

Michał Mańczak

## Optymalizacja gospodarki ściekowej w gminach w świetle wytycznych Unii Europejskiej na przykładzie gminy Długotłęka

Starania Polski o wejście do Unii Europejskiej związane są między innymi z potrzebą uporządkowania gospodarki ściekowej w gminach, w celu zwiększenia skuteczności ochrony wód i powierzchni ziemi. Dyrektywa Unii Europejskiej nr 91/271/EEC [1] określiła terminy, po których ścieki powstające w różnych aglomeracjach powinny być poddane skutecznemu oczyszczeniu. Dyrektywa ta, ogłoszona w maju 1991 r., nałożyła obowiązek skanalizowania aglomeracji o równoważnej liczbie mieszkańców (RLM) od 2 tys. do 15 tys. w terminie do 31 grudnia 2005 r. (14-letni okres przejściowy), natomiast aglomeracji o liczbie mieszkańców ponad 15 tys. – w terminie do 31 grudnia 2000 r. (9-letni okres przejściowy). Polska ustawa prawo wodne [2] zobowiązuje aglomeracje o liczbie mieszkańców powyżej 2 tys. do wybudowania kanalizacji i oczyszczalni ścieków, nie określając terminu realizacji tych zadań. W tabeli 1 zestawiono wymagany skład ścieków odprowadzanych z oczyszczalni wg zaleceń Unii Europejskiej [1] oraz Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa [3].

8 i 9) podano dopuszczalne wartości stężeń i wskaźników zanieczyszczeń przy średniodobowych przepływach ścieków [4].

Minister Środowiska, zgodnie z delegacją art. 45 (pkt. 1) nowego prawa wodnego, ogłosił 12 lipca 2002 r. propozycję rozporządzenia w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, a także w celu rolniczego wykorzystania ścieków oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego, które powinny być eliminowane oraz ograniczane [15]. W tabeli 1 podano zaproponowane w tym rozporządzeniu wartości dopuszczalne składu ścieków oczyszczonych.

Podstawą do podjęcia przez władze gminy decyzji o sposobie unieszkodliwiania ścieków powinna być wielowariantowa koncepcja programowo-przestrzenna (KPP), której zakres wynika z przepisów ustawy prawo budowlane [5] oraz wytycznych Izby Projektowania Budowlanego [6]. Zakres

Tabela 1. Skład ścieków oczyszczonych wg wytycznych Unii Europejskiej [1] i przepisów polskich [3,15]

Parametr	Wart. dop. Obniżka	Dyrektywa UE dla Q <sub>srd</sub>			Rozporządzenie MOŚZNIŁ				Propozycja rozporządzenia MŚ				
		RLM 2+10 tys.	RLM 10+100 tys.	RLM >100 tys.	Q <sub>maxh</sub>		Q <sub>srd</sub>		RLM <2 tys.	RLM 2+10 tys.	RLM 10+15 tys.	RLM 15+100 tys.	RLM >100 tys.
					<2 tys. m <sup>3</sup> /d	>2 tys. m <sup>3</sup> /d	<2 tys. m <sup>3</sup> /d	>2 tys. m <sup>3</sup> /d					
BZT <sub>5</sub>	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> %	25 70+90	25 70+90	25 70+90	30 –	15 –	12,5 –	6,25 –	40 –	25 lub 70+90	25 lub 70+90	15 lub 90	15 lub 90
ChZT	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> %	125 75	125 75	125 75	150 –	150 –	62,5 –	62,5 –	150 –	125 lub 75	125 lub 75	125 lub 75	125 lub 75
Zawiesiny ogólne	g/m <sup>3</sup> %	60 70	35 90	35 90	50 –	50 –	16,7 –	16,7 –	50 –	35 lub 90	35 lub 90	35 lub 90	35 lub 90
Azot ogólny	gN/m <sup>3</sup> %	–	15 70+80	10 70+80	30 –	30 –	12,5 –	12,5 –	30* –	15* –	15* 35	15 i 80	10 i 85
Azot amonowy	gN/m <sup>3</sup> %	–	–	–	6 –	6 –	2,5 –	2,5 –	– –	– –	– –	– –	– –
Fosfor ogólny	gP/m <sup>3</sup> %	–	2 80	1 80	5 –	1,5 –	2,0 –	0,6 –	5* –	2* –	2* 40	2 i 85	1 i 90

\* Ścieki odprowadzane do jezior i ich zlewni

Z danych zawartych w tabeli 1 wynika, że obowiązujące przepisy polskie są bardziej restrykcyjne od wytycznych Unii Europejskiej. Widać to wyraźnie porównując dane zawarte w kolumnach 4 i 5 (zalecenia unijne) oraz 9 (przepisy polskie). Należy podkreślić, iż wytyczne unijne dotyczą nominalnych (średniodobowych) natężeń przepływu ścieków, podczas gdy rozporządzenie polskie podaje dopuszczalne wartości wskaźników i stężeń zanieczyszczeń, które nie mogą być przekroczone w żadnym dniu roku, co oznacza, że dotyczą przepływów maksymalnych godzinowych. W tabeli 1 (kolumny

KPP, mającej na celu wybór optymalnego rozwiązania gospodarki ściekowej w gminie, został określony przez autora w pracy [7]. Koncepcja ta powinna obejmować część opisową i graficzną. Na część opisową KPP powinny się składać następujące elementy:

- ogólna charakterystyka gminy (ludność, przemysł, usługi itp.),
- charakterystyka hydrograficzna (rzeki, potoki itp.),
- bilans ilości ścieków (bytowo-gospodarczych, przemysłowych i innych) oraz bilans ładunków zanieczyszczeń (obliczony metodą wskaźnikową dla okresu perspektywicznego 20+30 lat wg zaleceń autora [8]),
- wariantowe lokalizacje oczyszczalni ścieków,

- wariantowe trasy przebiegu rurociągów i lokalizacja pompowni przerzutowych,
  - odniesienie się KPP do zapisów aktualnego miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego,
  - zestawienie kosztów inwestycyjnych i scalonych,
  - wstępna ocena wpływu proponowanych wariantów na środowisko (powietrze atmosferyczne, hałas, wody podziemne, wody powierzchniowe, gleba),
  - wniosek (zalecenie) do władz gminy o wyborze wariantu, natomiast część graficzna KPP powinna obejmować:
    - schematy technologiczne (procesowe) proponowanych oczyszczalni ścieków,
    - plany sytuacyjne w skali 1:1000 do poszczególnych wariantów z zaznaczeniem lokalizacji proponowanych oczyszczalni ścieków, przebiegiem kanalizacji tranzytowej oraz lokalizacją pompowni przerzutowych.
- Do podstawowych kryteriów, wg których władze gminy winny podjąć decyzję o wyborze wariantu uporządkowania gospodarki ściekowej należą [9,10]:
- koszty inwestycyjne budowy oczyszczalni ścieków, skanalizowania poszczególnych miejscowości, budowy rurociągów przerzutowych oraz lokalnych i tranzytowych przepompowni ścieków,
  - koszty scalone systemu.

### Koszty inwestycyjne

Koszty inwestycyjne (zł) należy obliczyć wg równania:

$$I = \sum_{i=1}^m S_i + \sum_{j=1}^n O_j + \sum_{l=1}^p R_l + \sum_{k=1}^o P_k \quad (1)$$

w którym:

- $i=1,2,\dots,m$  – liczba miejscowości do skanalizowania,–
- $S_i$  – koszt skanalizowania  $i$ -tej miejscowości, zł
- $j=1,2,\dots,n$  – liczba oczyszczalni ścieków,–
- $O_j$  – koszt budowy  $j$ -tej oczyszczalni ścieków, zł
- $l=1,2,\dots,p$  – liczba odcinków rurociągów tranzytowych,–
- $R_l$  – koszt budowy  $l$ -tego rurociągu tranzytowego, zł
- $k=1,2,\dots,o$  – liczba przepompowni ścieków,–
- $P_k$  – koszt budowy  $k$ -tej przepompowni ścieków, zł

Koszty skanalizowania poszczególnych miejscowości w gminie (zł) należy obliczyć wg równania:

$$S_i = L_i q_i \quad (2)$$

w którym:

- $L_i$  – długość sieci kanalizacyjnej (metry bieżące), należy obliczyć z uwzględnieniem wskaźnika jednostkowego (metry bieżące na mieszkańca – wg [11]  $L_i=2,9$  m/M)
- $q_i$  – jednostkowy koszt budowy sieci kanalizacyjnej w  $i$ -tej miejscowości, zł/m (obecnie 250 zł/m)

Koszt budowy oczyszczalni ścieków (zł) należy obliczyć wg równania:

$$O_j = Q_j d_j \quad (3)$$

w którym:

- $Q_j$  – przepustowość  $j$ -tej oczyszczalni,  $m^3/d$
- $d_j$  – jednostkowy koszt budowy  $j$ -tej oczyszczalni, zł/ $m^3d$ , który zależy od przepustowości oczyszczalni ścieków

Według danych Biura Projektów Budownictwa Komunalnego we Wrocławiu [11], jednostkowy koszt budowy oczyszczalni ścieków usuwającej związek organiczne oraz azot i fosfor należy obliczyć wg wzoru:

$$d_j = 31428Q_j^{-0,2881} \quad (4)$$

Koszt budowy rurociągów tranzytowych określony wzorem:

$$R_l = L_l r_l \quad (5)$$

należy obliczyć uwzględniając długość odcinka rurociągu tłoczego ( $L_l$ ) oraz jednostkowy koszt budowy ( $r_l$ ), który wg [11] oblicza się ze wzoru:

$$r_l = 0,0011x^2 + 1,0349x + 4,1528 \quad (6)$$

w którym:

$x$  – średnica rurociągu, mm

Koszt budowy przepompowni ścieków  $P_k$  należy określić, uwzględniając wg [11] jej przepustowość oraz wysokość podnoszenia ścieków, zgodnie z równaniem:

$$P_k = -1,7273x^2 + 789,36x + 1363,6 \quad (7)$$

w którym:

$x$  – iloczyn natężenia przepływu i wysokości podnoszenia pomp,  $dm^3/s \cdot m$

### Koszty scalone

Koszty scalone (zł/a) stanowią sumę kosztów eksploatacyjnych poszczególnych elementów systemu odprowadzania i unieszkodliwiania ścieków oraz kosztów wynikających z amortyzacji tych elementów:

$$KS = 365E_o + 365E_p + \sum_{j=1}^n \frac{O_j}{30} + \sum_{l=1}^p \frac{R_l}{50} + \sum_{k=1}^o \frac{P_k}{20} \quad (8)$$

Całkowite koszty systemu unieszkodliwiania ścieków powinny uwzględniać koszty eksploatacyjne następujących elementów:

- kanalizacja w poszczególnych miejscowościach,
- oczyszczalnie ścieków,
- rurociągi tranzytowe,
- przepompownie ścieków.

W koncepcji programowo-przestrzennej, która ma służyć do wyboru optymalnego wariantu systemu unieszkodliwiania ścieków w gminie nie muszą być uwzględniane koszty eksploatacji sieci w poszczególnych miejscowościach (identyczne dla każdego wariantu) oraz koszty eksploatacji kanalizacji przerzutowej, gdyż na ogół eksploatacja bieżąca kanalizacji należy do obowiązków lokalnych Zakładów Gospodarki Komunalnej.

Do opracowania KPP należy przyjąć następujące okresy amortyzacji:

- oczyszczalnia ścieków: 30 lat,
- kanalizacja lokalna i tranzytowa: 50 lat,
- przepompownia ścieków: 20 lat.

Koszty eksploatacyjne obejmują [12]:

- dla oczyszczalni ścieków: zużycie energii, zużycie chemikaliów, zużycie wody, transport odpadów, przeglądy, konserwacje, remonty, bieżącą obsługę urządzeń oczyszczalni,

kontrolę przebiegu procesów oczyszczania (pomiarów oraz analityka jakości ścieków i osadów),

– dla sieci kanalizacyjnej: przeglądy, konserwacje sieci, usuwanie awarii i uszkodzeń, płukanie sieci (zużycie wody), badanie i regulację pracy sieci, remonty lub wymianę (odcinaków),

– dla pompowni ścieków: zużycie energii, kontrolę pracy pomp, przeglądy, konserwacje, remonty.

Koszty eksploatacyjne oczyszczalni ścieków (zł/d) określa wzór:

$$E_o = Q_j e_o \quad (9)$$

w którym:

$e_o$  – jednostkowe koszty eksploatacyjne oczyszczalni ścieków, zł/m<sup>3</sup>d, które należy obliczać zgodnie z równaniem [11]:

$$e_o = 6,6761Q_j^{-0,2709} \quad (10)$$

Koszty eksploatacyjne przepompowni ścieków ( $E_p$ , zł/d) należy obliczyć biorąc pod uwagę wskaźnik jednostkowy zużycia energii, ilość ścieków dopływających do pompowni oraz koszt energii elektrycznej.

### Wyniki obliczeń symulacyjnych

Optymalizację systemu unieszkodliwiania ścieków omówiono na przykładzie gminy Długołęka, powiat Wrocław, na terenie której znajduje się 45 miejscowości zamieszkałych przez około 17,6 tys. osób. Obliczeniowa ilość ścieków w gminie w roku 2020 wynosi 3094,55 m<sup>3</sup>/d [13]. Na początku lat 90. wybudowano oczyszczalnię ścieków w miejscowości Mirków Stary o przepustowości 865,5 m<sup>3</sup>/d [14].

Na etapie opracowywania KPP zaproponowano następujące warianty systemów unieszkodliwiania ścieków [13]:

– wariant I, obejmujący skierowanie całej ilości ścieków do istniejącej zbiorczej oczyszczalni w Mirkowie Starym oraz jej rozbudowę i modernizację,

– wariant II, obejmujący skierowanie ścieków i ich oczyszczanie w dwóch zbiorczych oczyszczalniach (istniejącej w Mirkowie Starym i projektowanej w Mirkowie),

– warianty III i IV, obejmujące oczyszczanie ścieków w istniejącej oczyszczalni w Mirkowie Starym oraz w kilku lokalnych oczyszczalniach.

Elementy składowe systemu odprowadzania i unieszkodliwiania ścieków dla gminy Długołęka w poszczególnych wariantach przedstawiono w tabeli 2 [13].

Wyniki obliczeń kosztów inwestycyjnych realizacji wariantów I, II, III i IV oraz kosztów scalonych, związanych

Tabela 2. Elementy składowe systemu odprowadzania i unieszkodliwiania ścieków w gminie Długołęka

Wariant	Liczba oczyszczalni	Rurociągi tranzytowe, km		Liczba pompowni ścieków
		grawitacyjne	łłoczne	
I	1	12,4	53,4	33
II	2	13,1	51,5	32
III	6	12,4	42,7	27
IV	6	9,6	43,2	29
V	18	1,0	37,2	24

z funkcjonowaniem systemu w poszczególnych wariantach, zestawiono w tabeli 3 [13].

Z danych zawartych w tabeli 3 wynika, że wariant I z gminną oczyszczalnią ścieków w Mirkowie Starym, z systemem kanałów i rurociągów tranzytowych oraz pompowniami sieciowymi jest najtańszy, zarówno w kosztach inwestycyjnych jak i scalonych.

W celu obniżenia kosztów inwestycyjnych i scalonych systemu odprowadzania i unieszkodliwiania ścieków w miejscowościach leżących na obrzeżach gminy, obliczonych dla wariantu I, zaproponowano w miejsce systemu spławiania ścieków – wybudowanie 18 lokalnych naturalnych oczyszczalni ścieków (wariant V). Wariant ten przewiduje również budowę 24 pompowni przerzutowych oraz 38,2 km rurociągów tranzytowych (tab.2). Koszty inwestycyjne i scalone realizacji wariantu V zawiera tabela 3.

Ze szczegółowych obliczeń symulacyjnych wynika, że budowa lokalnych oczyszczalni ścieków (stawy tlenowe nienapowietrzane w 13 miejscowościach oraz osadniki gnilne z drenażem rozsączającym w 5 miejscowościach) obniży sumaryczne koszty inwestycyjne o ok. 14,6% oraz koszty scalone o ok. 8,1%, a wskaźnik kosztów jednostkowych unieszkodliwiania ścieków powstających w gminie spadnie z 1,3226 zł/m<sup>3</sup> w wariantcie I do wartości 1,2151 zł/m<sup>3</sup> w wariantcie V.

### Podsumowanie

Przedstawiona metodyka optymalizacji gospodarki ściekowej w gminach wykazała, że podstawowym kryterium wyboru wariantu optymalnego są koszty inwestycyjne i koszty scalone systemu odprowadzania i unieszkodliwiania ścieków oraz wynikający z nich wskaźnik kosztów jednostkowych. Podjęcie decyzji o wyborze systemu unieszkodliwiania ścieków na terenie gminy powinno być każdorazowo poprzedzone opracowaniem wielowariantowej koncepcji programowo-przestrzennej wg metodyki przedstawionej w niniejszym artykule.

Tabela 3. Koszty inwestycyjne i scalone systemu odprowadzania i unieszkodliwiania ścieków

Wariant	Koszty inwestycyjne, zł				Koszty scalone, zł/a				Wskaźnik kosztów jednostkowych zł/m <sup>3</sup>
	oczyszczalnie	pompownie	rurociągi tranzytowe	razem	oczyszczalnie	pompownie	amortyzacja	razem	
I	9 600 037	603 431	10 702 152	20 905 620	858 428	71 247	564 216	1 493 891	1,3226
II	11 704 926	522 876	10 133 089	22 360 891	1 030 147	65 297	618 970	1 714 414	1,5178
III	14 294 289	352 468	7 807 820	22 454 577	1 236 703	30 756	650 256	1 917 715	1,6978
IV	13 722 338	352 518	7 675 696	21 750 552	1 189 651	29 878	628 551	1 848 080	1,6361
V	10 297 112	505 907	7 047 714	17 850 733	813 308	49 749	509 487	1 372 544	1,2151

**LITERATURA**

1. Dyrektywa Unii Europejskiej nr 91/271/EEC z 21 maja 1991 r.
2. Ustawa z 18 lipca 2001 r. prawo wodne. Dz. U. nr 115, poz. 1229.
3. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z 5 listopada 1991 r. Dz. U. nr 116, poz. 503.
4. J. PRZEWŁOCKI: Integracja Polski z Unią Europejską oraz jej konsekwencje dla użytkownika i ochrony wód w kraju. Mat. konf. „Problemy oczyszczania ścieków i ochrony wód w dorzeczu Odry”, RZGW we Wrocławiu, Karpacz 2000, ss. 33–41.
5. Ustawa z 7 lipca 1994 r. prawo budowlane (wraz ze zmianami). Tekst jednolity. Dz. U. nr 43, 2000, poz. 489.
6. Izba Projektowania Budowlanego: Środowiskowe zasady wycen prac projektowych. Bisprol, Warszawa 2000 (praca nie publikowana).
7. M. MAŃCZAK: Harmonogram prac projektowych oczyszczalni ścieków miejskich w świetle przepisów RP. Człowiek–Środowisko–Zagrożenie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002, ss. 91–110.
8. M. MAŃCZAK: Określenie danych wyjściowych do projektowania oczyszczalni ścieków miejskich. Inst. Inż. Ochr. Środow. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2001 (praca nie publikowana).
9. K. BARTOSZEWSKI, M. KWIATKOWSKA: Zasady wyboru systemu oczyszczania ścieków. Ochrona Środowiska, 1988, nr 1(34), ss. 23–26.
10. A. URBANIAK: Planowanie rozwoju systemów zaopatrzenia w wodę i oczyszczania ścieków. Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 1990.
11. M. PIÓRKOWSKA: Rozwiązanie gospodarki wodno-ściekowej gminy Namysłów. Inst. Inż. Ochr. Środow. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2000 (praca nie publikowana).
12. M. ROMAN: Kanalizacja. Tom 2 – Oczyszczanie ścieków. Arkady, Warszawa 1986.
13. M. MAŃCZAK i inni: Nowe warianty do istniejącej koncepcji gospodarki ściekowej, zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa polskiego i wytycznymi Unii Europejskiej. Biuro Studiów i Projektów Ochrony Wód JMS, Wrocław 2002 (praca nie publikowana).
14. W. CZARNY: Ocena stanu technicznego oczyszczalni ścieków w Mirkowie Starym. Wrocław 2001 (praca nie publikowana).
15. Propozycja rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, a także w celu rolniczego wykorzystania ścieków oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego, które powinny być eliminowane oraz ograniczane. Projekt z 12 lipca 2002 r.

### *Optimization of the County Wastewater Management Systems in Terms of EU Recommendations*

*EU recommendations for wastewater management and relevant Polish legislation were analyzed carefully in terms of compliance. Comparisons were made for the compositions of the effluents treated according to the EU standards and Polish regulations. The scope of a multi-variant concept was presented to help the county authorities make decisions pertaining to the methods of wastewater disposal. Presented were also some basic*

*criteria for the choice of an optimal variant. Consideration was given to the methods of reckoning the costs of the wastewater discharge and disposal system, and these include capital and joint costs as well. The components of the operating costs for particular elements of the system were determined. For the purpose of illustration, the wastewater disposal system of Długotłęka, District of Wrocław, was optimized.*