DTU Bibliotek

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*

DTU Bibliotek Danmarks Tekniske Universitet | Anker Engelunds Vej 1 2800 Kgs. Lyngby | Tlf. 45 25 72 50 | bibliotek@dtu.dk www.bibliotek.dtu.dk

TEKNISK HYGIEJNISKE AFHANDLINGER

AF

J. T. LUNDBYE

PROFESSOR VED DEN POLYTEKNISKE LÆREANSTALT

NR. 1

FISKEDAMME SOM RENSEANLÆG FOR KLOAKVAND

POLYTEKNISK
Teknisk Bibliotek
LÆREANSTALT

SÆRTRYK AF »DEN TEKNISKE FORENINGS TIDSSKRIFT«
DECEMBER 1927

I KOMMISSION HOS VILHELM PRIORS KGL. HOFBOGHANDEL
KØBMAGERGADE 52

PRIS 40 ØRE

628.3
Sm.

Hr. Professor, dr. phil. Erik Schou
venligst
fra Forf.

FISKEDAMME SOM RENSEANLÆG FOR KLOAKVAND

AF

PROFESSOR *J. T. LUNDBYE*

TEKNISK BIBLIOTEK
Danmarks tekniske Højskole

Det er en kendt Sag, at Vandløb, der forurenes gennem Kloakudløb, har Evnen til at rense sig selv, idet de uorganiske, opslemmede Urenheder bundfælder sig paa Steder, hvor Vandløbets Hastighed er mindre end den Hastighed, der skal til for at holde Partiklerne af deres Vægt opslemmede, og dette kan da enten være paa Steder, hvor Vandløbets Profil lejlighedsvis er større, eller hvor Vandløbet passerer gennem Søer. Organiske Urenheder forsvinder, idet de optages og omdannes af Floraen og Faunaen i Vandet.

Disse Forhold har man ikke altid været klar over, og da man fik Blik for Selvrensningens Faktum, forklarede man den forskelligt til forskellig Tid. For et halvt Aarhundrede siden troede man saaledes, at det kun drejede sig om fysiske og kemiske Processer; men da Bakteriologien fik sin store Udvikling i Slutningen af forrige Aarhundrede, fik man ogsaa Øjet op for det rige Bakterieliv, der er i forurenet Vand, og nu mente man, at det hovedsagelig var bakteriologiske Processer, der bevirkede Vandets Rensning. Endelig har en Række Forskere med de to tyske Professorer *R. Kolkwitz* og *M. Marsson* i Spidsen i Begyndelsen af dette Aarhundrede vist, hvorledes hele den Flora og Fauna, der findes i Vandet, er medvirkende ved denne Selvrensning, og at den er bestemt af Vandets Renhedsgrad, saa at man kan bedømme denne efter de Planter og Dyr, der findes i Vandet.

Denne forskellige Maade at opfatte Selvrensningen paa har naturligvis ogsaa givet sig Udslag i de Anlæg, man til forskellig Tid har konstrueret for ad kunstig Vej at tilvejebringe en Rensning af Vandet.

Den Gang man kun kendte de fysiske og kemiske Processer, søgte man at rense Vandet ved at filtrere det gennem Jorden, idet det ledede ud paa Overrislingsmarker, eller man fremkaldte Bundfældning i Klaringsbassiner ved Tilsætning af forskellige Kemikalier. Da man lærte Bakterievirksomheden at kende, konstruerede man Anlæg, hvor forskellige Bakteriearter skulde sørge for Tilintetgørelsen af de organiske Urenheder; velbekendt i saa Henseende er de anaërobe Septic Tanks og de aërobe Kontaktfiltre og Draabefiltre, samt de senere fremkomne Emscherbrønde. Nu hvor man er bleven klar over alle de biologiske Forhold i det forurenede Vand, lige fra de lavest staaende Slimdyr og Bakterier til de højt organiserede Fisk, som benyttes til Menneskeføde, søger man at forme Anlægene saaledes, at man kan holde saadanne Fisk i dem og derved vinde Værdier, som i hvert Tilfælde kan dække Driftsudgifterne og helst tillige give Overskud til Hjælp ved Anlægenes Amortisering.

Det er en gammel Sætning, at der ikke er noget nyt under Solen, og saaledes fortæller den hollandske Ingeniør Dr. *Jan Smit,* som i 1924 fik en Guldmedaille for en Afhandling om Renseanlæg for Husspildevand og industrielt Afløbsvand, at den indfødte Befolkning i nederlandsk Indien, navnlig den kinesiske, i stor Udstrækning avler Fisk i Damme; men disse Fiskedamme staar selvfølgelig i daarligt Ry, da de er Ynglesteder for Malariamyg, idet de mange Vandplanter, som man ikke forstaar at holde Dammene rene for, hindrer Myggelarverne i at blive spist af Fiskene.

De første Fiskedamme som Led i rationelle Renseanlæg blev i Slutningen af 80'erne i forrige Aarhundrede tagne i Brug paa Berlins Overrislingsmarker, idet man benyttede dem til en Efterklaring af Drænvandet for at holde Recipienterne fri for Alger og Svampe, som ellers voksede livligt, naar Drænvandet ledede ud i dem. Til en Begyndelse anlagdes 10 saadanne Fiskedamme, og man holdt Karper i dem, og det viste sig da, at disse Damme gav en god Indtægt, en enkelt endog en Nettoindtægt paa 1500 M. om Aaret, hvorfor der anlagdes flere paa andre af de berlinske Overrislingsmarker, og Eksemplet fulgtes andre Steder, f. Eks. i Pankow og Schöneberg ved Berlin og i Dortmund, Münster og flere andre Byer.

Da man begyndte at bygge de biologiske Renseanlæg, var det almindeligt at indrette et lille Bassin efter Renseanlæget og holde Guldfisk deri for saaledes at have et Tegn paa, at Anlæget virkede tilfredsstillende. Det første Sted, hvor man gik videre, var ved Niendorf ved Hamburg, hvor man byggede to smaa Damme, hvor man fik godt Ud-

bytte af at holde Karper og Sudere, til Trods for at Vandet var Afløbsvand fra Industrier og i Virkeligheden vanskeligt at behandle, og det fik, inden det lededes i Dammene, kun en Behandling i et intermitterende Jordfilter. I Wemding i Bayern, Unna i Westfalen og Lichfield i England efterlignede man dette Eksempel, stadig med tilfredsstillende Resultat, idet man til Dammene anvendte Afløbsvand fra kunstige biologiske Filtre.

I 1899 fremsatte Tyskeren *Oesten* et Forslag om at rense Spildevandet i Fiskedamme, idet han vilde lade Vandet passere flere Damme, nemlig en Dam med Bakterier, en med Krustaceer, nemlig smaa Krebsdyr, Daphnier og Cyklopsarter, og endelig en med Fisk, Karper, Suder og Karudser. Dette Forslag vandt imidlertid ingen Tilslutning og blev hurtig glemt.

1901 oprettede den preussiske Stat Königliche Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitung, og dette Sted blev et vigtigt Forskningsinstitut for alle herhen hørende Spørgsmaal; ingen Ingeniør, der har beskæftiget sig blot nogenlunde indgaaende med Spildevandsrensning, har kunnet undgaa at stifte Bekendtskab med de fortrinlige Afhandlinger herfra. Blandt de mange fremragende Videnskabsmænd, som i Aarenes Løb har været knyttede til dette Institut, var ogsaa de allerede nævnte Professorer *Kolkwitz* og *Marsson,* som underkastede Nordtysklands Vandløb en indgaaende Undersøgelse i zoologisk og botanisk Henseende og paa Grundlag deraf opstillede Regler for Bedømmelsen af Vandløbenes Forureningsgrad efter deres Fauna og Flora. Naar de vilde foretrække en saadan Bedømmelsesmaade i Stedet for den tidligere benyttede med kemiske Undersøgelser, var det, fordi Vandets Sammensætning som Regel varierer meget stærkt, og der derfor maa udkræves en Uendelighed af Prøver Døgnet igennem for at faa et bestemt Billede af Forureningen; men her giver Dyr og Planter i Virkeligheden et Gennemsnitsbillede. En Plante gaar ikke ud, fordi den i ganske kort Tid faar stærkt urent Vand, naar det ellers plejer at være meget renere og omvendt. Det er paa samme Maade, som vi ikke vil betænke os paa at klassificere Boliger, eftersom de vrimler af Væggedyr, Lopper og Lus eller disse Dyr overhovedet ikke forekommer.

Den, der skulde blive Grundlæggeren af en hel ny Fremgangsmaade til Rensning af Spildevand, var Direktøren for den kgl. bayeriske biologiske Forsøgsstation for Fiskeri i München Professor Dr. *Bruno Hofer.* Damkultur med Fiskeavl er en gammel Ting, og det synes, som det er Klostrene, der har spredt denne og det fuldkomnere Havebrug ud over den katolske Del af Verden. Medens Damkulturen kom stærkt i Forfald her i Landet i det 18de og 19de Aarhundrede, er den vedbleven at staa meget højt i Tyskland, og det laa da nær for en tysk

Fiskeridirektør at foreslaa at benytte raat Kloakvand til Gødning af Fiskedamme, da det var almindeligt at gøde disse med Ajle, Guano-Superphosphat og lignende; men Hofers Indsats ligger deri, at han viste, hvorledes man kunde tilsætte disse Stoffer uden at risikere, at Iltmængden i Vandet aftog saa meget, at Fiskene tog Skade.

Hofer foreslog, efter at omtrent Halvdelen af de opslemmede Stoffer i Kloakvandet var fjernede, at spæde dette med 2—3 Dele rent Vand og derpaa lede det ud i Damme, som var 50—70 cm dybe i Midten og 30 cm ved Randen. Bunden kunde godt lades ujævn, naar man kun sørgede for, at Vandet kunde løbe af, naar Dammen skulde tørlægges. De opløste og uopløste organiske Stoffer optages og forarbejdes af Bakterier, Alger, Urdyr, Orm, Krustaceer, Insektlarver, Mollusker og lignende, og da alle disse Organismer tjener Fiskene til Næring, vil de i en Fiskedam ende som Fiskekød. Paa nogle faa Uger kan en Dam være indarbejdet og indeholde den nødvendige Flora og Fauna.

De bedst egnede Fisk er Karper, fordi de er meget sejglivede og taaler forurenet Vand med et ringe Luftindhold bedre end de fleste andre Fisk. Efter dem kommer Sudere, Gedder, Regnbueforeller og Dværgmaller.

Man maa undgaa alle Forraadnelsesprocesser i Vandet, da Iltmængden i dette i saa Tilfælde vilde svinde helt bort, og selv Karper og Sudere kræver 1—2 cm^3 Ilt pr. l; i et almindeligt, ikke forurenet Vandløb plejer der at være 3 Gange saa meget. Hvis man ikke har rent Vand nok til at spæde Spildevandet tilstrækkeligt op, kan man gøre Dammene større og beplante dem med dertil egnede Planter; men dette er kun en Nødhjælp, som burde undgaas.

Da Forraadnelsesprocesser i Dammene undgaas, kommer disse heller ikke til at genere ved daarlig Lugt og Fiskene faar ikke en slamagtig Smag, thi en saadan fremkommer kun, hvor Dyrene gaar i en Dam, hvori der foregaar Forraadnelsesprocesser.

Professor *Hofer* holdt 1908 Foredrag om sine Ideer paa den tyske Fiskeriforenings Hovedforsamling i Strassburg, og her blev der straks stor Opmærksomhed for hans Planer. Strassburgs Kommunalforvaltning vedtog 3 Aar senere at udføre et Anlæg af denne Art, og der blev saa bygget 4 Damme paa 0,3—0,6 ha; endvidere blev der anlagt 3 mindre Damme, hvoraf den ene gjordes dybere af Hensyn til Overvintring af Udsætte- og Legefisk. Som Fiskearter valgte man at have Karper, Sudere og Regnbueforeller, og endelig byggede man Andehuse.

Spildevandet fra Byen blandedes med 3 Gange saa meget Vand fra en større Aa, hvorpaa det ledede ud i Dammen gennem 12—15 Jernrør, som blev lagt med en indbyrdes Afstand af 10—15 m; paa denne Maade blandedes Vandet godt med Damvandet og blev ledet ud langt fra Bredden. Dammene var 40—50 m brede og 100—150 m lange,

og inden Brugen blev der udsat Vandplanter og Vanddyr, som toges fra et Vandløb, og som trivedes godt; ligeledes udklækkedes Daphnier og Muslingekrebs i særlige Gruber og udsattes derpaa i Dammene.

Ved Tømningen af Dammene om Efteraaret fandtes der intet Spor af en foruroligende Slamdannelse, men derimod en rigelig Mængde Plankton, saa at man kunde beslutte sig til det næste Aar at udsætte en større Fiskebestand. Allerede i Slutningen af December fyldtes Dammene igen, og der sendtes Kloakvand i dem hele Vinteren. I April 1912 blev der saa udsat Karper, Sudere, Gedder og Regnbueforeller, og trods den kolde, regnfulde Sommer fik man en Tilvækst af 500 kg pr. ha.

Ved Tørlægningen igen i November 1912 viste der sig atter et saadant Overskud af naturligt Foder og en saa fuldstændig Sønderdeling af Slammen, at *Hofer* kunde foreslaa igen at forøge Fiskebestanden, og samtidig vilde han gøre et Forsøg, om Spildevandet kunde renses i Fiskedammen uden nogen Forrensning; men dette lykkedes ikke, til Trods for at Vejrforholdene var gunstigere i 1913 end i 1912, og Forsøget desangaaende blev derfor afbrudt i September som ikke svarende til Hensigten.

Ved Fiskningen i November 1913 fik man 1100 kg Tilvækst pr. ha, og man mener derfor nu at kunne paaregne en Tilvækst af 1000—1200 kg Fisk pr. ha.

Hvad Ænderne angaar, da havde man de sidste to Aar forøget deres Antal i høj Grad og var nu oppe paa at holde 150 paa Dammene.

Salget af Fiskene voldte ingen Vanskeligheder, og Karperne kunde sælges til en Pris af 1,80 M. pr. kg og Suderne og Gedderne til 3,00 M. pr. kg, hvorfor man ikke havde Grund til at tvivle om Hofers Løfte om, at der kunde paaregnes en gennemsnitlig mindste Indtægt af 7—800 M. pr. ha.

Som man kunde vente, var der mange Vanskeligheder at overvinde i Form af stærk Plantevækst, ujævn Fordeling af Vandet, Behandling af Fisk og Ænder og lignende. Man maatte meget nøje passe paa Vandets Fordeling og Udviklingen af Dyr og Planter, og selv om Dammene laa lige ved Siden af hinanden, viste der sig dog store Forskelligheder. Man maatte raade over saa meget mere friskt Vand, som man benyttede Kloakvand, for at man kunde holde den jævne Gennemstrømning, selv om Kloakvandet af en eller anden Grund skulde svigte. Under Tordenvejr maatte man ogsaa let kunne forøge Iltmængden ved Forøgelse af Mængden af friskt Vand, naar den ellers vilde aftage paa Grund af det lavere Lufttryk.

Hvad Spildevandets Rensning angaar, fandt man i 1911 en Nedgang i Bakterietallet paa 85 pCt., og i 1912 paa 91,5 pCt. Kvælstofmængden viste i 1911 en Nedgang paa 78 pCt., og Rensningen maa altsaa siges

at være saa god, som ved noget Anlæg. En Undersøgelse af Dambunden viste ingen Aflejring af organisk Stof, og Afløbsvandet var tilstrækkelig mættet med Ilt og fuldstændig klart og lugtløst, ligesom Anlæget i det hele taget var lugtfrit, og end ikke ved Tørlægningen af Dammene kom der nogen Lugt. Hele Bunden viste sig dækket med grønne Alger og en stor Bestand af yppige Vandplanter.

I 1914 prøvede man, om Karper, der kun var en Sommer gamle, kunde trives i Dammene, og om de kunde holdes to Aar i dem uden at faa Afsmag, og i November fik man pr. ha 1392 kg mod de 470 kg, der var sat ud, altsaa en Tilvækst af 922 kg. Nedgangen fra tidligere skyldtes aabenbart den ændrede Fiskebestand.

I dette Aar tilsattes mere Spildevand end tidligere, nemlig 323 m^3 pr. ha. imod 243 m^3. Ved et Vandforbrug af 166,5 l pr. Ind. svarer det til 2000 Ind. pr. ha Fiskedam, et Forhold som synes at være meget passende.

Ved nogle Anlæg, der senere er udført i Tyskland (Nürnberg-Zerzabelshof, Kitzingen a. Main og den bayerske Troppeøvelsesplads Grafenwöhr), har man til Forklaring af Spildevandet anvendt Klaringsanlæg, konstruerede af Dyckerhoff und Widmann, hvor der er lagt Vægt paa en stor Overflade af Raadnekammeret, mindst af samme Størrelse som Slamoverfladen, og Bundfældningskammer og Raadnekammer er skilt fra hinanden ved en glat, lodret Væg. Dannelsen af sur Slam undgaas, ved at Raadnekammeret ikke er aflukket, men gennemstrømmes af en frisk Vandstrøm, og det er delt i to Kamre, som er forbundne ved to dykkede Aabninger. Medens Bundfældningsbassinet gennemstrømmes i lige Retning, strømmer Vandet gennem de andre Kamre i en Retning, som er vinkelret paa den anden. Styrken af Vandstrømmen gennem disse andre Kamre maa afpasses efter Spildevandets Concentration.

Ved Anlæget ved Troppeøvelsespladsen Grafenwöhr anvendes 8 Fiskedamme paa 0,5 ha og en 9de paa 1,5 ha. Lejren var i Sommeren 1921 gennemsnitlig belagt med 5000 Mand, og ved Fiskningen om Efteraaret fik man en Nettofortjeneste af 175 pCt. af de Udgifter, der var anvendt om Foraaret til Udsættelse af Fiskeyngel. Ved høj Temperatur ledede der mere rent Vand til Dammene, medens der ledede mere Kloakvand til dem, naar Prøver viste, at Mængden af Plankton tog af. Den almindelige Blanding var 1 Del Spildevand og 3 Dele rent Vand.

Den største Interesse knytter sig imidlertid til et Anlæg, som er bygget i München ved Grosslappen og er projekteret af Direktør Keppner for Münchens Klaringsanlæg. Det er bygget til Behandling af 3,6 m^3 Spildevand pr. Sek., og Forklaringsanlæget bestaar af grove Riste, Sandfang og 16 to-etages Klaringsbassiner efter Dywidag-Systemet

(*Dyckerhoff* und *Widmann*). Hvert Klaringsbassin er 25 m langt, 5,5 bredt og i Gennemsnit 3,5 m dybt, og det er delt i to Afdelinger, som gennemstrømmes saa vidt muligt ligeligt og i Løbet af 1 Time. 70 pCt. af Vandets Urenheder gaar gennem Slidser ned i de nedenunderliggende Friskslamslommer eller i Raadnekamre, idet der ved hvert Bassin kan rummes 1440 m^3. Slam fjernes enten som Friskslam i Løbet af 1—2 Dage eller som raadden Slam efter 4 Maaneders Forløb, og den pumpes af en automatisk, hydraulisk Slampumpe med en Ydeevne af 60 m^3/Time til de nærliggende Slam-Tørringspladser, som har en samlet Flade af 11,400 m^2. Slammen benyttes til Gødning og Afløbsvandet fra den behandles paa en Overrislingsmark. Disse Klaringsbrønde skal forsynes med Hætte til Opsamling af den udviklede meget methanholdige Gas; der har allerede længe været en saadan Hætte over den ene Brønd, saa at man har maalt, at man kan opsamle pr. Brønd 600 m^3 Gas/Døgn, altsaa ialt fra hele Anlæget 9600 m^3 Gas/Døgn. Denne Gas skal efter Rensning blandes med Gassen fra Byens Gasværker, og paa Grund af det store Indhold af Methan kan Brændværdien af Gassen derved sættes ret betydelig op.

Fra disse Klaringsbassiner gaar Vandet til to Udligningsbassiner, der er 1300 m lange og rummer 70,000 m^3, og som skal udligne Variationer i Vandtilstrømningen; de ligger hvert paa sin Side af Isar og forbindes derfor med hinanden ved en Betondykker under Floden. 3 elektrisk drevne Pumper, tilsammen med en Ydeevne af 27,000 m^3/Time, fører Vandet gennem en 1,4 km lang Trykledning med en Diameter af 2 m. I Øjeblikket ledes Vandet ud i en Tilledningskanal til et Vandkraftanlæg; men med Tiden skal Vandet føres til en Række Fiskedamme, som er under Udførelse. Tilsammen skal disse Fiskedamme have et Areal af 232 ha, og de 3,6 m^3 Spildevand pr. Sek. skal fortyndes med halvt saa meget rent Vand fra Kraftkanalen. Man haaber paa den Maade aarlig at kunne faa 232,000 kg Karper aarlig og halvt saa mange kg Ænder.

Ganske vist ligger Forholdene meget gunstigt ved München, da man har passende Arealer til Fiskedammene og det gode Vand fra Isar; men adskillige Steder har man lige saa gode Muligheder og kunde bygge lignende rentable Anlæg.

Fra Fiskernes Side er der ofte og med Rette klaget over, at de store Mængder af organiske Urenheder, som Spildevandet fører med sig, hensætter Vandløbene i en saadan Grad af Forurening, at Fiskene dør og Fiskeriet derved hører op, det er derfor interessant at se, at man andre Steder kan frygte for, at Hygiejnikerne gennemfører en fuldstændig Rensning af en Bys Kloakvand, hvorved disse Stoffer unddrages Vandløbenes Fisk og Fiskeriet derved ogsaa lider Skade. Det er derfor godt at vide, at man nu raader over Midler til at regulere

disse Forhold, saa at man kan nøjes med at rense sit Spildevand netop saa meget, som Recipienten og Faunaen i denne fordrer, og denne Rensning kan altsaa i mange Tilfælde udføres paa en saadan Maade, at der avles den størst mulige Mængde Fisk til Brug for Befolkningen som Næringsmidler.

Ser vi paa danske Forhold, er vi endnu ikke videre, end at man f. Eks. i Øjeblikket klager over, at Udledningen af ganske urenset Spildevand i Viborg Søerne ødelægger det eksisterende Fiskeri, i Stedet derfor skulde et moderne Anlæg i høj Grad kunne have forøget Fiskeriet. Her synes derfor at ligge en hel Række nyttige Opgaver for danske Ingeniører, hvorved disse ikke alene kan raade Bod paa de mange Synder, som vi desværre maa indrømme, at danske Ingeniører har paa deres Samvittighed; men de vil da ogsaa kunne skabe Værdier til Gavn for vort Samfund.

J. JØRGENSEN & CO. (IVAR JANTZEN)