

Zbigniew Heidrich

ODPROWADZANIE ŚCIEKÓW Z TERENÓW NIE OBJĘTYCH DZIAŁANIEM KANALIZACJI MIEJSKIEJ

Jednym z problemów nie rozwiązanych dotychczas w sposób zadowalający, a związanych z ochroną środowiska, jest odprowadzanie ścieków z terenów nie objętych działaniem kanalizacji miejskiej. Zagadnienie to można sprowadzić do problemu odprowadzania ścieków z terenów zabudowy jednorodzinnej, gdyż zasadniczo ta forma zabudowy dominuje na obrzeżach miast. Problem ten jest szczególnie wyraźny w ostatnim dwudziestoleciu, kiedy to w związku z kryzysem mieszkaniowym zdecydowano się na bardzo intensywny rozwój jednorodzinnej budownictwa mieszkaniowego. Niestety, tereny przeznaczone pod jednorodzinne budownictwo mieszkaniowe są zazwyczaj nie uzbrojone, przy czym mankament ten dotyczy szczególnie problemu odprowadzania ścieków.

Można stwierdzić, że dotychczas usuwanie ścieków z terenów zabudowy jednorodzinnej naraża wiele problemów natury technicznej, ekonomicznej i sanitarnej. Rozpowszechnione są praktycznie dwa rozwiązania usuwania ścieków, a mianowicie:

- zbiorniki bezodpływowe do gromadzenia ścieków, wywożonych następnie taborem asenizacyjnym,
- osadniki gnilne współpracujące z drenażem rozsączającym.

Zalety i wady tych rozwiązań omówiono już w innym opracowaniu [1]. W niniejszym artykule przedstawiono wyniki analizy różnych rozwiązań usuwania ścieków z terenów zabudowy jednorodzinnej oraz podano generalne wskazówki dotyczące zakresu stosowania tych rozwiązań. Rozważania te ograniczono jednak do terenów zabudowy jednorodzinnej, realizowanej w sposób zorganizowany, gdyż praktycznie tylko w tym przypadku możliwe jest osiągnięcie założonego celu. W przypadku niezorganizowanych form zabudowy, podejście do zagadnienia usuwania ścieków powinno być w każdym przypadku traktowane indywidualnie, w powiązaniu z miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego.

Rodzaje rozwiązań technicznych usuwania ścieków

Odprowadzanie ścieków z jednostek osadniczych obejmuje zarówno ścieki gospodarcze, jak i ścieki opadowe. W wypadku zespołów zabudowy jednorodzinnej, stanowiących zasadni-

czo jednostki o stosunkowo niewielkiej i mało szczelnej powierzchni, zagadnienie usuwania ścieków można ograniczyć do zorganizowanego systemu usuwania ścieków gospodarczych. Ścieki opadowe odprowadzane są zazwyczaj powierzchniowo w sposób mniej lub bardziej zorganizowany i nie stanowią one istotnego problemu w całokształcie zagadnień gospodarki wodnej i ściekowej oraz infrastruktury technicznej osiedla.

Usuwanie ścieków gospodarczych może być dokonane przy zastosowaniu układów bezsieciovych lub układów sieciowych. Na układy bezsieciovowe składają się kanalizacja bezodpływowa oraz kanalizacja drenażowa.

Kanalizacja bezodpływowa charakteryzuje się tym, że powstające ścieki gromadzone są w zbiornikach bezodpływowych, skąd następnie wywożone są taborem asenizacyjnym do punktów zlewnych (stacja zlewna w pobliższej jednostce osadniczej, wyznaczone wylewisko ścieków). Kanalizacja drenażowa polega na tym, że ścieki wstępnie oczyszczone w osadniku gnilnym są następnie wprowadzane do gruntu za pomocą drenażu rozsączającego. Ten drugi rodzaj kanalizacji bezsieciovowej nie znajduje zastosowania w przypadku zespołów zabudowy jednorodzinnej realizowanych w systemie zorganizowanym (szczególnie przy zabudowie szeregowej lub bliźniaczej), bowiem stosowane w praktyce wielkości działek budowlanych nie pozwalają na prawidłowe rozwiązanie i usytuowanie urządzeń drenażowych, gwarantujących prawidłowy przebieg oczyszczania ścieków, z zachowaniem wymaganej strefy ochrony sanitarnej. Biorąc powyższe pod uwagę można przyjąć, że jedynym rodzajem bezsieciovowego układu kanalizacji, możliwym do stosowania w zespołach zabudowy jednorodzinnej realizowanych w systemie zorganizowanym, jest kanalizacja bezodpływowa.

Na układy sieciowe kanalizacji składają się: kanalizacja grawitacyjna, kanalizacja podciśnieniowa, kanalizacja ciśnieniowa, bądź też układy mieszane (grawitacyjno-podciśnieniowy lub grawitacyjno-ciśnieniowy).

Kanalizacja grawitacyjna jest rozwiązaniem powszechnie znanym i stosowanym, a jej działanie polega na grawitacyjnym odprowadzeniu ścieków z kanalizowanego terenu do pompowni, a następnie do oczyszczalni ścieków lub układu kanalizacyjnego pobliskiej większej jednostki osadniczej. Składa się ona z przykalków, sieci przewodów zamkniętych oraz

ewentualnie pompowni umieszczonych na sieci (dla zmniejszenia zagłębienia przewodów), jak również pompowni zlokalizowanych na końcówkach sieci kanalizacyjnej.

Zasada pracy kanalizacji podciśnieniowej polega na wymuszeniu przepływu ścieków przez wytworzenie odpowiedniej różnicy ciśnień pomiędzy miejscem, do którego spływają ścieki (studzienka zbiorcza z zaworem opróżniającym) a miejscem, do którego są one odprowadzane (kolektor kanalizacji grawitacyjnej pobliskiej jednostki osadniczej lub oczyszczalnia ścieków). Ścieki z każdego domu spływają tradycyjnym układem przewodów instalacji wewnętrznej do grawitacyjnego przykanalika, a następnie do studzienki zbiorczej z zaworem opróżniającym, gdzie następuje ich okresowe zatrzymanie. Po wypełnieniu się studzienki ściekami do poziomu odpowiadającego pojemności czynnej otwiera się samoczynnie zawór opróżniający i ścieki zostają zassane do sieci przewodów podciśnieniowych. Gdy w studzience poziom ścieków opadnie do minimum, następuje automatyczne zamknięcie zaworu opróżniającego. Cykl ten powtarza się w różnych odstępach czasu, proporcjonalnych do szybkości wypełniania się studzienki zbiorczej ściekami. Podstawowymi elementami kanalizacji podciśnieniowej są: grawitacyjne przykanaliki, studzienki zbiorcze z zaworami opróżniającymi, zewnętrzna sieć przewodów podciś-

nieniowych oraz stacja próżniowa składająca się ze zbiornika próżniowego, pomp próżniowych i pomp ściekowych, których zadaniem jest przetłaczanie ścieków do kolektora kanalizacji grawitacyjnej lub oczyszczalni ścieków.

Kanalizacja ciśnieniowa charakteryzuje się tym, że ścieki odprowadzane układem przewodów wewnętrznej instalacji kanalizacyjnej trafiają do przykanalików grawitacyjnych, a następnie do urządzeń zbiornikowo-tłocznych, których zadaniem jest wtłoczenie ścieków do zewnętrznej sieci przewodów ciśnieniowych, jak również dalsze ich przetłoczenie do kolektora grawitacyjnego lub bezpośrednio do oczyszczalni ścieków. Urządzenia zbiornikowo-tłoczne to zminiaturyzowane pompownie działające automatycznie. Podstawowymi elementami kanalizacji ciśnieniowej są grawitacyjne przykanaliki, urządzenia zbiornikowo-tłoczne i zewnętrzna sieć przewodów ciśnieniowych.

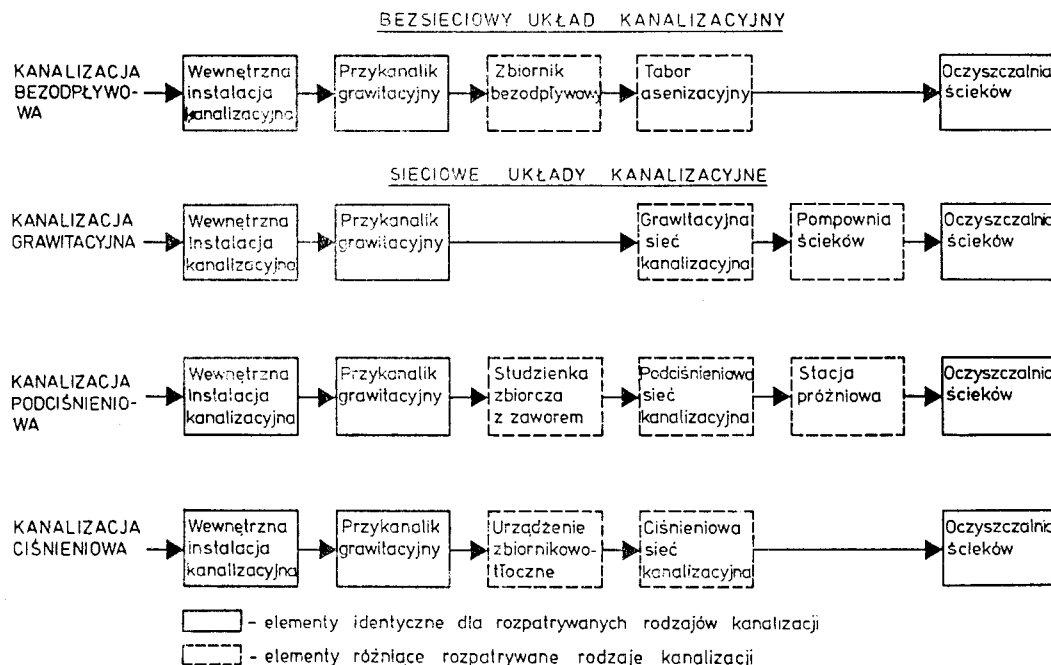
Charakterystykę kanalizacji bezodpływowej, grawitacyjnej, podciśnieniowej i ciśnieniowej przedstawiono w tabeli 1, podając jednocześnie zalety i wady każdej z nich. Graficznym porównaniem układów kanalizacyjnych są schematy blokowe przedstawione na rysunku 1.

Analizując te układy kanalizacyjne można zauważyć, że w każdym z nich występują trzy identyczne elementy, a mianowicie wewnętrzne

Tabela 1

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA UKŁADÓW I RODZAJÓW KANALIZACJI MOŻLIWYCH DO STOSOWANIA W ZESPÓŁACH ZABUDOWY JEDNORODZINNEJ

Układ kanalizacji	Rodzaj kanalizacji	Podstawowe elementy konstrukcyjne	Zalety kanalizacji	Wady kanalizacji
Bezsieciowy	bezodpływowa	1. Wewnętrzna instalacja kanalizacyjna 2. Przykanalik grawitacyjny 3. Zbiornik bezodpływowy 4. Tabor asenizacyjny 5. Punkt zlewny, np. oczyszczalnia ścieków	1. Względnie niskie nakłady inwestycyjne odniesione do jednego domu 2. Prostota wykonawstwa	1. Wysokie koszty eksploatacji związane z wywozem ścieków 2. Możliwość skażenia wód gruntowych 3. Uciążliwość dla mieszkańców i bliskiego otoczenia
Sieciowy	grawitacyjna	1. Wewnętrzna instalacja kanalizacyjna 2. Przykanaliki grawitacyjne 3. Grawitacyjna sieć kanalizacyjna 4. Pompownia ścieków 5. Oczyszczalnia ścieków	1. Powszechnie znane i stosowane wykonawstwo 2. Prostota eksploatacji 3. Małe zużycie energii elektrycznej 4. Wysoka niezawodność działania	1. Znaczna objętość robót ziemnych szczególnie dla terenów płaskich 2. Możliwość dopływu znacznych ilości wód infiltracyjnych 3. Konieczność budowy dodatkowych obiektów na sieci
	podciśnieniowa	1. Wewnętrzna instalacja kanalizacyjna 2. Przykanaliki grawitacyjne 3. Studzienki zbiorcze z zaworami opróżniającymi 4. Podciśnieniowa sieć kanalizacyjna 5. Stacja próżniowa 6. Oczyszczalnia ścieków	1. Małe zagłębienie przewodów 2. Proste wykonawstwo 3. Wyeliminowanie infiltracji 4. Znaczne ograniczenie możliwości skażenia wód gruntowych 5. Znaczne skrócenie okresu realizacji 6. Mała uciążliwość eksploatacyjna	1. Stosunkowo mała niezawodność działania ze względu na możliwe awarie elementów mechanicznych 2. Znaczne zużycie energii elektrycznej dostarczanej w sposób ciągły 3. Ograniczony zasięg działania
	ciśnieniowa	1. Wewnętrzna instalacja kanalizacyjna 2. Przykanaliki grawitacyjne 3. Urządzenia zbiornikowo-tłoczne 4. Ciśnieniowa sieć kanalizacyjna 5. Oczyszczalnia ścieków	1. Małe zagłębienie przewodów 2. Proste wykonawstwo 3. Wyeliminowanie infiltracji 4. Znaczne skrócenie okresu realizacji 5. Mała uciążliwość eksploatacyjna	1. Stosunkowo mała niezawodność działania ze względu na możliwość awarii urządzeń zbiornikowo-tłocznych 2. Znaczne zużycie energii elektrycznej i niezawodne jej dostarczanie 3. Możliwość pęknięcia przewodów kanalizacyjnych, co grozi skażeniem wód gruntowych



Rys. 1. Porównanie różnych układów odprowadzania ścieków z terenów nie objętych działaniem kanalizacji miejskiej.

instalacje kanalizacyjne, grawitacyjny przykanalik i oczyszczalnia ścieków. Liczba elementów odróżniających układy kanalizacyjne jest natomiast różna i charakteryzuje się różnym stopniem złożoności technicznej. Analizując rozwiązania techniczne układów kanalizacyjnych, możliwych do stosowania na obrzeżach jednostek osadniczych, można ograniczyć rozważania do następujących elementów:

- kanalizacja bezodpływowa: zbiorniki bezodpływowe i tabor asenizacyjny,
- kanalizacja grawitacyjna: sieć kanalizacyjna i pompownia ścieków,
- kanalizacja podciśnieniowa: studzienki zbiorcze z zaworami opróżniającymi, podciśnieniowa sieć kanalizacyjna i stacja próżniowa,
- kanalizacja ciśnieniowa: urządzenia zbiornikowo-tłoczne i ciśnieniowa sieć kanalizacyjna.

Ze szczegółowych rozważań można na razie wyeliminować kanalizację ciśnieniową, do czasu podjęcia w kraju produkcji urządzeń zbiornikowo-tłocznych.

Charakterystyka terenów położonych na obrzeżach miast i nie objętych działaniem kanalizacji miejskiej

Jak już stwierdzono na wstępie, tereny położone na obrzeżach miast to głównie tereny zabudowy jednorodzinnej, realizowanej w sposób zorganizowany lub niezorganizowany. W niniejszym artykule uwzględniono jedynie tereny zabudowy jednorodzinnej realizowanej w systemie zorganizowanym. Charakterystyka ur-

banistyczna terenów zabudowy jednorodzinnej była przedmiotem szczegółowych rozważań zaprezentowanych w innej pracy [2], które to rozważania dały podstawę do opracowania modelowych zespołów zabudowy jednorodzinnej. Podstawowymi parametrami urbanistycznymi, charakteryzującymi zespoły zabudowy jednorodzinnej są:

- liczba działek budowlanych,
- rodzaj zabudowy,
- powierzchnia działek budowlanych i szerokość frontów działek,
- kształt geometryczny,
- gęstość zabudowy.

Analizy przeprowadzone w pracy [2] dają podstawę do stwierdzenia, że liczba działek budowlanych w zespołach zabudowy jednorodzinnej realizowanych w systemie zorganizowanym waha się w przedziale od kilkudziesięciu do blisko 500, przy czym przeważają zespoły o liczbie działek od 50 do 250, a średnia liczba działek w zespołach wynosi ok. 150. W prezentowanych analizach przyjęto, że liczba działek budowlanych w modelowych zespołach zabudowy wynosi od $N=50$ do $N=500$, przy założeniu następującego ciągu wielkości: $N=50, 100, 200, 300, 400$ i 500 , co przy założeniu liczby mieszkańców w jednym domu $M_d=4$ odpowiada następującej liczbie mieszkańców: $M=200, 400, 800, 1200, 1600$ i 2000 .

Zabudowa stosowana w zespołach zabudowy jednorodzinnej to najczęściej zabudowa szeregowa, bliźniacza, atrialna i wolno stojąca. Jak wykazały rozważania zaprezentowane w pracy [2], zabudowa bliźniacza i atrialna są do siebie zbliżone z punktu widzenia powierzchni dzia-

łek i szerokości ich frontów. Z tego też względu do dalszych rozważań przyjęto trzy rodzaje zabudowy, charakteryzujące się następującymi parametrami:

- 1) zabudowa szeregowa:
 - powierzchnia działki budowlanej $f_s = 259 \text{ m}^2$,
 - szerokość frontu działki $s_s = 7,9 \text{ m}$,
- 2) zabudowa bliźniacza:
 - powierzchnia działki budowlanej $f_b = 374 \text{ m}^2$,
 - szerokość frontu działki $s_b = 13,1 \text{ m}$,
- 3) zabudowa wolno stojąca:
 - powierzchnia działki budowlanej $f_w = 523 \text{ m}^2$,
 - szerokość frontu działki $s_w = 18,5 \text{ m}$.

W każdym modelowym zespole zabudowy jednorodzinnej przyjęto założenie, że będą one realizowane przy zastosowaniu jednego rodzaju zabudowy. Przyjęte powyżej założenia dały podstawę do określenia powierzchni zespołu zabudowy oraz gęstości zabudowy. Obie te wielkości określono jako netto i brutto. Powierzchnia netto wynika z iloczynu:

$$F_n = N \cdot f \cdot 10^{-4} \quad (1)$$

gdzie:

- F_n — powierzchnia netto modelowego zespołu zabudowy jednorodzinnej, ha,
- N — liczba działek budowlanych,
- f — powierzchnia działki budowlanej, m^2 .

Powierzchnia brutto (F_b) obejmuje powierzchnię netto oraz powierzchnie przeznaczone na komunikację wewnątrzosiadłową, nie obejmuje natomiast powierzchni placów zabaw dla dzieci i terenów usług, które powinny być wygospodarowane z powierzchni działek budowlanych, a zatem są już ujęte w powierzchni netto.

W tabeli 2 zestawiono powierzchnie netto i brutto modelowych zespołów zabudowy jednorodzinnej o różnej liczbie działek budowlanych oraz przy różnych rodzajach zabudowy. Uwzględniono również kształt geometryczny osiedla wyrażony współczynnikiem kształtu β_g , wyrażającym stosunek długości osiedla do jego szerokości, przy założeniu osiedla o kształcie zbliżonym do prostokąta. Przyjęto przy tym zmienność współczynnika β_g , zakładając jego wartość równą 1, 2 i 4.

Gęstość zabudowy dla modelowych zespołów zabudowy jednorodzinnej wyznaczono jako iloraz liczby działek budowlanych przez powierzchnię netto lub brutto, a zatem ten parametr urbanistyczny określono jako gęstość zabudowy netto i brutto. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że wartość tego parametru wynosi:

- 1) dla zabudowy szeregowej: gęstość zabudowy netto — 38,6 działek/ha, gęstość zabudowy brutto — 33,2 działek/ha,
- 2) dla zabudowy bliźniaczej, odpowiednio: 26,7 działek/ha oraz 22,9 działek/ha,
- 3) dla zabudowy wolno stojącej, odpowiednio: 19,1 działek/ha oraz 16,5 działek/ha.

Charakterystyka techniczno-ekonomiczna różnych systemów odprowadzania ścieków

Kanalizacja bezodpływowa

Charakterystyka techniczna kanalizacji bezodpływowej obejmuje charakterystykę zbiorników bezodpływowych oraz warunki pracy taboru asenizacyjnego. Liczba zbiorników bezodpływowych zależy od stopnia centralizacji, tzn. liczby domów podłączonych do jednego zbiornika. Oznaczając przez $p_1, p_2, \dots, p_n$ udział zbiorników bezodpływowych (do których podłączone są odpowiednio 1, 2, ... n domy) w ogólnej liczbie zbiorników, tę ostatnią wielkość można wyznaczyć ze wzoru:

$$N_{zb} = N \cdot \sum_{i=1}^n \frac{p_i}{n_d} \quad (2)$$

gdzie:

- N_{zb} — ogólna liczba zbiorników bezodpływowych w zespole zabudowy jednorodzinnej,
- N — liczba działek budowlanych,
- p — udział zbiorników bezodpływowych, do których podłączona jest określona liczba domów, w ogólnej liczbie zbiorników,
- n_d — liczba domów podłączonych do jednego zbiornika bezodpływowego; $n_d = 1, 2, \dots, n$.

Pojemność zbiornika bezodpływowego może być wyznaczona ze wzoru:

$$V_{zb} = n_d \cdot q \cdot M_d \cdot n \cdot 10^{-3} \quad (3)$$

Tabela 2

POWIERZCHNIE NETTO I BRUTTO MODELOWYCH ZESPOŁÓW ZABUDOWY JEDNORODZINNEJ PRZY RÓŻNYCH RODZAJACH ZABUDOWY I RÓŻNYCH UKŁADACH GEOMETRYCZNYCH OKREŚLANYCH PRZEZ WSPÓŁCZYNNIK KSZTAŁTU GEOMETRYCZNEGO β_g

Liczba działek N	Zabudowa szeregowa				Zabudowa bliźniacza				Zabudowa wolno stojąca			
	F_n [ha]	F_b [ha]			F_n [ha]	F_b [ha]			F_n [ha]	F_b [ha]		
		$\beta_g=1$	$\beta_g=2$	$\beta_g=4$		$\beta_g=1$	$\beta_g=2$	$\beta_g=4$		$\beta_g=1$	$\beta_g=2$	$\beta_g=4$
50	1,30	1,49	1,57	1,65	1,87	2,21	2,28	2,35	2,62	3,03	3,11	3,24
100	2,59	2,98	3,06	3,14	3,74	4,35	4,42	4,56	5,23	5,99	6,13	6,27
200	5,18	5,89	5,87	5,91	7,48	8,55	8,69	8,91	10,46	11,91	12,05	12,26
300	7,77	8,80	8,97	9,11	11,22	12,75	12,90	13,18	15,69	17,77	17,97	18,25
400	10,36	11,62	11,78	12,02	14,96	16,96	17,17	17,38	20,92	23,62	23,83	24,17
500	12,95	14,53	14,69	14,92	18,70	21,16	21,38	21,66	26,15	29,48	29,75	30,10

gdzie:

V_{zb} — pojemność czynna zbiornika bezodpływowego, m^3 ,
 q — średnia dobowa jednostkowa ilość ścieków, $dm^3/M \cdot d$,
 M_d — liczba mieszkańców zasiedlających jeden dom,
 n — częstotliwość opróżniania całej pojemności zbiornika bezodpływowego, d^{-1} .

Charakteryzując warunki pracy taboru asenizacyjnego należy brać pod uwagę następujące wielkości [2]:

a) czas trwania jednego kursu [min]:

$$T_k = \frac{2L_x}{V_e} + 17 \quad (4)$$

b) efektywny czas pracy samochodu asenizacyjnego [min]:

$$T_p = 8 \cdot 60 - \frac{2L}{V_e} \quad (5)$$

c) liczba kursów wykonywanych w czasie ośmiogodzinnego dnia pracy [d^{-1}]:

$$n_k = \frac{480V_e - 2L}{17V_e + 2L_x} \quad (6)$$

d) dobowa ilość wywiezionych ścieków [m^3/d]:

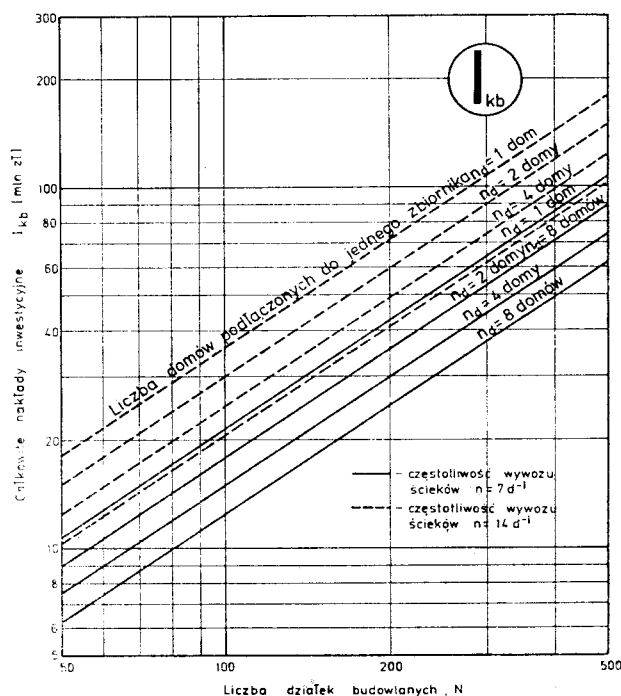
$$S_d = n_k \cdot V_s \cdot \alpha_1 \quad (7)$$

e) przebieg dzienny samochodu asenizacyjnego [km/d]:

$$P_d = 2L + L_x \frac{480V_e + 2L}{17V_e + 2L_x} \quad (8)$$

gdzie:

L_x — odległość od nieruchomości do punktu zlewnego, km,
 V_e — prędkość eksploatacyjna wozu asenizacyjnego, km/min,



Rys. 2. Nakłady inwestycyjne ponoszone przy budowie kanalizacji bezodpływowej.

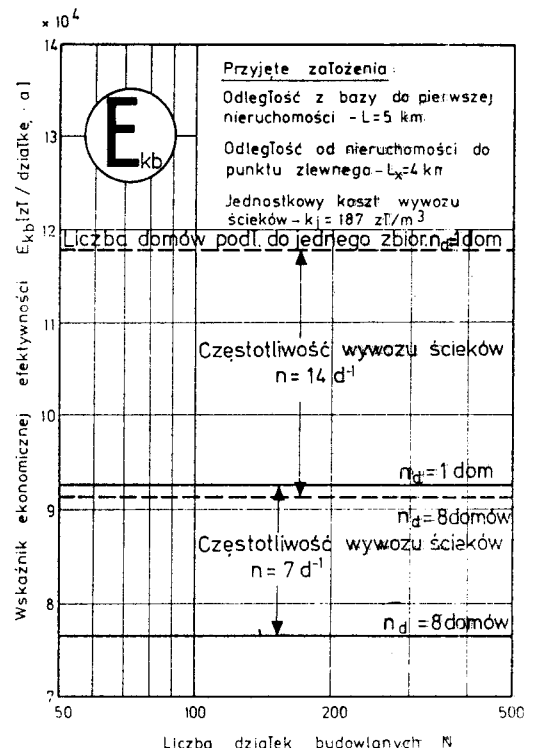
17 — czas związany z funkcjonowaniem wozu asenizacyjnego, min,
 L — średnia odległość z bazy do pierwszej nieruchomości, która może być przyjęta jako równa w przybliżeniu odległości ze stacji zlewnej do bazy, km,
 V_s — pojemność zbiornika na ścieki w wozie asenizacyjnym, m^3 ,
 α_1 — współczynnik wykorzystania zbiornika w wozie asenizacyjnym; $\alpha_1 = 0,9$.

Dla uzyskania pełnej charakterystyki technicznej zbiorników bezodpływowych przyjęto następujące założenia:

— liczba domów podłączonych do jednego zbiornika bezodpływowego $n_d = 1, 2, 4, 8$ domów,
 — liczba osób zamieszkujących w jednym domu $M_d = 4$,
 — średnia dobowa jednostkowa ilość ścieków $q = 200 dm^3/M \cdot d$,
 — częstotliwość wywozu ścieków $n = 7$ lub $14 d^{-1}$.

Znajomość pojemności zbiorników bezodpływowych oraz ich liczba pozwoliła na określenie całkowitych nakładów inwestycyjnych, co przedstawiono w formie zależności na rysunku 2. Z przedstawionych zależności wynika, że zmniejszenie nakładów inwestycyjnych można osiągnąć poprzez zwiększenie centralizacji urządzeń do gromadzenia ścieków oraz zwiększenie częstotliwości wywozu ścieków, przy czym nie należy przyjmować tego parametru poniżej wartości $n = 7 d^{-1}$, gdyż nawet przy tej wartości pojawi się określona uciążliwość dla mieszkańców osiedla.

Rozważania na temat kosztu wywozu ścieków, co można utożsamiać z kosztami eksploatacji



Rys. 3. Zależności do określania wskaźnika ekonomicznej efektywności kanalizacji bezodpływowej.

kanalizacji bezodpływowej, przeprowadzono w pracy [2] wykazując, że uzasadnionym kosztem jednostkowym jest wartość $k_j=187 \text{ zł/m}^3$, przy przyjęciu samochodu asenizacyjnego Star A28 o pojemności zbiornika na ścieki $V_s=4,5 \text{ m}^3$, odległości z bazy do pierwszej nieruchomości $L=5 \text{ km}$ oraz odległości od nieruchomości do punktu zlewnego $L_x=4 \text{ km}$.

Podsumowując charakterystykę kanalizacji bezodpływowej posłużono się wskaźnikiem ekonomicznej efektywności wyznaczonym z formuły uproszczonej i określonym w zł/działkę·rok [zł/D·a]. Zależności do określenia wskaźnika ekonomicznej efektywności kanalizacji bezodpływowej przedstawiono na rysunku 3, z którego wynika, że na jego wartość ma wpływ liczba domów podłączonych do jednego zbiornika bezodpływowego oraz częstotliwość wywozu ścieków, natomiast nie ma wpływu liczba działek budowlanych w zespole zabudowy jednorodzinnej. Generalnie można stwierdzić, że wskaźnik ekonomicznej efektywności kanalizacji bezodpływowej mieści się w przedziale od 76 500 zł/D·a (przy $n_d=8$ domów oraz $n=7d^{-1}$) do 118 000 zł/D·a (przy $n_2=1$ dom oraz $n=14d^{-1}$).

Kanalizacja grawitacyjna

Charakterystyką techniczną kanalizacji grawitacyjnej objęto następujące wielkości: długość sieci przewodów, średnice przewodów, zagłębienie, objętość robót ziemnych oraz kubaturę pompowni. Wszelkie rozważania na temat kanalizacji grawitacyjnej prowadzono dla układów kanalizacyjnych przedstawionych na rysunku 4.

Sieć przewodów kanalizacyjnych składa się z przewodów zbiorczych oraz przewodów głównych, których długość można wyznaczyć ze wzorów ogólnych [2]:

— długość przewodów zbiorczych [m]:

$$L_z = \frac{1}{2} N \cdot s \quad (9)$$

— długość przewodów głównych [m]:

$$L_g = \left(2 \cdot \frac{f}{s} + l_k \right) \left(\sqrt{\frac{\beta_g \cdot N \cdot s^2}{4f + 2l_k \cdot s}} - 1 \right) \quad (10)$$

gdzie:

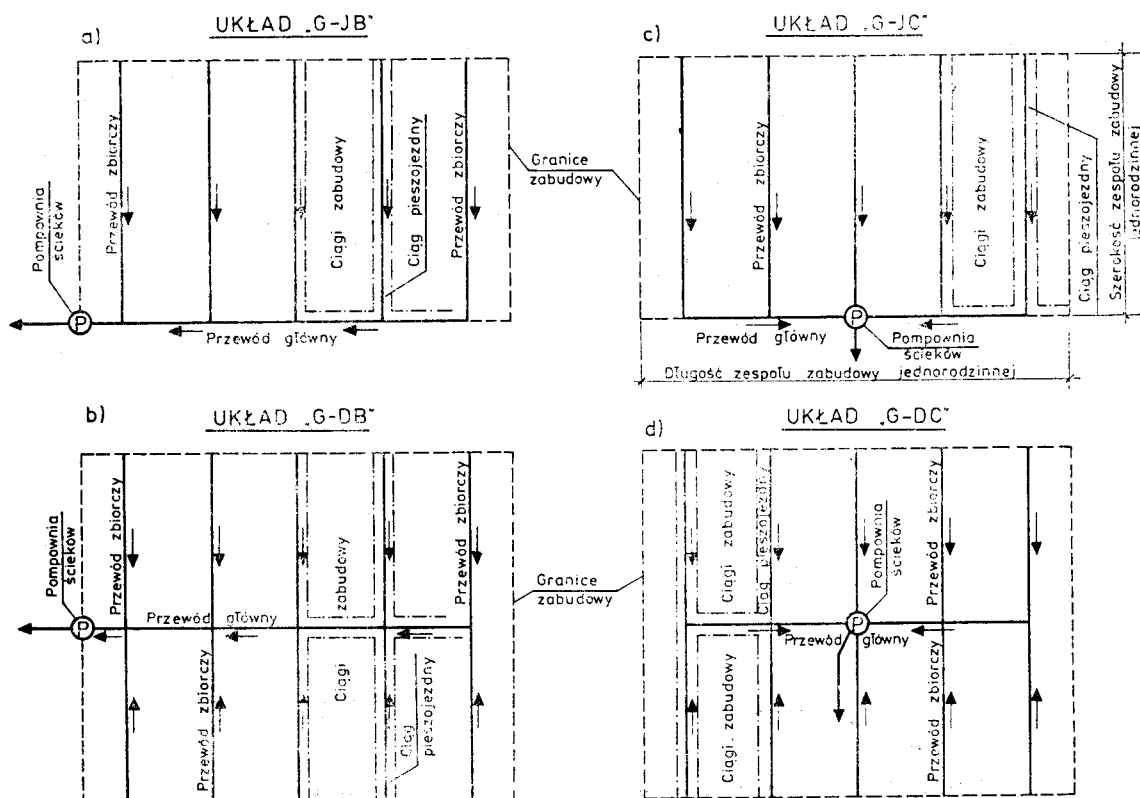
- N — liczba działek budowlanych,
- s — szerokość frontu działki, m,
- f — powierzchnia działki budowlanej, m^2 ,
- l_k — szerokość ciągów pieszojezdnych, w osi których umieszczone są przewody zbiorcze, m,
- β_g — współczynnik kształtu geometrycznego zespołu zabudowy.

Szczegółowe rozważania na temat długości przewodów kanalizacyjnych, prowadzone dla modelowych zespołów zabudowy jednorodzinnej, pozwoliły na opracowanie wzorów do określania całkowitej długości przewodów w funkcji liczby działek budowlanych, dla różnych rodzajów zabudowy i różnych wartości współczynnika kształtu geometrycznego. Ogólnie wzory te można zapisać funkcją wykładniczą:

$$L = A \cdot N^m \quad (11)$$

gdzie:

- L — całkowita długość przewodów kanalizacyjnych, m,
- N — liczba działek budowlanych,



Rys. 4. Układy kanalizacji grawitacyjnej przyjęte do analizy technicznej i ekonomicznej.

A, m — współczynniki, których wartości zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3

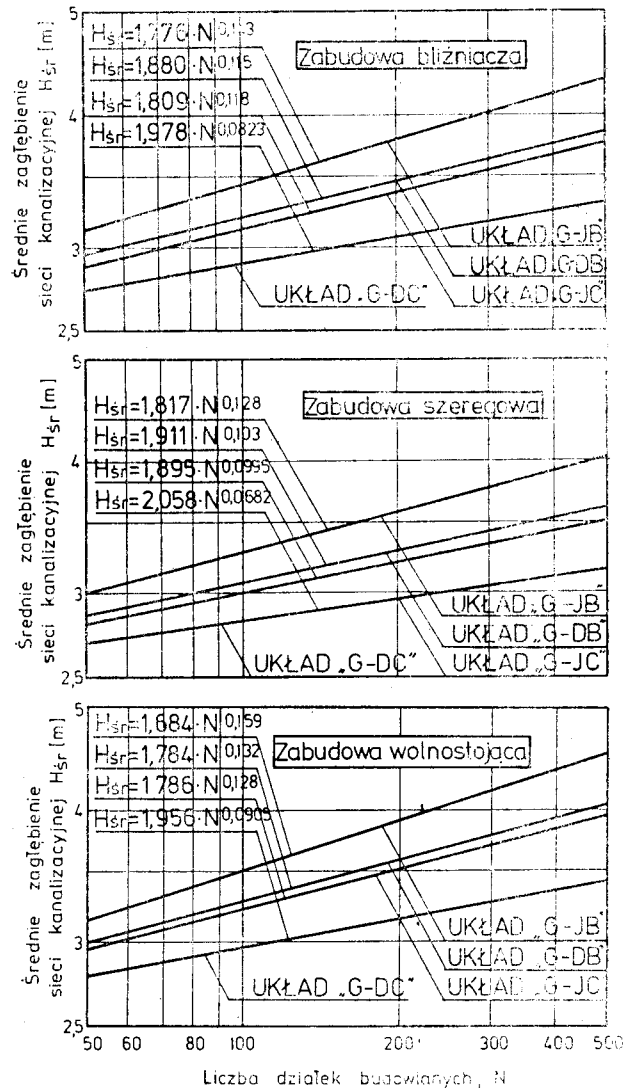
WARTOŚCI WSPÓŁCZYNNIKÓW DO WZORU (11)

Rodzaj zabudowy	$\beta_g=1$		$\beta_g=2$		$\beta_g=4$	
	A	m	A	m	A	m
szeregowa	7,22	0,9304	11,76	0,857	15,94	0,823
bliźniacza	12,89	0,9095	16,33	0,879	20,80	0,852
wolno stojąca	14,68	0,9417	18,34	0,913	25,49	0,868

Przy ocenie zagłębienia sieci kanalizacyjnej posłużono się zagłębieniem średnim ważonym odniesionym do całej długości przewodów kanalizacyjnych. Zagłębienie to zależy od liczby działek budowlanych, rodzaju zabudowy oraz układu przewodów kanalizacyjnych (rys. 4), natomiast zasadniczo nie zależy od współczynnika kształtu geometrycznego. Analizując ten parametr przyjęto, że początkowo zagłębienie przewodów zbiorczych wynosi 2,5 m, a spadki minimalne 5‰ dla przewodów o średnicy 0,2 m oraz 4‰ przy średnicy 0,25 m. Zależności do wyznaczania średniego zagłębienia grawitacyjnych przewodów kanalizacyjnych przedstawiono na rysunku 5.

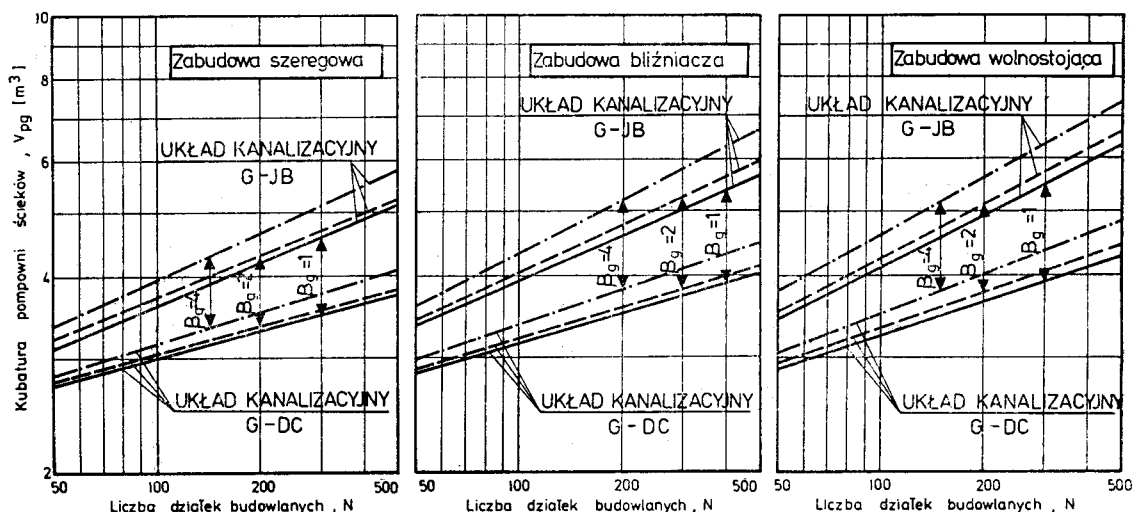
Średnice przewodów kanalizacyjnych zależą od liczby działek budowlanych, która wpływa bezpośrednio na ilość odprowadzanych ścieków. Badania przeprowadzone w pracy [2] wykazały, że przewodami o średnicy 0,2 m można odprowadzać ścieki z osiedla o liczbie działek budowlanych nie przekraczającej 413 (odpowiada to liczbie mieszkańców ok. 1650), natomiast przy większej liczbie działek, konieczne jest zastosowanie przewodów o średnicy 0,25m, przy czym średnica ta pojawi się jedynie na końcowych odcinkach przewodu głównego.

Interesującym parametrem charakteryzującym sieć kanalizacyjną jest również objętość robót ziemnych niezbędnych do wykonania dla umożliwienia ułożenia przewodów kanalizacyjnych. Rozważania prowadzone w pracy [2] pozwalają na stwierdzenie, że objętość robót ziemnych zależy praktycznie od wszystkich parametrów o charakterze urbanistycznym. Generalnie



Rys. 5. Zależności do wyznaczania średniego zagłębienia przewodów grawitacyjnych.

można podać, że jednostkowa objętość robót ziemnych w przeliczeniu na jedną działkę budowlaną wynosi: dla zabudowy szeregowej od 31,3 m³/D do 60 m³/D, dla zabudowy bliźniaczej od 53 m³/D do 106 m³/D, a dla zabudowy wolno stojącej od 71 m³/D do 155 m³/D.



Rys. 6. Zależności do wyznaczania kubatury pompy wni ścieków w grawitacyjnym systemie odprowadzania ścieków.

Kubaturę pompowni ścieków przeznaczonej do przetłaczania ścieków z układu kanalizacyjnego zespołu zabudowy jednorodzinnej do oczyszczalni ścieków lub układu kanalizacyjnego pobliskiej większej jednostki osadniczej, ustalono przy założeniu, że do pompowania użyte będą pompy Sarlin, umieszczone w zbiorniku wykonanym z kręgów betonowych. Takie rozwiązanie wpływa korzystnie nie tylko na kubaturę pompowni, ale i na koszty jej budowy. Zależności do wyznaczania kubatury pompowni przedstawiono na rysunku 6.

Charakterystyka ekonomiczna kanalizacji grawitacyjnej obejmuje nakłady inwestycyjne ponoszone przy budowie sieci przewodów oraz pompowni ścieków, koszty eksploatacji uwzględniające koszty czyszczenia kanałów i koszty zużycia energii elektrycznej oraz wskaźnik ekonomicznej efektywności. Nakłady inwestycyjne ponoszone przy budowie sieci przewodów kanalizacyjnych wynikają z iloczynu:

$$I_g = a_{sr} \cdot L \quad (12)$$

gdzie:

I_g w zł,

a_{sr} — jednostkowy koszt budowy przewodów kanalizacyjnych zależny od rodzaju materiału użytego do budowy przewodu, jego średnicy oraz warunków wykonania, zł/m,
 L — całkowita długość sieci kanalizacyjnej, m.

Rozważania prowadzone w pracy [2] doprowadziły do wniosku, że koszty budowy przewodów występujących w zespołach zabudowy jednorodzinnej, można wyznaczyć ze wzorów (poziom cen — 1986 r.):

$$a_{sr}^{0,20} = 4120H_{sr} + \begin{cases} 1240 \text{ (S)} \\ 6000 \text{ (SN)} \\ 8700 \text{ (N)} \end{cases} \quad (13)$$

$$a_{sr}^{0,25} = 4180H_{sr} + \begin{cases} 2425 \text{ (S)} \\ 7140 \text{ (SN)} \\ 9865 \text{ (N)} \end{cases} \quad (14)$$

gdzie:

$a_{sr}^{0,20}$, $a_{sr}^{0,25}$ — jednostkowe koszty budowy przewodów kanalizacyjnych o średnicach 0,2 m i 0,25 m, zł/m,

S, SN, N — symbole oznaczające wykonanie przewodu, odpowiednio: w gruncie suchym, średnio nawodnionym i nawodnionym,

H_{sr} — średnie zagłębienie przewodu, m.

Przy ocenie kosztów budowy sieci kanalizacyjnej przyjęto, że warunki gruntowe są zmienne (do głębokości 3 m — grunt suchy, przy głębokości 3÷4,5 m — grunt średnio nawodniony, a przy głębokościach większych od 4,5 m — grunt nawodniony).

Nakłady inwestycyjne ponoszone przy budowie pompowni ścieków wyznaczono ze wzoru:

$$I_{pg} = \exp(0,385 V_{pg} + 12,6) \quad (15)$$

gdzie:

I_{pg} w zł,

V_{pg} — kubatura pompowni ścieków (wyznaczona z zależności na rys. 6), m³.

Analiza nakładów inwestycyjnych ponoszonych przy budowie kanalizacji grawitacyjnej doprowadziła do wniosku, że ich wysokość można aproksymować funkcją wykładniczą.

$$I_{kg} = A_{kg} \cdot N^{n_{kg}} \quad (16)$$

gdzie:

I_{kg} — nakłady inwestycyjne ponoszone przy budowie kanalizacji grawitacyjnej, zł,

N — liczba działek budowlanych,

A_{kg} , n_{kg} — współczynniki zależne od rodzaju zabudowy, układu kanalizacyjnego i współczynnika kształtu geometrycznego (tab. 4).

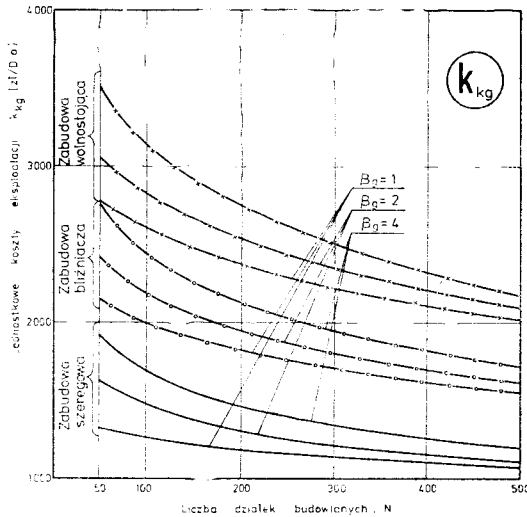
Koszty eksploatacji kanalizacji grawitacyjnej można wyznaczać z zależności przedstawionych na rysunku 7. Dla uzyskania wartości rocznych kosztów eksploatacji należy odczytaną z wykresu wartość pomnożyć przez liczbę działek budowlanych.

Wskaźnik ekonomicznej efektywności kanalizacji grawitacyjnej wyznaczono z formuły uproszczonej, przyjmując stopę dyskontową w wysokości 0,08a⁻¹ oraz średnią stawkę amortyzacyjną w wysokości 0,022 a⁻¹. Zależności do wyznaczania wskaźnika ekonomicznej efektywności przedstawiono na rysunku 8.

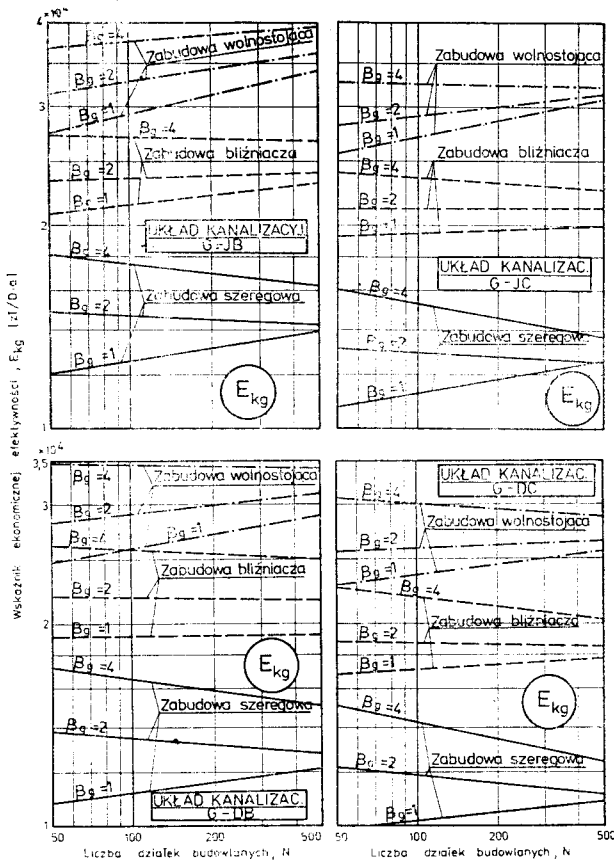
Tabela 4

WARTOŚCI WSPÓŁCZYNNIKÓW DO WZORU (16)

Rodzaj zabudowy	Układ kanalizacji wg rys. 4	$\beta_g=1$		$\beta_g=2$		$\beta_g=4$	
		$A_{kg} \cdot 10^3$	n_{kg}	$A_{kg} \cdot 10^3$	n_{kg}	$A_{kg} \cdot 10^3$	n_{kg}
Szeregowa	G—JB	71,1	1,080	122,1	0,996	166,4	0,968
	G—DB	65,9	1,068	118,6	0,982	163,0	0,959
	G—JC	60,4	1,089	105,8	0,997	158,0	0,946
	G—DC	60,6	1,081	108,0	0,972	159,7	0,927
Bliźniacza	G—JB	132,0	1,063	169,4	1,029	214,5	1,009
	G—DB	144,1	1,0168	171,6	1,008	213,4	0,998
	G—JC	136,4	1,033	156,2	1,021	196,9	0,994
	G—DC	111,7	1,044	141,1	1,013	201,7	0,971
Wolno stojąca	G—JB	144,4	1,112	188,0	1,080	248,3	1,050
	G—DB	139,7	1,09	176,6	1,065	259,1	1,024
	G—JC	141,1	1,099	184,8	1,054	250,4	1,013
	G—DC	132,7	1,077	177,5	1,035	255,8	0,991



Rys. 7. Zależności do wyznaczania jednostkowych kosztów eksploatacji grawitacyjnego systemu odprowadzania ścieków.



Rys. 8. Zależności do wyznaczania wskaźnika ekonomicznej efektywności grawitacyjnego systemu odprowadzania ścieków.

Kanalizacja podciśnieniowa

Charakterystyką techniczną kanalizacji podciśnieniowej objęto następujące wielkości: liczba i objętość studzienek zbiorczych z zaworami opróżniającymi, długość podciśnieniowych przewodów kanalizacyjnych, średnice przewodów, objętość robót ziemnych związanych z budową sieci przewodów, kubatura obiektu, w którym zlokalizowano zbiornik próżniowy i pompy próżniowe oraz kubatura pompowni ścieków.

Rozważania na temat aspektów technicznych i ekonomicznych kanalizacji podciśnieniowej prowadzono dla obiektów kanalizacyjnych przedstawionych na rysunku 4, a które w tym przypadku oznaczono symbolami: P-JB (odpowiednik G-JB, rys. 4a), P-DB (odpowiednik G-DB, rys. 4b), P-JC (odpowiednik G-JC, rys. 4c) oraz P-DC (odpowiednik G-DC, rys. 4d).

Liczbę i objętość studzienek zbiorczych określono przy następujących założeniach:

- liczba domów podłączonych do jednej studzienki wynosi $N=8$ domów przy zabudowie szeregowej, $N=4$ domy przy zabudowie bliźniaczej oraz $N=2$ domy przy zabudowie wolno stojącej,
- średnica studzienki wynosi $d_{kz}=1,0$ m,
- objętość czynna studzienki odpowiada czwartej części maksymalnego godzinowego odpływu ścieków do studzienki, wyrażonego w m^3/h [2],
- przewód doprowadzający ścieki do studzienki posiada zagłębienie 2,5 m przy zabudowie szeregowej, 2,25 m przy zabudowie bliźniaczej oraz 2,0 m przy zabudowie wolno stojącej.

Długość sieci przewodów podciśnieniowych jest taka sama jak długość przewodów grawitacyjnych, a zatem może być wyznaczona ze wzoru (11). Doboru średnic przewodów podciśnieniowych dokonano przy wykorzystaniu zasad hydraulicznych obliczeń sieci przewodów oraz przy założeniu, że przewody te będą wykonane z rur PCW o średnicach 0,110 m, 0,160 m, 0,225 m, 0,280 m, 0,315 m oraz 0,450 m [2, 3]. Charakteryzując średnice przewodów posłużono się pojęciem średnicy równoważnej ze względu na objętość, którą można wyznaczyć ze wzoru:

$$d_{prv} = \sqrt[3]{d_{p1}^2 \cdot \frac{L_{p1}}{L} + d_{p2}^2 \cdot \frac{L_{p2}}{L} + \dots + d_{pn}^2 \cdot \frac{L_{pn}}{L}} \quad (17)$$

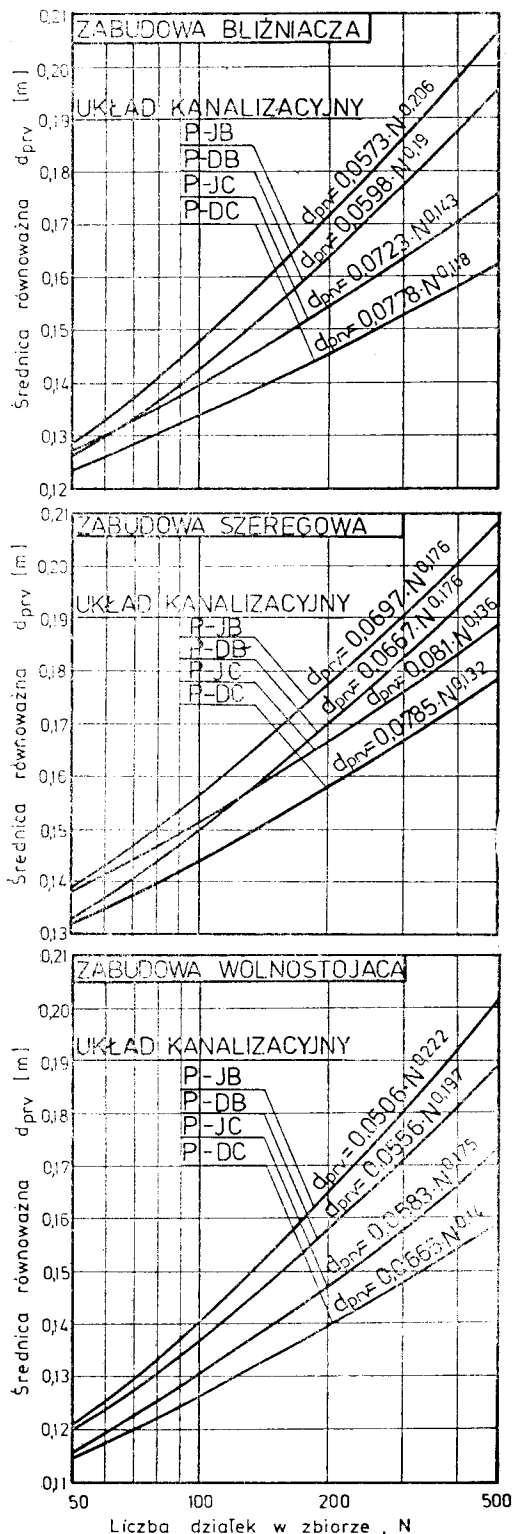
gdzie:

- d_{prv} — średnica równoważna sieci przewodów kanalizacji podciśnieniowej ze względu na ich objętość, m,
- $d_{p1}, d_{p2}, \dots, d_{pn}$ — średnice przewodów występujące w rozpatrywanym układzie kanalizacyjnym, m,
- $L_{p1}, L_{p2}, \dots, L_{pn}$ — długość przewodów kanalizacji podciśnieniowej o średnicach odpowiednio $d_{p1}, d_{p2}, \dots, d_{pn}$, m,
- L — całkowita długość sieci kanalizacyjnej wyznaczona ze wzoru (11), m.

Zależności do wyznaczania średnic równoważnych d_{prv} , w funkcji liczby działek budowlanych i przy uwzględnieniu rodzaju zabudowy i układu kanalizacyjnego przedstawiono na rysunku 9.

Objętość robót ziemnych związanych z budową sieci przewodów podciśnieniowych można wyznaczyć ze wzoru:

$$V_{zdp} = (d_{prv} + p) \cdot H_{p_{sr}} \cdot L \quad (18)$$



Rys. 9. Zależności do wyznaczania średnic równoważnych (ze względu na objętość) podciśnieniowych przewodów kanalizacyjnych.

gdzie:

V_{zpd} w m^3 , d_{prv} w m, L w m,
 p — wymagane poszerzenie dna wykopu w stosunku do średnicy przewodu, m,
 HP_{sr} — średnie zagłębienie przewodów podciśnieniowych, m; zazwyczaj $HP_{sr} = 1,2 \div 2,0$ m,

Obliczenia parametru V_{zpd} przeprowadzone dla $p=0,6$ m oraz $HP_{sr}=1,8$ m wykazały, że jedna-

kowa objętość robót ziemnych przeliczona na jedną działkę budowlaną wynosi: dla zabudowy szeregowej — $7 \div 10 m^3/D$, dla zabudowy bliźniaczej — $11 \div 15 m^3/D$, a dla zabudowy wolno stojącej — $15 \div 20 m^3/D$, a więc jest kilkakrotnie mniejsza niż przy zastosowaniu kanalizacji grawitacyjnej.

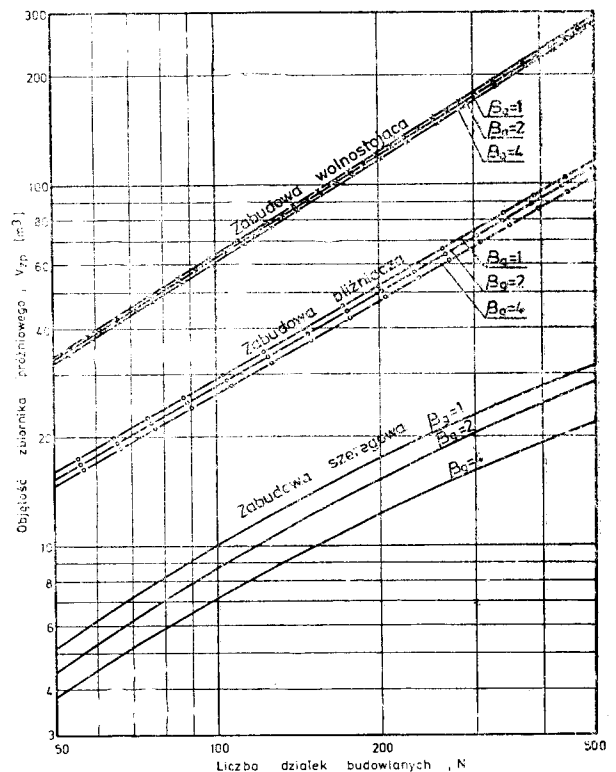
Objętość zbiornika próżniowego, a następnie obiektu w którym zlokalizowano zbiornik i pompy próżniowe, określono zgodnie z zasadami podanymi w pracach [2, 3, 4]. Zależność do wyznaczania pojemności zbiornika próżniowego przedstawiono na rysunku 10. Kubaturę obiektu, w którym zlokalizowano zbiornik i pompy próżniowe można określić jako podwójną kubaturę zbiornika [2]. Kubaturę pompowni ścieków z kręgów żelbetowych, w której przewidziano zainstalowanie pomp typu Sarlin, przedstawiono na rysunku 11.

Charakterystyką ekonomiczną kanalizacji podciśnieniowej objęto takie elementy jak nakłady inwestycyjne ponoszone przy realizacji wszystkich elementów tego systemu kanalizacyjnego, koszty eksploatacji związane z kosztami zużycia energii elektrycznej oraz wskaźnik ekonomicznej efektywności. Nakłady inwestycyjne ponoszone przy budowie kanalizacji podciśnieniowej są sumą kosztów budowy wszystkich jej elementów, a zatem:

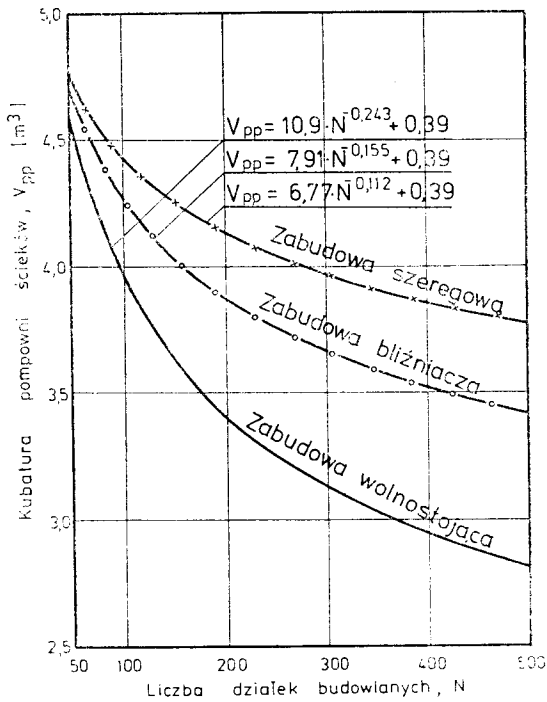
$$I_{kp} = I_{sz} + I_p + I_{zp} + I_{pp} \quad (19)$$

gdzie:

I_{kp} — nakłady inwestycyjne ponoszone przy budowie kanalizacji podciśnieniowej, zł,
 I_{sz} — koszty budowy studzienek zbiorczych z zaworami opróżniającymi, zł,



Rys. 10. Nomogram do określania objętości zbiornika próżniowego w podciśnieniowym systemie kanalizacyjnym.



Rys. 11. Zależności do wyznaczania kubatury pompowni ścieków w podciśnieniowym systemie kanalizacji.

I_p — koszty budowy przewodów podciśnieniowych, zł,

I_{zp} — koszty budowy obiektu, w którym zlokalizowano zbiornik próżniowy i pomieszczenie pomp próżniowych, zł,

I_{pp} — koszty budowy pompowni ścieków, zł.

Koszty budowy pojedynczej studzienki zbiorczej można wyznaczyć ze wzoru:

$$I_{sz}^{(1)} = (43400 \cdot d_s^2 - 66000 d_s + 52600) \cdot H_s \quad (20)$$

(−0,544 d_s² + 1,319 d_s + 0,679)

gdzie:

$I_{sz}^{(1)}$ — koszty budowy pojedynczej studzienki zbiorczej, zł,

d_s — średnica studzienki, m,

H_s — całkowita głębokość studzienki, m.

Koszty budowy sieci przewodów podciśnieniowych wynikają z iloczynu:

$$I_p = a_{sr}^p \cdot L \quad (21)$$

gdzie:

I_p w zł, L w m,

a_{sr}^p — średni koszt budowy 1 m przewodów kanalizacji podciśnieniowej o ustalonej średnicy równoważnej, zł/m.

Rozważania przeprowadzone w pracy [2] doprowadziły do stwierdzenia, że wartość a_{sr}^p może być wyznaczona ze wzoru (poziom cen — 1986 r.):

$$a_{sr}^p = 26900 \left(\sqrt{d_{prv}^2 + 0,528 d_{prf} + 0,07} - 0,264 \right)^2 + 14200 \left(\sqrt{d_{prv}^2 + 0,528 d_{prf} + 0,07} - 0,264 \right) + 5260 \quad (22)$$

gdzie:

a_{sr}^p w zł/m, d_{prv} w m,

d_{prf} — średnica równoważna przewodów kanalizacji podciśnieniowej ze względu na ich powierzchnię, m.

Koszty obiektu mieszczącego zbiornik próżniowy i pompy próżniowe można wyznaczyć ze wzoru:

$$I_{zp} = 64\,000 \cdot V_p^{0,725} \quad (23)$$

gdzie:

I_{zp} w zł,

V_p — pojemność konstrukcyjna obiektu mieszczącego zbiornik próżniowy i pompy próżniowe, m³.

Koszty budowy pompowni ścieków można określać ze wzoru (15).

Całkowite nakłady inwestycyjne ponoszone przy realizacji podciśnieniowego systemu kanalizacyjnego można wyznaczyć ze wzoru:

$$I_{kp} = (A_{kp} \cdot N + B_{kp}) \cdot 10^4 \quad (24)$$

gdzie:

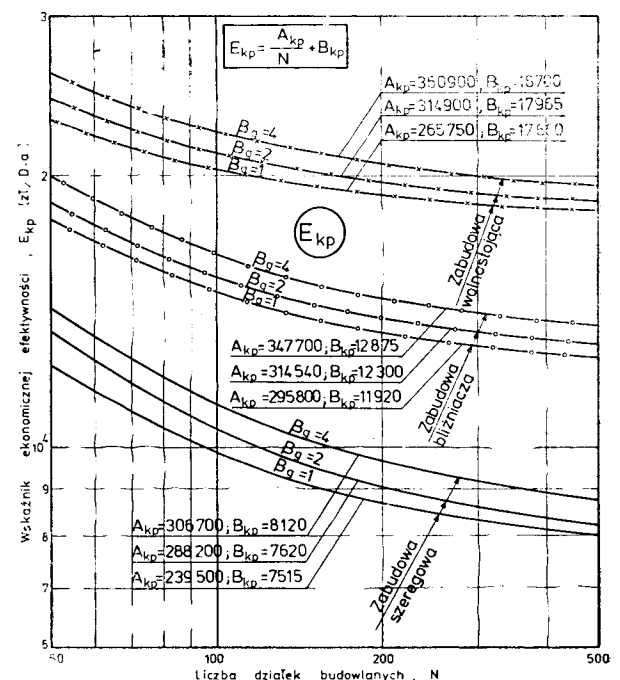
I_{kp} w zł,

N — liczba działek budowlanych,

A_{kp} , B_{kp} — współczynniki zależne od rodzaju zabudowy i współczynnika kształtu geometrycznego, których wartości liczbowe zestawiono w tabeli 5.

Tabela 5
WARTOŚCI WSPÓŁCZYNNIKÓW DO WZORU (24)

Rodzaj zabudowy	$\beta_g=1$		$\beta_g=2$		$\beta_g=4$	
	A_{kp}	B_{kp}	A_{kp}	B_{kp}	A_{kp}	B_{kp}
szeregową	6,36	224	6,46	268	6,91	285
bliźniaczą	10,30	278	10,65	295	11,17	325
wolnostojącą	15,39	257	15,72	298	16,34	343



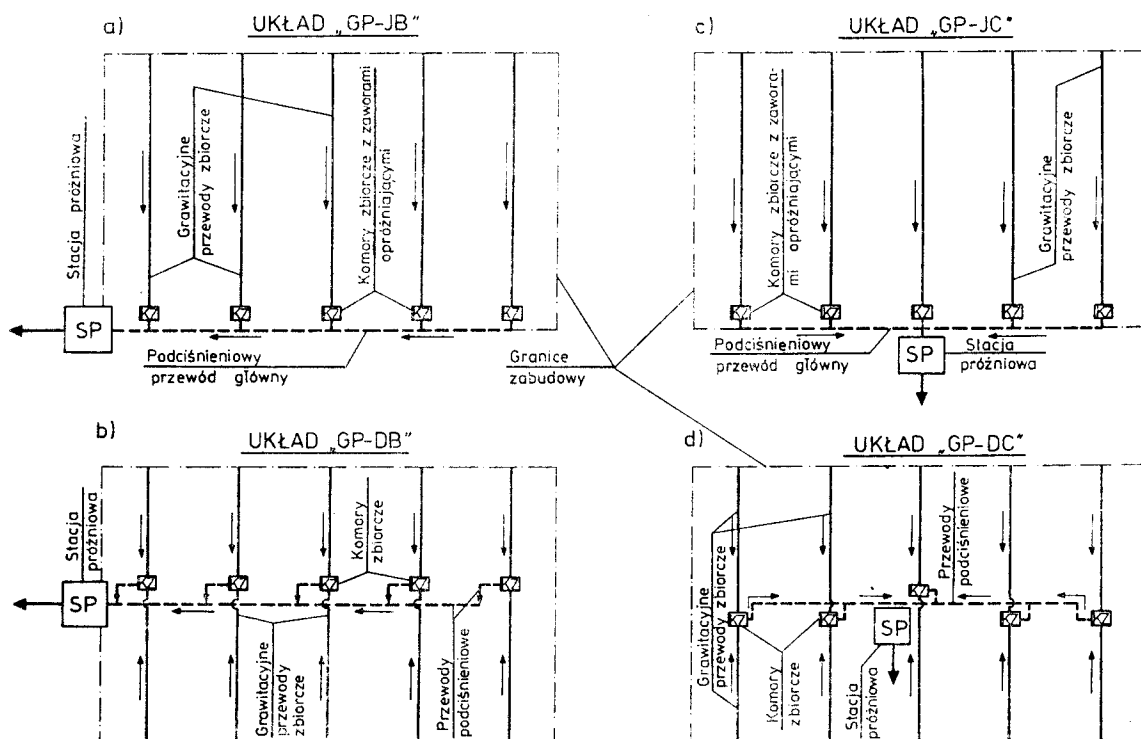
Rys. 12. Zależności do wyznaczania wskaźnika ekonomicznej efektywności kanalizacji podciśnieniowej.

Koszty eksploatacji kanalizacji podciśnieniowej ujmują koszty zużycia energii elektrycznej wykorzystywanej przez pompy próżniowe i pompy ściekowe i wynoszą: dla zabudowy szeregowej od 18500 zł/a (przy $N=50$) do 255000 zł/a (przy $N=500$), dla zabudowy bliźniaczej od 19200 zł/a (przy $N=50$) do 285000 zł/a (przy $N=500$) oraz dla zabudowy wolno stojącej od 20000 zł/a (przy $N=50$) do 350000 zł/a (przy $N=500$).

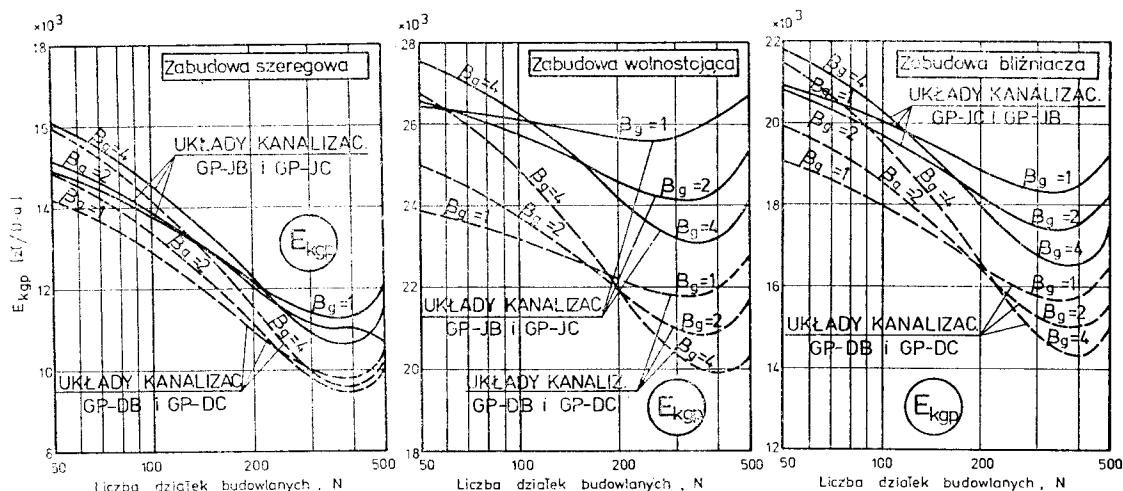
Zależności do wyznaczania wskaźnika ekonomicznej efektywności kanalizacji podciśnieniowej przedstawiono na rysunku 12, przy czym obliczono go z formuły uproszczonej przy stopie dyskontowej $r=0,08 \text{ a}^{-1}$ oraz średniej stawce amortyzacyjnej $s=0,022 \text{ a}^{-1}$.

Kanalizacja grawitacyjno-podciśnieniowa

Kanalizacja grawitacyjno-podciśnieniowa charakteryzuje się tym, że ścieki odprowadzane z poszczególnych domów trafiają poprzez przykanaliki do grawitacyjnych przewodów zbiorczych, a następnie do komór zbiorczych z zaworami opróżniającymi i dalej do podciśnieniowych przewodów głównych, stacji próżniowej i są pompowane do oczyszczalni ścieków lub układu kanalizacyjnego pobliskiej większej jednostki osadniczej. Dla tego systemu kanalizacyjnego rozpatrzono układy przewodów zbiorczych i głównych oraz związane z nimi położenie stacji próżniowej, przedstawione na rysunku 13.



Rys. 13. Układy kanalizacji grawitacyjno-podciśnieniowej przyjęte do analizy technicznej i ekonomicznej.



Kanalizacja grawitacyjno-podciśnieniowa składa się z następujących elementów podstawowych: grawitacyjne przewody zbiorcze, komory zbiorcze z zaworami opróżniającymi usytuowane przed połączeniem przewodów zbiorczych z przewodem głównym, podciśnieniowy przewód główny oraz stacja próżniowa składająca się z pomieszczenia, w którym znajduje się zbiornik próżniowy i pompy próżniowe oraz pompownia ścieków. Charakterystykę techniczną wymienionych wyżej elementów przedstawiono już w poprzednich punktach, dlatego też w tym przypadku ograniczono się do zaprezentowania charakterystyki ekonomicznej, uwzględniając tylko wskaźnik ekonomicznej efektywności jako wielkość podsumowującą rozważania ekonomiczne. Zależności do wyznaczenia wartości wskaźnika ekonomicznej efektywności w funkcji liczby działek budowlanych i przy uwzględnieniu rodzaju zabudowy, współczynnika kształtu geometrycznego oraz układu przewodów kanalizacyjnych (rys. 13), przedstawiono na rysunku 14.

Wnioski

1. Bezsieciowy układ kanalizacji bezodpływowej jest rozwiązaniem o bardzo niekorzystnych cechach, zarówno z punktu widzenia sanitarnego, jak i z punktu widzenia uciążliwości dla mieszkańców. Niekorzystny obraz tego układu kanalizacyjnego jest także bardzo wyraźny z punktu widzenia ekonomicznego, gdyż wartości wskaźników ekonomicznej efektywności są co najmniej o rząd wielkości wyższe od wskaźników dla sieciowych systemów kanalizacyjnych. Można zatem stwierdzić, że stosowanie kanalizacji bezodpływowej jest rozwiązaniem ze wszech miar niekorzystnym. Może ona znaleźć zastosowanie jedynie na terenach o bardzo rozproszonej zabudowie, chociaż i tam celowe byłoby raczej stosowanie kanalizacji lokalnych, pozwalających na całkowite unieszkodliwianie ścieków w obrębie jednego gospodarstwa lub kilku położonych blisko siebie.

2. Porównanie sieciowych układów kanalizacyjnych daje podstawę do stwierdzenia, że: — z punktu widzenia objętości robót ziemnych najkorzystniejszym rozwiązaniem jest kanalizacja podciśnieniowa, — najwyższe zużycie energii elektrycznej pojawia się w wypadku kanalizacji podciśnieniowej, co jest spowodowane działaniem pomp próżniowych, — z ekonomicznego punktu widzenia najkorzystniejszym rozwiązaniem dla zespołów zabudowy o liczbie domów nie przekraczającej 100 jest system kanalizacji grawitacyjnej, a dla zespołów większych — system kanalizacji podciśnieniowej, stanowiący nowy niekonwencjonalny system odprowadzania ścieków.

3. Poszukiwanie najkorzystniejszych systemów odprowadzania ścieków z terenów nie objętych działaniem kanalizacji miejskiej powinno w każdym przypadku obejmować różne rozwiązania. Prowadzone rozważania powinny obejmować zarówno aspekty techniczne jak i ekonomiczne, przy czym nie wolno w żadnym wypadku ograniczać się jedynie do analizy nakładów inwestycyjnych. Wskaźnikiem, który pozwoli na podjęcie ostatecznej decyzji powinien być wskaźnik ekonomicznej efektywności.

LITERATURA

1. Z. HEIDRICH: Charakterystyka techniczno-ekonomiczna układów kanalizacyjnych na terenach zabudowy jednorodzinnej. Ochrona Środowiska, nr 1—2 (27—28), s. 15—20, Wrocław 1986.
2. Z. HEDRICH: Wpływ urbanistycznych rozwiązań zespołów zabudowy jednorodzinnej na wybór rodzaju kanalizacji. Prace Naukowe Wydziału Inżynierii Sanitarnej i Wodnej Politechniki Warszawskiej, nr 6, Warszawa 1988.
3. J. DOLECKI: Zasady projektowania i możliwości stosowania kanalizacji podciśnieniowej. Ochrona Środowiska, nr 1—2(27—28), s. 61—64, Wrocław 1986.
4. J. DOLECKI: Podstawy projektowania układów kanalizacji podciśnieniowej oraz ocena ich ekonomicznej efektywności. Dysertacja, Politechnika Warszawska, Warszawa 1984.

SEWAGE DISCHARGE IN AREAS OUTSIDE THE SEWER SYSTEM

Sewage discharge from areas with single family houses is analyzed in a joint approach. The area is settled and developed in a rational manner. Sewage discharge involves septic tanks (with no outlet to the sewer network) or a sewer network. The septic tank system is disadvantageous from both sanitary and economic points of view. Comparison of the sewer

network systems (gravitational; vacuum; gravitational and vacuum) has led to the following findings: (1) the vacuum sewer system is the most advantageous when considered from the viewpoint of the digging volume; (2) the vacuum sewer has the disadvantage of being a high power demand system; (3) the most advantageous from the economic point of view is a gravitational sewer system comprising no more than 100 single-family houses or a vacuum sewer system for settlements with more than 100 houses.