

# Oczyszczalnia ścieków – bilans jakościowy i ilościowy

dr Eugeniusz Klaczyński,  
Piotr Ratajczak  
Envirotech, Poznań

**Ścieki, powstające wskutek działalności człowieka, to zanieczyszczone substancjami stałymi, płynnymi, gazowymi lub mikroorganizmami wody z sieci wodociągowych, indywidualnych systemów zaopatrzenia w wodę lub wody opadowe.**

W zależności od pochodzenia wyróżnia się trzy podstawowe grupy ścieków. Ścieki bytowo-gospodarcze, powstające w trakcie zaspokajania podstawowych potrzeb higieniczno-sanitarnych i bytowych w gospodarstwach domowych, obiektach użyteczności publicznej czy zakładach pracy. Drugim rodzajem są ścieki przemysłowe, generowane w trakcie procesów technologicznych w zakładach różnych grup przemysłowych oraz usługowych. Trzecim rodzajem są ścieki opadowe, pozostające po opadach deszczu i mające postać spływu powierzchniowego, zbieranego i kierowanego do sieci kanalizacyjnej, przygotowanej specjalnie dla tego rodzaju ścieków lub systemów ogólnospławnych, w których ścieki opadowe łączą się z pozostałymi wymienionymi grupami ścieków lub jedną z nich. Połączenie i stworzenie mieszaniny ścieków pomiędzy tymi grupami powoduje powstanie ścieków, które nazywamy komunalnymi.

Przedstawione definicje grup ścieków są bardzo ogólne z punktu widzenia inżynierskiego, który uwzględnia również inne właściwości fizykochemiczne, np. rodzaje materii zawarte w ściekach, stany koloidalne, domieszki biologiczne, radiaacje promieniotwórcze, wskaźniki zanieczyszczeń charakteryzujące ścieki i inne czynniki szeroko omawiane w dostępnej literaturze. Wymienione definicje

ścieków są również ogólne z punktu widzenia prawnego, który jest niezbędny do określania obowiązków nakładanych na wytwórców ścieków, wydawanie pozwoleń emisyjnych, a także z uwagi na systemy kontroli oraz nakładanie kar i opłat środowiskowych. Istnieją przypadki, w których definicje prawne pozostają w sprzeczności z wiedzą inżynierską i z pewnością jest to temat, który często wywołuje dyskusje pomiędzy specjalistami z zakresu wody i ścieków.

Wiedza na temat jakości i ilości ścieków dopływających do oczyszczalni jest niezbędna do opracowania szczegółowych bilansów, wykorzystywanych na etapie przygotowywania projektów technologicznych budowanej, modernizowanej czy rozbudowywanej oczyszczalni ścieków.

Pomyłka w bilansie jakościowym i ilościowym spowoduje niedoszacowanie, będzie skutkowałą kłopotami ze stabilnością uzyskiwanych parametrów ścieków odprowadzanych do odbiornika. Przewymiarowanie niepotrzebnie podniesie koszty inwestycji. Każdy z błędów przełoży się na konsekwencje ekonomiczne i eksploatacyjne.

## Na lata

Oczyszczalnia jest obiektem, który wg reguł powinien być projektowany

z myślą o eksploatacji przez przynajmniej 20-25 lat. W efekcie dużych zmian w zakresie technologii automatyki i sterowania oraz podwyższania standardów jakościowych i zaostrożenia norm dla ścieków odprowadzanych do środowiska naturalnego, należy przyjąć, że niezbędne modernizacje trzeba będzie przeprowadzać w okresie krótszym, ok. 10-letnim. Wynika to również ze stopnia zużycia urządzeń technologicznych, których większość pracuje nieprzerwanie przez cały rok (na przykład: miesadła, pompy i układy napowietrzające w reaktorach). Wyłączenia następują na kilka godzin w roku, kiedy wykonywane są przez obsługę niezbędne przeglądy techniczne i wymiany materiałów eksploatacyjnych. Dlatego tak ważne jest określenie właściwego bilansu ścieków, dobranie odpowiednich kubatur urządzeń budowlanych oraz stosownej jakości urządzeń technologicznych. W ten sposób optymalizuje się eksploatację oczyszczalni, a układ jest na tyle elastyczny, że cały czas gwarantuje wysoką redukcję zanieczyszczeń, równoważąc zyski i koszty z ekonomicznego punktu widzenia.

Do ustalenia ilości ścieków projektanci wykorzystują zarówno akty prawne, określające zużycie wody dla poszczególnych odbiorców, jak i wytyczne branżowe oraz prace badawcze prowadzone w tym zakresie. Podstawowym aktem prawnym jest Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 14 stycznia 2002 r. w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody (DzU nr 8, poz. 70). Przeciętne miesięczne normy w gospodarstwach domowych w zależności od wyposażenia w przeliczeniu na jednego mieszkańca zostały przedstawione w tabeli 1.

Z wytycznymi dla innych grup odbiorczych można się zapoznać w kolejnych załącznikach do wspomnianego rozporządzenia.

Niestety, średnia ilość zużywanej miesięcznie wody dla różnych grup odbiorczych systematycznie spada. Obniżone zużycie powoduje zmniejszenie ilości produkowanych ścieków. Przyczyną są zmiany społeczno-ekonomiczne i wyposażanie gospodarstw domowych w nowoczesne urządzenia zużywające mniej wody (m.in. w toalety ze stopniowaniem przepływu wody) oraz upadek wielkich zakładów przemysłowych (z kolei te funkcjonujące instalują rozwiązania technologiczne zużywające znacznie

Tab. 1. Przeciętne normy zużycia wody na jednego mieszkańca w gospodarstwach domowych

| Wyposażenie mieszkania w instalację   | Przeciętne normy zużycia wody      |                                      |
|---|------------------------------------|--------------------------------------|
|   | dm <sup>3</sup> /mieszkańca x doba | m <sup>3</sup> /mieszkańca x miesiąc |
| Wodociąg bez ubikacji i łazienki (brak kanalizacji), pobór wody ze źródła podwórzowego lub ulicznego                    | 30                                 | 0,9                                  |
| Wodociąg, ubikacja bez łazienki   | 50-60*                             | 1,5-1,8*                             |
| Wodociąg, zlew kuchenny, wc, brak łazienki i ciepłej wody   | 70-90*                             | 2,10-2,70*                           |
| Wodociąg, ubikacja, łazienka, lokalne źródło ciepłej wody (piecyk węglowy, gazowy – gaz z butli, elektryczny, bojler)   | 80-100*                            | 2,4-3,0*                             |
| Wodociąg, ubikacja, łazienka, dostawa ciepłej wody do mieszkania (z elektrociepłowni, kotłowni osiedlowej lub blokowej) | 140-160*                           | 4,2-5,4*                             |

\* Wartości niższe odnoszą się do budynków podłączonych do zbiorników bezodpływowych na terenach nieskanalizowanych, a wartości wyższe dotyczą budynków podłączonych do sieci kanalizacyjnych.

mniej wody). Więcej wody dzisiaj wykorzystuje się w przemyśle w systemie zamkniętym, podczyszczając i zwracając uzdatnioną wodę do procesów technologicznych. Na podstawie danych z „Rocznika Statystycznego GUS”, można zauważyć, że średniomiesięczne zużycie wody w miastach w przeliczeniu na mieszkańca, w 1990 r. wynosiło 5,7 m<sup>3</sup> na miesiąc, a w 2008 r. obniżyło się do 3 m<sup>3</sup> miesięcznie. Na wsi zużycie wody w 2008 r. było jeszcze mniejsze i wynosiło 2,09 m<sup>3</sup> miesięcznie w przeliczeniu na 1 mieszkańca. Z własnych doświadczeń autora wynika, że małe systemy kanalizacyjne, obsługujące ok. 200 mieszkańców, zakończone lokalnymi oczyszczalniami, przyjmują średnio ok. 6 – 11 m<sup>3</sup> na dobę, a więc zużycie na jednego mieszkańca (tab. 3<sup>1</sup>) wynosi 30-55 litrów. Oczywiście należy wziąć pod uwagę strukturę zużycia wody na wsi i wodę bezpowrotnie zużytą.

## Zapotrzebowanie na wodę

Dla mieszkalnictwa normy i wytyczne różnicują wskaźniki zapotrzebowania na wodę w zależności od perspektywicznych założeń jego rozwoju w zakresie struktury i standardu wyposażenia mieszkań w urządzenia techniczno-sanitarne. Określając zapotrzebowanie na wodę w budownictwie wielorodzinnym, zwraca się uwagę na to, czy dostawa ciepłej wody jest realizowana centralnie z ciepłowni, a także czy w rejonach ograniczonego i rozproszonego budownictwa istnieje możliwość stosowania lokalnych rozwiązań kanalizacyjnych i indywidualnych systemów oczyszczania ścieków. Ilości ścieków odprowadzanych

z instytucji, zakładów pracy, obiektów usługowych czy przemysłu rozpatruje się indywidualnie, korzystając ze wskaźników szczegółowych. W analizie nie można również pomijać wód przypadkowych, infiltracyjnych i drenażowych. Trzeba też sprawdzić miejscowe warunki gruntowe i jakość funkcjonującej sieci kanalizacyjnej. Maksymalną dobową ilość ścieków można określić jako sumę iloczynów średniego dobowego zapotrzebowania na poszczególne cele oraz odpowiednio dobranych współczynników nierównomierności dobowej  $N_{d\max}$ .

Przykładowo ilość ścieków bytowo-gospodarczych doprowadzanych do projektowanej oczyszczalni można obliczyć ze wzoru:

$$Q = M \cdot q_j \text{ [m}^3/\text{d]}$$

gdzie:

Q – natężenie dopływu ścieków,

M – ilość mieszkańców,

$q_j$  – jednostkowy wskaźnik ilości ścieków od mieszkańca [m<sup>3</sup>/M d], równy jednostkowemu zużyciu wody.

Liczba mieszkańców określana jest z reguły w planie zagospodarowania przestrzennego i spisach ludności. Obliczeniową ilość ścieków przemysłowych doprowadzanych do oczyszczalni miejskiej można ustalić na podstawie: decyzji administracyjnych (operatów wodnoprawnych zakładów przemysłowych), w których podany jest rodzaj oraz charakterystyczne ilości ścieków generowanych przez dany zakład przemysłowy, na bazie wskaźników jednostkowych zużycia wody podawanych na jednostkę produktu, opisywanych również dla danych gałęzi przemysłu w literaturze specjalistycznej, a także za pomocą ankiet.

Wskaźniki podawane są najczęściej w m<sup>3</sup> ścieków na jednostkę masy danego produktu. W zestawieniach często przedstawiane są również wartości maksymalne i minimalne.

W wielu miastach istnieją bardzo rozbudowane sieci kanalizacyjne, a ilość ścieków jest na ogół większa od objętości wody pobranej z wodociągu, głównie z powodu przenikania do kanalizacji wody gruntowej, wód roztopowych i nielegalnych podłączeń z innych instalacji niż określone w umowach na dostarczenie wody i odprowadzanie ścieków pomiędzy firmami wodociągowymi a ich klientami. Objętość wód infiltracyjnych jest uzależniona od głębokości posiadania kanałów w stosunku do występującego poziomu wód gruntowych oraz szczelności sieci kanalizacyjnej i ilości niekontrolowanych przyłączy. Obliczenie ilości wód infiltracyjnych, przypadkowych i drenażowych uzależnione jest od warunków lokalnych, które projektant oczyszczalni ścieków powinien dokładnie sprawdzić i przeanalizować. W większości przedsiębiorstw dostępne są stosowne dane i wiedza praktyczna operatorów, która ułatwia przygotowanie bilansu lub wskaże miejsca, które należy na etapie przygotowania bilansów dokładniej sprawdzić. W starej, nieszczelnej kanalizacji infiltracja może wynosić 35-15 m<sup>3</sup>/d na 1 km kanalizacji. W nowej kanalizacji rozdzielczej dopływ wód infiltracyjnych nie powinien przekraczać 45 litrów/d na 1 km kanału i 1 mm średnicy. To znaczy, że w przypadku nowego kanału o średnicy 500 mm i długości 1 km dopływ wód infiltracyjnych nie powinien przekraczać 22,5 m<sup>3</sup>/d na 1 km długości sieci.

REKLAMA



**MEPROZET**  
BRZEG

## Zbiorniki kanalizacyjne SOLIDKAN z polimerobetonu

[www.polimerobetonny.pl](http://www.polimerobetonny.pl)









zbiorniki SOLIDKAN o przekroju kołowym – średnice DN800, DN1000, DN1200, DN1500, DN2000

zbiorniki SOLIDKAN o przekroju owalnym – typszereg DN1500 i DN2000

wykonania konstrukcyjne - przejazdowe i nieprzejazdowe

wysokość całkowita zbiorników – do 10 m

**Doradztwo techniczne**

**Dostawy**

**Brzeska Fabryka Pomp i Armatury MEPROZET Sp. z o.o.**  
ul. Armii Krajowej 40, 49-304 Brzeg  
tel. 77 416 40 31, fax 77 416 23 48

Zakład Polimerobetonów  
e-mail: [biuro@polimerobetonny.pl](mailto:biuro@polimerobetonny.pl)

## Ścieki opadowe

W czasie deszczu objętość ścieków miejskich odprowadzanych siecią do oczyszczalni za pośrednictwem kanalizacji ogólnospławnej albo półrozdzielczej zwiększa się o część ścieków opadowych. W wielu oczyszczalniach w trakcie intensywnych deszczów nadmiar ścieków opadowych z kanalizacji ogólnospławnej odprowadza się do zbiorników retencyjnych (wyrównawczych) lub za pośrednictwem przelewów burzowych i separatorów piasku i tłuszczu bezpośrednio do odbiornika. Ścieki deszczowe również mogą przedostawać się do kanalizacji sanitarnej rozdzielczej w trakcie intensywnych opadów, gdy sieć deszczowa jest przeciążona (nie odbiera całej ilości ścieków) albo zapchana z uwagi na niewłaściwą konserwację, co jest bardzo częstym problemem. Większość sieci kanalizacji deszczowej jest zarządzana przez gminy i właścicieli dróg, a ich konserwacja nierzadko ogranicza się do prac interwencyjnych. Ścieki deszczowe z dróg, placów i innych powierzchni przedostają się do kanalizacji sanitarnej na przykład studniami czy włazami kanalizacyjnymi. Projektanci, gdy nie ma uzasadnionych przesłanek do przyjęcia w bilansie ilościowym ścieków większej ilości wód infiltracyjnych i przypadkowych, przyjmują wartość dodatko-

wą w ilości ok. 10% dopływu nominalnego.

Przepływy miarodajne dla oczyszczalni ścieków należy określać dla pogody bezdeszczowej, a najważniejszymi przepływami miarodajnymi są: przepływ średni dobowy, maksymalny dobowy oraz maksymalny godzinowy:

- średni dobowy –  $Q_{dsr}$  [ $m^3/d$ ],
- maksymalny dobowy –  $Q_{dmax}$  [ $m^3/d$ ],
- maksymalny godzinowy –  $Q_{hmax}$  [ $m^3/d$ ].

W uzasadnionych przypadkach ustala się również inne przepływy miarodajne, np. dzienny, nocny, minimalny, tygodniowy itp. Przy projektowaniu oczyszczalni ścieków za miarodajne przyjmuje się różne wartości charakterystyczne natężeń przepływu ścieków, w zależności od założeń, rodzaju obliczeń oraz od specyfiki projektowanych obiektów.

### Miarodajne obliczenia

Wykonując obliczenia ogólne, dotyczące np. niezbędnej stopy redukcji zanieczyszczeń w procesie technologicznym, operatów ekonomicznych wariantów zastosowanej technologii, (np. kosztów pompowania, napowietrzania, stabilizacji osadów), zużycia niezbędnych środków chemicznych (koagulantów, flokulantów i wapna), obciążenia osadu, ładunku BZT<sub>5</sub> i innych wskaźników zanieczyszczeń, za miarodajne uważa się do-

pływ średni dobowy –  $Q_{dsr}$ . Natomiast dopływ maksymalny godzinowy –  $Q_{hmax}$  stosuje się do wymiarowania np. pompowni ścieków surowych, rurociągów i kanałów, stacji dmuchaw, zbiorników retencyjnych uśredniających itd.

Łatwiej jest, gdy miarodajny skład ścieków do obliczeń projektant uzyska na podstawie wyników analiz próbek ścieków odprowadzanych z danej aglomeracji, miasta lub terenu, dla którego projektuje się oczyszczalnię, i wskutek analiz prowadzonych przez przedsiębiorstwo wodociągowe. Więcej czasu potrzeba na przygotowanie bilansu w terenie, w którym jednostki osadnicze nie są wyposażone w kanalizację i wiedza o strukturze jakościowej oraz ilościowej powstających ścieków jest bardzo ograniczona. Wtedy głównie wykorzystuje się plany zagospodarowania przestrzennego, spisy ludności w gminach, ankiety i wskaźniki określone w normach i wytycznych. Podstawą są również doświadczenia projektantów oraz eksploatatorów sieci kanalizacyjnych i oczyszczalni z najbliższej okolicy, którzy najlepiej znają lokalne realia.

Wartości jednostkowe wskaźników zanieczyszczeń pochodzących od jednego mieszkańca projektanci przyjmują wg wytycznych określonych już wiele lat temu przez wielkiego znawcę technologii ścieków, dr. inż. Karla Imhoffa, oraz normy ATV-DVWK-A 131 P w gramach na mieszkańca na dobę, zgodnie z tabelą 2. Przedstawiono w niej również parametry ścieków, jakie przyjmuje się, wykorzystując w oczyszczalni ścieków osadniki wstępne z uwzględnieniem różnych czasów zatrzymania w nich ścieków.

Faktyczne wartości jednostkowe wskaźników zanieczyszczeń dopływających w średnich i dużych oczyszczalniach ścieków w Polsce niewiele się różnią – takie wahania obserwuje się jednak w małych systemach kanalizacyjnych, obsługujących poniżej 2000 mieszkańców. W tabeli 3 pokazano zawartość poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń w przeliczeniu na m<sup>3</sup> ścieków dopływających do małych oczyszczalni oraz strukturę zużycia wody i ilość odprowadzanych ścieków na podstawie badań własnych autora<sup>1</sup>.

Najważniejsze dla procesu projektowania i eksploatacji oczyszczalni ścieków są przepływy: średni dobowy i maksymalny oraz maksymalny godzinowy. Pomiedzy nimi można obliczyć charakterystyczne współczynniki nierównomierności dopływu ścieków:

– współczynnik maksymalnego dobowego przepływu dotyczącego jednego roku:

$$N_{dmax} = \frac{Q_{dmax}}{Q_{dsr}}$$

Tab. 2. Wartości jednostkowych wskaźników zanieczyszczeń wg Imhoffa i normy ATV-DVWK-A 131 P

| Parametr         | Ścieki surowe g/M/d | Ścieki po osadniku wstępnym przy czasie zatrzymania w osadniku |            |
|------------------|---------------------|--|------------|
|                  |                     | 0,5 do 1 h   | 1,5 do 2 h |
| BZT <sub>5</sub> | 60                  | 45   | 40         |
| ChZT             | 120                 | 90   | 80         |
| Zawiesina ogólna | 70                  | 35   | 25         |
| Azot ogólny      | 11                  | 10   | 10         |
| Fosfor ogólny    | 1,8                 | 1,6  | 1,6        |

Tab. 3. Rzeczywiste parametry wybranych systemów kanalizacyjnych (jakość ścieków surowych podano jako średnią na podstawie analiz wykonanych w latach 2001-2003)<sup>1</sup>

| Kanalizacja   | $Q_{dsr}$ ilości zużywanej wody [ $m^3/d$ ] | $Q_{dsr}$ ilości ścieków [ $m^3/d$ ] | BZT <sub>5</sub> [ $g O_2/m^3$ ] | ChZT [ $g O_2/m^3$ ] | Nog. [ $g Nog./m^3$ ] | Pog. [ $g Pog./m^3$ ] | Zaw. og. [ $g/m^3$ ] |
|---|---|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Binkowo – 180 mieszkańców (średnia z 22 analiz ścieków)     | 16,3  | 6-10                                 | 698,1                            | 1 125,0              | 175,8                 | 18,4                  | 501,1                |
| Bodzyńskowo – 150 mieszkańców (średnia z 18 analiz ścieków) | 11,6  | 11-16                                | 312,2                            | 476,8                | 104,5                 | 8,4                   | 280,5                |
| Orkowo – 200 mieszkańców (średnia z 28 analiz ścieków)      | 11,3  | 6-11                                 | 903,9                            | 1 166,9              | 184,4                 | 20,4                  | 730,4                |
| Kaleje – 170 mieszkańców (średnia z 12 analiz ścieków)      | 10,31                                       | 8-9                                  | 805,9                            | 1 162,0              | 204,8                 | 25,8                  | 341,6                |

Tab. 4. Wartości współczynników nierównomierności dopływu ścieków<sup>2</sup>

| Wielkość jednostki osadniczej<br>(liczba mieszkańców) | Współczynniki nierównomierności |            |
|---|---------------------------------|------------|
|   | $N_{hmax}$                      | $N_{dmax}$ |
| < 2 000   | 3,00                            | 2,40       |
| 2 001-5 000   | 3,00                            | 2,00       |
| 5 001-10 000  | 2,66                            | 1,60       |
| 10 001-20 000   | 2,40                            | 1,60       |
| 20 001-100 000  | 2,00                            | 1,33       |
| > 100 000   | 1,50                            | 1,33       |

– współczynnik maksymalnego godzinowego dopływu:

$$N_{hmax} = \frac{24Q_{hmax}}{Q_{dsr}}$$

Ze względu na losowy charakter splywu ścieków siecią kanalizacyjną i specyfikę danej zlewni, do której dopływają zarówno ścieki bytowo-gospodarcze, jak i przemysłowe, oszacowanie współczynników nierównomierności jest bardzo trudne, zwłaszcza dla obiektów nowo projektowanych (z uwagi na brak danych, bo np. nie istnieje jeszcze sieć kanalizacyjna). Wiele przetargów zakłada budowę oczyszczalni dla danej grupy

odbiorców równocześnie z budową nowej sieci kanalizacyjnej. Łatwiej jest oczywiście przygotować takie współczynniki w przypadku modernizowanego obiektu, kiedy eksploatator posiada systemy raportowania i pełną wiedzę o specyfice danej sieci kanalizacyjnej. Oczywiście często mniej trudu sprawia sięgnięcie po przyjęte wskaźniki nierównomierności w normach branżowych, które stanowią pewne uogólnienie i uśrednienie wielkości charakterystycznych.

Na podstawie tabeli 4 można stwierdzić, że nierównomierność w dopływie

ścieków do oczyszczalni jest większa dla mniejszych miejscowości niż dla dużych. Oszacowanie maksymalnej ilości ścieków okazuje się trudne, dlatego zawsze istnieje potrzeba uwzględnienia na etapie projektu stosownej racjonalnej rezerwy przepustowości urządzeń oczyszczalni i możliwości jej odciążenia w sytuacjach ekstremalnych dopływów ścieków. Należy się również wziąć pod uwagę dopływ minimalny godzinowy, aby dobrane urządzenia były dostosowane także do minimalnego obciążenia hydraulicznego oczyszczalni. Nie można też zapominać o tym, że w bilansie jakościowym i ilościowym powinny się znaleźć również odcieki powstające w samej oczyszczalni, które w skrajnych przypadkach mogą stanowić poważny ładunek zanieczyszczeń, skumulowany w małej ilości ścieków.

#### Źródła

1. Klaczyński E.: *Eksploatacja sieci kanalizacyjnych na terenach wiejskich w gminie Śrem*. Materiały konferencyjne. „Kanalizacja wsi – stan obecny i perspektywy rozwoju”. Puszczykowo, 18-20 lutego 2004 r. PZiTS Poznań 2004.
2. Myszograj, S., i Panek, E.: *Bilansowanie ilości ścieków*. „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” 5/2007.

#### REKLAMA

Nowoczesne prefabrykaty betonowe dla kanalizacji z betonu SCC

www.kaprin.pl

**STUDNIA CONCRET®**  
- Ø 1000, Ø 1200, Ø 1500

**STUDNIA CONCRET® mini**  
- Ø 600

**DENNICA PERFECT®**  
- Ø 600, Ø 1000, Ø 1200, Ø 1500

KAPRIN®  
32-065 Krzeszowice  
ul. Zielona 7  
tel./fax (+48 12) 655 60 70

Szukasz profesjonalnej hurtowni instalacyjnej?

BUDOWNICTWO

DROGI

WODOCIĄGI

KANALIZACJA

Przewróć stronę >>