

Witold Górecki, Krzysztof R. Mazurski

## Optimalizacja wyboru typu oczyszczalni ścieków dla małych jednostek osadniczych

Od kilku już lat obserwuje się w Polsce znaczne wzbogacenie oferty rynkowej w różnych dziedzinach, w tym również w zakresie urządzeń do oczyszczania ścieków, a także kompletnych – najczęściej zblokowanych – oczyszczalni ścieków. Dotychczasowe krajowe rozwiązania w tej dziedzinie spotkały się z rosnącą konkurencją propozycji zachodnich, co dodatkowo skomplikowało procesy decyzyjne.

Zagadnienie to jest o tyle ważne, że kompetencje w zakresie podobnych inwestycji spoczywają na barkach gmin, szczególnie ostrożnie podchodzących do spraw finansowych. W tej sytuacji projektanci inwestycji i gremia decyzyjne powinny dysponować odpowiednim instrumentarium, obiektywizującym wybór typu oczyszczalni ścieków.

Dotychczas w Polsce obowiązywały inwestorów i projektantów dwa kryteria ekonomicznej oceny efektywności inwestycji [3]:

– kryterium efektywności bezwzględnej, czyli rentowności, określanej nadwyżką efektów wyrażanych w jednostkach pieniężnych nad kosztami ich pozyskania,

– kryterium efektywności względnej, czyli porównawczej, której istotą jest minimalizacja kosztów na jednostkę naturalną efektu.

W wypadku inwestycji w dziedzinie ochrony środowiska, stanowiących samodzielne zadania, obowiązuje tylko ten drugi wskaźnik. Jednakże w gospodarce rynkowej ocena taka musi być dostosowana do potrzeb wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego. Praktycznie spotyka się następujące metody:

– metoda bieżącej wartości netto (*net present value* – NPV) polega na porównaniu wartości przychodów i nakładów zdyskontowanych do obecnej wartości pieniądza, przy założeniu określonej stopy procentowej; pozwala to określić bieżącą wartość przyszłych efektów netto, otrzymanych w wyniku wdrożenia projektu, i porównać ją z przewidywaną wartością nakładów inwestycyjnych,

– metoda wewnętrznej stopy zwrotu kapitału (*internal rent return* – IRR) jest podobna do poprzedniej, ale wynikiem staje się stopa dyskontowa, przy której bieżąca wartość przyszłych dochodów jest równa nakładom inwestycyjnym, czyli stopa graniczna; najkorzystniejsza dla różnych wariantów jest stopa najwyższa.

Wskaźnik okresu zwrotu nakładów określa czas, w którym uzyskane przychody z inwestycji zrównoważą się z nakładami.

Najkorzystniejszy jest wariant o najkrótszym okresie zwrotu. Nie uwzględnia on natomiast przychodów, jakie mogą pojawić się po okresie zwrotu i dlatego bywa stosowany jedynie we wstępnej fazie kalkulacji.

Zadania oceny projektu inwestycyjnego komplikują się poważnie w przypadku projektów z zakresu ochrony środowiska, jako że wiele cech i zjawisk związanych z tym ostatnim nie poddaje się bezpośredniej wycenie ekonomicznej. Na obecnym etapie zastosowanie znajduje metoda bieżącej wartości netto, do której wprowadza się dodatkowo wartość odzyskanych surowców odpadowych i nowo wytworzonych z nich produktów, uniknięte straty w środowisku po zastosowaniu projektu oraz zaoszczędzone opłaty ekologiczne, w tym kary i odszkodowania z tytułu destrukcji środowiska. Natomiast wskaźnik efektywności kosztowej określa stosunek kosztów do efektów rzeczowych, uwzględniając bieżącą wartość kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych, a efekty wyraża w jednostkach naturalnych. Wreszcie analiza kosztów i korzyści polega na porównaniu krańcowych kosztów i krańcowych korzyści.

W pierwszym etapie oblicza się średnią efektywność kosztową dla wszystkich wariantów, a następnie koszty krańcowe dla każdego z nich. Określają one koszty wywołane zmniejszeniem emisji zanieczyszczeń o jednostkę i są stosunkiem przyrostu kosztów całkowitych i przyrostu efektu ekologicznego. W drugim etapie dokonuje się ustalenia korzyści wynikających z zastosowania każdego z wariantów. Najczęściej odbywa się to metodą szacowania bezpośrednich strat unikniętych, ujawnionych technik preferencyjnych lub chęci do wnoszenia opłat za czystość środowiska. Maksymalizacja korzyści, przy jednoczesnej minimalizacji kosztów, występuje w punkcie przecięcia się krzywych kosztów i korzyści krańcowych.

Interesujące rozwiązanie daje metoda optymalizacji wyboru typu oczyszczalni ścieków, wykorzystująca system premiovania. W niniejszej pracy dokonano weryfikacji tej metody na przykładzie gminy Miosroszów, w której zanieczyszczenie zasobów wodnych jest tak znaczne, że można już mówić o deficycie wody do picia. Przywrócenie większości rzek odpowiedniej jakości będzie wymagało coraz większych nakładów finansowych, które z reguły mają ograniczony charakter.

### Proponowana metoda optymalizacji

Głównym założeniem metody optymalizacji, wykorzystującej system premiovania, jest uporządkowanie celów według hierarchii ważności, od najważniejszego do najmniej ważnego [1]. Metoda ta opiera się na systemie premii, który należy utworzyć w postaci macierzy:

$$P = [p_{ir}]_{(k \times n)} = \begin{bmatrix} p_{11} & L & L & p_{1n} \\ M & O & & M \\ M & & O & M \\ p_{k1} & L & L & p_{kn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

gdzie:

$p_{ir}$  – premia przyznana za zajęcie  $r$ -tego miejsca i osiągnięcie  $i$ -tego celu;  $i=1, \dots, k$ ;  $r=1, \dots, n$

$M, L, O$  – wektory zmian wartości

Przy tworzeniu systemu premii należy kierować się dwoma zasadami:

– za dalsze miejsce w osiąganiu danego celu należy przyznać mniejszą premię, czyli  $p_{ir} \geq p_{i,r+1}$ ,

– im mniej ważny jest cel, tym mniejsza powinna być premia za zajęcie tego samego miejsca, stąd  $p_{ir} \geq p_{i+1,r}$ .

Cała metoda składa się z analizy podzielonej na sześć etapów. Pierwszy krok polega na ustaleniu systemu premii i przedstawienia go w postaci macierzy  $P$ . Następnie należy uporządkować premie od największej do najmniejszej i przedstawić je w ciągu, w którym powinny powtarzać się tyle razy, ile razy występują w macierzy. Trzeci krok polega na przypisaniu każdej premii numeru miejsca, przy czym premii największej przypisuje się nr 1. Jeżeli wystąpią premie o jednakowej wielkości, to należy zsumować ich kolejne numery i podzielić przez liczbę, w jakiej się powtarzają. W kolejnym etapie przeprowadza się porządkowanie możliwości ze względu na wartości poszczególnych charakterystyk. Piąty krok to przypisanie każdej możliwości premii i obliczenie dla każdej z nich tzw. globalnego wskaźnika miejsca:

$$\varphi(A_j) = \sum_{i=1}^k r_{ij} \quad (2)$$

gdzie:

$\varphi(A_j)$  – globalny wskaźnik miejsca przypisany  $j$ -tej możliwości

$r_{ij}$  – miejsce, jakie uzyskała  $j$ -ta możliwość ze względu na realizację  $i$ -tego celu ( $i$ -tej charakterystyki)

Ostatni etap ogranicza się do wyboru możliwości optymalnej, to jest takiej, której globalny wskaźnik miejsca przyjmuje wartość najmniejszą ( $\varphi(A_j) \rightarrow \min$ ).

Metodę tę wykorzystuje się często w sytuacjach, kiedy trudno podjąć decyzję o wyborze najlepszego rozwiązania, ponieważ poszczególne możliwości różnią się między sobą w niewielkim stopniu i podjęcie trafnej decyzji bez odwołania się do narzędzi wspomagających proces decyzyjny bywa niemożliwe.

## Rozpatrywane typy oczyszczalni ścieków

Przy tworzeniu systemu oczyszczalni ścieków na górskim terenie gminy Mieroszów wystąpiła możliwość wykorzystania rozwiązań technicznych trzech firm.

Brane pod uwagę oczyszczalnie ścieków, o przyjętym tu symbolu  $A_1$ , stanowiły typoszereg zaprojektowany i produkowany przez firmę amerykańską. Urządzenia te (zastosowane w latach 70.) przeznaczone są do oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych z małych i średnich jednostek osadniczych oraz obiektów użyteczności publicznej, takich jak szkoły, hotele, centra handlowe, szpitale, domy kultury itd. Obiekty te mogą być z powodzeniem wykorzystywane do oczyszczenia ścieków pochodzących z przemysłu spożywczego, bądź pokrewnych, których skład jakościowy odpowiada właściwościom

fizyczno-chemicznym ścieków bytowo-gospodarczych. Dostępny typoszereg umożliwia dobór urządzeń oczyszczalni w zakresie 27+1135 m<sup>3</sup>/d dla jednej jednostki podstawowej. Pracują one w oparciu o technologię niskoobciążonego osadu czynnego wraz z tlenową stabilizacją osadów. Jest to metoda uznana w inżynierii sanitarnej za optymalną przy wykorzystaniu procesów biologicznych.

Producentem kontenerowych oczyszczalni ścieków, oznaczonych symbolem  $A_2$ , była firma z Warszawy. Nowoczesne urządzenia w dwóch podtypach stosowane są do oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych i technologicznych z obiektów małych i średnich oraz rozproszonych i wolno stojących. Możliwe jest uzyskanie w nich wysokiego stopnia usunięcia związków fosforu, poprzez zastosowanie symultanicznego strącania. Oczyszczalnie nie wymagają stałej obsługi technicznej, gdyż procesy technologiczne oczyszczania przebiegają automatycznie. Wymagany jest natomiast nadzór techniczny. Do oczyszczalni podtypu pierwszego, w zależności od liczby komór, potrzebny jest teren o wielkości 120+600 m<sup>2</sup>, natomiast dla podtypu drugiego – 600+2500 m<sup>2</sup>.

Również przedsiębiorstwo z Warszawy było producentem kompaktowych biologicznych oczyszczalni ścieków z osadem czynnym, oznaczonych symbolem  $A_3$ . Służą one do pełnego biologicznego oczyszczania ścieków komunalnych w małych jednostkach osadniczych, ośrodkach wypoczynkowych, hotelach i centrach handlowych. W celu polepszenia procesu defosfatacji lub dla wywołania koagulacji silnie zanieczyszczonych ścieków przemysłowych zastosowano dodatkowo chemiczne oczyszczanie. Powstałe podczas procesu oczyszczania osady są całkowicie ustabilizowane tlenowo, a ich ilości są znikome. Osad po odwodnieniu może być wykorzystany rolniczo pod warunkiem braku metali ciężkich. Dla posadowania urządzeń oczyszczalni potrzeba jest bardzo mała powierzchnia terenu. Obiekty te są rozmieszczone tak, że pozostający do dyspozycji teren pod oczyszczalnię zostaje optymalnie wykorzystany. W zależności od wielkości wymaga ona powierzchni 120+600 m<sup>2</sup>. Oczyszczalnia jest wyposażona w najnowocześniejsze urządzenia techniczne i elektroniczne, z uwzględnieniem optymalizacji poboru energii elektrycznej w trakcie jej eksploatacji. Obsługa nie wymaga zatrudnienia stałych pracowników, wystarczy rutynowa kontrola raz dziennie. Okresowo należy opróżnić zbiornik magazynowy osadu nadmiernego oraz oczyścić krawędź przelewową osadnika wtórnego.

## Podstawy wyboru gminy Mieroszów

Do zweryfikowania metody wyboru typu oczyszczalni ścieków, wykorzystującej system premiowania, wybrano gminę Mieroszów, w której na powierzchni 78 km<sup>2</sup> mieszka około 8 tys. osób. Położona jest ona w Sudetach Środkowych, cechuje się więc typowo górskim środowiskiem i rozproszoną zabudową, stąd problemy ochrony wód są tu szczególnie ważne, a zarazem trudne. Ponadto tereny te mają szczególną predyspozycję do rozwoju usług rekreacyjno-turystycznych. Głównym ciekim na tym terenie jest Ścinawka, która bierze początek w okolicy Kamionki w Górach Kamiennych, za Golińskiem opuszcza granice gminy oraz kraju, płynąc w kierunku Meziměstí. Rzeka uchodzi następnie do Nysy Kłodzkiej w okolicach Kłodzka. Wody Ścinawki przeznaczone są do zaopatrzenia w wodę do picia miejscowej ludności i przemysłu. Jednocześnie główne jej dopływy i ona sama przepływają

przez najbardziej zurbanizowane i uprzemysłowione tereny gminy, stanowiące źródło zanieczyszczenia tych rzek ściekami sanitarnymi i przemysłowymi. Dla Ścinawki wymagana jest docelowa pierwsza klasa czystości wód [2].

Obecnie na wysokości Mieroszowa i poniżej miasta wody Ścinawki zaliczone są do III klasy czystości, przy czym w zakresie parametrów bakteriologicznych nie odpowiadają normom. Na odcinku powyżej Mieroszowa zalicza się je do II klasy czystości. Większość dopływów, a w szczególności ich odcinki górne i środkowe, prowadzi wody I klasy czystości, ujmowane w wielu wypadkach do zaopatrzenia w wodę do picia. Następnie jakość wody w rzece pogarsza się głównie w zakresie BZT<sub>5</sub>, zawiesin ogólnych, fosforanów i miana *coli*. Poniżej Mieroszowa wody Ścinawki zasilane są odciekami z wylewiska i wysypiska, prowadzonymi przez Czarczi Potok, co jest uciążliwe przy niskich stanach. Należy się spodziewać, że płytko położone wody gruntowe, mające kontakt z wodami powierzchniowymi, są również poważnie zanieczyszczone.

Pod względem fizyczno-chemicznym jakość wody w okolicach Golińska odpowiada III klasie czystości (z wyjątkiem fosforanów). Stwierdzono sezonowe zmiany wartości BZT<sub>5</sub>. W latach 1994+1996 następował wzrost tego wskaźnika w miesiącach zimowych oraz późnojesiennych, jak również jego niższy poziom w okresach lata i wiosny. W latach tych następowała też stopniowa, ale zauważalna poprawa poziomu tego wskaźnika, spełniając warunki stawiane wodom II klasy czystości. Najlepiej wypadł on dla poziomu zawiesin ogólnych, w latach 1994+1996 osiągając I klasę czystości wód z III, uzyskanej w latach 1990+1991. Za wyjątkowy można uznać rok 1995 z powodu prawie dziesięciokrotnie niższego poziomu tego wskaźnika w stosunku do górnej granicy określającej czystość wód I klasy. Mimo to strona czeska wnosi stale pretensje do Polski i dlatego w umowie międzyrządowej o rozwoju pogranicza polsko-czeskiego, podpisanej w Kłodzku 26 września 1997 r., zawarto m.in. problem ochrony wód Ścinawki.

Zorganizowaną gospodarkę ściekową mają jedynie uzdrowisko Sokołowsko i wieś Nowe Siodło. W Sokołowsku funkcjonuje kanalizacja sanitarna i deszczowa oraz mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków sprzed 1939 r. Część mechaniczna przyjmuje całość ścieków, natomiast na część biologiczną trafiają jedynie ścieki sanitarne. W Nowym Siodle oddano do użytku kanalizację sanitarną oraz wiosną 1997 r. oczyszczalnię typu korzeniowo-glebowego, która dopiero po dwóch latach osiągnie pełną sprawność. Pozostałe wsie i sołectwa w gminie nie mają zorganizowanego systemu oczyszczania i odprowadzania ścieków. Mieszkańcy odprowadzają je do bezodpływowych osadników, których zawartość jest częściowo wywożona przez służby komunalne do kanalizacji w Głuszycy, a pozostałość jest kierowana w sposób nie kontrolowany do rowów melioracyjnych, do gruntu lub do Ścinawki – bezpośrednio lub pośrednio. Podobnie dzieje się również z niektórymi ściekami technologicznymi, np. rozlewnia wód gazowanych przy ul. Wolności ścieki z mycia butelek odprowadza bezpośrednio do rowu.

Mieroszów wyposażony jest w kilka lokalnych oczyszczalni, w których oczyszczanie jest niepełne, a całość gospodarki ściekowej – nieuporządkowana. Szczątkowe kanały burzowe odprowadzają ścieki sanitarne po osadnikach oraz wody opadowe bezpośrednio do tego cieku. W 1996 r. rozpoczęta została budowa kolektora do mającej powstać oczyszczalni.

Z uwagi na duży zakres prac inwestycja została podzielona na etapy. Obecnie kończony jest etap pierwszy, a pozostałe dwa mają być zakończone w 1998 roku. Ta niekorzystna sytuacja zmusza do kompleksowego rozwiązania gospodarki ściekowej w całej gminie. Dla każdej jednostki osadniczej przyjęto system kanalizacji rozdzielczej. Ze względu na rodzaj zabudowy należy uznać, że tylko niewielkie obszary wsi powinny mieć kanalizację deszczową. Dotyczy to terenów nowego, intensywnego budownictwa mieszkaniowego i usługowego. Kanalizacja sanitarna wraz z oczyszczalniami ścieków powinna objąć niżej wymienione wsie z następującymi rozwiązaniami:

– Kamionka i Rybnica Leśna: zalecana jest budowa lokalnej mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków zlokalizowanej między Kamionką a Rybnicą Leśną; odbiornikiem oczyszczonych ścieków będzie potok Rybna,

– Uniąw Śląski: zalecana budowa lokalnej mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków zlokalizowanej w południowo-zachodniej części wsi w pobliżu torów kolejowych; odbiornikiem oczyszczonych ścieków będzie Ścinawka,

– Łączna: zalecana budowa lokalnej mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków zlokalizowanej w południowo-zachodniej części wsi; odbiornikiem oczyszczonych ścieków będzie ciek bez nazwy,

– Różana: budowa lokalnej mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków zlokalizowanej w wysuniętej najbardziej na północ części wsi; odbiornikiem oczyszczonych ścieków będzie ciek bez nazwy.

### Procedura obliczeniowa

Do podjęcia konkretnych decyzji inwestycyjnych niezbędne stało się dokonanie wyboru konkretnego typu oczyszczalni spośród bogatej już oferty na polskim rynku. Wyboru tego dokonano w oparciu o zaprezentowaną metodę i z wykorzystaniem tych parametrów, jakie były możliwe do uzyskania w odniesieniu do omówionych uprzednio rozwiązań technologicznych.

### Wybór oczyszczalni dla Uniąwia Śląskiego

Przyjęto następujące typy oczyszczalni ścieków:

A<sub>1</sub> – oczyszczalnia ścieków o przepustowości 166 m<sup>3</sup>/d,

A<sub>2</sub> – kontenerowa oczyszczalnia ścieków o przepustowości 180 m<sup>3</sup>/d,

A<sub>3</sub> – kompaktowa oczyszczalnia ścieków o przepustowości 180 m<sup>3</sup>/d,

oraz następujące parametry decyzyjne (tab.1):

C<sub>1</sub> – koszt budowy oczyszczalni, zł (w<sub>1</sub>, a<sub>1j</sub>→min),

C<sub>2</sub> – wskaźnik inwestycyjny, zł/m<sup>3</sup> (w<sub>2</sub>, a<sub>2j</sub>→min),

C<sub>3</sub> – stopień obniżenia BZT<sub>5</sub>, % (w<sub>3</sub>, a<sub>3j</sub>→max),

C<sub>4</sub> – stopień obniżenia ChZT, % (w<sub>4</sub>, a<sub>4j</sub>→max),

C<sub>5</sub> – stopień usunięcia zawiesin, % (w<sub>5</sub>, a<sub>5j</sub>→max),

C<sub>6</sub> – stopień usunięcia azotu ogólnego, % (w<sub>6</sub>, a<sub>6j</sub>→max),

C<sub>7</sub> – stopień usunięcia fosforu ogólnego, % (w<sub>7</sub>, a<sub>7j</sub>→max),

C<sub>8</sub> – zużycie energii, kWh/d (w<sub>8</sub>, a<sub>8j</sub>→min).

Założono, że wszystkie możliwości są poprawne i żadnej nie eliminujemy z pola decyzyjnego. Krok pierwszy polega na ustaleniu systemu premii (tab.2). Krok drugi to porządkowanie premii oraz przypisanie każdej kolejnego numeru (tab.3), natomiast krok trzeci to porządkowanie możliwości (tab.4).

Tabela 1. Zestawienie typów oczyszczalni ścieków dla Unisławia Śląskiego

Parametr	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
C <sub>1</sub>	374000	305000	320000
C <sub>2</sub>	2254	1694	1777
C <sub>3</sub>	95,5	95	98
C <sub>4</sub>	90	95	94
C <sub>5</sub>	94	96	97
C <sub>6</sub>	50	80	93
C <sub>7</sub>	80	50	83
C <sub>8</sub>	139	72	193

Tabela 2. System premiowania

Parametr	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
C <sub>1</sub>	100	95	90
C <sub>2</sub>	95	90	85
C <sub>3</sub>	90	85	80
C <sub>4</sub>	85	80	70
C <sub>5</sub>	80	75	65
C <sub>6</sub>	70	65	60
C <sub>7</sub>	60	50	45
C <sub>8</sub>	45	40	40

Tabela 3. Przypisanie premii kolejnego numeru

100	1
95	2,5
90	5
85	8
80	11
75	13
70	14,5
65	16,5
60	18,5
50	20
45	21,5
40	23,5

Tabela 4. Uporządkowanie możliwości dla Unisławia Śląskiego

Parametr	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
C <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
C <sub>4</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>5</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>6</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>7</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
C <sub>8</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>3</sub>

Krok czwarty polega na przypisaniu każdej możliwości premii, czyli  $\varphi(A_1)=114$ ,  $\varphi(A_2)=95$ ,  $\varphi(A_3)=91$ , przy czym możliwością optymalną jest ta, dla której suma jest najmniejsza. Z otrzymanych wyników należy sądzić, że dla Unisławia Śląskiego powinno się wybrać oczyszczalnię typu A<sub>3</sub>.

#### Wybór oczyszczalni dla Rybnicy Leśnej i Kamionki

Typy oczyszczalni ścieków:

A<sub>1</sub> – oczyszczalnia ścieków o przepustowości 51,5 m<sup>3</sup>/d,

A<sub>2</sub> – kontenerowa oczyszczalnia ścieków podtypu drugiego o przepustowości 41 m<sup>3</sup>/d,

Tabela 5. Zestawienie typów oczyszczalni ścieków dla Rybnicy Leśnej i Kamionki

Parametr	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
C <sub>1</sub>	320000	185000	167000
C <sub>2</sub>	6212	4512	3340
C <sub>3</sub>	95,5	95	98
C <sub>4</sub>	90	95	94
C <sub>5</sub>	94	96	97
C <sub>6</sub>	50	80	93
C <sub>7</sub>	80	50	83
C <sub>8</sub>	59,1	16,4	70

Tabela 6. Uporządkowanie możliwości dla Rybnicy Leśnej i Kamionki

Parametr	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
C <sub>1</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
C <sub>4</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>5</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>6</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>7</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
C <sub>8</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>3</sub>

A<sub>3</sub> – kompaktowa oczyszczalnia ścieków o przepustowości 50 m<sup>3</sup>/d.

Parametry decyzyjne zestawiono w tabeli 5. W tym przypadku, jak i w następnych przyjęto identyczny system premiowania wraz z tym samym uporządkowaniem premii i przypisaniem im kolejnych numerów, jaki zastosowano podczas rozpatrywania sytuacji dla Unisławia Śląskiego. Tak więc można przejść bezpośrednio do kroku trzeciego (porządkowanie możliwości – tab.6) i czwartego – przypisanie każdej możliwości premii, czyli  $\varphi(A_1)=114$ ,  $\varphi(A_2)=99$ ,  $\varphi(A_3)=87$ . Według otrzymanych wyników najkorzystniej wypada możliwość zastosowania oczyszczalni A<sub>3</sub>.

#### Wybór oczyszczalni dla Łącznej

Typy oczyszczalni ścieków:

A<sub>1</sub> – oczyszczalnia ścieków o przepustowości 36 m<sup>3</sup>/d,

A<sub>2</sub> – kontenerowa oczyszczalnia ścieków podtypu pierwszego o przepustowości 35 m<sup>3</sup>/d,

A<sub>3</sub> – kompaktowa oczyszczalnia ścieków o przepustowości 40 m<sup>3</sup>/d.

Tabela 7. Zestawienie typów oczyszczalni ścieków dla Łącznej

Parametr	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
C <sub>1</sub>	311850	151500	157000
C <sub>2</sub>	8662,5	4328,5	3900
C <sub>3</sub>	95,5	95	98
C <sub>4</sub>	90	95	94
C <sub>5</sub>	94	96	97
C <sub>6</sub>	50	80	93
C <sub>7</sub>	80	50	83
C <sub>8</sub>	32,2	13,2	56

Parametry decyzyjne zestawiono w tabeli 7. Krok trzeci – porządkowanie możliwości (tab.8). Krok czwarty – przypisanie każdej możliwości premii, czyli  $\varphi(A_1)=114$ ,  $\varphi(A_2)=97,5$ ,  $\varphi(A_3)=88,5$ .

Tabela 8. Uporządkowanie możliwości dla Łącznej

Parametr	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
C <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
C <sub>4</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>5</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>6</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>7</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
C <sub>8</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>3</sub>

W tym przypadku również rozwiązanie A<sub>3</sub> wydaje się najkorzystniejsze.

### Wybór oczyszczalni dla Różanej

Typy oczyszczalni ścieków:

A<sub>1</sub> – oczyszczalnia ścieków o przepustowości 27,5 m<sup>3</sup>/d,

A<sub>2</sub> – kontenerowa oczyszczalnia ścieków podtypu pierwszego o przepustowości 16 m<sup>3</sup>/d,

A<sub>3</sub> – kompaktowa oczyszczalnia ścieków o przepustowości 18 m<sup>3</sup>/d.

Tabela 9. Zestawienie typów oczyszczalni ścieków dla Różanej

Parametr	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
C <sub>1</sub>	298746	110000	120000
C <sub>2</sub>	10943	6875	6666,6
C <sub>3</sub>	95,5	95	98
C <sub>4</sub>	90	95	94
C <sub>5</sub>	94	96	97
C <sub>6</sub>	50	80	93
C <sub>7</sub>	80	50	83
C <sub>8</sub>	32,2	6,4	25,2

Tabela 10. Uporządkowanie możliwości dla Różanej

Parametr	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
C <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
C <sub>4</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>5</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>6</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>
C <sub>7</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
C <sub>8</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>

Parametry decyzyjne zestawiono w tabeli 9. Krok trzeci – porządkowanie możliwości (tab.10). Krok czwarty – przypisanie każdej możliwości premii, czyli  $\varphi(A_1)=114$ ,  $\varphi(A_2)=97,5$ ,  $\varphi(A_3)=88,5$ .

Wyniki ostatniego porównania przemawiają za tym, że oczyszczalnia A<sub>3</sub> jest również optymalna dla Różanej. Wysokie koszty inwestycyjne w przeliczeniu na jednostkę oczyszczonych ścieków stawiają jednak pod dużym znakiem zapytania budowę oczyszczalni w tej miejscowości.

### Podsumowanie

Przeprowadzona analiza przyniosła dwa podstawowe rezultaty. Pierwszy ma charakter teoretyczny, choć nie bez wpływu na działalność praktyczną, i odnosi się do metodyki optymalnego wyboru typu oczyszczalni ścieków dla małych jednostek osadniczych. Stwierdzono, że metoda systemu premiowania przynosi wyniki przejrzyste, łatwo porównywalne, a przy tym ma ona charakter wieloczynnikowy. Ponadto jest ona w wysokim stopniu zobiektywizowana, pozwalająca unikać decyzji subiektywnych. Drugi rezultat przyniosło praktyczne jej zastosowanie w konkretnym wypadku wyboru typu oczyszczalni ścieków spośród ofert różnych firm, na przykładowym terenie gminy Mioszów, co ułatwi realizację programu ochrony wód na tym terenie. Uzyskane wyniki analizy porównawczej typów oczyszczalni oferowanych przez różne firmy pozwalają jednoznacznie na wybór optymalnej oferty.

Należy zwrócić szczególną uwagę na oczyszczalnie ścieków przeznaczone dla najmniejszych jednostek osadniczych, które charakteryzują się wysokimi kosztami inwestycyjnymi, co jest widoczne zwłaszcza na przykładzie wskaźnika inwestycyjnego, który mówi, jakie ponosi się nakłady inwestycyjne na 1 m<sup>3</sup> oczyszczonych ścieków. Jest on wyraźnie niekorzystny dla obiektów o przepustowości niższej od 30 m<sup>3</sup>/d. Można tu zauważyć pewną zależność, że im mniejsza jest przepustowość oczyszczalni, tym wskaźnik ten rośnie w sposób większy niż proporcjonalny.

Wykorzystanie niniejszej analizy od strony praktycznej będzie znaczącym krokiem pozwalającym na uzyskanie znacznej poprawy czystości wód na terenie analizowanej gminy. Podobną sytuację obserwuje się w większości polskich gmin o charakterze miejsko-wiejskim, gdzie zdecydowana większość wsi nie ma lokalnych systemów unieszkodliwiania ścieków. W tej sytuacji należy zwrócić uwagę na zwiększenie tempa inwestycji w tym sektorze wybierając rozwiązania zapewniające najlepsze efekty przy najniższych kosztach, w oparciu o analizę ekonomiczną, dostosowaną do warunków lokalnych. Realizacja tych inwestycji jest możliwa pod warunkiem stworzenia lokalnego systemu finansowania planowanych przedsięwzięć, który powinien być wspierany przez fundusz centralny.

### LITERATURA

1. S. KRAWCZYK: Badania operacyjne dla menedżerów. Akademia Ekonomiczna, Wrocław 1996.
2. Ochrona środowiska w gminie Mioszów. Urząd Miasta i Gminy Mioszów, Mioszów 1995 (praca nie publikowana).
3. Podejmowanie inwestycji proekologicznych i źródła ich finansowania [Red. B. Poskrobko]. Politechnika Białostocka – Centrum Edukacji Ekologicznej, Białystok 1995.

## Optimum Choice of a Sewage Treatment Plant for a Settlement with Low-Density Housing

Recently, many treatment technologies – including sewage treatment plants – have been offered by a variety of specialized companies. The existing methods of selection are not good enough to provide an optimum choice in every instance. Our

analysis showed that the "premium system method" was a workable one. The method was tested in the commune of Mioszów, a village situated in a hilly area belonging to the Sudety Range (in the south-west of Poland), with a low population density, dispersed

*development, and farming as prevalent occupation. Sewage is discharged into the recipient watercourse with no treatment whatsoever, thus polluting the Ścinawka River (some part of its course covering the territory of the Czech Republic). The pollution load carried by the Ścinawka River contributes markedly*

*to the quality of the drinking water supplied to the municipality of Wrocław. Making use of the proposed method, it was possible to make the optimum choice from three treatment plants offered by three companies. The selected variant is best suited for settlements with a low population density.*