

Denne fil er downloadet fra  
**Danmarks Tekniske Kulturarv**  
*www.tekniskkulturarv.dk*

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

### **Rettigheder**

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på *www.tekniskkulturarv.dk/about*

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

550

~~543~~

Geo. Seel Harvey:

Moderne Fremgangsmaader  
ved Rensning af Drikkevand.

# 543 3.

~~543~~

1918



543.3

# MODERNE FREMGANGSMAADER VED RENSNING AF DRIKKEVAND

59  
FOREDRAG HOLDT I DANSK INGENIØRFORENINGS HYGIEJNISK-  
TEKNISKE SEKTION DEN 17. OKTOBER 1917

AF

INGENIØR **GEO. PEEL HARVEY,**  
M. R. S. I. OG F. I. SAN. E.

MED 1 PLAN

---

SÆRTRYK AF »INGENIØREN« NR. 11, 1918

---

KØBENHAVN

TRYKT HOS J. JØRGENSEN & CO. (IVAR JANTZEN)

1918



# MODERNE FREMGANGSMAADER VED RENSNING AF DRIKKEVAND

FOREDRAG HOLDT I DANSK INGENIØRFORENINGES HYGIEJNISK-  
TEKNISKE SEKTION DEN 17. OKTOBER 1917

AF

INGENIØR **GEO. PEEL HARVEY**,  
M. R. S. I. OG F. I. SAN. E.

---

MED 1 PLAN

---

SÆRTRYK AF »INGENIØREN« NR. 11, 1918

---

KØBENHAVN

TRYKT HOS J. JØRGENSEN & CO. (IVAR JANTZEN)

1918



Mine Herrer!

Det er med Glæde — om end med en vis Betænkelighed —, at jeg har taget imod Dansk Ingeniørforenings hygiejnisk-tekniske Sektions Opfordring til at holde Foredrag om moderne Fremgangsmaader ved Rensning og Filtrering af Vand. Jeg skal i det væsentligste begrænse mig til Rensning af Drikkevand og Anvendelse af hurtigvirkende Trykfiltere og dermed forbundne Processer, idet jeg specielt omtaler deres Tilpasning efter skandinaviske Forhold, som jeg i de sidste 10—12 Aar har haft særlig Lejlighed til at beskæftige mig med.

Vandrensningfeltet er, selv om man begrænser sig til skandinaviske Forhold, saa vidt omspændende, at det vil være umuligt at behandle det i alle dets forskellige Faser i den korte Tid, der er til Disposition i Aften, og mine Bemærkninger maa derfor ikke betragtes som nogen udtømmende Behandling af Vandrensningsspørgsmaalet i sin Helhed. Det vil kun være muligt at give en kort Oversigt over Hovedpunkterne, med nærmere Omtale af enkelte oplysende Tilfælde.

#### Vandets Oprindelse.

Drikkevand kan, efter dets Oprindelse, deles i to Slags, nemlig:

- 1) Grundvand, fra dybe Boringer eller Brønde,
- 2) Overfladevand, som igen inddeles i:
  - a) Vand fra Indsøer og det oftest dermed nær beslægtede Vand fra højtliggende, helst ubeboede Nedslagsfelter, indsamlet til en eksisterende Sø eller et kunstigt Reservoir, frembragt ved Dæmning eller Dalspærring,
  - b) Elv- eller Aavand,
  - c) saakaldet »kønstgjort grundvatten«, frembragt ved Infiltration af Flodvand.

Det er særlig fra Göteborg, vi kender denne sidstnævnte Fremgangsmaade, der vistnok oprindeligt skyldes Hr. Professor *G. Richert's* Forslag. I Regelen kræver det infiltrerede Vand ikke nogen anden Rensning.

Metoden kan naturligvis kun anvendes, hvor de lokale Forhold er gunstige derfor, og slamholdigt Vand er uskikket til Anvendelse, da der let i Aarenes Løb kunde opstaa Vanskeligheder ved Infiltrationen paa Grund af Jordlagenes Tilslamning. Medmindre man har Vand i Overflod til Infiltrering, kan man heller ikke give sig i Lag dermed uden nøje Kendskab til de lokale geologiske Formationer. Er den forhaandenværende Vandmængde knapt tilmaalt, tør man ikke risikere ved Infiltration at miste noget deraf.

Jeg sagde, at det infiltrerede Vand i Regelen ikke behøvede nogen Rensning. Hertil er at bemærke, at Undersøgelser, som Helsingfors Vandforsyning har gjort med infiltreret Vand fra Kervo Aaen, har foranlediget Vandværkets Direktør, Hr. Ingeniør *Albin Skog*, til i sit Foredrag ved »Tekniska föreningens« Aarsmøde 1916 at sige: »Kvantitativt har anläggningen lämnat den afsedda mängden, men skall en rening i stort påbörjas, har erfarenheten visat, at vattnet först bör på kemisk väg renas och filtreras, innan det insläppas i grunden«. Jeg har ogsaa selv

truffet et andet Tilfælde: en større By i Mellemsverrig, hvis Vandforsyning bestaar dels af Grundvand, dels af infiltreret Vand fra en Aa. Her optræder til Tider *Crenothrix* lokalt i ret generende Grad i Byens Vandledninger. Den kemiske Analyse af Grundvandet viser, at dette er jærnfrit, og Jærnholdet i Aavandet overstiger ikke 0,3 mg/l. Tilsyneladende maa Aarsagen søges i Infiltrationsjordlagenes Beskaffenhed.

#### Rensning af Grundvand.

Vand fra dybe Boringer vil i næsten alle Tilfælde være af upaaklagelig Beskaffenhed i bakteriologisk Henseende. Ganske vist er der forekommet nogle enkelte Tilfælde her i Landet, hvor denne Paastand ikke fuldt ud har holdt Stik, men de skyldes en aldeles uforvarlig og utilladelig Fremgangsmaade med Afledning af Kloakvand til gamle Brønde, hvorved de dybere Jordlag inficeres, med deraf følgende Forurening af Grundvandet.

Saadan Forurening kan og skal naturligvis udelukkes; derimod er det ikke altid saa let at forhindre bakteriologisk Forurening af Brøndvand. Har man Mistanke om en bestemt Kilde til Forureningen, lader det sig i nogle Tilfælde gøre at konstatere, hvorvidt Mistanken er velbegrundet, ved at man foretager en Farveundersøgelse med et uskadeligt Farvestof af det mistænkte »Tilsig«, men det kan ofte være ret vanskeligt med Bestemthed at paavise Kilden til Forurening af en Brønd, hvis Vand kemiske eller bakteriologiske Analyser umiskendeligt har konstateret forurenede, naar vedkommende Brønd har Tilstrømning af Vand fra et meget stort Opland.

En saadan bakteriologisk Forurening af Grundvand er imidlertid forholdsvis let at faa Bugt med, idet man underkaster Vandet en rationel Sterilisering. Dette skal jeg komme tilbage til ved senere Behandling af de forskellige Slags Overfladevand.

**Afjærning.** Den hyppigste Aarsag til, at Grundvand kræver Rensning, er dets større eller mindre Indhold af Jærn og — mere sjældent — Mangan, der som oftest er adskilligt vanskeligere at fjerne. Jærnet er i Regelen opløst i Vandet som Bikarbonat, der ved en Iltning omdannes til uopløseligt Ferrihydroxyd, i hvilken Form det kan tilbageholdes af Sandmassen i et Filteranlæg. Vandets Jærnhold kan variere fra Spor til 35 mg pr. Liter og endnu mere, ja Vand med indtil dobbelt saa stort Jærnhold har været brugt til Drikkevand. I visse Tilfælde kan allerede 0,1 mg pr. Liter Fe give Anledning til Gæne, beroende paa Vandets øvrige Sammensætning og Forbrugsøjemedet; men i Regelen anser man 0,2—0,3 mg pr. Liter for tilladeligt. Ud over sidstnævnte Mængde er der Fare for Dannelse af Bundfald af Ferrihydroxyd i Ledningerne og Udvikling af Bakterievækst (*Chlamydothrix* og *Crenothrix*) og Inkrustationer i disse, Rustpletter paa Vadskeøj, ligesom der kan opstaa Vanskeligheder for Papir- og Tekstilfabrikkers og Farveriers Virksomhed, idet Jærnet foraarsager bl. a., at Farverne bliver urene.

Der skal meget sensitive Ganer til at kunne smage 0,5 mg pr. Liter Jærn i Vandet, men 1 mg pr. Liter giver



en bestemt Afsmag. Det er ikke altid det stærkt jærnholdige Vand, der er vanskeligst at afjærne; tværtimod vil et stort Indhold af Jærn i nogle Tilfælde forøge Filtermassens Uigennemtrængelighed og derved automatisk fremme Jærnets Tilbageholdelse. Jærnets mer eller mindre lette Fjernelse beror paa den Forbindelse, i hvilken det forekommer i Vandet. Hvor Jærnet er særlig vanskeligt at udskille, og ogsaa hvor Vandet indeholder Mangan, kan det være fordelagtigt at bruge en fintdelt, porøs, absorberende Substans som Filtreringsmedium, hvorved man opnaar en katalytisk Virkning og en mere intensiv Oxydering. Et saadant Stof har man i det saakaldte »Polarite«. I haardnakkede Tilfælde har man ogsaa en ikke ringe Fordel af Trykfiltere, thi Iltningen foregaar hurtigere under Tryk, fordi Iltens Opløselighed forøges. Vandets Udluftning under Overtryk er mere intensiv end ved atmosfærisk Tryk, idet Intensiteten tiltager proportionalt med Overtrykket.

Er Jærnet bundet i saadan Forbindelse, at det ikke — selv under de forannævnte Forhold — lader sig udskille ved Iltning, bliver det nødvendigt at udfælde med Kalk eller at skride til en Koagulering af Vandet med Aluminiumsulfat eller Ferrosulfat med efterfølgende Filtrering. En saadan Behandling kan ogsaa været paakrævet, naar Jærnet er bundet til Humussyre eller mineralske Syrer.

Vand af sidstnævnte Beskaffenhed har man maattet bruge ved Vandforsyning af Wasa Stad i Finland. Om dette Vand skriver Stadens Analytiker: »Foruden Mangel paa Alkalinitet har Vandet ogsaa den Egenskab, at det indeholder betydelige Mængder fri Kulsyre, 60—70 mg pr. Liter, hvilke, dersom de ikke bliver neutraliserede, kan komme til at angribe Rørene. Gennem Luftnings- og Afjærningsprocessen reduceres Kulsyremængden i det afjærrede Vand til ca. 20 mg pr. Liter, og den kan vel yderligere reduceres gennem en mere intensiv Luftning; dog er det sandsynligt, at det paa Grund af Vandets manglende Alkalinitet bliver nødvendigt at neutralisere det, for at det ikke skal angribe Rørledningerne.«

En nogenlunde nøjagtig Gennemsnitsanalyse af dette Vand fra en af de mange Boringer gav i mg pr. Liter:

Inddampningsrest .....	363,0
Klor (Cl) .....	69,5
Svovlsyre (S O <sub>2</sub> ) .....	111,9
Lerjord (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) .....	12,0
Ferrooxyd (Fe O) .....	22,1
Iltforbrug .....	0,9
Fri Kulsyre .....	ca. 70.
Aciditet (fri Svovlsyre) 1,8 n/10 ccm pr. Liter.	

Der var altsaa et meget stort Indhold af Jærn og frie Syrer i Vandet. Der blev projekteret et Iltningsanlæg med Neutralisering af Vandet med Kalk under 2 Timers Sedimentering i Reduktionskamre, efterfulgt af Filtrering gennem hurtigtvirkende Trykfiltere, (se vedhæftede Plan), medens det dyrere Anlæg, som kom til Udførelse, bestaar af Udluftningsbakker med ca. 3 m Faldhøjde for Vandet ned i et Sedimenteringskammer, hvorfra det passerer op gennem et Stenfilter med efterfølgende Grusfilter og endelig gennem et Filter af fintdelte Marmorsten, hvis Opgave det er at binde den frie Kulsyre i Vandet. Straks, da Anlægget kom i Gang, viste det sig, at ingtn Udskillelse af

Jærn fandt Sted til Trods for den ret intensive Udluftning af Vandet, og man maatte derfor underkaste det en kemisk Behandling. Man valgte at tilsætte kalcineret Soda, som blev tilført Lavtrykspumpernes Sugerør; derved blev den frie Kulsyre bundet og Jærnet udskilt, saaledes at det kunde tilbageholdes af Filteranlægget.

Til Fjernelse af Jærnet, efter at det ved Iltning eller anden Behandling er bragt fra opløst i opslemmet Tilstand, har man Valget mellem forskellige Filterkonstruktioner. Oprindeligt brugte man almindelige Sandfiltre, men disse viste sig ikke tidssvarende, idet Sandmassen for hurtigt blev tilslammet med Jærnokker og derved foraarsagede altfor store Driftsomkostninger paa Grund af Sandets hyppige Optagelse og Rensning eller Udveksling med nyt Sand, og man gik derfor i nogle Tilfælde over til at indskyde:

Forfiltre af grove Sten foran Sandfiltrene. I disse Forfiltre bliver en meget stor Del af det opslemmede Jærn tilbageholdt, og dette letter i høj Grad Arbejdet for Sandfiltrene, saaledes at disse kan arbejde længere Tid, førend Rensning er paakrævet. Filtreringsretningen i disse Forfiltre er som oftest opad, og Rensning af Filtermassen foregaar ved en hurtig Tømning af Filteret. Filtreringshastigheden er ca. 2,3 à 3 m i Timen, og den kan i de efterfølgende Sandfiltre sættes op til 1 m i Timen eller deromkring.

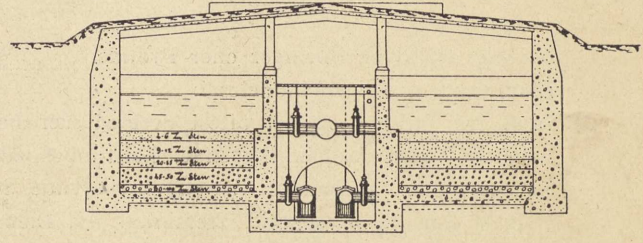


Fig. 1.

Et godt Eksempel paa Filtrering med disse Forfiltre har vi paa Københavns Vandværk ved Borups Allé (Fig. 1), hvor de nu har arbejdet i ca. 14 Aar med udmærkede Resultater, idet de fjerner 70 pCt. af det opslemmede Jærn.

Fra forskellige Forfilteranlæg, jeg har set, har jeg Indtrykket af, at der er en Tilbøjelighed til at indskrænke Forfiltrenes Dimensioner for meget og at anvende noget for fint Materiale i disse Filtre, samt at Stenene, naar de har været brugte i længere Tid, overtrækkes med en Slags Slimhinde, som er meget vanskelig at fjerne. Selv om Filtermassen tages helt ud af Filtrene og underkastes en grundig Rensning, virker de ikke som nye Sten, idet Slimhinden vokser paa ny ret hurtigt. Jeg er bestyrket i denne min Tanke gennem Iagttagelser af en finsk Ingeniør af mit Bekendtskab, som for nogen Tid siden foretog en ret udstrakt Studierejse i Sverrig, her i Landet og i Tyskland netop for at studere saadanne Anlæg, og som under sin Rejse gjorde de samme Erfaringer.

En anden Vanskelighed, som opstaar, saa snart man kommer op paa nogenlunde store Filterenheder, er, at det er vanskelig at opnaa en saa stor Udtømningshastighed for Skyllenvandet, at der derved kan fremkomme en nogenlunde effektiv Skyllervirkning af Filterstenene, idet der, til hurtig Udtømning af de store Vandmasser, skal bruges saa store Ventiler, at disse bliver uhaandterlige og ikke kan aabnes tilstrækkelig hurtigt.

En anden Afjærningsmetode er at indskyde mellem Brusebakken og Grusfilteret en fritstaaende

Koksrister, gennem hvilken Vandet risler ned, og hvori en stor Del af Jærnet udskilles og tilbageholdes. I denne Henseende virker Konstruktionen ret effektivt, men jeg tror, at den almindelige Erfaring er, at man ikke har nogen tilfredsstillende Maade, hvorpaa man kan befri Koksmassen for den tilbageholdte Jærnökter, saaledes at den, naar den ifølge Sagens Natur hurtigt bliver tilslammet, maa fjernes og Filtermassen opbygges paa ny. De foregaaende Bemærkninger om Stenenes Renskylning gælder ogsaa for Grusfilteret i denne Konstruktion; derimod

terbeholdere eller dertil beregnede særskilte Beholdere, og Filtrene renses ved Skylning med Trykvand fra Højdeholderen. Trykmaalere, anbragte i Forbindelse med Filterets øvre og nedre Del, angiver det tiltagende Tryktab forarsaget af Urenhedernes Tilbageholdelse af Filtermassen og viser, naar Filterets Renskylning skal foretages.

Da man ved denne Filterkonstruktion har sin Filtermasse under anderledes god Kontrol, kan man uden Risiko for Filtermassens Tilslamning tillade sig en ca. dobbelt saa stor Filtreringshastighed som i de aabne Forfilteranlæg, vel at mærke, naar Filterets Renseanordninger indrettes paa en rationel Maade.

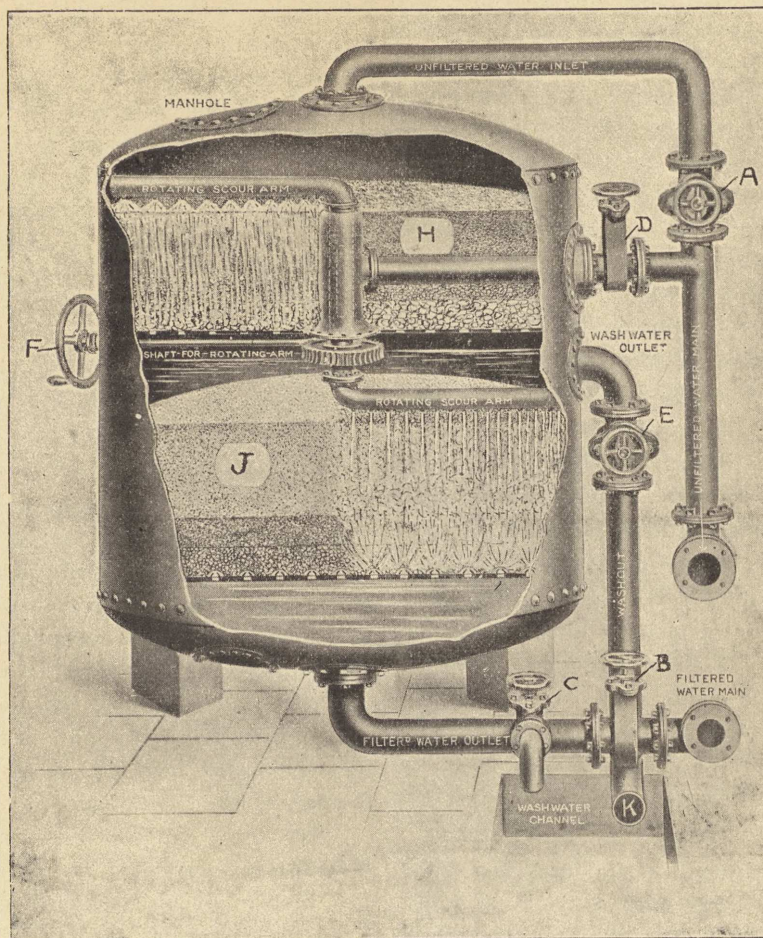


Fig. 2.

har Koksristeren sin Berettigelse, naar det gælder Reduktionen af fri Kulsyre.

I de fleste Tilfælde er Grundvandets artesiske Tryk ikke tilstrækkeligt til Fremskaffelse af den Faldhøjde, som Vandets Udluftning kræver, og det bliver derfor nødvendigt, hvor der anvendes aabne Filtre, først at pumpe Vandet op til Udluftning og Filtrering, hvorefter det igen efter tilendebragt Rensning pumpes under Tryk til Forbrugerne. For at undgaa denne dobbelte Pumpning har man ved forholdsvis mindre Anlæg tyet til at anbringe sine Sandfiltre oven over Højdeholderen for det rensede Vand; men her opstaar igen de samme Vanskeligheder ved Filtermassens Renskylning, og naar Massen skal udveksles, er dette et ret besværligt Arbejde.

Ved Brug af hurtigtvirkende Trykfiltre opnaar man den Fordel, at man kun behøver at pumpe Vandet een Gang, saaledes at det trykkes fra Boringen eller Brønden direkte gennem Afjærnings-Filteranlægget til Rentvands-Højdeholderen eller Konsumenterne. Vandets Udluftning foregaaer under Tryk foroven i de lukkede Fil-

Det er ca. 30 Aar siden, at man omtrent samtidig i Amerika og England for Alvor begyndte at sysle med hurtigtvirkende Filtre. I Amerika var det det bekendte Firma The Jewell Filtration Company — som særlig eksploiterede den aabne, mekaniske Filtertype —, der blev banebrydende, medens i England den bekendte Ingeniør og Vandrensningseksperter Mr. Candy var Foregangsmanden og fuldkommengjorde de Filtertyper, der bærer hans Navn. I de senere Aar er der baade i Amerika, England, Tyskland, Danmark og andre Lande fremkommet Trykfilterkonstruktioner, som i større eller mindre Grad er baserede paa de samme Principper.

Det vil fremgaa af det foran anførte, at det vigtigste Problem ved den hurtige Filtrering af Vand — naturligvis næst efter Vandets tilfredsstillende Rensning — er at sørge for Filtermassens Rensning paa en driftssikker og økonomisk Maade, og jeg vil derfor nærmere beskrive den saakaldte »Compound Scour« Filtertype (se hosstaaende Illustration Fig. 2), hvor Anordningerne for Filterets Rensning vistnok maa siges at være blandt de mest fuldendte.

De vil lægge Mærke til, at vi stadig har et Forfilter af groft Materiale, der tilbageholder en stor Del af de opslemmede Stoffer, og som er anbragt i Filterbeholderens øverste Afdeling, efterfulgt af det fine Sandfilter, som skal besørge Vandets endelige Rensning. Det ligger i Sagens Natur, at Hovedparten af de tilbageholdte Urenheder samles paa eller i Nærheden af Filtermassens Overflade, og det er derfor urationelt at forsøge at renskylle Filtermassens øverste Lag med Skyllvand, der først skal passere op gennem de underliggende, forholdsvis rene Lag, fordi dette derved mister en meget stor Del af sin Skyllkraft.

I »Compound Scour« Typen leder man derfor — foruden at man bruger den sædvanlige opadgaaende Skyllning med filtreret Vand, der hovedsagelig skal tjene til at »løfte« det fine Sandlag — Trykvand ind til roterende Rørarme, drevne af en Tandhjulsudveksling. Disse Rørarme er paa Undersiden forsynede med Straalebøsninger, hvorigennem stærke Vandstraaler skyller ned i Filtermassen i begge Filterafdelinger, saaledes at Massen bliver meget grundigt skuret og skyllet. De roterende Arme bevæger sig frit oven over Filtermassen, saaledes at Kraftforbruget hertil er minimalt, og Trykvandet koncentrerer sig successivt paa hver enkelt Del af Filterarealet, eftersom Rørarmene bevæger sig langsomt rundt. Skyllvandet udnyttes herved paa den mest rationelle og virkningsfulde Maa- de ved, at Vandstraalerne dirigeres direkte paa Filteroverfladen, altsaa dér, hvor de tilbageholdte Urenheder hovedsagelig samles. Herved reduceres Skyllvandsforbruget og dermed Driftsomkostningerne til et Minimum.

I de første af Gentofte Kommunes Vandværk ved Ermelunden i 1909 anskaffede 3 Trykfiltre foregik Rensningen ved en simpel Skyllning op gennem Filtermassen, medens de senere anskaffede 5 Filtre har været af »Compound Scour« Typen. De gamle Filtre skylles ud efter 30 Timers Drift, altsaa ca. 2 Gange om Ugen, medens Renskyllningen af de nye Filtre foretages efter ca. hver 100 Timers Drift, og dog er Forbruget af Vand til hver Udskyllning betydeligt mindre end ved de ældre Typer.

Vandforbruget til Skyllningen er fra forskellige engelske, kommunale Trykfilteranlæg opgivet fra  $\frac{1}{2}$  til 1 pCt. af den filtrerede Vandmængde.

Andre Konstruktioner, f. Eks. Jewell's og Bell's, bruger Damp eller komprimeret Luft i Forbindelse med lodrette Stænger — befæstede paa roterende Arme —, som løsriver Filtermassen og derved letter Snavsets Fjernelse under Skyllningen. Men dels skal der et betydeligt Kraftforbrug til Omdrejning af disse Omrørere, og dels har forskellige amerikanske Ingeniører, deriblandt *Ellis, Fuertes, Weston, Hoover, Sperry, Lovejoy, Burgess og Siddons*, udtalt, at disse Midler er unødvendige.

En af de første Indvendinger, de fleste gør, naar der er Tale om Trykfiltre til Afjærning, er, at det ikke synes, at der kan være tilstrækkelig Luft i Toppen af Filteret til Vandets Udluftning; men der behøves faktisk en meget ringe Mængde Ilt til Jærnets Oxydering.

Otto Dreyer opgiver, at der kun kræves  $0,1 \text{ cm}^3$  Ilt til Oxydering af 1 mg pr. Liter Jærn, altsaa ca.  $0,5 \text{ cm}^3$  atmosfærisk Luft eller, naar Trykfilteret arbejder med f. Eks. 5 Atmosfærers Tryk, kun  $0,1 \text{ cm}^3$  Rumfang. At den Iltning, der opnaas i Trykfiltre, i alt Fald er tilstrækkelig, bevises af følgende Resultater, opnaaede ved forskellige Anlæg her i Skandinavien.

Tabel I.

	Jærnindhold i det ufiltr. Vand mg/l.	Jærnindhold i det filtr. Vand mg/l.	Procentvis Jærnreduktion
Tuborgs Fabrikker . . .	2,86	0,075	97,4 %
Gentofte Vandværk . . .	1,60	0,03	98,1 %
Bjuf Samhælle . . . . .	12,0	0,10	99,2 %
St Michel Vandværk . .	6,4	0,03	99,5 %

#### Rensning af Overfladevand.

Den simpleste Forurening af Overfladevand skyldes grove, opslemmede Stoffer, Blade, Træmasse fra Cellulosefabrikker, Tømmerflodning og Slam under Flodernes Vaar- og Høstflomme, hvilket gør Vandet grumset. For alt dette er det let at rense Vandet ved en almindelig mekanisk Filtrering; men skyldes Vandets Grumsethed meget fintdelte Lerpartikler, kan disses Fjernelse ved Filtrering alene blive meget vanskelig, og selv de saakaldte engelske Sandfiltre med en Filtreringshastighed af kun 10 cm i Timen er ikke i Stand til at fremskaffe et krystalklart Filtrat. Dersom der stilles Krav om et saadant, kan det kun fremskaffes gennem en Koagulering og Sedimentering af de meget fintdelte Lerpartikler med efterfølgende Filtrering. Den samme Fremgangsmaade følges, hvor et stærkt farvet Mose- eller Flodvand skal affarves; men skal der skrives til en Koagulering med f. Eks. Aluminiumsulfat og Sedimentering, vil det yderst sjældent være økonomisk forsvarligt at anvende langsomme Sandfiltre til Vandets videre Rensning. Disse kan nemlig ikke konkurrere med de saavel i Anlægs- som Driftsomkostninger betydeligt billigere, hurtigtvirkende, mekaniske Filtre eller Trykfiltre, der, i Forbindelse med Koagulering, ifølge Dr. *Schreiber's* Undersøgelser og Forsøg ved Berlins Vandværk — forudsat den fornødne omhyggelige Kontrol — er lige saa gode som langsom Sandfiltration i bakteriologisk Henseende og ubetinget bedre, naar det gælder Affarvning og Fjernelse af fintdelt, opslemmet Ler.

Det franske *Puech-Chabal* System maatte ogsaa kunne anvendes under saadanne Forhold. Systemet bestaar af en Række »Dégrossiseurs« med Filtermasse af successivt finere Kornstørrelse, varierende fra Valnød- til smaa Ærtestørrelser, efterfulgt af et Filter med groft Sand og sluttelig af et sædvanligt, fintkornet Sandfilter. »Dégrossiseurs«-Arealet stiger i Rækkefølge omtrent med Forhold  $1 : 1\frac{1}{2} : 3 : 5$ , saaledes at Vandets Hastighed bliver ringere gennem hver efterfølgende »Dégrossiseur«, og tillader derved Aflagring af Vandets opslemmede Stoffer. Filtreringshastigheden i det fine Sandfilter er  $15 \text{ cm}$  i Timen.

Systemet er anvendt bl. a. ved Mont Valérien i Paris, Cherbourg, Bamford i England, Cawnpore og Magdeburg. »Dégrossiseur«-Rensning foregaar ved at lede Vand sammenblandet med Trykluft op gennem Filtermassen. Foruden et rent og klart Filtrat giver Systemet ogsaa gode bakteriologiske Resultater. Førend Magdeburg Anlægget blev overbygget i 1911, opstod der Vanskeligheder dér paa Grund af Frostene, og man maatte derfor ved en eventuel Anvendelse af Systemet i Skandinavien sikkert overbygge hele Anlægget, hvilket betyder en ikke ringe ekstra Udgift paa Grund af det forholdsvis store Areal, det kræver.

Bakterier. Som bekendt hører der, foruden den almindelige Kimtælling, til en bakteriologisk Analyse af

Drikkevand ogsaa en Undersøgelse angaaende *Bacterium coli communis*'s Tilstedeværelse i Prøven. Denne Undersøgelses Vigtighed beror paa, at nævnte Bakteries Tilstedeværelse i Vandet betragtes som en Indikation af men-

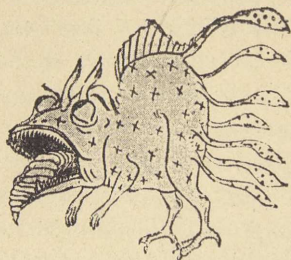


Fig. 3. Den frygtelige Mikrobe, populært fremstillet.

neskelig Forurening, og inferentielt — da den er mere levedygtig end de allerfleste Smittekim saasom *B. typhi abdominalis*, *B. tuberculosis*, *cholera vibrio*en m. m. — betragtes *B. coli*'s Fraværelse som Bevis for de patogene Organismers Tilintetgørelse ved Rensningsprocessen.

Det kan ikke indpræntes for ofte, at den procentvise Reduktion i Bakteriernes Antal kan virke misvisende. F. Eks. kan 99 pCt. Reduktion være tilfredsstillende for Overfladevand, der indeholder 1000 Bakterier. pr.  $\text{cm}^3$ , medens den samme procentvise Reduktion vilde efterlade et utilladelig stort Antal Bakterier i Filtratet, naar Raavandet indeholdt et meget større Antal Bakterier.

**Koagulering.** Vi har set, at Koagulering med Aluminiumsulfat eller lignende kan være paakrævet for Vand med vanskelig udskilleligt Jærnindhold, med fintdelte, opslemmede Lerpartikler eller stærktfarvede Humus-stoffer, og den bliver ogsaa brugt, hvor Vandet skal underkastes en bakteriologisk Rensning; men dersom Vandet ikke samtidig skal affarves eller renses for fintdelt Slam, er Brugen af Aluminiumsulfat ved en bakteriologisk Rensning af Vand altfor dyr og egentlig urationel, idet Bakteriernes Elimination kan opnaas paa en mere effektiv og økonomisk Maade ved en Sterilisering.

Aluminiumsulfat reagerer med Karbonat, Magnesia o. s. v., dannende gelatineagtige, uopløselige Aluminiumhydroxyder, som binder Vandets organiske Stoffer og Humusfarve og fælder de opslemmede Urenheder, hvorved en stor Procent af de i Vandet tilstedeværende Bakterier mekanisk trækkes ned af Sedimenteringen, hvorimod et korrekt anvendt Steriliseringsmiddel har en selectiv dræbende Virkning paa de patogene Organismer. De Bakterier, der undgaar den mekaniske Fældning, kan lige saa godt være farlige som ufarlige, medens dette ikke er Tilfældet ved Steriliseringen.

Koaguleringsmidlets Tilsætning maa stadig afpasses efter det behandlede Vands varierende Mængde og Beskaffenhed, og der maa føres stadig Kontrol med det færdigt rensede Vand, for at man kan konstatere, at dette sker paa en tilfredsstillende Maade. Koaguleringsmidlet maa tilføres og sammenblandes med Vandet med saa lidt Uro som muligt for at undgaa Luftbobler, der virker forstyrrende paa Sedimenteringen. Hvis Vandet er meget blødt, skal der tilsættes Kalk samtidigt med eller efter Aluminiumsulfatets Tilsætning, for at der kan være tilstrækkelige Karbonater til, at Fældningen kan være fuldstændig og Filtratet frit for Aluminium. Med andre Ord, der skal som oftest en Kemikers Kontrol til, for at et saadant Anlæg kan fungere efter Bestemmelsen.

Særlig i Amerika tilsættes Vandet Aluminiumsulfat, for at der kan dannes en gelatineagtig Filterhinde paa Hurtigfiltrernes Overflade, altsaa svarende til det naturligt dannede Slamdække paa langsomme Sandfiltre; men Koaguleringsmidlet udnyttes paa en langt mere fuldkommen Maade, naar Vandet underkastes en Sedimentering før Filtreringen. Naar man tilsætter Vand en Aluminiumsulfat-Opløsning, sker der ganske vist en øjeblikkelig Koagulering og Udfældning, men denne fortsætter i mindre Grad i 2—3 Timer, og vil man opnaa den fulde Agglutination og Udnyttelse af Koaguleringen, bør Vandet sedimenteres i Aflagringskamre med fra 2—6 Timers Indhold efter Vandets Beskaffenhed. Herved aflaster man samtidig i høj Grad sine Filtre og reducerer Anlæggets Driftsomkostninger — og her gælder det netop at bruge en fuldendt Filterkonstruktion særlig med Hensyn til Rensningsanordninger, da det Skyll vand, der bruges til Filterets Rensning, har kostet mere at fremskaffe end sædvanligt paa Grund af de til Vandets Rensning brugte Kemikalier.

Det er muligt ved en saadan Koagulering med efterfølgende Filtration i hurtigtvirkende Filtre at opnaa en procentvis Reduktion i Bakteriernes Antal af 95—99 pCt. Dr. *Schreiber*'s før omtalte Forsøg ved Berlins Vandværk resulterede i en Reduktion af 93,5—99,6 pCt., og Resultater fra 18 store Byer i U. S. A. giver en Gennemsnitsreduktion af 98,57 pCt. At en stor Del af Reduktionen i Bakteriernes Antal skyldes Sedimenteringen, altsaa ikke Filtrene, belyses af nedenstaaende Tabel, der er uddraget af Aarsberetningerne for Helsingfors Stads Vandforsyning, hvor det stærkt farvede Vanda Aa Vand underkastes en Koagulering med Aluminiumsulfat samt Aflagring og Filtrering gennem hurtigtvirkende, mekaniske Jewell Filtre. Helsingfors var indtil for faa Aar siden den eneste By i Skandinavien, der benyttede denne Fremgangsmaade til Rensning af sit Vand, og disse Aarsberetninger giver et udmærket Bevis for de konstant ensartede Resultater, der kan opnaas med et saadant Anlæg under dygtig Kontrol.

Tabel II.

Procentvis Gennemsnitsreduktion i Bakteriekolonier, opnaet ved Helsingfors Stads Vandværk		
Aar	af Koagulering og Sedimentering	af Koagulering, Sedimentering og Filtrering
1910	93,51 %	98,55 %
1911	94,56 »	98,63 »
1912	97,13 »	99,63 »
1913	97,11 »	99,40 »
1914	96,03 »	99,20 »
1915 (Jan. til Okt.)	94,05 »	98,71 »

Krigsforholdene bevirkede, at Vandværket ikke kunde faa Aluminiumsulfat i tilstrækkelig Mængde til, at den sædvanlige Koagulering og Fældning af Vandet kunde finde Sted i Slutningen af 1915, og da sank Reduktionen i Bakteriernes Antal til 28 pCt. I den første Halvdel af 1916 var Bakteriereduktionen større end nogen Sinde før, men dette opnaaedes — samtidig med en betydelig Besparelse i Driften — ved en Sterilisering med Klorkalk foruden den sædvanlige Koagulering. Dette skal jeg komme tilbage til senere.

Førend jeg gaar over til Sterilisering, vil jeg lige nævne

Nedrislings-Sandfiltre, som har fundet en Del Anvendelse i Frankrig. I Princip ligner de i høj Grad de almindeligt kendte biologiske Nedrislingsfiltre for Kloakvand med Sprinkler-Fordelingsapparater. Filtrene bygges ligesom disse fritstaaende med en Højde af 1,3 m, og Vandet fordeles i fine Straaler paa Filteroverfladen af Sprinklerapparater og perkolerer ned mellem de fine Sandkorn med en Hastighed af 15 cm i Timen. Filtre af denne Konstruktion anvendes ved Bedford Vandværk i England. De skal af Hensyn til Frostens naturligvis overbygges. Mig bekendt er Metoden ikke anvendt i Praksis i Skandinavien, men Hr. Professor Schmidt-Nielsen ved Norges tekniske Højskole i Trondhjem var saa venlig ved mit Besøg i Trondhjem for nylig at vise mig et Forsøgsfilter af denne Type paa den tekniske Højskoles Labora-

af Urenhederne, og Steriliseringen bliver ufuldkommen. Der paakræves derfor næsten altid en forudgaaende Rensning, og de dermed forbundne Anlægs- og Driftsomkostninger maa tages i Betragtning ved Sammenligning af Metoden med andre Steriliseringsmetoder.

Lysstraalerne udvikles i Kviksølvdamp i Kvartslamper. Glas kan ikke bruges, da det absorberer de violette Straaler. For at blive paavirket af Lysstraalerne maatte Vandet flyde omkring Lampen, men kom det i direkte Kontakt med den, foraarsagede for det første Varmetabet et stærkt forøget Strømforbrug, og for det andet hindrede Afsætninger paa Lampen Straalernes Virkning. Nu anbringes Lamperne ikke i direkte Berøring med Vandet, med den Følge, at der skal et større Strømforbrug til for at opnaa den tilstrækkelige Straalestyrke. Metoden er anvendt ved forskellige Anlæg i Frankrig, men indtil Vanskelighederne er overvundne, kan den

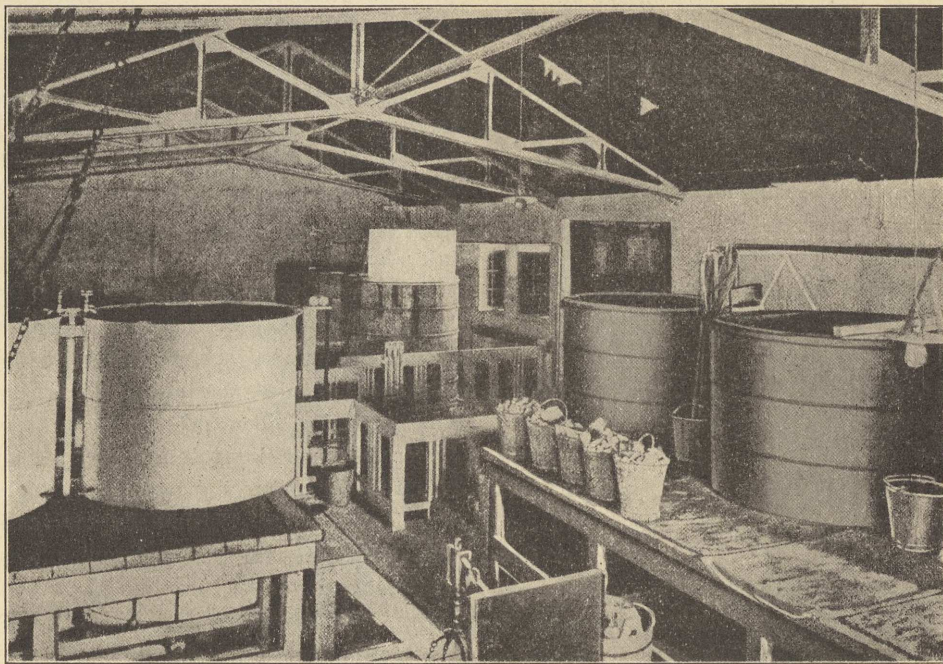


Fig. 4. Tilsætningsapparater for Kemikalier. Helsingfors Vandværk.

torium. Vandets Fordeling paa Filteret foregik automatisk ved selvrotierende Rørarme efter samme Princip som de roterende Sprinklerapparater ved Kloakvands-Filteranlæg.

#### Sterilisation.

Steriliseringsmetoderne kan deles i 4 Kategorier:

- 1) Ultraviolette Straaler,
- 2) Kalk-Metoden, den saakaldte »Excess Lime«-Behandling,
- 3) Ozon,
- 4) Klor.

Den første, der studerede de ultraviolette Straalers biologiske Virkning, var Finsen, der som bekendt udnyttede Straalernes bakteriedræbende Virkning i den bekendte Lysbehandling af Lupus og beslægtede Sygdomme. Da Straalernes Virkning var konstateret, forsøgte forskellige Videnskabsmænd, hovedsageligt franske, at overføre Straalernes Virkning til Sterilisering af Vand, og det konstateredes hurtigt, at Vandet maa være fuldstændig frit for opslemmede Stoffer og farveløst, da de bakteriedræbende violette Straaler ellers absorberes

næppe konkurrere i Praksis med andre Steriliseringsprocesser.

Kalk metodens Anvendelse i Praksis skyldes Dr. A. C. Houston, Chefkemiker for Londons Metropolitan Water Board. Steriliseringen opnaas ved at tilføre Vandet et Overskud af Kalk. Ca. 20 mg Kalciumilte pr. Liter er tilstrækkeligt, naar der er en passende Kontaktperiode, afhængig af Vandets Forurening, temporære Haardhed og Indhold af fri Kulsyre. Efter Kontaktperioden, der kan variere mellem 5 og 24 Timer, maa Kalkoverskuddet neutraliseres med Aluminiumsulfat, Kulsyre eller ved Blanding af det kalkbehandlede Vand med Vand, der er rensat paa anden Maade. Metoden har fundet Anvendelse i Aberdeen og nogle større amerikanske Byer, og fra den 26. Januar til den 14. Februar 1916 ved Helsingfors Stads Vandværk (Se Fig. 4).

Som tidligere nævnt, var Fremskaffelsen af de nødvendige Mængder af Aluminiumsulfat forbundet med store Vanskeligheder, og de forhaandenværende Mængder tillod kun en Behandling af ca. 43 pCt. af Byens Vandforsyning med dette Middel, og da den bestilte Klor-kalk for den tiltænkte Klor-Sterilisering af Vandet ikke

ankom, maatte man ty til at behandle de resterende 57 pCt. efter »Excess Lime«-Metoden. Kalkoverskuddet var 20 mg pr. Liter, Kontaktperioden 8 Timer, og de 43 pCt. med Aluminiumsulfat koaguleret Vand brugtes til Neutralisering af de 57 pCt. med Kalk behandlet Vand.

Ved Aluminiumsulfat-Behandling opnaaedes under denne Periode en gennemsnitlig Reduktion i Bakteriekoloniernes Antal af 95,6 pCt., medens Reduktionen ved Kalkmetoden kun var 91,8 pCt., og B. coli Resultaterne stillede sig endnu mindre gunstige i Sammenligning med Koaguleringen. Vandets Behandling med Kalk resulterede endvidere i Udviklingen af en uskyldig Bakteriefloora — af ganske ny og for finske Forhold ukendt Art — i Filtrene og Ledningerne; først efter en

Amortisation opgives at være: ved Hermannstadt Kr. 21,50 pr. 1000 Kubikmeter Vand steriliseret, ved Chemnitz Kr. 27,00 og ved Petrograd Kr. 16,00 ekskl. Amortisation<sup>1)</sup>.

Ved Petrograd-Anlægget er allerede siden 1910 Neva-vandet underkastet en Koagulering med Aluminiumsulfat, Sedimentering og Hurtigfiltrering før Ozoniseringen; men dette Anlæg har kun en Ydeevne af 50 000 Kubikmeter om Dagen og forsyner kun en Del af Petrograd, nemlig Peterburgskaja Centraløer og Distriktet vest for den finske Banegaard. Distriktet paa den anden Side Nevaen — øst for den finske Banegaard — forsynedes dengang fra et andet Anlæg uden nogen Rensning, medens Nevavandet ved Byens Hovedvandværk ved Spalernaja filtreredes

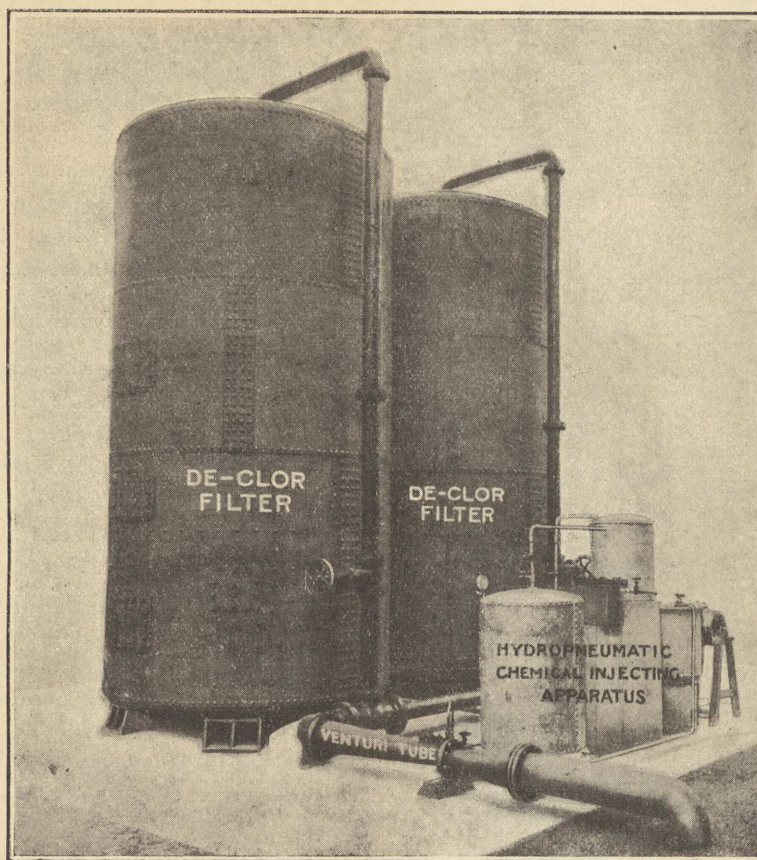


Fig. 5.

Behandling med varm Soda-Opløsning, derefter med Aluminiumsulfat-Opløsning og rigelig Renskylning bragtes Filtrene tilbage til normal Tilstand.

Dr. Houston siger, at Kalkmetoden er kun økonomisk med blødt Vand; med haardt Vand fordres der en saa stor Tilsætning af Kalk, at Driftsudgifterne bliver urimeligt høje.

Ozon. (O<sub>3</sub>) steriliserer ved Afgivelse af dets 3dje Atom Ilt til Oxydering af iltelige Stoffer. Ozon fremstilles ved elektriske Udladninger i forud tørret atmosfærisk Luft; men Luften maa absolut være tør, og selv da er Nyttetvirkningen af den forbrugte elektriske Energi, udtrykt som Ozon, ikke ret høj. Der maa i Blandingstaar-net sørges for en intim Blanding af den ozoniserede Luft med det under Behandling værende Vand. Ozonet finder en forholdsvis stor Anvendelse paa det europæiske Fastland, derimod ikke saa stor i de engelsktalende Lande. Det største Anlæg er ved St. Maur ved Paris.

Driftsomkostningerne for Ozonsterilisering inkl.

gennem engelske Sandfiltre, dog med en Hastighed af 25 cm i Timen. Resultatet af denne store Filtreringshastighed udeblev heller ikke, og de bakteriologiske Resultater var langtfra tilfredsstillende. Der blev udarbejdet Projekt for Vandets Sterilisering med Klorkalk ved dette Anlæg og anslaaet en Udgift af ca. 2 Millioner Rubler til Anlæggets Ombygning, medens Udgifterne til et Ozonanlæg ansloges til ca. 10 Millioner Rubler.

I sit Foredrag i The Association of Water Engineers i London i December 1912 nævnte Dr. Adolph Kemna, at der i Juni 1912 adskillige Gange var blevet paavist B. coli i Petrograds ozonbehandlede Vand. Dette er maaske Forklaring paa, at den endelige Bestemmelse, som skulde været truffet i August 1912, blev udskudt, og at man bestemte sig for Sir W. Lindley's store Projekt, der gik ud paa at hente 443 000 Kubikmeter Vand om Dagen fra Ladoga-Søen, og som var anslaaet til en Udgift af vistnok (jeg gengiver Tallet med Forbehold) 40 Millioner Rubler. Ud-

<sup>1)</sup> »Ingeniøren«, 5. August 1911.

førelsen af et saa stort Projekt tager lang Tid. I Oktober 1915 havde man udført et Forsøgsfilteranlæg for Ladoga Vandet med Forfiltre, hvori Filtreringshastigheden var 3 m i Timen, i Forbindelse med aabne Sandfiltre; og i Mellemtiden, allerede i 1913, indførtes Klorkalkbehandling af Vandet ved Spalernaja Værket i Forbindelse med Aluminiumsulfat-Udfældning, medens Sandfiltrene her omdannedes til hurtigtvirkende Filtre. Dette førte til, at der opnaedes udmærkede bakteriologiske Resultater, og det er betegnende, at Tyfusdødeligheden faldt betydeligt i Petrograd i 1914.

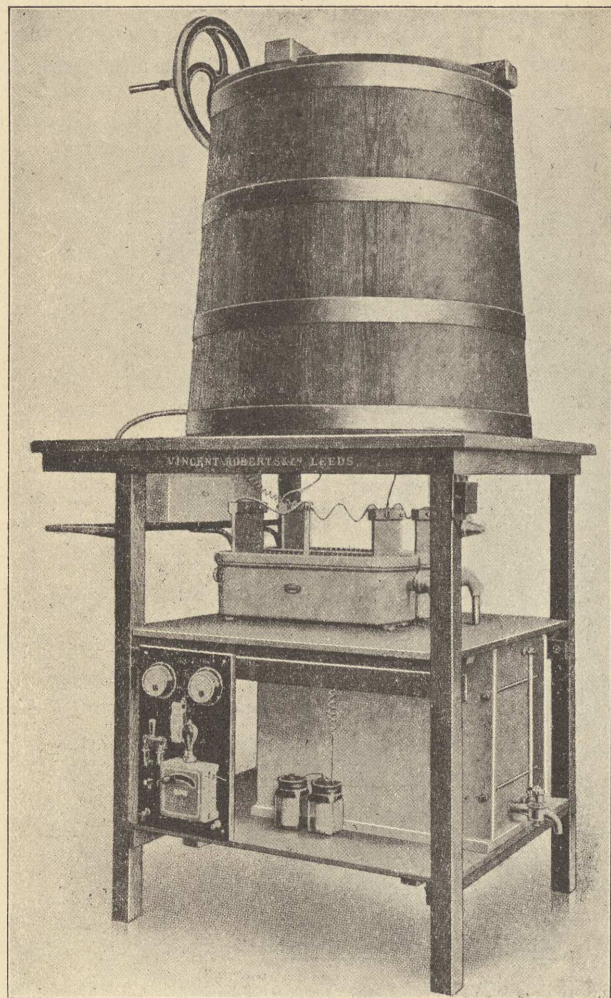


Fig. 6. Robert's »Leeds Elektrolyser«.

Frit Klor steriliserer paa samme Maade som Ozon ved Afgivelse af fri Ht (in statu nascendi), der virker stærkt bakteriedræbende.<sup>1)</sup> Jo færre organiske Stoffer der er til Stede i Vandet, des mindre frit Klor kræves der til dets Sterilisering, og man opnaar derfor den mest økonomiske Drift ved at have Vandet saa rent som muligt før Steriliseringen. Det frie Klor tilføres Vandet:

- a) som Kalciumhypoklorit ved en Klorkalkopløsning,
- b) som Natriumhypoklorit, i Regelen frembragt ad elektrisk Vej, eller
- c) i Form af Klorgas.

Det frie Klor har en særlig dræbende Virkning paa patogene Organismer og tilsættes Vandet i saa ubetydelige Kvantiteter, at der ikke sker nogen væsentlig Forandring i Vandets kemiske Beskaffenhed, saaledes at det

<sup>1)</sup> Denne er den hidtil accepterede Teori. Undersøgelser i den allersidste Tid giver imidlertid Anledning til at tro, at Klorets kimdræbende Virkning skyldes definitive toksiske Egenskaber.

ikke paa nogen Maade virker sundhedsforstyrrende og ikke skader Pumper, Ledninger, Kedler o. l.

Klorkalk er blevet anvendt i betydelig større Udstrækning end Natriumhypoklorit eller Klorgas. Opløsningen tilføres — nøjagtigt afmaalt — Vandet (i Regelen ca. 1 mg pr. Liter) ved specielle Blandings- og Tilsætningsapparater, i en Mængde proportional med den varierende Vandmængde, og man sørger for en Steriliseringsperiode, hvorunder Opløsningen udøver sin kimdræbende Virkning.

Klorkalk-Tilsætningsapparaterne er forskellige, eftersom Opløsningen skal tilsættes Vandet ved Gravitation eller under Tryk. I førstnævnte Tilfælde føres den tilberedte Klorkalkopløsning til en Beholder, som staar i Forbindelse med en Reguleringsbeholder med Svømmeventil, ved Hjælp af hvilken man opnaar en konstant Trykhøjde paa Tilsætningsregulatoren, som kan indstilles til at afgive en forud bestemt Mængde Kloropløsning. Skal Opløsningen tilsættes under Tryk, ledes det til Sterilisering udsete Vand gennem et Venturi-Rør, og Trykvariationerne fra dette Rør, der jo svinger med Vandmængden, overføres til Kloropløsningsbeholderen, hvorved en større eller mindre Mængde Opløsning tilføres Vandet nøjagtigt i Forhold til Vandmængden. (Se Fig. 5.)

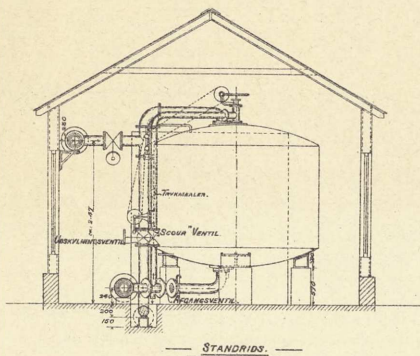
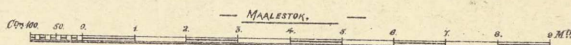
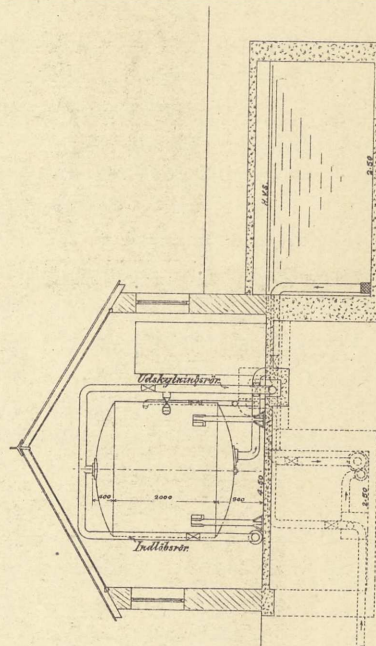
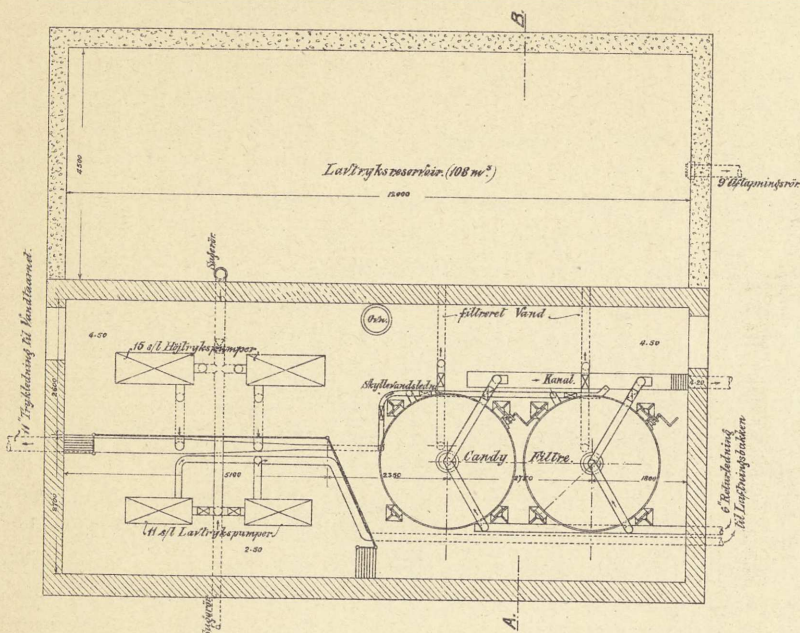
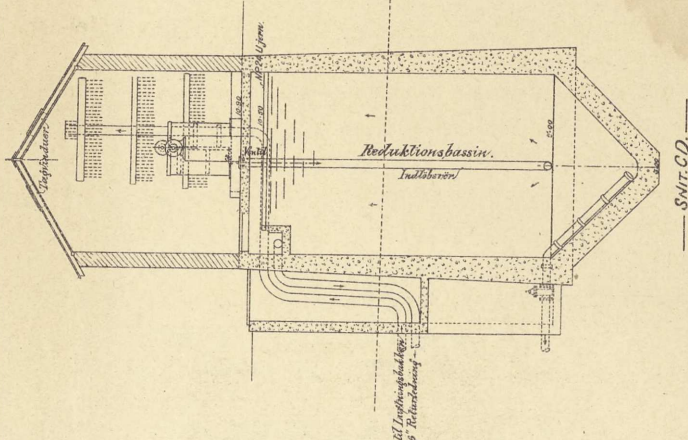
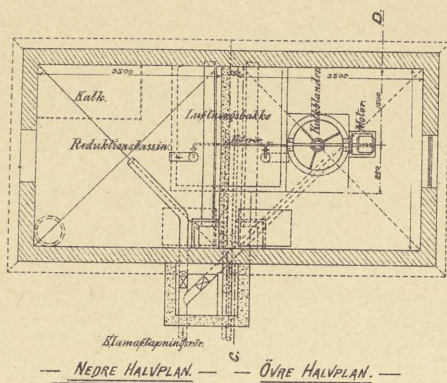
Natriumhypoklorit fremstilles i Regelen paa Stedet af Kogsalt ad elektrolytisk Vej. Et ganske enkelt Apparat hertil er Robert's »Leeds Elektrolyser« (Fig. 6), der bestaar af et Porcelænskar med Elektroder, som Saltlagen løber igennem og forlader som Natriumhypoklorit, der samles i Balloner færdig til Brug. Det er en Fordel, at Steriliseringsmidlet produceres, efterhaanden som der er Brug for det; men Erfaringen har vist, at Natriumhypoklorit er noget mere aggressiv over for Rør og Apparater end Klorkalk. G. A. Johnson anfører, at elektrolytisk Natriumhypoklorit bør stille sig billigere end Klorkalk, saa snart KW.-Prisen ikke overstiger  $5\frac{1}{2}$  Øre, og man har Kogsalt til en Pris af 8 Øre pr. kg; men jeg ved ikke, til hvilken Pris han har sin Klorkalk.

Klorgas fremstilles af rensat Klor, tørret og komprimeret i Staafflasker, der i Regelen rummer ca. 45 kg. Der har vist sig temmelig store Vanskeligheder ved Fremskaffelsen af et Apparat, der er i Stand til at regulere Klorgassens Tilførsel til Vandet paa en tilfredsstillende Maade. For Anlæg af Mellemstørrelse, der almindeligvis vil forekomme under skandinaviske Forhold, hvor Kontrollen ikke udføres af en Kemiker eller særlig faglært, synes der at være noget mere haandgribeligt og letfatteligt for Tilsynet i Tilsætning af en Klorkalkopløsning end af Klorgas, og denne sidste er dyrere at fremskaffe end Klorkalk, medmindre man har meget billig elektrisk Kraft til Disposition.

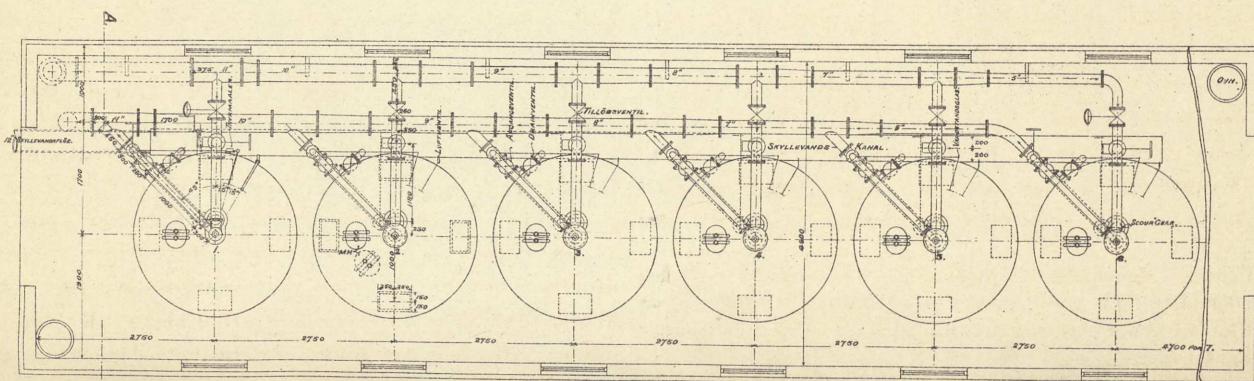
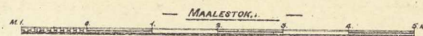
Det har vist sig i Praksis, at der i den daglige Drift skal tilsættes Vandet et Overskud af frit Klor, for at man kan være paa den sikre Side med Hensyn til Smittekimenes Udryddelse, og enten Klore tilsættes i Form af Klorgas, Natriumhypoklorit eller Klorkalk, bør en Afkloring finde Sted, hvis man vil udelukke al Risiko for Afsmag eller Lugt ved det behandlede Vand.

Afkloring kan foretages paa 2 Maader, enten ved at neutralisere et eventuelt Overskud af frit Klor ved at tilsætte Natriumsulfit eller Natriumtiosulfat eller ved at filtrere Vandet gennem en Filtreringsmasse, der har den samme Afkloringsvirkning. Sidstnævnte Maade er mere

— PROJETERET VANDRENSINGS ANLÆG —  
 FOR  
 — WASA VANDVERK. —



— CANDY PATENT TRYKFILTER ANLÆG —  
 FOR  
 — TAMMERFORS. —







enkel i den daglige Drift, idet man undgaar at gøre Anlæggets Pasning mere kompliceret ved Tilsætning af flere Kemikalier, og Vandets Afkloring opnaas automatisk ved dets Filtrering gennem Massen, samtidig med at Udgifterne til Natriumsulfit eller andet Neutraliseringsmiddel spares i Driften.

Et saadant Filtreringsmedium har man i *Candy's* i dette Øjemed specielt tilberedte Trækulsmateriale, der fjerner et eventuelt Overskud af frit Klor ved Vandets simple Filtrering. Materialet beholder sin Afkloringsevne uindskrænket  $1\frac{1}{2}$ —2 Aar og kan atter anvendes efter en ny Forkulning. Dr. *Klas Sondén*, Stockholm, har med negativt Resultat undersøgt Trækulsmaterialet med Hensyn til sundhedsskadelige Egenskaber.

Vandet fra Afklaringsfilteret skal med passende Mellemrum undersøges for frit Klor ved, at der hældes et Par Draaber Jodkalium-Stivelseopløsning i Vandprøven. Man faar en blaa Reaktion, saa snart der er frit Klor i Vandet. Denne Undersøgelse er meget sensitiv og tilkendegiver øjeblikkelig Tilstedeværelsen af mindre Mængder Klor, end man kan smage.

Et »De-Chlor« Trykfilteranlæg har været i Arbejde siden April 1910 ved Reading kommunale Vandværk i England til Sterilisering af Vand fra Kenneth, en Biflod til Themsen. De bakteriologiske Analyser viser en Gennemsnitsreduktion i Bakteriekolonier af 99,8 pCt. paa det raa Flodvand, og *B. coli* er ikke paavist i 100 cm<sup>3</sup> i de forløbne  $7\frac{1}{2}$  Aar. Vandet er uden Afsmag eller Lugt af Klor. Steriliseringsomkostningerne for Klor er 44 Øre pr. 1000 Kubikmeter, og de samlede Driftsomkostninger inkl. Anlæggets Amortisation beløber sig til Kr. 2,80 pr. 1000 Kubikmeter Vand. Siden 1911 er Processen indført ved over 50 Vandværker, i England og Kolonierne.

Hr. Magister *G. K. Bergman*, Kemiker ved Helsingfors Stads Vandværk, har i sit Foredrag ved »Finska kemist-samfundets« Møde i Februar 1916 indgaaende behandlet Sterilisering med Klorkalk. Afhandlingen kan særlig anbefales dem, der er interesserede i Vandsteriliserings-Spørgsmaalet. Han anfører, at 2 tyske Fagmænd paa dette Omraade, *Imhoff* og *Saville*, opgiver Anlægs-, resp. Driftsomkostninger for forskellige Vandrensningmetoder som følger:

Tabel III.

	Anlægsomkostninger pr. 1 m <sup>3</sup> Vand pr. Dag	Driftsomkostninger (Materiale, Arbejde og Opsyn) pr. 1000m <sup>3</sup>
For langsom Sandfiltration	Kr. 19.00	Kr. 9.90
» Hurtigfiltration . . . . .	» 13.50	» 9.90
» Ozon-Anlæg . . . . .	» 2.70	» 13.50
» Klorkalk-Sterilisering . . . . .	» 0.12	» 0.45

og at *Jennings* (Amerika) opgiver Driftsomkostningerne for Kemikalier, Løn, Kraftforbrug og Pasning ved Klorkalkbehandling til fra 25—85 Øre pr. 1000 Kubikmeter Vand.

*Bergman* konstaterer Klorkalk-Steriliseringens store Udbredelse, særlig i Amerika og Kanada (allerede i 1912 var der 350 Anlæg i Amerika), og anfører bakteriologiske Resultater fra nogle amerikanske Anlæg, deriblandt:

Poughkeepsie, 99,80 pCt. Reduktion med Koagulering, Klorering og Filtration,

Omaha: 99,85 pCt. Reduktion med Klorering og Af-lagring.

Han fremhæver endvidere, at det mange Steder, bl. a. ved Baltimore, er konstateret, at der kræves mindre Aluminiumsulfat til Koagulering, naar Vandet steriliseres med Klorkalk; samtidig kræves der mindre Vand til Filtrering, og Filtrene kan arbejde længere Tid mellem hver Rensning. Dette bekræftedes ved Harrisburg (bakteriologisk Rensningseffekt for 1909: 99,68 pCt. og for 1910: 99,94 pCt.) og ved Helsingfors i 1916, hvor Vandet steriliseredes med Klorkalk fra 15. Februar til 1. Juni. Reduktionen i Bakteriekoloniernes Antal naaede ifølge Aarsberetningen for 1916 99,97 pCt. ved Koagulering og Sedimentering uden Filtrering og 99,99 pCt. med Filtrering. Følgende citeres fra Laboratoriets Aarsberetning:

»Varken till smak eller lukt eller någon annan »fysikalisk egenskap skiljer sig det klorerade vatt- »net efter dechlorering från icke klorbehandlat vat- »ten, i bakteriologiskt afseende är emellertid skill- »naden så mycket anmärkningsvärdare . . . . . »Sammenställer man alle dessa resultat, kan icke »något tvivel råda om den utmärkta sanitära effekt »vattnets sterilisation med klor medfört.

»Med beaktande av alla ovan anförda fakta »måste undertecknad ansluta sig till de talrika ut- »ländska fackmän, hvilka anse klorbehandlingen av »dricksvatten vara ett af de största framsteg, som »vattenreningstekniken någonsin gjort. Detta förfä- »rande är enligt undertecknads åsikt egnat att skänka »en ytvattenförsörjning den störst möjliga grad af »säkerhet i sanitärt afseende, särskilt i kombination »med annat reningsförfarande«.

I Vinteren 1915—16 var Tammerfors Stad, der tager sit Drikkevand fra Søen Näsijärvi, hjemsogt af en meget ondartet Tyfusepidemi, der henførtes til Drikkevandsforsyningen. Hr. *G. K. Bergman* blev tilkaldt og tilraadede Vandets Sterilisering med Klor. Fra den 2. til den 24. Marts blev der tilsat Vandet 1 mg frit Klor pr. Liter, og derefter 2 mg pr. Liter. *B. tyfi abdominalis* har ikke kunnet paavises i det klorerede Vand, og Epidemien bragtes til en hurtig Afslutning.

Dette Resultat bevirkede, at Tammerfors Vandværks-komité bestemte sig for Sterilisering og Afkloring af Byens Drikkevand ved Anvendelse af »De-Chlor«-Processen. Projektet gik ud paa at lede Näsijärvi-Vandet fra Indtagningsledningen (ved Selvtryk) gennem et Forfilteranlæg, tilføre det Klorkalkopløsning i ca.  $\frac{1}{2}$  Times Steriliseringskamre og derefter lede det gennem et Trykfilteranlæg — med Afklarings-Kulstofmateriale anbragt i Bunden af Filtrene — til den eksisterende Pumpebrønd, hvorfra Vandet af de eksisterende Højtrykspumper pumpedes ud til Forbrugerne. Klorkalkopløsningen skulde tilsættes ved Gravitation, og der skulde anvendes et Tilsætningsapparat af Type som vist i omstaaende Illustration (Fig. 7) og beskrevet Pag. 88.

Paa Grund af Krigsforholdene naaede de kemiske Tilsætningsapparater og Kulstof-Afklaringsmaterialet, som blev afsendt fra England i Oktober 1916, først til Tammerfors i Juli 1917. I Mellemtiden havde man i Nærheden af Tammerfors fundet Grundvand i tilstrækkelig Mængde og af udmærket Kvalitet, og Trykfiltrene vil nu

blive benyttede til Filtrering og Afjærning af dette Vand, (se vedhæftede Plan), medens Afklaringsapparaterne sandsynligvis bliver anvendte ved et Reserveanlæg til Sterilisering af Näsijärvi-Vandet.

Krigsforholdene medførte, at Spørgsmaalet om Besparelse i Kulforbruget til Vandets Oppumpning ved Londons Vandforsyning blev i høj Grad aktuelt i Begyndelsen af 1916. Hidtil lod man Themsvandet cirkulere gennem store Aflagrings- og Samlereservoarer, hvorved dets bakteriologiske Beskaffenhed under Opholdet i Reservoarerne forbedredes i betydelig Grad, hvad der konstateredes ved Dr.

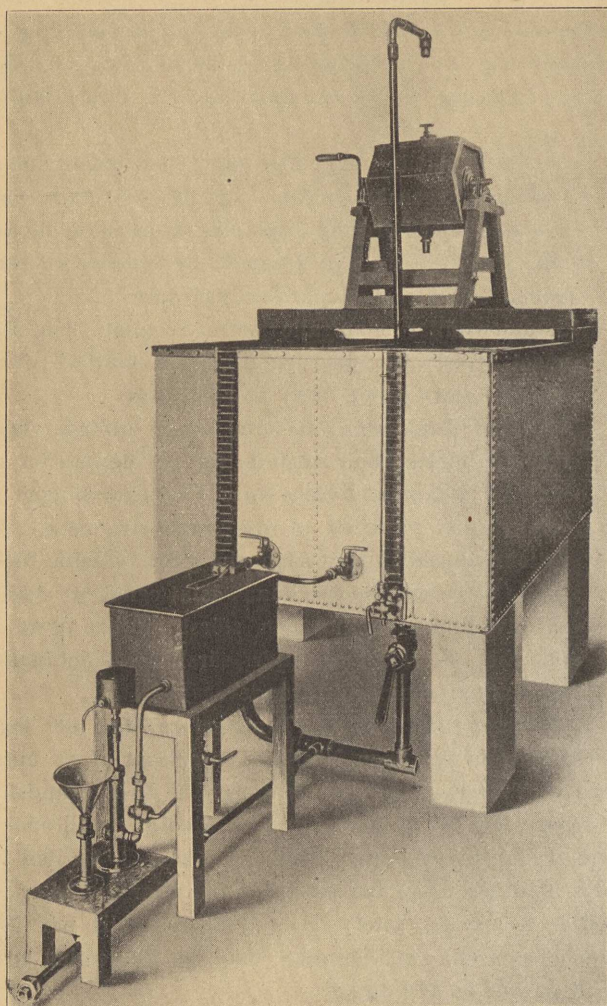


Fig. 7. Automatisk Tilsætningsapparat for Kloropløsning.

Houston's velkendte Undersøgelser. Denne Fremgangsmaade fordrede imidlertid Oppumpning af det meste af Vandet og derfor et stort Kulforbrug, og Dr. Houston tilraadede derfor den 1. Maj 1916 Sterilisering af Themsvandet ved Staines med Klorkalk. Kortelig beskrevet<sup>1)</sup> fik ca. 360 000 Kubikmeter Vand om Dagen tilsat 0,5 mg frit Klor pr. Liter ved Staines-Akvæduktens øvre Ende ved Indtaget fra Themsen. Denne store, 5 km lange, aabne Akvædukt har en enorm Fiskebestand. Tilsætningen af Klorkalk var uden Indvirkning paa denne, men Fiskenes Nærværelse bevirkede, at de bakteriologiske Resultater ikke blev saa gunstige, som det vilde have været Tilfældet med en lukket Vandledning uden Fiskebestand. Ikke desto mindre resulterede Klorkalksteriliseringen i et betydeligt renere Vand i bakteriologisk Henseende end opnaaet i de foregaaende 8 Aar ved Reservoirbehandlingen, og 99 pCt. af de undersøgte Prøver gav negative Resultater for B. coli i 10 cm<sup>3</sup>. Vandet havde aldrig nogen

<sup>1)</sup> The »Surveyor« 8/12 1916.

Afsmag, og der indløb ikke en eneste Klage fra Forbrugerne, skønt disses Tal var ca. 2 Millioner. Besparelsen i Driftsomkostningerne var med Klorkalk til Krigspriser ca. Kr. 4800,00 om Ugen, medens Sandfiltrenes Arbejdstid samtidig forøgedes med 33—56 pCt. Klorkalkbehandlingen er blevet udvidet til at omfatte hele den Del af Vandforsyningen, som kræver Sterilisering, og Besparelsen i Kulforbruget indtil Juni 1917, altsaa i Løbet af ca. 1 Aar, andrager Kr. 204 000,00.

Houston konstaterede under de foregaaende Forsøg, at Klor var meget effektivt til Forebyggelse af Algevækst i Vand, naar Behandlingen paabegyndtes paa et tidligt Tidspunkt. Endvidere, at ved korte Steriliserings-Kontaktperioder er Vandets Temperatur af forholdsvis mindre Betydning.

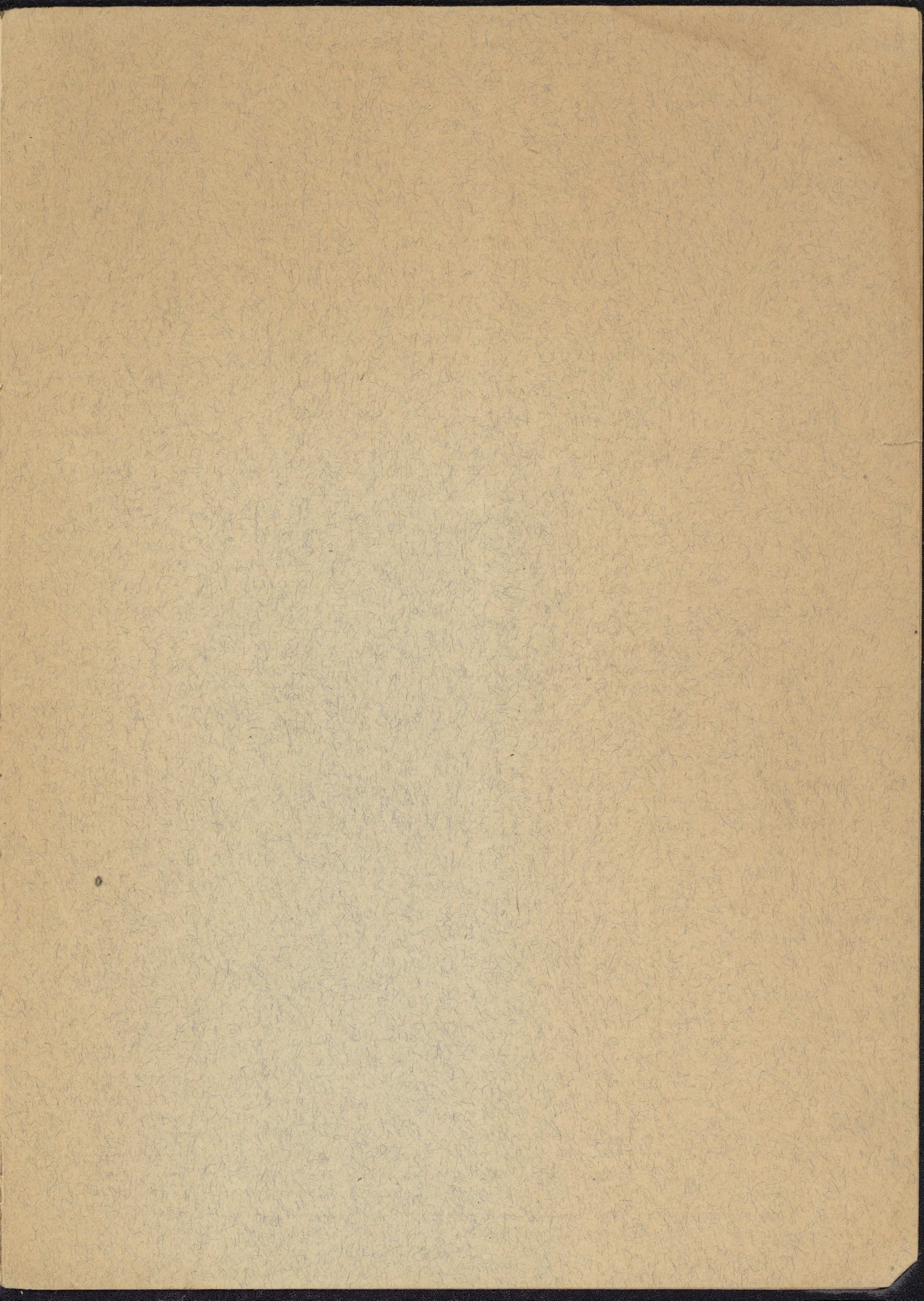
Under normale Forhold er Klorkalk et saa billigt Steriliseringsmiddel, at Tilsætning af 1 mg pr. Liter mere eller mindre ingen Rolle spiller for Driftsomkostningerne og heller ikke for Vandets Afsmag eller Lugt — vel at mærke, naar det afklores. Det bliver derfor mest økonomisk at tilsætte en tilstrækkelig Mængde frit Klor til at sikre tilfredsstillende bakteriologiske Resultater i en forholdsvis kort Steriliserings-Periode, hvorved der spares i Anlægsomkostningerne.

Der tilbød sig en Lejlighed for Dr. Houston til omtrent samtidig med Staines-Forsøgene at udføre Kontrolundersøgelser ved et Klorgas-Steriliseringsanlæg. Steriliseringen foregik i en lukket Beholder med 12 Minutters Kontaktperiode, og der tilsattes Vandet under Forsøgene resp. 0,5, 1, 2 og 3 mg frit Klor pr. Liter. B. coli-Undersøgelse af Vandprøverne foretoges dels straks efter Kontaktperioden, dels 5 Timer senere. Det paastaas, at Klorgas-Steriliseringens bakteriedræbende Virkning praktisk talt er instant. Houston fandt, at dette ikke var Tilfældet, idet 11 af 12 Undersøgelser straks efter Kontaktperioden gav positive B.coli-Resultater; derimod gav kun 1 af 12 Undersøgelser positivt B. coli-Resultat efter 5 Timer.

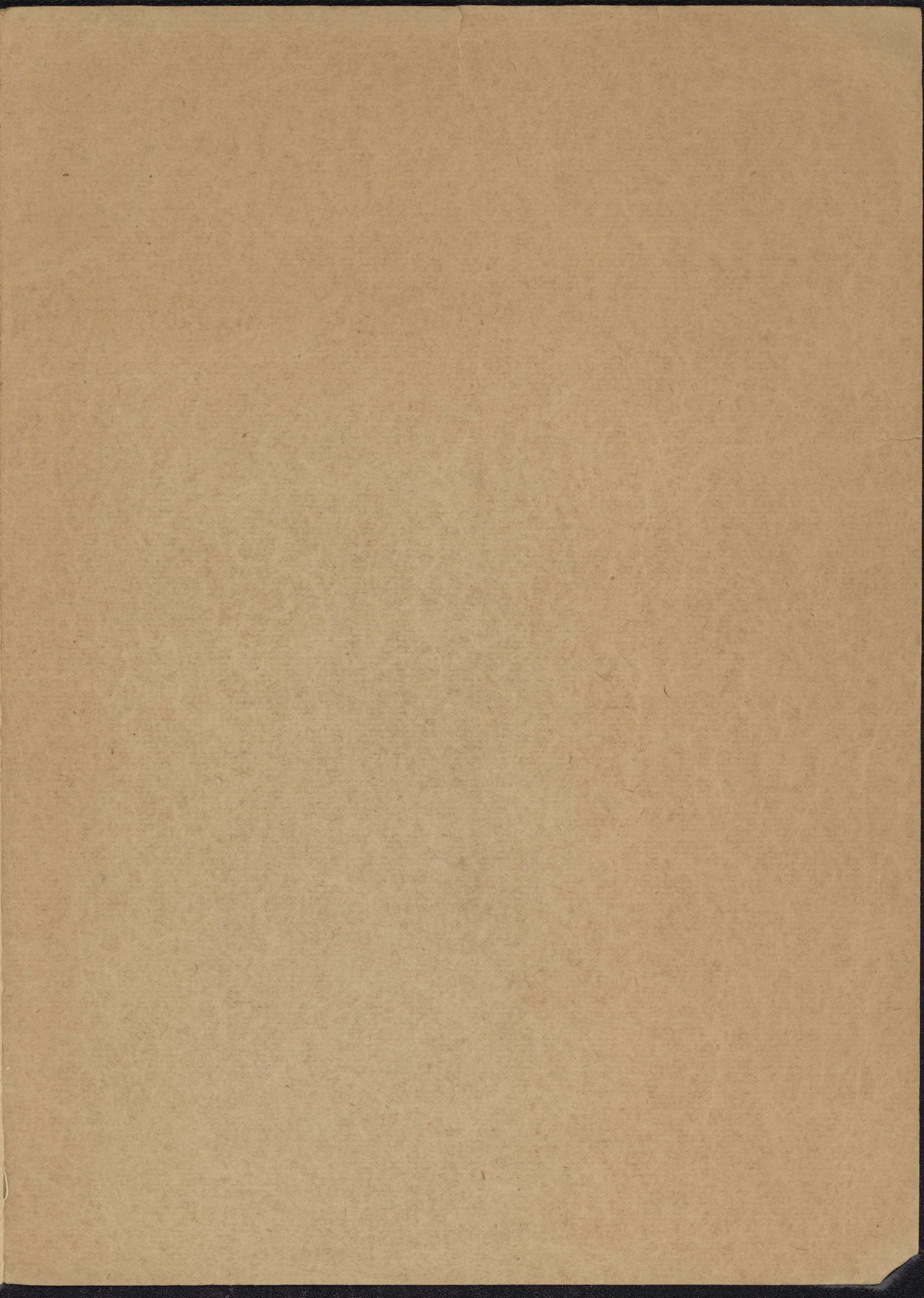
I sit Foredrag for »The Royal Sanitary Institute« ved Shrewsbury i Juni 1915 om hurtigtvirkende Filtre fremhævede Dr. Orr, M. D., D. Sc., Stadslæge for Shrewsbury, i sin Sammenligning af Trykfiltre med Sandfiltre, at førstnævnte

- a) krævede mindre Plads,
- b) hemmede Algevækst ved Udelukkelse af Lyspaavirkning,
- c) forhindrede udvortes Forurening af Vandet eller Filtermassen,
- d) muliggjorde ofte Besparelse af Filterpumper,
- e) var lettere at overbygge og indrette frostfrie,
- f) var enklere i Kontrol, Pasning og Rensning,
- g) var billigere i Anlægs- og Driftsomkostninger.

Udviklingen af Vandforsyningspraksis'en i de senere Aar er gaaet i Retning af — i Stedet for at hente et upaaklageligt Vand fra en fjerntliggende Forsyningskilde med store Anlægsudgifter — at benytte en nærliggende, maa-ske mindre upaaklagelig Forsyningskilde og rense Vandet ved hurtigtvirkende Processer — om nødvendigt ved Sterilisering —, men dog for lavere kapitaliserede Udgifter. Jeg tror, det foregaaende vil have vist, at man har prøvede Midler ved Haanden, hvorved der under alle Forhold kan sikres Forbrugerne et fuldt ud betryggende Drikkevand.







273