



DAMIAN BĘBEN

Politechnika Opolska
d.beben@wp.pl

Zanieczyszczenia wód i gruntów wywołane eksploatacją tras drogowych

Ochrona zasobów wodno-gruntowych na odpowiednim poziomie jest zadaniem trudnym. Znacznym zagrożeniem zanieczyszczenia wód są lekkie substancje ropopochodne. Wprowadzenie tych substancji do obiegu wodnego prowadzi do zmniejszenia zawartości tlenu w wodzie i utrudnia naturalne samooczyszczenie. Celem zapewnienia dobrej jakości wody jest podczyszczenie ścieków przy pomocy instalacji podczyszczających wody zrzutowe.

W procesie projektowym tras drogowych analizuje się wpływ tych inwestycji na wody powierzchniowe, podziemne i grunty. Ochrona wód polega przede wszystkim na unikaniu, eliminacji i ograniczaniu zanieczyszczenia wód, w szczególności zanieczyszczenia substancjami najbardziej szkodliwymi dla środowiska wodnego, zapobieganiu niekorzystnym zmianom naturalnych przepływów wody albo naturalnych poziomów zwierciadła wody [12], [20].

Do głównych źródeł zanieczyszczeń przy budowie i użytkowaniu dróg zaliczamy:

- spływy deszczowe i roztopowe z nawierzchni dróg i uszczelnionych powierzchni związanych z trasą,
- zrzuty niebezpiecznych substancji wskutek wypadków drogowych,
- ścieki technologiczne z baz budowy dróg, miejsc obsługi podróżnych, obwodów utrzymania dróg, itp.

Spływy opadowe i zrzuty awaryjne mają charakter losowy, przy czym katastrofy drogowe z substancjami niebezpiecznymi zdarzają się ostatnio coraz częściej. Spływ opadowy z drogi może mieć charakter silnie zanieczyszczonych ścieków tzw. opadowych, w szczególności po dłuższym okresie pogody suchej, wskutek dużej akumulacji zanieczyszczeń na powierzchni i w śniegu gromadzonym na poboczach. Natomiast ścieki technologiczne są stałymi źródłami zanieczyszczenia, przy czym z baz budowy dróg występować będą tylko okresowo. Ścieki z pozostałych obiektów charakteryzować może duża nierównomierność ilościowa i jakościowa zależna od funkcji obiektu, pory roku, jak i doby.

Zagrożenia wód powierzchniowych wynikające z ruchu drogowego można pod względem okresu i częstości ich występowania podzielić na działania ciągłe, przejściowe i nadzwyczajne. Zagrożenia ciągłe powodowane są przez spaliny, opilki z mechanizmów hamulcowych pojazdów, poprzez ścieki gumowe (z opon) oraz wycieki. Sól rozpuszczająca stanowi jedynie zagrożenie przejściowe. Z kolei jako zagrożenie nadzwyczajne rozumiana jest emisja związków skażających wody i grunty podczas wypadków samochodowych. Powyższe zagrożenia są uzależnione pośrednio lub bezpośrednio od średniego dziennego natężenia ruchu pojazdów.

Głównymi zanieczyszczeniami ścieków opadowych spływających z dróg są: zawiesiny ogólne, substancje ropo-

pochodne, metale ciężkie, chlorki, związki biogenne, związki organiczne i nieorganiczne. Wody deszczowe i zrzutowe zanieczyszczone substancjami ropopochodnymi nie mogą być, bez należyście przeprowadzonego oczyszczenia wstępnego, odprowadzone do odbiornika.

W normalnych warunkach eksploatacji dróg projektowanie odwodnienia i podczyszczania spływów sprowadza się do rozwiązań standardowych, dobrze znanych projektantom. Natomiast w przypadku trasy, która przecina obszary o szczególnym znaczeniu dla środowiska gruntowo-wodnego (tereny ochronne ujęć wód podziemnych, zlewni chronionych) należy zapewnić specjalną ochronę tego środowiska, jako elementu determinującego prawidłowe funkcjonowanie ekosystemów przyrodniczych. Środowisko biotyczne jest bowiem nierozdzielnie powiązane ze środowiskiem abiotycznym, na które składają się przede wszystkim warunki gruntowo-wodne (geośrodowiskowe) [5], [12], [13], [15].

Ochrona prawna środowiska gruntowo-wodnego

Zgodnie z ustawą z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (Dz.U. 2001, nr 115, poz. 1229, ze zmianami art. 9 [16]) pod pojęciem ścieków rozumie się wody opadowe lub roztopowe, ujęte w otwarte lub zamknięte systemy kanalizacyjne, pochodzące z powierzchni zanieczyszczonych o trwałej nawierzchni, w szczególności z miast, portów, lotnisk, terenów przemysłowych, handlowych, usługowych i składowych, baz transportowych oraz dróg i parkingów. Na podstawie powyższej ustawy nie można wprowadzać ścieków:

- bezpośrednio do wód podziemnych,
- do wód powierzchniowych oraz do gruntu, jeżeli byłoby to sprzeczne z warunkami wynikającymi z istniejących form ochrony przyrody, utworzonych stref ochrony zwierząt łownych albo ostoi na podstawie ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz.U. 2004, nr 92, poz. 880, ze zmianami [17]), a także stref ochronnych oraz obszarów ochronnych ujęć wód, ustanowionych na podstawie art. 58 i 60 Prawa wodnego,
- do wód powierzchniowych w obrębie kąpielisk, plaż publicznych nad wodami, w odległości mniejszej niż 1 km od ich granic oraz do ziemi w odległości mniejszej niż 1 km od granic kąpielisk i plaż publicznych nad wodami,
- do wód stojących,
- do jezior oraz ich dopływów, jeżeli czas dopływu ścieków do jeziora byłby krótszy niż 24 h,
- do ziemi, zawierających substancje szczególnie szkodliwe dla środowiska wodnego, określone w przepisach wydanych na podstawie art. 45 ust. 1 pkt 1, jeżeli byłoby to nie-

zgodne z warunkami określonymi w przepisach wydanych na podstawie art. 45 ust. 1 pkt 3,

- do ziemi, w pasie technicznym, o którym mowa w art. 23 Prawa wodnego [16].

Natomiast zgodnie z art. 19 ust. 1. rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. 2006, nr 137, poz. 984 [14]), wody opadowe i roztopowe ujęte w szczelne, otwarte lub zamknięte systemy kanalizacyjne pochodzące:

- 1) z zanieczyszczonej powierzchni szczelnej terenów przemysłowych, składowych, baz transportowych, portów, lotnisk, miast, budowli kolejowych, dróg zaliczanych do kategorii dróg krajowych, wojewódzkich i powiatowych klasy G, a także parkingów o powierzchni powyżej 0,1 ha, w ilości jaka powstaje z opadów o natężeniu co najmniej 15 l/s/ha,
- 2) z zanieczyszczonej powierzchni szczelnej obiektów magazynowania i dystrybucji paliw, w ilości, jaka powstaje z opadów o częstotliwości występowania jeden raz w roku i czasie trwania 15 minut, lecz w ilości nie mniejszej niż powstająca z opadów o natężeniu 77 l/s/ha,

wprowadzane do wód lub gruntu nie powinny zawierać substancji zanieczyszczających w ilościach przekraczających 100 mg/l zawiesin ogólnych oraz 15 mg/l węglowodorów ropopochodnych.

Odptyw wód opadowych i roztopowych w ilościach przekraczających wartości, o których mowa powyżej może być wprowadzany do odbiornika bez oczyszczania, a urządzenie oczyszczające powinno być zabezpieczone przed dopływem ścieków o natężeniu większym niż jego przepustowość nominalna.

Dopuszcza się wprowadzanie wód opadowych z istniejących przelewów kanalizacji deszczowej do jezior i ich dopływów oraz do innych zbiorników wodnych o ciągłym dopływie lub odpływie wód powierzchniowych, a także do wód znajdujących się w sztucznych zbiornikach wodnych usytuowanych na wodach płynących, jeżeli średnia roczna liczba zrzutów z poszczególnych przelewów nie jest większa niż 5 [14].

Natomiast art. 20 ust. 1 ustawy [14] określa, że ścieki z przelewów burzowych komunalnej kanalizacji ogólnospławnej mogą być wprowadzane do śródlądowych wód powierzchniowych płynących oraz wód przybrzeżnych, jeżeli średnia roczna liczba zrzutów z poszczególnych przelewów nie jest większa niż 10.

Wymagania ekologiczne dotyczące spływów z dróg

W normie PN-S-02204 [10] podano ogólne wymagania dotyczące spływów deszczowych z dróg, które przedstawiają się następująco:

- Jeśli stężenia zanieczyszczeń zawarte w spływach deszczowych z dróg nie przekraczają wielkości dopuszczalnych, to spływy te mogą być odprowadzane bezpośrednio do odbiorników zewnętrznych.
- Jeśli stężenia zanieczyszczeń zawarte w spływach deszczowych z dróg przekraczają wielkości dopuszczalne, to

przed wprowadzeniem tych ścieków do odbiorników zewnętrznych, należy oczyścić je w urządzeniach oczyszczających. Nie dotyczy to przypadków wprowadzenia tych ścieków do kanalizacji miejskiej.

- Oczyszczanie spływów deszczowych z dróg zapewniają następujące urządzenia oczyszczające: rowy trawiaste i infiltracyjne, warstwy chłonne i filtracyjne, studnie chłonne, zbiorniki odparowujące, retencyjne, oczyszczalnie ścieków deszczowych (osadniki komorowe) oraz oczyszczalnie mechaniczne lub mechaniczno-chemiczne (komunalne).
- Działanie urządzeń oczyszczających powinno być tak dobrane, aby wody z nich wyptywające zawierały ładunki zanieczyszczeń w stężeniach niższych od dopuszczalnych, co należy sprawdzić obliczeniowo.
- Usunięte z wpustów deszczowych, kanałów oraz zbiorników infiltracyjnych osady powinny być składowane na wysypiskach śmieci.
- Spływy deszczowe z dróg po wprowadzeniu do wód powierzchniowych (odbiorników) nie powinny powodować formowania się osadów i piany, zmian naturalnej mętności, barwy i zapachu, zmian naturalnej biocenozy charakterystycznej dla wód oraz nie powinny zawierać odpadków stałych i ciał pływających, węglowodorów chlorowanych oraz substancji promieniotwórczych w ilościach większych od ustalonych przepisami.
- Nie jest dozwolone odprowadzanie ścieków deszczowych z dróg bezpośrednio do odbiorników zewnętrznych lub wód podziemnych. Zaleca się zmniejszenie ilości ścieków deszczowych przed wprowadzeniem do odbiorników zewnętrznych przez stosowanie warstw chłonnych, studni chłonnych oraz zbiorników retencyjnych i infiltracyjnych, które powinny być zlokalizowane w pasie drogowym.
- Wymagane jest wykonywanie okresowych pomiarów stężeń zanieczyszczeń w spływach deszczowych z odcinków dróg, na których średnioroczne natężenie ruchu w obu kierunkach jest wyższe niż 50 tys. pojazdów rzeczywistych na dobę. Pomiarów te powinny stanowić podstawę do ewentualnego uzupełnienia systemu odwodnienia drogi o urządzenia oczyszczające.

W przypadku wartości dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń, norma [10] podaje, że:

- Spływy deszczowe z dróg nie mogą być wprowadzane do wód powierzchniowych, morskich i gruntowych, jeśli nie zostaną oczyszczone w stopniu zapewniającym usunięcie zawiesin ogólnych do 50 mg/dm³ oraz substancji ekstrahowanych eterem naftowym do wartości 50 mg/dm³, co należy sprawdzić obliczeniowo dla dróg projektowanych i modernizowanych lub przez wykonanie pomiarów stężeń na drogach istniejących.
- Oczyszczanie ścieków z dróg powinno obejmować co najmniej sedymentację i powinno zapewnić usunięcie co najmniej 50% wagowo frakcji drobnej zawiesiny, tj. ziaren o średnicy poniżej 50 μm.

W przypadku ochrony wód podziemnych należy przestrzegać następujących zasad:

- Na obszarach szczególnej ochrony wód podziemnych należy lokalizować zbiorników retencyjnych, odparowujących i infiltracyjnych, warstw i studni chłonnych oraz nasyków filtracyjnych.

- W celu uniknięcia przenikania ścieków deszczowych w głąb podłoża gruntowego należy stosować uszczelnienia w postaci geomembran, ekranów ilowych, itp.
- Dno i skarpy rowów szczelnych powinny być wyłożone podwójną folią z tworzywa sztucznego o grubości co najmniej 2×0,5 mm (tzw. geomembrana) przykrytą warstwą ochronną z gruntu nieprzepuszczalnego o grubości co najmniej 0,30 m.

Metody i urządzenia stosowane do podczyszczania wód

Odwodnienie powierzchniowe dróg wykonuje się za pomocą rowów, urządzeń ściekowych i kanalizacji deszczowej. Kanalizację deszczową wykonuje się wtedy, gdy nie ma innej możliwości odprowadzenia wody powierzchniowej, np. za pomocą urządzeń powierzchniowych oraz w takich przypadkach, kiedy muszą być zachowane wysokie standardy ochrony środowiska. Jako podstawowe urządzenia zabezpieczające środowisko przed zanieczyszczeniem spływami z dróg można stosować:

- zbiorniki retencyjno-infiltracyjne,
- zbiorniki infiltracyjne,
- rowy infiltracyjne,
- różnego rodzaju piaskowniki, osadniki, separatory substancji ropopochodnych,
- rowy i/lub powierzchnie trawiaste.

W systemach odwadniania dróg, w których wykorzystywane jest zjawisko infiltracji powierzchniowej, stosuje się: powierzchnie trawiaste, rowy trawiaste, niecki, muldy, zbiorniki infiltracyjne. Na powierzchniach porośniętych trawą uzyskuje się bardzo dobre efekty oczyszczania wód opadowych. Z badań prowadzonych m.in. przez Instytut Ochrony Środowiska [11] wynika, że w przypowierzchniowej warstwie gruntu obsianego trawą, o grubości około 0,30 m następuje redukcja zawiesin, metali ciężkich i substancji ropopochodnych, przy czym należy zaznaczyć, że efekt oczyszczania jest uzależniony od pory roku i intensywności spływu ścieków opadowych, jak również od przepuszczalności gruntu.

Urządzenia retencyjne służą do gromadzenia spływu opadowego i stopniowego jego odprowadzania do odbiornika. Jeżeli warunki gruntowo-wodne są do tego odpowiednie, można łączyć retencjonowanie z infiltracją spływów opadowych. Jako zbiorniki retencyjne stosowane są takie urządzenia, jak: stawy, zbiorniki retencyjno-filtracyjne. Zbiorniki odparowujące o szczelnym dnie i skarpach bez odpływu powinny być stosowane tylko wtedy, kiedy wszystkie inne metody odprowadzania spływów opadowych nie są korzystne, z uwagi na nie sprzyjające odparowywaniu warunki klimatyczne w Polsce.

Do oczyszczania ścieków, wód i gruntu znajdują zastosowanie coraz częściej metody biologiczne, takie jak oczyszczalnie gruntowo-roślinne i wodno-roślinne, wykorzystujące naturalne procesy oczyszczania ścieków, w których istotną rolę pełnią rośliny wyższe (makrofity). Oczyszczanie ścieków w tych oczyszczalniach jest procesem bardzo złożonym, bowiem zachodzą w nich zjawiska fizyczne, chemiczne i biochemiczne, w których współdziałają zarówno mikroorganizmy, jak i makrofity. W tabeli 1 przedstawiono porównanie efektywności wybranych metod oczyszczania ścieków opadowych pochodzących z tras drogowych [20].

Tabela 1. Porównanie efektywności metod oczyszczania ścieków pochodzących z tras drogowych [20]

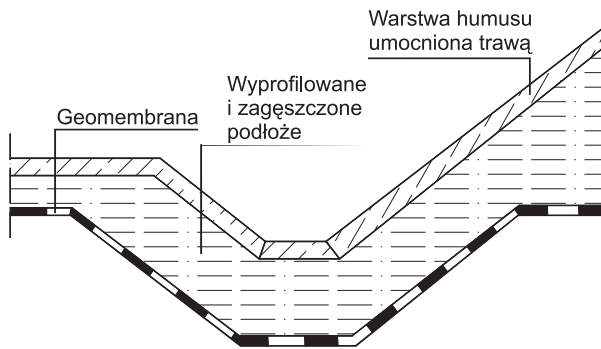
Urządzenie oczyszczające	Efekt oczyszczania w [%]	
	Zawiesiny ogólne	Substancje ropopochodne
Rowy trawiaste, powierzchnie trawiaste	40 – 90	20 – 90
Zbiorniki retencyjno-oczyszczające (szczelne)	80	80
Zbiorniki retencyjno-infiltracyjne, zbiorniki infiltracyjne	80	80
Piaskowniki, osadniki, studnie osadowe	60 – 80	60 – 80
Separatory substancji ropopochodnych grawitacyjne (klasa II)	–	> 95
Separatory substancji ropopochodnych grawitacyjne (klasa I)	–	18 – 96 średnio 58
Obecność mikroorganizmów	50 – 70	97
Rowy chłonne, studnie chłonne	80	80

Do oddzielania zawiesin oraz substancji olejowych (ropopochodnych) zawartych w ściekach spływających z powierzchni dróg i z obiektów im towarzyszących (np. stacje paliw, miejsca obsługi podróżnych) stosuje się najczęściej separatory substancji olejowych (substancji ropopochodnych) oraz separatory zawiesin (tzw. osadniki). Zastosowanie separatorów substancji olejowych powinno być uzasadnione szczególnymi wymaganiami ochrony środowiska. Najczęściej stosowane są one na stacjach benzynowych w rejonie tankowania paliw lub na terenach obiektów towarzyszących drogom oraz w przypadku konieczności ochrony bardzo wrażliwych rejonów środowiska gruntowo-wodnego, położonych wzdłuż tras drogowych. Osadniki i zbiorniki przeważnie wykonane są z żelbetu, stali i z HDPE. Pojemność tych zbiorników zazwyczaj nie przekracza 85 m³. Ścieki opadowe należy oczyszczać w ten sposób, aby zapewnić usunięcie co najmniej 50% masy zawiesiny o średnicy ≤ 50 μm (tzw. frakcja drobna), stanowiącej wg PN-S-02204 [10] około 68% całkowitej ilości zawiesiny. Przy czym obciążenie hydrauliczne osadników nie powinno przekraczać 10 [(m³/h)/m²] [3].

Separatory coraz częściej stosowane są także przy węzłach drogowych, wiaduktach i mostach, jeśli odbiornik wymaga szczególnej ochrony. Osadniki ścieków opadowych powinny zapewnić przede wszystkim wymaganą redukcję zawiesiny. Do najczęściej stosowanych zaliczamy otwarte osadniki prostokątne, czyli tzw. piaskowniki. Funkcję osadników mogą również pełnić zbiorniki retencyjne.

Oszacowana redukcja zawiesin, w oparciu o Polską Normę PN-S-02204 z grudnia 1997 r. [10] dotyczącą odwodnienia dróg, powinna osiągnąć poziom 60%. Średnią redukcję w okresie całorocznym na poziomie 50% można uzyskać, stosując rowy i powierzchnie trawiaste (rys. 1 i fot. 1), z przegrodami poprzecznymi, natomiast stosując typowe rowy infiltracyjne uzyskuje się poziom ponad 80% [11].

Przyjmuje się generalnie zasadę podczyszczania spływów w rowach trawiastych współpracujących ze specjalnymi zbiornikami retencyjno-podczyszczającymi o różnym charakterze (szczelne, infiltracyjne, itp.), w zależności od litologii podłoża i głębokości od zwierciadła wody. Takie rozwiązanie jest konieczne do zastosowania w przypadku odcinków ro-



Rys. 1. Schemat umocnienia rowu trawiastego



Fot. 1. Przykład zastosowania powierzchni trawiastej przy drodze

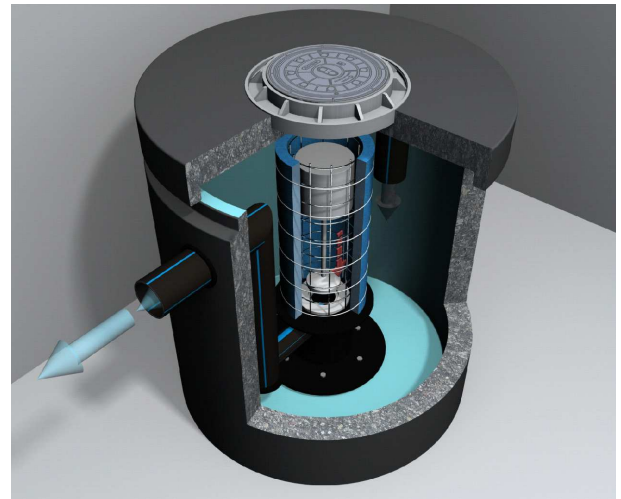
wów drogowych, w których dnach występują grunty gliniaste. Przy małej zlewni i braku obszarów (obiektów) wymagających szczególnej ochrony, można zastosować rowy z przegrodami poprzecznymi. Można także wytypować odcinki wymagające budowy szczelnego systemu kanalizacji z uwagi na warunki georodowiskwe terenu, zwłaszcza tam, gdzie wody gruntowe występują stosunkowo płytko. W przypadku odcinków o korzystnych warunkach gruntowo-wodnych i występowania miększych gruntów piaszczystych pod powierzchnią terenu, przy jednoczesnym braku powierzchniowego odbiornika zewnętrznego należy przyjąć, że strefa aeracji o grubości 5 m jest wystarczająca do samooczyszczenia spływów (ścieków opadowych), i mogą być one odprowadzone bezpośrednio do gruntu poprzez poszerzone rowy przydrogowe o charakterze zbiorników infiltracyjno-osadowych wydłużonych w jednym kierunku. Ich poszerzenie wynika z konieczności przejścia i zatrzymania spływów w okresie tzw. deszczów nawalnych. Jednak w przypadku zalegania wód gruntowych na głębokości 0,5–5,0 m (licząc od dna rowów), należy dno rowów i skarpy zabezpieczyć np. geowłókniną z warstwą filtracyjną (np. z piasku średnioziarnistego) o grubości 0,20–0,30 m. Odcinki do zabezpieczeń geowłókniną należy wytypować uwzględniając wyniki badań geotechnicznych z uwzględnieniem projektowanej niwelety drogi [5].

Najczęściej spływ ścieków opadowych z korpusu drogi oraz terenu przyległego przewiduje się powierzchniowo do przydrogowych muld bądź rowów trawiastych (lokalnie

z przegrodami), w których następować będzie wstępne podczyszczenie ścieków. Dalej spływy przed trafieniem do istniejących odbiorników zewnętrznych można oczyścić stosując następujące rozwiązania:

- 1) ekologiczne zbiorniki podczyszczające różnego typu (w zależności od warunków gruntowo-wodnych); przed wylotem do odbiorników należy przewidzieć typowe separatory koalescencyjne substancji ropopochodnych (fot. 2) lub z wkładem lamelowym (fot. 3),
- 2) oddzielacze zawieszin, olejów i bryz (grawitacyjne),
- 3) urządzenia cyrkulacyjno-koalescencyjne.

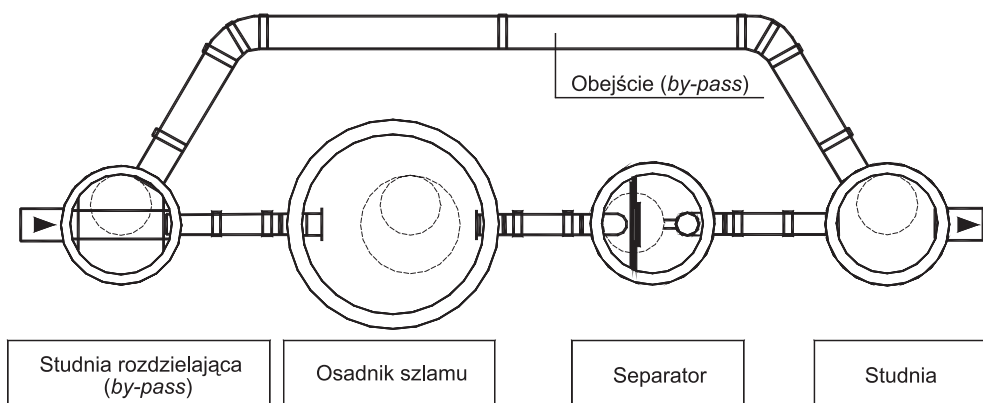
Rozwiązanie (1) stosuje się w celu dodatkowej ochrony odbiorników (w nadzwyczajnych sytuacjach awaryjnych) na odcinkach wymagających specjalnej ochrony środowiska przyrodniczego, nawet w przypadku, kiedy stężenia substancji ropopochodnych w ściekach opadowych z drogi nie przekraczają stężenia dopuszczalnych. W celu zabezpieczenia przed ewentualną awarią przeważnie przewiduje się zamontowanie separatorów związków ropopochodnych, np. z samoczynnymi zamknięciami odpływu i *by-passami* (zewnętrznymi lub wewnętrznymi) na odpływach retencyjnych do odbiorników.



Fot. 2. Typowy żelbetowy separator koalescencyjny substancji ropopochodnych



Fot. 3. Stalowy separator koalescencyjny substancji ropopochodnych z wkładem lamelowym



Rys. 2. Przykład obejścia (by-pass) firmy Buderus-Separatory Polska [18]

Zamknięcie odpływu uruchamiane jest wtedy, kiedy krytyczna grubość warstwy związków ropopochodnych w urządzeniu zostanie przekroczona. Separatory instaluje się także na odpływach wód opadowych z nawierzchni utwardzonej z obiektów przyautostradowych (miejsca obsługi podróżnych, obwoły utrzymania autobusów). Polska Norma PN-S-02204 [10] traktuje studzienkę rozdzielającą *by-pass* (rys. 2) jako element technologiczny i dopuszcza jej stosowanie w oczyszczalni ścieków deszczowych systemów przelewowych. Z kolei norma PN-EN 858:2 [6] wskazuje, że obejścia hydrauliczne można stosować tylko w miejscach, gdzie nie ma możliwości znacznego zanieczyszczenia węglowodorami podczas silnego opadu deszczu. Ponadto, należy zwrócić uwagę, aby dodatkowo nie obciążać lub powodować przeciążenia kanału wlotowego separatora, w sytuacji gdy poddawany jest działaniu maksymalnego przepływu obliczeniowego. Oznacza to w praktyce, że tylko pierwsza fala zanieczyszczeń (około 15–20% natężenia miarodajnego z danej zlewni), np. podczas deszczu nawalnego, powinna być oczyszczona w oczyszczalni ścieków deszczowych, np. separatorze. Natomiast pozostała część ścieków (wód opadowych) po podpiętrzeniu kierowana jest bezpośrednio do odbiornika.

Z kolei rozwiązanie (2) stosuje się na pozostałych terenach, nie objętych żadną formą ochrony.

Rozwiązanie (3) stosuje się do dużych przepływów (1600 l/s) w wyniku szczegółowych analiz następujących parametrów: charakterystyki zlewni i ścieków, które dopływają do urządzenia; czasu przetrzymania wody w zbiorniku; wydłużenia przepływu; prędkości cząsteczek; turbulencji, która może wystąpić w urządzeniu; szybkości osiągnięcia efektu koalescencji i warunków eksploatacji. Do najważniejszych charakterystycznych cech tego typu rozwiązania można zaliczyć:

- Koalescencja bez użycia filtrów i lameli, co powoduje uzyskanie wysokiej skuteczności dzięki ruchowi wirowemu w hydrocyklonie.
- Wkład koalescencyjny nie podlega wymianie jest trwałym elementem, co pozwala na duże oszczędności przy eksploatacji i daje gwarancję skutecznej pracy urządzenia. Duże przepływy kierowane są przez trwałą konstrukcję, która działa skutecznie przy każdym natężeniu przepływu.
- Zastosowanie ruchu wirowego, który wydłuża czas przetrzymania substancji w zbiorniku, co pozwala osiągnąć skuteczne działanie również na małych zbiornikach.

- Dodatkowy zbiornik na olej powoduje większe możliwości magazynowania oleju, łatwiejszą eksploatację i możliwość zmagazynowania każdej ilości oleju w zbiorniku olejowym.
- Zbiorniki żelbetowe zapewniają trwałą konstrukcję i pozwalają na posadowienie w wysokich wodach gruntowych, nie wymagają dodatkowego zabezpieczenia katodowego i zastosowania specjalnej płyty obciążającej, nie mają także obiegów zewnętrznych, co znacznie ułatwia montaż.

Natomiast do głównych zadań zbiorników podczyszczających możemy zaliczyć:

- retencję ścieków opadowych w czasie występowania deszczów nawalnych,
- zmniejszenie stężenia zawiesin ogólnych w ściekach deszczowych,
- zabezpieczenie środowiska przyrodniczego w sytuacjach awaryjnych. Ilość zabezpieczeń awaryjnych zależy od wymagań specjalnej ochrony środowiska przyrodniczego na danym terenie.



Fot. 4. Przykład zbiornika retencyjno-infiltracyjnego [2]

Kształt zbiorników podczyszczających należy tak projektować, aby ich położenie nie powodowało zakłóceń w ruchu, np. w liniach rozgraniczających autostrady, czy też w pasie drogowym. Częstą praktyką jest również obsiewanie skarp trawą, a wokół zbiorników sadi się krzewy i drzewa (zgodnie z typem siedliska i wymaganiami biocenotycznymi obszarów objętych ochroną przyrodniczą). Naturalna sukcesja roślinna powinna doprowadzić do uformowania się pasa szuwarów na obrzeżach zbiornika, a w następnym stadium spowoduje to uformowanie się półnaturalnych oczek wodnych (fot. 4).

Natomiast w przypadku kanalizacji deszczowej należy ją projektować w miejscach, gdzie konieczna jest kontrolowana organizacja odpływu ścieków z drogi, a mianowicie:

- na odcinkach chronionych przyrodniczo dolin rzecznych,
- na terenie obiektów przyautostradowych,
- do zabezpieczenia odbiorników zewnętrznych przed dopływem ścieków nieoczyszczonych (przy obiektach mostowych),
- na dopływach do zbiorników ekologicznych oraz odpływach retencyjnych do odbiorników,
- w przypadku bardzo wysokiego poziomu wód gruntowych (wtedy rowy przydrogowe pracować będą wyłącznie jako czyste, a więc prowadzące tylko niezanieczyszczone wody opadowe).

Obszary specjalnej ochrony

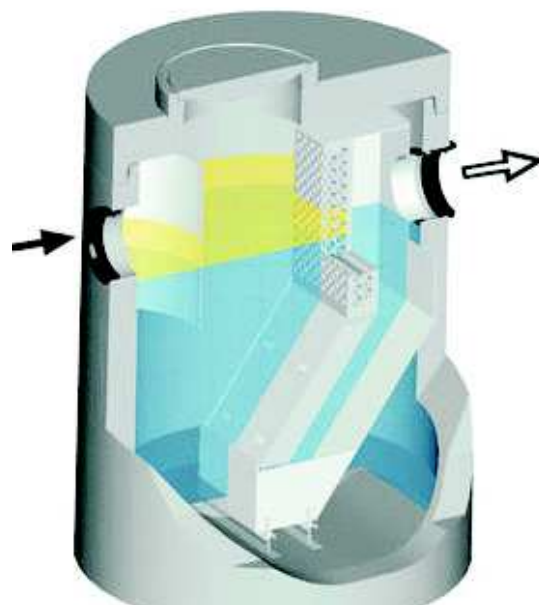
Obszary objęte szczególną ochroną przyrodniczą wymagają zastosowania rozwiązań specjalnych. Ich odrębność polega na konieczności ochrony środowiska gruntowo-wodnego również w sytuacjach awaryjnych, tj. w przypadkach nadzwyczajnego zagrożenia środowiska. Głównym celem tych rozwiązań jest opóźnienie reakcji środowiska gruntowo-wodnego na zanieczyszczenie, pozostaje wtedy czas na podjęcie odpowiednich działań ratowniczych przez wyspecjalizowane służby. W przypadku wysokiej wrażliwości środowiska biotycznego nie jest dopuszczalne takie opóźnienie, dlatego wymaga się zastosowania nadzwyczajnych technicznych środków ochronnych, które powinny całkowicie wyeliminować zagrożenie zanieczyszczenia geosrodowiska.

Eliminacja tych zagrożeń jest możliwa poprzez zatrzymanie zanieczyszczeń awaryjnych na ograniczonej przestrzeni na czas, który pozwoli na ich zneutralizowanie. Takie zatrzymanie zanieczyszczeń na małej przestrzeni i w krótkim czasie jest możliwe, np. w zbiornikach retencyjno-podczyszczających, jak również w separatorach, poprzez zaprojektowanie specjalnych zamknięć (*by-passów*) na wypadek awarii.

Zaleca się również wykonanie specjalnych działań ochronnych istniejących ujęć wód podziemnych. Dlatego należy dokonać inwentaryzacji ujęć (czynnych i nieczynnych) w pasie o szerokości po 3 km z obu stron drogi.

Separator z wkładem lamelowym i koalescencyjnym

Separator z wkładem lamelowym (rys. 3) przeznaczone są do oddzielania związków ropopochodnych określonych w [8], takich jak oleje, benzyny, które są zawarte w ściekach płynących w systemie kanalizacji deszczowej oraz zawiesiny ogólnej. Podstawę prawną stosowania separatorów, także tych z wkładem lamelowym stanowi rozporządzenie Ministra Środowiska z 24 lipca 2006 r. (Dz. U. 2006, nr 137, poz. 984 [14]) oraz norma [8]. Separatorzy tego typu oparte są na technologii wielostrumieniowej i można je stosować do układów zlewni miejskich, parkingów, baz sprzętowych, placów manewrowych, dróg szybkiego ruchu, itp. Typowe rozwiązania pozwalają oczyszczać ścieki z przepływami do 1500 l/s. W przypadku większych przepływów należy stosować rozwiązania indywidualne.

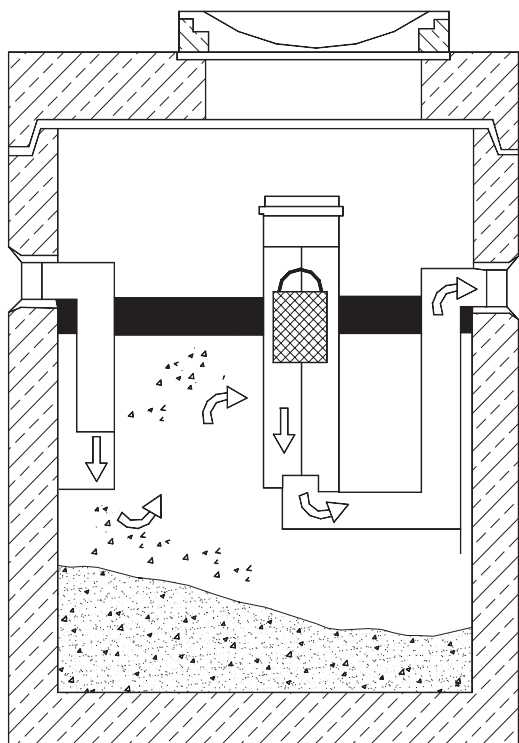


Rys. 3. Separator z wkładem wielostrumieniowym (lamelowym)

Natomiast separatorzy z wkładami koalescencyjnymi przeznaczone są do usuwania substancji ropopochodnych znajdujących się w ściekach opadowych i procesowych, a te zintegrowane z osadnikiem do usuwania również zawiesiny ogólnej. Znajdują one zastosowanie na: stacjach benzynowych, parkingach, drogach, bazach przeładunku paliw, zlewniach miejskich ze szczególnie chronionymi odbiornikami, terenach przemysłowych, bazach transportowych, lotniskach, itp. Separatorzy koalescencyjne stosuje się również do oczyszczania wód technologicznych w warsztatach i myjniach samochodowych. Ten rodzaj separatorów powinien być zasilany dopływem grawitacyjnym, a w przypadku konieczności podniesienia ścieków należy montować za separatorem przepompownię. Separator musi być tak zlokalizowany, aby możliwy był łatwy dojazd wozu technicznego i bezkolizyjna obsługa. Ze względu na przepisy, stężenie zawiesiny ogólnej w ściekach wprowadzanych do komory separatora koalescencyjnego, w której następuje już tylko oddzielenie substancji lekkich, nie może przekraczać 100 mg/l. Jeżeli ten warunek nie jest spełniony, to przed separatorem należy zastosować osadnik.

Zasada działania

W separatorach lamelowych, wody opadowe pochodzące z kanalizacji deszczowej kierowane są do pierwszej części urządzenia, którą stanowi komora wlotowa z deflektorem, gdzie następuje uspokojenie przepływu i ukierunkowanie strumienia ścieków do komory filtracji. Następnie ścieki przepływają przez komorę filtrującą. Oddzielanie zanieczyszczeń następuje w wyniku flotacji, sedymentacji i koalescencji podczas przepływu zanieczyszczonych wód przez specjalnie skonstruowane sekcje lamelowe. Istotnym elementem tego urządzenia jest specjalna przegroda, która zapobiega powstawaniu lejów zasysających wyflotowane wcześniej substancje ropopochodne i przedostawaniu się ich do odpływu. Stosowane są także separatorzy wraz ze zintegrowanym osadnikiem. Takie rozwiązanie pozwala na lepsze wykorzystanie



Rys. 4. Przekrój poprzeczny przez separator koalescencyjny

przestrzeni, w której montowany ma być separator, co ma bezpośredni wpływ na obniżenie kosztów zakupu, jak również montażu samego urządzenia.

W przypadku separatorów z wkładem koalescencyjnym instalacja separująca zawiesiny stałe i ciecze lekkie (olej, benzyna) jest urządzeniem przepływowym. Wlot do instalacji wyposażony jest w deflektor zapewniający laminarny przepływ dostającego się do osadnika ścieku (rys. 4). W osadniku ściek wytrąca prędkość i w wyniku sedymentacji następuje osadzanie się zawiesiny ogólnej, np.: mułu, szlamu i żwiru. Osadnik może być oddzielnym urządzeniem zainstalowanym przed separatorem koalescencyjnym lub zintegrowany z separatorem. Dalsze oczyszczanie następuje w separatorze, gdzie zachodzi zjawisko flotacji i koalescencji. Większe cząstki związków ropopochodnych flotują bezpośrednio, a te które uległy wielokrotnym podziałom najpierw podlegają zjawisku koalescencji na matach wkładu koalescencyjnego, po czym również flotują, tworząc w górnej części separatora warstwę filmu olejowego. Czysta woda wydostaje się z separatora przez syfon wyposażony w automatyczne zamknięcie pływakowe. Odpowiednio wytarowany pływak unosi się na granicy faz woda/substancja olejowa i w chwili uzyskania maksymalnej pojemności magazynowania oleju zamyka odpływ z separatora, uniemożliwiając skażenie wód w odbiorniku. Za separatorem powinna być zamontowana studzienka rewizyjna, którą można wykorzystywać do celów kontrolno-pomiarowych.

Pewną nowością jest stosowanie separatorów lamelowych zintegrowanych z przewodem obejściowym hydraulicznym (tzw. *by-pass*em zewnętrznym), który poprzedzony jest komorą rozdziału dopływu. W komorze rozdziału znajduje się upust denny i przelew o wysokiej krawędzi zewnętrznej. Gdy natę-

żenie dopływu ścieków przekroczy wartość przepustowości nominalnej separatora, następuje wtedy rozdział strumienia ścieków. Część ścieków odprowadzona zostaje przez przelew i odpływa przewodem obejściowym łączącym się z rurą wylotową separatora. Przewód obejściowy zewnętrzny może stanowić stalowy kanał o przekroju prostokątnym otaczający połowę zbiornika separatora. Tego typu rozwiązania stosowane są również do przepływów 1500 l/s.

Innym rozwiązaniem przewodu obejściowego jest separator koalescencyjny z wkładem lamelowym w systemie *by-pass*u wewnętrznego, który wykonany jest z polietylenu, a jego budowa oparta jest na przewodzie prostym z przelewem i upustem dennym.

Do najważniejszych zalet separatorów z *by-pass*em – obejściem ścieków (zewnętrznym i wewnętrznym) można zaliczyć:

- łatwy montaż,
- zintegrowana konstrukcja,
- dostępność w wersji ze zintegrowanym osadnikiem,
- wysoka wydajność,
- zapewnienie bezpieczeństwa w trakcie powstania sytuacji awaryjnych,
- korzystna cena.

Materiał

Separatory z wkładem lamelowym i koalescencyjnym mogą być realizowane na bazie zbiorników żelbetonowych wykonanych z betonu (hydrotechnicznego klasy B45), stali nierdzewnej, żeliwa, a nawet z *HDPE* (fot. 5). Separatory wykonane są w trzech wersjach, podzielonych ze względu na dopuszczalne obciążenia:

- klasa A15 – ciągi piesze (1,5 t),
- klasa B125 – ciągi jezdne (12,5 t),
- klasa D 400 – ciągi jezdne typ ciężki (40 t).



Fot. 5. Separator z wkładem lamelowym wykonany z tworzywa *HDPE*

We wnętrzu zbiornika zainstalowana jest komora filtrująca wykonana najczęściej ze stali nierdzewnej lub z *HDPE* z sekcjami lamelowymi wykonanymi z polipropylenu. Wnętrze separatora powlekane jest trzema warstwami specjalnych powłok antykorozyjnych odpornych na działanie substancji ropopochodnych. Przeważnie wszystkie modele separatorów są całkowicie szczelne i nie wymagają dodat-

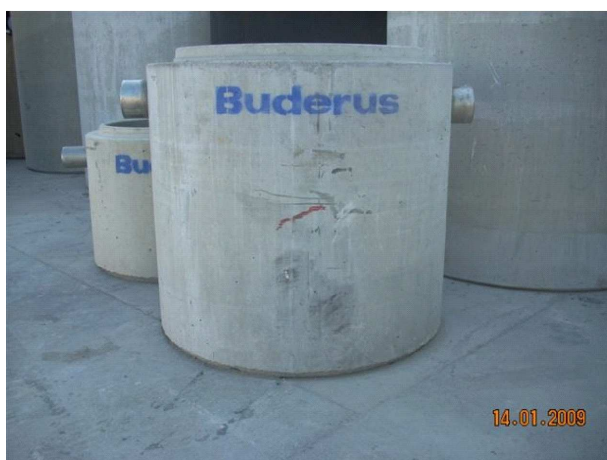
kowych elementów uszczelniających. W przypadku zabudowy separatora głębiej niż jest to podane w danych katalogowych producentów stosuje się wtedy tzw. żelbetowe kręgi nadstawcze.

Separatory powinny spełniać wymagania, jakim odpowiadają obiekty budowlane pod względem bezpieczeństwa konstrukcji, wymagań związanych z ochroną środowiska, bezpieczeństwa użytkownika i bhp.

Montaż

Lokalizacja separatora powinna zapewnić przede wszystkim łatwą jego obsługę i możliwość bieżącego utrzymania urządzenia w dobrym stanie technicznym. Przy ustalaniu jego lokalizacji należy więc uwzględnić konieczność okresowych przeglądów, czyszczenie i opróżnianie przez wozy techniczne. W górnej płycie przykrywającej separator znajduje się wąż żeliwny, którego nośność dostosowana jest do wymagań obiektu. Dzięki zastosowaniu zbiorników żelbetowych (fot. 6) o wysokiej klasie wytrzymałości betonu, separatory można zabudowywać w ciągach jezdnych (klasa obciążeń D 400, tj. obciążenie na poziomie 40 kN/cm^2 [9]) – chociaż nie jest to zalecane z powodu możliwych do wystąpienia trudności w pracach naprawczych podczas awarii separatora. W zależności od lokalnych warunków gruntowych separator może być wbudowany bezpośrednio w gruncie w przypadku wystąpienia gruntów nośnych, lub na dodatkowej ławie fundamentowej – podbudowie np. z betonu klasy B10 o grubości 0,10–0,15 m przy gruntach słabonośnych. W przypadku typowych separatorów, nacisk na grunt nie powinien być większy niż 30 kN/cm^2 . Średnica ławy powinna być większa od podstawy zbiornika o 0,20–0,30 m i być odpowiednio wypoziomowana. W przypadku posadowienia separatora poniżej poziomu wody gruntowej, należy sprawdzić warunki stateczności posadowienia, dokonując obliczeń dla najbardziej niekorzystnych warunków, tj. przy maksymalnym poziomie wody gruntowej i opróżnionym urządzeniu – jak również w trakcie czyszczenia.

Separator należy ustawić w oparciu o projekt wykonawczy, zgodnie z kierunkiem przepływu i w odpowiedniej kolejności: osadnik szlamu, separator i studzienka kontrolno-pomiarowa.



Fot. 6. Przykładowy zbiornik żelbetowy firmy Buderus-Separatory Polska [18]

wa. W przypadku braku studni kontrolno-pomiarowej należy zainstalować w bezpośrednim sąsiedztwie wylotu separatora wentylację. Płytę separatora oraz zamknięcie studni można obciążać po upływie 72 godzin.

W odpowiednim czasie trzeba rozwiązać problem przewyższenia, tzn. w separatorach koalescencyjnych z samodzielnym przyłączem górna krawędź pokrywy studni powinna być ułożona wyżej niż górna krawędź kratki ściekowej. Jeżeli nie ma możliwości zapewnienia przewyższenia to należy zainstalować sygnalizację dźwiękowo-światłą.

Eksploatacja

Przed pierwszym uruchomieniem należy przeprowadzić kontrolę szczelności, a osadnik szlamu i separator wypełnić wodą do poziomu swobodnego wypływu poprzez rurę wlotową.

W przypadku użytkowanego separatora, zalecane jest jego czyszczenie przynajmniej dwa razy w roku. Termin czyszczenia należy ustalić w taki sposób, aby w tym czasie nie nastąpił żaden dopływ ścieków do urządzenia. Opróżnienie urządzenia powinno nastąpić wtedy, gdy osadnik jest napęczniony do połowy, lub w przypadku, gdy zawartość cieczy lekkich osiągnęła $4/5$ maksymalnie dopuszczalnej pojemności, albo w przypadku, gdy spiętrzenie ścieków w urządzeniu jest niedopuszczalnie wysokie z powodu zanieczyszczonego wkładu koalescencyjnego. Podczas czyszczenia separatorów należy sprawdzać stan techniczny wkładów lamelowych i koalescencyjnych, a w przypadku stwierdzenia ich zbyt dużego zanieczyszczenia, należy je wtedy przepłukać czystą wodą lub wymienić (fot. 7). W trakcie czyszczenia należy usunąć osad także ze ścian separatora oraz z rur wlotu i wylotu. Zgromadzona substancja ropopochodna musi zostać całkowicie odpompowana. Takie elementy składowe separatora, jak skrzynia filtracyjna oraz wkład lamelowy i koalescencyjny wykonane są z materiałów wysokoodpornych na działanie czynników agresywnych (ropa, oleje, itp.).



Fot. 7. Wymiana wkładu koalescencyjnego

Niezależnie od ustalonych terminów czyszczenia separatorów, należy co miesiąc dokonać wzrokowej kontroli: powierzchni osadnika i separatora, grubości warstwy oddzielonych substancji ropopochodnych, grubości osadu w osadniku szlamu i poprawności funkcjonowania automatycznego zamknięcia.

Stosunkowo nowym rozwiązaniem są układy alarmowe w separatorach substancji ropopochodnych, które powinny być stosowane w przypadkach, gdy wymagane przewyższenie układu separatorów ze względu na warunki nie może być dotrzymane. Takie rozwiązanie polega na informowaniu (sygnalizacja optyczna lub akustyczna) z wyprzedzeniem zarządzającego instalacją o wystąpieniu spiętrzenia w separatorze i potrzebie jego opróżnienia. Poprawne rozwiązania w tym względzie ma np. firma Buderus-Separatory Polska.

Wypożyczenie dodatkowe separatorów

Stosując separatory z wkładem lamelowym i koalescencyjnym, cały system podczyszczający należy uzupełnić o wyposażenie dodatkowe, tzn.:

- kręgi i pierścienie do nadbudowy,
- urządzenie do poboru próbek z komory separatora na odpływie,
- urządzenie alarmowe (w sposób ciągły prowadzi monitoring wypełnienia komory gromadzącej związki ropopochodne. System informuje użytkownika z kilkudniowym wyprzedzeniem o konieczności opróżnienia separatora),
- urządzenie do odsysania substancji ropopochodnych.
- urządzenie do odciągania szlamu.

Zasada doboru separatorów

Uwagi ogólne

Obliczenia hydrauliczne pojedynczych cieków, tj. rowów, ścieków, przepustów i kanałów przeprowadza się w oparciu o metodę granicznych natężeń deszczu.

Przy wyznaczaniu ilości wód i ścieków opadowych należy na samym początku posłużyć się charakterystycznymi elementami deszczu, tj.:

- czasem trwania deszczu miarodajnego t_m , składającego się z elementów:

$$t_m = t_k + t_r + t_p, \quad (1)$$

w którym:

- t_k – czas koncentracji terenowej w [s],
- t_r – czas retencji kanałowej w [s],
- t_p – czas przepływu w [s].

Przy założeniu, że opad deszczu jest równomiernie rozłożony na całej powierzchni objętej deszczem, to czas trwania deszczu miarodajnego można wyznaczyć ze wzoru (2):

$$t_m = 1,2 t_p + t_k. \quad (2)$$

Czas koncentracji terenowej $t_k = 300$ s, gdyż przyjmuje się, że w ciągu pierwszych 300 sekund (5 min) opadu następuje spływ wody deszczowej wraz z wypłukanymi z powierzchni zlewni zanieczyszczeniami. Wynika z tego, że

czas trwania deszczu miarodajnego wyznacza się z równania (3):

$$t_m = 1,2 \frac{l}{v} + t_k, \quad (3)$$

w którym: l – długość kanału w [m], v – prędkość przepływu w [m/s], t_k – czas koncentracji terenowej (300 s).

Jeżeli obliczony ze wzoru (3) czas miarodajny deszczu jest mniejszy od 600 s, to należy przyjąć $t_m = 600$ s.

- wysokością opadu h [mm] (dla Polski przyjmuje się $h = 600$ mm),
- natężeniem $J = h / t$ [mm/min.] (inaczej intensywnością),
- zasięgiem F [ha],
- częstością występowania: raz na c -lat lub p -razy w stuleciu zgodnie z poniższym wzorem (4):

$$p = c / 100 [\%]. \quad (4)$$

Oznacza to, że deszcz o czasie trwania t_m i o natężeniu q występujący z częstością np. $p = 20\%$ może pojawić się (licząc wraz z deszczami o większym natężeniu) 20 razy w ciągu 100 lat, czyli przeciętnie raz na $c = 5$ lat.

W przypadku projektowaniu sieci kanałów lub cieków odwadniających powinno korzystać się w obliczeniach z założenia, że warunki odpływu z nich do podsystemu odwodnienia położonego niżej pozwalają na zachowanie napełnienia w miejscu wypływu równego napełnieniu w ruchu równomiernym. Dlatego czas trwania deszczu miarodajnego t_m aktualnie wymiarowanego cieku należy obliczać ze wzoru (5), natężenie opadu deszczu q ze wzoru (7), a natężenie przepływu Q ze wzoru (6):

$$t_m = \sum_j \frac{l_j}{v_j} + t_k, \quad (5)$$

w którym: j oznacza numer aktualnie wymiarowanego cieku oraz numery tych cieków położonych wyżej, które leżą wzdłuż drogi o najkrótszym czasie przepływu.

$$Q = \sum_k F_k \cdot S_k \cdot q, \quad (6)$$

w którym: k oznacza numer cieku aktualnie wymiarowanego cieku oraz numery wszystkich położonych wyżej cieków.

Wzory określające zależność między natężeniem, czasem trwania i częstością opadu określone zostały na podstawie wieloletnich obserwacji (co najmniej 10 lat) i mają w dużej mierze charakter empiryczny. Norma [10] podaje, że natężenie miarodajne opadu deszczu q można określić ze wzoru (7):

$$q = 15,347 \frac{A}{(t_m)^{0,667}}, \quad (7)$$

w którym A jest to wartość stała według tabeli 2.

Do odwodnień na terenach miejskich skanalizowanych wartość p należy przyjmować według tabeli 3, a do terenów nieskanalizowanych według tabeli 4.

Tabela 2. Wartości stałej A przy rocznej sumie opadów H i prawdopodobieństwie deszczu miarodajnego p [10]

Lp.	Prawdopodobieństwo deszczu miarodajnego p [%]	Roczna suma opadów H [mm]			
		≤ 800	≤ 1000	≤ 1200	≤ 1500
1.	5	1276	1290	1300	1378
2.	10	1013	1083	1136	1202
3.	20	804	920	980	1025
4.	50	592	720	750	796
5.	100	470	572	593	627

Tabela 3. Wartości prawdopodobieństwa deszczu miarodajnego p do ulic [10]

Lp.	Warunki ułożenia kanału	Wartość p kanału deszczowego [%]	Czas koncentracji terenowej t_k [s]
1.	Boczny kanał w płaskim terenie	100	600
2.	Kolektor w płaskim terenie	50	300
3.	Kolektor lub kanał boczny przy spadkach terenu $> 2\%$	20	1200
4.	Kolektor lub kanał boczny przy spadkach terenu $> 4\%$	10	60

Tabela 4. Wartości prawdopodobieństwa deszczu miarodajnego p do dróg zamiejsczych [10]

Lp.	Kategoria drogi (docelowa klasa techniczna)	Wartość p kanału deszczowego [%]	Czas koncentracji terenowej t_k [s]
1.	Autostrada (A) droga ekspresowa (S)	100	600
2.	Droga krajowa (GP)	50	300
3.	Droga wojewódzka (G, Z)	20	1200
4.	Droga lokalna (L, D)	10	60

Znane są w literaturze także inne wzory dotyczące określania miarodajnego natężenia opadu, do których należą: wzory Lambora, Pomianowskiego, Wołoszyna, Gruszeckiego [21], ale najczęściej stosowany jest wzór Błaszczyka [1], który powstał na podstawie 67-letniego zbioru obserwacji deszczów w Warszawie z okresu 1837–1959 (8):

$$q = \frac{470 \cdot \sqrt[3]{c}}{t_m^{0,667}}, \quad (8)$$

w którym:

- q – miarodajne natężenie opadu [$\text{dm}^3/\text{s}/\text{ha}$],
- t_m – czas trwania deszczu w [min.] do spływów z dróg, placów, parkingów o powierzchni $F < 50$ ha przyjmuje się czas opadu miarodajnego $t_m = 15$ min.,
- c – oznacza okres (w latach), w którym może nastąpić przekroczenie jednorazowe deszczu q (z zadaniem prawdopodobieństwem) lub jest to częstość pojawienia się deszczu o czasie trwania t_m [min] i natężeniu q raz na c lat oraz w zależności od średniej rocznej wysokości opadu H [mm].

W odniesieniu do większości placów, parkingów, stacji paliw i dróg miejskich można przyjąć $c = 5$ lat. Zakres stosowania tego wzoru to obszar całej Polski, za wyjątkiem terenów podgórskich i górskich. W postaci ogólnej wzór Błaszczyka-Stomatellego wyraża się następująco (9):

$$q = \frac{6,631 \cdot \sqrt[3]{H^2 \cdot c}}{t_m^{0,667}}, \quad (9)$$

w którym H oznacza normalny opad roczny wyrażony w [mm].

Obliczenie ilości ścieków deszczowych

• Miarodajne natężenie przepływu

Zgodnie z normą [10] wymiar cieku i prędkość v ustala się dla miarodajnego przepływu obliczeniowego Q [l/s] obliczonego ze wzoru (10):

$$Q = F \times s \times q, \quad (10)$$

w którym:

- F – powierzchnia zlewni drogi w [ha],
- q – natężenie miarodajne opadu deszczu w [$\text{dm}^3/\text{s}/\text{ha}$],
- s – współczynnik spływu powierzchniowego (tabela 5 i 6) należy przyjmować dla:
 - a) korony jezdni $s = 0,90$,
 - b) chodników $s = 0,85$,
 - c) pozostałych obszarów w pasie drogowym:
 - przy pochyleniu terenu $i < 5\%$ $s = 0,70$,
 - przy pochyleniu terenu $i > 5\%$ $s = 0,80$,
 - przy skarpach o $i > 10\%$ $s = 0,90$.
 - d) obszarów poza pasmem drogowym dla małych zlewni ($F < 1$ ha):
 - o glebach łatwo przepuszczalnych $s = 0,55$,
 - o glebach nieprzepuszczalnych $s = 0,70$,
 - o stromych stokach ($i > 10\%$) $s = 0,85$.

W przypadku zlewni składającej się z obszarów o zróżnicowanym współczynniku spływu jego wartość s we wzorze (10) przyjmuje się jako średnią ważoną wielkość s obliczoną według wzoru (11):

$$s = \frac{\sum F_i \cdot s_i}{F}, \quad (11)$$

w którym:

$$F = \sum F_i,$$

Tabela 5. Współczynnik spływu powierzchniowego s przy różnych rodzajach zabudowy [1]

Lp.	Rodzaj zlewni	Współczynnik spływu powierzchniowego s
1.	Zabudowa bardzo gęsta z podwórkami brukowanymi	0,70 – 0,80
2.	Zabudowa zwarta	0,50 – 0,70
3.	Zabudowa luźna	0,30 – 0,50
4.	Zabudowa willowa	0,25 – 0,30
5.	Tereny nie zabudowane	0,10 – 0,25
6.	Parki i tereny zielone	0,00 – 0,15

Tabela 6. Współczynnik spływu powierzchniowego s na różnych rodzajach powierzchni i ich przeznaczeniu [1]

Lp.	Rodzaj powierzchni zlewni	Współczynnik spływu powierzchniowego s
1.	Asfalt	0,80 – 0,90
2.	Kostka	0,80 – 0,85
3.	Kamień i drewno	0,75 – 0,85
4.	Teren utwardzony	0,90
5.	Żwir	0,15 – 0,30
6.	Dachy o nachyleniu powyżej 15°	1,00
7.	Dachy o nachyleniu poniżej 15°	0,80
8.	Dachy żwirowe	0,50
9.	Ogrody dachowe	0,30
10.	Rampy i myjnie samochodowe	1,00
11.	Płyty z zalewanymi spoinami pokryte papą lub betonem	0,90
12.	Chodniki pokryte płytami	0,60
13.	Chodniki nie pokryte płytami, podwórza i aleje	0,50
14.	Place do gier sportowych	0,25
15.	Ogrody (tereny zielone)	0,10 – 0,15
16.	Parki	0,05

F_i – powierzchnia obszaru nr i o jednorodnej wartości współczynnika s ,

s_i – wartość współczynnika spływu s w obszarze nr i .

W przypadku dużych zlewni ($F > 1$ ha) do wzoru (10) należy włączyć współczynnik opóźnienia φ uzależniony od kształtu i spadku zlewni lub zależny od długości l projektowanego kanału. Wtedy wzór (10) przybiera postać (12):

$$Q = F \times s \times q \times \varphi. \quad (12)$$

• Natężenie deszczu q_0 i spływ Q_0

Natężenie deszczu obliczeniowego q_0 i jego spływ Q_0 jest określony jako natężenie deszczu o wielkości odpływu co najmniej 15 l na sekundę, na 1 hektar powierzchni szczelnej ($q_0 = 15$ l/s/ha).

Spływ deszczu obliczeniowego Q_0 można zatem wyznaczyć zgodnie z poniższym wzorem (13):

$$Q_0 = F \times s \times q_0 \times \varphi, \quad (13)$$

w którym q_0 oznacza natężenie deszczu obliczeniowego.

• Natężenie deszczu nawalnego q_{max} i spływ Q_{max}

Analizując natężenie deszczu nawalnego q_{max} wyrażone w [l/s/ha], które występuje z częstością przedstawioną w [%] należy rozumieć, że jest to wielkość występowania w okresie 100 lat. Maksymalny spływ można zatem wyznaczyć ze wzoru (14):

$$Q_{max} = F \times s \times q_{max} \times \varphi. \quad (14)$$

• Współczynnik opóźnienia φ

Współczynnik opóźnienia φ jest uzależniony od kształtu i spadku zlewni, a w przypadku, gdy $F > 1$ [ha] można wyznaczyć go wtedy z zależności (15):

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[n]{F_i}}, \quad (15)$$

w której F – powierzchnia zlewni w [ha], natomiast n należy przyjmować według poniższych zasad:

$n = 8$ – do zwartych (ześrodkowanych) zlewni i dużych spadków,

$n = 6$ – do warunków pośrednich,

$n = 4$ – do zlewni wydłużonych i małych spadków.

W przypadku bardzo dużych obszarów otrzymujących opady deszczu, przepływ wody deszczowej może być podzielony według powierzchni spływu i odprowadzony do poszczególnych separatorów.

Przy obliczeniach według długości kanału współczynnik opóźnienia φ przyjmuje się zgodnie z zależnością (16):

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[m]{l_i}}, \quad (16)$$

w której:

l – długość kanału wyrażona w [ha],

m – współczynnik uzależniony od spadku (2,5 – dla małych spadków; 3 – dla warunków pośrednich; 3,5 – dla dużych spadków).

Z praktycznego punktu widzenia, przy zlewni o powierzchni $F < 1$ ha przyjmuje się, że współczynnik opóźnienia $\varphi = 1$.

Spadki minimalne kanałów kołowych należy przyjmować według tabeli 7. W przypadkach, gdy obliczeniowe napętnienie kanału jest mniejsze od połowy wysokości przekroju, spadek minimalny i_{min} należy obliczyć według wzoru (17):

$$i_{min} = \frac{t}{g \cdot \rho \cdot R_h}, \quad (17)$$

w którym:

$t = 2,5$ N/m²,

r – gęstość ścieków deszczowych (w przybliżeniu $r = 1000$ kg/m³),

g – przyspieszenie ziemskie ($g = 9,81$ m/s²),

R_h – promień hydrauliczny rzeczywistego napętnienia przekroju w [m].

Tabela 7. Spadki minimalne do kanałów deszczowych kołowych [10]

Lp.	Średnica kanału [mm]	Spadek minimalny [%]	Uwagi
1.	200	0,50	za miastem
2.	250	0,40	wszędzie
3.	300	0,33	wszędzie
4.	350	0,30	wszędzie
5.	400	0,25	wszędzie
6.	450	0,22	wszędzie

Generalnie obliczenia zaleca się przeprowadzać według następującego algorytmu:

- założyć prędkość przepływu v ,
- obliczyć wstępnie t_m ze wzoru (3),
- obliczyć wstępnie q ze wzoru (7), (8) lub (9),
- obliczyć wstępnie Q ze wzoru (10),
- dobrać wymiary cieku do wyliczonego Q i obliczyć prędkość v ,
- powtarzać czynności od a) do e) aż do uzyskania zgodności kolejno obliczonych wartości t_m co najmniej do 5% przy $t_m < 900$ s lub do 10% przy $t_m > 900$ s.

Obliczenia ekologiczne

Miarodajnym przepływem do określania parametrów technologicznych oczyszczalni ścieków deszczowych jest odpływ z opadów o natężeniu $q_e = 15 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{ha}$.

Odpływy związane z opadami o natężeniu wyższym lub z roztopów przekraczających tak obliczone natężenie przepływu mogą być odprowadzane przez przelewy po zatrzymaniu grubszych zanieczyszczeń. W przypadku odwodnień kanalizacji o średnicy kanałów doprowadzających do oczyszczalni powyżej 300 mm zaleca się korzystać z przelewów w zbiorniku retencyjnym, a jeśli go nie ma, konstruować przelewy w postaci hydroseparatorów.

Tabela 8. Wartości stężeń zawiesin ogólnych w ściekach deszczowych z drogi o czterech pasach ruchu (w obu kierunkach) [10]

Lp.	Natężenie ruchu w obu kierunkach [tys. pojazdów/dobę]	Zawiesiny ogólne w splywach z terenów niezabudowanych [mg/dm ³]	Zawiesiny ogólne w splywach z terenów zabudowanych [mg/dm ³]
1.	1	30	40
2.	5	100	125
3.	10	185	220
4.	15	200	240
5.	20	220	265
6.	25	235	280
7.	30	245	295
8.	35	257	310
9.	40	265	320
10.	50	290	350
11.	80	300	360
12.	100	305	365

Stężenie zawiesin ogólnych splywających z drogi czteropasowej (2×2 pasy ruchu) należy przyjmować według tabeli 8 z zależności od prognozowanego natężenia ruchu drogowego (wartości pośrednie należy interpolować liniowo). Stężenie substancji ekstrahujących się eterem naftowym należy przyjąć mnożąc wartości podane w tabeli 6 przez współczynnik przeliczeniowy o wartości 0,08. Przy liczbie pasów ruchu większej niż 4 należy stosować współczynnik poprawkowy o wartości $5,2/x$, gdzie x oznacza liczbę pasów ruchu (w obu kierunkach). Przy liczbie pasów mniejszej niż 4 należy stosować współczynnik poprawkowy o wartości $3,2/x$ [10].

Uziarnienie zawieszonych części stałych w ściekach deszczowych z dróg należy przyjmować w sposób następujący: średnica ziarn stanowiących wraz z mniejszymi 10% suchej masy $d_{10} = 7 \mu\text{m}$, 50% $\rightarrow d_{50} = 30 \mu\text{m}$, 90% $\rightarrow d_{90} = 400 \mu\text{m}$. Prędkości sedymentacji dla ścieków drogowych należy przyjmować według tabeli 9.

Tabela 9. Wartości prędkości sedymentacji w drogowych ściekach deszczowych [10]

Lp.	Fracja osadu [μm]	Prędkość [m/h]			Proporcje wagowe [%]
		v_{10}	v_{50}	v_{90}	
1.	< 50	0,13	4,1	11,43	68
2.	> 50	13	50	326	32
3.	Razem	0,37	7,2	89	100

Przepustowość nominalna separatora Q_n

Przepustowość nominalna dowolnego separatora Q_n można wyznaczyć z poniższej zależności (18):

$$Q_n \geq Q \cdot f_g, \quad (18)$$

w której:

Q – miarodajne natężenie przepływu [l/s],

f_g – współczynnik gęstości cieczy lekkiej, który dobierany jest z tabeli 10.

Tabela 10. Współczynnik gęstości cieczy lekkiej f_g w zależności od jej gęstości [4]

Lp.	Gęstość cieczy lekkiej [kg/m ³]	Współczynnik gęstości cieczy lekkiej f_g	
		Separator klasy I	Separator klasy II
1.	$\leq 0,85$	1	1
2.	0,85 – 0,90	1,5	2
3.	0,90 – 0,95	2	3

Separator klasy I – to separator koalescencyjne, w których stężenie substancji ropopochodnych na odpływie jest równe 5 mg/l, natomiast klasy II – to separator grawitacyjne, w których stężenie substancji ropopochodnych w odpływie wynosi 125 mg/l.

W przypadku separatorów lamelowych, wielkość nominalną separatora oblicza się ze wzoru (19):

$$Q_n \geq \varphi F q. \quad (19)$$

Wartość $q = 15 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{ha}$ nie jest stała i zależy od ilości opadów. Należy więc wstawić do wzoru odpowiednią wartość natężenia opadu. Natomiast wielkość maksymalna separatora lamelowego należy wyznaczać z zależności (20):

$$Q_m \geq \varphi F q_{\text{max}}. \quad (20)$$

W przypadku separatorów koalescencyjnych wielkość nominalną separatora oblicza się ze wzoru (21):

$$Q_n \geq (\varphi F q_{\text{max}}) f_g \quad (21)$$

Natomiast w przypadku separatora wyposażonego w system *by-pass*, wielkość nominalną separatora oblicza się ze wzoru (22):

$$Q_n \geq (\varphi F q) f_g \quad (22)$$

Zgodnie z Dz.U. z dnia 24 lipca 2006, nr 137, poz. 984 [14] minimalne ilości ścieków deszczowych przeznaczone do oczyszczenia przy większości zlewni są ≥ 15 l/s/ha. Natomiast ścieki pochodzące z baz i stacji paliw oraz innych obiektów o podwyższonym ryzyku skażenia, powinny być oczyszczane w ilości nie mniejszej niż 77 l/s/ha.

Oznacza to możliwość skierowania pozostałych ścieków poprzez odpowiednio skonstruowane obejścia burzowe (tzw. *by-passy*), jednakże tak zaprojektowane, by nie przeciążały przepływami burzowymi urządzenia czyszczącego (np. wkładów lamelowych). Kanały obejść burzowych mogą być prowadzone wewnątrz urządzeń lub na zewnątrz (np. za pośrednictwem studni przelewowych).

Dobór osadników

Zgodnie z normą PN-EN 858-2:2003 [6] osadniki powinny być zasilane wyłącznie przez zaprojektowane wloty i ustawione w położeniu uniemożliwiającym spływ bezpośrednio z powierzchni. Ten warunek nie dotyczy kanałów odpływowych gromadzących muł, np. w myjniach samochodowych do zatrzymania stałych substancji.

Celem wymiarowania osadników jest określenie niezbędnej powierzchni użytkowej. Prawo sformułowane przez Stokesa, Hazena i Schulza [4] do zawiesin ziarnistych można przedstawić wzorem w następującej postaci (23):

$$A_{os} = \frac{Q}{v_o}, \quad (23)$$

w którym:

A_{os} – powierzchnia użytkowa osadnika [m^2],

Q – miarodajne natężenie wód opadowych [m^3/h],

Tabela 11. Pojemności magazynowe osadników współpracujące z separatorami [6]

Lp.	Spodziewana ilość osadów		Minimalna objętość osadnika* w [l]
1.	żadna	np. kondensatory itp.	bez osadnika
2.	mała**)	– ścieki technologiczne z małą ilością osadów, – ścieki deszczowe z terenów stosunkowo czystych jak: obwałowania zbiorników magazynowych, zakryte stacje paliw, parkingi podziemne, itp.	$\frac{100 \times Q_n}{f_g}$
3.	średnia***)	– stacje benzynowe, ręczne myjnie, samochodowe, mycie części zaolejo-nych, – myjnie autobusowe, – parkingi otwarte, – zakłady przemysłowe.	$\frac{200 \times Q_n}{f_g}$
4.	wysoka	– myjnie samochodów ciężarowych, – myjnie maszyn rolniczych, – myjnie maszyn budowlanych, – myjnie automatyczne samochodów (minimalna objętość osadnika 5000 l).	$\frac{300 \times Q_n}{f_g}$

*) – określona dla statycznego poziomu cieczy w separatorze,

***) – nie dotyczy separatorów o przepuszczalności nominalnej $Q_n \leq 10$ z wyjątkiem urządzeń na parkingu zamkniętym,

****) – minimalna objętość osadnika 600 l.

v_o – najmniejsza prędkość opadania w [m/h] równa co do wielkości maksymalnemu obciążeniu hydraulicznemu powierzchni osadnika Q_A [$(m^3/h)/m^2$].

Przekształcając wzór Stokesa, Hazena i Schulza otrzymujemy dopuszczalne obciążenie hydrauliczne Q_A osadnika odniesione do jego powierzchni (dopuszczalne obciążenie powierzchni), wyrażone w jednostce objętości przepływających ścieków przypadających na jednostkę powierzchni i czasu przepływu (24):

$$Q_A = \frac{Q}{A} \left[\frac{m^3/h}{m^2} \right]. \quad (24)$$

Zdolność do sedymentacji zawiesin ziarnistych w osadniku nie zależy od jego głębokości, a jedynie od powierzchni w stosunku do natężenia przepływu. Natomiast głębokość osadnika (i wynikająca stąd pojemność wodna) wyznacza tylko jego pojemność, tzw. magazynową. Zgodnie z [7] osadniki współpracujące z separatorami powinny mieć pojemności magazynowe podane w tabeli 11.

Podsumowanie

Wykonywane w ostatnich latach w naszym kraju systemy odwadniania tras drogowych oraz metody ochrony środowiska gruntowo-wodnego są na wyższym poziomie technicznym niż jeszcze kilka lat temu. Na polskim rynku jest wiele firm oferujących kompleksowe rozwiązania w tym zakresie. Poprawny wybór sposobu odprowadzania i oczyszczania spływów powierzchniowych stanowi poważny problem techniczny, który należy analizować kompleksowo, mając na uwadze czynniki determinujące wybór systemu, parametry spływów powierzchniowych (ilość, jakość), koszty eksploatacji urządzeń i oczywiście wymagania ekologiczne przewidziane dla danego terenu.

Cena, jaką przyjdzie nam zapłacić za stosowanie nieskutecznych urządzeń do podczyszczania spływów z tras drogowych jest zbyt wysoka, aby ten problem bagatelizować. Czyste środowisko naturalne jest wartością nadrzędną i podlega szczególnej ochronie.

Stosując różne sposoby i urządzenia do ochrony środowiska gruntowo-wodnego przed zanieczyszczeniami pochodzącymi z tras drogowych należy przestrzegać następujących zasad:

- stosować rowy przydrożne obsiane trawą, co znacząco wpływa na oczyszczenie spływów. Stosowanie rowów o charakterze szczelnym (nieprzepuszczalnym) wymaga jednoznacznego uzasadnienia;
- nie stosować w jednym rozwiązaniu różnych sposobów oczyszczania, np. piaskowników, separatorów koalescencyjnych oraz w wielu przypadkach także zbiorników;
- nie dopuszczać do zaniedbań utrzymaniowych urządzeń podczyszczających. Na etapie doboru odpowiedniego systemu należy przeanalizować koszty eksploatacji i utrzymania danego systemu odwadniającego wraz z urządzeniami oczyszczającymi wody opadowe. Doprowadzenie do złego stanu technicznego urządzenia podczyszczającego z reguły doprowadza do niekontrolowanego zanieczyszczenia środowiska gruntowo-wodnego;

- w przypadku, gdy pozwalają na to warunki gruntowo-wodne stosować rowy trawiaste z progami, przegrodami piętrzącymi w celu intensyfikacji procesów samooczyszczania i retencji przepływów;
- tam, gdzie jest to możliwe stosować układy oczyszczające wyposażone w przelewy burzowe, tzw. *by-passy*;
- rezygnować z budowy zbiorników odparowujących, a w przypadku, kiedy konieczne jest ich zastosowanie, przewidzieć przelewy awaryjne i ewentualnie zagospodarowanie nadmiaru nagromadzonych wód.

Bibliografia

- [1] Błaszczuk W., Stamatello P., Błaszczuk P. *Kanalizacja. Sieci i pompownie*. Tom 1, Arkady, Warszawa, 1983
- [2] Gatkowska-Jeleńska D., Jeleński J. *Naturalna estetyka zbiorników retencyjnych deszczówki*. <http://www.jot-raba.az.pl>
- [3] Geiger W., Dreiseitl H. *Nowe sposoby odprowadzania wód deszczowych*. Oficyna Wydawnicza Projprzem-EKO, Bydgoszcz, 1999
- [4] Imhoff K., Imhoff K.R. *Kanalizacja miast i oczyszczanie ścieków*. Poradnik. Oficyna Wydawnicza Projprzem-EKO, Bydgoszcz, 1996
- [5] Liszkowska E., Kaczyńska E. *Przewidywany sposób odwodnienia i podczyszczania spływów. Odbiorniki*. www.oos.pl
- [6] PN-EN 858-2:2003. Oddzielacze lekkich cieczy (np. olej i benzyna). Wybór wymiarów nominalnych, instalacja, eksploatacja i konserwacja
- [7] PN-EN 858-2:2004: Instalacja oddzielaczy lekkich płynów (np. olej, benzyna). Część 2. Wybór wymiarów nominalnych, instalowanie, eksploatacja i obsługa
- [8] PN-EN 858-1:2005/A1:2007. Instalacje oddzielaczy cieczy lekkich (np. olej i benzyna) – Część 1: Zasady projektowania, właściwości użytkowe i badania, znakowanie i sterowanie jakością
- [9] PN-EN 1433:2005/A1:2007. Kanały odwadniające nawierzchnię dla ruchu pieszego i kołowego. Klasyfikacja, wymagania konstrukcyjne, badanie, znakowanie i ocena zgodności
- [10] PN-S-02204. Drogi samochodowe. Odwodnienie dróg. Polski Komitet Normalizacyjny, grudzień 1997
- [11] Rawicka-Siarkiewicz H. *Ograniczanie zanieczyszczeń w spływach powierzchniowych z dróg – ocen technologii i zasady wyboru*. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa, 2003
- [12] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 16 stycznia 2002 roku w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych. (Dz.U. 2002, nr 12, poz. 116)
- [13] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 lipca 2004 roku w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. (Dz. U. 2004, nr 168, poz. 1763)
- [14] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 roku w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. (Dz.U. 2006, nr 137, poz. 984)
- [15] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 14 maja 1999 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. (Dz. U. 1999, nr 43, poz. 430)
- [16] Ustawa z dnia 18 lipca 2001 roku Prawo wodne. (Dz.U. 2001, nr 115, poz. 1229 z późniejszymi zmianami)
- [17] Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 roku o ochronie przyrody. (Dz.U. 2004, nr 92, poz. 880 z późniejszymi zmianami)
- [18] www.buderus-separatory.pl
- [19] www.gddkia.gov.pl
- [20] www.oos.pl
- [21] Żuchowicki W. (red.). *Wodociągi i kanalizacja – Projektowanie, montaż, eksploatacja, modernizacja*. Wydawnictwo Verlag DASHOFER Sp. z o.o., Warszawa, 2001 ■

Listy Czytelników

Preferencje siłom własnym

Jedną z bardziej kontrowersyjnych kwestii występujących przy określaniu kryteriów stanowiących podstawę wyboru wykonawcy robót drogowych jest sposób realizacji objętych danym przetargiem robót. Z tego punktu widzenia każde właściwie zadanie, bez względu na jego rozmiary, może być wykonywane bądź to siłami własnymi, bądź też przez podwykonawców. W związku z tym zamawiający może mieć dylemat, czy ten aspekt zagadnienia powinien być przez niego w mniejszym lub większym stopniu uwzględniany przy wyborze wykonawcy? Z formalno-prawnego punktu widzenia sprawa jest właściwie bezprzedmiotowa. Zgodnie z powszechnie niemal akceptowanymi wykładnikami i interpretacjami – zamawiający ma mianowicie pełne prawo czy wręcz obowiązek równorzędnego traktowania wykonawstwa robót drogowych za pomocą sił własnych, jak i przez podwykonawców. A gdyby ktoś miał jeszcze wątpliwości i próbował na gruncie prawa polskiego udowodnić, że zamawiający może w sposób preferencyjny traktować oferentów legitymujących się relatywnie wyższym własnym potencjałem wykonawczym to może spotkać się z zarzutem naruszenia norm unijnych, które w tym zakresie są bodaj jeszcze bardziej jednoznaczne.

Czy można zatem potraktować sprawę jako definitywnie zakończoną? Moim zdaniem absolutnie nie. O zasadności każdego bez wyjątku rozwiązania systemowego powinny bowiem decydować względy natury merytorycznej, a ściślej mówiąc – ekonomicznej, nie zaś taki czy inny przepis prawny, który – tworzony w końcu przez ludzi – powinien służyć gospodarce i społeczeństwu, a nie na odwrót. W takim kontekście podjęcie dyskusji w powyższej kwestii ma chyba rację bytu.

Osobiście nie mam najmniejszych wątpliwości, że stosowane aktualnie przez administrację drogową rozwiązanie polegające na równorzędnym traktowaniu wykonawstwa siłami własnymi oraz siłami podwykonawców należy ocenić zdecydowanie negatywnie i to z kilku zasadniczych względów. Przede wszystkim należy tutaj uwzględnić fakt, że im większy zakres robót określony wykonawca realizuje siłami własnymi, tym odpowiednio większa jest jego wiarygodność dla zamawiającego, zwłaszcza wtedy, gdy w bliższej lub dalszej przeszłości firma ta realizowała już dla inwestora określone zadania. W tym przypadku zamawiający – kolokwialnie mówiąc – wie z kim ma do czynienia. Gdy natomiast wykonawca całkowicie dowolnie dobiera sobie podwykonawców, nierzadko