

5.3.5. Ścieki i ich oczyszczanie

5.3.5.1. Wiadomości ogólne

Ścieki [16] są to zużyte ciecze, roztwory, koloidy lub zawiesiny, a także odpadowe ciała stałe odprowadzane za pomocą rurociągów do odbiorników naturalnych, jakimi mogą być zbiorniki lub cieki wodne, doły gnilne itp. W postaci ścieków odprowadza się odpadowe substancje przemysłowe oraz odpady żywnościowe i fekalia z miejskich i osiedlowych gospodarstw domowych. Ze względu na dużą szkodliwość biologiczną ścieków, zarówno komunalnych, jak i przemysłowych, przed odprowadzeniem do odbiornika powinno się poddawać je oczyszczeniu w oczyszczalniach. W Polsce, mimo dużego postępu w tej dziedzinie, nie wszystkie ścieki poddawane są procesowi oczyszczania, co doprowadziło do zatrucia większości naturalnych cie-

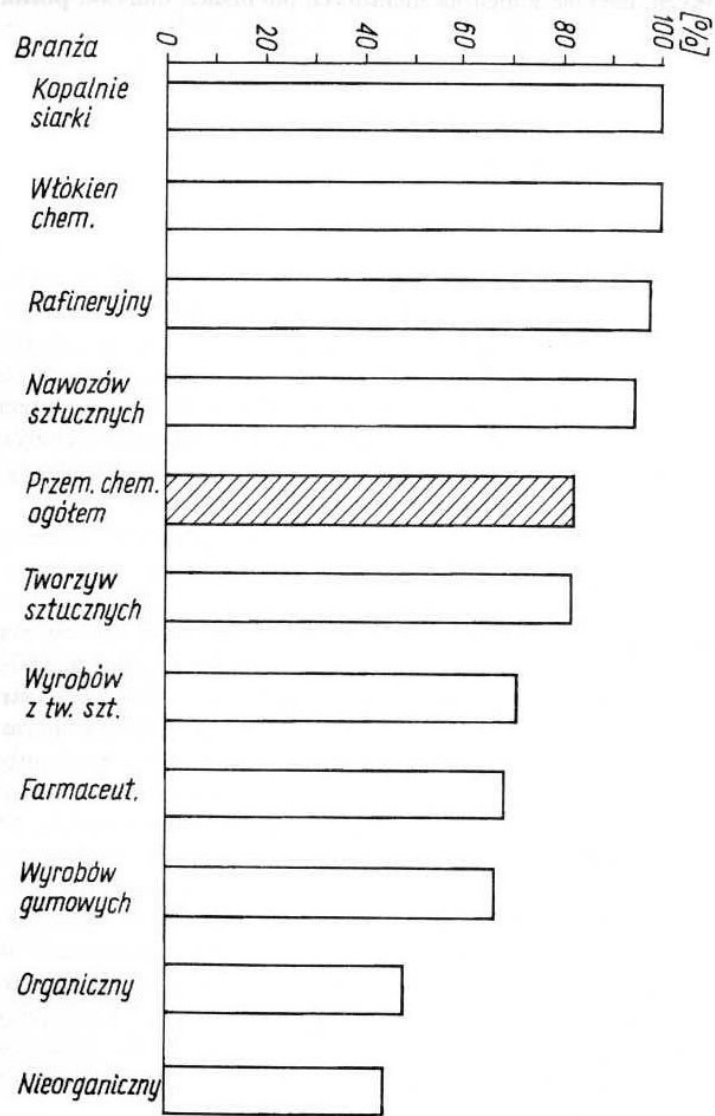
ków wodnych, czyniąc z nich na niektórych odcinkach martwe, pozaklasowe kanały ściekowe. W chwili obecnej coraz większa liczba zakładów chemicznych zmuszana jest do racjonalizacji gospodarki wodą, polegającej przede wszystkim na stosowaniu zamkniętych obiegów wody, co powoduje stosowanie nowych, skutecznych metod oczyszczania własnych ścieków, tak by mogły się one stać źródłem wody wykorzystywanej w celach przemysłowych (rys. 5.13).

W Polsce w roku 1989 aż 1/3 ścieków komunalnych była zrzucana do wód powierzchniowych zupełnie bez oczyszczenia, a dalsze 35% – tylko po wstępnym oczyszczeniu mechanicznym. Można powiedzieć, że jedynie pozostałe 32% ścieków oczyszczano w stopniu zadowalającym. Aż 366 miast, czyli 44% wszystkich miast polskich, w ogóle nie miało oczyszczalni ścieków, przy czym znajdowały się wśród nich trzy miasta o liczbie mieszkańców powyżej 200 tysięcy (Białystok, Łódź i Radom) [8]. Możliwości przerobowe oczyszczalni w wielu innych dużych aglomeracjach miejsko-przemysłowych (np. Warszawa, Kraków, Wrocław, Poznań, Gdańsk, Bydgoszcz czy Szczecin) były daleko niewystarczające w stosunku do potrzeb.

5.3.5.2. Klasyfikacja ścieków

Ścieki przemysłowe powstają w trakcie różnorodnych procesów technologicznych. Aby ocenić ich szkodliwość, trzeba znać nie tylko skład ich ogólnego odpływu z całego zakładu przemysłowego, lecz także skład strumieni wypływających z poszczególnych działów produkcji. Istotnym parametrem jest ilość ścieków przypadająca na jednostkę produktu wytwarzanego w danym dziale lub zakładzie. Znajomość parametrów ilościowych i jakościowych ścieków pozwala na oszacowanie koniecznego stopnia oczyszczenia, przy którym ich odprowadzenie do naturalnego odbiornika nie spowoduje pogorszenia klasy czystości wody. Sytuacją pożądaną jest uzyskanie lepszej czystości ścieków niż czystość wody w odbiorniku. Z drugiej strony rachunek ekonomiczny określa optimum, które należy przyjąć, aby nie powiększać nadmiernie kosztów własnych zakładu i cenę produktu uczynić konkurencyjną w stosunku do cen światowych. Problem ścieków występuje szczególnie ostro w koksowniach, zakładach petrochemicznych, garbarniach, celulozowniach, młeczarniach i cukrowniach. Ich nieoczyszczone ścieki stanowią duże zagrożenie dla odbiorników naturalnych.

Do najczęściej występujących organicznych składników ścieków zalicza się: białka, węglowodany, tłuszcze, oleje, żywice, barwniki, fenole, produkty naftowe, detergenty, pestycydy itp. Składnikami nieorganicznymi są zasady, kwasy nieorganiczne, metale ciężkie (ołów, miedź, rtęć, cynk, kadm, chrom), a także arsen, chlor, siarkowodór, jony siarczanowe, chlorkowe, azotanowe,



Rys. 5.13. Stopień oczyszczenia ścieków w branżach przemysłu chemicznego [27]

fosforanowe, węglanowe, amonowe itd. [16]. Różnorodne związki organiczne i nieorganiczne nadają ściekom określone cech fizyczne, takie jak mętność,

barwa, zapach, zawiesiny. Pienienie się ścieków jest spowodowane występowaniem w nich substancji powierzchniowo czynnych, powodujących zmniejszenie napięcia powierzchniowego wody. Należą do nich detergenty, mydła i saponiny.

Istotnym parametrem fizycznym ścieków jest ich temperatura. Uwarunkowana jest ona procesami technologicznymi, jakie zachodzą w zakładach. Problem ten występuje szczególnie ostro w energetyce, gdzie większość ścieków stanowią wody chłodnicze kondensatorów pary odlotowej z turbin. Ich zrzut do odbiornika nie zanieczyszcza przepływających wód, lecz wskutek podniesienia ich temperatury powoduje nadmierny rozwój planktonu i innych mikroorganizmów. Może to prowadzić do zapychania filtrów wody w ujęciach położonych poniżej miejsca zrzutu, szczególnie w okresach letniej, niskiej wody. Ogrzanie wody zmniejsza rozpuszczalność tlenu i prowadzi do śnięcia ryb, co zakłóca równowagę biologiczną odbiornika.

Ścieki przemysłowe na ogół nie stanowią zagrożenia sanitarno-epidemiologicznego, gdyż nie zawierają bakterii chorobotwórczych. Wyjątkiem są ścieki z zakładów przemysłu spożywczego, garbarni i zakładów utylizacji odpadów. Mogą one zawierać chorobotwórcze drobnoustroje w różnych postaciach (wegetatywnej i zarodnikowej) i jako takie powinny być poddawane procesom dezynfekcji.

Parametrem określającym stopień zanieczyszczenia ścieków jest tzw. **biochemiczne zapotrzebowanie na tlen – BZT**. Jest to ilość tlenu rozpuszczonego w wodzie zużyta przez bakterie aerobowe (tlenowe) (mg/dm^3) w ciągu określonego czasu. Ponieważ ok. 50% zanieczyszczeń zostaje utlenione przez bakterie w ciągu 3 dni, a po ok. 20 dniach proces jest zwykle zakończony, przyjmuje się czas 5 dni jako właściwy do wyznaczenia biochemicznego zapotrzebowania na tlen [17]. BZT_5 oznacza się metodą rozcieńczeń lub metodami manometrycznymi. Innym parametrem jest utlenialność, czyli właściwość wody i ścieków do redukcji pewnych związków chemicznych – takich jak nadmanganian potasowy lub chromiany. Wyniki oznaczania utlenialności zależą od warunków, w jakich wykonuje się próbę, dlatego należy przeprowadzać je w ściśle znormalizowany sposób. Do oznaczania utlenialności wody stosuje się zwykle metody nadmanganianowe, do ścieków – chromianową [9]. Ze względu na to, że utlenianiu ulega tylko ok. 60% substancji organicznych zawartych w badanych próbkach, parametr ten daje jedynie orientacyjną zawartość zanieczyszczeń. Stosunkowa łatwość wykonania oznaczenia sprawia, że jest ono często stosowane.

5.3.5.3. Metody oczyszczania ścieków

Do oczyszczania ścieków stosuje się metody mechaniczne, chemiczne, biologiczne, mieszane i dezynfekcję. W zależności od rodzaju ścieków proces

oczyszczania powinien być tak pomyślany, aby przy minimalnym nakładzie kosztów uzyskiwać najwyższy możliwy stopień oczyszczenia. W tym celu stosuje się jedną lub kilka z wymienionych metod.

Metody mechaniczne polegają na usunięciu grubszych zawiesin organicznych i mineralnych oraz ciał pływających. Usuwa się je za pomocą krat, sit, piaskowników, tłuszczowników oraz osadników różnego typu.

Kraty i sita są mechanicznymi przegrodami ustawionymi na drodze spływu ścieków. Osadzające się na nich zanieczyszczenia, zwane skratkami, usuwa się okresowo ręcznie lub mechanicznie. Następnie poddaje się je procesom kompostowania lub po rozdrobnieniu w dezintegratorach zwraca się do obiegu. Kraty zatrzymują grubsze frakcje zanieczyszczeń, sita – drobniejsze (ok. 5 mm). Drobniejsze frakcje nadają się do przeróbki w komorach fermentacyjnych lub biotermicznych. Produktem jest tzw. biogaz oraz przefermentowany osad, nadający się na nawóz.

Piaskowniki zatrzymują cięższe zanieczyszczenia ziarniste, takie jak piasek, muły węglowe itp. Ziarna tych frakcji charakteryzują się dużym stopniem twardości (wg Mohsa) [7]. Nieoddzielenie ich powodowałoby szybkie zużycie urządzeń mechanicznych: pomp, zaworów itp., pracujących w przepompowniach. Piaskowniki płaskie mają kształt rynien o długości kilku metrów, w których zanieczyszczenia osadzają się na dnie wskutek działania siły ciężkości podczas przepływu ścieków z niewielką (9–12 m/min) prędkością. Wadą piaskowników płaskich jest fakt zajmowania przez nie dużej powierzchni użytkowej. Tej wady pozbawione są piaskowniki wirowe, działające na zasadzie hydrocyklonów. Zbudowane są w postaci pionowej rury, do której w górnej części wtłaczane są ścieki na kierunku stycznej do ścianki rury. Nadaje to im szybki ruch wirowy. Siła odśrodkowa odrzuca cięższe zanieczyszczenia ku ściankom, po powierzchni których opadają do zbiornika zlokalizowanego u dołu urządzenia. Odpiaszczone ścieki opuszczają urządzenie umocowaną współśrodkowo rurą odlotową.

Tłuszczowniki są to przepływowe osadniki służące do oddzielania zanieczyszczeń o gęstościach mniejszych od wody, co powoduje, że unoszą się na jej powierzchni. Tłuszczowniki mają postać basenu flotacyjnego. Ścieki przepływają przez basen ze zmniejszoną prędkością umożliwiającą wypłynięcie tłuszczu na powierzchnię cieczy. W celu ułatwienia wypływu wytwarza się w cieczy pęcherzyki powietrza, wdmuchując sprężone powietrze przez otwory w dnie tłuszczownika. Pęcherzyki powietrza unosząc się ku powierzchni porywają cząstki tłuszczu. Warstwa tłuszczów lub olejów zgarniana jest systemem czerpaków.

Osadniki służą do usuwania ze ścieków zanieczyszczeń łatwo opadających. Oczyszczanie ścieków odbywa się w sposób ciągły z wykorzystaniem sił grawitacyjnych. Prędkość liniowa ścieków powinna wynosić do 0,01 m/s,

przekrój strumienia powinien być więc odpowiednio duży. W osadnikach można oddzielić cząstki stałe o średnicy ponad 0,03 mm. Ścieki oczyszczone w osadnikach mają wyraźnie zredukowaną wartość parametru BZT₅. W osadnikach Imhoffa (dwukomorowych) poza rozdzielaniem osadów od ścieków następuje fermentacja z wydzielaniem metanu i dwutlenku węgla. Otrzymany w ten sposób gaz może służyć do celów opałowych (metan 65–70%, CO₂ 25–30%). Czas oraz intensywność fermentacji zależą od temperatury. W temperaturze 10–15°C całkowity rozkład osadu następuje po 2–4 miesiącach. Osadniki te redukują BZT₅ o ok. 40%, a zawiesiny o ok. 70%.

Metody chemiczne. Do oczyszczania ścieków przemysłowych zawierających chemiczne związki organiczne, metale ciężkie itp. stosuje się metody fizykochemiczne i chemiczne [12, 16]. Zalicza się do nich koagulację, neutralizację, ekstrakcję, sorpcję, elektrolizę i destylację. W zależności od składu ścieków można prowadzić oczyszczanie jedną lub kilkoma z podanych metod.

Procesy **koagulacji** ścieków są podobne do zachodzących podczas oczyszczania wody [11]. Polegają na łączeniu cząstek koloidowych w większe zespoły, w wyniku czego wytrąca się osad w postaci zwartej koagulat. Czynnikiem powodującym koagulację może być dodatek elektrolitu, dodatek koloidu o przeciwnym znaku ładunku elektrycznego do ładunku cząstek koloidowych, dehydratacja zolu, odparowanie lub wymrażanie ośrodka dyspersyjnego, a także czasami ogrzewanie lub wytrząsanie zolu [16]. Koagulacja pozwala uzyskać znaczny efekt oczyszczenia (redukcja BZT₅ o 85% i zawiesin o 90%). Jej wadą jest jednak duża ilość osadów, głównie nieorganicznych. Metodę stosuje się najczęściej do oczyszczania ścieków przemysłu włókienniczego, garbarskiego i chemicznego.

Neutralizacja polega na zobojętnianiu ścieków o odczynie alkalicznym lub kwaśnym substancjami o odczynie przeciwnym. Do zobojętniania ścieków alkalicznych można używać kwaśnych gazów spalinowych, powstających np. z paliw zasiarzonych i zawierających dwutlenek węgla, tlenki siarki i azotu. Do neutralizacji ścieków kwaśnych używa się mleka wapiennego lub gazów odpadowych zawierających amoniak. Neutralizację można prowadzić następującymi metodami:

- mieszanie ścieków kwaśnych z alkalicznymi,
- dodawanie odpowiednich odczynników,
- przepuszczanie ścieków kwaśnych przez złoża sporządzone np. z kamienia wapiennego i innych skał o podobnym odczynie (np. dolomitów).

Ekstrakcję stosuje się do usuwania nielotnych związków, np. fenoli. Jest to metoda wyodrębniania zanieczyszczeń przy użyciu selektywnych rozpuszczalników. Rozpuszczalniki te nie mieszają się z wodą i mając różną od wody gęstość, pozwalają na rozdział przez dekantację wewnątrz lub poza ekstraktorem i usunięcie zanieczyszczeń ze ścieków. Poza tym pożądane jest,

aby rozpuszczalność zanieczyszczenia w ekstrakcie była większa niż w wodzie. W procesie reekstrakcji można odzyskać rozpuszczalnik i zawrócić go do obiegu (por. pkt 2.4.12. Ćwiczenie: ekstrakcja w pulsacyjnym ekstraktorze kolumnowym z wypełnieniem). Ten sposób oczyszczania stosowany jest w koksowniach, gazowniach i oddziałach generatorów gazu syntezowego. Ścieki przeznaczone do oczyszczania ekstrakcyjnego powinny być wstępnie oczyszczone z zawieszin, aby uniknąć tworzenia się emulsji. Ekstrakcję można prowadzić w sposób okresowy lub ciągły. Daje ona możliwość odzyskania wartościowych związków zawartych w ściekach.

Sorpcja jest procesem rzadko stosowanym do oczyszczania ścieków. Polega ona na zatrzymaniu na powierzchni ciał stałych (sorbentów) związków gazowych lub ciekłych. Ponieważ sorbent ma określoną zdolność sorpcyjną, po jej wyczerpaniu musi być poddany regeneracji lub w razie niemożności – wymieniony na świeży. Do najczęściej stosowanych sorbentów należą: węgiel aktywowany, tufy wulkaniczne, torf, łupki, ruda darniowa, ziemia okrzemkowa itp. [16].

Elektroliza polega na elektrolitycznym wytworzeniu koloidu wodorotlenku żelazowego, który działając jak koagulant powoduje выпадnięcie osadu zawierającego zanieczyszczenia. Wodorotlenek żelazowy tworzy się dzięki zastosowaniu elektrod wykonanych z tego metalu. Przed elektrolizą ścieki powinny być napowietrzone, co sprzyja przeprowadzeniu żelaza w formę trójwartościową i ułatwia wypadanie osadu wodorotlenku. Po elektrolizie ścieki powinny zostać doprowadzone do osadnika na czas konieczny do całkowitego выпадnięcia osadów. Metoda pozwala na stosunkowo duże zmniejszenie parametru BZT₅ (do 60%), ale jej eksploatacja jest skomplikowana, a powstające osady są dodatkowo silnie zażelazone. Zużycie żelaza elektrodowego wynosi do 80 mg/dm³ ścieków.

Destylacja z parą wodną polega na przedmuchiwanie ścieków zawierających substancje lotne z parą wodną ostrą parą w kolumnach destylacyjnych. Para niosąca zanieczyszczenia kierowana jest następnie do kolumn absorpcyjnych, w których są od niej oddzielane.

Metody biologiczne. Wykorzystanie procesów biochemicznych i częściowo fizycznych do oczyszczania ścieków pozwala uzyskać dalsze obniżenie ładunku substancji organicznych. Stosuje się je zwykle jako kolejny stopień oczyszczania w przypadku, gdy metody zastosowane wcześniej nie zapewniają odpowiedniej klasy czystości wody zrzucanej do odbiorników. Oczyszczanie biologiczne przebiega zazwyczaj w warunkach tlenowych i polega na utlenianiu oraz mineralizacji związków organicznych zawartych w ściekach przy udziale mikro- i makroorganizmów, które zużywają te związki jako pożywkę i podstawę przemiany materii. Zasada oczyszczania jest taka sama, jak w przypadku naturalnego samooczyszczania się zbiorników wod-

nych [26]. Różnica polega na stworzeniu optymalnych warunków przebiegu procesu (obecność tlenu, pożywki, mieszanie mechaniczne, temperatura, pH itp.), które zwiększają jego szybkość i skuteczność. Metody biologiczne dzieli się na naturalne i sztuczne. Do naturalnych zalicza się metodę pól irygacyjnych i pól filtracyjnych [18], metod sztucznych jest znacznie więcej i nie wszystkie będą tu omówione.

Pola irygacyjne są to obszary użytkowane rolniczo, odpowiednio usytuowane i przygotowane. Teren, na którym odbywa się irygacja, powinien być zdrenowany, aby istniała możliwość odprowadzania oczyszczonych ścieków do rowów i kanałów zbiorczych. Wody gruntowe muszą znajdować się poniżej poziomu drenażu. Gleby powinny być lekkie, przewiewne, aby umożliwić łatwą penetrację ścieków w głąb. Działanie pól polega na powstawaniu błony biologicznej na powierzchni gleby. W jej skład wchodzi drobnoustroje przetwarzające zanieczyszczenia na proste związki mineralne i dwutlenek węgla. Minerale wzbogacają glebę, co prowadzi do jej użyznienia i dobrego wzrostu roślin uprawnych. Nie bez znaczenia jest utrzymanie odpowiedniej wilgotności gleby.

Pola filtracyjne są przystosowane wyłącznie do oczyszczania ścieków. Nie są wykorzystywane rolniczo, przez co intensywność użytkowania jako oczyszczalni może być wielokrotnie większa (do 15 razy). Warunki glebowe powinny być podobne jak w przypadku pól irygacyjnych, z tym, że możliwe są do wykorzystania piaszczyste nieużytki. Oba sposoby charakteryzują się wysokim stopniem oczyszczania dochodzącym do 95% zmniejszenia parametru BZT₅. Ich wadą jest duże zapotrzebowanie na teren.

Oczyszczanie na sztucznym złożu torfowym [19] przeprowadza się w oczyszczalni składającej się z ociekowego złoża torfowego umieszczonego w odpowiedniej obudowie. Złoże to umieszczone jest w perforowanych pojemnikach, na których dnie znajduje się warstwa żwiru. Kształt pojemników pozwala na zestawianie złoża o dowolnych wymiarach, w zależności od kształtu użytej obudowy. Pojemniki powinny być ustawiane w sposób uniemożliwiający powstawanie swobodnego przepływu ścieków przez szczeliny. Minimalna grubość złoża powinna wynosić ok. 1 m. Wstępnie oszyszczone ścieki tłoczone są pompą na górną powierzchnię złoża. Przesączając się przez nie ulegają oczyszczeniu. Oczyszczone zbierane są w dolnej części obudowy, skąd odpływają do odbiornika. Odbiornikiem ścieków może być rów melioracyjny lub drenaż. Stopień oczyszczenia jest tak wysoki, że umożliwia zrzut bezpośrednio do zbiorników powierzchniowych bez niebezpieczeństwa skażenia środowiska. Złoże torfowe ma dużą bezwładność technologiczną, nie traci sprawności pomimo czasowego zaniku dopływu ścieków. Redukcja BZT₅ po przejściu przez biologiczne złoże torfowe dochodzi latem do 96%, a zimą do ok. 70%. Ponadto złoże zmniejsza zawartość fosforanów i azota-

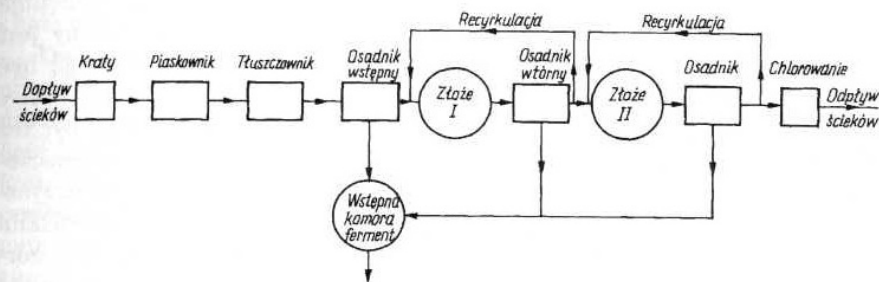
nów w ściekach. Aktywność złoża można zwiększyć przez natlenianie. Służą do tego przewody wtłaczające powietrze w przeciwnym kierunku do ociekających ścieków.

Oczyszczalnia gruntowo-korzeniowa [20] jest innym sposobem biologicznego oczyszczania ścieków. Ścieki po wstępnym oczyszczeniu rozsączane są drenażem w oczyszczalni gruntowo-korzeniowej. Jest to sztucznie wykonane gruntowe złożo przepuszczalne, umieszczone w wykopie uszczelnionym grubą folią polietylenową. Dno wykopu ma spadek ok. 2 proc., co zapewnia grawitacyjne przesiąkanie ścieków w kierunku drenu odpływowego. W odległości 2 m od linii drenów nasadzone są w złożo krzewy wierzby *Salix Viminalis*. Jest to tzw. wierzba wiciowa, witwa [7]. Osiąga wysokość do 5 m. Jej gałązki są ostro wzniesione, owłosione, liście lancetowate. W Polsce rośnie w dolinach rzecznych. Jej uprawne odmiany (tzw. wierzby konopianki) stosowane są w wikliniarstwie. Rośliny czerpiąc składniki pokarmowe systemem korzeniowym oczyszczają ścieki z zawartych w nich zmineralizowanych substancjach zawierających fosfor i azot. Produkując biomasa poprawiają również skład powietrza redukując zawartość CO₂. Oczyszczone ścieki są zbierane drenem odpływowym i mogą być zrzucane do cieków wodnych, rozdrenowane do gruntu lub użyte do nawodnienia upraw. Istnieje również możliwość wykorzystania trzciny pospolitej jako rośliny oczyszczającej ścieki. Zastosowanie oczyszczalni korzeniowo-gruntowej powoduje redukcję parametru BZT₅ rzędu 98–99%, redukcję zawiesin i zanieczyszczeń biologicznych. Oczyszczalnie są proste w eksploatacji i nie wymagają wykwalifikowanego personelu [21].

Niezwykłe możliwości wierzby *Salix Viminalis* są wykorzystywane, np. w Danii, do tworzenia plantacji drewna opałowego [20], tzw. lasu energetycznego. Pola wierzbowe zasilane ściekami, również osadami ze zbiorników gnilnych, wykazują ogromny przyrost biomasy równy energetycznie 10 t węgla z hektara. Pozostałości po spalaniu tak powstałego drewna stanowią zaledwie ok. 1 procent masy. Gazy spalinowe zawierają ok. 0,05 proc. dwutlenku siarki. Dwutlenek węgla jest asymilowany przez rośliny, energia uzyskana ze spalania drewna używana do ogrzewania i produkcji prądu.

Duże zapotrzebowanie na teren pod pola irygacyjne, co jest istotną wadą tej metody, spowodowało budowę **sztucznych złóż**, na których prowadzi się procesy oczyszczania ścieków [16]. Sztuczne złożo biologiczne składa się z rusztu, na którym jest ułożona warstwa kruszywa, koksu, żużla, tufów wulkanicznych, kamienia, gruzu ceglanego itp. Od dołu, przez ruszt złożo jest napowietrzane sprężonym powietrzem, od góry zaś zraszane ściekami. Zraszanie dokonuje się za pomocą systemu przelewów, młynków Segnera itp. Istotne jest równomierne rozrzucenie cieczy na całą powierzchnię złoża. Procesy na niej są podobne do procesów na powierzchni gleby pól irygacyj-

nych. Tworzy się błona biologiczna, w skład której wchodzi mikroorganizmy roślinne i zwierzęce. Ich działanie polega na utlenieniu i mineralizacji substancji zawartych w ściekach. Złożo po zbudowaniu nie jest aktywne. Jego dojrzewanie trwa kilka tygodni. Złoża zraszane mają grubość 1,5–3 m. Swoją aktywność utrzymują do temperatury 6°C. Poniżej aktywność złoża zanika. Ich praca charakteryzuje się wysokim stopniem oczyszczania: BZT₅ zmniejsza się o 95%, ilość zawiesin o 92%, bakterii chorobotwórczych o 95%. Wysoka skuteczność oczyszczania jest okupiona stosunkowo niewysoką wydajnością.

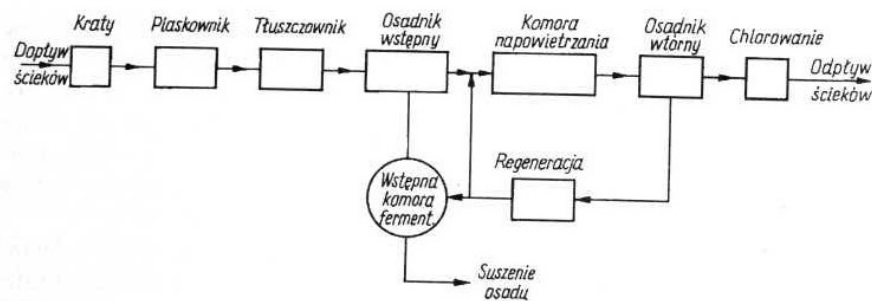


Rys. 5.14. Schemat blokowy oczyszczalni ścieków z podwójnym złożem zraszanym i recyrkulacją

Złoża splekiwane (wysokoobciążone) mają podobną budowę. Grubość warstwy wypełnienia wynosi 2–4 m. Ze względu na większe objętościowe obciążenie złoża mineralizacja zanieczyszczeń nie zachodzi na nich całkowicie. Powstają na nich duże ilości kłaczkowatej błony biologicznej, która jest częściowo unoszona przez odpływające ścieki. Nadają się do oczyszczania ścieków o niewielkim stężeniu. W przypadku ścieków stężonych należy stosować recyrkulację. Stopień oczyszczania wynosi ok. 65% BZT₅.

Metoda osadu czynnego polega na wytworzeniu w objętości ścieków kłaczek o bardzo silnie rozwiniętej powierzchni. Kłaczki zawierają liczne mikroorganizmy, takie jak bakterie i pierwotniaki. Zanieczyszczenia organiczne są absorbowane na powierzchni kłaczek i mineralizowane na skutek procesów metabolizmu zachodzących w mikroorganizmach. Aby zapewnić prawidłowy przebieg procesu, kłaczki powinny być równomiernie unoszone w masie ścieków przepływającej przez komorę napowietrzania [22]. Biologiczny proces oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego wymaga doprowadzenia tlenu jako substratu bioutleniania zanieczyszczeń organicznych. Natlenianie ma zatem duże znaczenie w tym procesie. Może on być również stosowany do usuwania ze ścieków amoniaku, siarkowodoru i innych

gazów w nich rozpuszczonych. Powstanie osadu czynnego w komorze napowietrzania wymaga pewnego czasu. Aby czas ten skrócić, można stosować szczepienie osadu przez dodanie pewnej jego ilości ze ścieków wcześniej oczyszczonych. Stałe utrzymanie kłaczków w stanie zawieszonym wymaga intensywnego mieszania zawartości reaktora. Stosuje się różne metody: od mieszania mechanicznego po dysze napowietrzające, które łączą w działaniu funkcję mieszadeł i areatorów. Proces mieszania i napowietrzania jest energochłonny. Nowoczesne konstrukcje mieszadeł i areatorów poprzez odpowiednie dobranie kształtów łopat i dysz zapewniają skuteczność operacji przy stosunkowo niskim zużyciu energii elektrycznej [22]. Po zakończeniu napowietrzania ścieki kierowane są do osadnika wtórnego, gdzie następuje oddzielenie osadu czynnego od cieczy. Nadmiarowy osad poddawany jest odwodnieniu i suszeniu, ciecz zrzucana do odbiorników, jakimi mogą być np. stawy rybne, a następnie odprowadzana do ścieków naturalnych. Stawy rybne stanowią element kontroli jakości odprowadzanej wody. Mogą być też traktowane jako zbiorniki buforowe w przypadku awarii urządzeń oczyszczających. Woda w stawach ulega dalszemu samooczyszczeniu. Zaletą oczyszczania za pomocą osadu czynnego jest duża skuteczność przy niewielkim zapotrzebowniu na teren (BZT₅ i zawiesiny o 95%, bakterii chorobotwórczych o 98%). Wadą – wrażliwość mikroorganizmów na związki toksyczne i inne czynniki wpływające na ich rozwój.



Rys. 5.15. Schemat blokowy oczyszczalni ścieków pracującej metodą osadu czynnego

Rowy cyrkulacyjne służą do oczyszczania ścieków z przemysłu spożywczego, jak również ścieków z gazowni i koksowni. Zasada ich działania polega na krążeniu ścieków w zbiorniku w kształcie rowu o obwodzie zamkniętym. Ścieki są wprawiane w ruch za pomocą tzw. szczotek Kessnera [22] lub walców klatkowych. Oba te urządzenia natleniają jednocześnie ścieki. Rowy nie zawierają osadników. Stopień oczyszczenia zależy od temperatury, a więc

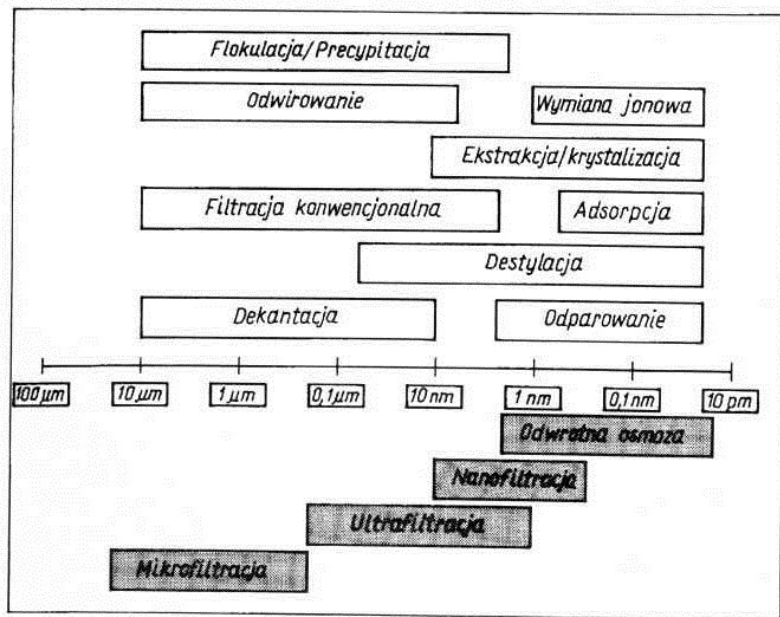
również od pory roku. Latem uzyskać można stopień oczyszczenia równy urządzeniom z osadem czynnym.

Recykulacja wody w przemyśle. Każde, nawet najlepiej oczyszczone ścieki zawierają pewną niewielką ilość zanieczyszczeń, która uniemożliwia zastosowanie ich jako wody technologicznej [16]. Te nierozkładalne i nieusuwalne w wyżej opisanych procesach składniki trzeba usuwać w specjalnie dostosowanych, selektywnie działających urządzeniach, co niestety, niesie za sobą wzrost kosztów. Wykorzystuje się tu metody fizyczne i fizykochemiczne, takie jak specjalna filtracja, ozonowanie, sorpcja na węglu aktywowanym, odwrócona osmoza, denitryfikacja przez intensywne napowietrzanie i koagulacja.

Dezynfekcja ścieków. Ścieki z garbarni, mleczarni, rzeźni itp. zakładów przemysłowych, a także szpitali zakaźnych, zakładów medycyny sądowej, sanatoriów przeciwgruźliczych, zakładów utylizacyjnych itp. zawierają dużą ilość bakterii i wirusów chorobotwórczych, pasożytów i ich jaj oraz innych form przetrwalnikowych. Aby zapobiec skażeniu epidemiologicznemu wód powierzchniowych, ścieki takie powinny być odkażane. Najczęściej używanym środkiem odkażającym jest chlor oraz jego związki. Używa się chloru gazowego oraz podchlorynów sodowego i wapniowego. Aby zapewnić skuteczne działanie środków dezynfekujących, proces należy prowadzić w środowisku obojętnym lub kwaśnym, w niewysokiej temperaturze i w miarę długim czasie kontaktu ścieków ze środkami dezynfekującymi [16]. Dawki chloru zabijające bakterie mogą być nieszkodliwe dla np. jaj pasożytów. Osady ściekowe można unieszkodliwiać na drodze termicznej i biotermicznej.

Przeróbka osadów. Prawie we wszystkich procesach opisanych powyżej jednym z produktów są osady ściekowe. Ich przeróbka może być źródłem pozyskania tzw. biogazu, w którego skład wchodzi metan, dwutlenek węgla, śladowo wodór i siarkowodór. Gaz uzyskuje się najczęściej w procesie fermentacji anareobowej. Fermentacja areobowa prowadzi do tzw. stabilizacji osadów, zachodzi w podwyższonej (50–55°C) temperaturze i niszczy zawarte w osadzie bakterie chorobotwórcze. Stabilizowane osady niezawierające substancji toksycznych i metali ciężkich mogą być wykorzystane jako nawóz. Poprawiają one strukturę gleb ze względu na zawartość substancji humusotwórczych [16].

Procesy membranowe mogą zastępować z wysoką skutecznością szeregi konwencjonalnych sposobów oczyszczania ścieków. Na rys. 5.16 przedstawiono te możliwości. Za pomocą ciśnieniowych procesów mikrofiltracji można usuwać ze ścieków przemysłowych, rolniczych i komunalnych metale ciężkie, wodorotlenki metali, emulsje wodno-olejowe, zawiesiny celulozy itd. Ultrafiltracja pozwala na oddzielenie emulsji wodno-olejowych, odzyskiwa-



Rys. 5.16. Schemat możliwości zastąpienia tradycyjnych metod rozdzielania substancji przez ciśnieniowe procesy membranowe

nie lateksu, barwników i składników kąpieli elektrolitycznych. Nanofiltracja i odwrócona osmoza może nawet służyć do produkcji ze ścieków wody pitnej i technologicznej, wody zdejonizowanej i odzysku metali ciężkich [22, 24].