

Wydobywanie osadów z komór gnilnych przeprowadzane jest przy pomocy sprężonego lub rozrzedzonego powietrza oraz różnego rodzaju pomp przeponowych, tłokowych, powietrznych oraz wirnikowych. Najpowszechniej stosowane są pompy wirnikowe. Stratę ciśnienia w przewodach prowadzących osady o dużej zawartości wody można przyjąć taką samą, jak dla wody. Gdy osady są gęste, straty mogą być około 1,5—2,0-krotnie większe.

Pompy wirnikowe stosowane są tej samej budowy, co pompy kanałowe o małej ilości łopatek i dużym prześwicie.

Przewody na oczyszczalni tam, gdzie jest to możliwe, należy wykonywać jako rynny otwarte o przekroju prostokątnym z prędkością minimalną przepływu 0,4 m/sek. Przed piaskownikiem prędkość powinna być większa co najmniej 0,6 m/sek, by osad nie zbierał się na dnie. W przewodach z płynnym osadem prędkości wynosić powinny 1 m/sek.

IX. 3-e. *Oczyszczanie wtórne.*

W ściekach oczyszczonych sposobami mechanicznymi pozostają wszystkie zanieczyszczenia rozpuszczone oraz koloidalne. Przy pomocy sposobów chemicznych można powiększyć stopień oczyszczenia, przy czym usunięte zostają również zanieczyszczenia nie ulegające osadzeniu i większa część koloidalnych. Ścieki stają się klarowne, zawierają jednak jeszcze dużą ilość związków organicznych, a więc podlegających gnicciu, stawiając duże wymagania w stosunku do zdolności samooczyszczania się odbiornika. Gdy ten stopień oczyszczania nie wystarcza, ze względu na zbyt małe rozcieńczenie wodami odbiornika ścieków i niedostateczną ilość tlenu zawartego w wodzie oraz pochłanianego przez powierzchnię, do mineralizacji znajdujących się zanieczyszczeń organicznych muszą być ścieki oczyszczane w sposób bardziej doskonały. Usunięcie zdolności gnilnej ścieków odbywa się przez mineralizację zawartych w ściekach ciał organicznych głównie przy pomocy mikroorganizmów. Ponieważ one nadają charakter procesom, przebiegającym w tym stopniu oczyszczania, sposoby te otrzymały nazwę biologicznych. W sposobach tych stworzone są sztucznie procesy, powstające w sposób naturalny, opisane wyżej przy mineralizacji ciał organicznych w rzekach lub gruncie. W następstwie tego we wszystkich sposobach zasadnicze znaczenie posiada jak najlepszy dostęp powietrza do wnętrza ścieków. W czasie mineralizacji ciał organicznych przy pomocy sposobów biologicznych zachodzą poza zjawiskami czysto biologicznymi również pewne procesy chemiczne i fizyczne.

Ciała organiczne adsorbowane są przy pomocy wydzielonych przez bakterie lub też zawartych w wodzie fermentów i w stanie rozpuszczonym przedostają się przez błonę komórkową wraz z zawartym w wodzie tlenem do wnętrza komórek. Tutaj podlegają rozkładowi przy pomocy tlenu i pod wpływem fermentów komórkowych, przy czym zostają utlenione biochemicznie względnie przeprowadzone w związki mineralne: węglowodany w dwutlenek węgla, związki azotowe w kwas azotowy i wodór. Produkty tych procesów utleniających, z których bakterie czerpią swoją energię życiową, pojawiają się częściowo w formie płynnej, częściowo gazowej. Podlegają one dyfuzji przez ściany komórek do otaczającej wody i wraz z nią odpływają.

W procesach biologicznych ciała organiczne są głównie mineralizowane przez bakterie. Biorąc udział w procesie oczyszczania mała liczba pierwotniaków ma za główne zadanie ograniczenie do należytego stopnia liczby bakterii. Żyjące w rzekach pierwotniaki stanowią wartościowe pożywienie dla ryb. Powstające przy rozkładzie produkty są dalej rozkładane procesami chemicznymi, względnie jeśli stają się związkami nierozpuszczalnymi, usuwane są z wody procesem fizycznym sedymentacji. Powstają błonki i kłaczk, osiadające na ziarnach gruntu lub złóż, lub też pływające swobodnie w wodzie. Adsorbują one ze ścieków najdrobniejsze zawiesiny, jak również rozpuszczane zanieczyszczenia.

Pobierany zawarty w wodzie tlen musi być ciągle odnawiany. Nawietrzanie ścieków odbywa się albo przez wdmuchiwanie powietrza do wody lub też przez rozkroplenie ścieków, wystawienie ich w stanie rozkroplonym na dłuższą styczność z powietrzem otaczającym.

Można ścieki i bez oczyszczania wstępnego poddać oczyszczaniu biologicznemu, jeśli tylko zostaną przy pomocy krat i sit usunięte grube zanieczyszczenia. W przeważającej liczbie wy-

padków jest celowe i gospodarczo uzasadnione oczyszczać ścieki w możliwie doskonałym stopniu od zanieczyszczeń zawieszonych. Stąd podział na oczyszczanie wstępne mechaniczne, wtórne biologiczne.

Oczyszczanie biologiczne podzielić można na odbywające się w środowisku powietrznym oraz wodnym. W wypadku pierwszym poddawane są ścieki działaniu powietrza na jakimś podłożu w cienkiej warstwie lub w stanie rozkroplenia. Podłoża, na których rozwijają się mikroorganizmy, znajdują się w powietrzu. W wypadku drugim upodobnione są warunki do naturalnego sposobu samooczyszczania się wód w naturze. Niezależnie od tego podziału rozróżniamy sposoby naturalne i sztuczne, zależnie od tego, czy wykorzystuje się naturalne procesy zachodzące w gruncie lub wodzie, czy też wzmacnia się procesy przy pomocy sztucznych środków, specjalnego rodzaju złóż i wtłaczania powietrza, umożliwiającymi przeprowadzenie oczyszczenia w urządzeniach o wielokrotnie mniejszej powierzchni oraz pojemności. Stosowane są następujące sposoby:

I. Oczyszczanie w środowisku powietrznym:

Sposoby naturalne: pola nawadniane, pola filtracyjne, filtry gruntowe.

Sposoby sztuczne: złoża zalewane, złoża zraszane, złoża zanurzone.

II. Oczyszczanie w środowisku wodnym:

Sposoby naturalne: Stawy rybne, osad czynny.

Sprawność oczyszczania biologicznego wykazuje różnica jakości ścieków na dopływie i odpływie. Czynnikiem kwalifikującym jest tlen biochemiczny, jak również zmniejszenie ilości zawiesin oraz bakterii. Imhoff podaje następujące wartości porównawcze:

Zestawienie 19.

| Wyszczególnienie | Zmniejszenie w % | | |
|---|------------------|----------|----------|
| | biochem. tlenu | zawiesin | bakterii |
| Gęste sita | 5 — 10 | 5 — 20 | 10 — 20 |
| Chlorowanie surowych ścieków | 15 — 30 | — | 90 — 95 |
| Osadniki | 25 — 40 | 40 — 70 | 25 — 75 |
| " i filtry piaskowe | 35 — 65 | 50 — 80 | — |
| Chemiczne oczyszczanie | 50 — 85 | 70 — 90 | 40 — 80 |
| " " i filtry piask. | 50 — 90 | 80 — 95 | — |
| Silnie obciążone złoża zraszane z osadnikami wstępnymi i wtórnymi | 65 — 95 | 65 — 92 | — |
| Słabo obciążone złoża zraszane z osadnikami wstępnymi i wtórnymi | 80 — 95 | 70 — 92 | 90 — 95 |
| Osad czynny z osadnikami wstępnymi i wtórnymi | 85 — 95 | 85 — 95 | 90 — 98 |
| Filtr gruntowy | 90 — 95 | 85 — 95 | 95 — 98 |
| Chlorowanie oczyszczonych biologicznych ścieków | — | — | 98 — 99 |

W sposobach oczyszczania w środowisku powietrznym konieczny jest spadek odpowiadający całej wysokości złoża. W przeciwieństwie do tego w sposobach oczyszczania w środowisku wodnym wymagany jest bardzo niewielki spadek zwierciadła wody. Naturalne sposoby stosowane są tam, gdzie istnieją dla nich korzystne warunki. Zależnie od tego, czy zawarte w ściekach wartości są gospodarczo wykorzystywane, czy też nie, można sposoby oczyszczania podzielić jeszcze na sposoby produkcyjne i konsumcyjne. Do sposobów produkcyjnych należą pola nawadniane oraz stawy rybne. Pozostałe sposoby są konsumcyjne, wykorzystana być może tylko część wartości nawozowych zawartych w ściekach przez użycie dla celów rolniczych przegnilo osadu z osadników wtórnych.

Pola nawadniane.

Najstarszym sposobem oczyszczania ścieków jest nawadnianie przy ich pomocy pól poddanych uprawie rolnej. Jednocześnie wykorzystuje się zawarte w ściekach wartości nawozowe, przy czym na powiększenie plonów wpływ dodatni ma również doprowadzanie w okresie wegetacji do gruntu wody, na której brak wiele z nich cierpi. Ścieki zostają uwolnione przy po-

mocy mechanicznego procesu filtracyjnego ze wszystkich nierozpuszczonych zanieczyszczeń. Żyjące w ziemi mikroorganizmy rozkładają zatrzymane mechanicznie oraz rozpuszczone zanieczyszczenia organiczne. Do gleby doprowadzone są wartościowe nawozowe związki, niezbędne dla wzrostu roślin. Odpływająca woda jest przezroczysta i prawie całkowicie wolna od rozpuszczonych zanieczyszczeń organicznych. Może być ona bez żadnych zastrzeżeń odprowadzona do odbiornika.

Przeprowadzane może być nawodnienie ściekami tylko na glebach odpowiedniej jakości, lekkich, przewiewnych i w okolicach, gdzie nie występują w okresie wegetacji nadmierne opady. Grunty muszą być do tego celu przystosowane i zabezpieczone przeciwko mogącym powstać zabagnieniom odwodnieniem w postaci drenażu. Obciążenie pól nawadnianych ściekami nie może przekroczyć pewnej granicy, gdyż w przeciwnym razie zanieczyszczenia zawarte w ściekach nie mogą być w gruncie przerobione. Niezbędne są więc stosunkowo duże powierzchnie. Z tym związane są wysokie koszty urządzeń i przystosowań. Z tych to względów nawodnienie pól stosowane jest obecnie na ogół rzadko, będąc zastępowane sposobami biologii sztucznej.

O b c i ą ż e n i e powierzchni wyrażane jest w ilości mieszkańców na 1 ha. Przy warunku, że obok całkowitego oczyszczania powinno nastąpić możliwie daleko idące wykorzystanie wartości nawozowych, nie można obciążać pól w przecięciu rocznym wyższą warstwą nawadniającą niż 150—250 mm. Odpowiada to ilości 1500—2500 m³/ha/rok, zaś na dobę 4,1 — 6,8 m³/ha. Przy ilości dobowej ścieków 150 litr/mieszk. jeden ha może być obciążony ściekami od (licząc w okrągłych liczbach) 30 — 50 mieszkańców. W wypadku upraw łkowych można przyjmować obciążenie dwukrotnie większe, tj. 100 mieszk/ha.

Ścieki przed wprowadzeniem na pola muszą ulec wstępnemu oczyszczeniu w osadnikach o minimalnym czasie zatrzymania wynoszącym 30 minut. Poddane takiemu wstępnemu oczyszczeniu ścieki tracą tylko w nieznacznym stopniu swoje składniki nawozowe. Związki azotowe, potasowe i fosforowe znajdują się w ściekach po większej części w stanie rozpuszczonym. Chwytny osad najlepiej poddać procesowi gnilnemu, wykorzystując gaz do uruchomienia silników napędzających pompy. Przegnile osady zużyć można również jako środek nawożący. Przed pompami przetłaczającymi ścieki na pola umieszcza się zbiorniki o pojemności równej około 1/3 części dobowego dopływu tak, by dochodzące w ciągu 24 godzin ścieki można było przetłoczyć na pola w ciągu 8-godzinnej pracy. Gdy mają być również gromadzone ścieki w niedzielę, pojemność należy zwiększyć do 30-godzinnej dopływu.

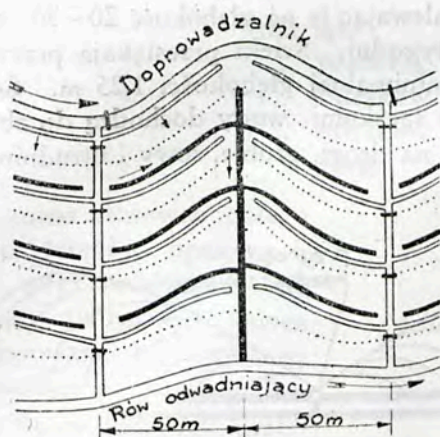
Pola nawodnione muszą być tak założone w stosunku do dopływu ścieków, by mogły one dojść do najwyższych oraz najdalej położonych miejsc. Ze względu na to, że pola nie mogą znajdować się w najbliższym sąsiedztwie miasta, gdyż jednak związane są z nimi pewne przykre objawy nieprzyjemnych woni oraz plagi much, najtańsze rozwiązanie doprowadzenia przewodami otwartymi zazwyczaj nie może być zastosowane z powodu braku spadku. Odbywa się więc ono przy pomocy przewodów tłocznych. Główny p r z e w ó d t ł o c z n y na obszarze nawadnianym rozgałęzia się na sieć przewodów rozdzielczych, doprowadzających ścieki do najwyższej położonych miejsc poszczególnych działów. Z tych punktów, w których umieszczone są wyloty, ścieki rozchodzą się po polach przewodami otwartymi. Układ przewodów zależy od sposobu nawadniania pól.

P r z e w o d y r o z d z i e l c z e wykonywa się z rur o minimalnej średnicy 200 mm. Przy największym przepływie prędkość w nich nie powinna przekraczać 1 m/sek. Rowom rozdzielczym nadaje się wymiary 0,50 m głębokości i 0,3 m szerokości w dnie i nachylenie skarp 1:1 lub 1:1,5. Spadek rowów przy nieumocnionym dnie i skarpach nie powinien być większy niż 5‰, prędkość wody nie większa niż 0,4 — 0,8 m/sek, aby nie powstawało niszczenie dna i skarp. W wypadku większego spadku terenu należy go zmniejszać przy pomocy stopni z kamieni lub betonu. Na pola wprowadza się ścieki przy pomocy koryt drewnianych smarowanych karbolinem lub koryt betonowych zaopatrzonych w zastawki drewniane. Rowy doprowadzające należy utrzymywać w czystości, aby powodowany przez ścieki silny porost grzybów nie wywołał zbytniego zmniejszenia przekroju.

W połączeniu z polami nawadnianymi muszą być założone filtry gruntowe o powierzchni 1—2‰ użytecznej powierzchni pól. Zadaniem filtrów gruntowych jest przyjęcie

i oczyszczanie ścieków w tym czasie, gdy nie mogą być one użyte na polach podlegających uprawie rolnej.

Pola nawadniane muszą być odpowiednio przystosowane do przyjęcia ścieków. Zależnie głównie od miejscowego układu powierzchni stosowane są różne rodzaje nawodnień: stokowe, zalewowe, grzędowe, podziemne oraz przy pomocy rozdeszczania.



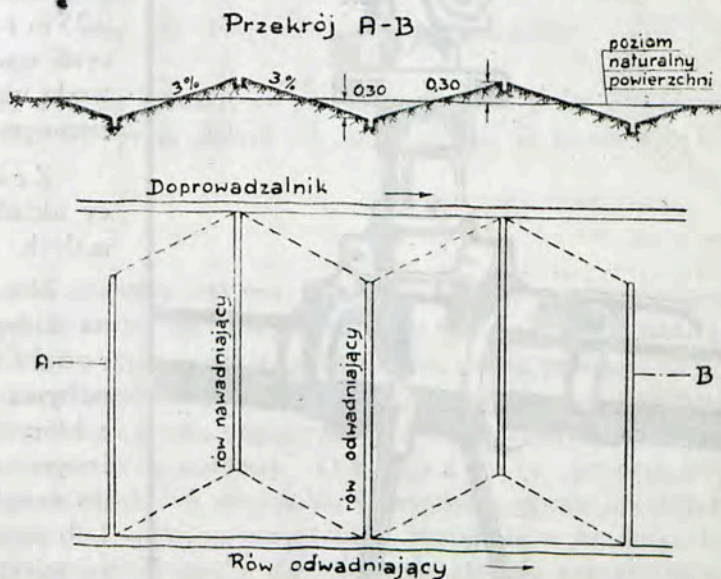
Rys. 401. Nawodnienie stokowe naturalne.



Rys. 402. Nawodnienie stokowe naturalne.

Nawodnienie stokowe (rys. 401, 402) stosuje się, gdy spadki powierzchni nie są mniejsze niż 1,5–2‰. Wprowadzenie ścieków na pole odbywa się w ten sposób, że ścieki spływają przez krawędź doprowadzalnika w górnym końcu powierzchni zraszanej, którą obiera się o wielkości około 0,25 ha. Ścieki spływają po powierzchni cienką warstwą na odległość 10–20 m. Szerokość powierzchni zraszanej zależy od właściwości gleby oraz spadku. W dolnym końcu pasa powierzchni chwyta się ścieki do rowu zbiorczego i z niego wprowadza w sposób podobny na powierzchnię następną. Przy dostosowywaniu powierzchni do zraszania stokowego rowy nawadniające i odwadniające należy prowadzić zgodnie z ukształtowaniem terenu. Należy w możliwym stopniu unikać plantowania terenu, choć niewielkie wyrównanie jest zwykle konieczne, gdyż w przeciwnym wypadku powstają obok siebie suche i mokre miejsca. Dla tego rodzaju nawodnień nadają się również grunty cięższe. Drenowanie gruntów lekkich jest niepotrzebne.

Gdy brak naturalnych stoków, można je stworzyć sztucznie. Tego jednak rodzaju przystosowanie sztuczne pociąga za sobą bardzo poważne koszty robót ziemnych. Od doprowadzalnika (rys. 403)

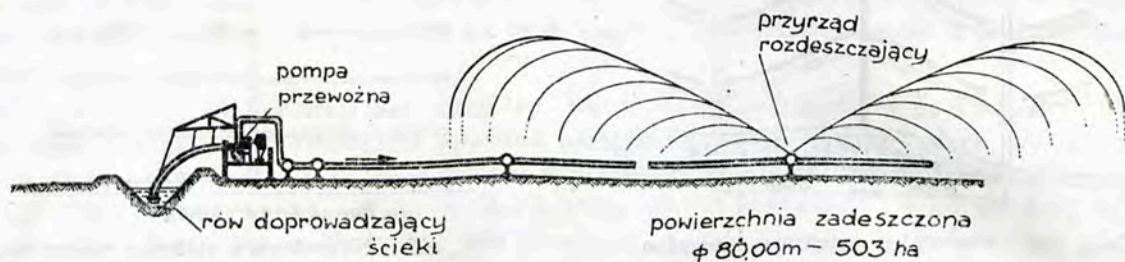


Rys. 403. Nawodnienie stokowe ze sztucznym przystosowaniem powierzchni.

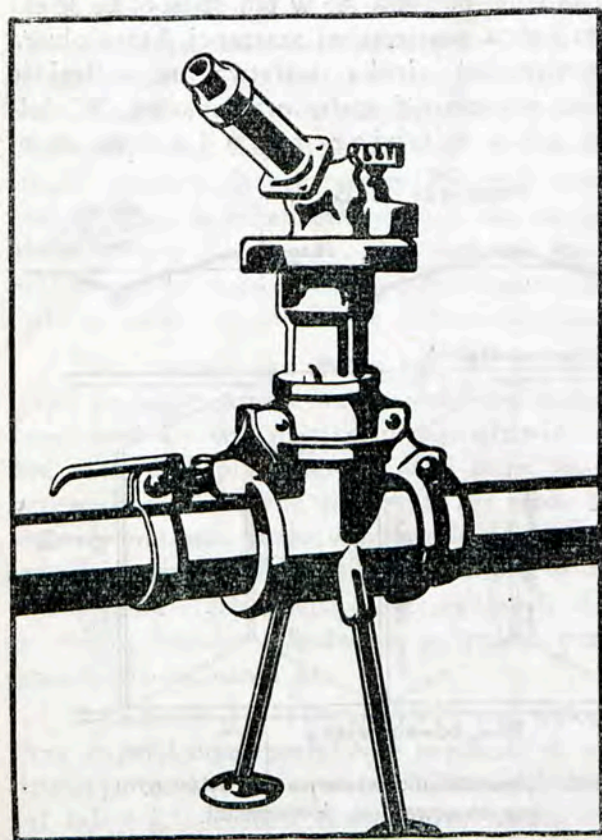
idą rowki nawadniające z podłużnym spadkiem 3‰. Przepełnione są one na całej swej długości ściekami, które przelewają się cienką warstwą przez krawędź i spływają po wyrównanej do spadku 3‰ powierzchni do rowka odwadniającego, umieszczonego pomiędzy sąsiednimi półkami. Przystosowana powierzchnia otrzymuje wygląd daszków. Ścieki zebrane w rowku odwadniającym dopływają do odprowadzalnika, biegnącego równoległe do doprowadzalnika w odległości nie większej niż 50 cm. Szerokość pól między rowami do- i odprowadzającymi daje się 20 m. Powierzchnie pól w ten sposób nawad-

nianych muszą być zdrenowane, odstęp dren 15 m. Odpływ z drenażu w czasie zraszania jest zamknięty. Poziom wody gruntowej znajdować się musi poniżej zakładanego odwadniającego drenażu.

Przy braku spadku stosuje się nawodnienie zalewowe. Odpowiednie są tylko gleby lekkie, przewiewne, suche. Dzieli się całą powierzchnię, mającą służyć dla oczyszczania ścieków, na pola o wielkości 0,25 — 1 ha przy pomocy sypanych na wysokość 0,5 m grobli. Ścieki wprowadza się do poszczególnych kwater, zalewając je na głębokość 20—30 cm i pozostawia w lecie przez 3—6 dni, w zimie przez kilka tygodni. Ścieki przesiakają przez grunt dopływając do ułożonych dren w odstępach 5—10 m i minimalnej głębokości 1,25 m. Średnica drenów nie powinna być mniejsza niż 5 cm. Prowadzone sączkami wody dochodzą do zbieraczy i odpływają do odbiornika. Traci się dużo powierzchni na drogi, groble, rowy i utrudniona jest uprawa.



Rys. 404. Urządzenie do rozdeszczania ścieków.



Rys. 405. Przyrząd rozdeszczający ścieki.

W wypadku niewielkich spadków stosuje się również nawodnienia grzędowe, głównie w wypadku uprawy jarzyn. Równoległe do stoku wyrabia się pomiędzy 1 m szerokości grzędami rowki o szerokości i głębokości 0,20—0,25 m i doprowadza do nich ścieki rowami, idącymi wzdłuż stoku. Spiętrzona między grzędami woda wsiąka w grunt i odpływa drenażem podziemnym.

Zraszanie podziemne przy pomocy układu dren stosuje się prawie wyłącznie w małych oczyszczalniach kanalizacji domowych.

Nie wymagają przystosowania powierzchnie, na które wprowadza się ścieki przy pomocy rozdeszczania. Doprowadzenie ścieków odbywa się przy pomocy rowów otwartych, z których czerpie się ścieki pompą i tłoczy ułożonymi swobodnie na powierzchni przewodami do urządzeń rozdeszczających (rys. 404, 405). Lub też zakłada się pompownię centralną, z której ścieki wchodzi w sieć rur założonych w gruncie na głębokości zabezpieczającej od zamarzania. Z przewodów rozdzielczych ścieki pobierane są przewodami gumowymi.

Na przewody układane na powierzchni, ruchome, stosuje się obecnie glin z uwagi na lek-

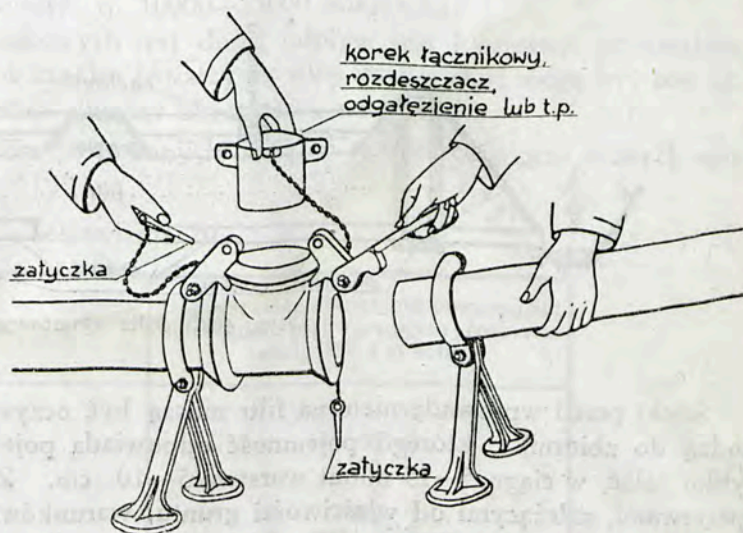
kość. Do połączeń poszczególnych odcinków rur używa się połączenia przegubowe zaciskowe (rys. 406), łączone i rozłączane jednym ruchem ręki. Rozdeszczanie może być przeprowadzane tylko w okresie letnim. W czasie miesięcy zimowych stosować należy inny sposób nawodnienia. Nawodnienie powinno być stosowane do ścieków podczyszczonych biologicznie, ze względu na trudne do zwalczania rozsiewanie przykrych woni oraz łatwiejszą możliwość przenoszenia cho-

robotwórczych bakterii i zarodników pasożytów, gdyż ścieki dochodzą do roślin z góry. Z tych ostatnich względów nawodnienia prowadzone być powinny w ten sposób, by ścieki dochodziły tylko do korzeni roślin; by pomiędzy ostatnim nawodnieniem i zbiorem był okres 4-tygodniowej przerwy oraz by na świeżo nawodnione pastwiska nie były wypędzane krowy.

Dawki ścieków na poszczególne powierzchnie dostosowuje się do właściwości gruntu oraz rodzaju uprawy. Wynoszą one według Zunkera:

| | |
|----------------------|--------|
| dla łąk | 800 mm |
| „ pastwisk | 450 „ |
| „ buraków pastewnych | 500 „ |
| „ buraków cukrowych | 300 „ |
| „ zbóż | 100 „ |

Nie można stosować stałego obciążenia terenów uprawnych ściekami, gdyż prowadzi to do przeciążania gleby. Co pewien okres stosowane być powinny dłuższe trwające przerwy. Rolę zrasza się co drugi rok, przerwy zaś zależnie od rodzaju gleby dochodzić powinny nawet do 8 lat. W przeciwnym wypadku odpływy zawierają zbyt dużą ilość niezmineralizowanych zanieczyszczeń; nie następuje w dostatecznym stopniu wykorzystanie wartości nawozowych ścieków; powstaje zachwaszczanie rowów odpływowych i ujemny wpływ na odbiornik. Nie zostają więc spełnione zadania postawione połam. Można sytuację co prawda poprawić przez powtórne użycie takich odpływów do zraszania pól lub też przez dalsze ich oczyszczanie w stawach rybnych.



Rys. 406. Połączenie zaciskowe przewodów.

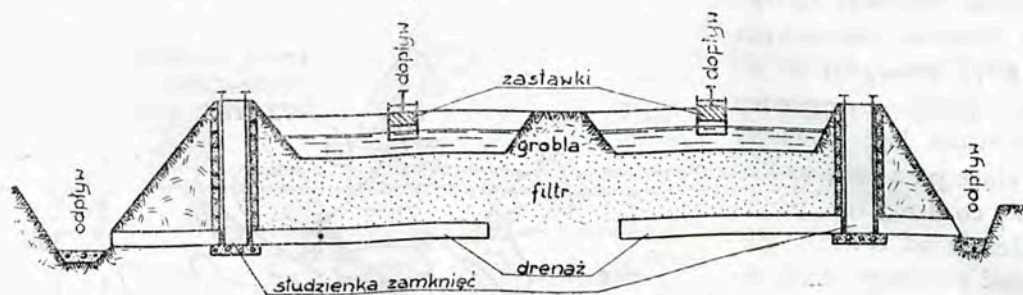
Pola filtracyjne.

Gdy głównym zadaniem nawadnianych gruntów jest oczyszczenie ścieków, z odpowiednio przystosowaną możliwą uprawą, wówczas powierzchnie przeznaczone do tego celu noszą nazwę pól filtracyjnych. Nadające się do tego celu są tylko lekkie, przewiewne, silnie przepuszczające gleby. Grunty takie muszą być drenowane sączkami, założonymi na głębokości co najmniej 1 m i w odstępach około 10 m. Drenaż ma na celu odprowadzenie oczyszczonych ścieków i utrzymanie odpowiednio głębokiego stanu wody gruntowej. Obciążenie powierzchni tych pól wynosić może w wypadku upraw rolnych 200 mieszk/ha, w wypadku upraw łąkowych 500—1000 mieszk/ha, z warunkiem jednak, że ścieki są oczyszczane wstępnie w osadnikach. Przy zbyt jednak silnym obciążeniu ścieki nie podlegają w dostatecznym stopniu oczyszczeniu. Silnie obciążone pola stosowane być mogą dla oczyszczania odpływów ze złóż zraszanych.

Filtry gruntowe.

W wypadku całkowitego zaniechania upraw na gruntach zalewanych ściekami powstaje jedynie filtracja gruntowa. Urządzenia do takiego oczyszczania ścieków noszą nazwę filtrów gruntowych. Wobec bardzo silnego obciążania filtrów ograniczone zostają w stopniu znacznym niezbędne rozmiary powierzchni. Przy zastosowaniu tego sposobu zalewa się powierzchnię filtrów dużymi ilościami podczyszczonych wstępnie ścieków, następnie pozostawia przez pewien czas wolne od zalewu w celu przewietrzenia oraz dla umożliwienia w tym czasie zmineralizowania zatrzymanych przez grunt zanieczyszczeń.

Powierzchnię odpowiednio się przygotowuje dzieląc ją grolami na poszczególne płaskie kwatery zalewowe o wielkości nie większej niż 0,4 ha (rys. 407). W razie braku naturalnych odpowiednich gruntów, można sztucznie stworzyć powierzchnie filtracyjne z warstw piasku, żużla, żwiru, koksu lub podobnego materiału. Grubszy materiał filtracyjny idzie na spód, drobniejszy na górę. Wydobytą ziemię używaną jest na budowę grobli. Do przeprowadzenia ścieków odbywa się przy pomocy rowów, zaopatrzonych w zastawki. Przewody wprowadzające umieszcza się w groblach. Dla rozprowadzenia ścieków po filtrze służą drewniane koryta. Wprowadzenie powinno być tak wykonane, by nie powstawało wymywanie dna. W spodzie na głębokości od 1,0—1,5 m i w odstępach 10 m daje się drenaż z sączków o średnicy co najmniej 10 cm. Głębokość piasku nie powinna być mniejsza niż 0,90 m. Lepsze wyniki osiąga się przy większych głębokościach, przy czym 1,20 m uważa się za górną granicę. Wyjątkowo tylko, gdy piasek jest gruby, obierana jest głębokość 1,30 m.



Rys. 407. Filtr gruntowy.

Ścieki przed wprowadzeniem na filtr muszą być oczyszczone wstępnie w osadnikach i dochodzą do zbiornika, którego pojemność odpowiada pojemności złoża, tak by można je było szybko zalać, w ciągu 5—15 minut warstwą 5—10 cm. Zalewanie przeprowadza się z przerwami, zależącymi od właściwości gruntu, warunków klimatycznych oraz ścieków. Przerwy trwają od 1—4 dni. W wypadku ścieków mało stężonych, zalewanie może być przeprowadzane nawet kilka razy w ciągu doby. Korzystniejsze jest zalewanie częstsze cienkimi warstwami ścieków. Dawkowanie regulowane wykonywane jest przy pomocy zasuw, umieszczonych na wylocie ze zbiornika. Częściej obecnie stosuje się samoczynne syfonowe urządzenia dawkujące.

Filtr gruntowy, jak każde złoże biologiczne, wymaga pewnego czasu na dojrzewanie. W tym czasie ziarna filtru obrastają flegmistą błoną. Dzięki swym wysokim zdolnościom adsorbcyjnym działa ona oczyszczająco na przeciekające ścieki. Dojrzenie filtru następuje wówczas, gdy odpływ wody z niego nie posiada właściwości gnilnych. Gdy wsiąkanie ścieków trwa zbyt długo, ponad 4 godziny, jest to oznaką, że została zbyt silnie zanieczyszczona powierzchnia. Wówczas wylacza się kwaterę z pracy aż do zupełnego wyschnięcia zamulonej powierzchni i zdejmuje górną warstwę 5—7 cm oraz lekkimi żelaznymi grabiami wzrusza piasek. Nie oplaca się płukanie zabrudzonego piasku.

W wypadku samoczynnych urządzeń dawkujących należy stale obserwować stan filtru i wyłączyć go, gdy wymaga odpoczynku i oczyszczenia. W wypadku zbytowego zanieczyszczenia całego korpusu filtru, konieczne jest pozostawienie go w spoczynku na czas tygodnia, a nawet niekiedy dłużej 2—4 tygodni.

Obciążenie zależy od właściwości gruntu. Przy czym odgrywa tu rolę zawartość 10% najdrobniejszych ziarn. Średnicą miarodajną nazwano górną granicę grubości ziarn, które wraz z najdrobniejszymi stanowią 10% wagi. Określa się ją na podstawie krzywej przesiewu. Waha się ona w granicach 0,2—0,5 mm. Najbardziej skuteczna średnica ziarn posiada grubość 0,20—0,35 mm. Podobnie, jak przy filtrach wodociągowych pożądana jest również określona równomierność ziarn. Określa się ją ze stosunku średnicy ziarn stanowiących wraz z mniejszymi 60% wagi do średnicy miarodajnej. Współczynnik równomierności może się wahać w granicach 5—10. Najbardziej pożądanym jest, jeśli koszty nie odgrywają roli, współczynnik 1, zaś jego granica górna 3. Według Imhoffa obciążenie powierzchni filtru w $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{godzinę}$ może wynosić:

| Miarodajna średnica mm | Obciążenie powierzchni m ³ /m ² / godz. |
|---------------------------|--|
| 0,2 | 0,8— 2,1 |
| 0,3 | 2,1— 4,2 |
| 0,4 | 4,2— 8,4 |
| 0,5 | 8,4—12,5 |

W praktyce przyjęto określać obciążenie, jak i poprzednio ilością mieszkańców na ha. Stosowane obciążenia wahają się od 2000—5000 mieszk./ha. Jeżeli ścieki nie podlegają wstępnemu oczyszczeniu, obciążenie musi być zmniejszone o połowę do 1000—2500 mieszk./ha. Natomiast jeśli filtry gruntowe stosowane są do oczyszczania biologicznie oczyszczonych ścieków, wówczas mogą być obciążane 5-krotnie silniej, tj. 10000—25000 mieszk./ha.

Skutek oczyszczania na filtrach piaskowych jest duży, odpływ jest klarowny, zmineralizowany i wolny od zapachu. Pracy filtrów rzadko towarzyszą silne wonie, choć mogą być one obserwowane, jeśli zagniłe ścieki stoją przez dłuższy okres czasu na filtrach.

Dla przejrzystości podaję zestawienie stosowanych obciążeń powierzchni przy różnych sposobach biologii gruntowej.

Zestawienie 20.

| Wyszczególnienie | Dopuszczalne obciążenie powierzchni mieszk./ha przy przyjęciu rozbioru wody 150 l m dobę |
|--|--|
| Pola nawadniane: uprawy rolne | 30 |
| „ łąkowe | 100 |
| Pola filtracyjne: uprawy rolne | 200 |
| „ łąkowe | 500— 1500 |
| Filtry gruntowe: bez stosowania wstępnego oczyszczania | 1000— 2500 |
| z wstępnym oczyszczaniem ście- ków w osadnikach | 2000— 5000 |
| ścieki oczyszczane biologicznie | 10000—25000 |

Stawy rybne.

Stawy rybne stosowane były dla celów oczyszczania ścieków miejskich w Niemczech przez Hofera, stąd stawy takie noszą również nazwę stawów Hofera. Procesy, zachodzące przy samooczyszczaniu się wód zanieczyszczonych ściekami, wykorzystywane są dla produkcji mięsa rybiego. Zanieczyszczenia organiczne dochodzące ze ściekami są mineralizowane przez bakterie i rośliny. Bakterie służą za pożywienie pierwotniakom i innym mikroorganizmom, tworzącym tzw. plankton. Ten ostatni, jak również i rośliny, zjadane są przez ryby i ptactwo wodne.

Warunkiem nieodzownym jest tu niedopuszczenie w żadnym okresie do zagniwania wód stawowych. Ścieki doprowadzane muszą podlegać starannemu mechanicznemu oczyszczeniu, w czasie którego powinno być usunięte co najmniej 70%, lepiej jednak 90%, wszystkich zawiesin, ulegających osadzeniu. Stawy mogą być stosowane do oczyszczania wtórnego odpływów z silnie obciążonych pól filtracyjnych. Doprowadzane ścieki muszą znajdować się w stanie świeżym. Zagniłe ścieki zawierają w sobie siarkowodor, który działa trująco na ryby.

Z dobrym skutkiem sposób powyższy może być zastosowany tylko tam, gdzie wody rozcieńczające ścieki obfitują w tlen. Najodpowiedniejsze do tego celu są wody czystych rzek, potoków lub jezior. Dobrze jest wzbogacać w tlen dopływające ścieki oraz wody rozcieńczające przez wprowadzanie ich do stawów przy pomocy stopni lub różnych urządzeń rozpryskujących lub rozpylających. Stawom nadaje się głębokości niewielkie dla wykorzystania sprzyjającej rozwojowi mikroorganizmów i roślin działalności słońca oraz w celu zahamowania rozwoju bakterii beztlenowych.

Ilość wody rozcieńczającej zależy od składu i stężenia doprowadzanych ścieków. Miarodajny zawsze jest tlen biochemiczny. Przyjmuje się 3—5-krotne rozcieńczenie. Stawom nadaje się średnią głębokość 0,5–0,8 m. Wody muszą być tak przez staw przeprowadzane, aby następowało równomierne obciążenie całej jego pojemności. W celu uzyskania równomiernego przepływu, doprowadza się wodę w wielu punktach. Ilość tlenu zawartego w wodzie nie może spaść niżej 3 mg/l w wypadku obsady stawów karpiami i linami, zaś niżej 6–7 mg/l przy obsadzie pstrągami. Najkorzystniejsza wartość pH dla hodowli ryb znajduje się w granicach 7,2–8,0. W wypadku powstającego zakwaszenia, zdychają najprzód karpie, potem liny, począwszy od $pH = 4,9$ szczupaki, zaś od 4,8 pstrągi. Dawkami wapna można zalkalizować odpowiednio wodę, jednak nie należy przesadzić, gdyż i po stronie zasadowej znajdują się określone granice możliwości życiowych, dla karpia i linów przy $pH = 10,8$, szczupaków 10,2, okoni i pstrągów 9,2.

Obciążenie powierzchni stawów wynosi 2000 mieszk./ha. Na obsadę nadają się najlepiej karpie i liny. Tam gdzie istnieje do rozporządzenia dla rozcieńczenia woda górskich potoków, można obsadzać stawy pstrągami tęczowymi. W wypadku prawidłowego założenia i umiejętnej gospodarki rybnej można liczyć na przyrost przeciętny 550 kg/ha/rok.

Wielkość stawów może się wahać zależnie od miejscowych warunków od 1/3 — 10 ha. W większych stawach powstaje silniejsze falowanie umożliwiające lepsze dojście powietrza, natomiast wymagające silniejszych dobrze utrzymanych skarp przybrzeżnych.

Dla zwalczania tworzącej się na powierzchni rzęsy wodnej, odcinającej dostęp powietrza, a stanowiącej dobry pokarm dla kaczek, obsadzano dawniej stawy dodatkowo kaczkami. Ponieważ jednak kaczki przenoszą niektóre zarazki chorób rybich, obecnie usuwa się te rośliny wodne sposobem mechanicznym.

Przy prawidłowej gospodarce rybnej stawy powinny być na zimę osuszane, aby następowało dobre wymrożenie leżącego na dnie osadu. Najdłużej co trzeci rok stawy muszą być wyszlamowywane. Na odpływie dno stawów powinno być obniżone dla wytworzenia przy spuszczeniu stawów dogodnego łowiska. Ryby wybiera się ze stawów na jesieni. Stawy pozostawia się na zimę opróżnione. Można więc je tam tylko zastosować, gdzie w okresie zimy rzeki prowadzą dostateczne ilości wody dla rozcieńczenia mechanicznie oczyszczonych ścieków. Przy pomocy stawów rybnych oczyszcza się ścieki w tym samym stopniu, jak przy pomocy najdoskonalszych sposobów biologicznych. Następuje zmniejszenie ilości domieszek organicznych o 90% i jednocześnie usunięcie zawieszin. Oczyszczanie przebiega bez plagi przykrych zapachów oraz much.

Powierzchnie stawowe uzyskuje się przez ogrobowanie terenu. Kształty powierzchni stawowych daje się zwykle prostokątne. Gospodarka rybna osiąga najlepsze wyniki na gruntach żyznych. Do budowy grobli stosuje się grunt wydobywany z rowów. Należy unikać wykopywania dna stawów. Dla umożliwienia dostatecznego stopnia osuszenia dno stawów musi być zaopatrzone w sieć rowów odwadniających, doprowadzonych do rowu głównego, dochodzącego do łowiska. Przez groble przeprowadza się wodę przy pomocy mniarów. Najlepsze okazały się mniary z drzewa lub betonu.

Największe urządzenia stawów ściekowych posiada miasto Monachium. Ścieki od 750000 mieszkańców po oczyszczeniu ich mechanicznym z 80% ulegających osadzaniu zawieszin tłoczy się przewodem 9 km długości na urządzenia stawowe o powierzchni 233 ha. Ścieki rozcieńczane są przy pomocy wód rzeki Izary.

W Moskwie grupy sześciu stawów rybnych o średniej głębokości 0,60–0,70 m przerabiają dziennie 120 m³/ha ścieków. Odpływ z ostatniego stawu może być bezpiecznie odprowadzony do odbiornika. W ostatnich trzech stawach prowadzi się gospodarkę rybną. Produkcja ryb wynosi ponad 350 kg/ha rocznie.

Złoza zalewane.

Złoza zalewane stanowią w pewnym stopniu odmianę filtrów gruntowych. Przebieg oczyszczania jest całkowicie podobny. Ścieki dobrze mechanicznie oczyszczone z osadzających się zanieczyszczeń wprowadzane są do zbiorników, wypełnionych w swej dolnej części złożem filtracyjnym. Pozostają one w zbiorniku przez pewien czas, uzależniony od stopnia dojrzałości złoża i stopnia zanieczyszczenia ścieków, a następnie są wypuszczane, odpływając przewodami umie-

szczonymi na dnie pod złożem. Po dostatecznie długim czasie nawietrzenia zapelnia się złożem znowu ściekami. Bakterie rozwijające się na złożu mineralizują doprowadzane przez ścieki zanieczyszczenia organiczne. Podobnie, jak każdy filtr złożowy musi przejść przez proces dojrzewania. Na powierzchni ziarn złoży, budowanego najlepiej z materiału o bardzo porowatej powierzchni, jak np. koks, pumeks, klinkier, tłuczeń klinkierowy, tworzy się stopniowo błona biologiczna, zawierająca w swym wnętrzu mikroorganizmy, które mineralizują adsorbowane zanieczyszczenia. Gdy błona osiągnie dostateczną grubość, złożo staje się dojrzałe dla oczyszczania ścieków.

Następujący po okresie spoczynku i pełnym utlenieniu adsorbowanych zanieczyszczeń organicznych okres zalania nie może trwać zbyt długo, gdyż nie można odcinać bakterii tlenowych na długi przeciąg czasu od dostępu tlenu z powietrza. Powstaje wówczas niebezpieczeństwo rozwoju stanu beztlenowego. Związki utlenione w okresie nawietrzenia są wymywane w okresie zalania na związki zanieczyszczające, wpływające ze ściekami. Przy ściekach o stężeniu średnim okres zalania trwa 2 godziny, okres przewietrzania 4—6 godzin. Złożo w ciągu 24 godzin może być zalane 3—4 razy. Obciążenie złoża grubości 1,2 m przyjmuje się 0,4—0,6 m³/m²/dobę.

Porowatość masy filtrującej zależy od zastosowanego materiału. Używane są głównie materiały twarde o możliwie szorstkiej i porowatej powierzchni oraz bardzo wytrzymałe na wpływ atmosferyczny. Kawalki materiału w złożach jednostopniowych mają grubość 5—30 mm; w dwustopniowych w pierwszym złożu 10—30 mm, w następnym poniżej 10 mm aż do 1 mm. Grubość złoża stosuje się od 0,75—1,8 m, średnio 1,2 m.

Po pewnym czasie złożo się zanieczyszcza produktami mineralizacji oraz obumarłymi resztkami bakterii i innych mikroorganizmów, gdyż tylko część z nich jest wypłukiwana. Z powodu silnego przylegania osadów do ziarn złoży przepłukiwanie nie osiąga skutku. Oczyszczanie przeprowadzane być musi przez wydobywanie ziarn i przemycie ich w dostosowanych do tego celu płuczkach.

Od wpływ ze złoża zawiera znaczną ilość zawieszin, które muszą być wytrącone w osadnikach wtórnych. Ten w znacznej mierze organiczny osad najlepiej przegniwać łącznie z osadem oddzielanym w osadnikach wstępnych.

Ponieważ złoża zatapiane mogą pracować z przerwami i muszą być często czyszczone, gospodarka z nimi jest trudna. Obecnie wychodzą prawie całkowicie z użycia.

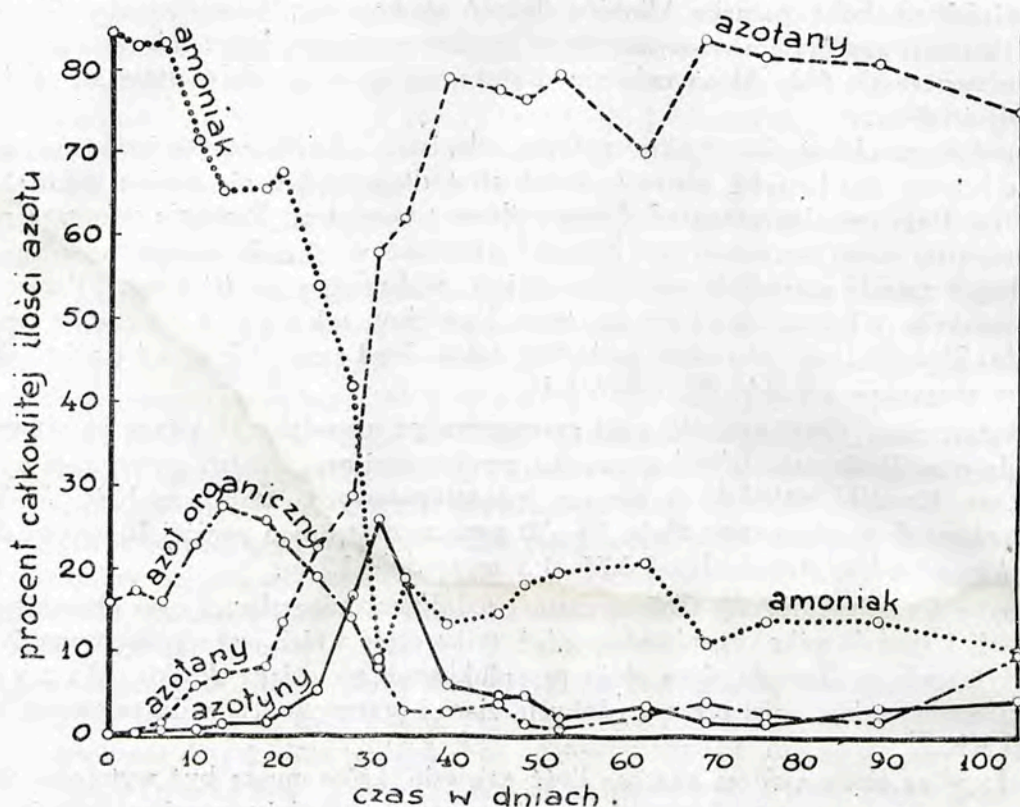
W wyniku oczyszczenia na jednostopniowym złożu osiąga się zmniejszanie biochemicznego tlenu o 60—75%. Spad wymagany przy jednostopniowym złożu wynosi około 2 m. Zaletą złoży jest to, że nie wywołują one powstawania przykrych woni.

Złoża zraszane.

Złoża zraszane rozwinęły się ze złoża zalewanych i stosowane są obecnie bardzo powszechnie. Składa się ono z sztucznie ułożonego warstwowo kruszywa w postaci tłucznia koksu, żużla, klinkieru i urządzenia rozpryskującego cienkimi strugami ścieki, oczyszczone wstępnie na oczyszczalni mechanicznej. Dopływ ścieków do złoży słabo obciążanych odbywa się z równomiernymi przerwami. Ostatnie udoskonalenia złoży zraszanych polegają na zraszaniu nieprzerwanym, co jak dowiodły badania wpływa dodatnio na rozwój bakterii, biorących udział w procesie oczyszczania. Obciążenie złoży zależy od dawkowania ściekami oraz sposobów przewietrzania. Rozróżnia się obecnie złoża słabo obciążane i złoża silnie obciążane.

Ścieki rozdzielane są równomiernie po całej powierzchni złoża cienkimi strumieniami lub przez rozpryskiwanie. W ten sposób następuje dobre nawietrzenie ścieków, które spadają dalej kroplami od jednego ziarna złoża do drugiego przez całą jego wysokość i zbierają się na dnie, skąd odpływają przewodem odwadniającym. Na powierzchni ziarn tworzy się biologiczna błona. Przez błonę zatrzymywane są drobne zawiesziny, zaś zanieczyszczenia koloidalne adsorbowane. Działa ona jak gąbka chłonąc zanieczyszczenia. Ponieważ przez złożo przepływa również powietrze, w błonie rozwijają się bakterie tlenowe i bardzo bogaty świat drobnoustrojów. Dzięki jego działalności ulegają mineralizacji zanieczyszczenia organiczne. Im jest złożo do pewnych granic wyższe, tym odpływ objawia mniejsze zapotrzebowanie tlenu

biochemicznego. Złoże przejść musi okres dojrzewania, zanim rozwinie się błona o grubości 1—2 mm. Według ostatnio przeprowadzonych badań wynika, że około 50 dni potrzeba na rozwinięcie się fauny i flory charakterystycznej dla filtrów zraszanych; 60 dni dla maksymalnej redukcji węglowodanów, 40 dni dla całkowitego utlenienia związków azotowych (rys. 408).



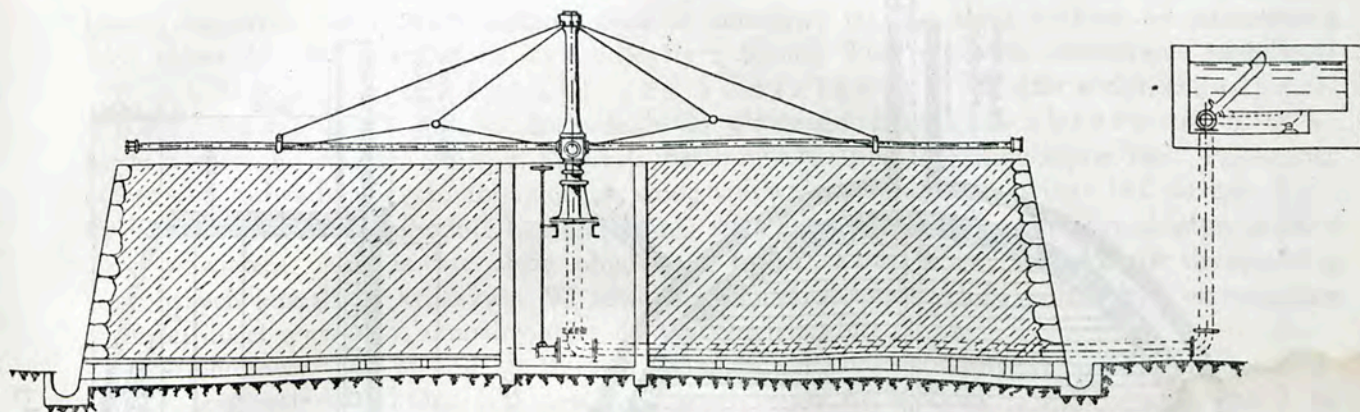
Rys. 408. Przebieg mineralizacji odpływów z filtrów zraszanych.

W błonie biologicznej znajdują się grzyby, pierwotniaki, insekty, glony i bakterie. Pierwotniaki działają hamująco na zbyt silny rozwój bakterii. Z nieznanых dotychczas powodów, które związane są zapewne ze zmianami wegetacyjnymi, błona biologiczna jest zawsze dwukrotnie w ciągu roku odnawiana. W jesieni i na wiosnę oddziela się flegmista powłoka w swej większej części od kruszywa i pojawia się w odpływie w stanie zawieszonym. Z okresami tymi związane jest krótkotrwale pogorszenie się sprawności złoza. W złożach zraszanych w sposób ciągły zjawisko to objawia się znacznie łagodniej i sprawność utrzymywana jest stale jednakowa.

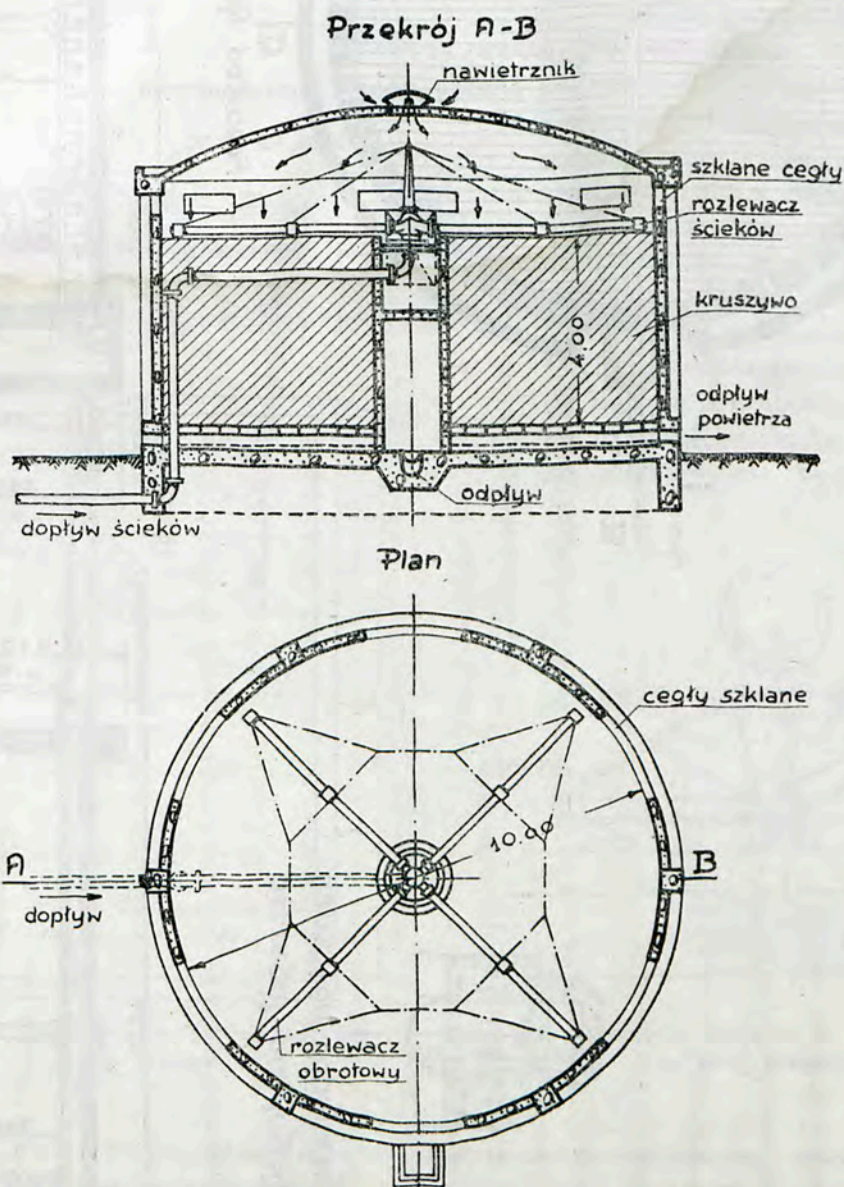
W czasie spływania rozkroplonych ścieków jest zmywana część rozłożonych związków oraz obumarłych organizmów. Pojawiają się one w odpływie w postaci kłaczkowatych zawiesin. Odpowiednio wykonane i obciążane złoże utrzymują się stale czyste i nie zamulają się. Procesy oczyszczania przebiegają nieco odmiennie w złożach słabo i silnie obciążanych.

W złożach słabo obciążanych działanie splukujące jest bardzo słabe. Obumarłe organizmy pozostają w większej części przywarte do ziarn, które obrastają coraz to grubiej błoną. Błona ta obrywa się w pewnych okresach, zatrzymując się w spodzie złoza. W ten sposób zbiera się organiczny osad w złożu, będąc w nim rozkładany i powodując zużycie tlenu. Splukiwane są w sposób ciągły tylko drobne kawałki błony. Jak wspomniano wyżej, dwukrotnie w ciągu roku uwalnia się żłże od osadu przez długi okres nagromadzonego. Osad ten jest w wysokim stopniu rozłożony, co powoduje zmniejszenie jego ilości. Zawiera on niewielką ilość wody i łatwo nie zgniwa. Zwany jest osadem humusowym.

W złożach silnie obciążanych wytwarza się tylko cienka błona. Wszystkie zużyte i obumarłe ciała są w sposób ciągły wypłukiwane w postaci skłaczkowanej wprost do odpływu. Wypłukany osad ma dużą zawartość wody i jest silnie zgniwy. Ilość jego jest znacznie większa niż ze złoza słabo obciążonego. Złoże uwolnione jest od niepożądanego zadania rozkładu utworzonych i rozpuszczonych ciał stałych, które splukane muszą



Rys. 409. Złoże zraszane z samoczynnym pływakowym urządzeniem dawkującym.

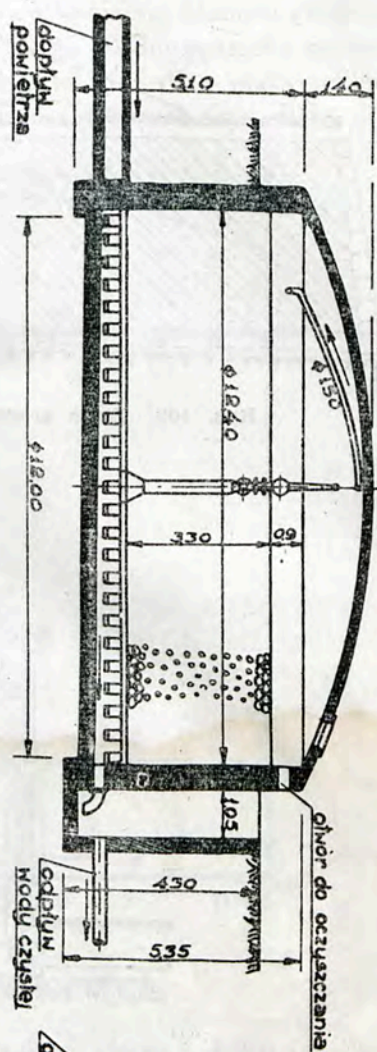


Rys. 410 Złoże zraszane nawietrzane sztucznie.

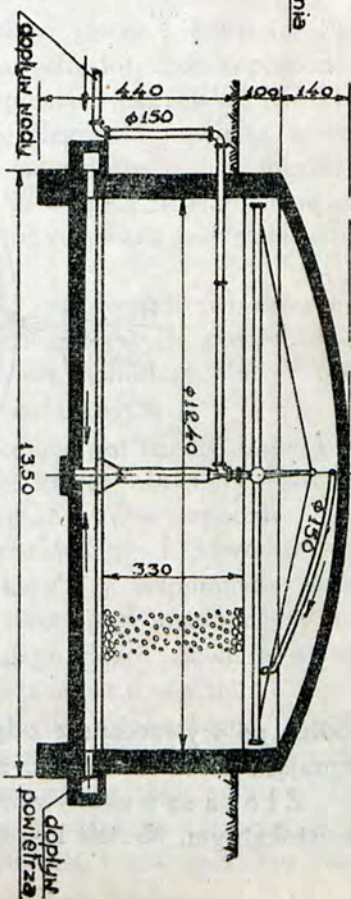
podlec po wytrąceniu z odpływu przeróbce w komorach gnilnych. Zdolność natomiast oczyszczająca złoże może być z powyższych względów wzmożona.

Złoże są wykonywane najczęściej o kształcie kołowym (rys. 409—411), rzadziej natomiast prostokątnym. Kształt kołowy ma tę zaletę, że złoże daje się łatwo równomiernie zraszać,

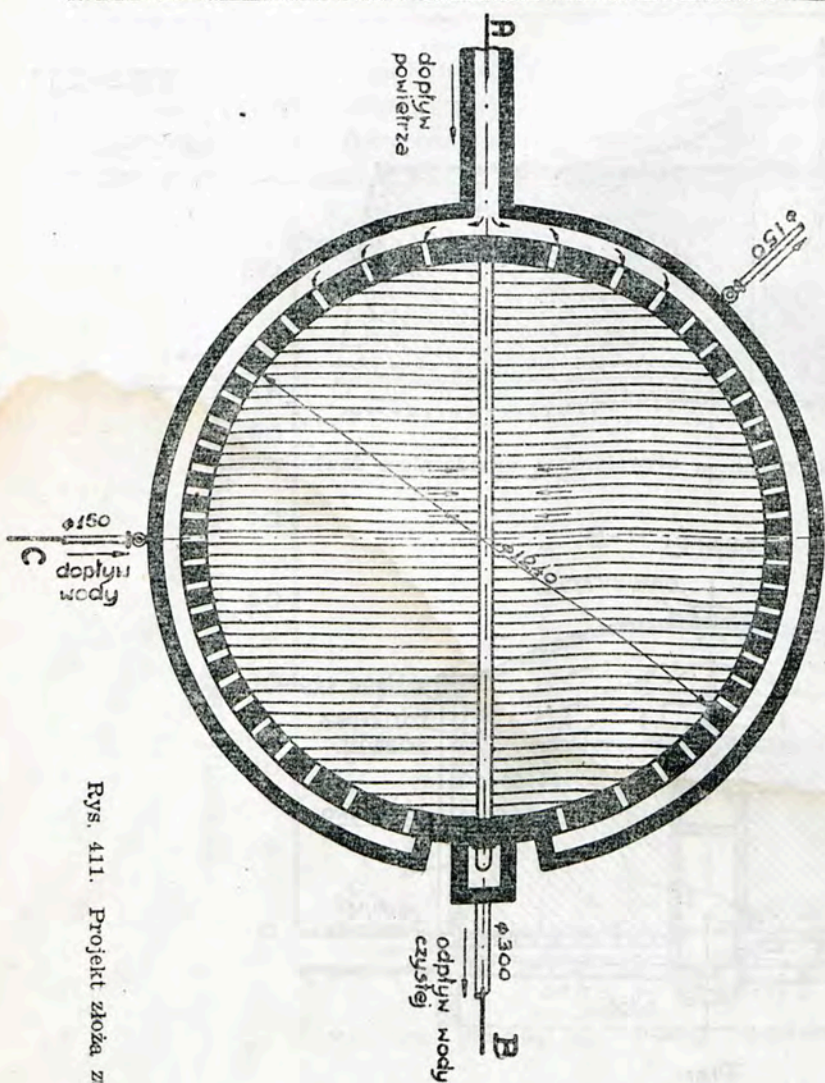
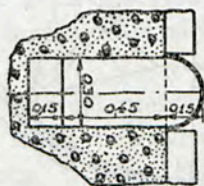
Przekrój A-B



Przekrój C-D



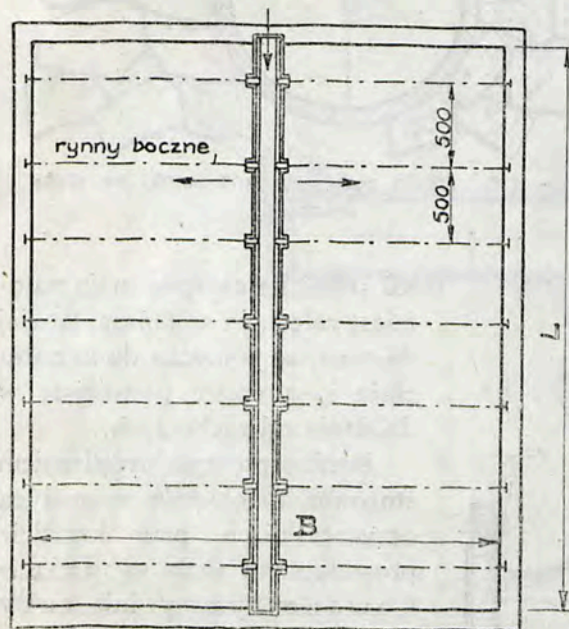
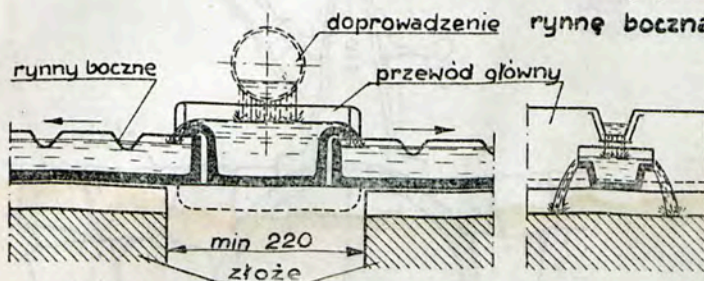
Przekrój poziomy D

Szczegół przykrycia
kanalików odpływowych

Rys. 411. Projekt złoza zraszającego na oczyszczalni ścieków w Sochaczewie.

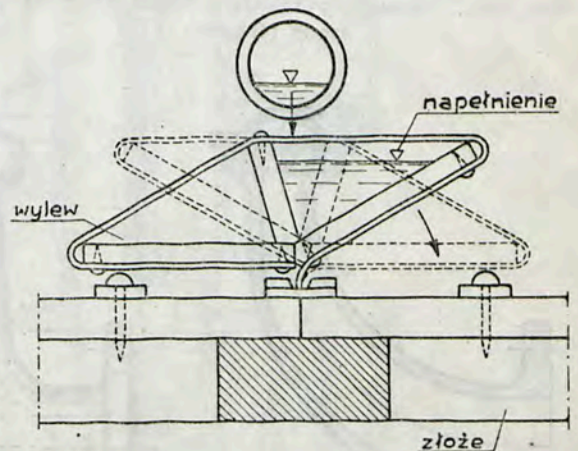
łatwiej zapewnić dobre przewietrzanie oraz na obudowę takiego złoza zużywa się najmniejszą ilość materiału. Obudowę złoza wykonuje się z betonu. Dno z betonu otrzymuje nachylenie 1:30 — 1:50 do środkowego kanału odwadniającego. W dnie wykonane są przewody wody odwadniającej, dochodzące do głównego kanału zbiorczego, przykryte z wierzchu rusztem z cegły, beleczek betonowych, płyt dziurkowanych itp. Pojemność przewodów odwadniających, zbierających wodę spływającą ze złoza, powinna być na tyle duża, by ścieki odpływały swobodnie bez spiętrzania się i zapewniony był swobodny dopływ w dużej ilości powietrza. Nie zawsze złoże obudowuje się ściankami. Wówczas wykonuje się obudowę z grubszych kawałków kruszywa. W ściankach obudowujących złoże muszą być umieszczone w dużej ilości otwory, umożliwiające dostęp powietrza do złoza.

Do obudowy złoza stosuje się tłuczeń, koks, tłuczeń klinkierowy, gruby żwir. Najodpowiedniejszy jest materiał, który jest zarówno wytrzymały na wpływy atmosferyczne, jak i na wpływ procesów biologicznych. Najczęściej obecnie stosowany jest tłuczeń z trwałych kamieni naturalnych.



Rys. 412. Rynny do rozlewania ścieków na złoże zraszane.

Większą powierzchnię czynną osiąga się przy ziarnie drobniejszym. Na podstawie dotychczasowych doświadczeń ziarno zbyt drobne okazało się nieodpowiednie ze względu na niebezpieczeństwo zamulenia i gorsze przewietrzanie. Stosuje się w Ameryce ziarno o grubości 4–8 cm, w Anglii — 2–5 cm. W spodzie złoza daje się warstwę wysokości 0,3–0,5 m o ziarnie grubszym 10–15 cm. Pozostałą grubość złoza wypełnia się ziarnem o grubości 4–8 cm. Dawniej u samego wierzchu warstwy o ziarnie grubszym jest zbyteczne.



Rys. 413. Wywrotne korytka do rozlewania ścieków na złoże zraszane.

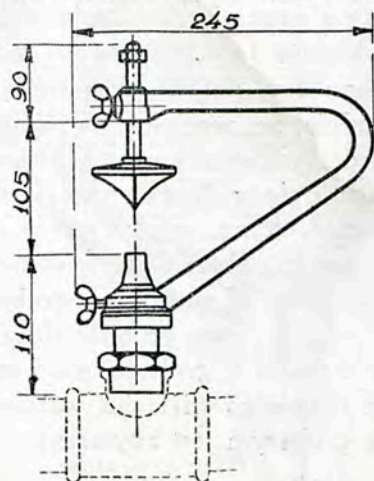
Wysokość złoza, ze względu na dostateczne przewietrzanie, musi znajdować się w związku z grubością ziarn. Stosowane są wysokości od 1,5–3,0 m. W Anglii przy średniej wielkości ziarna 4 cm wysokość złoza wynosi 1,8 m, w Ameryce przy ziarnie 6 cm są stosowane najczęściej wysokości 1,8–2,7 m. Im bardziej są ścieki stężone, tym powinny być złoże wyższe, by dłużej trwało działanie oczyszczające oraz działanie powietrza. W wypadku sztucznego przewietrzania złoże można wykonywać wyższe.

Wskazana jest obudowa złoza ściankami, gdyż daje ona ochronę od zimna i wywołuje ciąg powietrza przez złoże. Zabezpiecza ona przeciwko wydostawaniu się ze złoza muchy (Psy-

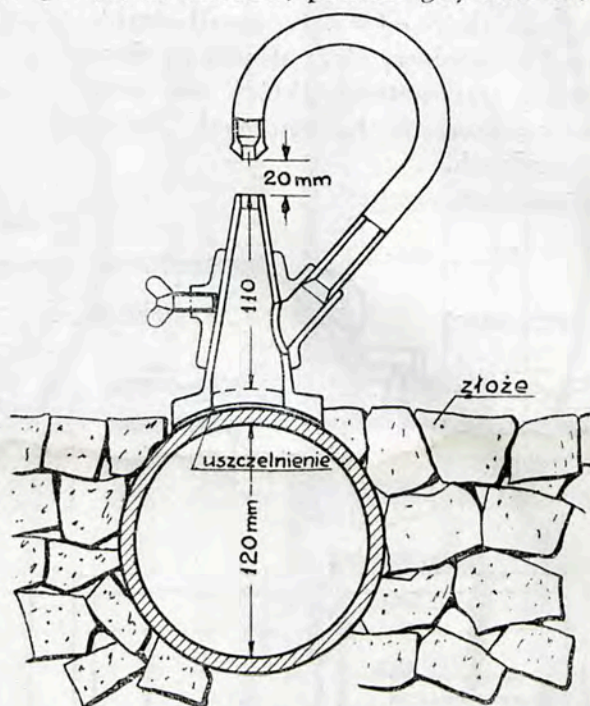
choda), która rozwija się na nim w wielkich ilościach. Larwy tej muchy odgrywają dużą rolę w procesie oczyszczania.

Wielkość otworów u spodu obudowy dla dopływu powietrza powinna być tak obliczona, by mógł odbywać się swobodnie ciąg powietrza od dołu złoża ku jego powierzchni. Oblicza się je w stosunku do powierzchni złoża. Wynosić one powinny od 0,5—1% powierzchni złoża.

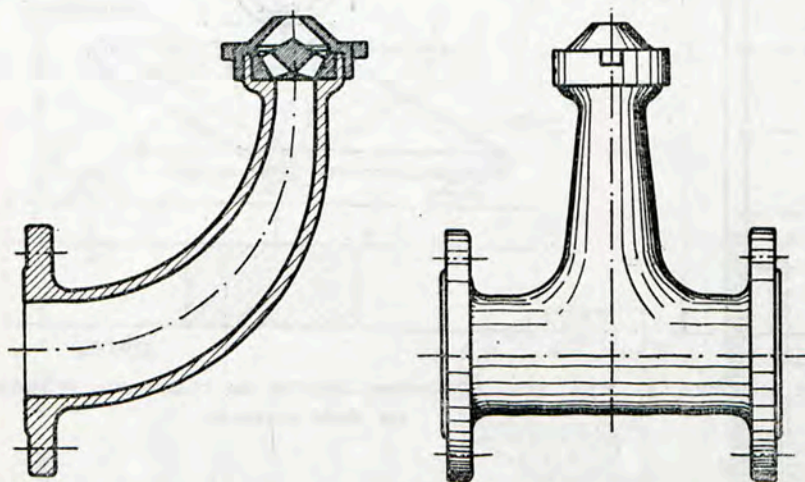
Bardzo ważnym czynnikiem dla osiągnięcia dobrego skutku oczyszczania jest równomierny rozdział ścieków na złoże. W wypadku nierównomiernego rozdzielenia łatwo mogą powstawać wewnątrz złoża gniazda bez przepływu ścieków, podczas gdy inne części złoża są przeciążone. Stosuje się urządzenia rozdzielcze nieruchome oraz ruchome, pracujące w sposób ciągły lub z przerwami. Miarodajny dla wyboru urządzenia jest istniejący do rozporządzenia spadek. Ruchome urządzenia rozdzielają ścieki bardziej równomiernie



Rys. 414. Dysza rozpryskująca ścieki na złoże zraszane (Geiger).



Rys. 415. Dysza rozpryskująca ścieki na złoże zraszane.



Rys. 416. Dysza rozpryskująca ścieki na złoże zraszane (Passavant).

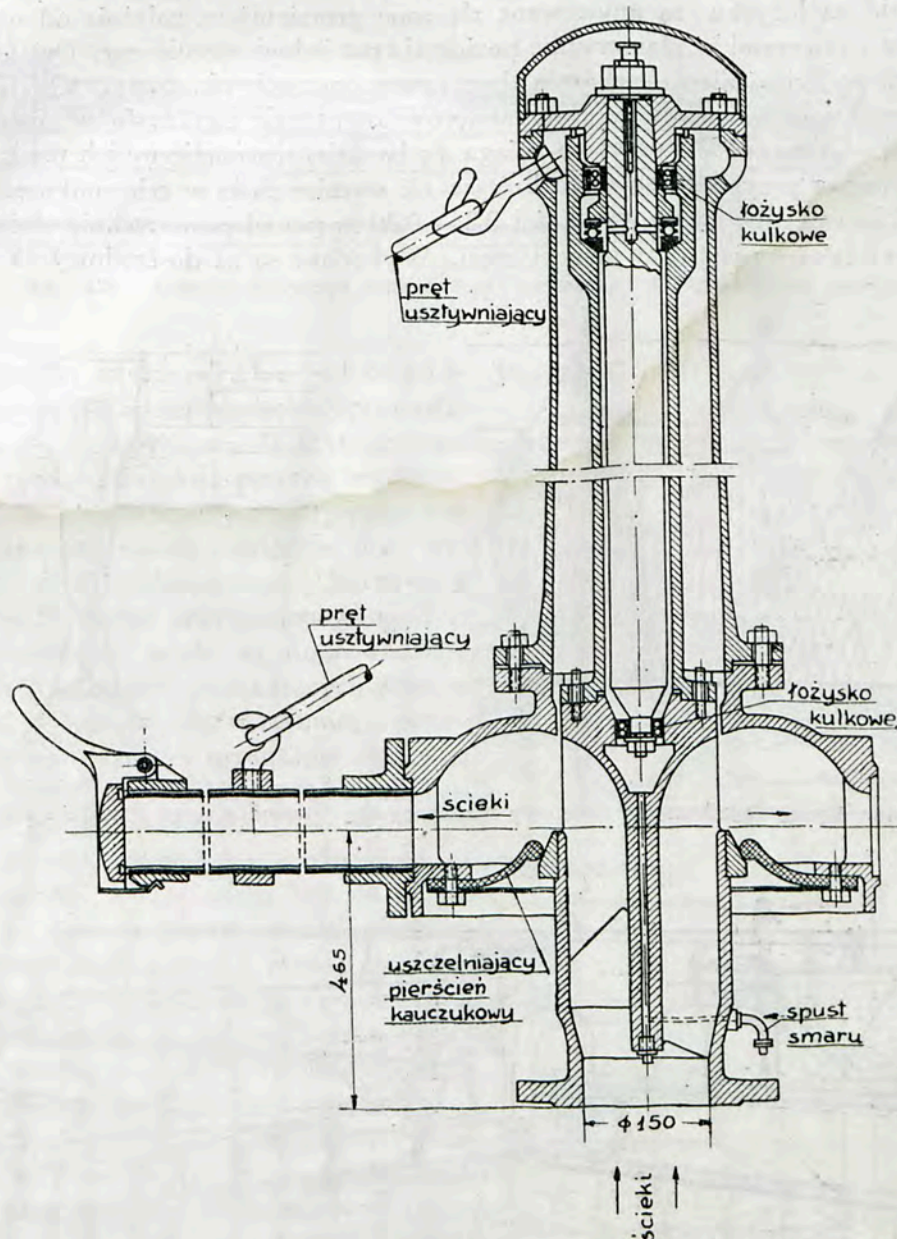
niż stale. Te ostatnie mają natomiast zaletę, że są tańsze, łatwiej dostosować je można do kształtu złoża i są często pewniejsze w działaniu od ruchomych.

Bardzo prostym urządzeniem stosowanym głównie w małych oczyszczalniach przy kształcie prostokątnym złoża są dziurkowane rynny lub rury (rys. 412) ułożone nad całą powierzchnią złoża. Nad środkiem złoża przechodzi przewód doprowadzający ścieki. Od niego prostopadle przechodzą korytka rozlewające. Ułożone są one w odstępie 50—60 cm. Ścieki do-

prowadzane są do przewodu głównego w sposób przerywany przy pomocy urządzenia dawkującego.

W małych oczyszczalniach stosuje się z dobrym skutkiem również wywrotne korytka. Urządzenie polega na umieszczeniu w osi złoża korytka z drzewa lub blachy, podzielonego w kierunku podłużnym na dwie połowy. Korytko umieszczone jest na przegubie pozwalającym

na jego obrót. Rozlewanie ścieków odbywa się w ten sposób: nad korytem umieszczony jest przewód doprowadzający wodę. Gdy jedna ze stron koryta wypełni się ściekami, następuje przechylenie się jego, powodujące wypływ (rys. 413). Jednocześnie druga strona podchodzi pod przewód i zapelnia się ściekami. Koryto znajduje się w ciągłym ruchu wahadlowym, wylewając ścieki na jedną lub drugą połowę złoża. Dla lepszego rozdziału ścieków wprowadza się je nie bezpośrednio na złoże, a na ruszt z lat o przekroju trójkątnym.



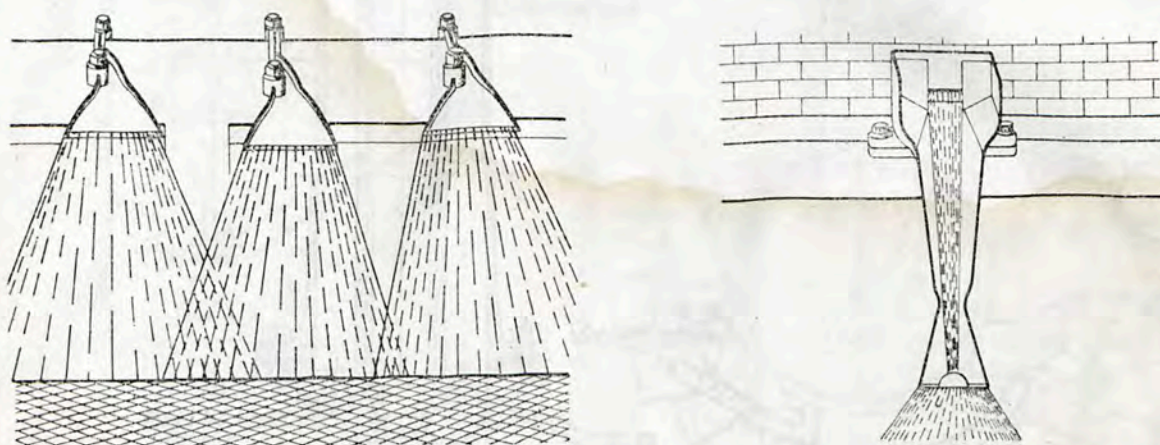
Rys. 417. Obrotowy rozlewacz ścieków na złoże zraszane (Geiger).

W St. Zjednoczonych najbardziej są rozpowszechnione stałe dysze rozpryskujące ścieki po całej powierzchni złoża. Stosowane są do złóż o przekroju prostokątnym. Ścieki dopływają głównym przewodem, który umieszczony jest na powierzchni złoża. Od niego odchodzą przewody rozdzielcze z umieszczonymi na nich dyszami w odstępach odpowiednich do ich zasięgu. Ścieki wypływają pod ciśnieniem i rozpylone lepiej zostają rozdzielone po powierzchni. Następuje przy tym dodatkowe silne ich nawietrzenie. W zależności od ciśnienia, przy jakim mają pracować, 1,2—2 m, rozstaw dysz wynosi 3—5 m. Dawniejsze konstrukcje, rozpryskujące ścieki na powierzchnię kołową, zamienione są obecnie, dyszami, zraszającymi dowolny kształt powierzchni. Aby uniknąć nierównomiernego zraszania powierzchni pod dyszą,

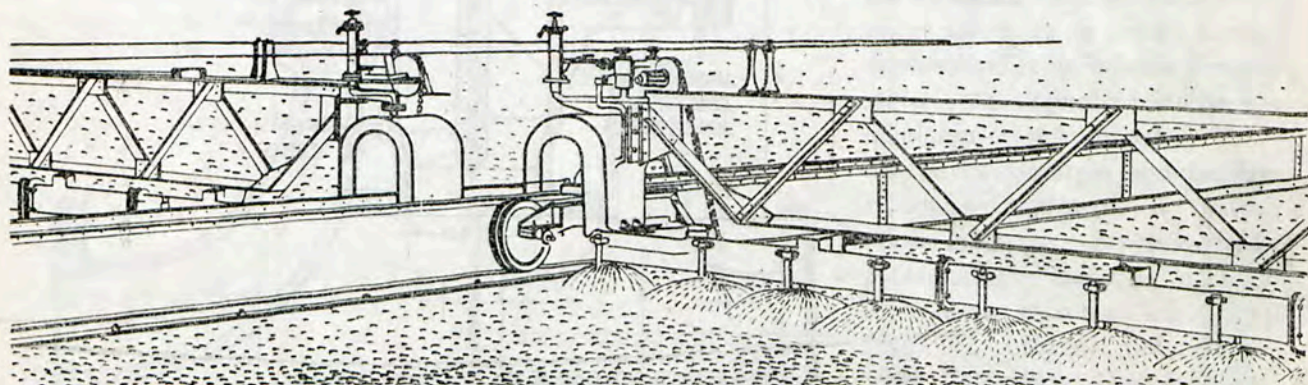
stosuje się w St. Zjedn. Ameryki Płn. zmienne wahające się ciśnienie, wywołujące rozprysk dłuższy i krótszy. Ze względu na to, że dysze łatwo ulegają zatkaniu, muszą być tak budowane, by bez trudności można je było zdjąć z przewodu i oczyścić (rys. 414, 415, 416).

Wadą tych urządzeń zraszających jest to, że zużywają stosunkowo duży spad. Jeżeli doliczy się wysokość złoża 2—3 m, łączna strata spadu wynosi 3,2—5,0 m.

Do zraszania złożeń o przekroju kołowym stosuje się rozpryskiwacz obrotowy (rys. 417), zużywający tylko około 0,5 m spadu. W punkcie środkowym złoża, nad rurą doprowadzającą ścieki na łożysku są umocowane połączone promienie, zależnie od wielkości złoża, 2, 3 lub 4 rury z otworami w płaszczyźnie poziomej, po jednej stronie rur. Działanie reakcyjne wypływających pod ciśnieniem ścieków nadaje ramionom ruch obrotowy. Odstępy otworów maleją w kierunku na zewnątrz. Wyloty otworów zaopatruje się często w dysze rozlewające promienisto ścieki (rys. 418), przez co osiąga się bardziej równomierny ich rozdział na całą powierzchnię. Ramiona przyrządu są nieco krótsze niż wymiar złoża w celu uniknięcia rozprysków na zewnątrz. Umieszczone są na wysokości 0,25—0,30 m ponad powierzchnię złoża. Łożysko kulkowe uszczelnione jest przy pomocy rtęci. Wykonane są aż do średnicy 45 m.



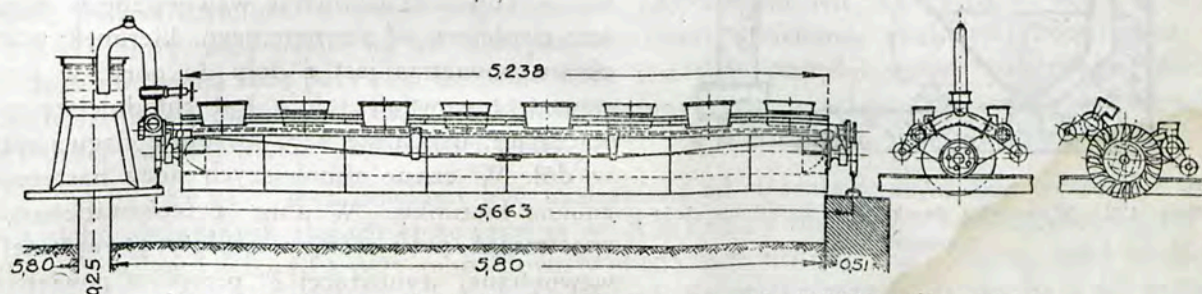
Rys. 418. Dysze nasadzone na obrotowy rozlewacz dla równomiernego rozdziału ścieków.



Rys. 419. Jeżdżący przyrząd rozlewający, poruszany prądem elektrycznym.

Na złożeń o przekroju prostokątnym stosowane są jeżdżące przyrządy rozlewające. Jeżdżą one na kółkach po szynach umieszczonych na zewnętrznych ścianach. Uruchamiane są albo przy pomocy energii elektrycznej (rys. 419) lub w wielu wypadkach siłą wody na podobieństwo koła nadsiębiernego (rys. 420). Woda pobierana jest z umieszczonego wyżej koryta otwartego, biegnącego wzdłuż całej długości złoża, przy pomocy lewaru. Ścieki doprowadzane są do rozciągającego się na całej szerokości złoża koła wodnego z odpowiednio nastawionymi łopatkami. Obracające się koło posuwa cały przyrząd rozlewający. Na końcach

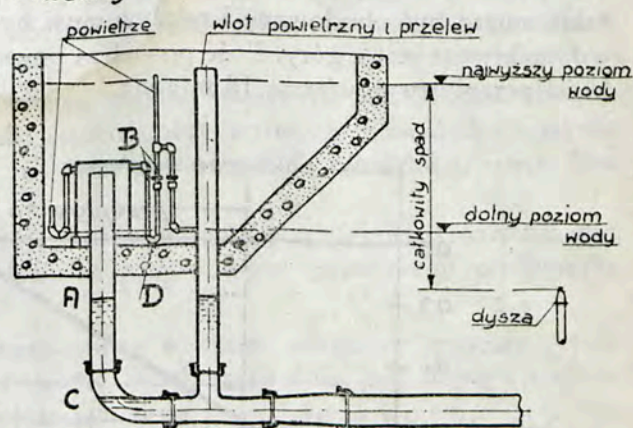
złoża znajduje się urządzenie, zmieniające kierunek ruchu. Zwykle przyrządy jeżdżące zraszają przy jeździe w jednym kierunku pasami połowę złoża, przy jeździe w kierunku odwrotnym pasy pozostałe. W czasie pogody deszczowej zrasza się odrazu całą powierzchnię. W okolicach o zimnym klimacie urządzenia działają mniej pewnie z powodu obmarzania. Spad konieczny dla uruchomienia wózka wynosi 0,5—0,7 m. Sprawność złożeń w ten sposób zraszanych jest znacznie mniejsza, gdyż zbyt długie są okresy przewietrzania.



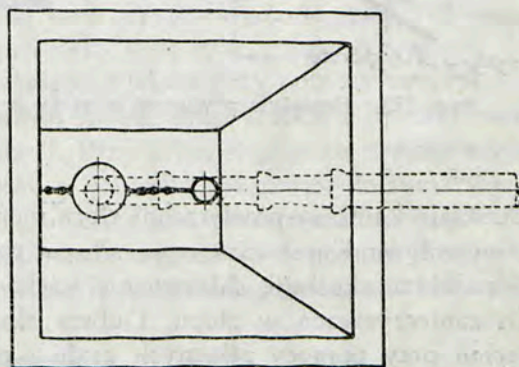
Rys. 420. Jedzący przyrząd rozlewający, poruszany energią wodną ścieków.

W wypadku złożeń słabo obciążanych do urządzeń rozlewających doprowadza się ścieki z przerwami. Wózki jeżdżące i wywrotne rynny powodują przerwę w zraszaniu określonych powierzchni przy przejeździe w jedną lub odwrotną stronę względnie przy wychylaniu się koryta rozlewającego. Dla uzyskania przerw w zraszaniu przy zastosowaniu dysz i koła rozlewającego, ścieki są doprowadzane z niewielkich zbiorników, gromadzących dopływ z osadników wstępnych do określonego poziomu, po osiągnięciu którego urządzenie oparte na zasadzie lewarowej (rys. 421), pływakowej (rys. 409), lub w postaci wywrotki (rys. 422) wysyła ścieki na złożę. Gdy ścieki podnoszone są na złożę pompami, pompy mogą być po prostu nastawione na pracę z przerwami. W okresach przerw ścieki gromadzą się w komorze smoków. Dawkujące urządzenie pokazane na rysunku 421 działa w sposób następujący. W chwili przerywania wypływu ustala się w rurze syfonowej poziom ścieków na wysokości A otworów dysz rozlewających i jednocześnie w rurze łączącej w poziomie B. Ścieki, gromadzące się w zbiorniku, powodują podnoszenie się zwierciadła wody, które zakrywa wkrótce krawędź dzwonu i powoduje sprężanie się pod nim powietrza z jednoczesnym wyciskaniem kolumny wody z przewodu, łączącego dzwon z rurą przelewową, w kierunku do kolanka D. Woda zapelniając zbiornik dochodzi powoli pod dzwonem aż do krawędzi rury wypływowej. Gdy poziom ścieków w rurze odpływowej obniży się do C zaś w rurze łączącej do D, niewielki wzrost ciśnienia powoduje gwałtowne wydostanie się spod dzwonu powietrza oraz napływ na jego miejsce ścieków do rury wypływowej i uruchomienie lewaru. Opróżnianie zbiornika trwa aż do chwili, gdy ścieki spadną do poziomu otworu wprowadzającego pod dzwon powietrze. Przerywa ono działanie lewarowe. Ścieki przepływają również przez rurkę łączącą dzwon z rurą przelewową tak, że w chwili przerywania przepływu jest ona zapelniona wodą. Przewód odpływowy ze

Przekrój

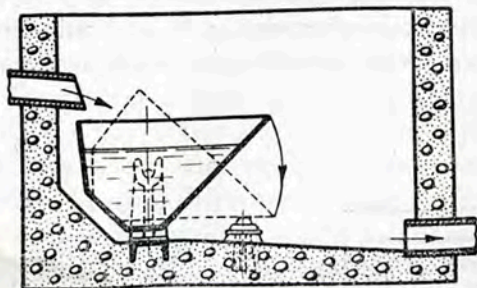


Rzut poziomy



Rys. 421. Dawkujący zbiornik z urządzeniem syfonowym.

zbiornika powinien być bezpośrednio pod nim obniżony poniżej poziomu otworów dysz, gdyż w przeciwnym wypadku będą ścieki z przewodu sączyć się przez dysze w czasie przerwy w zraszaniu.

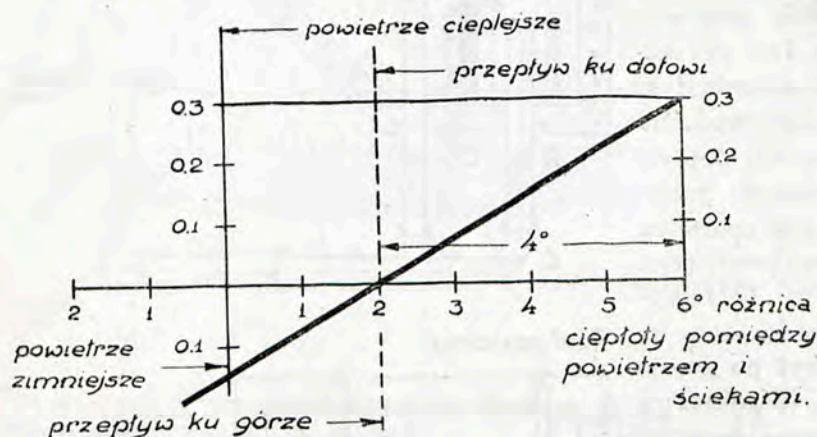


Rys. 422. Wywrotka dawkująca ściek na złożo zraszane.

Naturalne przewietrzanie złoża przebiega w kierunku pionowym z dołu do góry lub odwrotnie, zależnie od ciepłoty zewnętrznej. Ponieważ powietrze wewnętrzne w zimie jest cieplejsze od zewnętrznego, kierunek przepływu powietrza jest z dołu do góry; w lecie powietrze wewnątrz złoża jest chłodniejsze niż otaczające, ustala się więc kierunek ciągu z góry w dół. W czasie zimniejszych nocy następuje zmiana kierunku. Według przeprowadzonych spostrzeżeń przy różnicy ciepłoty zewnętrznej i wewnętrznej wynoszącej 2° przepływ powietrza

ustaje (rys. 423). Przy istniejących stale w praktyce różnicach ciepłoty powietrza i ścieków powstający ciąg powietrza pokrywa całkowicie zużycie tlenu biochemicznego.

Na ogół w rzadkich wypadkach stosuje się sztuczne nawietrzanie złożeń. Złoża takie muszą być obudowane i odpływ musi być zaopatrzony w zamknięcie wodne. Powietrze wdmuchiwane jest z góry. Ilość powietrza powinna wynosić $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$, odpowiada to prędkości przepływu powietrza 18 m/godz.



Rys. 423. Przepływ powietrza w złożu zraszanym.

Obsługa złożeń zraszanych polega na utrzymywaniu w czystości urządzeń zraszających, otworów, dysz, itp.

Zraszaniu przy pomocy obracających się ramion nie towarzyszy wytwarzanie się przykrych woni z powodu małej wysokości spadku ścieków. Natomiast rozpylanie przy pomocy dysz często powoduje powstawanie w tym stopniu zapachów, że nie można oczyszczalni umieszczać blisko mieszkań i dróg. Środkiem zapobiegającym jest chlorowanie ścieków przed ich wprowadzeniem na złożo.

Powstanie kałuż na powierzchni złoża może być spowodowane przeciążeniem. Najczęściej jednak wywoływane jest czasowym silnym rozrostem glonów w górnej warstwie złoża. I w tym wypadku dobrze skutkuje chlorowanie ścieków powodując zabicie glonów i usunięcie nagromadzonych zanieczyszczeń w złożu. Dobrze skutkuje przeciwko tworzeniu się kałuż wzruszenie powierzchni przy pomocy żelaznych grabi i pozostawienie złoża na pewien czas w spoczynku.

Wadą otwartych złożeń zraszanych jest silny rozwój much i komarów. Larwy ich żyją w dużej ilości na złożeń i biorą udział w rozkładzie zanieczyszczeń ściekowych. Szczególniej przykre są chmary małych muszek, *Psychoda alternata*, przenoszone z wiatrem do sąsiednich okolic. Nie są one gryzące, ale nieprzyjemną staje się ich duża ilość. Zwalczanie nadmiernej ilości much polega na zalewaniu złoża na przeciąg doby w odstępach tygodniowych lub dwutygodniowych. Ginie wówczas dużo larw z powodu braku tlenu. Jeżeli złożo nie może być zalane, stosuje się chlorowanie ścieków dawkami do 200 mg/l. Nie należy jednak zapominać, że larwy psychody odgrywają bardzo wybitną rolę w procesie oczyszczania ścieków.

Ścieki odpływające z pod złoża wymagają oczyszczenia w osadnikach wtórnych o czasie zatrzymania 1–2 godzin. Budowane są one podobnie jak osadniki wstępne. Pożądany jest w nich jednak przepływ pionowy, ze względu na łatwiejsze strącanie się zawieszin, występu-

jących w postaci kłaczkowatej. Schwytny osad ma charakter podobny do osadu czynnego, jest jednak bardziej rozłożony. Zawartość wody w osadzie ze słabo obciążanych złóż wynosi 92%. Najlepiej poddawać go przegniwaniu łącznie z osadem z osadników wstępnych. Powiększa się wówczas ilość przegniłego osadu o 50%. Muszą więc być odpowiednio powiększone komory gnilne oraz powierzchnie do suszenia osadu.

Doświadczalnie zostało stwierdzone, że mikroorganizmy rosną szybciej i rozwijają się lepiej, jeśli są karmione w sposób nieprzerwany. Zastosowano więc nieprzerwane zraszanie złoża, pozwalające na ich silniejsze obciążanie ściekami. Bakterie rozwijające się w złożu otrzymują stałą pożywkę, zaś samo złożo jest stale przepłukiwane. Następuje również zmniejszenie się plagi much oraz powstawania przykrych zapachów. Tworzą się jednak większe ilości osadu o większej zawartości wody.

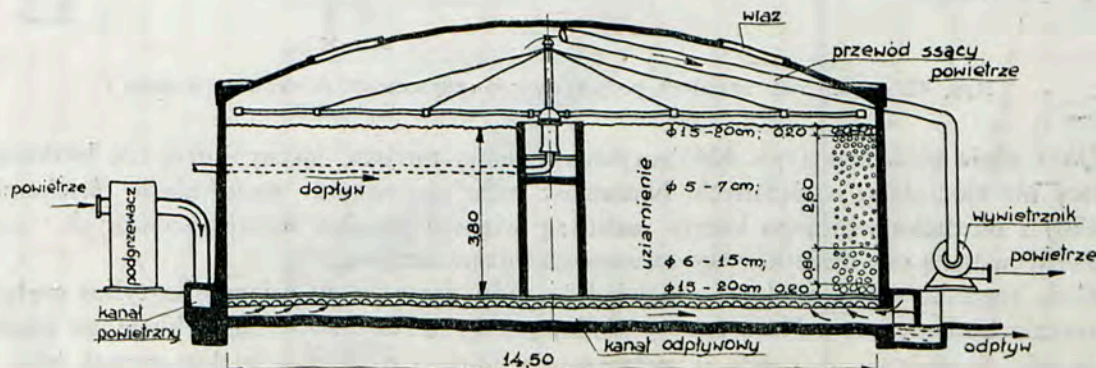
Obciążenie złóż powinno być uzależnione od stężenia ścieków oraz wysokości złoża. Na słabo obciążanych złożach stosowane są w Ameryce normy 2—3 mieszkańców na 1 m³ złoża. Według Imhoffa przy prawidłowo wykonanych złożach oraz odpowiedniej obsłudze, obciążenie może być podwyższone do 5 mieszk./m³. Po przeliczeniu tej liczby na ilości ścieków otrzymuje się przy rozbiórce 150 litr/m/dobę — 0,75 m³/m³/dobę, względnie przy przyjęciu 2-metrowej wysokości złoża 1,50 m³/m²/dobę.

Dla złóż silnie obciążanych przyjmuje Imhoff 20 mieszk./m³. Odpowiada to ilości ścieków 3,0 m³/m³/dobę. Przy wysokości złoża 3 m obciążenie powierzchniowe wyniesie 10 m³/m²/dobę.

Gdy rozbiór wody nie odpowiada wyżej podanej normie, właściwiej jest obliczać obciążenie na podstawie tlenu biochemicznego, który dla ścieków oczyszczonych w osadnikach wynosi 35 g/mieszk./dobę. Przy 5-iu mieszkańcach na m³ otrzymuje się 175 g/m³/dobę, przy 20-u 700 g/m³/dobę.

W wypadku bardziej stężonych ścieków dobry skutek osiąga się przez ich rozcieńczenie, najlepiej ściekami z osadnika wtórnego, wprowadzanych przy pomocy powrotnego przepompowywania do dopływu na złożo.

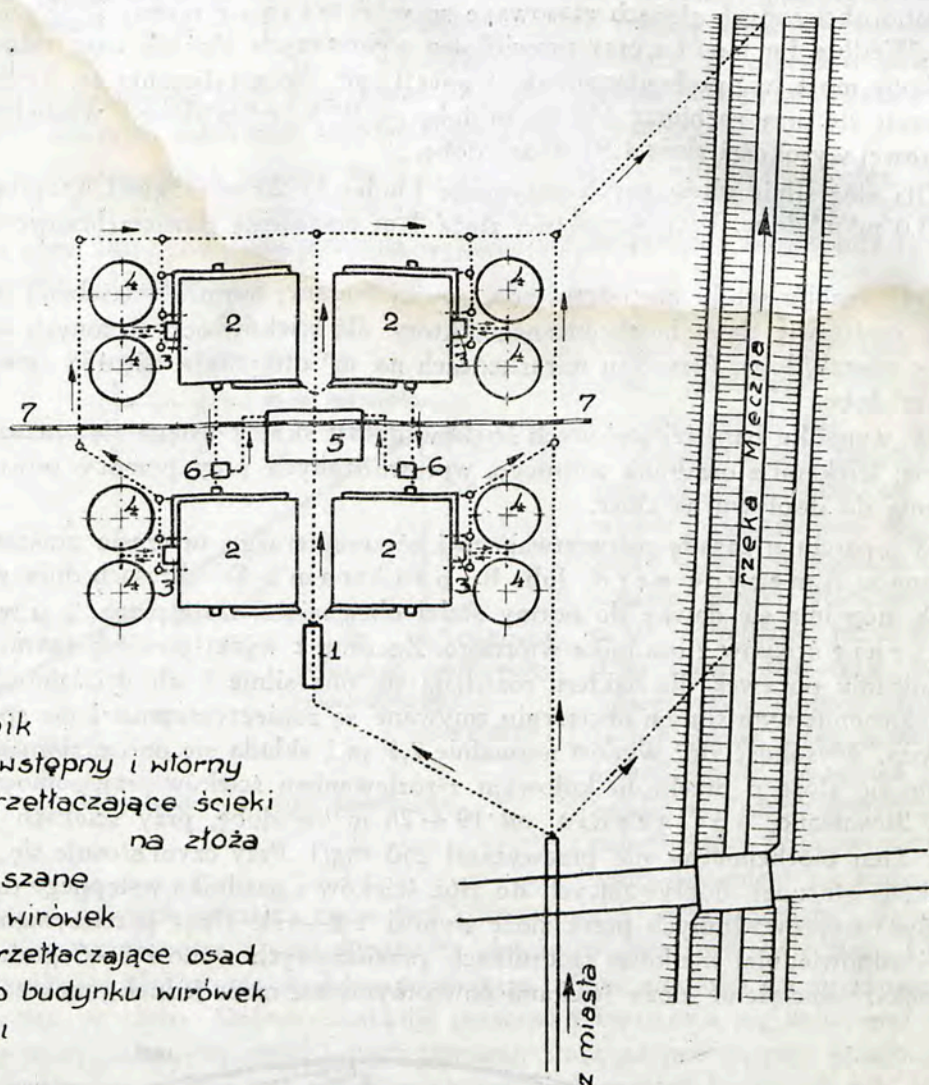
W oparciu o zasadę nieprzerwanego i równomiernego w czasie zraszania pracują złoża nazwane w Ameryce *aero* lub *biofiltrami*. W okresach dnia, gdy dopływ ścieków maleje, dopełnia się dawkę do normy stałej obciążającej złożo przez powrotne wprowadzenie ścieków z osadnika wtórnego. Zgodnie z wyżej powiedzianym, dzięki stałemu doprowadzaniu pożywek dla bakterii rozwijają się one silnie i ich działalność jest wydajniejsza. Przy równomiernym silnym obciążeniu zmywane są zanieczyszczenia i nie spostrzega się zatkania złoża. Wysokość złóż wynosi normalnie 2,4 m i składa się ono z ziarn o średnicy 4—8 cm. Stosuje się złoża o przekroju kołowym z rozlewaniem ścieków przy pomocy przyrządu obrotowego. Stosowano obciążenia od 19—28 m³/m²/dobę, przy ściekach jednak mało stężonych. Tlen biochemiczny nie przewyższał 250 mg/l. Przy czym stosuje się zraszanie wielokrotne tak, iż stosunek dopływających do złóż ścieków z osadnika wstępnego do sumarycznej ilości ścieków przeprowadzanych przez złożo wynosi 1:2—1:4. Czas przetrzymania ścieków na złożach i odpowiedniej wielkości zbiornikach przejściowych wynosi 2—6 godzin, a nawet więcej. Największe obciążenie złoża ściekami powrotnymi nie może jednak przekraczać 112 m³/m²/d, co



Rys. 424. Złożo zraszone nawietrzane sztucznie.

przy czterokrotnym zraszaniu odpowiada ilości pojedynczych ścieków $28 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$. Okazuje się, że obciążenie $6,5 - 9,4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dobę}$ powoduje zatykanie się złoży, zaś przy obciążeniu silniejszym zjawiska tego się nie spostrzega.

Skutek oczyszczania tych złoży wraz z osadnikami wtórnymi wyraża się zmniejszeniem tlenu biochemicznego w granicach o $44-55\%$. Nie osiąga się więc odpływu w pełni niezdolnego do zagniwania. Aby nie powstawało zagniwanie, musi nastąpić zmniejszenie tlenu biochemicznego (5-dniowe) o $75-85\%$, co zostaje osiągnięte w wypadku złoży słabo i silnie obciążanych, które wraz z osadnikami wtórnymi obniżają tlen biochemiczny o $80-92\%$. Obserwuje się przy tym silny spadek ilości bakterii w odpływie. W zimie wobec silnie osłabionego przy obniżonej ciepłocie rozwoju bakterii, działanie oczyszczające zmniejsza się o $20-30\%$. Przy silnym mrozie ciepłota ścieków spada najwyżej o 4° . Odporniejsze na mróz są złoże silnie obciążane z uwagi na większą ilość ciepła doprowadzanego do nich ściekami.

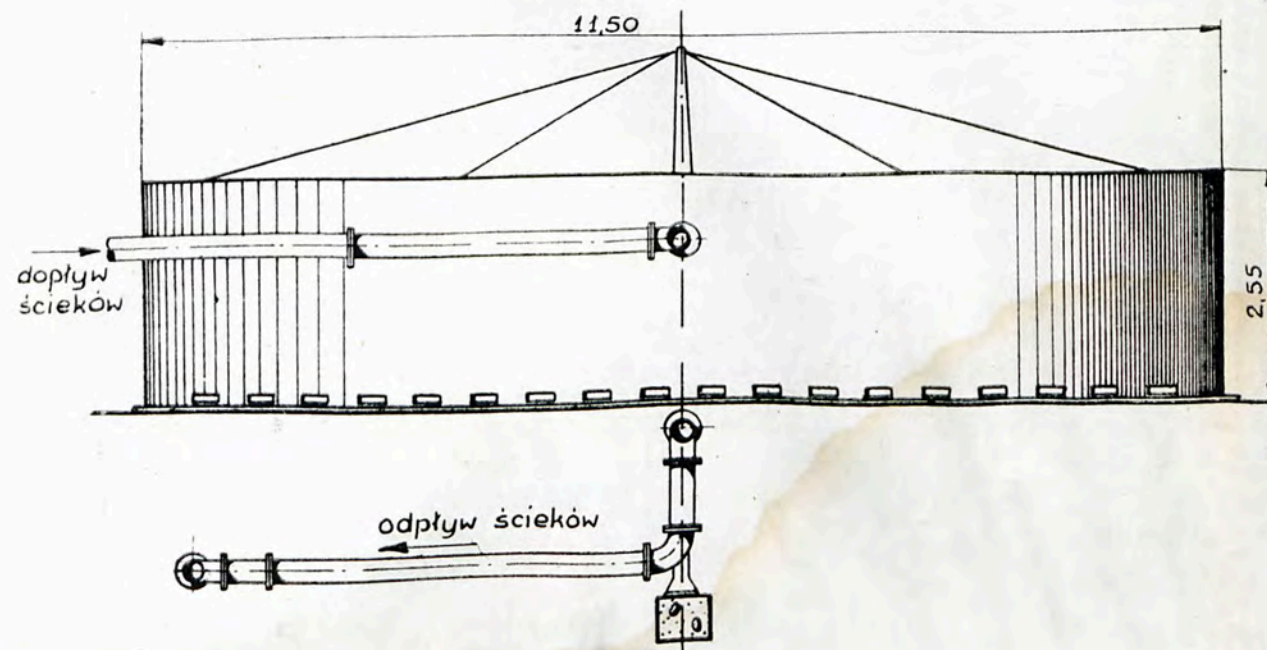


Rys. 427. Schemat urządzeń projektowanej oczyszczalni ścieków w Radomiu.

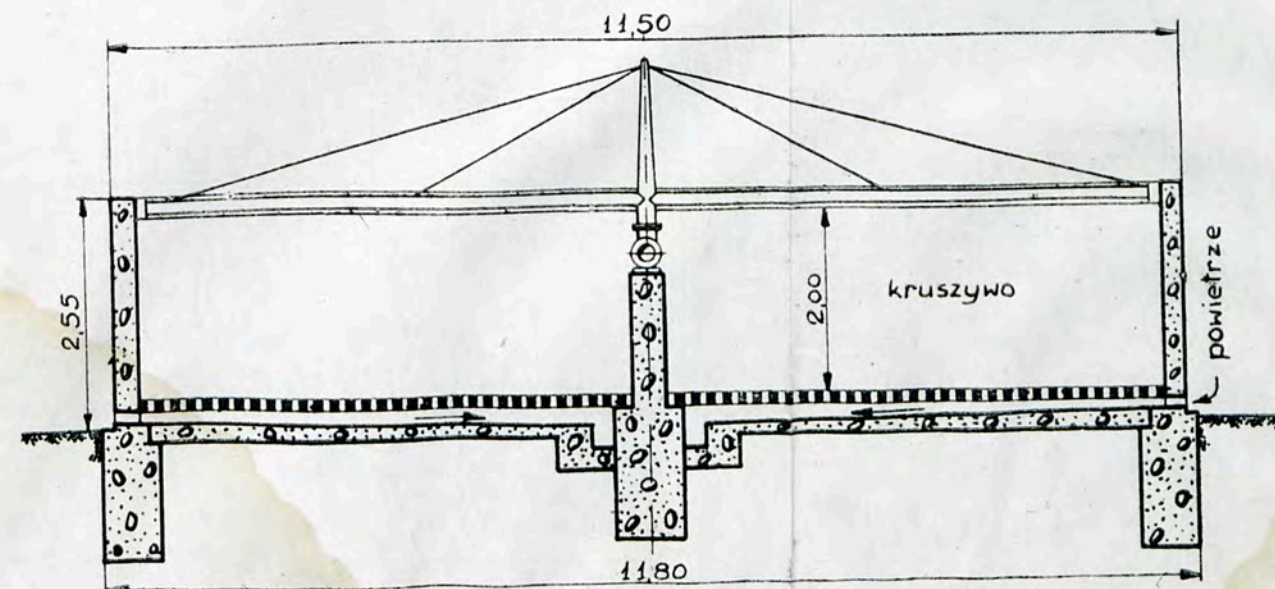
Złoże silnie obciążane (rys. 424) wymagają mniej miejsca, łączny koszt ich budowy jest mniejszy niż złoży słabo obciążanych. Natomiast przy stosowaniu recyrkulacji ściekami (rys. 425, 426) z osadnika wtórnego koszty ruchu są większe dla złoży silniej obciążanych, szczególnie jeśli wymagają one dodatkowego sztucznego przewietrzania.

Złoże zraszane są szczególnie odpowiednie, gdy dąży się do osiągnięcia tylko częściowego oczyszczenia biologicznego. Mają one tę wielką zaletę, że bez szkody dla siebie mogą znieść silne przeciążenie. Stosuje się je często w połączeniu z innymi sposobami biologicznymi, jako wstępny stopień oczyszczenia biologicznego i jako wtórny. Jako wstępny stopień stosuje się je

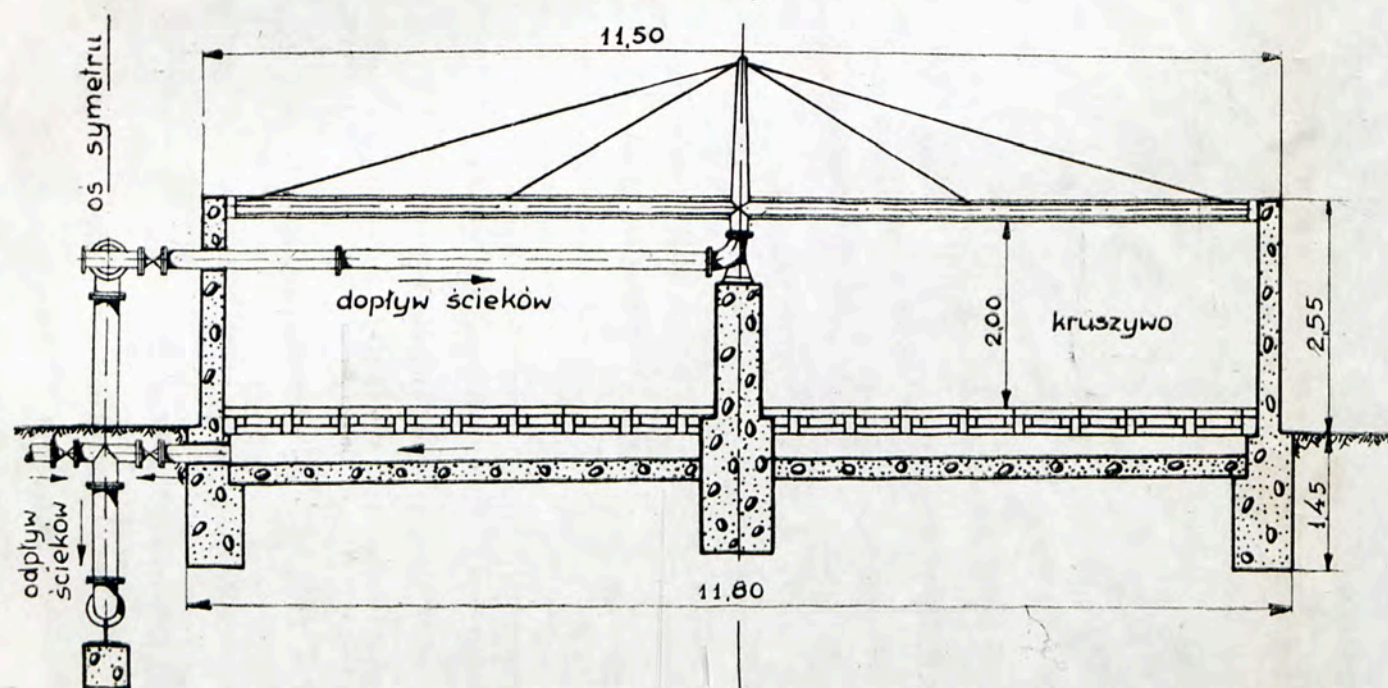
Widok z boku



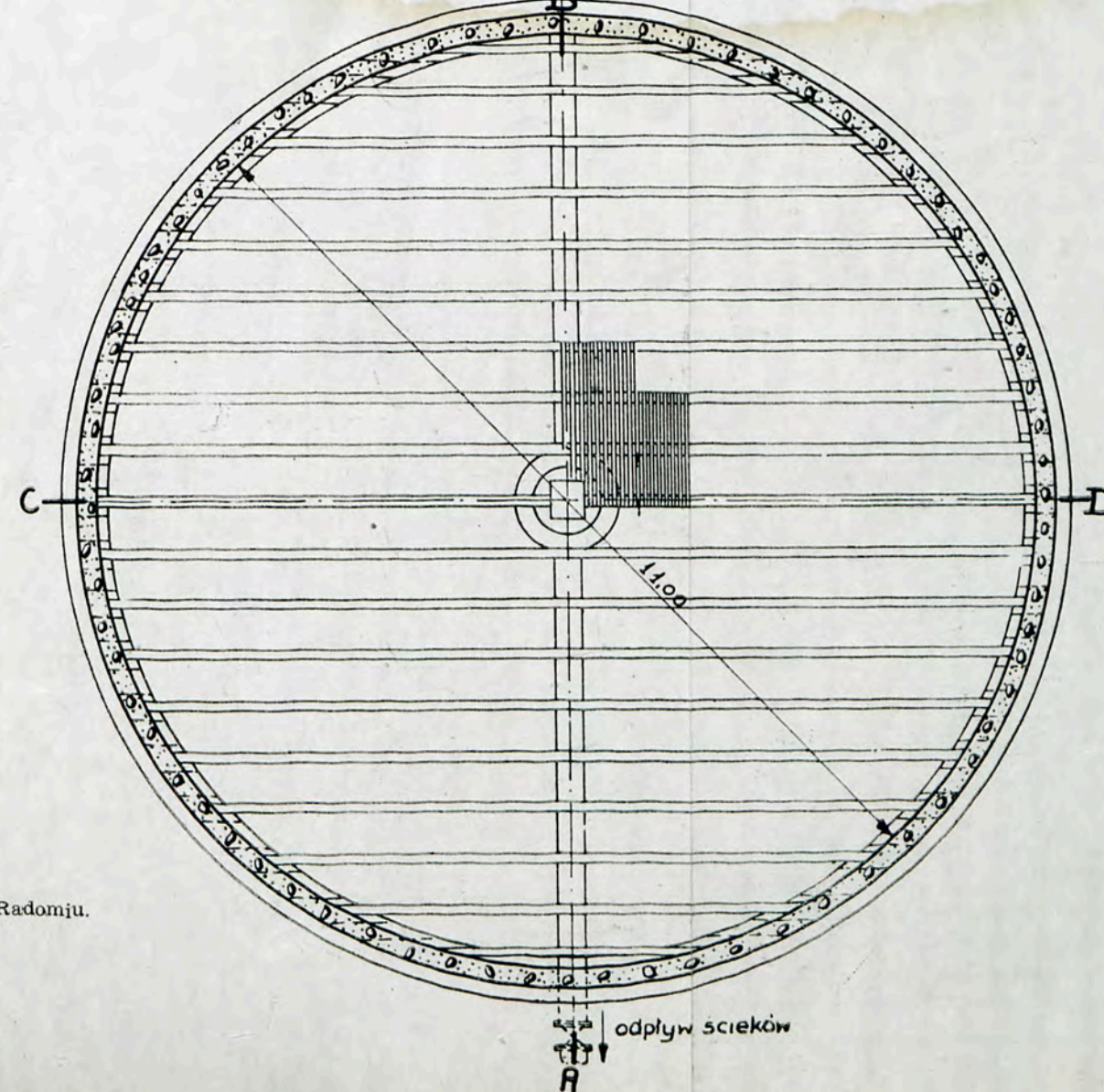
Przekrój C-D



Przekrój A-B

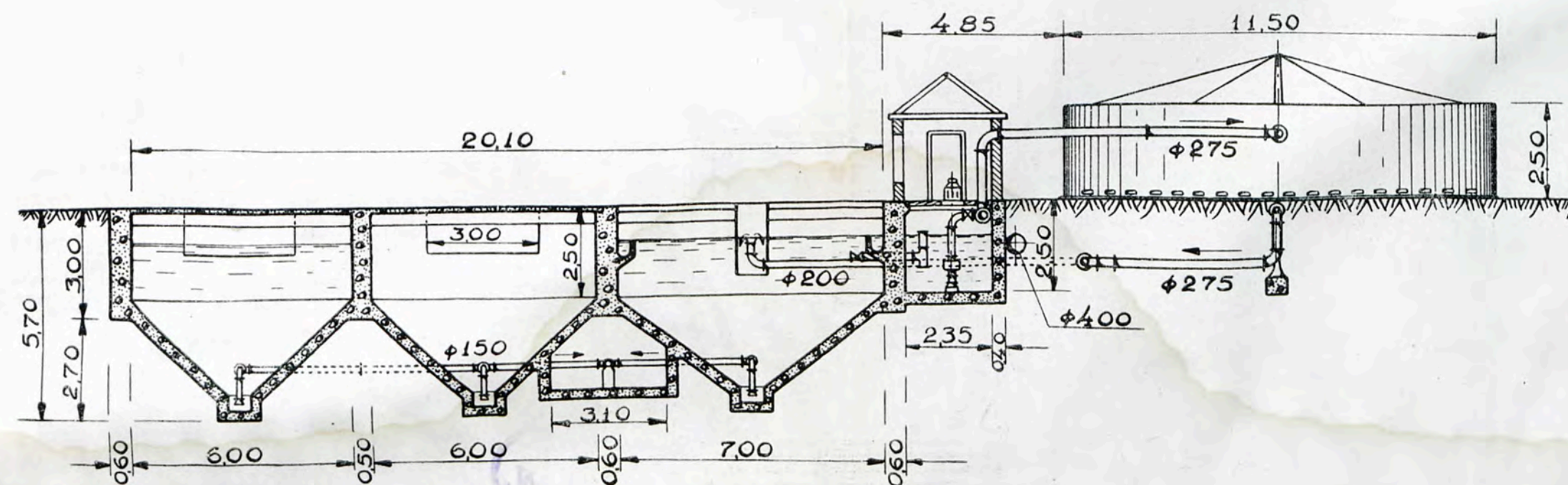


Przekrój poziomy

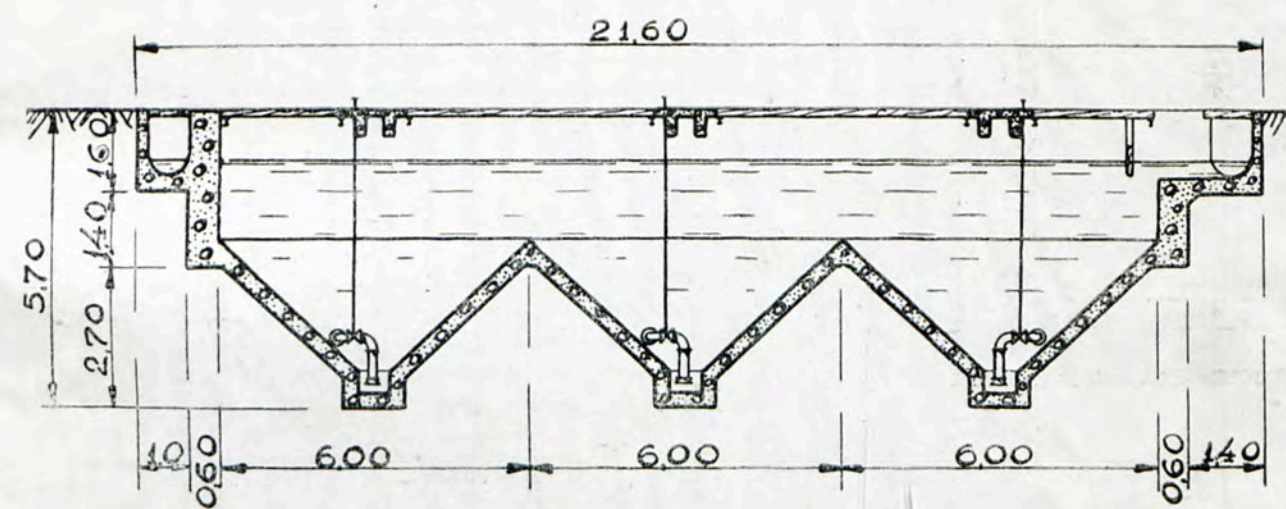


Rys. 425. Projektowane złoże zraszane z recyrkulacją ścieków dla oczyszczalni w Radomiu.

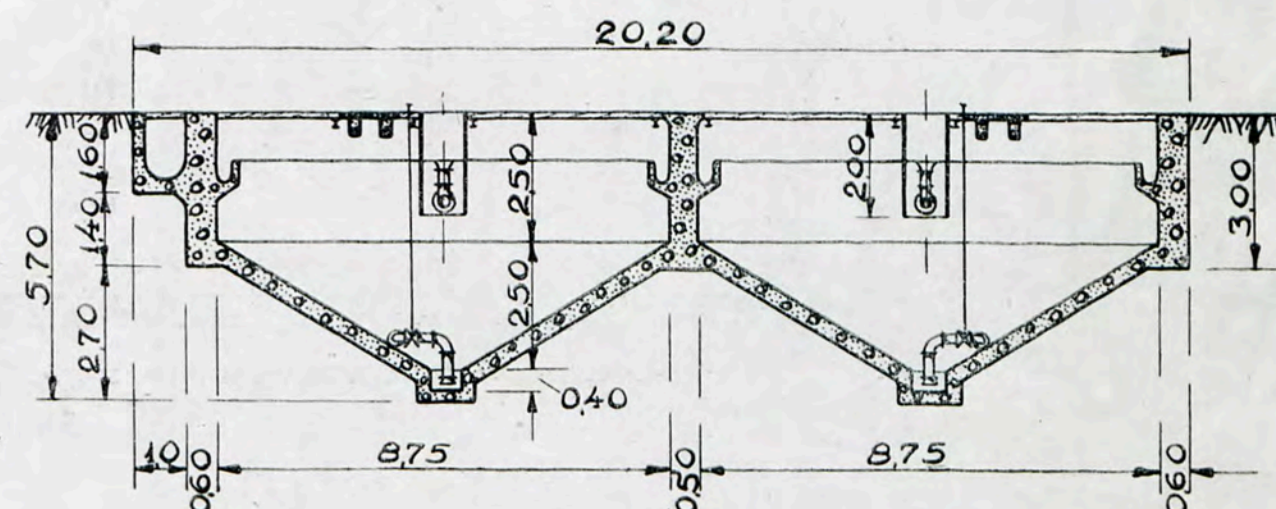
Przekrój A-B



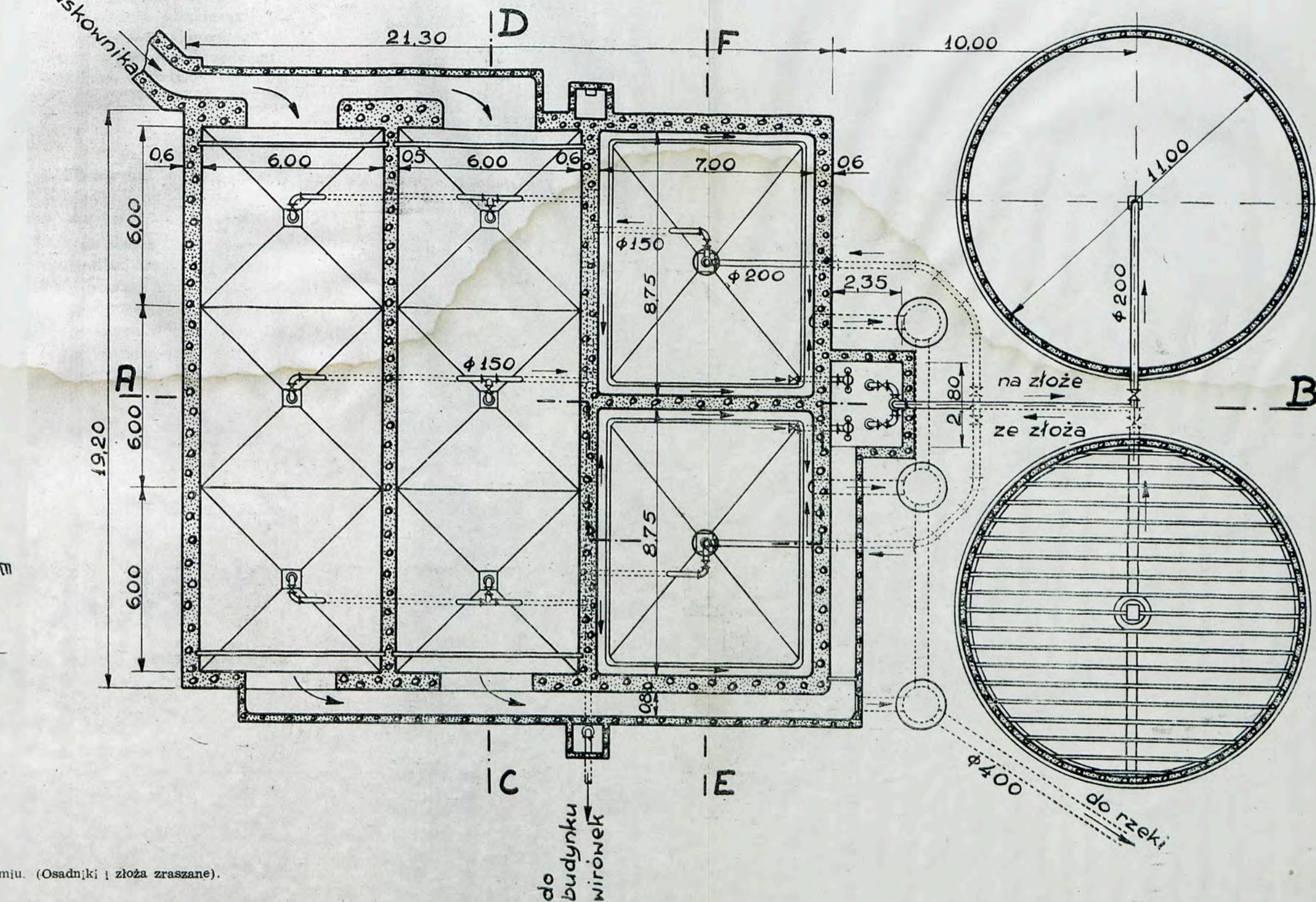
Przekrój C-D

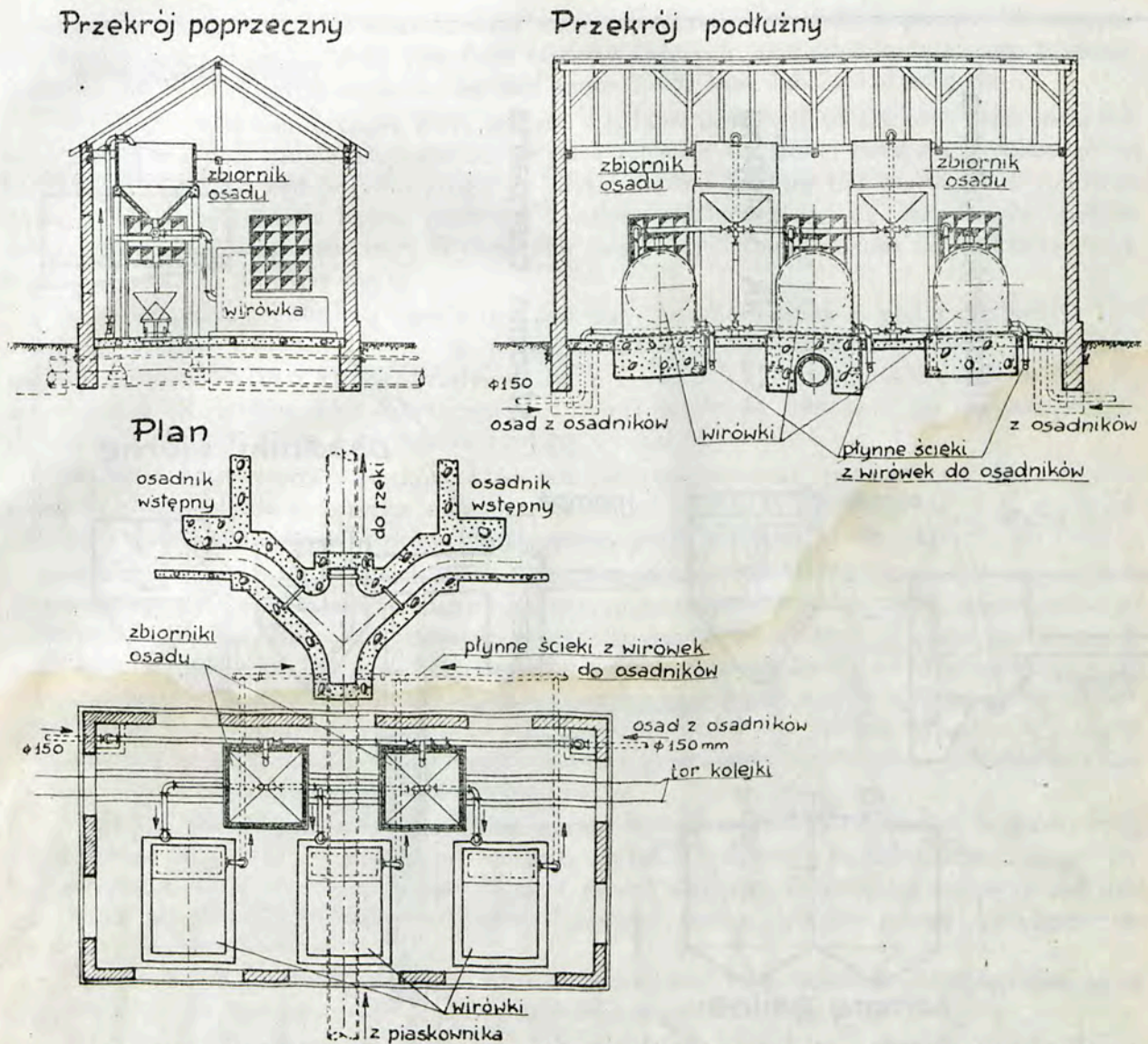


Przekrój E-F



Przekrój poziomy





Rys. 428. Projektowana oczyszczalnia ścieków w Radomiu (wirówki odwadniające osady).

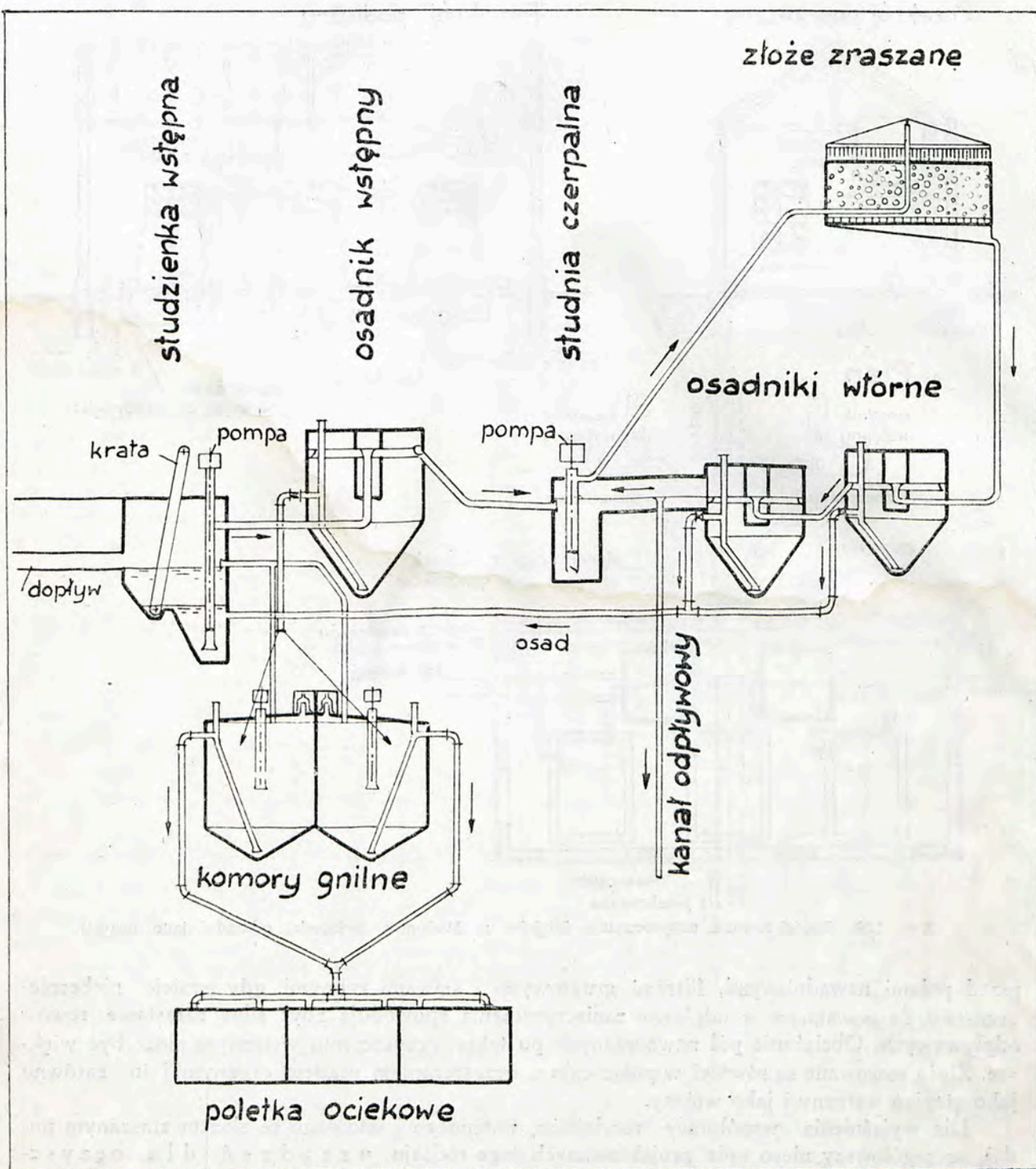
przed polami nawadnianymi, filtrami gruntowymi i stawami rybnymi, gdy istnieje niebezpieczeństwo, że powstające w odpływie zanieczyszczenia spowodują zbyt silne zarastanie rowów odpływowych. Obciążanie pól nawadnianych po takim oczyszczeniu wstępnym może być większe. Złoża stosowane są również w połączeniu z oczyszczaniem osadem czynnym i to zarówno jako stopień wstępny i jako wtórny.

Dla wyjaśnienia współpracy osadników wstępnego i wtórnego ze złożem zraszanym podaję szczegółowszy nieco opis projektowanych tego rodzaju urządzeń dla oczyszczania ścieków w Radomiu (rys. 425 — 428) oraz wykonywanych w rzeźni Gdyńskiej (rys. 429).

Radom (rys. 425—428).

Ścieki, które przeszły przez osadnik wstępny, wprowadzane są kanałem okrężnym do studni, w której znajdują się pompy tłoczące ścieki na złoża zraszane. Kanał okrężny ma w rogu odgałęzienie, zamykane zasuwami, którym ścieki po przejściu osadników, jako mechanicznie oczyszczone, mogą być bezpośrednio odprowadzone do kanału wylotowego i do rzeki Mlecznej, omijając dalsze oczyszczanie biologiczne.

W studni znajdują się dwie pompy o pionowych osiach, o wydatku po 33 l/sek przy wysokości tłoczenia 4,0 m. Pompy te podnoszą ścieki na dwa złoża. Zraszanie następuje za pomocą zraszaczy obrotowych, pracujących reakcją wypływających ścieków. Ścieki, które przeszły przez złożo, spływają po dnie do kanału i rurociągu, którym są wprowadzone w osł osadników



Rys. 429. Schemat oczyszczalni ścieków dla rzeźni miejskiej w Gdyni.

wtórnych przelewem o poziomie 5 cm wyższym niż poziom ścieków w osadnikach wstępnych. Ponieważ dopływ ścieków z osadników wstępnych jest mniejszy niż 33 l/sek na pompę i tylko w dniu letnim i godzinie największego rozbioru wody osiągnie tę wartość, i to tylko w razie, gdyby nie było żadnych strat wody wodociągowej, brakujące ścieki do pełnego wydatku pomp muszą dopłynąć z osadników wtórnych. W tym celu osadnik wtórny jest połączony ze studnią pomp za pomocą rury żeliwnej 200 mm średnicy, której dolny koniec zamknięto płytą stalową z nalepionym krążkiem gumy. Płyta jest umocowana na pionowym drążku podpartym poprzecznymi prętami na dwóch pływakach 25 cm średnicy. W razie za małego dopływu ścieków z osadników wstępnych, pływaki opadają i przez rurę dopływają będą ścieki z osadników

wtórnych w takiej ilości, aby suma ścieków wyrównywała się z wydatkiem pompy. W ten sposób pompy przerzucają na złoża całą ilość ścieków świeżych oraz odpowiednią część ścieków, które już raz przeszły przez złoża, do ogólnej sumy 2×33 l/sek lub 2×118 m³/godz.

W studni będą umieszczone dwie pompy, każda na połowę ilości ścieków, które mają być oczyszczane w jednej grupie oczyszczalni. W razie zepsucia się jednej pompy i chwilowego jej wyłączenia, pracować będzie tylko druga. A gdyby dopływ ścieków był większy, niż wynosi jej wydatek, nadmiar ścieków będzie odpływał kanałem odgałęziającym się do kanału ścieków oczyszczanych tylko mechanicznie. Wyloty obu pomp są połączone ze sobą tak, iż każda z nich może pracować na dowolne złoże.

Ścieki opuszczające złoże są ujęte w rurę 200 mm średnicy, płyną w niej z prędkością 1,05 m/sek, w spadzie ciśnienia $10^{0/00}$, i są wprowadzone w środek osadnika wtórnego, w drewnianą rurę średnicy 80 cm z klepek. Przelewają się przez kielich i są tą rurą skierowane w dół, aby po strąceniu się osadów jako oczyszczone już ścieki mogły się przelewać do korytek obiegających cały osadnik. Czas zatrzymania ścieków wynosi 46 minut.

Nadmiar oczyszczonych ścieków, które nie będą pobrane przez pompy i powtórnie przetłoczone na złoża, spłynie w korytka otaczające osadnik i stamtąd w kanał o średnicy 40 cm, łączący się z kanałem spustowym ścieków, które przeszły przez osadniki, i nim odpłynie do rzeki.

Osady zbierające się w lejach osadników wstępnych i wtórnych będą okresowo z nich wypompowywane przez otwarcie zasuw na przewodzie prowadzącym osady, umieszczonej na odgałęzieniu do leja. Rurociąg, zbierający wszystkie osady, ma średnicę 175 mm, rurociągi odgałęziające się od lejów 150 mm. Przy wydatku pompy tłoczącej osady 10 l/sek prędkość w rurociągu zbiorczym wynosi 0,42 m/sek, a przy poborze osadów z dwóch lejów jednocześnie prędkość na ciągu bocznym będzie 0,29 m/sek, zaś przy poborze z jednego tylko leja 0,57 m/sek. Dla umożliwienia otwierania zasuw przez osadniki przerzucone są chodniki żelbetowe, które równocześnie będą usztywniać ściany osadników.

Rurociąg osadowy ssawny łączy dwie grupy osadników ze sobą w studni, w której staną dwie pompy osadowe o wydatku po 10 l/sek. Jedna z tych pomp będzie zapasowa, gdyż pobór osadów z lejów nie może ulegać dłuższej przerwie (ponad 24 godz.) z obawy przed rozpoczęciem się fermentacji osadów w lejach. Zasuwaniami można dowolną pompę przyłączyć do dowolnej grupy osadników.

Pompy tłoczą osady do zbiornika o pojemności 10 m³ zaopatrzonego w dno lejowate, skąd będą spływać na wirówkę, gdzie wydzielony będzie z nich nadmiar wody.

Urządzenie samoczynne będzie dawkować osady na wirówkę, z której 8—10 razy na godzinę będą odwodnione już osady zeszkrobane nożem samoczynnie i wrzucone do wózków, podczas gdy pozostałe płynne ścieki będą odprowadzane do kanału głównego, przechodzącego przez budynek wirówek. Ścieki odwirowane razem z surowymi ściekami przejdą na dalsze grupy osadników oraz na oczyszczalnię biologiczną.

Osady odwodnione będą przewożone wózkami na plac składowy, na którym będą składowane, przy ewentualnym przesypywaniu poszczególnych warstw torfem i piaskiem, wydobywanym z piaskowników. Z placów składowych osady będą wywożone furmankami.

G d y n i a (rys. 429).

Przewidziany ubój miał wynosić początkowo przy ruchu 6-godzinnym 70 sztuk grubego bydła, 150 drobnego i 400 świń na dobę. Ruch ten miał być następnie podniesiony o 33% przez przedłużenie uboju do 8 godzin na dobę, w końcu podwojony przy rozbudowaniu rzeźni na terenach, które zostały w tym celu od razu nabyte. Dla przyjętych norm zużycia wody w początkowym stanie zapotrzebowanie jej wynosi 310 m³, głównie w ciągu 6—8 godzin dziennie.

Odpływające z rzeźni ścieki będą w przyszłości ujęte w zbieracz kanalizacyjny obsługujący Pogórze, Obłuże i Oksywie, muszą być jednak i w tym wypadku silnie podczyszczone, początkowo zaś muszą być wprowadzone do otwartego bezwodnego rowu, wpadającego do Chylonki i z nią do morza. Oczyszczenie ścieków przynajmniej w początkowych stadiach rozbudowy rzeźni musi być bardzo silne.

Ścieki zebrane ze wszystkich budynków rzeźni, wraz z budynkami mieszkalnymi, są doprowadzone do studzienki szerokości 1,5 m, z której mogą być albo przepompowywane na oczyszczalnię, albo w razie zatrzymania jej ruchu mogą być jeszcze w stanie nieoczyszczonym

grawitacyjnie spuszczone do otwartego rowu odwadniającego do Chylonki. Będzie to oczywiście wypadek zupełnie wyjątkowy. Normalnie ścieki ze studzienki mającej 4,8 m³ pojemności podnoszone są pompą wirnikową o wydajności 12 litr/sek na oczyszczalnię. Pompa jest ustawiona poza kratą wstęgową, obracalną, oczyszczaną samoczynnie. Zmiotki z kraty są splukiwane przy pomocy prądu wody rynną blaszaną do jednego z dwu osadników gnilnych, gdzie podlegają beztlenowemu przegniwaniu. Krata ma 8 mm prześwitu między prętami, gdyż mniejszy prześwit okazuje się niepraktyczny ze względu na zabijanie kraty tłuszczem. Pompa jest uruchamiana okresowo pływakiem umieszczonym w studziencie. Równocześnie z uruchomieniem pompy uruchamia się kratę i szczotki oczyszczające. Ze względu na bezpieczeństwo ruchu ustawione są dwie pompy podnoszące ścieki, przy czym druga pompa jest uruchamiana przy wyższym poziomie ścieków. Normalnie pracuje jedna pompa. W razie niespodziewanego wzrostu dopływu wchodzi w ruch także i druga jednostka. W wypadku naprawy jednej z nich druga będzie zawsze czynna.

Pompy tłoczą ścieki do osadnika wstępnego, mającego pojemność 36 m³ w górnej pionowej części i 20 m³ w dolnej stożkowej. W osi osadnika jest umieszczona pionowo rura betonowa o średnicy 0,8 m, do której wchodzi rura żeliwna prowadząca ścieki z wylotem na 0,8 m poniżej poziomu wody.

Cięższe zanieczyszczenia osiadają w leju, drobniejsze i tłuszcz wznoszą się wraz z wodą w górę, przy czym woda przelewa się przez cały obwód osadnika do rynienki, która ją odprowadza do studni czerpalnej. Stąd podnoszona jest ona na złoże zraszane. Tłuszcz wypływa na powierzchnię wody i ścina się, jest też stamtąd okresowo zbierany szuflami i odwożony do kotłów dla przeróbki z tłuszczem uzyskiwanym z innych działów rzeźni. Rama drewniana zanurzona w wodę przed krawędzią przelewu powstrzymuje warstwę tłuszczu od spłynięcia ze ściekami do korytka.

W studni są założone dwie pompy, z których jedna jako zapasowa, o wydatku po 10 litr/sek. Pompa w sposób ciągły podnosi ścieki na złoże zraszane. Ponieważ ruch pompy podnoszącej ścieki na osadnik wstępny jest okresowy i zwłaszcza w nocy odbywa się w dużych odstępach czasu, zaś ruch pompy podnoszącej ścieki na zraszacz jest stały, w razie braku dopływu świeżych ścieków otwiera się kłapa zwrotna na rurze prowadzącej ścieki oczyszczone i pompa czerpie tyle wody ze ścieków oczyszczonych, ile brakuje ścieków surowych do wydatku pompy 10 litr/sek.

Zraszacz jest obrotowy, dwuramienny, budowy Geigera, uruchamiany małą przewżyką ciśnienia około 50 cm. Ramiona rurowe mają na końcach zamknięcia, przez które codziennie przesuwana jest szczotka dla ich oczyszczenia. Złoże ma 8,0 m średnicy, 2,4 m wysokości, 50 m² powierzchni, jest otoczone żelbetowym murkiem, zaopatrzonym w otwory przy posadzce dla dopływu powietrza i wypełnione tłuczniem granitowym o ziarnie grubości 5 cm. Płaszcz żelbetowy został po uruchomieniu podniesiony pierścieniem z blachy cynkowej o 0,3 m ponad poziom tłucznia, z powodu rozpryskiwania się ścieków poza złoże.

Ścieki opuszczające złoże są wprowadzane rynienką na osadnik mający rozmiar w planie 3,5×3,5 m i 22,2 m³ pojemności, posiadający stożkowe zagłębienie głębokości 2,42 m. Wprowadzone są osiowo w betonową rurę, którą są skierowane najpierw w dół, po czym pomalu wznoszą się, przelewając się wzdłuż całej krawędzi do rynienki obiegającej osadnik. Z osadnika tego są ścieki wprowadzone na drugi taki sam osadnik, znów osiowo. Z rynienki zbierającej z niego odpływ uchodzą one albo do studni, z której pompa czerpie ścieki na zraszacz, albo przelewem dostają się do kanału odpływowego, jeśli dopływ ścieków surowych do pompy jest dostateczny.

Osady zbierające się w osadniku wstępnym są grawitacyjnie wpuszczane do komory gnilnej mającej 115 m³ pojemności i 5,75 m głębokości. Komór takich jest dwie i pracują one równolegle. Osady z osadników wtórnych tworzą się na zbyt niskim poziomie, aby mogły być grawitacyjnie spuszczone do komór gnilnych, wobec czego w godzinach małego obciążenia oczyszczalni są spuszczone do studzienki wstępnej, z której są podnoszone na osadnik wstępny i tam osadzone, a następnie są już grawitacyjnie spuszczone do komór gnilnych.

Komory gnilne przyjmują zatem bardzo grube zanieczyszczenia, osiadające na kracie wstępnej, następnie osady z osadnika wstępnego, w końcu osady z obu osadników wtórnych. Komory mają ściany ocieplone, strop żelbetowy z uszczelniającą wkładką ołowianą, dzwony

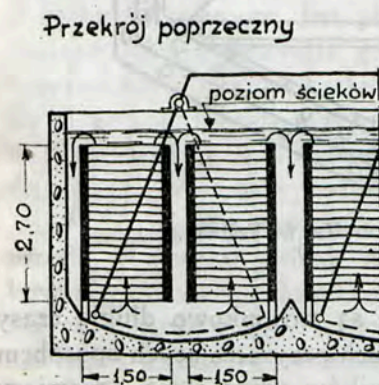
zbierające wytworzony gaz oraz mieszadła wykonane jako pompy, założone w osi i mieszające ścieki celem niedopuszczenia do utworzenia się kożucha. Niestety doświadczenie dowiodło, że kożuch się tworzy tak, że w przyszłości pompy będą zastąpione mieszadłami mechanicznymi. Wytworzony gaz ogrzewa wodę w kociołku, z którego woda przechodzi przez węzownicę umieszczoną w komorach, podgrzewając ścieki.

Codziennie część przegnilo osadu jest spuszcza na poletka ściekowe, zdrenowane, na których osad ocieka z wody i jest zabierany jako nawóz. Odpływ z drenów jest zupełnie klarowny, co dowodzi dobrego przegnicia osadów.

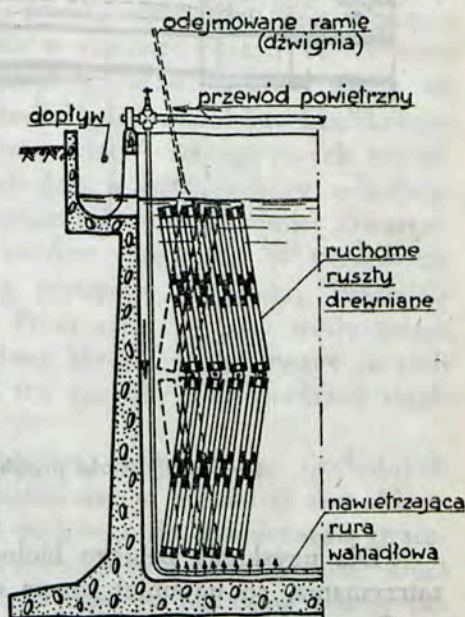
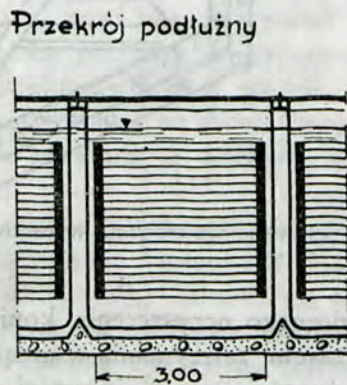
Tuż przed wojną oczyszczalnia przyjmowała około 300 m³ ścieków na dobę, podnoszonych na złoże było 864 m³. Ścieki przechodziły więc prawie trzykrotnie cykl oczyszczania. W godzinach uboju złoże było silnie przeciążone, zdołało jednak gromadzić w sobie doprowadzane zanieczyszczenia i oddawać wodę dostatecznie czystą. W godzinach późniejszych złoże przerabiałoby zebrane zanieczyszczenia oraz było przepłukiwane coraz bardziej czystymi ściekami i w ten sposób przygotowane do następnego okresu wzmożonej pracy. Oczyszczone ścieki w żadnym wypadku nie zagniwały w odbiorniku, nie było też żadnych zapachów na oczyszczalni. Przejściowo pojawiła się plaga muszek „Psychoda”, która jednak samoczynnie później ustała. Dla wyznaczenia ilości zużycia tlenu biochemicznego dla ścieków nieoczyszczonych oraz oczyszczonych i to w godzinach tak silnego przeciążenia oczyszczalni, jak i regeneracji złoza, były pobrane próbki, których zbadaniu jednak przeszkodziła wojna.

Złóża zanurzone przedmuchiwanie.

Złóża przedmuchiwane pracują pod wodą. Tlen niezbędny do mineralizacji zanieczyszczeń doprowadzany jest z wdmuchiwanego do wody powietrza. Ścieki przepływają przez zbiorniki, w których umieszczone są złóża, w sposób ciągły. Spad niezbędny dla przeprowadzenia ścieków wynosi zaledwie niewiele centymetrów 10–20 cm. Złóża budowane są z tłucznia, koksu, łat drewnianych, ruchomych kawałków korka i drzewa, sfalowanej blachy glinowej oraz betonowych beleczek. Powierzchnie szorstkie są mniej odpowiednie, gdyż zbyt do nich przywierają tworzące się osady, nie dając się łatwo usunąć. Lepsze wyniki osiąga się przy użyciu mate-



Rys. 430. Doprowadzenie powietrza do zanurzonych złóż przy pomocy rury wahadłowej.



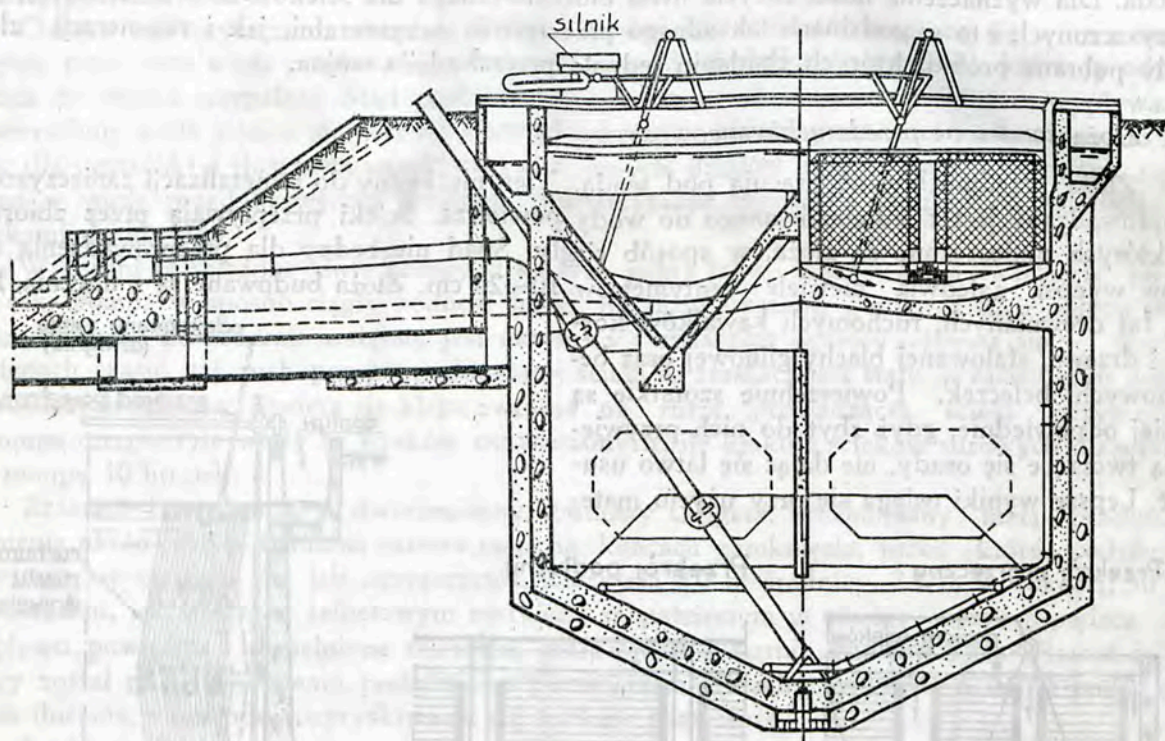
Rys. 431. Ruchome złoża przedmuchiwane z łat drewnianych.

riałów łatwo wypływających z wody podczas płukania i ulegających przy jednoczesnym nawietrzeniu wirowaniu. Materiałem najlepszym więc jest korek. W czasie pracy złoża utrzymywany jest on nieruchomo przy pomocy krat. W czasie płukania i usunięcia krat wypływa na wierzch i jest silnie wzburzony. Osad zebrany na powierzchni korka zostaje splukany.

Doprowadzenie powietrza odbywa się przy pomocy wbudowanej w dno sieci przewodów lub dla zaoszczędzenia powietrza przy pomocy rury wahadłowej (rys. 430). Ruch powietrza ułatwia wypłukiwanie osadów, gromadzących się na złożu. Dno powinno być tak

wykonane, by nie mógł się na nim zbierać osad. Jest on stale wzruszany przez rurę wahadłową i unoszony przez przepływające ścieki do wylotu. Złoża najlepiej umieszczać w obudowie ze skrzyń drewnianych. Wówczas powietrze tłoczone powoduje wzniesienie się powierzchni ścieków na złożach, zaś obniżenie poza nimi. Osiąga się przez to wielokrotne przemieszanie i dobrą styczność ścieków ze złożem. Stosowane są również złoża ruchome z łat drewnianych (rys. 431). Przy pomocy dołączonego ramienia można zmieniać nachylenie względem siebie dwóch części złoża górnej i dolnej na odwrotne. W ten sposób osiąga się należyte przewietrzenie obu stron łat przy pomocy rury wahadłowej i splukanie przylegającego osadu.

Złoża zanurzone mogą być wbudowane w każdym osadniku. Wówczas jednak pierwsza część osadnika musi być pozostawiona swobodna, aby umożliwione było wytrącenie się grubszych zawieszin. Również końcowa trzecia część osadnika powinna być niezabudowana w celu umożliwienia wytrącenia się unoszonego przez ścieki osadu. Rysunek 432 daje przykład wbudowanego złoża w osadniku Imhoffa w Velbert. Złoże jest umieszczone w środkowym osadniku, których trzy są połączone ze sobą jeden za drugim. Tworzący się osad na złożu jest wypłukiwany przez prąd wody, jaki powstaje przy ruchu wahadłowym przewodu doprowadzającego powietrze.



Rys. 432. Złoże przedmuchiwane wbudowane w osadnik Imhoffa w Velbert.

Dla uzyskania pełnego biologicznego oczyszczenia konieczne są stosunkowo długie czasy zatrzymania, co najmniej równe czasom zatrzymania w urządzeniach oczyszczających sposobem osadu czynnego. Ze względu na zmniejszenie pojemności zbiorników przez złoże, rozmiary pomieszczeń muszą być odpowiednio powiększone. Zużycie powietrza jest bardzo duże, gdyż służy ono nie tylko dla doprowadzenia tlenu do mikroorganizmów, lecz również jako środek płuczący. Dochodzi do tych złych stron jeszcze łatwość zamulenia się. Z tych względów nie znajdują złoża zanurzone szerszego zastosowania dla oczyszczania ścieków miejskich. Natomiast stosowane są do oczyszczania niektórych odpływów przemysłowych. Szczególnie dobre wyniki osiąga się przy oczyszczaniu tłustych wód z pralni wełny. Tłuszcz wydziela się na powierzchni w postaci piany i jest przy pomocy odpowiednich urządzeń stamtąd usuwany. Również odpowiednie są w wypadku wprowadzania ścieków falami. Znoszą dobrze przeciążenie. Nie są czułe na trujące zanieczyszczenia wód przemysłowych, np. fenolowych, zatrzymując w wielu wypadkach główną część trujących domieszek. Dużą zaletą ich jest brak zapachów i plagi much. Główną zaletą jest, że z łatwością przy ich pomocy daje się osiągnąć do-

wolny stopień oczyszczania biologicznego, osiągany przez dłuższy lub krótszy czas zatrzymania. Pełne biologiczne oczyszczenie uzyskuje się przy 6-godzinym czasie przepływu. Zużycie powietrza wynosi wówczas 4 m^3 na 1 m^3 ścieków. Dalszą zaletą jest szybki czas dojrzewania 1–2 dni.

Powstający na złożach osad chwytny być musi w osadnikach wtórnych. Czas zatrzymania może być w nich skrócony nawet do 15 minut.

Osad ten doprowadza się do dopływu na osadniki wstępne. Ilość jego przy pełnym biologicznym oczyszczeniu ścieków wynosi $1,5 \text{ l/mieszk/dobę}$ przy zawartości wody $97,5\%$. Przy wspólnej fermentacji osadów z osadników wstępnych i wtórnych ilości przegnilo osadu wynoszą $0,61 \text{ l/mieszk/dobę}$ z zawartością wody 90% .

Złoża zanurzone włączane są do współpracy z innymi sposobami biologicznymi jako wstępny stopień, mający za zadanie usunięcie trudnych do rozkładu zanieczyszczeń. Wtórne biologiczne oczyszczanie przeprowadzane jest wówczas na złożach zraszanych lub przy pomocy osadu czynnego.

Osad czynny.

Najdoskonalszym sposobem oczyszczania biologicznego ścieków jest osad czynny. Był on odkryty w roku 1913 przez Locketta i obecnie znajduje bardzo powszechne zastosowanie szczególnie w Ameryce. Proces oczyszczania przebiega bez zapachów ze względu na tlenowe warunki pracy; odpływ jest lepszej jakości niż z innych urządzeń biologii sztucznej; osad choć o bardzo dużej zawartości wody w stanie świeżym jest bez zapachu i zawiera dwa razy więcej składników nawozowych niż otrzymywany przy innym sposobie oczyszczania biologicznego. Kosztowniejszy jest jednak w ruchu ze względu na konieczność dostarczania do urządzeń sprężonego powietrza oraz dużą ilość osadu do usuwania.

Przy pracy z osadem czynnym upodabnia się najbardziej naturalne procesy biologiczne samooczyszczania się wód. Przez wdmuchiwanie powietrza w ścieki wytwarza się sztucznie działający oczyszczający plankton i umożliwia jego działanie w stężonej postaci w wysoce sprzyjających warunkach. Przez stałe nasycanie tlenem będących w ruchu ścieków tworzą się wkrótce składające się ze strąconych koloidów, kolonii bakterii i pierwotniaków kłaczkowate o kolorze lekko do ciemno brązowego zawiesiny, które wobec swoich adsorpcyjnych właściwości zatrzymują zawarte w ściekach zanieczyszczenia i zamieniają je przy pomocy osiedlających się na ich powierzchni mikroorganizmów w związki mineralne. Wobec swojej zawartości mikroorganizmów ten pływający osad nazwany został osadem czynnym. W przeciwieństwie do złóż zraszanych, gdzie błona przylega do kruszywa, poruszają się tutaj działające oczyszczająco błony w kształcie kłaczek wolno w wodzie. Przez sztuczny ruch wody osiąga się to, że kłaczkowate masy nie mogą osiadać na dnie. Ożywione kłaczki utrzymywane są stale w zawieszeniu i jednocześnie stale mieszane ze ściekami, w ten sposób doprowadzane ciągle do nowych związków pożywnych.

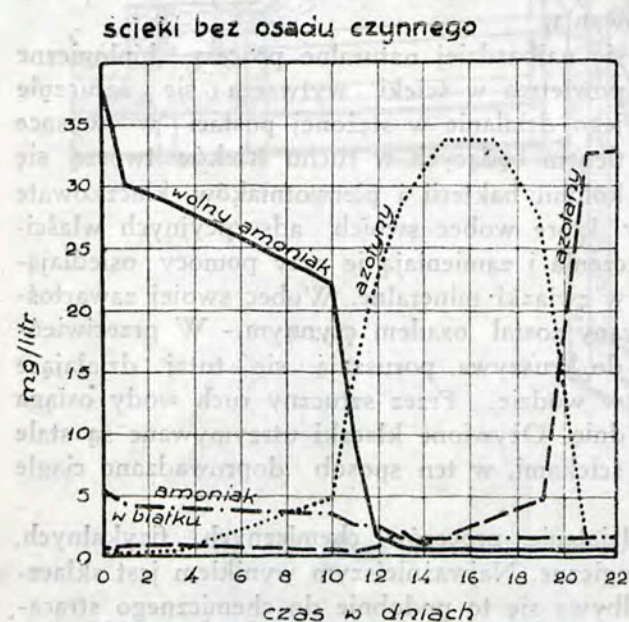
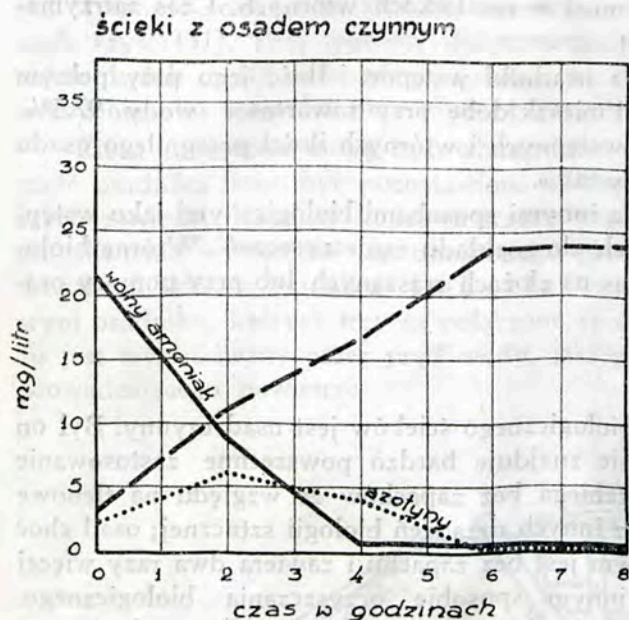
W przebiegu oczyszczania zachodzi współdziałanie procesów chemicznych, fizykalnych, przede wszystkim jednak działają procesy biologiczne. Najważniejszym wynikiem jest skłaczanie zawiesin i domieszek koloidalnych. Odbywa się to podobnie do chemicznego strącania przy pomocy soli, żelaza i wapna. Kłaczkowate zawiesiny stanowią gąbczastą masę, która zawiera i utrzymuje domieszki koloidalne i bakterie. Gąbczasta budowa kłaczek tworzy dużą powierzchnię, będącą w stanie adsorbować koloidy, rozpuszczone gazy i zawartości barwnikowe w sposób podobny jak błona biologiczna, znajdująca się na ziarnach kruszywa złóż zraszanych. Czynność organizmów, które niszczą koloidy i rozpuszczają domieszki, polega na procesie utleniania. Prowadzi on do nitryfikacji, przy czym tworzą się poważne ilości azotanów i azotynów. W procesie oczyszczania bierze udział wiele rodzajów grup bakterii, najczynniejsza jest bakteria *zooglyea ramigera*. Rozkład biochemiczny wywołany jest raczej działaniem fermentacji niż bakterii. Czynny udział w procesach zachodzących biorą również bakteriofagi. Stale istnieć musi równowaga pomiędzy bakteriami i pierwotniakami.

Dla wytworzenia się w sposób naturalny osadu czynnego niezbędny jest długi okres czasu, przyspieszyć go można w bardzo silnym stopniu przez dodanie do świeżych ścieków i wymieszanie z nimi osadu już ożywionego.

Różnicę pomiędzy nawietrzaniem ścieków nie zawierających osadu czynnego oraz zawierających go obrazują krzywe na rysunku 433. Gdy w ściekach nawietrzanych nie zawierających osadu czynnego jeszcze w ciągu 15 dni nie następuje całkowita nityfikacja, przy jego obecności powstaje ona w ciągu 5 godzin.

Dobre oczyszczanie wstępne sprzyja wybitnie aktywizacji osadu oraz sposób staje się bardziej ekonomiczny wobec oszczędności powietrza i zmniejszenia trudności z osadem. Jako oczyszczenie wstępne stosuje się osadniki. Konieczne jest należyte oczyszczenie z tłuszczów i olejów, gdyż hamują one dopływ tlenu do powierzchni kłaczek. Jeśli ścieki dopływają na oczyszczalnię już w stanie zagnitym, dobrze wpływa nawietrzenie wstępne, usuwające siarkowodor. Polecane jest również wstępne chlorowanie. Osad czynny ma za zadanie usunięcie tylko nie ulegających osiadaniu oraz rozpuszczonych zanieczyszczeń.

Oczyszczanie ścieków odbywa się w zbiornikach nawietrzania, przez które ścieki zmieszane w pewnym stosunku z osadem czynnym są przeprowadzane, podlegając w czasie przepływu silnemu nawietrzeniu. Czas zatrzymania w zbiornikach, względnie nawietrzania zależy od rodzaju ścieków, pożądanego stopnia ich oczyszczenia oraz sposobów nawietrzania. Po nawietrzeniu mieszanina ścieków i osadu wprowadzana jest do osadników wtórnych, gdzie następuje wytrącenie osadów. Sklarowane ścieki odprowadzane są do odbiornika. Część osadu doprowadza się do wpływających na oczyszczalnię biologiczną ścieków, zaś pozostały nadmiar ulega dalszej przeróbce lub też usunięciu (rys. 434). W niektórych oczyszczalniach osad powrotny ulega ożywieniu przez dodatkowe nawietrzenie (rys. 435), zanim wprowadzi się go do dopływających ścieków. W Ameryce stosowany jest skrócony czas zatrzymywania ścieków świeżych w osadnikach wstępnych 45 min. — 1 godziny.



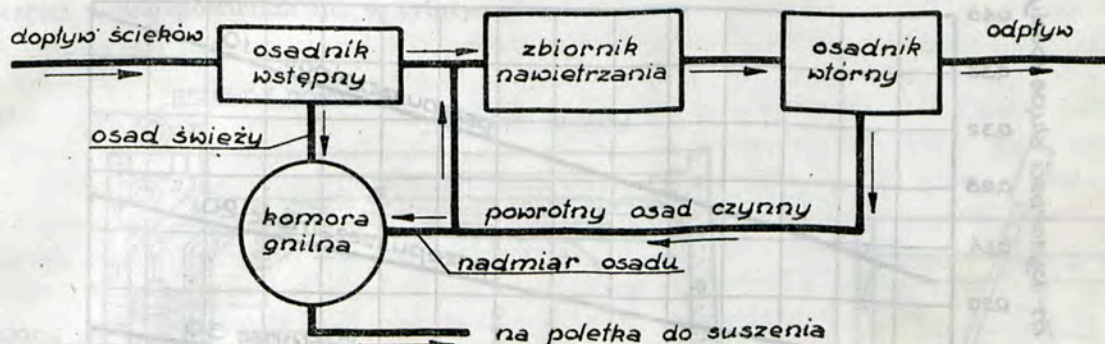
Rys. 433. Skutek nawietrzania ścieków nie zawierających i zawierających osad czynny.

wynoszą 2,5—4 m. Wielkość zbiorników zależy od niezbędnego czasu zatrzymania, ten zaś od rodzaju nawietrzania. Zależnie od sposobu doprowadzenia powietrza do ścieków rozróżnia się:

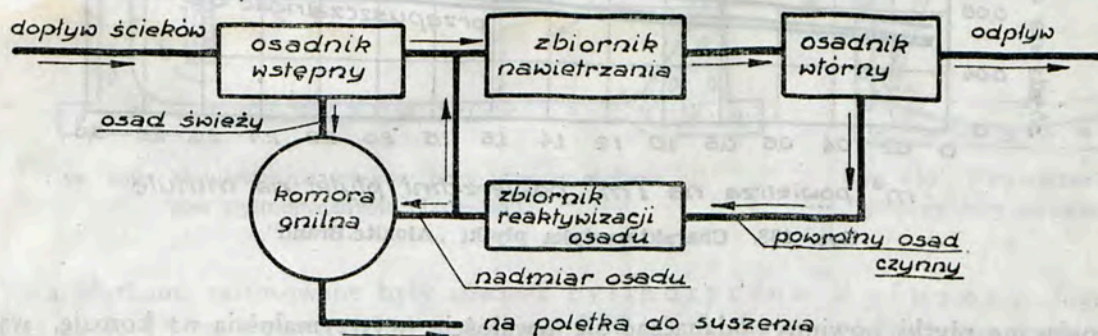
- nawietrzenie sprężonym powietrzem,
- „ mechaniczne (powierzchniowe),
- „ złożone.

W sposobie nawietrzania sprężonym powietrzem doprowadza się je przez płytki z topionego kwarcu, znane pod nazwą płytek porowatych (filtrosów) lub też z topionego glinu, stosowane są również płytki ceramiczne. Powietrze tłoczone dyfundując przez płytki zostaje rozbite na drobne pęcherzyki i rozdziela się równomiernie w przepływających nad płytkami ściekach. Powietrze doprowadzane w ten sposób ma za zadanie nie

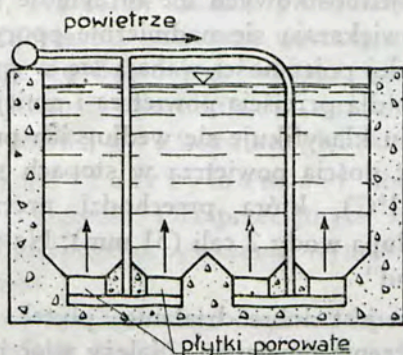
tylko dostarczenie odpowiedniej ilości tlenu potrzebnego dla organizmów, biorących udział w procesie oczyszczania, lecz jednocześnie utrzymanie w zawieszeniu osadu, nie pozwalając mu na zbijanie się na dnie i zagniwanie. Przy ruchu wody i cząstek osadu następuje ciągle przemieszanie i wytwarza się ściślejsze zetknięcie pomiędzy osadem czynnym i rozpuszczonymi oraz koloidalnymi zanieczyszczeniami. Składcowany osad może wykonać należycie swą czynność adsorpcyjną. Dla rozwoju organizmów zużyta zostaje tylko część tlenu z doprowadzonego powietrza, zwykle nie więcej niż 5—10%.



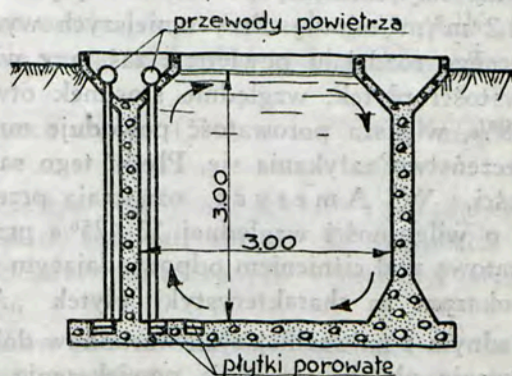
Rys. 434. Schemat urządzeń oczyszczania ścieków przy pomocy osadu czynnego.



Rys. 435. Schemat urządzeń oczyszczania ścieków przy pomocy osadu czynnego z dodatkowym nawietrzaniem.



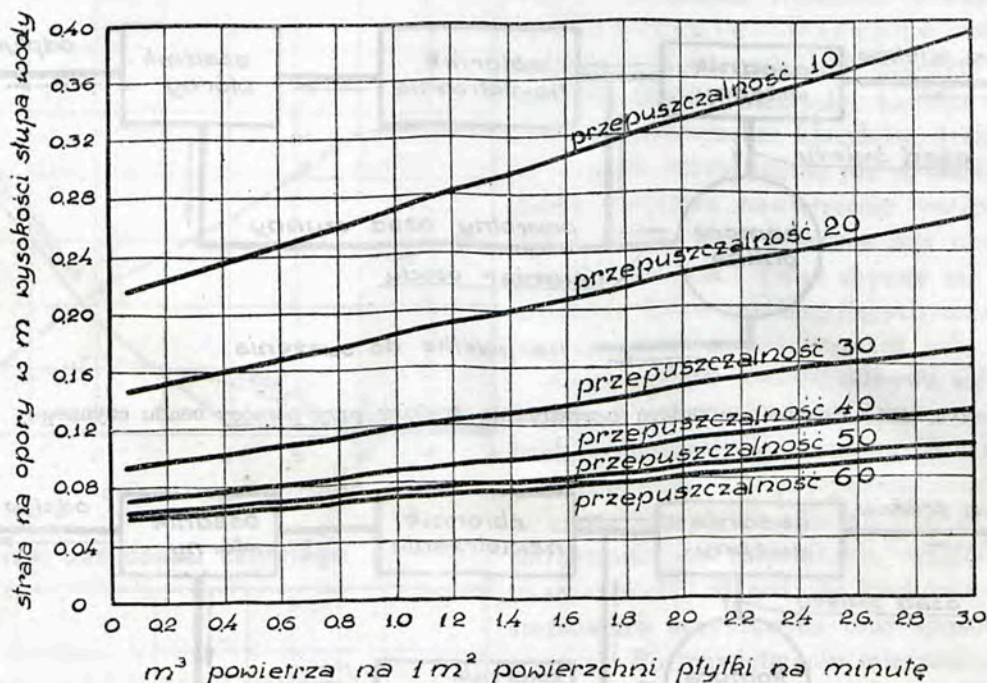
Rys. 436. Doprowadzenie powietrza na całą szerokość dna.



Rys. 437. Doprowadzenie powietrza z boku (sposób Hurda).

Stosowane płytki mają szerokość 0,30 m, grubość 25—40 mm i porowatość 33%. Powinny one przepuszczać 300—1200 litr/m²/minutę. Umieszczone są one grupami albo w ten sposób, że powietrze filtrujące rozdziela się równomiernie na całej szerokości dna (rys. 436) lub jednostronnie z boku dna (rys. 437). Umieszczenie płytek z boku wraz z odchylającymi płaszczyznami u zwierciadła ścieków i drugiej krawędzi dna wywołuje krążenie, dające łącznie z ruchem postępowym ścieków ruch spiralny, przedłużający drogę przepływu. Przy tej konstruk-

cji oszczędza się około 25% powietrza w stosunku do poprzedniej. W dnie wykonane są kanały kryte szczelnie z wierzchu płytkami. Powietrze doprowadzane jest pod spód płytek przy pomocy przewodów rurowych z umieszczonymi na nich zasuwaniami regulacyjnymi. Do każdej grupy płytek, składającej się zwykle z trzech lub czterech, dochodzi jeden przewód powietrzny. Płytki są wbudowywane bezpośrednio w dno lub umieszczane najczęściej w skrzynki filtracyjne, z których każda ma własne doprowadzenie. Skrzynki wykonywa się z różnego materiału i wbudowuje w dno.



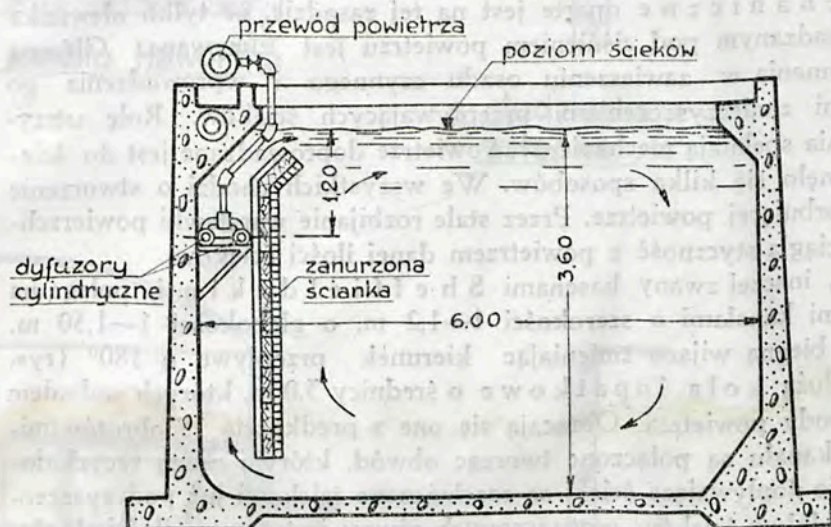
Rys. 438. Charakterystyka płytki „Aloxite Brand”.

Stosowane płytki powinny odznaczać się trwałością, wytrzymałością na korozję, wytrzymałością na gięcie i nie powinny podlegać łatwo zapychaniu się. Wielkość powierzchni skutecznych płytek otrzymuje się przez podzielenie ilości niezbędnego powietrza na minutę przez ilość powietrza na jednostkę powierzchni płytki najbardziej odpowiedniej, a która waha się od 0,5—1,2 m³/m²/minutę. Przy mniejszych wydajnościach jednostkowych nie otrzymuje się równomiernego rozdziału powietrza, zaś przy większych powiększają się nadmiernie opory tarcia. Porowatości płytek, względnie stosunek otworów do całej pojemności wahają się w granicach 30—38%, większa porowatość powoduje mniejsze opory dla przejścia powietrza i mniejsze niebezpieczeństwo zatykania się. Płytki tego samego rodzaju klasyfikuje się według ich przepuszczalności. W Ameryce oznaczają przepuszczalność ilością powietrza w stopach sześciennych, o wilgotności względnej 10—25% przy 70°F (21,1°C), która przechodzi przez stopę kwadratową pod ciśnieniem odpowiadającym wysokości słupa wody 2 cali (51 mm). Na rysunku 438 pokazane są charakterystyki płytek „Aloxite Brand”.

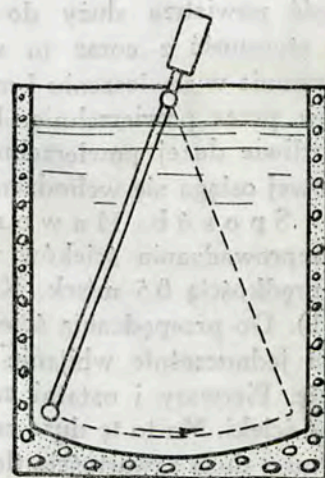
Jednym z najważniejszych warunków dobrego skutku jest dobre działanie płytek. Zanieczyszczanie płytek powoduje powiększenie kosztów tłoczenia powietrza. Należy więc je utrzymywać w czystości. W razie zanieczyszczenia nie dającego się usunąć, trzeba je wymienić na nowe. Przy dłuższym użyciu następują na stronie wewnętrznej zanieczyszczenia przez kurz, olej, inkrustację rur, tlenek żelaza, wapno, organiczne substancje, mogące sięgać aż na głębokość 3 mm. Oczyszczanie przeprowadzane przy pomocy kwasu solnego i dmuchawki piaskowej nie okazało się skuteczne. Stosuje się spalanie przy pomocy płomienia. Środkami, które zmniejszają możliwość zanieczyszczeń są: 1) uruchamianie urządzenia po sprawdzeniu, że wszystkie przewody prowadzące do płytek są całkowicie czyste, 2) stałe wtłaczanie powietrza dla niedopuszczania, by osad lub ścieki mogły przeniknąć do porów, 3) utrzymywanie filtrów powietrza w dobrym stanie, 4) stałe oczyszczanie płytek dyfundujących.

Stosunek powierzchni dyfuzorów do powierzchni zbiornika napowietrzania w wybudowanych zakładach waha się w dużych granicach i jest mniejszy przy zastosowaniu spiralnego przepływu. Wynosi w Milwaukee 1:4 i 1:5, w Chicago w dawniejszych 1:9,4, w nowszych Calumet 1:19,5 i 1:20,2.

Aby osiągnąć dobre wykorzystanie powietrza, należy zwrócić uwagę, by nie było możliwe powstawanie martwych przestrzeni, wywołujących obszary pozbawione tlenu, co w skutku powoduje powstawanie procesów beztlenowych i związanych z tym dużych trudności. Ze względu na to, że na początku zbiorników zużywa się najwięcej tlenu, wprowadza się w przedniej części więcej powietrza niż w tylnej.



Rys. 439. Nawietrzanie ścieków przy pomocy dyfuzorów cylindrycznych (Link-Belt).



Rys. 440. Nawietrzanie przy pomocy rury wahadłowej.

Poza płytkami zastosowane były również cylindryczne dyfuzory (rys. 439), długości około 0,6 m, o powierzchni dyfuzyjnej $0,30 \text{ m}^2/\text{mb}$. Są one podwieszone w zbiornikach parami na przewodach doprowadzających powietrze. W oczyszczalni Essen Rellinghause II przeprowadzone jest napowietrzanie przy pomocy wahadłowo poruszającej się rury (rys. 440). Otwory wprowadzające powietrze są umieszczane na części rury sąsiadującej z dnem. Ma to za zadanie poruszenie osiadającego osadu i wprowadzenie go w ruch obrotowy. Jednocześnie powietrze uderzając o dno rozбивa się na wiele drobnych pęcherzyków, przez co osiąga się dobre jego wykorzystanie.

Głębokość zbiorników w dużych oczyszczalniach wynosi 4,5 m, w małych 3,0 m, przy szerokości równej 1—1,5-krotnej głębokości.

Czas zatrzymania i ilość powietrza zależy od rodzaju ścieków i pożądanego stopnia oczyszczenia. Dla przeciętnych ścieków miejskich czas zatrzymania dla osiągnięcia pełnego biologicznego oczyszczania wynosi 6 godzin, ścieków rozcieńczonych 4 godziny, stężonych 10 godzin.

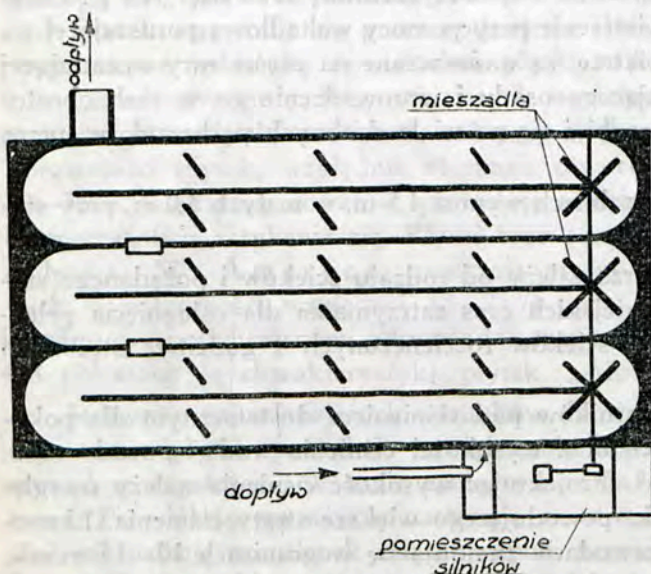
Powietrze musi być doprowadzane do zbiorników pod ciśnieniem dostatecznym dla pokonania oporów tarcia w przewodach i dyfuzorach oraz wysokości ciśnienia wody ponad nim. Ciśnienia stosowane wynoszą $0,35\text{--}0,7 \text{ kg/cm}^2$. Projektując wysokość ciśnienia należy uwzględnić możliwość zatkania się filtrujących płytek, powodującego większe straty ciśnienia. Ekonomiczne prędkości przepływu powietrza w przewodach znajdują się w granicach $10\text{--}15 \text{ m/sec}$. Doprowadzane powietrze musi być wolne od oleju, kurzu i insektów, gdyż w przeciwnym wypadku zbyt szybko ulegają zatkanii urządzenia dyfundujące powietrze. Ujęcie powietrza powinno być tak umieszczone, by dopływało do niego ono w stanie możliwie czystym. Niezależnie od tego musi przechodzić ono przez filtry. Większą sprawność dmuchaw osiąga się przy ujęciu chłodnego powietrza. Dmuchawy tłokowe z powodu tego, że rzadko kiedy, nawet przy zastosowaniu filtrów olejowych, dostarczają powietrze niezaoliwione, okazały się niepraktycz-

ne. Odpowiedniejsze są dmuchawy wirnikowe i o łokach obrotowych, dostarczające powietrze wolne od oleju i dające się lepiej dostosowywać do zmian ruchu. Zależnie od sposobu nawietrzania, zapotrzebowanie mocy na 1000 m³/dobę ścieków wynosi 3–6 kW.

Według dawniejszych zaleceń ilość powietrza tłoczonego określano w stosunku do ilości ścieków. Stosunek ten waha się od 4:1 do 12:1. Na jeden więc m³ ścieków dostarczyć należy 4–12 m³ powietrza. Porównanie ilości powietrza i ścieków jest tylko wówczas słuszne, jeśli ma ono tylko dostarczyć tlen wykorzystywany biologicznie, natomiast niesłuszne, jeśli ma również za zadanie mechaniczne poruszanie ścieków. Z tego powodu stanowi o ilości powietrza sposób nawietrzania i utrzymywania w zawieszeniu osadu. Z podanych wyżej ilości powietrza tylko nieznaczna część tlenu 5–9% zużywana jest przy procesach biologicznych.

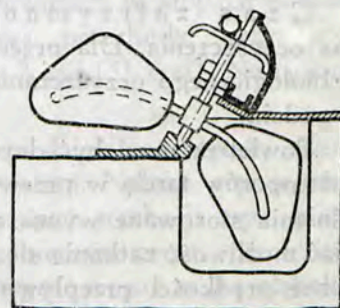
Nawietrzanie mechaniczne oparte jest na tej zasadzie, że tylko niewielka część tlenu zawartego w doprowadzanym pod ciśnieniem powietrzu jest zużywana. Główna część powietrza służy do utrzymania w zawieszeniu osadu czynnego i wprowadzenia go w styczność z coraz to nowymi zanieczyszczeniami przepływających ścieków. Rolę utrzymywania w zawieszeniu i mieszania spełniają mechanizmy. Powietrze doprowadzane jest do ścieków przez powierzchnię. Rozwinęło się kilka sposobów. We wszystkich chodzi o stworzenie możliwie dużej powierzchni adsorbującej powietrze. Przez stałe rozbijanie warstewki powierzchniowej osiąga się wchodzenie w ciągłą styczność z powietrzem danej ilości ścieków.

Sposób Hawortha, inaczej zwany basenami Sheffielda, polega na przeprowadzaniu ścieków wąskimi kanałami o szerokości 1–1,2 m, o głębokości 1–1,50 m, z prędkością 0,5 m/sek. Kanały biegną wijąco zmieniając kierunek przepływu o 180° (rys. 441). Do przepędzania ścieków służą koła łopatkowe o średnicy 3,0 m, których zadaniem jest jednocześnie wbijanie do wody powietrza. Obracają się one z prędkością 15 obrotów/minutę. Pierwszy i ostatni zakręt kanału są połączone tworząc obwód, którym mogą recyrkułować ścieki. Ma to tę dużą zaletę, że dopływające ścieki są rozcieńczane ściekami już podczyszczonymi z dużą zawartością tlenu. Odpływ ścieków oczyszczonych równy jest zawsze ilości dopływu ścieków świeżych. Ponieważ nawietrzanie odbywa się przez powierzchnię i ilość wbijanego przez łopatki powietrza jest na ogół niewielka, należy stosować odpowiednio długi czas przepływu. Wynosi on w wypadku przeciętnego składu ścieków 15–17 godzin. Zapotrzebowanie mocy na 1000 m³/dobę ścieków wynosi 6–12 kW. Dużą zaletą powyższego sposobu jest prostota w urządzeniu i obsłudze; wadą — zajęcie dużej powierzchni, do 10-krotnie więcej niż zbiorniki nawietrzne.



Rys. 442. Nawietrzanie ścieków sposobem Hartleya.

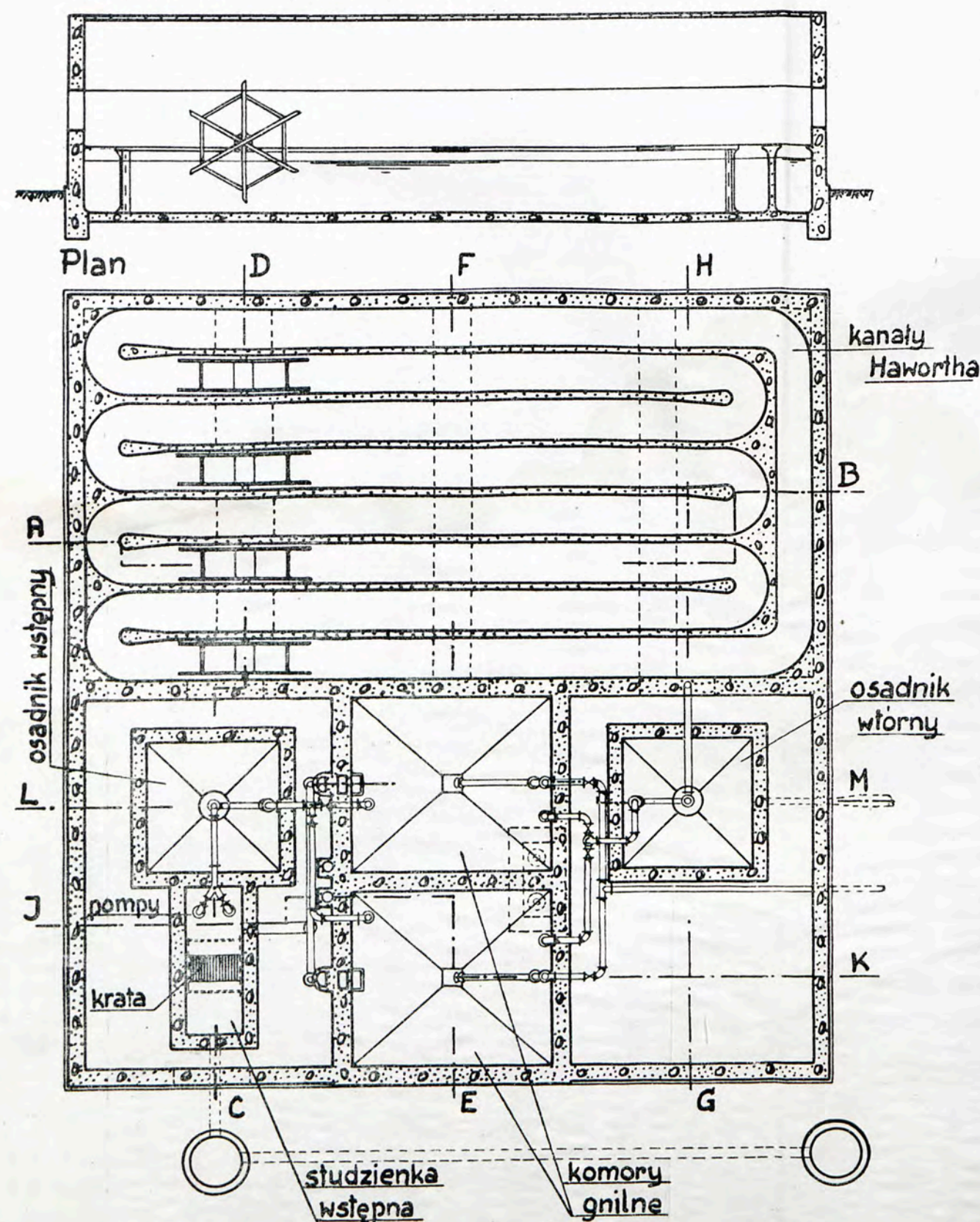
Podobnie do Hawortha wygląda konstrukcja Hartleya (rys. 442). Ścieki prowadzone są idącymi wężowato wąskimi kanałami, przy czym ruch ich wywołany jest ukośnie ustawionymi kołami łopatkowymi (rys. 443), umieszczonymi na zakrętach kanałów. Uko-



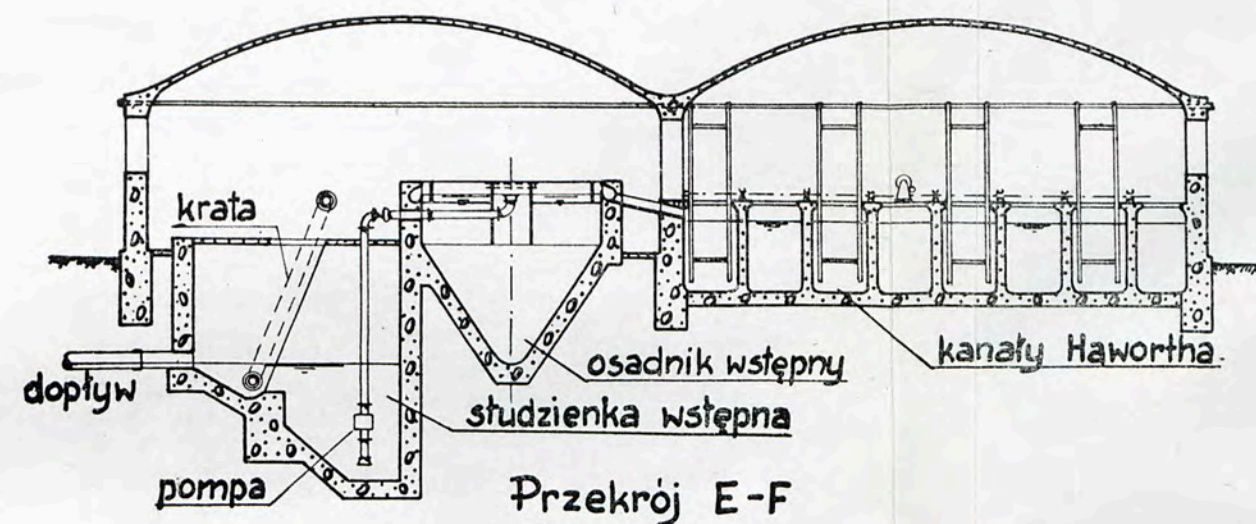
Rys. 443. Koła łopatkowe Hartleya.

śnie nastawione płaszczyzny łopatek nadają ściekom ruch śrubowy, dzięki któremu na powierzchnię dostają się ciągle nowe cząstki wody. Powiększają ten ruch wirowy ustawione ukośnie w kanałach płyty.

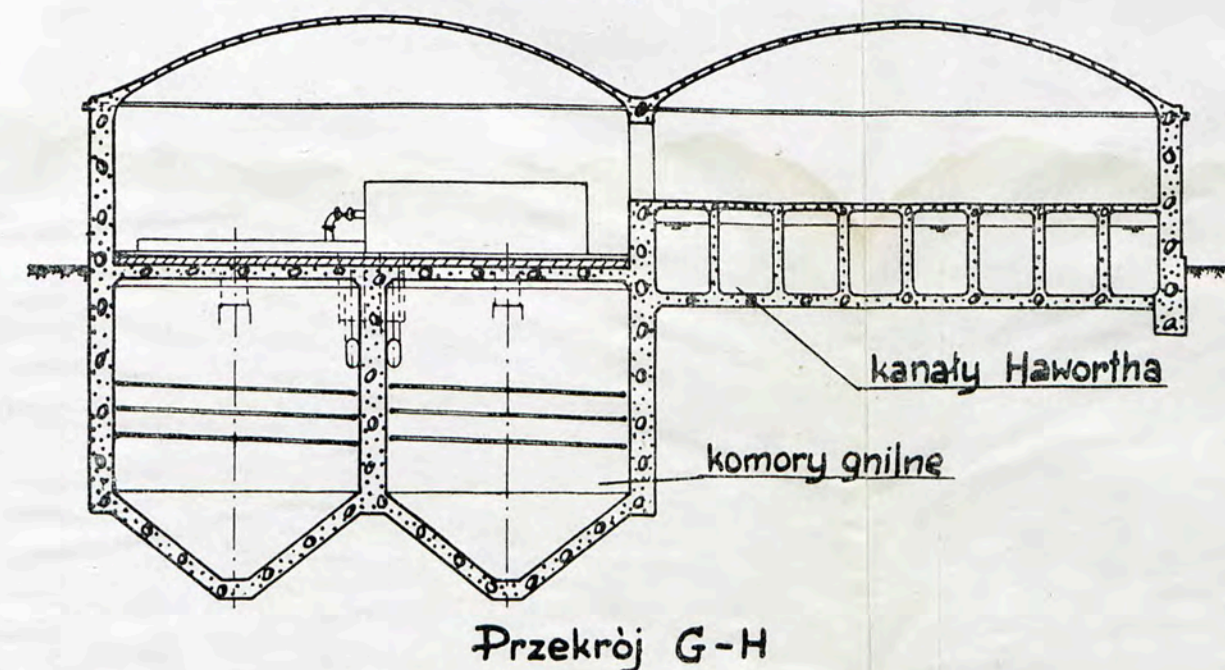
Przekrój A-B przez kanały Hawortha.



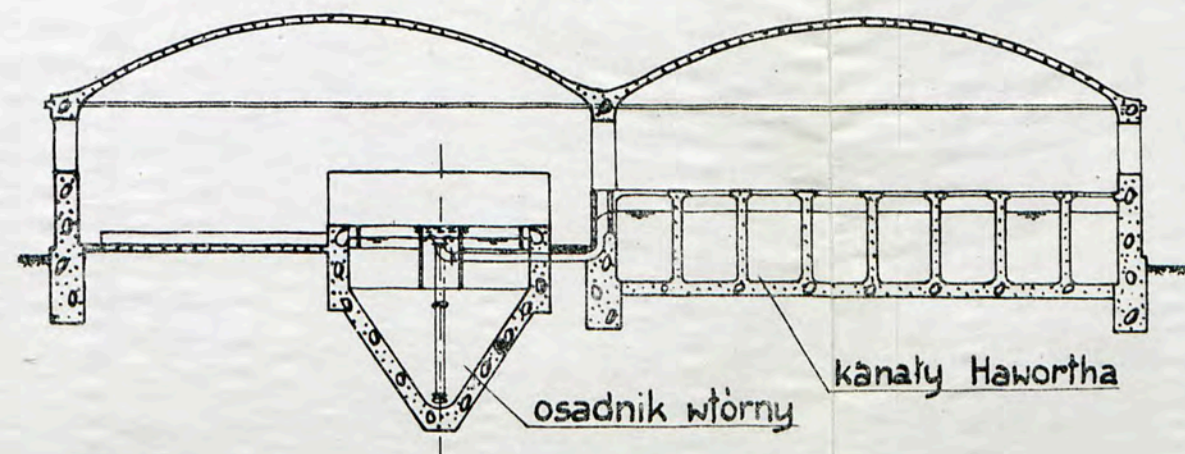
Przekrój C-D



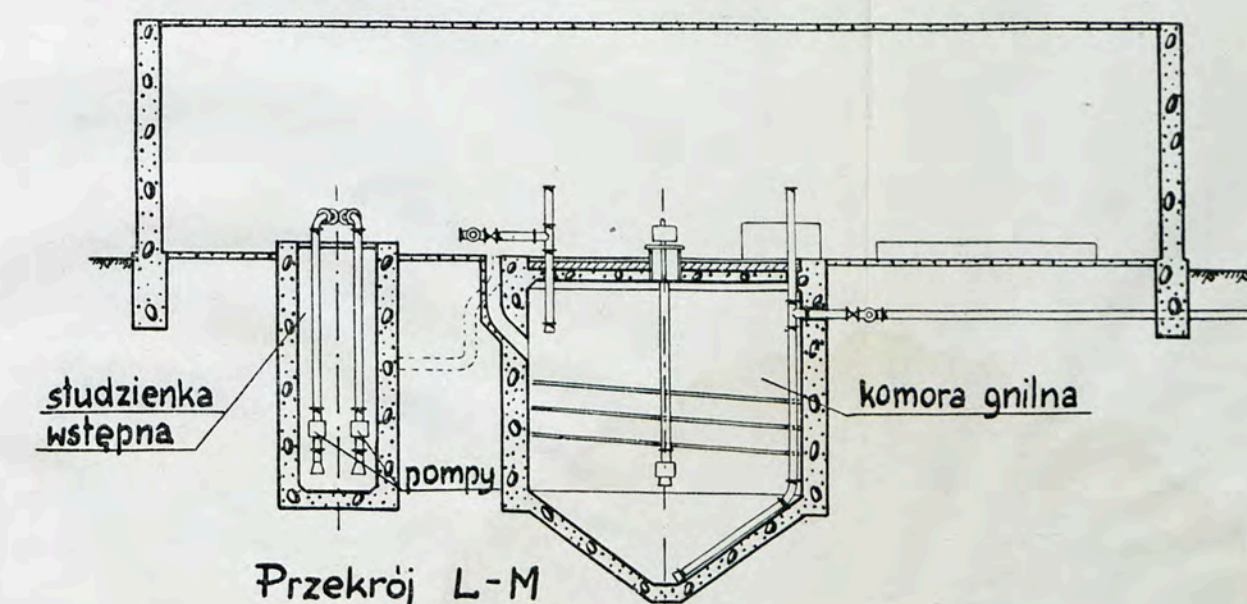
Przekrój E-F



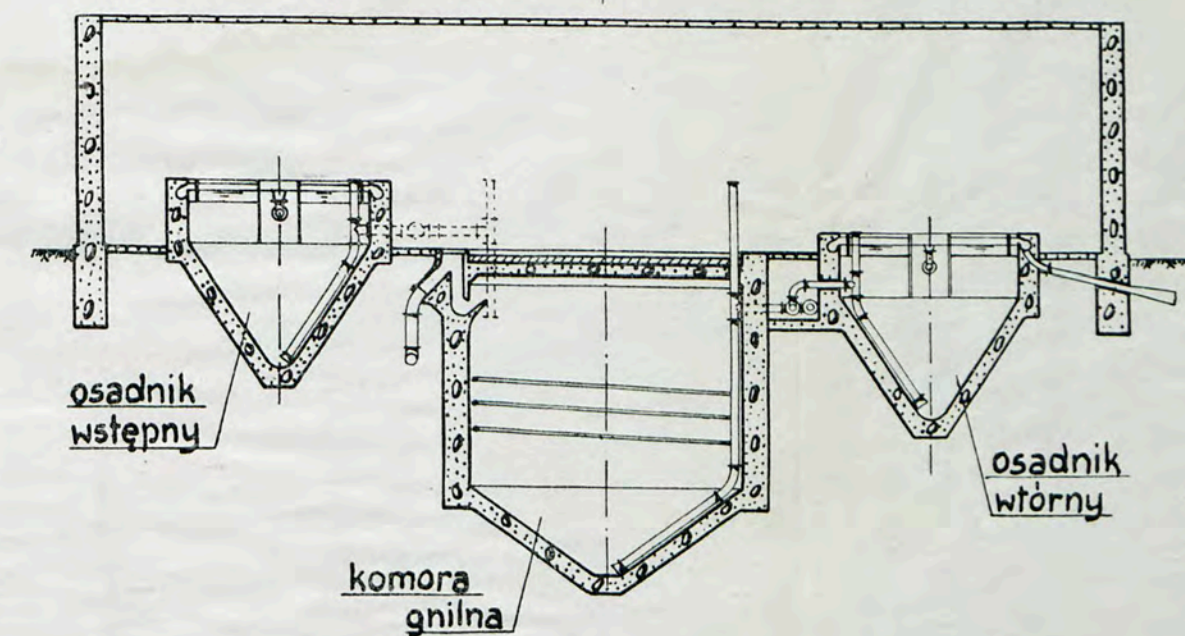
Przekrój G-H



Przekrój J-K



Przekrój L-M

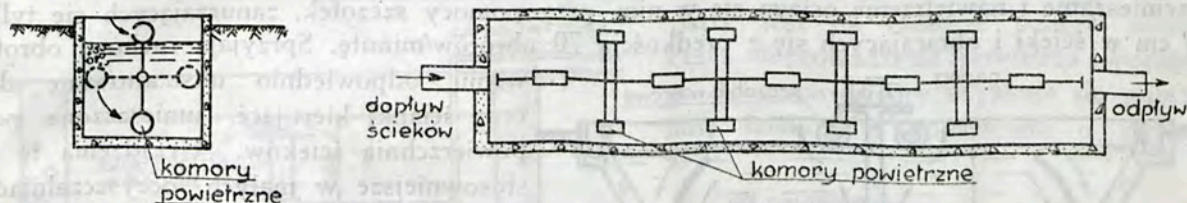


Rys. 441. Projekt oczyszczalni ścieków dla rzeźni w Gdyni — Kanały Hawortha.
(Kanały Hawortha zastąpiono złożem zraszanym).

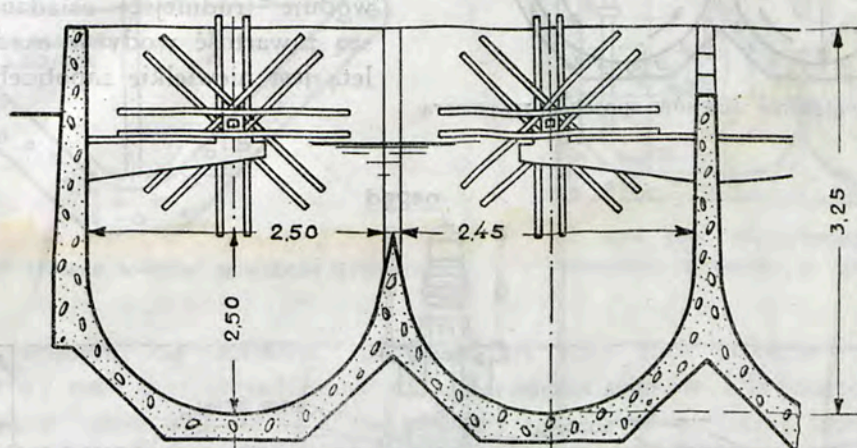
W celu wzmocnienia doprowadzenia powietrza do ścieków przy pomocy kół przepędzających zaprojektował Kusch umieszczenie na zewnętrznych krańcach ramion czepaków (rys. 444). Górna część ich jest dziurkowana w formie sita. Przy obrocie koła czepaki wypełnione powietrzem wchodzi pod wodę. W czasie drogi pod wodą powietrze wypływa wzburzając przepływ. Ze względu na złe nawietrzanie sposób ten nie przyjął się.

Przekrój poprzeczny

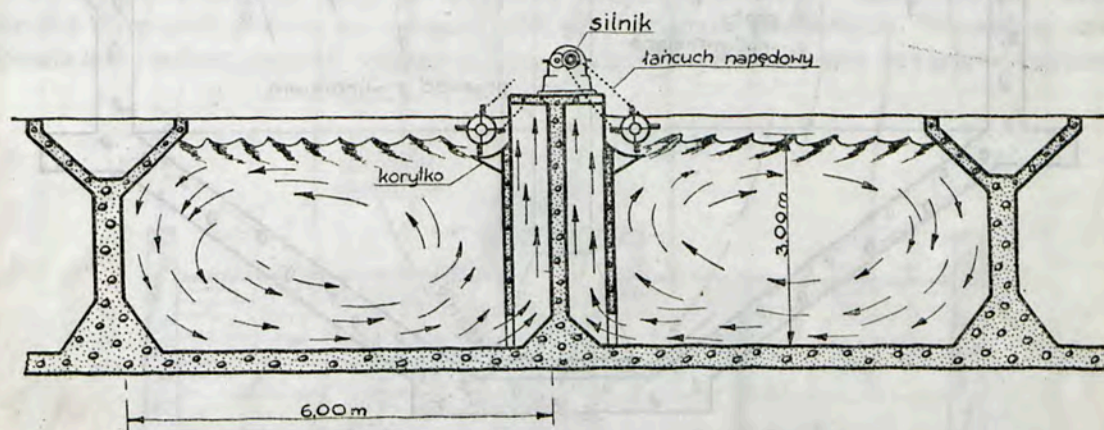
Rzut poziomy



Rys. 444. Nawietrzanie ścieków sposobem Kuscha.



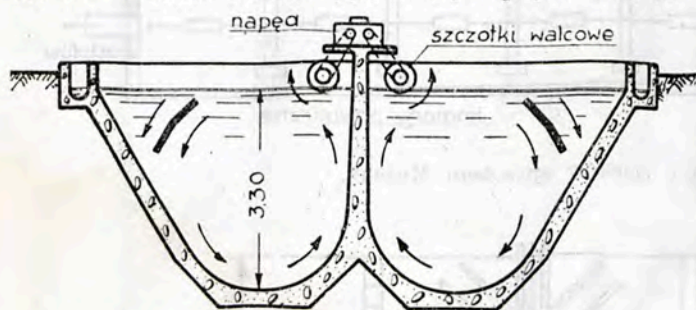
Rys. 445. Nawietrzanie ścieków sposobem Erfurckim.



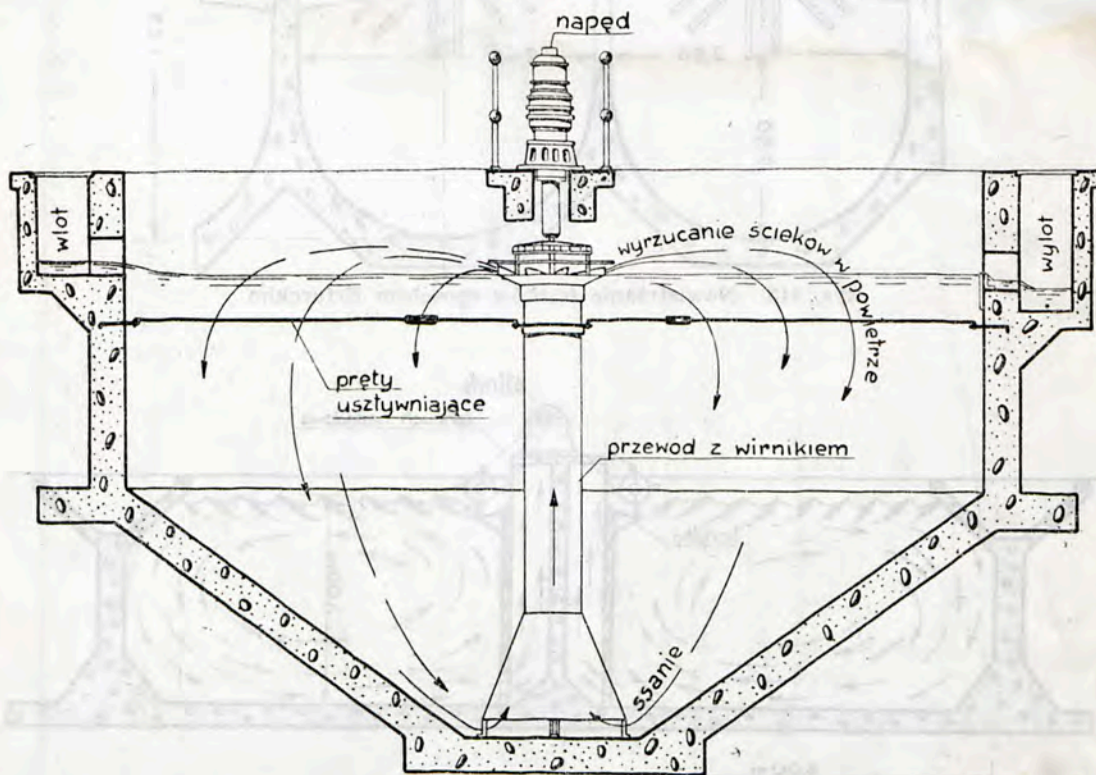
Rys. 446. Nawietrzanie ścieków sposobem mechanicznym Link-Belta.

W systemie Erfurckim zbiornik nawietrzania ma długość 80 m i szerokość 31 m. Jest podzielony ścianami działowymi na 6 podwójnych kanałów, których dno składa się z dwóch leżących obok rynien o kształcie półkuli (rys. 445). Szerokość jednego kanału wynosi 5,0 m. Oczyszczane wstępnie ścieki doprowadza się do obu rynien, przez które przepływają węzowato. Pojemność zbiornika wynosi 4350 m³ dla zatrzymania dopływu 150 litr/sek przez 6 godzin. Nawietrzanie odbywa się przy pomocy 54 wstawionych w kanały kół łopatkowych. Ich oś obrotu leży tuż nad powierzchnią ścieków równoległe do osi kanałów. Dzięki temu nadawany jest ściekom ruch spiralny. Koła składają się z 40 łat drewnianych 2 m długości i 5–6 cm przekroju, umocowanych na jednej osi drewnianej. Dopływ i odpływ wykonane są przy dnie.

Sposób Link Belta polega na umieszczeniu nad powierzchnią ścieków z boku kanału (rys. 446) kół łopatkowych o średnicy 0,65 m. Łopatki są nachylone tak, że przy wychodzeniu z wody leżą prawie poziomo. Powoduje to silne rozbijanie powierzchni i ruch wirowy, który jest wzmocniony przez odpowiednio umieszczone płaszczyzny odchylające oraz ścianki pionowe z otworami. Zbiorniki są wykonywane o głębokości 2,4–3,6 m i 3,0–3,6 m szerokości. Czas nawietrzania trwa 6 godzin. Zapotrzebowanie mocy wynosi 2,3–3,2 kW na 1000 m³/dobę. Odmianą powyższego sposobu jest urządzenie nawietrzające Kessenera (rys. 447). Przemieszanie i nawietrzanie osiąga się w nim przy pomocy szczotek, zanurzających się tylko 0,4 cm w ścieki i obracających się z prędkością 70 obrotów/minutę. Sprzyjają ruchowi obrotowemu odpowiednio ukształtowane dno oraz ścianki kierujące, umieszczone pod powierzchnią ścieków. Urządzenia te są stosowniejsze w małych oczyszczalniach. Wadą obu ostatnich sposobów jest to, że rozbijane zostają grubsze kłaczki, co powoduje trudniejsze osiadanie oraz większą zawartość wody w osadzie. Dużą zaletą jest niewielkie zapotrzebowanie mocy.



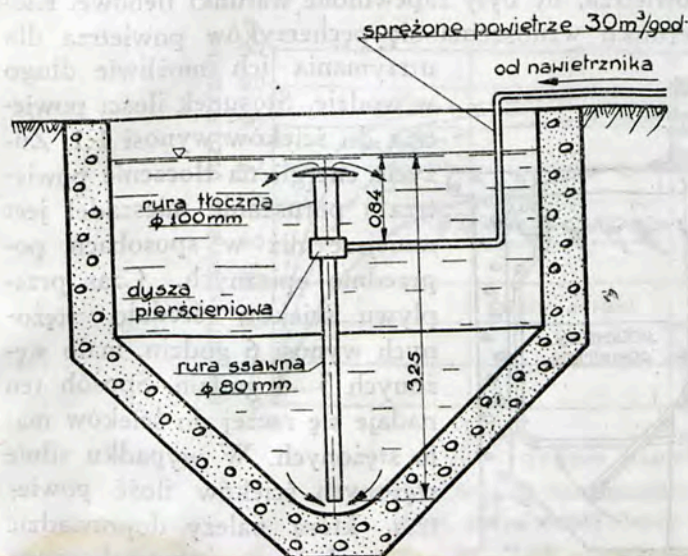
Rys. 447. Nawietrzanie ścieków sposobem Kessenera.



Rys. 448. Nawietrzanie ścieków sposobem Simplex.

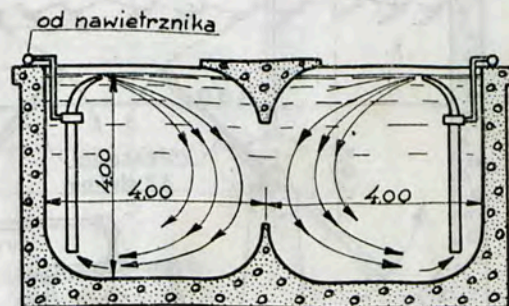
Zupełnie odmiennie przeprowadzone jest mieszanie i nawietrzanie ścieków w sposobie Simplex (Bolton). Zbiornik wykonany jest w kształcie lejowym (rys. 448) z umieszczoną w środku rurą zaopatrzoną w wirnik. Wirnik, znajdujący się w górnym końcu rury tuż pod powierzchnią ścieków, w czasie ruchu wciąga zmieszane z osadem ścieki otworami u spodu rury z dna i wyrzuca w powietrze. Obraca się on z prędkością 30–40 obr/min. W ten sposób szybciej opadający osad ciągle jest wynoszony na powierzchnię. Wyrzucone w górę ścieki spadają rozkropione na powierzchnię. Rura wyciągająca obraca się wraz z wirnikiem, wywołując powolny ruch obrotowy ścieków w studni. Zawartość studni jest w ten sposób przepompowywana co każde 20 minut. Czas przepływu zależnie od stężenia ścieków trwa od 6–15 godzin.

Wlot i wylot umieszczony jest po przeciwnej stronie zbiornika. W większych oczyszczalniach można umieszczać szereg jednostek w jednym zbiorniku. W wypadku niewielu jednostek stosuje się oddzielnie studnie tak urządzone, by je można było niezależnie opróżniać w razie konieczności czyszczenia. W *Woodstock* zapotrzebowanie mocy przy 4-godzinym czasie nawietrzenia wynosi 2,5 kW na 1000 m³/dobę ścieków, w *Geneva* przy czasie zatrzymania 8,6 godzin 3,5 kW.



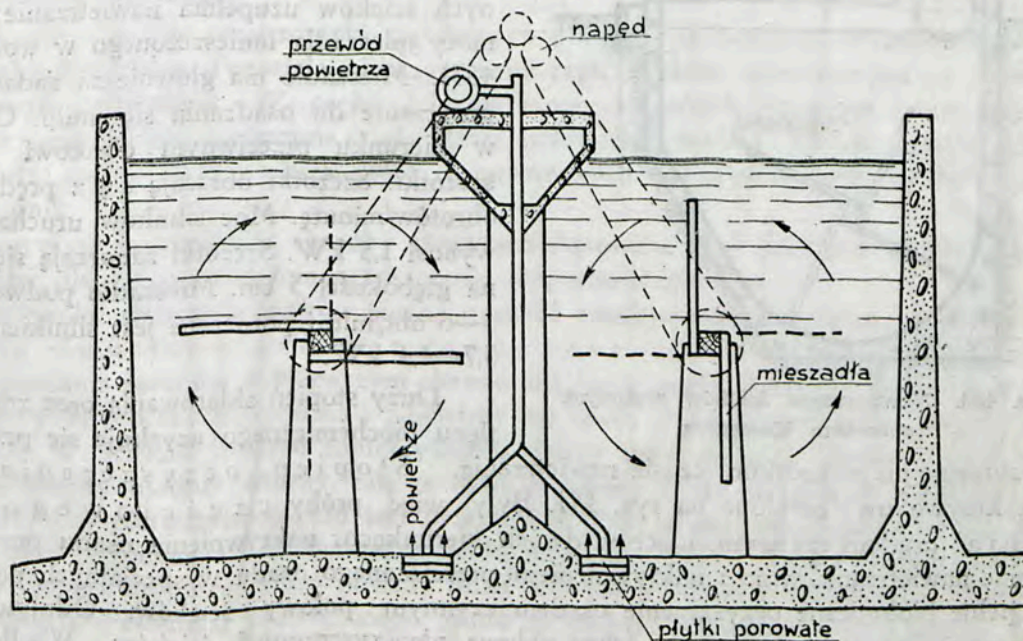
Rys. 449. Nawietrzanie ścieków sposobem Kremera.

Mieszacz powietrzny Kremera oparty jest na zasadzie pompy mamut. Przez doprowadzenie powietrza sprężonego do otwartej rury uzyskuje się mieszaninę ścieków z powietrzem o ciężarze



Rys. 450. Nawietrzanie ścieków sposobem Kremera w dużych zbiornikach.

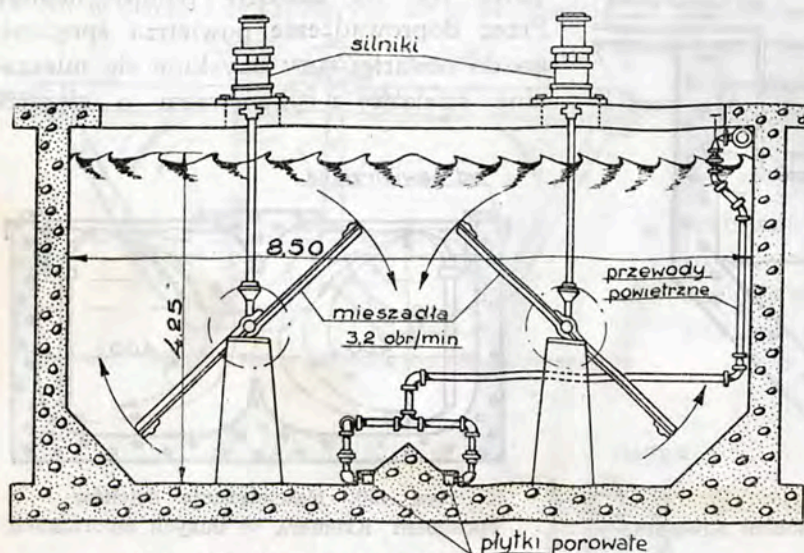
gatunkowym lżejszym od ścieków, co powoduje stały ruch ścieków z dołu ku górze. Powstaje pionowy ruch wirowy połączony z nawietrzaniem ścieków. Dla zaoszczędzenia energii powietrze sprężone wprowadza się na głębokość 0,84 m pod powierzchnię ścieków (rys. 449). Długość rury ssawnej wynosi 3,25 m. Dla uzyskania tego niewielkiego nadciśnienia wystarcza zwykły nawietrznik połączony bezpośrednio z silnikiem. Dalszą zaletą jest brak wszelkich części ruchomych i opieki nad nimi. W wypadku dużych zbiorników umieszcza się mieszacze powietrzne w sposób podany na rysunku 450 przy ścianach podłużnych. Wywołują one wraz z odpowiednio umieszczonymi płaszczyznami odchylającymi śrubowy przepływ ścieków.



Rys. 451. Nawietrzanie ścieków sposobem Imhoffa.

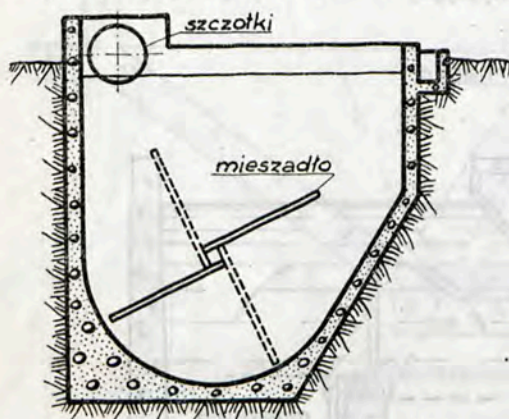
W celu obniżenia wysokich kosztów ruchu, wywołanych dużymi kosztami sprężonego powietrza, obmyślono sposoby mieszane: nawietrzanie powietrzem tłoczonym i równocześnie mieszanie urządzeniami mechanicznymi.

Konstrukcja Imhoffa (rys. 451) polega na przeprowadzeniu ścieków przez podłużne zbiorniki o szerokości i głębokości 3 m, w których osi pod wodą znajdują się mieszadła, poruszające się z prędkością 0,7 m/sek. Przez płytki filtrujące, umieszczone w dnie przy jednej ze ścian, wdmuchuje się tylko tyle powietrza, by były zapewnione warunki tlenowe. Kierunek obrotu mieszadeł jest odwrotny do kierunku wznoszenia się pęcherzyków powietrza dla utrzymania ich możliwie długo w wodzie. Stosunek ilości powietrza do ścieków wynosi 1:1. Zużycie energii na tłoczenie powietrza i poruszanie mieszadeł jest mniejsze niż w sposobach poprzednio opisanych. Czas przepływu ścieków średnio stężonych wynosi 6 godzin, mało stężonych 3–4 godzin. Sposób ten nadaje się raczej do ścieków mało stężonych. W wypadku silnie stężonych ścieków ilość powietrza, którą należy doprowadzić ze względu na zapotrzebowanie tlenu, wystarcza sama dla uzyskania ruchu wirowego ścieków i osadów.



Rys. 452. Nawietrzanie ścieków sposobem Dorra.

Konstrukcją podobną do Imhoffa jest nawietrzacz Dorra (rys. 452). Powietrze doprowadzone jest do płytek, umieszczonych pośrodku dna. Dwa mieszadła o szybkości obrotu 3,2 na minutę i odwrotnym kierunku ruchu do wypływu pęcherzyków powietrza wywołują ruch wirowy i utrzymują dłużej w wodzie powietrze. Zapotrzebowanie mocy w czterech tego typu zbiornikach nawietrzających w Ameryce wynosi 2,9 — 3,4 kW na 1000 m³/dobę. Imhoff podaje dla swojej konstrukcji 1,2 litra powietrza na 1 litr ścieków oraz zapotrzebowanie mocy wynoszące tylko 1,6 kW na 1000 m³/dobę.

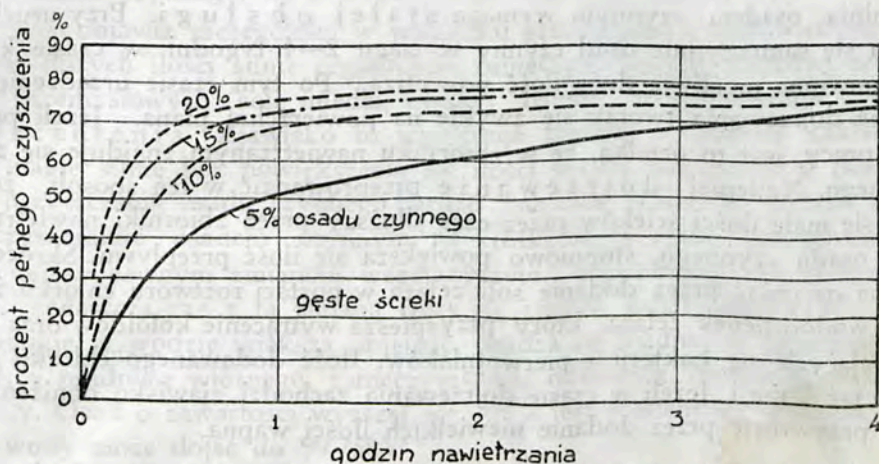


Rys. 453. Nawietrzanie ścieków stężonych sposobem Kessenera.

Również Kessener w wypadku stężonych ścieków uzupełnia nawietrzanie przy pomocy mieszadła umieszczonego w wodzie (rys. 453). Mieszadło ma głównie za zadanie niedopuszczenie do osadzania się mułu. Obraca się w kierunku przeciwnym obrotowi walcowej szczotki. Szczotki obracają się z prędkością 60 obrotów/minutę. Moc silników uruchamiających wynosi 1,5 kW. Szczotki zanurzają się w ścieku na głębokość 5 cm. Mieszadło podwodne robi 5–6 obr/min i poruszane jest silnikiem o mocy 3,7–4,4 kW.

osadu czynnego już po krótkim czasie nawietrzania. Stopień oczyszczenia przedstawiają krzywe uwidocznione na rys. 454. Były więc próby częściowego oczyszczania osadem czynnym, idące w dwóch kierunkach: uaktywnienia osadu przy skróconym czasie nawietrzania wraz z uaktywnieniem przeciążonego osadu w specjalnych pomieszczeniach i pełne biologiczne oczyszczenie osadem czynnym połowy ścieków. Odpływ w tym ostatnim wypadku jest mieszany z drugą połową nieoczyszczonych ścieków. Według badań przeprowadzonych można w ten sposób obniżyć zapotrzebowanie tlenu biochemicznego o 65%.

W wypadku oczyszczania biochemicznego należy odróżnić dwie główne fazy jego przebiegu. W pierwszej następuje oczyszczenie i pozbawienie właściwości gnilnych ścieków przez skłaczkanie organicznych koloidów, zniszczenie i rozłożenie łatwo utleniających ciał, jak również sfermentowanie i rozkład łatwo poddających się temu organicznych związków. W drugiej powstaje wolno przebiegająca asymilacja wolno rozkładających się nierozpuszczalnych domieszek.



Rys. 454. Stopień oczyszczenia ścieków osadem czynnym przy różnej ilości jego zawartości.

Z pierwszą fazą zakończy się właściwe oczyszczanie. Następny odcinek obejmuje nitryfikację i reaktywizację osadu. Jeśli przerwie się w tej chwili proces aktywizacji osadu, odpada konieczna dla dobrego jego działania nitryfikacja i reaktywizacja. Z tych względów sposób osadu czynnego ze skróconym czasem nawietrzania ma tę wadę, że wkrótce otrzymuje się silnie przeciążony osad, tracący szybko swoje właściwości adsorpcyjne. Powstaje konieczność przewietrzania takiego osadu przez czas dłuższy w osobnych zbiornikach, ponownego uaktywnienia, aby przeprowadzić nitryfikację i reaktywizację. Przy takim ponownym ożywieniu przeciążonego osadu w osobnych zbiornikach brak jest dużej ilości wody, która rozpuszcza tlen i czyni go dostępnym dla organizmów. Skutek tego jest taki, że ponowne ożywienie wymaga dłuższego czasu. Stąd powstaje niedogodność, że ponowne ożywienie osadu wymaga dużych ilości powietrza i przestrzeni tak, że przeważnie koszty budowy i ruchu równają się kosztom pełnego oczyszczania biologicznego.

W innym sposobie oczyszczania częściowego poddaje się pełnemu biologicznemu oczyszczaniu połowę ścieków. Pozostała nieoczyszczona część ścieków mieszana jest z biologicznie oczyszczonym odpływem. W części ścieków nieoczyszczonych pozostają łatwo zagniwalne, nieulegające osadzeniu zawieszone ciała, które przeważnie szybko klączkowacieją i wówczas łatwo tworzą osady, oraz większa część rozpuszczonych ciał organicznych. Obciążają one bardzo odbiornik.

Z powyższych względów sposoby powyższe stosowane są rzadko samodzielnie. Łączy się je z innymi dla przeprowadzenia oczyszczania stopniowanego.

W wypadku stężonych ścieków można uzyskać zmniejszenie rozmiarów urządzeń, jeśli zastosuje się dwustopniowe oczyszczanie osadem czynnym. Główna część procesu oczyszczania zachodzi w pierwszym okresie działania osadu. Jeżeli przerwie się w punkcie załamania krzywej proces oczyszczania i nawietrzy się ścieki w drugim zbiorniku, tworzy się z pozostałych w ściekach resztek zanieczyszczeń dalszy osad czynny. Każdy stopień musi posiadać niezależny osadnik wtórny, tak że osad powrotny krąży niezależnie w każdym stopniu. Osad czynny w pierwszym stopniu jest przeciążony. Przy czasie nawietrzania 1—1½ godz. nie może nastąpić regeneracja. Odświeżenie osadu następuje przez doprowadzenie nadmiernego osadu ze stopnia drugiego, który posiada dużo niewykorzystanych właściwości biologicznych i adsorpcyjnych. Nadmiar przeciążonego osadu ze stopnia pierwszego jest usuwany do komór gnilnych. Do pierwszego stopnia doprowadza się więcej powietrza niż do drugiego. Osadnik wtórny pierwszego stopnia zaopatrywany jest w niezależny odpływ na częściowo oczyszczane

ścieki, aby w razie potrzeby można było zmniejszać obciążenie drugiego stopnia. Można się w ten sposób dostosowywać bardziej do zmiennych potrzeb stopnia oczyszczania.

Stopniowe oczyszczanie przeprowadzane jest również w ten sposób, że pierwszy stopień częściowego oczyszczania uzyskuje się sposobem osadu czynnego, uzupełnienie do pełnego oczyszczenia biologicznego — przez odpowiednie włączenie dalsze złóż zraszanych, filtrów szybkobieżnych, chemicznego strącenia, pól nawadnianych.

Oczyszczalnia osadem czynnym wymaga stałej obsługi. Przy uruchomieniu urządzeń wytwarza się samoczynnie osad czynny w ciągu 2—4 tygodni, w czasie których doprowadzana być powinna możliwie duża ilość powietrza. Po tym czasie urządzenie staje się dojrzałe. W czasie dojrzewania tworzy się zwykle na powierzchni piana. Jeżeli pojawia się ona w późniejszej pracy, jest to oznaką, że w zbiorniku nawietrzanym znajduje się zbyt mała ilość osadu powrotnego. Najlepiej dojrzewanie przeprowadzić w ten sposób, że początkowo przeprowadza się małe ilości ścieków przez czas dłuższy przez zbiorniki nawietrzania. Z wzrastającą ilością osadu czynnego, stopniowo powiększa się ilość przepływu. Skrócenie czasu dojrzewania można osiągnąć przez dodanie soli żelaza w postaci roztworu chlorku żelaza (FeCl_3), wytrącającego wodorotlenek żelaza, który przyspiesza wytrącenie koloidów oraz działa jak rozpuszczalnik rozwijających się bakterii i pierwotniaków. Ilość dodawanego chlorku żelaza nie powinna przekraczać 1 mg/l. Jeżeli w czasie dojrzewania zachodzi zjawisko obniżenia się wartości pH , można ją przywrócić przez dodanie niewielkich ilości wapna.

Ilość osadu powrotnego, dodawanego do ścieków przed ich wpłynięciem do zbiorników nawietrzania, zależy w podobnym stopniu, jak ilość powietrza od stopnia stężenia ścieków. Im są ścieki mniej stężone, w tym większym stopniu można ograniczyć ilość osadu powrotnego. W wypadku ścieków rzadkich wystarcza 8% czynnego osadu lub 0,15% suchej materii i 16% wpompowanego osadu powrotnego w stosunku do ilości ścieków. Ze względu na to, że przy przepompowywaniu osadu czynnego nie dopuszcza się do jego osadzania, tylko w możliwie świeżym stanie doprowadza z powrotem do zbiorników nawietrzania, zawiera on nadmiar wody. Przepompowywane ilości będą około dwukrotnie większe niż przyjęte normy %owej zawartości osadu czynnego w zbiornikach nawietrzania. W wypadku gęstych ścieków korzystniej jest podwyższyć ilość silnie rozcieńczonego osadu powrotnego. Wpompowywanie dużych ilości wody do zbiorników nawietrzania wpływa w bardzo nieznaczny sposób na podniesienie kosztów z uwagi na bardzo niewielkie wysokości podnoszenia. Nie ma potrzeby również powiększania zbiorników nawietrzania, gdyż pompowany powrotny osad składa się w 99% z całkowicie oczyszczonej, nasyconej tlenem wody.

Ilość czynnego osadu w zbiornikach nawietrzania oznaczana jest w % objętości. Dla jego określenia poddaje się próbkę ścieków osadzeniu w naczyniu szklanym w przeciągu 30 minut. Zawartością osadu nazywamy objętość w %, jaką zajmuje w naczyniu. W odpływie ze zbiorników nawietrzanych zawartość osadu wynosi przeciętnie według Imhoffa 12%. Im większą jego ilość zawiera odpływ, tym oczyszczenie jest lepsze, jednak bardzo wówczas rośnie ilość niezbędnego powietrza.

Dokładniejsze określenie można wykonać na podstawie zawartości suchej materii. Według danych niemieckich ilość osadu czynnego w zbiornikach nawietrzanych powinna wynosić 0,2—0,25% suchej substancji; według danych angielskich wahania są znaczniejsze 0,1—0,7%, według danych amerykańskich w zbiornikach nawietrzanych tłoczonym powietrzem 0,15—0,20%, w zbiornikach nawietrzanych mechanicznie 0,1%. Obliczenie wagowej zawartości przeprowadzić można przyjmując zawartość 98,5% wody w osadzie, względnie 1,5% części stałych. Przyjmując za miarodajne wskazania amerykańskie Steela, otrzymujemy $\frac{1,5 \times 13,50}{100} = 0,20\%$ wagi względnie 2000 mg/l suchej pozostałości.

Dla scharakteryzowania osadu wprowadzony został współczynnik gęstości osadu. Oznacza on objętość w cm^3 zajmowaną przez 1 g osadu osadzającego się w ciągu 30 minut lub też w odniesieniu do pobieranej próbki ze zbiornika nawietrzania określony ze stosunku:

procentowej objętości zawartości osadu ($\text{m}^3/100 \text{ m}^3$) do
procentowej wagowej zawartości suchej pozostałości ($\text{g}/100 \text{ cm}^3$).

Współczynnik gęstości osadu o zawartości 98,5% wody, zaś 1,5% suchej substancji wynosi $\frac{100}{1,5} = 67 \text{ cm}^3/\text{g}$. Normalny osad wykazuje gęstość 55—150. Gdy współczynnik wzrasta, jest to wskazówką, że powstaje niepożądany objaw pęcznienia osadu. Współczynnik powyżej 200 wskazuje na tworzenie się spęcniałego, bardzo trudno osadzającego się osadu. Jest to chorobliwy objaw osadu czynnego, do którego nie powinno się dopuszczać.

Osad czynny objawia szczególnie w wypadku przeciążenia i niedowietrzenia oraz przy nagłym dopływie dużych ilości silnie organicznie zanieczyszczonych ścieków, szczególnie trujących ścieków przemysłowych (sole miedzi, kwasy, fenole, oleje mineralne), tę nieprzyjemną właściwość pęcznienia. Zjawisko to występuje częściej w małych zakładach. Objętość osadu rośnie nagle silnie bez powiększenia się ilości suchej zawartości w osadzie. Jednocześnie zdolność oczyszczania osadu czynnego bardzo znacznie spada. W okresie wiosny i jesieni wykazują oczyszczalnie osadem czynnym na krótki okres czasu zmniejszenie sprawności. Przypisać to należy pewnym zmianom wegetacyjnym organizmów powodujących działanie oczyszczające, zwłaszcza że z tą zmianą łączy się zmiana zabarwienia osadu czynnego. Osad spęcniały zajmuje w wodzie większą objętość, osadza się trudno i wreszcie odpływa w dużych ilościach z osadnika wtórnego, zanieczyszczając odbiornik. Normalnie osad czynny zawiera 98,5% wody. Osad o zawartości wyższej niż 99% jest osadem spęcniałym, zawartość w takim osadzie wody może dojść do 99,75%.

Zwalczenie tego chorobliwego stanu jest trudne. Konieczną jest więc stała obserwacja jakości osadu i umiejętna obsługa oczyszczalni, by nie mógł powstawać stan chorobliwy. Jako środki do jego zwalczenia poleca się: 1. doprowadzenie mniejszej ilości osadu powrotnego i natychmiastowe usunięcie nadmiaru osadu, 2. powiększenie dopływu powietrza, 3. jeśli nie jest możliwe zwiększenie dopływu powietrza, zmniejszenie obciążenia przez wprowadzenie tylko części ścieków na oczyszczalnię biologiczną, reszty z jej pominięciem do odbiornika. Choć powstaje czasowe jego obciążenie unika się w ten sposób długotrwałej przerwy w ruchu oczyszczalni, 4. pomocne może się okazać chlorowanie, jeśli powoduje osadzanie się mułu.

Wielkim szkodnikiem osadu czynnego są larwy komara — *chironomus*. W niektórych oczyszczalniach, szczególnie w okresach ciepłych roku, w miesiącach sierpniu i wrześniu, zachodzi łatwo tworzenie się chironomidów. Komary składają na granicy wody i powietrza liczne spiralnie ułożone jajeczka, z których mogą się w spokojnych miejscach zbiornika rozwijać larwy. Pojawiają się one wówczas nagle, często w dużej ilości tak, że w przeciągu krótkiego czasu niszczą główną część osadu czynnego. Osadzają się na kłaczkach mułu i używają go jako środka odżywczego. Osad taki, składający się głównie z larw *chironomusa*, jest dla celów oczyszczania bezwartościowy, gdyż nie posiada on żadnych właściwości adsorpcyjnych.

Najlepszymi sposobami do usunięcia chironomidów okazały się sita płukane, włączane pomiędzy pompę osadu powrotnego i dopływ do zbiornika napowietrzania. Sito zatrzymuje z osadu powrotnego larwy *chironomusa*, które następnie wprowadza się do komory gnilnej ze świeżym osadem i przegniwa. Polecają również ostatnio dodawanie jakiegoś trującego środka na robaki np. proszku na robaki. Proszek taki rozsiewa się w określonych odważonych ilościach na powierzchni wody. Przy użyciu 2,5 mg/litr proszku następuje w ciągu 4—6 godzin silne sparaliżowanie larw *chironomusa* tak, że stają się one całkowicie niezdolne do życia i obumierają.

Po skończonym przewietrzeniu powinien być osad czynny możliwie szybko i całkowicie oddzielony od ścieków, aby mógł być zaraz doprowadzony w obiegu kołowym do nowonapływających do oczyszczenia ścieków. Ponieważ jest to osad kłaczkowaty, odpowiedniejsze do jego wytrącenia są głębokie osadniki o kierunku ruchu wstępującym, gdyż ścieki w pewnym stopniu filtrują poprzez tworzący się przy opadaniu kłaczków filtr, zatrzymujący również najdrobniejsze zawiesiny. Prędkość wstępująca oraz obciążenie powierzchniowe wynosić powinna 1,5—3 m/godz. Czas przepływu oblicza się na 1,5—2 godz. W wypadku większych zakładów budowa dużej ilości lejów jest często zbyt uciążliwa. Stosuje się wówczas płaskie osadniki ze zgarniaczami, co jednocześnie przeciwdziała zagniwaniu osadu w leju. Zbiorniki dają się nieco głębsze niż zazwyczaj i o średnicy niezbyt dużej. Liczy się w takich osadnikach na przepływ 2—3 godzinny.

Zbierający się osad pobierany jest z osadnika przewodami odprowadzającymi osad przy pomocy pomp i doprowadzany bezpośrednio do zbiornika nawietrzania lub też do specjalnej studni, w której umieszczone są przesuwane przelewy, którymi odpowiednio odpływa osad do zbiornika nawietrzania oraz do komory gnilnej. Zamiast w przelewy można zaopatrzyć studnię w przewody zamykane zasuwami. Kanały powrotnego osadu, w których prędkość jest mniejsza niż 0,3 m/sek, zaopatruje się w dnie w płytki dyfundujące powietrze w celu zapobieżenia osadzaniu się mułu. Do przepompowywania osadu stosuje się pompy wirnikowe o małej ilości obrotów. Przy zastosowaniu szybkoobrotowych pomp zachodzi niebezpieczeństwo rozbijania osadu, przy czym jego działanie bardzo słabnie. Osad podnoszony jest na wysokość poziomu ścieków, dopływających do zbiorników nawietrzania, i doprowadzony do ścieków przed ich wejściem do zbiornika lub też na wlocie do niego. Ponieważ osad bardzo łatwo zagniwa, należy starać się przewody doprowadzające wykonywać jak najkrótsze.

Przy obliczaniu wielkości osadników wtórnych należy uwzględnić ilość osadu powrotnego, gdyż skraca on czas sklarowywania oczyszczonych ścieków. Ponieważ osad powrotny znajduje się na dopływie do osadnika, na odpływie go nie ma, gdyż w międzyczasie pobrany jest on przez przewód czerpiący osad, uwzględnia się go przy obliczaniu objętości osadników przez doliczenie tylko połowy do ilości ścieków.

Ponieważ w czasie oczyszczania rozpuszczone w ściekach zanieczyszczenia zostają z nich wytrącone w postaci osadu, jego ilość stale rośnie. Część osadu powstającego w osadnikach musi być stale usuwana z kołowego obiegu. Ta część osadu nosi miano osadu nadmiernego. Ilość osadu nadmiernego zależy od właściwości ścieków. W wypadku przeciętnego składu ścieków (odpływ 150 litr/mieszk/dobę) ilość jego wynosi 2,07 litra/mieszk/dobę, mierzona po półgodzinnym czasie osiadania. Pompowana ilość nadmiernego osadu wynosi $\frac{4,43}{150} = 3\%$ (Zestawienie 13) dobowego przepływu ścieków. W wypadku rozcieńczonych ścieków stanowi pompowany nadmierny osad mniejszy procent przepływu ścieków. Osad ożywiony pozostaje i pracuje w oczyszczalni najdłużej 3—4 dni. Jego ilość można obliczyć z wielkości zbiorników nawietrzania i osadników wtórnych. Gdy np. czas przepływu wynosi 6 godzin w zbiorniku nawietrzania oraz 2 godziny w osadniku wtórnym i pompowany osad powrotny stanowi 24% przepływu, ilość osadu czynnego wynosi $\frac{8}{24} \cdot \frac{24}{100} = 8\%$ dziennego przepływu ścieków. Ponieważ dziennie usuwana ilość osadu nadmiernego wynosi 3% przepływu ścieków, czas pozostawiania osadu w oczyszczalni wyniesie $\frac{8}{3} = 2,7$ dni.

Osad zawiera w suchej pozostałości 33% mineralnych składników i posiada zawartość 5—7% azotu oraz 4% kwasu fosforowego. Duża zawartość w nim bakterii nitryfikacyjnych podwyższa jego wartość nawozową. Jednak postępowanie ze świeżym osadem nadmiernym jest związane z powstawaniem bardzo przykrych woni. Z tego względu uniemożliwione jest jego bezpośrednie zastosowanie jako nawozu na polach. W niektórych oczyszczalniach jest on suszony na filtrach próżniowych, częstokroć przy dodawaniu chemikaliów dla lepszego oddawania wody, zaś pozostające ciasto suszone na ogrzewanych bębnach. Wysuszony osad sprzedawany jest jako środek nawozowy.

Coraz częściej obecnie osad przegniwa się w komorach gnilnych. Nadmiar osadu doprowadza się do dopływu ścieków na mechaniczną część oczyszczalni, gdzie miesza się on z wytrącającym się świeżym osadem w osadniku i stąd przechodzi do komory gnilnej. Ilość nadmiernego osadu wynosi 4,43 l/mieszk/dobę o zawartości 99,3% wody, zaś ilość osadu zmieszanego pompowana z osadnika wstępnego 1,87 l/mieszk/dobę przy zawartości wody 95,5%. Ilość wytwarzającego się gazu przez dodanie nadmiernego osadu podnosi się znacznie—1,5 do 2-krotnie. Przegniły osad zawiera więcej wody niż bez dodatku nadmiernego osadu. Zawartość jej wzrasta z 87% do 93%, sucha pozostałość z 34 do 55 g/mieszk/dobę, zaś ilość przegnilnego nieodwodnionego osadu z 0,26 do 0,79 l/mieszk/dobę, tj. trzykrotnie. Z tych względów komory gnilne oraz poletka dla ociekania osadu muszą być trzykrotnie powiększone.

Urządzenia mechaniczne niezbędne dla ruchu oczyszczalni osadem czynnym składają się z pompy do przetłaczania osadu, dmuchawy dostarczającej powietrze oraz silników poruszających mieszadła. Przeciętnie można liczyć, że zainstalowana moc wyniesie 0,8 kW na 1000 miesz-

kańców; w wypadku ścieków mało stężonych 1,5 kW. Ścisłych danych brak, gdyż istnieją w czynnych zakładach duże różnice. W odniesieniu do ścieków średnio liczyć należy instalowaną moc 3,7 kW na 1000 m³/dobę.

Gdy uruchomi się zbiorniki nawietrzane, praca nie może być przerywana. Nawietzanie trwać musi nieprzerwanie w dzień i w nocy. W czasie pracy muszą być stale przeprowadzane badania dotyczące: 1. Ilości ścieków, osadu powrotnego i nadmiaru osadu; 2. Osiedlenia osadu w ściekach ze zbiorników nawietrzanych z prób branych na jego wlocie i wylocie; 3. Określenia ilości zawiesin w ściekach ze zbiorników nawietrzanych, osadzie powrotnym i odpływie; 4. Zawartości tlenu w zbiorniku nawietrzania; 5. Tlenu biochemicznego w odpływie; 6. Wysokości osadu w osadniku wtórnym.

Główną zaletą sposobu osadu czynnego jest wysoki stopień oczyszczania. Oczyszczanie rozciąga się nie tylko na pozostające po oczyszczeniu wstępnym nierozpuszczone koloidy, ale również i domieszki rozpuszczone. Przede wszystkim usunięte zostają pozostałe po oczyszczeniu wstępnym ulegające osadzaniu, jak również nie ulegające osadzaniu zawiesiny i wywołujące szare zamącenie ścieków koloidy w tak dużym stopniu, że oczyszczony odpływ jest całkowicie klarowny i zawiera tylko ślady zawiesin. Są to resztki osadu czynnego, średnio w ilości 5—20 mg/l. Wraz z koloidami zostają w większości wypadków wydalone wszystkie koloidalne barwniki, tak że prawie całkowicie usunięte zostają wywołane nimi zabarwienia. Odpływy posiadają tylko lekkie zabarwienie słomkowe. Zawarte w wodzie przykre zapachy są częściowo bezpośrednio utlenione, częściowo adsorbowane tak, że odpływ jest praktycznie bez zapachu. Posiada on tylko lekko ziemisty zapach, jaki również wykazuje czysta woda rzeki. Urządzenie nie powoduje powstawania plagi much.

Jednocześnie z wytrąceniem nierozpuszczonych domieszek następuje utlenienie domieszek rozpuszczonych. Daje się to odczuć przez silny spadek utlenialności i biochemicznego tlenu. Spadek wynosi co najmniej 90%. Odpływ jest niezagrywający i wobec silnego nawietrzenia wykazuje przeważnie dużą zawartość tlenu. Powinna ona wynosić 5—9 mg/litr. Można bez obawy odpływ taki wpuścić nawet do najmniejszego odbiornika.

Bardzo ważne jest działanie na bakterie, szczególnie chorobotwórcze. Według badań spadek wynosi od 55—99%. Wobec silnego spadku bakterii w wypadkach, gdzie wymagana jest pełna sterylizacja, wystarczą niewielkie dawki chloru. Zamiast normalnie stosowanych ilości 25—35 mg/litr dla nieoczyszczonych ścieków wystarczają przeważnie ilości 1—2 mg/litr.

Krótko ujęte zalety i wady oczyszczania osadem czynnym są następujące:

Zalety: Wysoki stopień oczyszczenia ścieków.

Niewielka powierzchnia zajmowana przez urządzenia.

Niezbędne wysokie koszty budowy.

Niewielka strata wysokości, wobec której brak potrzeby pompowania ścieków.

Brak zapachów i plagi much.

Duża zawartość azotu w osadzie.

Wady: Większa ilość osadu niż otrzymywana w innych sposobach.

Trudność bezpośredniego traktowania osadu.

Wysokie koszty ruchu.

Duża ilość urządzeń mechanicznych do utrzymywania.

Konieczność wprawnej obsługi.

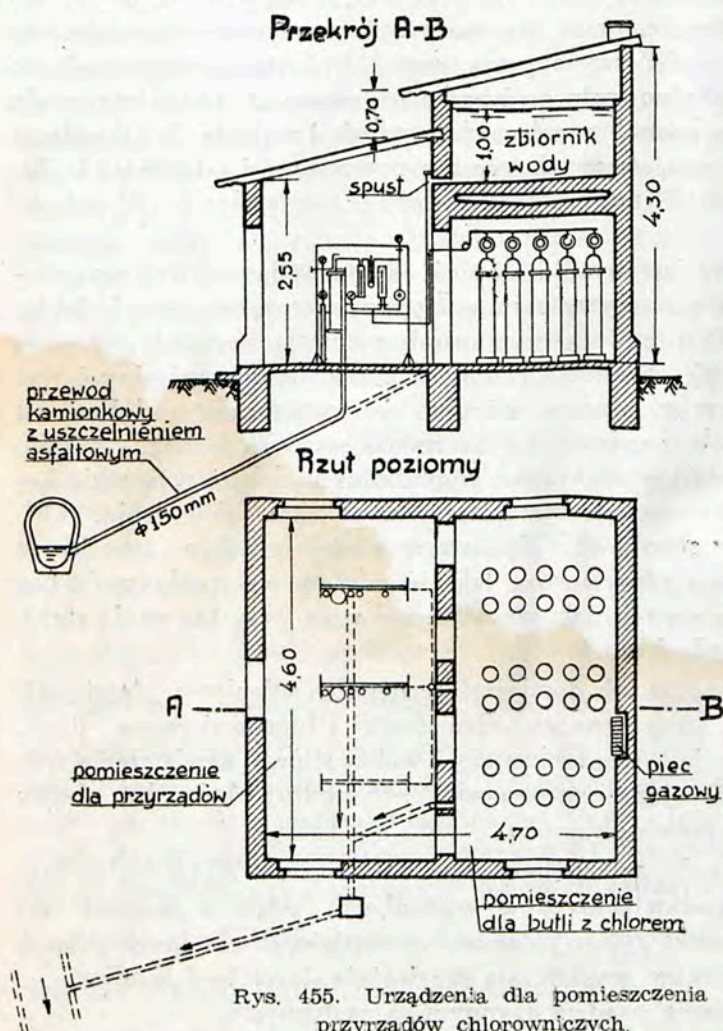
Zaniedbanie czasowe daje w wyniku chorobliwe objawy, wymagające dłuższego czasu 10—21 dni poprawy, powodujące odpływ o złych właściwościach.

Czułość na wpływy ścieków przemysłowych, głównie domieszek chemicznych bakterio-bójczych, które przerywają cykl oczyszczania.

Niezdolność do przeciążeń.

Nawietrzenie lub reaktywizacja osadu powrotnego zanim wprowadzi się go do zbiorników nawietrzania jest niezbędne, gdy niedostateczne jest nawietzanie mieszaniny ścieków i osadu powrotnego dla utrzymania właściwej biologicznej aktywności osadu. Zachodzi to w wypadku, gdy stosowany jest dla uzyskania sklarowania tylko krótki czas zatrzymania 1—2 godzin. Również jest to konieczne przy pełnym oczyszczaniu, gdy ścieki nie są poddawane osadzaniu

wstępnemu lub gdy oczyszczaniu podlegają bardzo stężone ścieki. Zbiorniki do nawietrzania osadu powrotnego wykonywane są podobnie do zwykłych zbiorników nawietrzania, przy czym czas zatrzymania przyjmuje się 2—6 godzin.



Rys. 455. Urządzenia dla pomieszczenia przyrządów chlorowniczych.

IX. 3-f. Chlorowanie ścieków.

Chlor znajduje duże zastosowanie przy procesach oczyszczania ścieków zarówno surowych, jak i oczyszczonych. Jego zadaniem jest niszczenie bakterii chorobotwórczych, powiększenie zdolności sklarowywania, zwalczanie zapachu ścieków i osadu, niszczenie grzybów, osadu i larw much na złożach zraszanych, zwiększanie gęstości osadu czynnego oraz ochrona wody rzecznej, miejsc kąpielowych oraz wodociągów od niebezpieczeństwa roznoszenia epidemii.

Opis działania chloru i sposobów jego zastosowania podany został w części pierwszej „Wodociągi”, użycie jego w technologii ścieków różni się tylko zastosowaniem odpowiednio większych dawek (rys. 455). Dawki chloru dostosowuje się do zadania, jakie ma spełnić. Stosuje się go stale lub tylko w pewnych okresach roku, zależnie od miejscowych warunków. Ilość chloru zależy w dużym stopniu od składu ścieków, polecane są następujące wielkości dawek:

Zestawienie 21.

| Cel chlorowania | Dawki chloru mg/litr | Uwagi |
|---|----------------------|---------------------------|
| Ścieki surowe | 25—30 | Przez okres bardzo krótki |
| Odpływ z osadników | 15—20 | |
| „ z złoż zraszanych | 10—15 | |
| „ filtrów piaskowych | 6 | |
| Zniszczenie warstwy grzybów na złożach zraszanych | 50 | |
| Odbarwienie | 4—6 | |
| Osad czynny | 1—3.5 | |

Pora roku ma wpływ na ilość chloru w ten sposób, że w lecie zwykle należy używać więcej chloru niż w zimie. Odbija się tu wpływ ciepłoty na powstawanie procesów beztlenowych. Na wielkość dawek chloru wpływa również czas jego działania. Doświadczenia uczą, że wystarczającym czasem działania jest około 15 minut. W tym czasie zostaje zabitych co najmniej 99% znajdujących się w ściekach bakterii. Aby być pewnym, że taki jest skutek zastosowania chloru, powinna, po minimalnym czasie działania chloru równym 15 minutom, istnieć jeszcze jego nadwyżka w ilości 0,3—0,5 mg/litr. Chlor należy więc wprowadzać do ścieków, które zatrzymuje się w specjalnych zbiornikach reakcji o czasie przepływu równym 15—30 minut.

Należy zwrócić uwagę przy dawkowaniu chloru, by przy rozcieńczeniu ścieków wodami odbiornika nie pozostawała zbyt duża koncentracja chloru w wodach wymieszanych, gdyż działa on szkodliwie na rybostan. Według badań przeprowadzonych stężenie powyżej 1 mg/litr powoduje śnięcie karpi i przeważnej ilości innych ryb, szczupaków i płotek, podczas gdy raki takie stężenie znoszą jeszcze dobrze.

Działanie odwadniające chloru polega na rozkładzie siarkowodoru z wydzieleniem siarki: $H_2S + Cl_2 = 2HCl + S$. Ze względu na to, że siarkowodor działa bardzo szkodliwie na beton powyżej zwierciadła ścieków, rozkład siarkowodoru przy pomocy chloru jest skutecznym środkiem chroniącym konstrukcje betonowe od zgrzania.

IX. 3-g. Oczyszczalnie domowe.

Jako oczyszczalnie ścieków domowych, gdy brak kanalizacji centralnej, stosuje się osadniki gnilne. Aby spełniały one należycie swoje zadanie, powinny mieć dostateczną pojemność. Osadniki takie należy zakładać w dostatecznej odległości od domu. Powinna ona wynosić co najmniej 10—15 m. Wykluczone być powinno urządzenie jakichkolwiek zbiorników czy studni osadnikowych w piwnicach wewnątrz domów. Urządzenie powinno być łatwo dostępne i łatwe do obsłużenia. Pojemność osadników dostosować należy do ilości mieszkańców przyłączonych. Liczy się, że przy braku centralnego wodociągu zużycie wody jest niższe i nie przekracza 20—30 litr/mieszk/dobę. Pełna pojemność użyteczna osadników powinna wynosić:

| Przy liczbie mieszkańców | Litr/mieszk. |
|--------------------------|--------------|
| 1 — 10 | 450 |
| 11 — 25 | 375 |
| 26 — 50 | 300 |
| 51 — 75 | 225 |
| 76 — 100 oraz powyżej | 150 |

Najmniejszą pojemność daje się dla komory pierwszej 3 m³, następnych po 1,5 m³.

W wypadku przyłączania do osadników gnilnych szkół, gospód itp. należy liczyć, że stalemu mieszkańcowi przy obliczaniu dopływu ścieków odpowiada:

w szkołach — 10 uczniów, w gospodach — 3 gości, w letnich gospodach — 15 gości, w zakładach przemysłowych — 3 pracowników, w fabrykach — 5 robotników.

SUMMARY

OF PROF. DR KAZIMIERZ WÓYCICKI'S BOOK ENTITLED „WATER CONDUIT NETWORK AND CANALIZATION“

Prof. Dr K. Wóycicki's work entitled „Water Conduit Network and Canalisation“ is the first Polish text book setting out in detail, in accordance with the most modern requirements, the problem of supply of water and removal of used water from urban districts.

„Water Conduit and Canalisation“ was written by Prof. K. Wóycicki at the time the Polish nation was under the yoke of Hitlerian tyranny, tyranny such as has never previously been known in the world.

The book shows the perseverance and sacrifice of Polish scientists during this dark period of history. The psychological basis of this work is „*Contra spem - spero*“ (Hope against hope!) which characterised the importance of all achievements in the Polish scientific world, and thanks to which many scientific books of outstanding value appeared immediately after 1945. Amongst these can be counted Dr K. Wóycicki's work „Water Conduit Network and Canalisation“.

At the time of the Warsaw Insurrection, Prof. Dr K. Wóycicki was correcting and finishing off his last book „Port Construction“. Two days before his death found him, in the midst of the storm of the battle that was raging, with bombs falling around and the ceaseless patter of machine-gun fire, retyping his last book in order to bury it in all haste in the cellar. Thanks to this, the manuscript was saved. All will appreciate the full value of this spirit of perseverance and sacrifice for the cause of Science and Society.

On the 9th September 1945, when the battle was at its height the house in which he was working and where he had lived since childhood was hit by a heavy artillery shell, and Prof. Dr K. Wóycicki was killed, dying like a soldier.

The first volume of Prof. Dr K. Wóycicki's work comprises twelve chapters in the following order: I — Introduction. II — Quantity of Water. III — Quality of Water. IV — Construction of an Entire Waterpipe Network. V — Sources of Water. VI — Holding the Water. VII — Water Purification. VIII — Supply of Water to the Network. IX — Gathering of the Water. X — Distribution Network. XI — Building of Waterpipes, and XII — Domestic Water supply Appliances.

After the first chapter, in which he gives the historical back-ground of the subject, the author indicates the quantity of water necessary for domestic, public and industrial use for European towns of various sizes in litres per head per twentyfour hours, with remarks on the variations in con-

sumption. In addition he sets out the calculation of the requisite content of the supply unit at the storage point together with the calculation of the capacity of equalizing containers.

The chapter dealing with the quality of water covers three types of impure water: impurities dissolved, in suspension and colloidal. It also includes details of the physical and chemical properties of water. With regard to these the author gives several coefficients characterizing drinking water. The details of the coefficient of alkaline content or acidity in pH degrees, bacteriological examination of water and regulations for the quality of drinking water are remarkable.

The author then takes up the problem of an entire waterconduit network, giving indications for engineers as to the planning of the simplest and most useful network.

The chapter entitled „Sources of Water“ deals with types of water suitable for every waterconduit network. Surface waters are divided into four categories: downward-flowing water, water stagnant in containers, lake water and stream and river water. When considering the use of below-surface water, the author gives all the details regarding spring water, water slightly below the surface, water further the surface and deep underground water and also artificial underground water.

The gathering of water is given detailed consideration by Prof. Dr K. Wóycicki and rightly so for we know by experience what troubles and difficulties and interruption in water supply can arise from an erroneous solution of this problem. Consequently, the study in detail of water gathering is the main problem in planning water-networks. When considering the various systems set out for gathering rain-water from containers, lakes, rivers and springs special attention should be given to the detailed explanation of examination and calculation of underground water, i. e. water which is primarily used for small networks. This explanation is completed by the description of wall building, for gathering underground water.

The fullest chapter is that dealing with water purification. It should be mentioned here that modern methods of water purification have not been treated in sufficient detail in Polish technical literature. This problem is of special importance as in the Recovered Territories several interesting installations for the purification of surface and underground water are to be found. This is not only of the highest interest to engineers and technicians but also to the skilled workers and heads of water network plants, who will find in this chapter a lot of valuable information set out in a clear and precise manner. It will be sufficient to mention here the decoloration, deodorization, removal of taste, removal of suspended impurities, natural and artificial filtration, de-ferrorisation, de-manganisation, removal of acids and gases, softening and disinfection, of water. The entire chapter is richly illustrated, thus making it easy for the reader to understand several installations.

The chapter on the supply of water to the network, deals with naturally falling water and artificial lifting of water, rotating and air pumps. Both the engineer and skilled worker will find in this chapter the most useful formulae required for calculating the relevant size of pumps and motors. Special attention should be given to the indications given for the planning of pump plants.

When dealing with the gathering of water, the author also describes the ground and tower containers but in comparison with other Polish publications in this field, this chapter sets out the whole problem in far

greater detail. It should be remembered that the most economic American stand-pipe container, and the hydrofor are also described.

In the chapter dealing with distribution network, considerable attention is given to the planning and calculation of waterpipes. This chapter should be welcomed by all engineers planning networks as it sets out the problem in a very clear manner. As a novelty the author has given the American practical method of waterpipe calculation of Engineer Hardy Cross.

The basis on which this method is established is a well-known law of flowing liquid: in every circuit of the network the total pressure is equal to „0“, and the quantity of water flowing to the net is equal to that leaving the net. This law together with the relation between flow and pressure loss allow the setting up of several equations in which the unknown factors can be either flows in separate parts of the pipes, or pressure heights in the knots. The solution of this set of equations is to be found by the method of the following approachment. This method makes rapid network calculation possible. The chapter covering distribution network includes not only the description of the most widely used waterpipes, such as iron and steel pipes, but also pipes of other materials such as concrete, reinforced concrete, asbestos concrete and wood. When considering the different types of pipes, the author presents their advantages and disadvantages, thus the reader can form an unbiased opinion as to their value from the scientific point of view which in many cases is different to the catalogue value.

The detailed description of construction technique of waternetworks forms an entirely new chapter in Polish literature. The description of the methods of excavating and installing the main pipes and nets is a subject which every engineer or skilled worker will study with interest. If, in the future, this subject is completed by adequate standards of work in the building of water networks Polish technical literature will have reached impressively high standards.

The last chapter in the book covers domestic water-supply appliances and standards of planning. It should be added that several hundred illustrations and tables not only outline the main elements of water network but also give an idea of its operation and construction. The reading of the text is thus made very clear.

The second volume of the work entitled „Canalisation“ comprises IX chapters in the following order: I — The Object of Canalisation and its Historical Background. II — Quantity of Used Water Removals. III — Canalisation Pipes. IV — Canalisation Networks. V — Basis for Planning Canalisation Network. VI — Maintenance of Canals. VII — Buildings of Canals. VIII — Domestic Canalisation. IX — Cleaning of Sewers.

In the second part of the work the author gives the historical background of canalisation and its object. After the theoretical discussion, i. e. the calculation of the quantity of sewers in the planning of canalisation network, the reader is given in detail the types of canals used such as canals constructed with bricks, reinforced concrete, concrete and earthenware pipes etc. Special attention is drawn to the chapter setting out the installation of the network.

A separate chapter covers the various systems of canalisation used.

A very complete chapter entitled „Basis for Planning Canalisation Network“ covers the methods of calculation of canalisation network and gives a series of diagrams showing the efficiency of cross areas and the mutual relation between Q and V_l at complete fulfilment.

Those who are working out plans will find in this chapter much valuable material on the equipment of the canalisation network, not only on that in every day use but also on material used in special cases. It should be mentioned that in this connection the author also gives a very detailed description of all containers, syphons, canals, equalising containers, joints, entrances and exits of canals. A clear and complete description of this subject is given.

After discussing the subject of canal pump plant and the problem of canal maintenance, the author goes on to describe the construction of canalisation conductors. It can be said that this is the first attempt made in the Polish language of dealing with this subject, and it is of outstanding importance for engineers and technicians working on the construction of canalisations. There is no doubt that skilled workers will find in this chapter any amount of valuable and practical indications of use during the period of planning and execution of building.

A separate chapter deals with domestic canalisation appliances.

The fact should be underlined that when discussing the building of street canalisation and domestic appliances the author gives not only the method of execution but also describes the tools employed.

The end of the second volume of the work deals with the cleaning of sewers in urban areas. At the beginning of this chapter the author not only sets out very interesting problem of the selfpurification of water but also gives different methods for the cleaning of sewers. For instance by mechanical methods of sewer cleaning such as by the use of meshes, sand filters, fat-filters, suspenders etc.

After the study of the chemical purification of sewers, the reader is informed as to the several methods of secondary purification such as earth filters, field filters, etc.

The end of this chapter deals with the chlorination of sewers and domestic appliances.

Upon analysing Prof. Wóycicki's work it must be mentioned that this the first work of its kind in the Polish language. The original and clear manner in which the subject is presented, the introduction of entirely new methods in this line is the outstanding characteristic of this work. Not only should this book be in the hands of every engineer or technician in this line, or head of water canalisation plant but also in those of all planning personnel.

At the end of this summary I should like to express my personal wish that this pioneer work of Prof. Wóycicki will inspire all engineers and technicians in hydraulics to take up the pen and continue his task, for technical knowledge is a powerful instrument in contemporary life. This subject is important to insure the improvement of sanitation technique for the masses of population.

Eng. HENRYK JANCZEWSKI