, och det finns relativt små brunnar, vilkas konstruktion medför, att vattnet kvarhålls i dem under en för slamavsättning fullt betryggande tid. Ur funktionell synpunkt skulle man av denna anledning kunna indela slamavskiljarna i passagebrunnar och uppehållsbrunnar. Dessa förhållanden belyses tämligen ingående av utredningens försök med användning av radioaktiva spärelement. Av försöken framgår bl. a. att, sedan spårämnet tillsatts i den ingående ledningen, kan det för vissa brunnar dröja en timme

innan ämnet kan påvisas i det utgående vattnet, medan för andra brunnar av samma storlek spårämnet börjar uppträda redan efter några ögonblick. Det är emellertid inte bara tidpunkten för spårelementets första uppträdande som är av betydelse utan också kurvans fortsatta förlopp. (Se kapitel 6.) I vissa fall visar det sig, att det blott fordras en ganska ringa tillförsel av avloppsvatten för att huvuddelen av spårelementet skall ha kommit ut i den utgående ledningen, i andra fall behövs härför en volym som överstiger dygnstillförseln. För att de sista resterna skall försvinna, krävs teoretiskt "oändlig" tid. Den verkliga uppehållstiden varierar sålunda i praktiken inom mycket vida gränser.

I sin diskussion har utredningen lagt särskild vikt vid två punkter av strömningförloppet, nämligen den tid efter tillsättningen, då ämnet först kan spåras i det utgående vattnet och den volym avloppsvatten, som behöver tillföras brunnen för att hälften av ämnet skall ha lämnat densamma. Erfarenheten från försöken visar att små brunnar kan utformas så, att den angivna tidpunkten inträffar först efter omkring en timme och att nämnda avloppsvattemängd ungefärligen svarar mot den avsedda belastningen per dygn. Utredningen anser, att det bör övervägas, om inte hälsovårdsnämnderna, innan de godkänner en i marknaden saluförd brunntyp för användning på en viss plats inom hälsovårdsområdet, borde begära att ett intyg från ojävig institution företeddes, vilket utvisade brunnegens egenskaper i nu berörda avseenden.

Även om det är mycket viktigt att uppehållstiden, bestämd på sätt ovan antytts, är tillräcklig, torde den vanligaste och väsentligaste anledningen till att brunnarna i praktiken visat sig

fungera otillfredsställande vara en annan, nämligen att det en gång avsatta slammet emellanåt helt eller delvis avlägsnas med vattenströmmen. Vid sina försök har utredningen funnit, att värdena på det utgående vattnets halt av olika slambeståndsdelar, trots att det ingående vattnets är tämligen konstant, är betydligt större på sommaren än på vintern för flertalet brunnar. Dessutom är spridningarna mellan olika brunntyper betydligt större på sommaren än på vintern. Detta förhållande är vid en och samma belastning tämligen oberoende av brunneens storlek. Utredningen har kommit till den slutsatsen att inom vida gränser brunnarnas inre utformning är av avgörande betydelse för deras funktion och att detta gäller såväl vid kontinuerlig belastning som vid diskontinuerlig (stötbelastning).

Orsaken till det nyss omnämnda förhållandet att brunnarna är betydligt mera nyckfulla på sommaren än på vintern står sannolikt i samband med de processer, som äger rum i det avsatta slammet. Då slammet befunnit sig någon tid i brunnen, sker där en rötning, vars intensitet i stor utsträckning beror på temperaturförhållandena. Vid rötningen utvecklas gaser i slammet, vilka, då de nått en tillräcklig mängd, stiger till ytan och därvid för med sig större eller mindre delar av bottenlammet. Om man med vattenkikare eller i modellförsök följer förloppet i brunnen finner man, att det pågår ett regelbundet utbyte mellan slamlagren på botten och vid ytan. Härvid uppträder ständigt i vattnet strömningar såväl i uppsom nedstigande riktning. Emellanåt tar slamomsättningen formen av verkliga explosioner. Allt bottenlam kan ryckas upp och under någon tid fördela sig i hela det i brunnen befintliga avloppsvattnet. Fara föreligger då att stora slammängder kan föras bort i den

utgående ledningen. Även om brunnen är så utformad, att den håller kvar yt-slammet, behöver den inte nödvändigtvis hindra det i rörelse varande slammet från att med vattenströmmen föras ut i avloppsledningen.

Utredningen betvivlar inte att det finns många olika sätt, på vilka man kan komma till rätta med de brister i många brunnskonstruktioner, som här antytts. Utredningen, som utgått ifrån att de små avloppsbrunnar, varom här är fråga, i viss utsträckning i framtiden som hittills kommer att byggas av lägenhetsägarna själva med användning av i allmänna marknaden förekommande enkla byggnadselement, har kommit fram till en utformning, som består i att man indelar de vanliga cylindriska betongringsbrunnarna i tre fack eller kammare genom att sätta in skärmar försedda med en öppning. Den första kammaren, i vilken slammet till största delen avsätter sig, bör vara lika stor som de två andra tillsammans. Dessa bör inbördes vara ungefär lika stora.

Att använda en trekammarbrunn innebär intet nytt. Dylika slamavskiljare har tidigare använts både i Sverige och i andra länder. Uppfattningarna om vilket antal kammare som är det bästa går något isär i litteraturen. Enligt en av världshälsoorganisationen utgiven skrift (*Design and operation of septic tanks*, Genève 1953) har experiment i USA visat, att två kammare gav bättre resultat än en. I Schweiz rekommenderas tre kammare och i Belgien minst två. Anledningen till att trekammarssystemet visat sig överlägset vid utredningens undersökning är svår att ange. Möjligen sammanhänger detta med att den vid rötningen uppkomna gasbildningen under de i Sverige rådande klimatiska förhållandena är mycket ojämn. Under vintern pågår ringa

gasbildning. Stora mängder av slam samlas då i första kammaren. När gasbildningen kommer i gång blir slamomröringen emellanåt så kraftig, att vid normal brunnsstorlek endast en ytterligare kammare är otillräcklig för att säkra avsättningen av det lättlörliga suspenderade slammet. De svenska undersökningarna har emellertid visat, att mycket goda resultat också kan erhållas, om man som första kammare använder en emscherbrunn och låter den följas av en extra kammare som säkerhetsficka.

Öppningarnas placering i skärmarna är betydelsefull. De bör sättas så djupt som det är möjligt med hänsyn till det erforderliga slamutrymmet. Modellförsök har nämligen visat, att det väsentligen är den ovanför öppningarna belägna delen av brunnsutrymmet, inom vilket vattenomsättningen försiggår. För att belysa vikten av att öppningarna anbringas på rätt plats kan nämnas, att en av de brunnar, som utredningen arbetade med, i början gav mycket dåliga resultat, trots att dess konstruktion nära anslöt sig till den av utredningen sedan rekommenderade. Öppningen mellan första och andra kammaren satt emellertid för högt. Endast genom att sänka den förvandlade man brunnen från en passagebrunn till en god uppehållsbrunn.

Den föreslagna brunnsutformningen fungerar på det sättet, att huvuddelen av det inkommande slammet avsätter sig i den första kammaren. Där blir det liggande, tämligen oberört av den förbipasserande vattenströmmen. Slam, som då jäsning inträder, förs upp mot ytan, kvarstannar till största delen i första kammaren, men en del går vidare och avsätter sig i den andra. Då redan i den första kammaren skett huvuddelen av den rötning, som är riskabel ur ifrågavarande synpunkt, blir

Tabell 10: 1. Slamavskiljarnas effekt; avlägsnade mängder i procent

	Brunnarna	Brunnarna
	5 o. 7	1, 2, 3, 5, 6, 7 o. 15
Torrsubstans:		
totalt .....	22,7	13,6
därav organiskt .....	41,1	29,7
suspenderat .....	61,3	36,7
därav organiskt .....	67,5	43,0
löst .....	8,9	5,3
därav organiskt .....	26,2	22,3
Avsättbara ämnen .....	86,0	73,0
Biokemiskt syrebehov	55,6	32,2

faran för att det i andra kammaren avsatta slammet skall avlägsnas betydligt mindre. Den tredje kammaren erfordras emellertid som en säkerhetsficka. Att indela små brunnar i ännu flera fack torde i allmänhet vara onödigt och har vid experimenten inte visat sig medföra några fördelar.

Av tabell 10: 1 framgår vad man kan nå med en god slamavskiljare. Effekten har här angivits som den procent av de i det ingående vattnet förekommande beståndsdelarna, som avlägsnats vid behandlingen. Man ser att den totala organiska torrsubstanshalten minskat med omkring 40 % och det biokemiska syrebehovet med över hälften. Skillnaden mellan sämre och bättre brunnar belyses av tabellen.

I bakteriologiskt hänseende har slamavskiljarna ingen verkan av praktisk betydelse. Detta är väl känt sedan gammalt och har bekräftats vid denna undersökning. Skillnaden mellan in- och utgående vattnets bakteriehalt uppgår inte till en halv dignitet.

Utredningens arbete har väsentligen varit koncentrerat till slamavskiljarna. Detta sammanhänger med flera olika omständigheter. Det var missförhållanden och svårigheter beträffande dessa som först ledde till kravet på att under-

sökningar skulle verkställas. Då anläggningar av denna typ är de billigaste samt lätta att sköta och har en avsevärd slamavskiljande effekt, kan man anta, att de inom en inte alltför begränsad tid fortfarande kommer att spela en stor roll, då det gäller att ordna avlopp för gårdar, villor och annan mera spridd bebyggelse. Å andra sidan visar erfarenheten att det i många fall även för sådana lägenheter vore önskvärt med mera effektiva behandlingsmetoder. Det är angeläget, att den förorenande inverkan på vattendragen minskas, både med hänsyn till vattendragen själva och ur sanitär synpunkt. Även en effektökning, som inskränker sig till det fysikalisk-kemiska området, vore av värde. Från dessa utgångspunkter har utredningen utfört vissa försök med jäskammare.

Jäskamrarna skiljer sig från slamavskiljarna väsentligen därigenom att avloppsvattnets nominella uppehållstid är betydligt längre; i stället för en eller ett par dagar uppgår den ofta till mer än en vecka. Vid utredningens undersökningar framgick det att analysvärdena i det från jäskamrarna utgående vattnet hade betydligt mindre spridningar än fallet var vid slamavskiljarna. Även här förelåg dock en skillnad mellan sommar och vinter. Utan att referera till särskilda undersökningar vill utredningen med stöd av sina erfarenheter från slamavskiljarna dock rekommendera att även jäskammare förses med lämpliga anordningar, t. ex. säkerhetsfickor, för att förhindra att det avsatta slammet vid gasbildning eller av andra orsaker förs ut med det utgående vattnet. Av undersökningarna framgår, att behandlingseffekten såsom väntat i vissa avseenden är större än vid slamavskiljarna. Det framgår även att effekten kan stegras om jäskamrarna ympas med väl rötat slam.

Tabell 10: 2. Jäskamrarnas effekt; avlägsnade mängder i procent

(A i förhållande till råvattnet, B i förhållande till de bästa slamavskiljarna)

	Ej ympad		Ympad	
	A	B	A	B
Torrsubstans:				
totalt .....	23,1	0,5	11,4	— 11,5
därav organiskt .....	37,7	— 5,9	37,3	— 6,5
suspenderat .....	82,7	55,2	86,0	63,8
därav organiskt .....	88,6	64,9	86,0	56,8
löst .....	1,7	— 15,3	— 7,9	— 26,5
därav organiskt .....	8,9	9,9	— 23,5	— 22,1
Biokemiskt syrebehov .....	58,9	7,4	83,2	62,1

Av tabell 10: 2 framgår, att jäskamrarnas effekt är större än slamavskiljarnas med avseende på suspenderad torrsubstans och biokemiskt syrebehov. Det kan vid första påseendet förefalla egendomligt, att effekten är lägre, när det gäller den totala torrsubstansen och dess organiska del. Detta sammanhänger emellertid med, vilket indirekt framgår av tabellvärdena, att i jäskamrarna en större del av torrsubstansen överförs i löst tillstånd. I det ingående vattnet är omkring 74 % av torrsubstansen löst. För det vatten som passerat de bästa slamavskiljarna är motsvarande tal 87 % och för jäskamrarna omkring 95 %. En liknande gång visar även talen för den lösta organiska substansen. Det väsentligaste torde emellertid vara den påtagliga minskning, som det biokemiska syrebehovet visar i det utgående vattnet från ympade jäskammare. Vid jämförelsen har här valts jäskammare med en storlek som motsvarar 10 dagars nominell uppehållstid. Försöken talar inte för att mycket mera vore att vinna med ännu större kammare. Även vid jäskamrarna är bakteriehalterernas omedelbara förändring praktiskt betydelselös. Minskningen uppgår till mindre än en halv dignitet för de oympade och omkring tre fjärdedels dignitet för de ympade — allt

räknat i förhållande till effekten hos de bästa slamavskiljarna. Bakteriehållten i det utgående vattnet är sålunda alltfjämt mycket hög.

Den starka minskning i avloppsvattnets biokemiska syrebehov, som uppkommit i jäskamrarna, kan emellertid även i bakteriellt avseende få stor betydelse, då vattnet kommit ut i det mottagande vattendraget. Bakterieavdöningen är under de anaeroba förhållanden, som råder både i slamavskiljare och jäskammare, mycket långsam. Den ökar hastigt om vattnet tillförs syre. Detta är fallet när avloppsvattnet kommer ut i ett vattendrag. Om avloppsvattnets biokemiska syrebehov då är mycket högt, ställer det så starka krav på vattnets syreupptagning, att syrebalansen, som fallet var i Täbybäcken, på långa sträckor kan bli negativ. I samma mån som det utkommande avloppsvattnets biokemiska syrebehov kan minskas, föreligger större möjligheter för vattendraget att kunna upprätthålla en tillräcklig syrehalt och förhindra, att syrebrist inträder. Under sådana förhållanden kommer också bakteriedöden i vattendraget att gå snabbare. Indirekt lämnar säkerligen jäskamrarna därför också ett väsentligt bidrag till oskadliggörandet av bakterier, även om detta inte i större ut-

sträckning äger rum inom deras vägar.

Betydelsen av det biokemiska syrebehovets minskning för recipientens tillstånd kan ur fysikalisk-kemisk synpunkt något belysas med erfarenheterna från utredningens undersökningar i Täbybäcken. Det kan beräknas, att avloppsvattnets biokemiska syrebehov ursprungligen uppgick till nära 10 kg per dygn och att det efter passagen av en slamavskiljare hade reducerats till 6,5 kg. Detta medförde en så stark överbelastning av bäcken, att den säkerligen endast vid en vattenföring, som betydligt översteg medelvattenföringen, hade möjlighet att motta denna avloppsvattenmängd, utan att dess biologiska tillstånd rubbades. Om samma mängd avloppsvatten i stället fått passera en god jäskammare, kunde man väntat sig en reduktion av det totala biokemiska syrebehovet till omkring 1,6 kg. Med hänsyn till de begränsade perioder av året, då högvatten råder, skulle bäcken då haft betydligt större möjligheter att återhämta sig än nu är fallet. Å andra sidan bör det uttryckligen framhållas, att det för Täbybäckens vidkommande inte räcker med jäskammare för avloppsvattnets behandling, om bäcken vid alla tillfällen skall kunna bära belastningen.

Säkerligen kan det dock finnas andra fall, där utbytet av slamavskiljare mot jäskammare skulle medföra att det mottagande vattendraget, recipienten, inte längre överbelastades. Härigenom skulle syrebrist med därav föranledda biologiska och sanitära olägenheter i vissa fall kunna förhindras. Trots sin högre anläggningskostnad bör därför jäskammare komma till användning, där risk föreligger att recipienten skulle överbelastas, om avloppsvattnet blott fick passera en slamavskiljare och där det av ekonomiska eller andra skäl inte är

möjligt att ordna en mera effektiv behandling. Dylika situationer torde inte vara sällsynta, då det gäller avlopp från mindre lägenhetsgrupper. Vid ställningstagandet får man även beakta att vattenföringen i små vattendrag ofta varierar mycket starkt. Särskilt under de vanligen ganska långa perioderna med låg vattenföring skulle därför ett jäskammarbehandlat avloppsvatten väsentligt minska påfrestningarna på vattendraget och de sanitära olägenheterna.

Med hänsyn bl. a. till dessa förhållanden anser utredningen det önskvärt, att jäskamrarna ägnas fortsatta studier. Härvid bör bl. a. beaktas möjligheterna att genom lämplig ympning med speciella ämnen ytterligare öka deras effekt. Även om härför i sista hand torde krävas praktiska fältförsök, skulle säkerligen många erfarenheter kunna vinnas genom laboratorieexperiment, vilka även borde utföras vid de i verkligheten förekommande temperaturförhållandena. Utredningen föreslår, att institutet för folkhälsan får i uppdrag, att utföra fortsatt praktiskt forskningsarbete på detta område.

För små lägenheter har man, då det gäller att nå ett bättre behandlingsresultat, att tänka bl. a. på markbäddar. Den praktiska erfarenheten talar för att det är svårt att i vårt klimat anordna dylika anläggningar, som fungerar tillfredsställande. Utredningen har verkställt ett betydande antal försök i olika riktningar såväl vid försöksstationen som genom modellförsök, vilka utförts vid lantbrukshögskolan, utan att komma till någon slutlig lösning. Men försöken visar att fortsatta undersökningar bör göras. Härvid syns det vara utomordentligt viktigt att tillgodogöra sig erfarenheterna från den moderna jordforskningens område. Såväl den markmikrobiologiska som den hydrotekniska

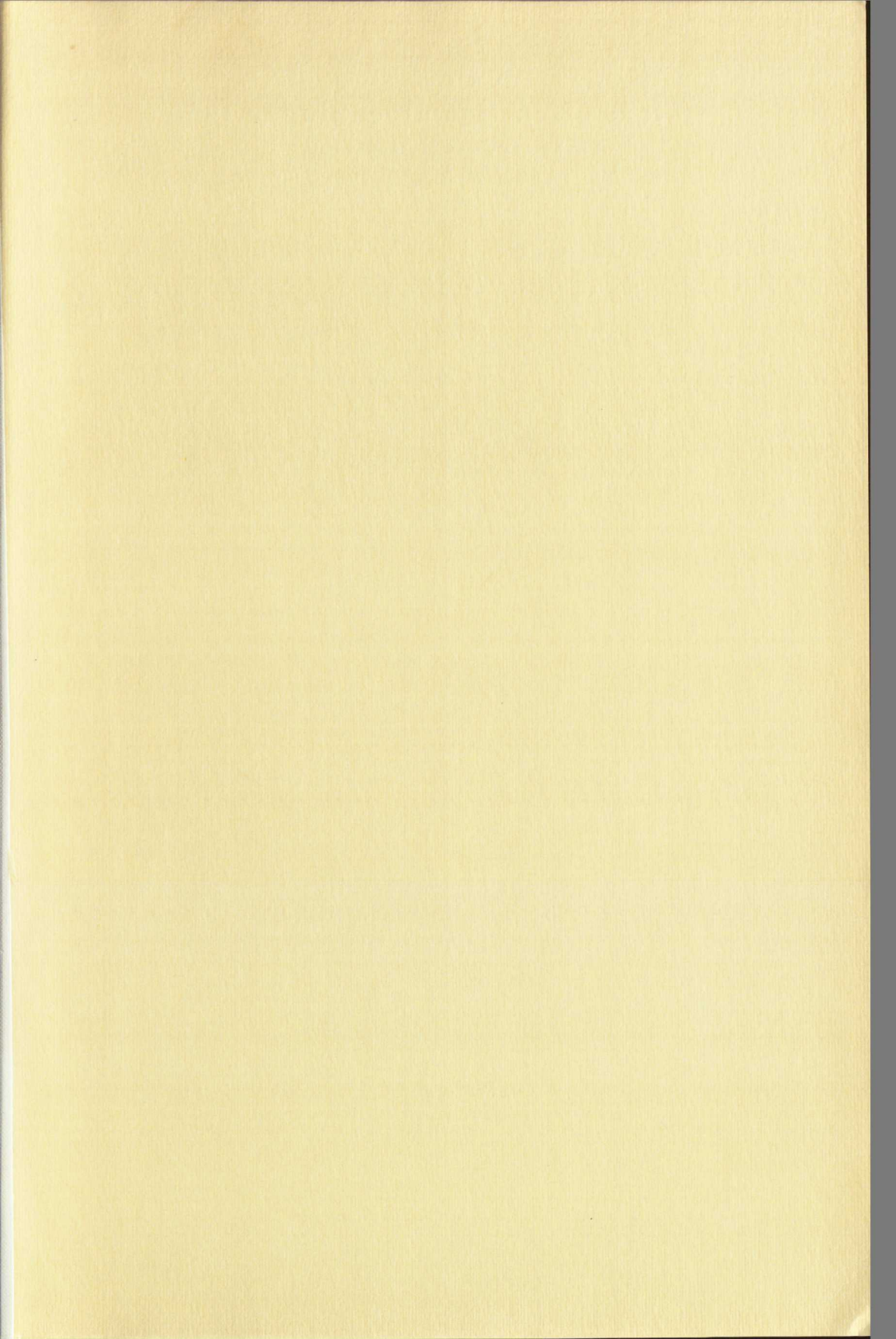
sakkunskapen måste tas i anspråk för uppgiften. På grund härav och även av andra skäl vill utredningen förorda, att den nödvändiga fortsatta forskningen förläggs till lantbrukshögskolan, som dessutom torde ha möjligheter att vid sidan av laboratoriemässiga experiment även företa fältförsök. Medel för ändamålet bör därför ställas till högskolans förfogande.

I enlighet med det givna uppdraget har utredningen även haft att utarbeta förslag till råd och anvisningar för planering och utförande av slamavskiljare för lägenheter vid spridd bebyggelse.

Det har dock inte ansetts lämpligt att på detta stadium låta trycka förslaget utan det har i stencilerat skick överlämnats till vederbörande myndigheter.

I. Einleitung  
 II. Die Bedeutung der  
 III. Die Aufgaben der  
 IV. Die Organisation der  
 V. Die Durchführung der  
 VI. Die Ergebnisse der  
 VII. Die Schlussfolgerungen  
 VIII. Die Zusammenfassung  
 IX. Die Literaturverzeichnis  
 X. Die Anhang

Einleitung  
 Die Bedeutung der  
 Die Aufgaben der  
 Die Organisation der  
 Die Durchführung der  
 Die Ergebnisse der  
 Die Schlussfolgerungen  
 Die Zusammenfassung  
 Die Literaturverzeichnis  
 Die Anhang



# Statens offentliga utredningar 1955

## Systematisk förteckning

(Siffrorna inom klammer beteckna utredningarnas nummer i den kronologiska förteckningen.)

### Allmän lagstiftning. Rättsekipning. Fångvård.

Vidlyftiga rättgångar. [10]  
Sekretessen vid förundersökning i brottmål. [17]

### Statsförfattning. Allmän statsförvaltning.

### Kommunalförvaltning.

### Statens och kommunernas finansväsen.

### Politi.

### Nationalekonomi och socialpolitik.

Bostadskollektiva kommittén. 3. Tvätt. [8]  
Pennyvärdeundersökningen. 1. Utlandstransaktionerna och den svenska ekonomin. [13]  
Pris och prestation i handeln. [16]

### Hälsa- och sjukvård.

Statens sjukhusutredning av år 1943. 8. Rationalisering av sjukhusdriften. [12]  
Undersökningar rörande små avloppsreningsanläggningar. [18]

### Allmänt näringsväsen.

### Fast egendom. Jordbruk med binärningar.

Lag om jordbrukskasserörelsen m. m. [1]  
Prissättningen på jordbruksprodukter. Bilaga 1. [5]  
Det mindre jordbrukets möjligheter att uppnå bättre lönsamhet. [7]

### Vattenväsen. Skogabruk. Bergabruk.

Vattenvården. [6]  
Frågan om statsinlösen av stamaktierna i LKAB. [9]

### Industri.

### Handel och sjöfart.

Stöd åt den mindre och medelstora skeppsfarten. [2]

### Kommunikationsväsen.

Elkraftutredningens redogörelse nr 2: 20—21. Detaljdistributörerna samt deras råkraftkostnader och priser vid distribution av elektrisk kraft. Kopparbergs och Gävleborgs län. [15]

### Bank-, kredit- och penningväsen.

### Försäkringsväsen.

### Kyrkoväsen. Undervisningsväsen. Andlig odling i övrigt.

Psykologisk utbildning och forskning. [11]  
Handelsutbildningskommitténs betänkande och förslag. 2. Yrkeskolornas handelsundervisning m. m. [14]

### Försvarsväsen.

### Utrikes ärenden. Internationell rätt.

Nordiska parlamentariska kommittén. 9 och 10. Nordiska post- och teletaxor. [3 o. 4]