

## WYKORZYSTANIE WIELOKRYTERIALNEJ METODY PODEJMOWANIA DECYZJI (AHP) DO WYBORU PRZYDOMOWEJ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW Z ODPROWADZANIEM ŚCIEKÓW DO GRUNTU

Mateusz Hämmerling, Marcin Spychała

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

**Streszczenie.** W ostatnich latach nie uzyskuje się już w skali kraju akceptowalnej wartości wskaźnika opłacalności budowy systemów zbiorczych, a procent skanalizowania (systemy zbiorcze i indywidualne) mieszkańców jest nadal niski, szczególnie na wsi. Konieczne wydaje się więc uzupełnianie systemów zbiorczych systemami indywidualnymi, a zwłaszcza oczyszczalniami przydomowymi. W artykule przedstawiono i scharakteryzowano analizę wyboru metodą AHP czterech wariantów oczyszczalni przydomowej z odprowadzaniem ścieków do gruntu. Wykazano, że metodę tę można z powodzeniem wykorzystywać do wyboru wariantu przydomowej oczyszczalni ścieków, przy czym warto mieć na uwadze to, czy priorytetem ma być system, czy odbiornik, czy też oba subkryteria są równoważne. W przypadku równoważnego znaczenia odbiornika i systemu najbardziej korzystna okazała się domowa oczyszczalnia ścieków z ciśnieniowym systemem infiltracji do gruntu, a najmniej korzystny – osadnik gnilny z systemem infiltracyjnym do gruntu. W wariantcie priorytetowo traktowanego systemu domowa oczyszczalnia ścieków z systemem ciśnieniowym przeważała nad pozostałymi rozwiązaniami na tyle nieznacznie, że z praktycznego punktu widzenia również warianty osadnika gnilnego z systemem infiltracji ciśnieniowym i klasycznym (grawitacyjnym) mogą okazać się równoważne. W przypadku uznania za priorytet względów środowiskowych za najlepszą i wyraźnie przeważającą nad pozostałymi wariantami należy uznać także domową oczyszczalnię ścieków z systemem ciśnieniowym. Przeprowadzone analizy polegające na przypisaniu określonych wartości punktowych potwierdziły wcześniejsze opinie o istotnej roli doświadczenia prowadzącego analizę lub korzystania z uśrednionych wartości uzyskanych z analiz wykonanych przez kilka osób.

**Słowa kluczowe:** Analytical Hierarchy Process (AHP), drenaż rozsączający, infiltracja osadnik gnilny, przydomowa oczyszczalnia ścieków

---

Adres do korespondencji – Corresponding Authors: dr inż. Mateusz Hämmerling, dr inż. Marcin Spychała, Katedra Inżynierii Wodnej i Sanitarnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94A, 60-649 Poznań, e-mail: [mhammer@up.poznan.pl](mailto:mhammer@up.poznan.pl), [marsp@up.poznan.pl](mailto:marsp@up.poznan.pl).

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2015

## WSTĘP

Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych (KPOŚK) można praktycznie uznać za zakończony (do końca 2015 roku). Jednocześnie w ostatnich latach nie uzyskuje się już w skali kraju nawet najniższej akceptowalnej wartości wskaźnika opłacalności budowy systemów zbiorczych – sieci kanalizacyjnych (wskaźnik dla kraju średnio spadł z około 120 os./km sieci kanalizacyjnej w 2002 do około 88 os./km sieci kanalizacyjnej w 2009 roku [Stępniewska 2011], i dalej spada), przy czym uznaną za wartość dopuszczalną w uzasadnionych przypadkach jest 90 użytkowników na 1 km sieci [Rozporządzenie... 2014a]. Jednocześnie procent skanalizowania (systemy zbiorcze i indywidualne) mieszkańców jest niski szczególnie na wsi – niespełna 25%.

Wydaje się więc konieczne uzupełnianie systemów zbiorczych (sieci) systemami indywidualnymi (oczyszczalnie przydomowe lub zbiorniki bezodpływowe).

Indywidualne (przydomowe oczyszczalnie ścieków) ciągle mają niewielki udział w „skanalizowaniu” mieszkańców kraju. Wykonane i funkcjonujące systemy to zazwyczaj najprostsze układy (odsadnik gnilny i drenaż rozsączający). Z drugiej strony osoby lub gremia decydujące o wyborze optymalnego systemu nie posiadają prawdopodobnie odpowiednich narzędzi i z tego względu nie stosują w ogóle jakiegokolwiek analizy wyboru rozwiązań wariantowych. Wydaje się więc, że ze względu na powyższe uwarunkowania warto przybliżyć i przeanalizować kilka przykładowych systemów wraz z istotnymi czynnikami. Przy okazji niniejszą metodą osoby czy gremia, o których wcześniej wspomniano, mogą wykorzystać do innych celów i w innych sytuacjach.

Ze względu na kilka możliwych do wykorzystania urządzeń istnieje wiele ich kombinacji w ramach alternatywnych systemów oczyszczania i odprowadzania ścieków do gruntu. Ze względu na liczne czynniki, które należy brać pod uwagę ocena i wybór poszczególnych wariantów są trudne.

W świetle nowego rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego [Rozporządzenie... 2014b] w porównaniu z poprzednim rozporządzeniem zaostreniu uległy wymagania dotyczące ścieków odprowadzanych przez POŚ w ramach aglomeracji, ale również poza aglomeracją – do urządzeń wodnych. Założyć można, że istnieje jeszcze znaczna liczba mieszkańców na terenach o silnie rozproszonej zabudowie (poza aglomeracjami) potencjalnie zainteresowanych korzystaniem z systemu indywidualnego (POŚ), która ze względu na niższe wymagania i – co się z tym często wiąże – niższe koszty będzie preferowała ziemię (grunt) jako odbiornik ścieków. Warto też zauważyć, że w wielu przypadkach będzie to jedyna możliwość ze względu na brak urządzenia wodnego na działce użytkownika.

Podjęcie właściwej decyzji nastrocza zawsze dużo problemów, szczególnie w przypadku, kiedy należy uwzględnić wiele aspektów. W literaturze można znaleźć wiele metod, które pomagają w podjęciu właściwej decyzji. Metody takie można podzielić na: wielokryterialne, statystyczne, TCO (technika – człowiek – otoczenie), programowania matematycznego i inne. Wybór przydomowej oczyszczalni ścieków jest najczęściej w badaniach polskich uczonych ujmowany w kontekście analizy kosztów zarówno inwestycyjnych, jak i eksploatacyjnych [Karolinczak 2014, Mucha i Iwanejko 2012].

Można również spotkać ciekawe podejścia do kryteriów wyboru/oceny POŚ, np. ocena wybranych technologii stosowanych w przydomowych systemach oczyszczania ścieków na podstawie słów kluczowych inżynierii ekologicznej [Karczmarczyk 2013].

Metoda Analytical Hierarchy Process (AHP) została stworzona w latach siedemdziesiątych przez Satty'ego [1990]. Jest to jedna z najszybciej rozwijających się w ostatnich latach i najbardziej znanych w świecie metod matematycznych stosowanych do rozwiązywania wielokryterialnych problemów decyzyjnych. Liczne zastosowania we wspomaganie decyzji ekonomicznych, technicznych czy społecznych potwierdzają jej przydatność szczególnie w tych przypadkach, gdzie doświadczenie ocenianego stanowi główne źródło ocen, a znaczna część kryteriów oceny jest subiektywna [Adamus i Gręda 2005, Wota 2005, Adamus i Łask 2010, Michalczyk 2011, Sobczyk i in. 2014].

W artykule wykorzystano metodę AHP do wyboru optymalnego wariantu przydomowej oczyszczalni z odprowadzaniem ścieków do gruntu na przykładzie czterech wariantów. Wskazano również na pewne cechy charakterystyczne tej metody w aspekcie przydomowych oczyszczalni ścieków. W niniejszym artykule nie uwzględniono zbiorników bezodpływowych ze względu na ograniczoną liczbę uwarunkowań z nimi związanych oraz ze względu na trudne określenie (zwłaszcza w przyszłości) kluczowego czynnika, tj. kosztu wywozu nieczystości ze zbiornika bezodpływowego oraz kosztów oczyszczania tych nieczystości w zbiorczej oczyszczalni.

## METODYKA

### Elementy analizy AHP

Zasadniczą osią analizy AHP jest relacja system–odbiornik, przy czym analizie poddano cztery systemy, a wzajemne, liczne uwarunkowania pomiędzy systemem a odbiornikiem rzutują na koszty inwestycyjne i eksploatacyjne.

Do porównania wybrano najbardziej popularne i w typowych warunkach zazwyczaj stosunkowo tanie systemy:

- osadnik gnilny + system infiltracji do gruntu (OG + I),
- osadnik gnilny + ciśnieniowy system infiltracyjny do gruntu (OG + IC),
- domowa oczyszczalnia + system infiltracji do gruntu (DO + I),
- domowa oczyszczalnia + ciśnieniowy system infiltracji do gruntu (DO + IC).

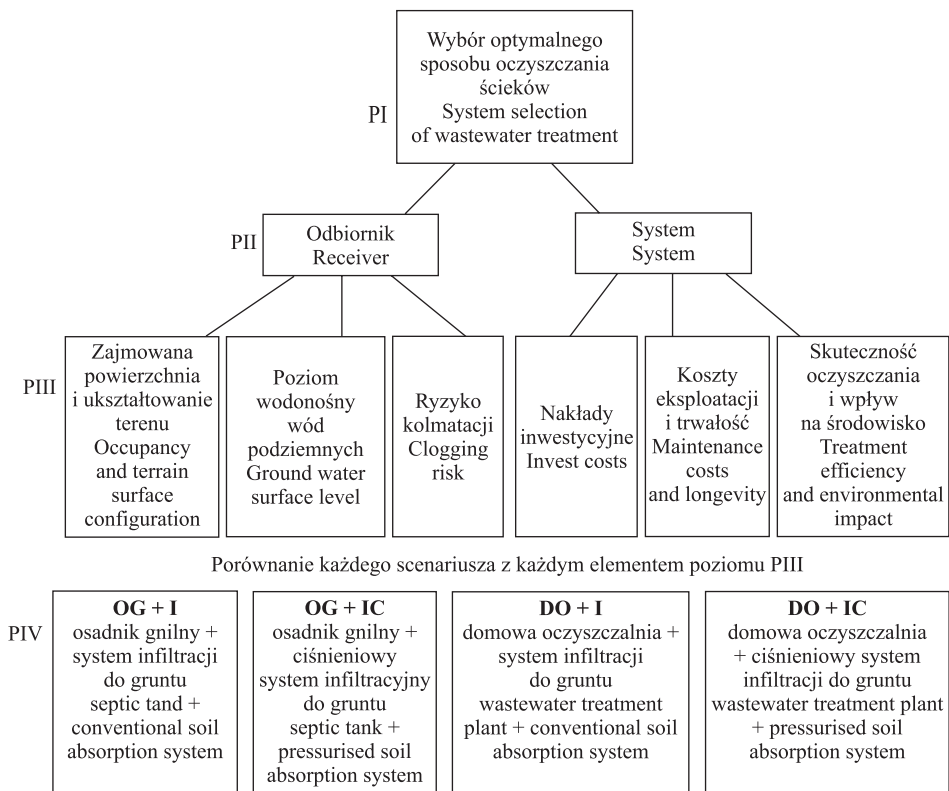
System (OG + I) jest najbardziej popularny i zazwyczaj najprostszy w wykonaniu. System (OG + IC) jest w pewnych sytuacjach alternatywą dla systemu (OG + I), stosowany często bywa w przypadkach niekorzystnych warunków terenowych (spadki terenu) lub wysokiego poziomu wody gruntowej. W pewnym stopniu umożliwia zmniejszenie powierzchni zajmowanej przez system rozsączania. System (DO + I) i (DO + IC) jest bardziej zaawansowany technicznie i technologicznie, dając teoretycznie możliwość uzyskania większej skuteczności oczyszczania ścieków. Ich zastosowanie umożliwia też z pewnych względów zmniejszenie zapotrzebowania powierzchni w porównaniu z systemami (OG + I) i (OG + IC), jednak są to systemy zazwyczaj droższe w wykonaniu i wymagają bardziej fachowej obsługi i nadzoru.

Można wyróżnić wiele uwarunkowań i kryteriów technicznych wpływających na ocenę i wybór systemu. Do analizy przyjęto, te które zdaniem autorów są najistotniejsze, przy czym starano się ograniczyć ich liczbę do kilku. Są to uwarunkowania, które mają wielopłaszczyznowe przełożenie na poszczególne systemy (rys. 1):

- małe zapotrzebowanie na powierzchnię i łatwe dostosowanie do ukształtowania powierzchni terenu (na rycinach opisane jako „zajmowana powierzchnia i ukształtowanie terenu”),
- łatwe dostosowanie do wysokiego poziomu wodonośnego wód podziemnych (na rycinach opisane jako dostosowanie do „poziomu wodonośnego wód podziemnych”),
- niskie ryzyko kolmatacji (na rycinach opisane jako „ryzyko kolmatacji”).

Druga grupa kryteriów to kryteria ekonomiczno-środowiskowe:

- niskie nakłady inwestycyjne (na rycinach opisane jako „nakłady inwestycyjne”),
- niskie koszty eksploatacyjne i wysoka trwałość (na rycinach opisane jako „koszty eksploatacji i trwałość”),
- wysoka skuteczność oczyszczania i tym samym mały niekorzystny wpływ na środowisko (na rycinach opisane jako „skuteczność oczyszczania i wpływ na środowisko”).



Rys. 1. Schemat struktury hierarchicznej wyboru wariantu przydomowej oczyszczalni z odprowadzaniem ścieków do gruntu

Fig. 1. Diagram of hierarchical structure of wastewater treatment plant with soil absorption

Analizowany problem rozwiązywany jest z wykorzystaniem metody AHP w czterech krokach. Pierwszy z nich związany jest z dekompozycją problemu, czyli przygotowaniem celu nadrzędnego oraz drzewa hierarchicznego powiązań między poszczególnymi czynnikami mającymi wpływ na rozwiązanie problemu. Drzewo buduje się od bardziej ogólnych kryteriów, a następnie stopniowo się je uszczegóławia.

W kolejnym etapie następuje porównanie parami kryteriów oraz wariantów decyzyjnych, znajdujących się na tym samym poziomie drzewa zdarzeń względem wyższej gałęzi, i nadanie im odpowiednich wag (tab. 1) zgodnie ze skalą opracowaną przez Satty'ego [Downarowicz i in. 2000].

Tabela1. Wagi wg Satty'ego [Fabisiak i Ziemia 2011]

Table 1. Assessment weights according to Satty [Fabisiak i Ziemia 2011]

Ocena liczbowa Numerical assessment	Ocena werbalna Verbal assessment
1	Warianty decyzyjne, kryteria są równoznaczne Equivalent variants of the decision-making criteria
2	Decydent rozważa uznanie niewielkiej przewagi wariantu pierwszego nad drugim Decision-maker considers small advantage of first variant over the second
3	Niewielka przewaga pierwszego wariantu nad drugim A small advantage of the first variant over the second
4	Decydent waha się między niewielką a dużą przewagą pierwszego wariantu nad drugim Decision-maker varies between a small and a significant advantage of the first variant over the second
5	Duża przewaga pierwszego wariantu nad drugim A significant advantage of the first variant over the second
6	Decydent waha się między dużą a istotnie dużą przewagą pierwszego wariantu nad drugim Decision-maker varies between a significant and a big advantage of the first variant over the second
7	Istotnie duża przewaga pierwszego wariantu nad drugim A big advantage of the first variant over the second
8	Decydent waha się między istotnie większą a ogromną przewagą pierwszego wariantu nad drugim Decision-maker varies between a big and a huge advantage of the first variant over the second
9	Ogromna przewaga obiektu pierwszego nad drugim A huge advantage of the first variant over the second

Na podstawie otrzymanych wag tworzy się macierze, które rozwiązywane są w trzecim etapie badań. Charakterystyczną cechą tych macierzy jest przekątna przyjmująca wartość 1. Macierze wypełnia się nad przekątną wynikami porównań między poszcze-

gólnymi kryteriami, scenariuszami. Wartości pod przekątną stanowią odwrotność wyrazów znad przekątnej. Sumowane są znormalizowane wiersze macierzy i wyliczany jest wektor własny macierzy (wektor priorytetów) [Tólecki i Król 2007]. Im wyższa wartość wektora priorytetów, tym istotniejszy jest dany element. Mimo że porównań parami dokonują eksperci mający wiedzę z danego zakresu, to i oni mogą popełnić błędy w przyznawaniu ocen. Dlatego w celu sprawdzenia wiarygodności wyników oblicza się wartość własną macierzy porównań  $\lambda_{sr}$ , współczynnik niespójności  $IR$  oraz współczynnik konsekwencji  $CI$ .

$$\lambda_{sr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (1)$$

gdzie:

$n$  – wymiar macierzy

$\lambda_i$  – wartość własna macierzy

Im dalej  $\lambda_{sr}$  odbiega od wymiaru macierzy  $n$ , tym większy błąd jest popełniany.

$$CI = \frac{n - \lambda_{sr}}{n - 1} \quad (2)$$

Jeśli wartość wskaźnika  $CI$  nie przekracza 0,1, to znaczy, że oceny ekspertów są zgodne. Obliczając ten wskaźnik, stosujemy zasadę logicznej konsekwencji, która ma dwa istotne znaczenia. Pierwsze związane jest z grupowaniem podobnych elementów zgodnie z ich jednorodnością. Drugie znaczenie dotyczy zasady przechodniości ocen, czyli siły związku pomiędzy porównywanymi elementami [Skorupka i Duchaczek 2010]

$$IR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

gdzie:

$RI$  – to indeks losowy, zależny od stopnia macierzy odczytywany na podstawie tab. 2.

Wartość współczynnika niespójności  $IR$  nie powinna przekraczać 0,2 [Tólecki i Król 2007].

Tabela 2. Wartość indeksu losowego [Downarowicz i in. 2000]

Table 2. Value of random index [Downarowicz et al. 2000]

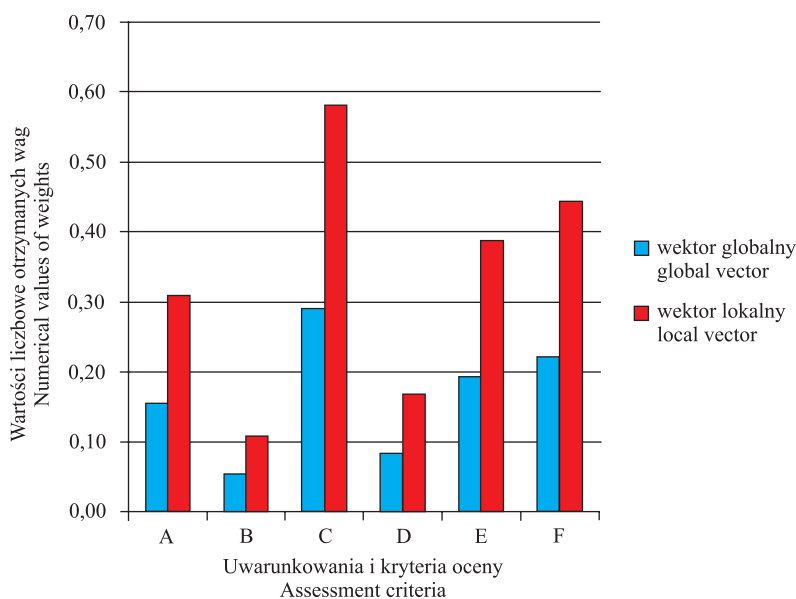
$n$	2	3	4	5	6	7	8
$RI$	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41

Kolejnym, a zarazem ostatnim etapem jest wyznaczenie preferencji globalnych oraz uporządkowanie oraz klasyfikacja wariantów decyzyjnych z wykorzystaniem wcześniejszych obliczeń.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Podobnie jak większość wielokryterialnych procesów decyzyjnych również wybór optymalnego systemu przydomowej oczyszczalni ścieków jest procesem złożonym, w którym można stosować różne kryteria wyboru. Jednak jest kilka czynników (kryteriów), które wydają się oczywiste i merytorycznie silnie uzasadnione, więc są stosowane nawet w innych procedurach decyzyjnych [Mucha i Iwanejko 2012], są to grupy kryteriów: kryterium ekonomiczne i niezawodnościowe, kryteria techniczne, kryteria przyrodniczo-środowiskowe i kryterium ekologiczne (nadrzędne) w postaci efektywności oczyszczania.

Na drugim poziomie (PII) założono, że odbiornik i system mają równoważny wpływ na wybór najkorzystniejszego wariantu systemu zagospodarowania ścieków. Na ryc. 2 przedstawiono wyniki opisujące trzeci poziom drzewa hierarchicznego.



Ryc. 2. Zmiany wartości wag globalnych i lokalnych dla III poziomu drzewa hierarchicznego  
 A – zajmowana powierzchnia i ukształtowanie terenu, B – poziom wodonośny wód podziemnych, C – ryzyko kolmatacji, D – nakłady inwestycyjne, E – koszty eksploatacji i trwałość, F – skuteczność oczyszczania i wpływ na środowisko.

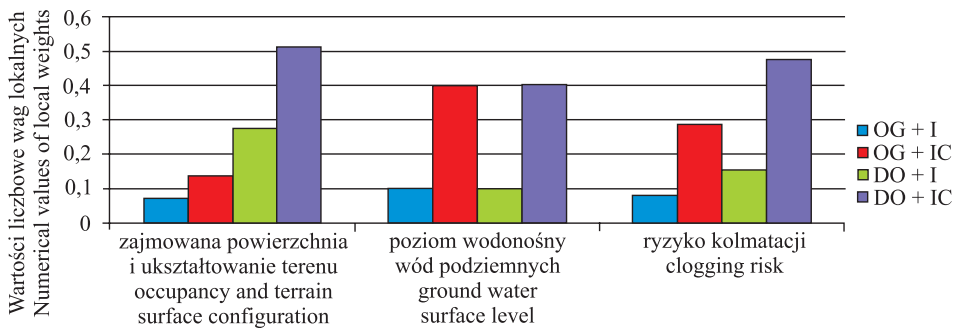
Fig. 2. Changes of global and local weight values on III level of hierarchical tree  
 A – occupancy and terrain surface configuration, B – ground water surface level, C – clogging risk, D – invest costs, E – maintenance costs and longevity, F – treatment efficiency and environmental impact.

Analizując wartości subkryteriów dla wektora lokalnego związanego z odbiornikiem, można stwierdzić, że największy wpływ ma ryzyko kolmatacji (0,58), a najmniejszy poziom wodonośny wód podziemnych (0,11). Dla związanych z systemem oczyszczania ścieków subkryteriów największą wartość wektora lokalnego uzyskano dla skuteczności



oczyszczania i wpływu na środowisko (0,44), a najmniejszą dla nakładów inwestycyjnych (0,17). Współczynniki CI i IR, obliczone dla III poziomu – kryterium: odbiornik, wynoszą odpowiednio 0,0019 oraz 0,0032, a dla kryterium: system 0,0092 oraz 0,0158. Największe znaczenie dla III poziomu drzewa hierarchicznego miało ryzyko kolmatacji (0,29), a najmniejsze – poziom wody gruntowej (0,05).

W kolejnym etapie przeanalizowano przykłady różnych sposobów zagospodarowania ścieków w kontekście subkryteriów poziomu III (ryc. 3 i ryc. 4).



Uwarunkowania i kryteria oceny dla poszczególnych rozwiązań oczyszczania ścieków  
Assessment criteria for individual solution of wastewater treatment

Rys. 3. Wpływ różnych typów oczyszczalni ścieków na wartości subkryteriów poziomu III dla gałęzi „odbiornik”

Fig. 3. Influence of different wastewater plant types on the sub-criteria values on level III for the branch “receiver”

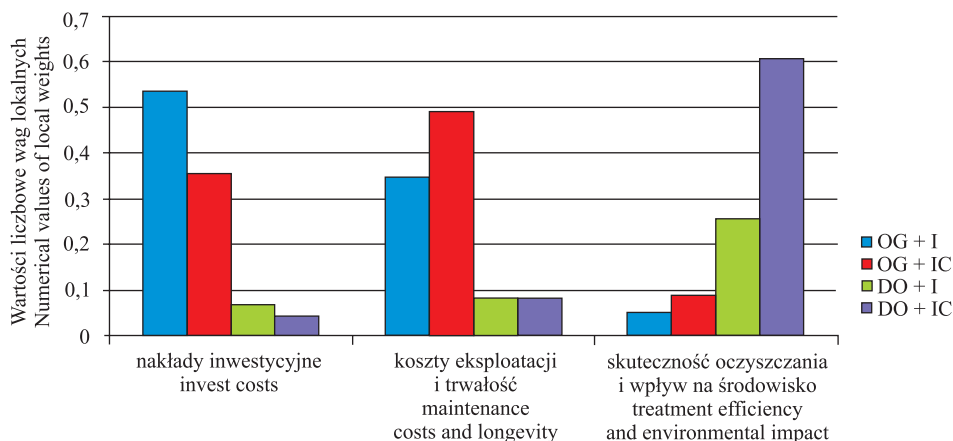
Największą wartość wektora lokalnego dla zapotrzebowania powierzchni i ukształtowania terenu uzyskano dla domowej oczyszczalni ścieków z ciśnieniowym systemem infiltracji do gruntu (0,51), a najmniejszą dla osadnika gnilnego z systemem infiltracji do gruntu (0,07). Najłatwiejsze do zastosowania w przypadku wysokiego użytkowego wodonośnego poziomu wód podziemnych są: domowa oczyszczalnia ścieków z ciśnieniowym systemem infiltracji do gruntu (0,4) oraz osadnik gnilny z ciśnieniowym systemem infiltracji (0,4). Niskie ryzyko kolmatacji jest najmniejsze dla osadnika gnilnego z systemem infiltracji do gruntu (0,08), a największe dla domowej oczyszczalni ścieków z ciśnieniowym systemem infiltracji do gruntu (0,48).

Wymagający najmniej nakładów finansowych system zagospodarowania ścieków to osadnik gnilny z systemem infiltracji do gruntu (0,53), a najdroższa jako inwestycja jest domowa oczyszczalnia ścieków z ciśnieniowym systemem infiltracji do gruntu (0,04).

W eksploatacji najbardziej korzystny jest osadnik gnilny z ciśnieniowym systemem infiltracji do gruntu (0,49), a najmniej korzystne są domowe oczyszczalnie ścieków (0,08) bez względu na sposób rozsączania oczyszczonych ścieków.

Najbardziej skutecznym pod względem usuwania zanieczyszczeń (przynajmniej teoretycznie) systemem oczyszczania ścieków jest domowa oczyszczalnia ścieków z ciśnieniowym systemem infiltracji do gruntu (0,61), a najmniej skuteczny jest osadnik gnilny z systemem infiltracji do gruntu (0,05).





Uwarunkowania i kryteria oceny dla poszczególnych rozwiązań oczyszczania ścieków  
Assessment criteria for individual solution of wastewater treatment

Ryc. 4. Wpływ różnych typów oczyszczalni ścieków na wartości subkryteriów poziomu III dla gałęzi „system”

Fig. 4. Influence of different wastewater plant types on the sub-criteria values on level III for the branch “system”

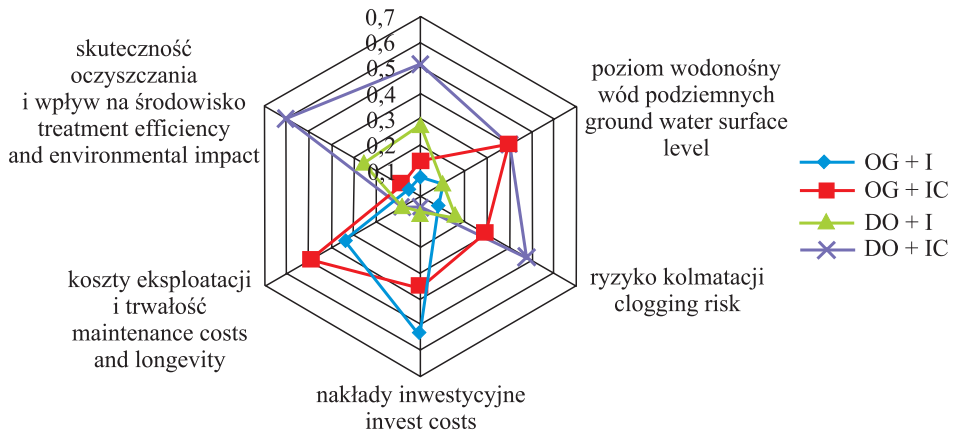
Niskie zapotrzebowanie na energię i tym samym niskie koszty eksploatacji drenażu rozsączającego – systemu typu OG+I (ryc. 5) potwierdza Karczmarczyk [2013]. Eksploatacja filtra piaskowego lub drenażu rozsączającego to zdaniem Karolinczak [2014] około 130 zł, a dla porównania eksploatacja DO (komora osadu czynnego) jest już znacznie droższa: 200–270 zł. Podobnie Karolinczak [2014] podaje znacznie wyższe zarówno nakłady inwestycyjne, jak i roczne koszty eksploatacji oczyszczalni z reaktorem biologicznym, typu złoża biologiczne zanurzone, SBR lub reaktor hybrydowy, w porównaniu z filtrem piaskowym (nakłady inwestycyjne odpowiednio: 14385 zł–15703 zł i 12688 zł; roczne koszty eksploatacji odpowiednio: 700 zł–1400 zł i 130 zł). Z pewnym uproszczeniem można uznać koszty filtra piaskowego za porównywalne z drenażem rozsączającym.

Kolejnym etapem analiz był wybór najbardziej korzystnego systemu oczyszczania ścieków na podstawie analizy globalnej wektorów priorytetów lub ich braku (równoważne znaczenie odbiornika i systemu) dla poszczególnych scenariuszy rozwiązań. Przeanalizowano również wariant braku priorytetu (równoważne znaczenie odbiornika i systemu).

Uwzględniając równoważne znaczenie odbiornika i systemu (punktacja na poziomie PII 0,5 i 0,5, odpowiednio), obliczono, że najbardziej korzystne jest zastosowanie domowej oczyszczalni ścieków z ciśnieniowym systemem infiltracji do gruntu (0,39), a najmniej korzystne jest zastosowanie osadnika gnilnego z systemem infiltracyjnym do gruntu (0,16) (ryc. 6).

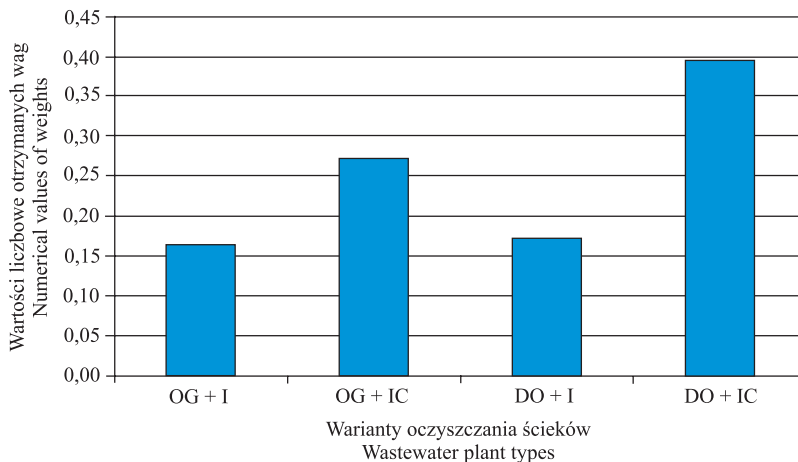
Jeśli natomiast jako priorytetowy przyjmujemy „system” (ryc. 7) przydomowej oczyszczalni ścieków (koszty zakupu, wykonania i eksploatacji, niezawodność, mała obsługa), to również domowa oczyszczalnia ścieków z systemem ciśnieniowym przeważa

nad pozostałymi rozwiązaniami, ale przewaga jest na tyle mała (0,33, pozostałe od 0,16 do 0,28), że w praktyce może się okazać mało istotna (poszczególne rozwiązania mają swoje konkretne ceny i indywidualne cechy). W tej klasyfikacji dość wysoką pozycję uzyskał system najprostszy – klasyczny (OG z drenażem rozsączającym) – i gdyby przyjąć nieco inne „wagi” punktowe dla poszczególnych subkryteriów na poziomie P III, byłby porównywalny z tymi, które wypadły nieco lepiej. Warto pamiętać, że w określonych sytuacjach – w przypadku dobrych warunków gruntowych – ryzyko kolmatacji maleje, przy czym zmniejsza się również zapotrzebowanie powierzchni (większe obciążenie powierzchni doprowadzanymi ściekami). Wtedy system klasyczny jest rzeczywiście konkurencyjny.



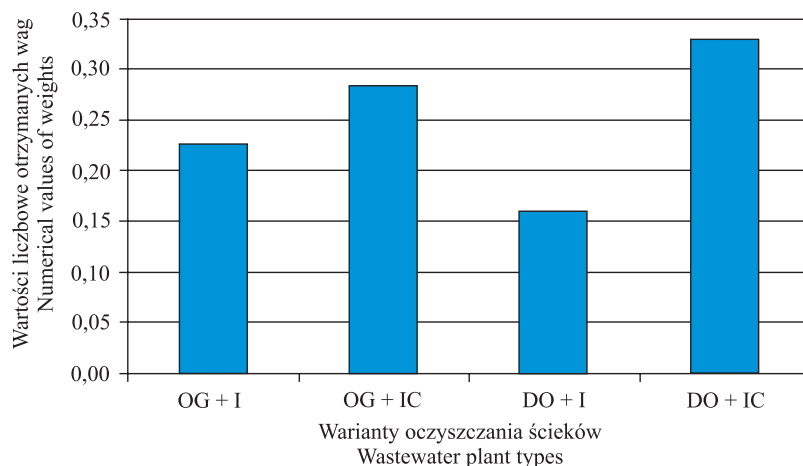
Ryc. 5. Analizowane warianty z uwzględnieniem wszystkich kryteriów

Fig. 5. Wastewater treatment plant types assessment using all criteria



Ryc. 6. Zestawienie wyboru najkorzystniejszego wariantu oczyszczania ścieków dla braku priorytetu (równoważne znaczenie odbiornika i systemu)

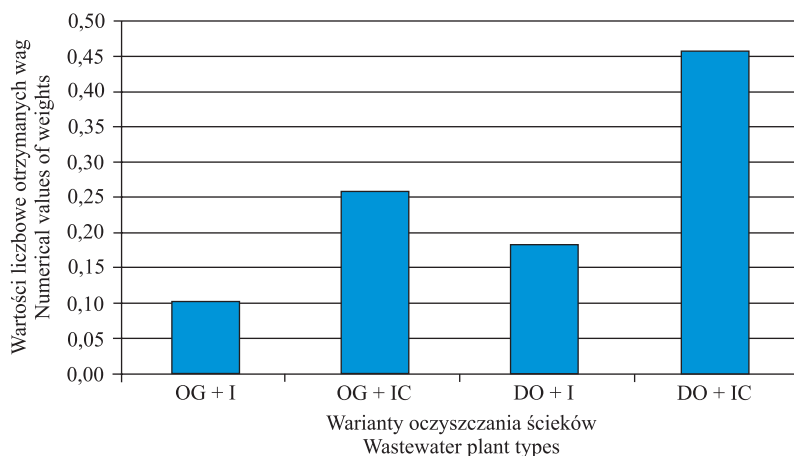
Fig. 6. Wastewater plant types assessment assuming balanced impact of “system” and “receiver”



Ryc. 7. Zestawienie wyboru najkorzystniejszego wariantu oczyszczania ścieków dla braku priorytetu (system jako priorytet)

Fig. 7. Wastewater plant types assessment assuming "system" as a priority

W przypadku gdy za priorytet uznamy względy środowiskowe (ryc. 8), czyli możliwie jak najmniejszy niekorzystny wpływ na środowisko („odbiornik” jako priorytet), to najlepszym i wyraźnie przeważającym nad pozostałymi wariantem okazuje się domowa oczyszczalnia ścieków z systemem ciśnieniowym (0,46, pozostałe od 0,10 do 0,26), która daje przynajmniej teoretycznie największy zakres dopasowania technologii i parametrów do warunków środowiskowych (zakres usuwanych zanieczyszczeń i skuteczność ich usuwania, lepsze warunki oczyszczania w gruncie ze względu na ciśnieniowy system transportu ścieków).



Ryc. 8. Zestawienie wyboru najkorzystniejszego wariantu oczyszczania ścieków dla braku priorytetu (odbiornik jako priorytet)

Fig. 8. Wastewater plant types assessment assuming "receiver" as a priority

## PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonej analizy z wykorzystaniem metody AHP można wyciągnąć następujące wnioski:

- metodę tę można z powodzeniem wykorzystywać do wyboru wariantu przydomowej oczyszczalni ścieków, przy czym warto mieć na uwadze to, czy system lub odbiornik ma stanowić priorytet (np. na obszarze chronionym priorytetem może być odbiornik, a w przypadku korzystnych uwarunkowań środowiskowo-terenowych i małego zagrożenia dla środowiska priorytetem może być system),
- w przypadku równoważnego znaczenia odbiornika i systemu najbardziej korzystne jest zastosowanie domowej oczyszczalni ścieków z ciśnieniowym systemem infiltracji do gruntu, a najmniej korzystne – osadnika gnilnego z systemem infiltracyjnym do gruntu,
- domowa oczyszczalnia ścieków z systemem ciśnieniowym przeważa nad pozostałymi rozwiązaniami również w wariantcie priorytetowo traktowanego „systemu”, jednak przewaga jest na tyle mała, że w praktyce może się okazać mało istotna,
- w przypadku uznania za priorytet względów środowiskowych (możliwie jak najmniejszego niekorzystnego wpływu na środowisko) najlepszym i wyraźnie przeważającym nad pozostałymi wariantem jest domowa oczyszczalnia ścieków z systemem ciśnieniowym,
- istnieje potrzeba stworzenia kryteriów lub miar w celu sparametryzowania uwarunkowań nieliczbowych (jakościowych),
- zauważono potrzebę graficznej wizualizacji ocen punktowych w celu łatwiejszego ograniczenia niespójności oceny, co zyskuje na znaczeniu w przypadku większej liczby uwarunkowań (poziom PIII) i wariantów do wyboru w ramach decyzji (poziom PIV),
- przeprowadzone analizy polegające na przypisaniu określonych wartości punktowych potwierdziły wcześniejsze opinie o istotnej roli doświadczenia prowadzącego analizę lub korzystania z uśrednionych wartości uzyskanych z analiz wykonanych przez kilka osób.

## PIŚMIENNICTWO

- Adamus, W., Gręda, A. (2005). Wspomaganie decyzji wielokryterialnych w rozwiązywaniu wybranych problemów organizacyjnych i menedżerskich. *Badania Operacyjne i Decyzyjne*, 2, 5–36.
- Adamus, W., Łask, P. (2010). Zastosowanie metody AHP do wyboru umiejscowienia nadzoru nad rynkiem finansowym. *Bank i Kredyt*, 41(4), 73–100.
- Downarowicz, O., Krause, J., Sikorski, M., Stachowski, W. (2000). Zastosowanie metody AHP do oceny i sterowania poziomem bezpieczeństwa złożonego obiektu technicznego. Politechnika Gdańska, Wydział Zarządzania i Ekonomii, Zakład Ergonomii i Eksploatacji Systemów Technicznych.
- Fabisiak, L., Ziemia, P. (2011). Wybrane metody analizy wielokryterialnej w ocenie użyteczności serwisów internetowych. *Zesz. Nauk. Uniwersytetu Szczecińskiego*, 656, *Studia Informatica*, 28.
- Karczmarczyk, A. (2013). Ocena wybranych technologii stosowanych w przydomowych systemach oczyszczania ścieków na podstawie słów kluczowych. *Przeł. Nauk. – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 61, 311–322.

- Karolinczak, B. (2014). Zastosowanie indywidualnych oczyszczalni ścieków na terenach wiejskich. *Inżyn. Ekol.*, 40, 129–136
- Michalczyk, L. (2011). Wykorzystanie metody AHP w definiowaniu wybranych aspektów motywacyjnych pracowników. *Ekonomia Mened.*, 9, 121–134.
- Mucha, Z., Iwanejko, R. (2012). Zastosowanie metody AHP do wyboru systemu usuwania i oczyszczania ścieków z małej jednostki osadniczej. *Gaz Woda Tech. Sanit.* 10, 444–447.
- Satty, T. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *Europ. J. Operational Res.*, 48, 9–26, North–Holland.
- Skorupka, D., Duchaczek, A. (2010). Zastosowanie metody AHP w optymalizacji procesów decyzyjnych związanych z realizacją przedsięwzięć logistycznych. *Zesz. Nauk. WSOWL*, 3(157).
- Sobczyk, W., Kowalska, A., Sobczyk, E. (2014). Wykorzystanie wielokryterialnej metody AHP i macierzy Leopolda do oceny wpływu eksploatacji złóż żwirowo-piaskowych na środowisko przyrodnicze doliny Jasiołki. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management*, 30, 2, 157–172.
- Stępniewska, M. (2011). Przykłady rozwiązań kanalizacyjnych na terenach niezurbanizowanych w Polsce. Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, IX Ogólnopolska Konferencja Szkoleniowa „Kanalizacja terenów niezurbanizowanych”, Ostrów Wielkopolski, 10–11 marca 2011.
- Tulecki, A., Król, S. (2007). Modele decyzyjne z wykorzystaniem metody Analytic Hierarchy Process (AHP) w obszarze transportu. *Probl. Eksploat.*, 2.
- Wota A. (2005). Próba zastosowania metody AHP do oceny wielofunkcyjności obszarów wiejskich. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiej.*, 4, 157–169.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 lipca 2014 r. w sprawie sposobu wyznaczania obszaru i granic aglomeracji, Dz.U. z 2014 r., poz. 995 [2014a].
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. 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. z 2014 r., poz. 1800 [2014b].

## THE USE OF ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP) FOR CHOOSING OF THE ON-SITE WASTEWATER TREATMENT PLANT WITH SOIL ABSORPTION SYSTEM

**Abstract.** In recent years, there is already not achieved in Poland the acceptable cost-effectiveness ratio of the construction of collecting systems and the rate of sewerage (collective and individual systems) is still low, especially in the countryside. Therefore it seems to be necessary to supplement the networks (sewerage) systems by individual treatment plants. In the article the choice of four variants of on-site wastewater treatment plant with soil absorption system using AHP analysis was presented and analysed. It has been shown that this method can be successfully used to select the variant of on-site wastewater treatment plant with soil absorption system. It should be taken into consideration which of two sub-criteria: system and receiver is a priority. It is also possible that both sub-criteria are equivalent. In the case of equivalent importance of system and receiver, domestic wastewater treatment plant with a pressurized soil absorption system was the most favourable, and the least favourable – septic tank with soil absorption system. In the variant of a “system” priority, domestic wastewater treatment plant with a pressurized soil absorption system prevailed over other variants but so little that from practical point of view also variants of septic tank with pressure and classic (gravitational) soil absorption system may be chosen. In the case of environmental factors priority a domestic wastewater treatment plant with a pressurized soil absorption system should

be considered as the best one. The analyses carried based on certain attribute values confirmed earlier opinions on the important role of decision-makers' experience or the usefulness of average values obtained from the analysis performed by several people.

**Key words:** Analytical Hierarchy Process (AHP), soil absorption system, infiltration, septic tank, on-site wastewater treatment plant

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 8.12.2015*

Do cytowań – For citation: Hämmerling, M., Spychała, M. (2015). Wykorzystanie wielokryterialnej metody podejmowania decyzji (AHP) do wyboru przydomowej oczyszczalni ścieków z odprowadzaniem ścieków do gruntu. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 14(4), 15–28.