



METODER FÖR KLOAKVATTNETS OSKADLIGGÖRANDE OCH DERAS TILLÄMPNING I NÅGRA STÄDER VID ÖRESUND.

FÖREDRAG AV CIVILINGENJÖR ALFRED JERDÉN, MALMÖ, VID
S. K. T. F:s ÅRSMÖTE I HALMSTAD 1931.

Vid flera årsmöten ha ingående behandlats olika metoder för rening av kloakvatten. Så tidigt som år 1904 höll byggnadschef Figge Blidberg föredrag om "Vilka erfarenheter föreligga rörande biologisk rening av avloppsvatten" och nu senast år 1929 höll ingenjör Granqvist ett mycket innehållsrikt föredrag "Om nutida metoder för oskadliggörande av kloakvatten och en blick på avloppsförhållandena i Helsingfors". Det är därför icke nödvändigt att nu återigen närmare redogöra för de olika metoder, som stå till buds för att bliva kvitt kloakvatten. Jag tänker därför endast omnämna några ex. härpå och mera uppehålla mig vid de förslag, som nu föreligga att lösa avloppsfrågan i ett par Skånestäder, och de allmänna förutsättningarna härför.

För att mera allmänt belysa avloppsfrågan skall jag dock först lämna en kort översikt av de vattenhygieniska problemen inom Emscher- och Ruhrdistriktet, som jag hade tillfälle att besöka förra hösten, och visa några bilder från anläggningarna där.

Emscher- och
Ruhrdistrikten

På en folktäthetskarta över Tyskland finner man, att en stor folkmängd är koncentrerad kring Emscher och Ruhr, bifloder till Rhen. Det är de här belägna kolfälten, som i första hand givit upphov till de omfattande industri-
anläggningarna.

Emscher.

Floden Emscher har ett nederbördsområde om endast 784 km² och då inom detta område bo 2,500,000 inv., är befolkningstätheten större än 3,000 inv. per km². Det är därför ganska naturligt, att här tidigt uppstodo allvarliga vattenhygieniska olägenheter, och redan från 1500-talet finnas anteckningar om klagomål. Genom dräneringsområdets täta bebyggande har den avrinnande maxvattenmängden vid regntillfällena avsevärt ökat, vilket i sin tur medfört översvämningar. Först så sent som år 1904 bildades "Die Emschergenossenschaft", som på grundval av för detta flodområde speciell lagstiftning skulle handhava de vattentekniska problemen. Genom denna sammanslutning har flodloppet reglerats både med hänsyn till kloakvattnet och vattenflödena. Fig. 1. För att leda kloakvattnet till floden har man utfört ett stort antal samlingsledningar. För dessa användas i regel öppna sektioner, vilkas botten och sidor utförts av betong. Detta system har tillämpats på grund av lägre anläggningskostnad och är inom detta område tekniskt att föredraga, enär de sättningar, som uppstå av gruvdriften, lättare kunna avhjälpas.

Givetvis hava också anläggningar för rening av kloakvattnet utförts i stor utsträckning. Som Emscher icke tages i anspråk som vattentäkt, är dess huvudsakliga uppgift i hygieniskt hänseende att utan olägenheter framleda kloakvattnet till Rhen. Som Rhen f. n. utan olägenhet anses kunna mottaga kloakvatten, som endast befriats från större delen av slammet, och den reglerade Emscherfloden också kan framleda slambefriat kloakvatten utan olägenheter, hava reningsanläggningar inom Emscherområdet med få undantag kunnat begränsas till enbart slamavskiljning. Större delen av kloakvattnet från samhällena undergår också dylik behandling, innan det utledes i Emscher. Kloakvattnet från industrierna av-

rinner däremot i stor utsträckning utan rening. Innan Emscherfloden utrinnet i Rhen, underkastas därför allt flodvattnet slamavskiljning genom den stora anläggningen vid Karnap. Denna anläggning har en kapacitet av i medeltal 10 m^3 per sek. och maximalt 30 m^3 per sek. Slamavskiljningen sker i $3,5 \text{ m}$ djupa bassänger med normalt 2 timmars uppehållstid. Härvid avskiljes en slammängd, som efter torkning till 50% vattenhalt har en volym av $250,000 \text{ m}^3$ per år. Detta slam består

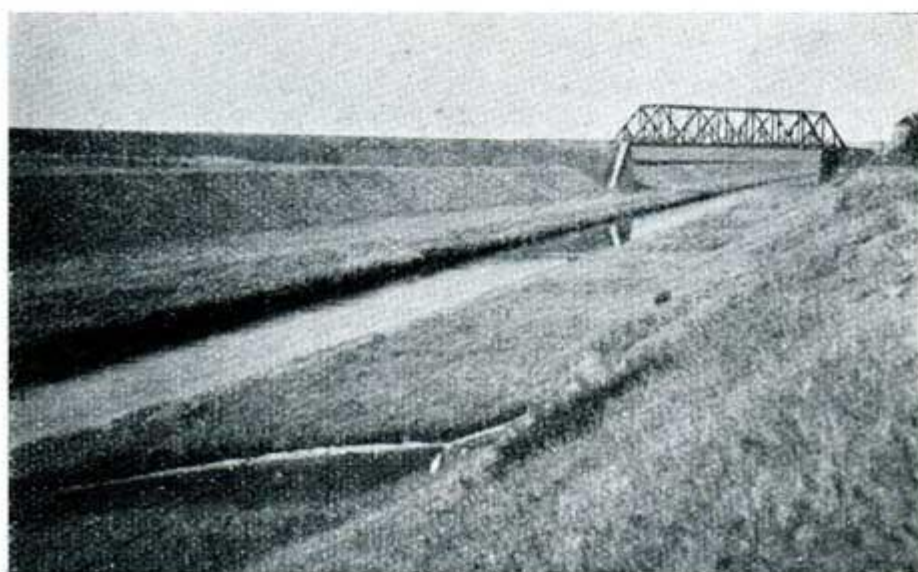


FIG. 1. EMSCHER VID GELSENKIRCHEN-NORD.

i stor utsträckning av kol och dess värmevärde uppgår till $5,000 \text{ v. e.}$ per kg torrsustans. Då större delen av det organiska slammet från nederbördsområdet kvarhålls i lokala reningsanläggningar, träder slammet vid Karnap icke i förruttnelse. Det överföres därför genom i avsättningsbassängen flytande pumpverk direkt till slamgårdar och beräknas här kunna torkas till 50% vattenhalt. På grund av den stora mängden kan det icke beredas utrymme för slammet under längre tid. Det höga värmevärdet möjliggör emellertid slammets användande till bränsle, och planer föreligga att torka slammet i roterande ugnar och sedan använda det som bränsle för alstring av elektrisk energi.

För slamavskiljning användas emscherbrunnar i största utsträckning. Under de senaste åren hava även anläggningar utförts med vanliga, grunda avsättningsbassänger, från vilka slammet avlägsnas med tillhjälp av slamskrapa, såsom i Essen-Nord, eller genom rörliga pumpar, såsom i Schwarzbach. Fig. 2. Även i avseende på slammets förruttelse hava emscherbrunnarna kompletterats. I Gelsenkirchen-Nord togs under år 1929 i bruk en komplettering av emscherbrunnarnas röt-kammare, vilka på

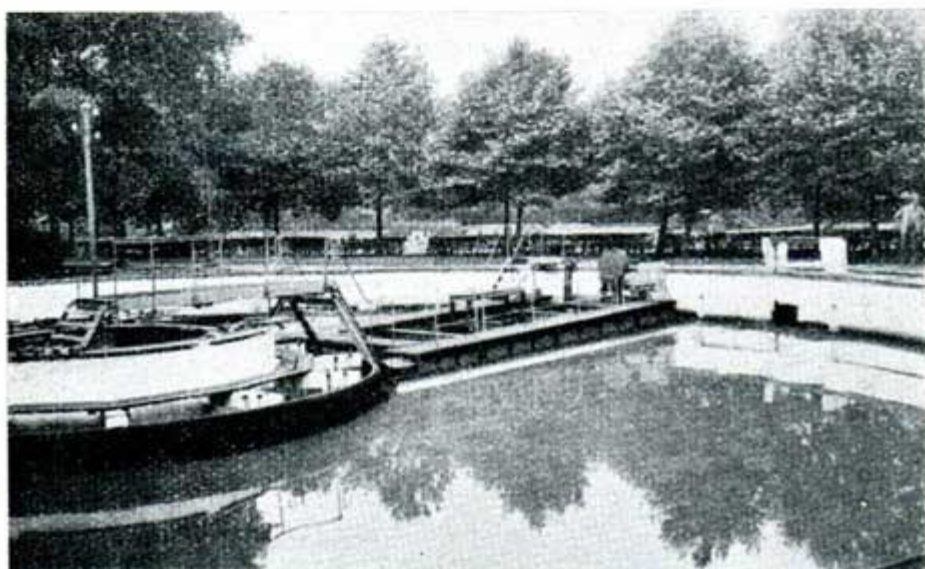


FIG. 2. ESSEN-NORD. AVSÄTTNINGSBASSÄNG MED CENTRALT INLOPP OCH SLAMSKRAPA.

grund av industrivattnets stora slamhalt icke voro tillräckliga utan måste utökas från 33 liter per inv. till dubbla storleken. Detta har skett genom friliggande röt-kammare. På slammets väg från emscherbrunnarna till de nya röt-kamrarna uppvärms det till 30° genom en varmvattenanläggning, som eldas med slamgas. I denna anläggning kommer varmvattnet icke i direkt beröring med slammet. De nya röt-kamrarna, som på grund av risk för sättningar äro utförda i relativt små enheter om 600 m^3 , äro försedda med omrörare. Gasutbytet enbart i de nya röt-kamrarna efter förbehandling i emscherbrunnarna uppgår till 10 liter per inv. och dygn. Inom Emscher-

området har frågan om fenolens oskadliggörande ägnats stort intresse, och den mängd fenol, som tillföres Rhen, har kunnat minskas till hälften genom att på ett ekonomiskt tillfredsställande sätt tillvarataga fenolen direkt vid gasverken. Intressanta försök pågingo med aktiverat slam-metoden enligt holländaren dr. Kesseners metod att lufta vattnet genom i vattenytan roterande borstar. Fig. 3. På grund av de ständiga sättningar, som förorsakas av gruvdriften, hava många pumpverk måst



FIG. 3. EMSCHERDISTRIKTET. FÖRSÖK MED DR KESSENER'S ROTERANDE BORSTAR.

anläggas. Dessa konstrueras numera helt automatiska, vilket underlättas därigenom, att även reservmaskineriet kan drivas med elektrisk energi. Vid nedre Emscher befaras sättningarna bliva så stora, att floden måste givas ett nordligare utlopp i Rhen, så framt icke hela vattenmängden i Emscher skall behöva pumpas.

Ruhr utmynnar i Rhen 8 km söder om Emscher. Ne-Ruhr, derbörsområdets storlek uppgår till 4,500 km² och folk-mängden till 1,500,000 inv. eller mera än 300 per km². Trots att befolkningstätheten endast är 1/10 så stor som i Emscherområdet, är den dock tillräckligt stor att fram-

kalla svårlösta vattenhygieniska problem, i all synnerhet som nedre Ruhr är vattentäkt för båda dessa områden.

Vid nedre Ruhr äro anlagda vattenledningsverk för en folkmängd av c:a 3,500,000, som årligen inkl. industri-anläggningarna förbrukar över 500,000,000 m³ vatten. Under sommarmånaderna uppfordras i genomsnitt 20 m³ per sek. Då den naturliga lågvattenmängden i Ruhr under längre tid kan nedgå till 6 m³ per sek., möter det givetvis stora svårigheter att tillfredsställande fylla vat-

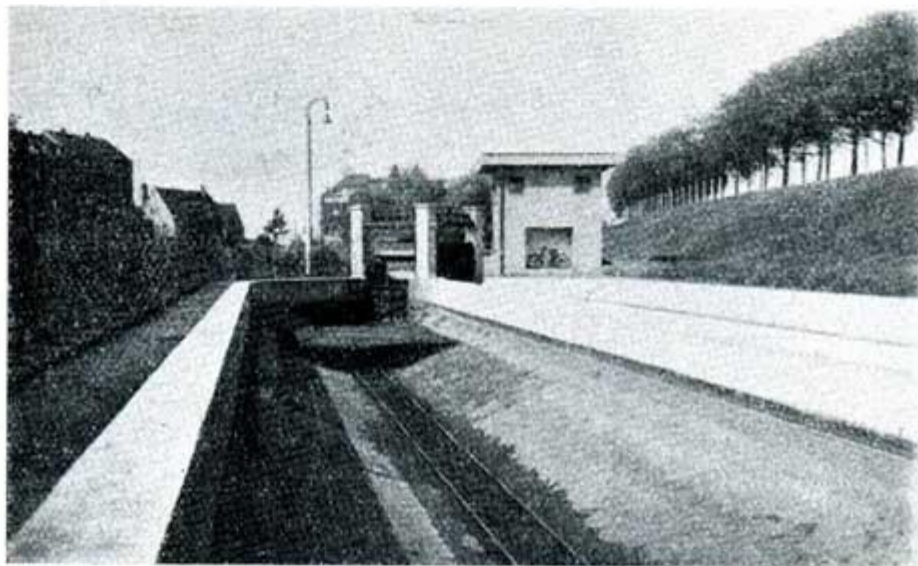


FIG. 4. DUISBURG. SANDFÅNGARE.

tenbehovet. För att säkra tillgången på vattenledningsvatten bildades år 1898 "Der Ruhrtalssperrenverein" och genom dess försorg finnas f. n. vid övre Ruhr anlagda reservdammar med tillsammans 270,000,000 m³ rymd. Lyckligtvis behöva vattenledningsverken icke taga vattnet direkt ur floden, utan vattnet filtreras genom flodbäddens gruslager till rörbrunnar på minst 50 m avstånd från stranden, varefter vattnet behandlas med klorgas. Vid vissa verk finnas konstgjorda infiltrationsbassänger. Härigenom förvandlas det slamfyllda flodvattnet till ett användbart vattenledningsvatten. Svårigheter hava dock uppstått, genom att vid lågvatten slam täppt

igen flodbädden. Trots den goda filtreringen genom de naturliga gruslagren är det sålunda önskvärt, att flodvattnets beskaffenhet är så god som möjligt.

Sedan år 1913 handhas de vattenhygieniska problemen inom Ruhrområdet av "Der Ruhrverband" och sedan dess hava utförts omfattande anläggningar för att förbättra vattnet i floden. Närmast Rhen har avloppsfrågan lösts på så sätt, att en avskärande ledning med 11 km längd utförts längs Ruhr. Ledningen har en stör-

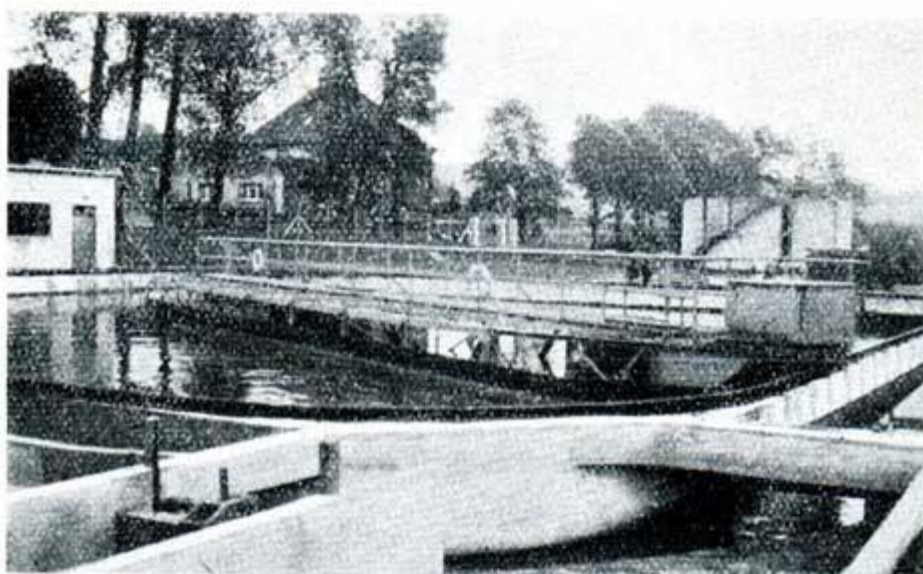


FIG. 5. ESSEN-RELLINGHAUSEN. AVSÄTTNINGSBASSÄNG MED DORRS SLAMSKRAPA.

sta kapacitet av 4,5 m³ per sek. Vid Rhen silas kloakvattnet genom en äldre Riensch-Wurlanläggning och en senare anlagd Dorrs siltrumma, bådadera med c:a 2 mm slitsvidd. Före silarna äro anordnade sandfångare, Fig. 4, och skumbrunn med luftinblåsning för kvarhållande av fett och olja. Utloppsledningarna i Rhen nå minst 120 m ut från stranden. Genom den avskärande ledningen och genom att vattenledningsverken vid Ruhr distribuera vatten till andra nederbördsområden berövas Ruhr en betydande vattenmängd. Som ersättning härför har vid Rhen anlagts ett pumpverk, som togs i bruk år

1929 och vilket är avsett att vid behov pumpa vatten från Rhen till Ruhrs nedre lopp.

Inom området ovanför den avskärande ledningen finnas ett 70-tal reningsanläggningar. De flesta äro utrustade med enbart slamavskiljare. Till dylika dräneras samhällen med tillsammans över 600,000 inv. För 9 samhällen med tillsammans 135,000 inv. finnas såväl slamavskiljare som någon form av biologisk behandling. Dessa anläggningar äro förlagda till de utlopp, som mynna

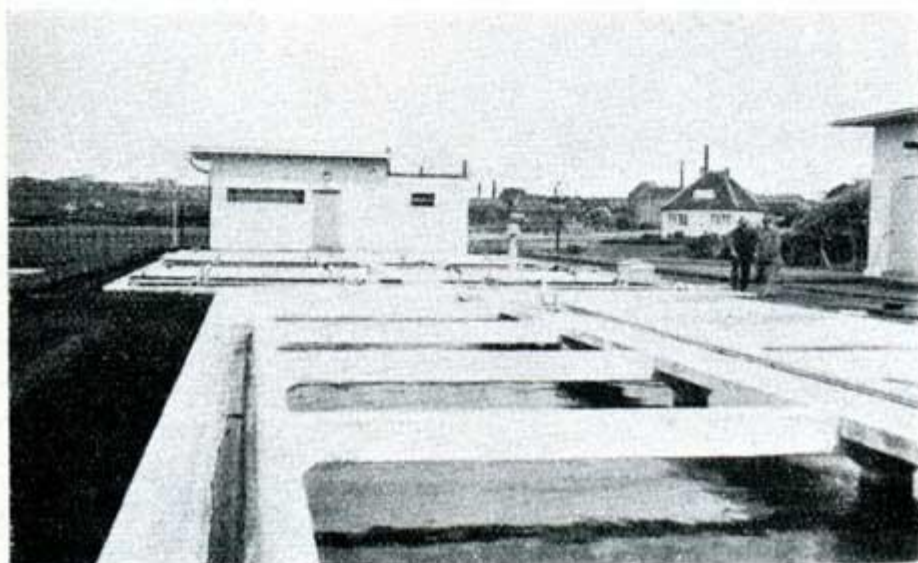


FIG. 6. HATTINGEN. EMSCHERBRUNNAR, EMSCHERFILTER, PUMPVERK OCH VAKTBOSTAD.

i närheten av vattenledningsverken. Som slamavskiljare användas emscherbrunnar i stor utsträckning.

Bland de biologiska anläggningarna dominerar aktiverat slam-anläggningen i Essen Rellinghausen för 50,000 inv. Slamavskiljningen i emscherbrunnar har här kompletterats med dels en extra rötchammare och dels en kvadratisk avsättningsbassäng med Dorrs slamsamlare, som togs i bruk år 1930. Fig. 5. I rötchammaren höjes temperaturen genom direkt tillsättning av 70° à 80° varmvatten. I en mindre försöksanläggning pågingo i aug. 1930 undersökningar för att utröna den lämpligaste temperaturen i rötchammare. Inom de övriga biologiska

anläggningarna dominera emscherfilter (s. k. dykkrop-par). Den senast utförda anläggningen är den i Hattingen, som togs i bruk år 1930. Den är avsedd för 17,000 inv. Industrivattenmängden utgör 20 % och som detta härleder från gasverk, har det ansetts nödvändigt med biologisk behandling för att minska fenolhalten. Anläggningen är utrustad med sandfångare, emscherbrunnar med gasuttag, avsättningsbassäng för regnvatten, dubbla emscherfilter och avsättningsbassänger. Fig. 6 o. 7. Emscherfilterna äro ordnade i serie med skilda avsättningsbassänger. Gasen användes för drift av en gasmotor, som förmedelst en generator levererar större delen av den elektriska energien.

För att ytterligare förbättra vattnet i Ruhr har man påbörjat utförandet av regleringssjöar i flodens nedre lopp. Sammanlagt planeras 8 sjöar med en yta av 11,4 km² och 29,4 miljoner m³ rymd. Den översta och första, vid Hengstey, togs i bruk år 1928 och en andra är under byggnad. Genom dessa sjöar avses i första hand att kvarhålla den stora mängd mineraliskt slam, som kommer från industrierna och vilket slam täpper till flodbotten, så att infiltrationen försvåras. Vid flodtillfällen, då vattenmängden stiger till icke mindre än 2,200 m³

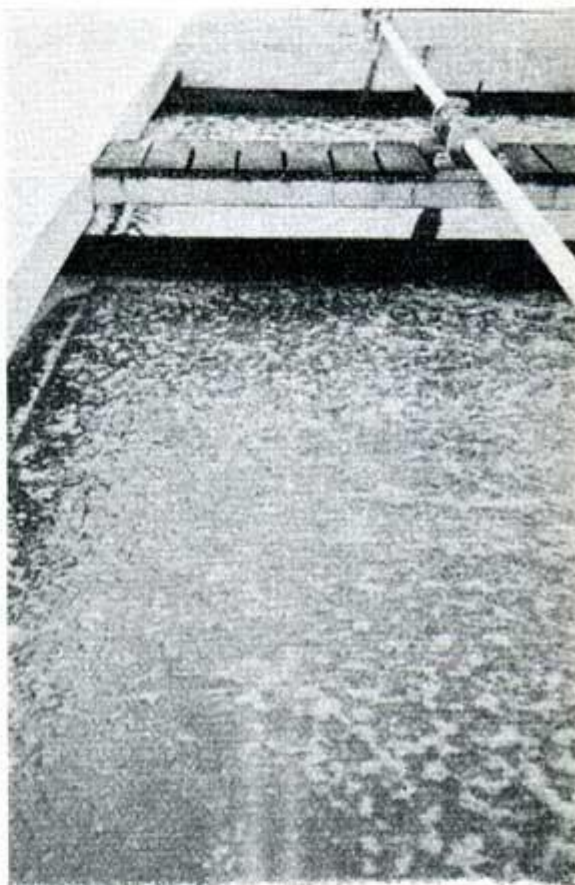


FIG. 7. HATTINGEN. EMSCHERFILTER MED PENDELRÖR.

per sek., kan det avlagrade slammet åtminstone delvis spolas med och följa Ruhr ut i Rhen. Under uppehållet i sjöarna förbättras vattnet genom biologiska processer. Sjöarna bidraga också att reglera vattenmängden till förmån för vattenledningsverk och kraftverk. I detta tätt befolkade industriområde utgöra de dessutom ett värdefullt tillskott i antalet rekreationsplatser. Den först anlagda sjön har sålunda i stor utsträckning tagits i anspråk som badplats och för rodd. Omfattande anlägg-

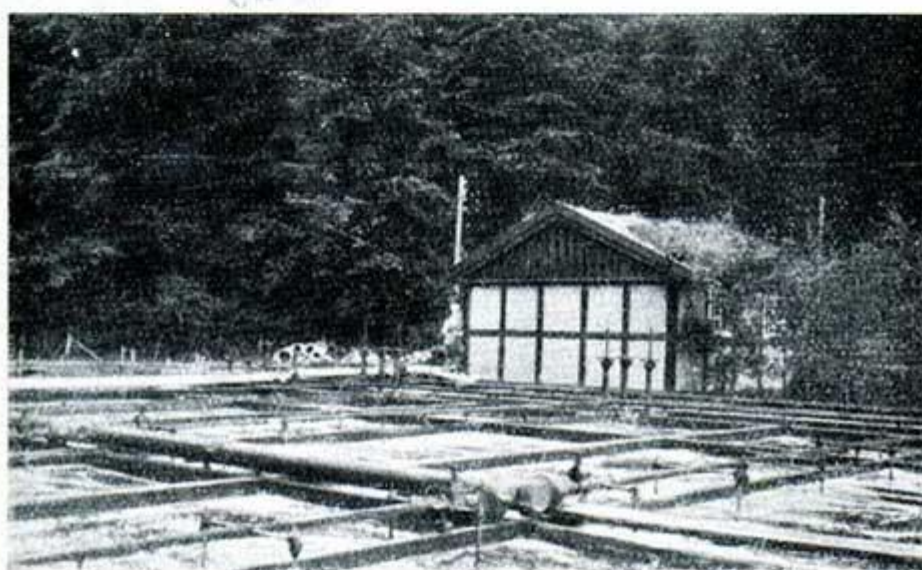


FIG. 8. SÖLLERÖD. AKTIVERAT SLAM-ANLÄGGNING.

ningar hava också utförts vid dess stränder för att fylla denna uppgift.

Läget i Sverige. Även i vårt land har frågan om kloakvattnets oskadliggörande erhållit ökad aktualitet under de senare åren. Detta torde delvis bero därpå, att den mängd föroreningar, som avrinner med kloakvattnet, väsentligt stegrats men också därpå, att anspråken på vattnets beskaffenhet i närheten av samhällena har ökats. Det är särskilt kravet på närbelägna badplatser, där vattnet ej får förorenas av kloakvatten, som ofta nödvändiggör vissa åtgärders vidtagande. Man vill dessutom numera ej se några

spår av kloakvatten på de vattenytor, som passeras i närheten av samhället.

Trots att många metoder finnas att rena kloakvatten, är det endast i några få undantagsfall de hittills kommit till användning i vårt land. Detta beror givetvis i första hand därpå, att vårt land är relativt glest bebyggt och att den utspädning, som kan beredas kloakvattnet i floder och sjöar, är relativt stor i jämförelse med i andra, mera tätt befolkade länder. Att rening av kloakvattnet icke alltid kommit till användning, även där det varit mycket önskvärt, torde dock ofta bero på de avsevärda kostnader, som rening av kloakvatten medför.

För att kunna bedöma den ekonomiska sidan av frågan skall jag söka lämna några uppgifter om kostnaden för reningsanläggningar. I dessa kostnader ingå icke kostnad för ledningar och pumpverk, som ofta erfordras för att leda kloakvattnet till reningsanläggningen. Inom vårt land äro dylika anläggningar alltför få, för att man genom uppgifter enbart från dessa skall kunna uppställa några allmänna kostnadsjämförelser, utan man måste begagna sig av motsvarande beräkningar från utlandet. Anläggningskostnaden är i mycket hög grad beroende av lokala förhållanden, såsom grundens beskaffenhet och det disponibla utrymmets lämplighet. Drifkostnaderna påverkas bl. a. av växlande pris för den elektriska energien. Mindre anläggningar ställa sig ofta betydligt dyrare än större, räknat per m³ kloakvatten. För att få någon uppfattning av storleksordningen av de kostnader, som en reningsanläggning medför, torde dock följande siffror vara till någon nytta.

Kostnader för rening av kloakvatten.

Enbart slamavskiljning genom avsättningsbassänger, inklusive slambehandling, kan beräknas draga en anläggningskostnad av 5 à 10 kr. per inv. inom det område, från vilket kloakvattnet skall renas. Den totala årskostnaden kan sättas till 10 % härav. Slamavskiljning genom finsilning genom slitsar med 1 à 2 mm bredd kan ordnas för hälften av denna kostnad, men, om man tager hänsyn till den uppnådda reningseffekten, som vid silning icke uppgår till hälften av den, som vinnes ge-

nom fullgoda avsättningsbassänger, ställer sig finsilning dyrare. Att denna metod likväl i stor utsträckning kommit till användning, torde bero därpå, att silarna kvarhålla de mest i ögonen fallande föroreningarna och taga relativt obetydligt utrymme i anspråk.

Skall slamavskiljning kompletteras med efterföljande biologisk rening, ökas anläggningskostnaden till 20 à 30 kr. per inv. Den lägsta anläggningskostnaden kan i allmänhet vinnas genom aktiverat slam-anläggningar men medräknas driftkostnaderna, ställa sig de totala årskostnaderna för dylika anläggningar och för droppfilter ungefär lika höga och uppgå till 2 à 3 kr. per inv.

Vad åter klorbehandling beträffar, medför den icke någon större anläggningskostnad men ställer sig rel. kostsam i drift. Anskaffningskostnaden av erforderliga apparater även för rel. stora anläggningar uppgår endast till några få 1,000-tals kr. Härtill måste dock i vissa fall läggas kostnaden för reaktionsbassänger. Kostnaden för klorgasen uppgår f. n. i Sverige till c:a 0:50 kr. per kg fritt förbrukningsplatsen vid inköp av mindre kvantiteter. Vid användning i större utsträckning för kloakvatten torde man kunna räkna med ett pris av 0:30 kr. per kg. Räknar man så med en kvantitet avloppsvatten av 70 m³ per inv. och år och med en tillsats av 30 g klor per m³ obehandlat kloakvatten, uppgår årskostnaden till 0:60 kr. per inv. och år. Kan klorbehandlingen inskränkas till endast badsäsongen eller 4 månader per år, nedbringas kostnaden för gasen till 0:20 kr. per inv. Vid klorbehandling av kloakvatten från en biologisk reningsanläggning kan tillsatsen minskas till c:a 10 g per m³ kloakvatten; kostnaden blir i motsvarande grad lägre.

Kloakvattnets
oskadliggörande
genom utspädning.

Kostnaderna för rening av kloakvatten äro sålunda ganska betydande. En reningsanläggning är i och för sig icke heller någon önskvärd anläggning, enär den ofta blir i viss mån besvärande för den närmaste omgivningen. Man bör därför även pröva andra alternativ, då det blir nödvändigt att vidtaga några åtgärder för att oskadliggöra kloakvatten. Icke enbart i vårt land utan i de allra flesta länder utsläppes kloakvatten i närmaste

vattendrag och oftast utan att dessförinnan underkastas någon behandling. Då detta förfaringssätt tillämpas i så stor utsträckning, torde det finnas utsikter att i många fall genom relativt enkla anordningar kunna bättre utnyttja de naturliga förutsättningarna och därigenom avhjälpa förefintliga olägenheter eller åtminstone undvika att desamma ökas.

På grund av kloakvattnets stora halt av organiska ämnen träder det snart i förruttelse och sprider dålig lukt. Att detta icke alltid inträffar, då kloakvatten utsläppes i ett vattendrag, beror därpå, att i de naturliga vattendragen trivas de organismer och finnes i allmänhet den mängd syre, som erfordras vid de biologiska och kemiska processer, som måste försiggå, för att kloakvatten utan olägenhet skall kunna oskadliggöras. Detta förfaringssätt är sålunda i väsentlig grad beroende av, om syretillgången i det naturliga vattendraget är tillräcklig. Då kloakvattnets beskaffenhet är mycket växlande och betingelserna i vattendragen äro mycket olika, kan man icke uppställa några allmängiltiga regler. För att få någon uppfattning om förutsättningarna för kloakvattnets oskadliggörande genom utspädning kan man göra följande överslagsberäkning.

För oxidering av de organiska föroreningarna i kloakvatten erfordras 50—100 g syre per person och dygn. Det lägre värdet torde mest motsvara svenska förhållanden. Största delen av denna syremängd förbrukas under en tidrymd av 1 à 2 veckor. Ju högre vattnets temperatur är, ju snabbare försiggå reaktionerna och ju större är syreförbrukningen under de första dagarna. Det syre, som vattnet avgiver, upptages sedan så småningom från atmosfären. Om utspädningsgraden är tillräcklig och således riklig tillgång på syre finnes, försiggå reaktionerna utan att några olägenheter uppstå. Om utspädningsgraden är obetydlig, konsumeras allt syret och en avsevärd störning inträder i vattendraget och det tager rel. lång tid, innan normala förhållanden inträder. Ett vattendrag, som är rikt på organismer, vilka kunna leva av de organiska ämnena i kloakvatten, kan betydligt snabbare oskadliggöra kloakvatten än ett vattendrag med

låg halt av dylika. I en sjö, som mottager en måttlig mängd kloakvatten, avpassa sig organismerna snart efter de näringsmedel, som tillföras. I en flod är det ur denna synpunkt lämpligt med en längs hela flodloppet jämnt fördelad tillförsel av en ringa mängd kloakvatten, varigenom de för kloakvattnets oskadliggörande erforderliga organismerna lättare utbildas. Våra sura mossvatten, som äro fattiga på organismer, äro mycket känsliga för kloakvatten och bliva lätt överbelastade.

I ett vattendrag, som icke i någon större utsträckning förorenats av organiska ämnen, innehåller varje m³ vatten vid 0°, 10° och 20° och full mättning resp. 14,6, 11,3 och 9,2 g syre per m³ vatten. Räknas med i genomsnitt 10 g per m³, fordras för erhållande av tillräckligt med syre för kloakvattnet sålunda 5 m³ rent vatten per inv. Om man räknar med en kloakvattenmängd av 200 l per person och dygn, skulle sålunda erfordras en utspädningsgrad av 1:25. Detta förutsätter, att allt syret kan disponeras för kloakvattnet och att icke något syre tillföres vattnet under den tid, processen pågår. Emellertid fordras, för att fisk skall kunna leva i vattnet, att syrehalten icke minskas mera än till c:a 30 % av full mättning. Å andra sidan tillföres vattnet syre genom klorofyllförande vattenväxter och under den tid, som vattenytan icke är isbelagd, upptager vattnet syre direkt ur luften. Denna senare källa till förnyelse är den viktigaste. En mycket viktig faktor vid beräkning av den mängd syre, som erfordras, är förekomsten av slamavlagringar i recipienten. Då sådana förefinnas, kan det vid vissa tillfällen krävas väsentligt större syremängd. Särskilt under den varmare årstiden träda dessa i snabb föruttnelse och kräva en betydande syremängd, för att processen skall försiggå, utan att syret i vattnet skall helt konsumeras och ersättas med svavelväte.

Den mängd syre, som av vattnet direkt upptages ur luften, har gjorts till föremål för ingående studier av Public Health Service, U. S. A., och efter de resultat, som vunnits av mycket omfattande försök i bl. a. floderna Illinois och Ohio, har uppställts lagar härför. Den upptagna syremängden är beroende av syrebristen, flo-

dens djup samt vattnets hastighet, rörelse och temperatur. Ju större syrebristen är, ju snabbare upptages syre. I en grund flod är beröringsytan med luften relativt stor och den per m³ vatten upptagna syremängden blir väsentligt större än i en djup flod. Vid ökad vattenhastighet och vid av virvelrörelser, vind o. d. förorsakade rörelser hos vattenytan ökas också syreupptagningen. Den ökas också något med stigande temperatur. Tillgängliga uppgifter om huru stor mängd syre, som upptages, äro dock rel. få. Från undersökningar i Chicago uppgives, att vid fullständig syrebrist upptager vattnet under ett dygn vid sommartemperatur c:a 10 g syre per m² vattenyta. Vid en temperatur av 5° à 10° och vid 70 % mättning synes man kunna räkna med en syreupptagning av minst 1 g per m². Med detta antagande erfordras en vattenyta av 50 m² per inv. för att tillföra tillräckligt med syre.

Såväl floder som sjöar nyttjas som recipienter för kloakvatten. I en flod blandas kloakvattnet relativt lätt med flodvattnet och man kan räkna med, att allt syret i floden deltagar i kloakvattnets omvandling. Slamavlagringarna bliva i allmänhet obetydliga och fördelade på en lång sträcka. Vid utlopp i en sjö åter är det svårare att erhålla en lämplig fördelning av kloakvattnet och slamavlagringar kunna i allmänhet icke undvikas. I en insjö är vattenomsättningen genom strömningar eller vattenståndsväxlingar oftast ganska obetydlig, särskilt i för vind skyddade vikar. Tillförsel av syre sker här främst genom upptagning av syre direkt från luften. Härtill kommer det tillskott, som erhålles från sjöns tilllopp. Syretillskottet från ytan är dock helt avstängt under den isbelagda tiden. Vid en havskust äro förhållandena i allmänhet gynnsammare. Här äro de dagliga vattenståndsvariationerna större och likaså strömningarna. Genom rörligare vattenyta upptages syre lättare ur luften. Vid våra havskuster är isbeläggningen dessutom mera kortvarig än i insjöarna.

Särskild omtanke bör ägnas förläggningen av utloppen. Då en flod är den naturliga recipienten, bör huvudutloppet helst förläggas nedanför samhället och

mynningen till det stridaste stället i strömfåran. Flodens förmåga att oskadliggöra kloakvattnet utnyttjas dock bäst, om kloakvattnet fördelas på flera utlopp, belägna på skilda punkter.

Skall kloakvatten i någon större mängd utsläppas i en sjö eller vid en havsstrand, är det nödvändigt att förlägga utloppet långt från stranden och på ett ställe, där strömmen är god, så att kloakvattnet blir tillräckligt utspätt, innan det vid vind från sjön åter drives in mot land. Större utlopp i vikar med stillastående vatten böra undvikas.

Innan kloakvatten utsläppes i ett vattendrag, bör det även i de fall, då vattendraget erbjuder fullt betryggande utspädningsgrad, genom galler eller skumbrunnar befrias från de kringsimmande, större föroreningarna, vilka äro mest i ögonen fallande. I synnerhet är detta nödvändigt, om utloppet är förlagt så, att vattnet i dess närhet kan iakttagas från stranden eller vid båtfärder. Om vattnet pumpas till utloppet, äro de galler, som i regel måste anordnas framför pumparna, tillräckliga för att kvarhålla nämnda föroreningar. Pumpar och långa tryckledningar bidra också till att söndersmula de föroreningar, som passera gallren, och giva kloakvattnet ett mera ensartat utseende. Som föroreningar av olja bli allt vanligare, äro skumbrunnar numera nödvändiga på de flesta utlopp.

Öresund.

Städerna vid Öresund äro välbelägna i avloppstekniskt hänseende. Öresund förenar nämligen såväl flodens som havsstrandens fördelar. Vattnets strömningshastighet i Öresunds längdriktning är nämligen så stor, att man mycket väl kan jämföra Sundet med en stor flod. Dessa strömmar förorsakas dels av det vatten, som från Östersjön och dess nederbördsområde avrinner till Kattegatt, och dels av de växlande vattenstånd, som förorsakas genom vind och tidvatten. Syd- och ostliga vindar driva Östersjöns vatten ut genom utloppen, då däremot nord- och västliga vindar pressa Kattegatts vatten in i Östersjön.

Östersjöns nederbördsområde är c:a 2 miljoner km²

eller i runt tal 40 gånger så stort som Göta älvs. Östersjön enbart utgör 420,000 km² eller 21 % av hela nederbördsområdet. Av strömmätningarna i Sundet framgår, att ungefär hälften av vattenmängden från Östersjön avbördas genom Öresund, varvid antagits, att medelavrinningen per km² är lika med Göta älvs. Medelavrinningen genom Öresund skulle då uppgå till icke mindre än 11,000 m³ per sek. Strömhastigheten är givetvis störst i de minsta sektionerna vid Hälsingborg—Helsingör och Limhamn—Amager. På grund av det väsentligt mindre djupet på sistnämnda stället är sektionen på båda dessa ställen ungefär lika stor eller c:a 80,000 m². Medelvattenmängden motsvarar sålunda i minsta sektionerna en vattenhastighet av 0,14 m per sek. De i Sundet direkt uppmätta strömmarna äro oftast väsentligt starkare än ovan beräknats. Direkta mätningar av strömhastigheten göras bl. a. vid de i Flintrännan och Drogden förlagda fyrskeppen samt vid lotsverkets signalstation i Hälsingborg. Som medeltal torde man kunna räkna med, att strömmen går i nordlig och sydlig riktning resp. 60 och 30 % av året samt att någon nämnvärd ström icke råder under 10 % av året. Vid Hälsingborg är strömhastigheten som medeltal för hela året c:a 0,5 m per sek. och uppgår till 1,0 m flera gånger under månaden samt överstiger 1,5 m någon gång under året. Vid exceptionella vattenstånd kan hastigheten vara väsentligt större. I allmänhet har strömmen samma riktning under flera dagar i följd och kan gå i nordlig riktning under en hel månad. Medelhastigheten motsvarar en vattenmängd av c:a 40,000 m³ per sek. Huru stor denna vattenmängd är, kan lättare bedömas, om man jämför medelvattenmängden med den vattenmängd, som i medeltal framrinner i Norrström och förbi Göteborg i Göta älvs södra gren. Vattenmängden i Sundet är då 150 gånger så stor som den, som rinner fram förbi Stockholm, och 250 gånger vattenmängden förbi Göteborg. Folkmängden vid Öresunds stränder överstiger f. n. endast obetydligt 1 miljon och, om man för framtiden räknar med 1,5 miljon och en vattenförbrukning av 200 l per inv., överstiger kloakvattenmängden i medeltal icke

4 m³ per sek., vilket motsvarar en genomsnittlig utspädning av 1: 10,000.

Ebb- och flodfenomenet är fullt påtagligt i Öresund, men amplituden är icke större än 0,15 à 0,20 m. Oftast störes fenomenet av de vattenståndsvariationer, som förorsakas av vinden. Även denna rel. ringa växling i vattenstånd åstadkommer emellertid en avsevärd vattenomsättning. Vid bearbetning av de diagram, som erhållas från den självregistrerande pegeln i Malmö hamn, hava vattenståndsvariationerna under dygnet under åren 1928, 1929 och 1930 befunnits uppgå till i medeltal resp. 0,27, 0,30 och 0,27 m. Motsvarande tal för Hälsingborgs hamn, där vattenstånden direkt avläsas var fjärde timme dygnet om, har varit 0,23, 0,24 och 0,21 m. Med självregistrerande pegel, varvid även mellanliggande värden erhållits, hade värdena i Hälsingborg säkerligen varit icke så oväsentligt högre. Man kan därför räkna med, att de dagliga vattenståndsvariationerna i Sundet i medeltal uppgå till c:a 0,3 m. Detta innebär, att vattenomsättningen på varje km², även om man icke tager hänsyn till tidvattnets dubbla växlingar, i medeltal uppgår till 300,000 m³ per dygn. Denna vattenomsättning är av största betydelse i avloppstekniskt hänseende, enär den även når de vikar, där den i Sundets längdriktning framgående strömmen icke gör sig gällande, och detta även då vikarna äro isbelagda. Under månaderna jan.—mars, då isbeläggning här kan ifrågakomma, är dessutom vattenståndsvariationerna c:a 10 % större än medeltalet för året. Av vilken stor betydelse dessa vattenståndsvariationer äro, belyses bäst därav, att längs Malmö stads 15 km långa strandlinje är vattenomsättningen enbart härav på de 500 m närmast stranden så stor, att den motsvarar en utspädningsgrad för kloakvattnet av 1:100.

Köpenhamn.

Av städerna vid Öresund var det Köpenhamn, som först vidtog några mera omfattande nyanläggningar för att förbättra vattnets beskaffenhet i kanaler och längs stranden. Här sattes nämligen år 1901 på Amagers nordspets i drift ett större kloakpumpverk, som nu mottager

kloakvattnet från ett område med 600,000 inv. eller 75 % av stadens befolkning och varifrån vattnet genom 2 tryckledningar ledes ut i Kongedybet på 1,500 m avstånd från stranden och på 11 m djup. Utloppet ligger 3,5 km söder om hamninloppet norrifrån. På Amager finnes ytterligare ett pumpverk med en längre utloppsledning. Detta är beläget 2,5 km söder om huvudutloppet och ledningen når här 500 m ut från stranden till 3 m vattendjup.

Stadens sydvästliga delar dräneras till Kalvebodstrand eller sundet mellan Själland och Amager. Som vattendjupet här är obetydligt och vattenomsättningen liten, underkastas avloppsvattnet slamavskiljning, innan det utsläppes. Detta sker i emscherbrunnar.

Norr om hamnområdet utmynna två utlopp på 4 m vattendjup, c:a 600 m från stranden och c:a 500 m utanför badanläggningen Helgoland. Största spillvattenmängden uppgår till sammanlagt 550 m³ per timme. Då bakteriehalten i närheten av badhuset var för stor, har sedan några år detta avloppsvatten behandlats med klorgas, varav tillsättes 30 g per m³. Klortillsatsen sker vid inloppet i de bassänger, som anlagts framför de långa utloppsledningarna för att kunna utsläppa vattnet stövis, varigenom slamavlagringar i utloppsledningarna hindras att uppstå. Under de senare åren har vattenomsättningen i bukten utanför Helgolands badhus blivit väsentligt mindre än tidigare på grund därav, att de långt utskjutande hamnanläggningarna hindra strömmarna. Härigenom hava olägenheter uppstått för badanläggningen. Även på flera andra ställen längs danska Öresundskusten finnas liknande svårigheter genom att avloppsledningarna mynna allt för nära badplatserna.

Under de senare åren hava framkommit många anmärkningar på vattnets beskaffenhet längs danska Öresundskusten. Efter allt att döma härleda sig de påtalade olägenheterna från det kloakvatten, som utsläppes i strandlinjens omedelbara närhet. Då stranden längs hela kusten nyttjas som badplats, är det lätt förklarligt, att spår skall märkas av närbelägna utlopp. Köpenhamns huvudutlopp synes icke hava föranlett några anmärk-

ningar. Vid besök av undertecknad i maj i år kunde man på vattnets utseende icke spåra kloakvattnet längre än 300 à 400 m i strömriktningen. Enligt uppgift förefunnos icke några olägenheter för från stranden söder om kloakutloppet c:a 500 m utskjutande badhus, som ligga på 1,200 m avstånd från kloakutloppets mynning. För närvarande pågå i Köpenhamn omfattande undersökningar för att utröna kloakvattnets inverkan på vattnet i Öresund. Av uttalande av dr. Blegvad, chef för Dansk Biologisk Station, framgår, att slammet på botten vid utloppet i Kongedybet ej sträcker sig längre än 100 m från detsamma. I Ingenjören år 1925, n:r 47, refereras de undersökningar, som utförts av med. dr. Erik Bondo bl. a. vid huvudutloppet i Kongedybet åren 1922—23 vid fyra olika tillfällen. Vid de tre första undersökningarna kunde fäkala bakterier icke påvisas på större avstånd än högst 300 m från utloppet vare sig i ström- eller vindriktningen. Vid det fjärde försöket, då svag ström rådde, kunde i vindriktningen spåras fettämne på vattenytan på 600 m avstånd och nämnda bakterier kunde spåras ännu på 650 m avstånd.

I detta sammanhang kan omnämnas, att i Sölleröd, några mil norr om Köpenhamn, finnes en intressant aktiverat slam-anläggning, byggd år 1922 för 5,000 inv. och för en kostnad av 94,000 kr. Fig. 8. Efter förbehandling i uteslutande sandfångare behandlas vattnet i bassänger med luftinblåsning från botten. Överskottsslammet går direkt till vanliga öppna slamtorkningsplatser. Renings-effekten är tillfredsställande. Slamtorkningen är icke alldeles luktfri.

Malmö.

På svenska sidan av Öresund är folkmängden i städerna tillsammans endast $\frac{1}{3}$ av den på danska sidan och kloakvattenmängden i motsvarande grad mindre. Som bekant utsläpptes kloakvattnet i Malmö tidigare direkt i kanalerna runt Gamla staden. På grund av mycket obetydlig hastighet på vattnet i kanalerna uppstodo här slamavlagringar. Vattenomsättningen var också för obetydlig för att tillföra tillräckligt med syre. Sedan år 1908 utpumpas större delen av kloakvattnet i Lomma-

bukten. Till en början framdrogs tryckledningen endast till Sege å och planer förelågo att åtminstone befria vattnet från slam, innan det utsläpptes i ån. Dessa reningsanläggningar kommo emellertid icke till utförande, utan då olägenheter uppstodo vid utloppet i ån, förlängdes tryckledningen år 1911 och utmynnar nu c:a 3 km norr om inseglingsrännan och 800 m utanför järnvägslinjen Malmö—Arlöv, som är framdragen längs den långgrunda stranden. Resultatet härav har blivit fullt tillfredsställande. Djupet vid utloppet är endast ett par decimeter och ännu på 200 m avstånd från utloppet är djupet ej större än 0,5 m. På detta avstånd från utloppet har botten fortfarande kvar sin karaktär av sandbotten och på 400 à 500 m från utloppet kan någon missfärgning av vattnet icke iakttagas. Detta goda resultat torde bero på den rel. goda vattenomsättningen och det ringa vattendjupet, som medgiver en snabb syretillförsel till hela vattenmassan.

Sedan år 1908 har staden ytterligare tillvuxit och mängden kloakvatten ännu snabbare ökats. En stor del av det bebyggda stadsområdet ligger nu utanför det först byggda pumpverkets dräneringsområde. För dessa stadsdelar planeras ett nytt pumpverk, avsett att leda kloakvattnet från dessa områden ut i strömfåran i Sundet eller 400 m utanför de yttersta hamnpirerna, 800 m utanför de närmaste mindre badanläggningarna samt c:a 2 km norr om stadens egentliga badplats. Den elektromotordrivna delen av pumpverket planeras att utföras med vertikalt uppställda aggregat och med automatisk start. Då en mindre del av pumpverkets dräneringsområde ligger så lågt, att det lämpligen bör dräneras enligt duplikatsystemet och källargolven i så fall komma att ligga under högvattenytan i Sundet, måste oljemotordrivet reservmaskineri finnas. Samtidigt kommer ett 3 km långt strandområde mellan Malmö och Limhamn, som även nu mottager en ringa mängd kloakvatten, att praktiskt taget helt befrias från utmynnande kloakledningar. Anläggningar komma här att utföras för att åstadkomma ett fullt tillfredsställande strandbad. Att vattnets beskaffenhet redan nu är tillfredsställande i

närheten av badplatserna framgick av de undersökningar som hälsovårdsnämnden lät utföra under senare delen av förra årets badsäsong. Av 44 prov tagna en gång i veckan på 7 olika ställen erhöles följande colititer: 1 st. $0,01 < j \leq 0,1$, 4 st. $0,1 < j \leq 1$ och resten bättre.

Hälsingborg.

I Hälsingborg avledes kloakvattnet för närvarande i stort sett kortaste vägen till stadens 13 km långa strandlinje. Sedan år 1929 finnes dock ett elektromotordrivnet pumpverk vid inre hamnen, vilket uppfordrar det kloakvatten, som tidigare utran i hamnbassängen, till det närmast norr om hamnen belägna utloppet. Trots den mycket rikliga vattenomsättningen utanför Hälsingborg hava dock vissa olägenheter uppstått av kloakvattnet. Sålunda har på vattnet vid badplatser längs stranden vid vissa tillfällen kunnat iakttagas föremål, som härlett från kloakvattnet, och vattnet i närheten av badplatserna har någon gång t. o. m. grumlats av kloakvatten. Detta beror synbarligen därpå, att kloakvatten vid svag pålandsvind i sned riktning mot stranden utan att blanda sig med saltvattnet följer stranden och kan påvisas flera hundra meter från utloppen.

För att avhjälpa dessa olägenheter har föreslagits att utlägga en utloppsledning till 500 m avstånd från stranden och c:a 200 m utanför vågbrytarna, på vilket avstånd vattendjupet är 10 m och där strömmen går fram. Genom försök har konstaterats, att strömmen på detta avstånd går parallellt med stranden. Avståndet till Pålsjöbadet, som ligger invid stranden norr om utloppsledningen, blir härvid 1,700 m. Utloppets mynning skall förses med munstycken, fördelade på en längd av 50 m. Innan kloakvattnet når utloppsledningen, skall det passera en s. k. skumbrunn, avsedd att kvarhålla flytande föroreningar, i huvudsak olja och w. e.-produkter, och varifrån dessa vid behov kunna bortforslas. Kloakvattnet kan med självtryck nå utloppet men för att spola utloppsledningen och hålla samlingsledningarna fria från avlagringar erfordras ett pumpverk, som för detta ändamål är avsett att hållas i drift omkring 0,5 timme varje dag. Under badsäsongen

kunna pumparna inställas så, att de automatiskt igångsätts vid regntillfällen och vid högvatten i Sundet och härigenom ökas anläggningens kapacitet avsevärt. Det kan kanske också visa sig erforderligt att under badsäsongen hålla pumpverket i drift dygnet om och redan vid pumpverket utspäda kloakvattnet med saltvatten för att underlätta blandningen och kloakvattnets självrening.

Trots att vattenomsättningen i Öresund är mycket stor, är det icke ens här alltid lämpligt att utsläppa kloakvattnet direkt vid stranden, utan detta bör efter någon enkel förbehandling ledas längre ut i Sundet. Liknande lösningar kunna mångenstädes tillämpas. I de samhällen åter, där kloakvattnet måste renas, medför detta så stora fördelar icke enbart i hygieniskt hänseende, att de kostnader, som äro förknippade härmed, ofta kunna anses motiverade rent ekonomiskt sett. Sålunda kunna härigenom kostnaderna minskas för vattenledningsverk, vilkas vattentäkt tidigare förorenades. Lämpliga badplatser kunna ordnas för lägre kostnader. Värdet på marken i närheten av utloppet stiger och ökat fiskbestånd kan komma att uppstå. Värdesätts dessutom i vederbörlig grad förbättringar i hygieniskt och estetiskt hänseende, blir det kanske icke så avskräckande, rent ekonomiskt sett, att rena kloakvattnet, då så visar sig nödvändigt.