Wydawnictwo PZITS
Nr 488/1—2 (27—28)

OCHRONA ŚRODOWISKA

Wrocław
październik 1986 r.

Joanna Dolecka
Izabela Bartkowska
Janusz Dolecki
Aleksander Usakiewicz

ASPEKTY TECHNICZNO-EKONOMICZNE SIECI KANALIZACYJNYCH W GMINNYCH JEDNOSTKACH OSADNICZYCH

Zagadnienie odprowadzania i unieszkodliwiania ścieków z wiejskich jednostek osadniczych stanowi istotny i zazwyczaj nierozwiązany problem w kompleksowych programach ochrony wód. Należy przy tym podkreślić, że prawidłowe rozwiązanie systemu gospodarki wodno-ściekowej, zarówno z punktu widzenia wymogów ochrony środowiska jak i zagwarantowania odpowiednich warunków sanitarnych, wymaga kompleksowego rozwiązania układów zaopatrzenia w wodę i usuwania oraz oczyszczania ścieków. Określenie potrzeb w tym zakresie, wyrażonych wysokością nakładów inwestycyjnych, niezbędnych do realizacji programowanych układów kanalizacji, czy też ilością materiałów (np. długościami i średnicami przewodów) pozwoliłoby na zbilansowanie potrzeb i urealnienie planów dotyczących skanalizowania terenów wiejskich. Biorąc pod uwagę charakter zabudowy i gęstość zaludnienia wiejskich jednostek osadniczych, odbiegających w większości przypadków od zurbanizowanych terenów miejskich, należy stwierdzić brak uaktualnionych wartości wielkości wskaźnikowych, opisujących układy kanalizacyjne we wsiach.

Poniżej przedstawiono wyniki badań nad opracowaniem koncepcji odprowadzania i unieszkodliwiania ścieków w 20 wsiach-gminach województwa białostockiego [1]. Zebrane w postaci syntetycznych wskaźników wielkości, charakteryzujące układy kanalizacyjne dla jednostek gminnych stanowić mogą materiał wyjściowy przy programowaniu wielkości kanalizacji i szacowaniu nakładów inwestycyjnych w innych wiejskich jednostkach osadniczych. Koncepcje kanalizacji dla 20 wsi województwa białostockiego obejmowały swoim zakresem:

— rozwiązanie układu sieci kanalizacyjnej
— określenie wielkości pompowni sieciowej (w niezbędnych przypadkach)
— rozwiązanie oczyszczalni ścieków w nawiązaniu do wymagań określonych wielkością odbiornika, aktualnym stanem jego czystości oraz programowaną klasą czystości w systemie wodnym makroregionu.

Dla określenia wielkości spływów ścieków z poszczególnych zlewni przyjęto wskaźnikowe wartości jednostkowego zapotrzebowania wody, zalecane do stosowania przy opracowywaniu regionalnych programów kanalizacji. Dla tak określonych spływów ścieków, w nawiązaniu do lokalnych warunków, wykonane zostało rozwiązanie wysokościowe układu sieci przewodów oraz określono ich długości i średnice.

Wielowariantowe rozwiązania wykonane dla każdej wsi pozwoliły na wybór układu o najmniejszych zagłębieniach sieci przewodów, przy jednoczesnym zmniejszeniu do niezbędnego minimum przypadków konieczności zastosowania pompowni sieciowych. Bogaty i obszerny materiał, jaki stanowiło 20 opracowanych koncepcji, stworzył podstawy do poszukiwania uogólnień, których przydatność mogłaby być znacznie szersza. Wymagało to przyjęcia określonego toku postępowania, aby uzyskane rozwiązania poszczególnych zagadnień stanowić mogły wiarygodne wyniki w postaci syntetycznych wskaźników, charakteryzujących układy kanalizacyjne o określonej wielkości, zasięgu i przepustowości.

Podstawowym celem podjętych analiz było poszukiwanie zależności pozwalających na opisanie układu sieci przewodów (sumaryczna długość, struktura średnic oraz wielkość zagłębień) oraz na szacunek wielkości nakładów ponoszonych na ich budowę. Znalezienie szczegółowych rozwiązań powyższych zagadnień tzn. stworzenie modelu podstawowego jest bardzo skomplikowane i złożone [2]. Dlatego też podjęto prace zmierzające do stworzenia symbolicznego modelu scalonego.

Czynnikami rzutującymi na wielkość i charakter układu sieci przewodów, a w konsekwencji na wielkość nakładów inwestycyjnych są: liczba mieszkańców objętych programowanym układem kanalizacji, standard wyposażenia mieszkań w urządzenia i przybory sanitarne, charakter kanalizowanej jednostki osadniczej (co wpływać będzie na udział ilości ścieków odprowadzanych z obiektów niemieszkalnych), powierzchnia obszaru objętego układem kanalizacji, wysokościowe ukształtowanie terenu, warunki gruntowo-wodne.

Wśród powyższych czynników należałoby wymienić i charakter zabudowy, lecz świadomie zrezygnowano z tego, biorąc pod uwagę, że dla omawianych jednostek jest on zazwyczaj jednakowy (dominacja zabudowy zagrodowej) a tereny budownictwa wielorodzinnego stanowiły

Mgr inż. J. Dolecka, mgr inż. I. Bartkowska, dr inż. J. Dolecki, dr inż. A. Usakiewicz: Katedra Technologii Wody i Ścieków Politechniki Białostockiej, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok.

pomijalnie mały odsetek. Wymieniony charakter miejscowości ma na celu zasygnalizowanie, iż zebrany materiał wyjściowy dotyczył wsi — siedzib gmin, a więc jednostek osadniczych o charakterze ponadpodstawowym z określonym udziałem zakładów usługowych, użyteczności publicznej i w większości przypadków niewielkich zakładów produkcyjnych.

Ta znaczna ilość czynników kształtujących wielkość układu sieci kanalizacyjnej jak i wartość nakładów inwestycyjnych (przy czym wpływ ich jest złożony i niejednoznaczny) spowodowała, że rozwiązania problemu poszukiwano w postaci scalonego modelu korelacyjnego [3]. Ten rodzaj modeli, często stosowany w praktyce inżynierskiej, budowany jest na wiedzy opartej na doświadczeniu, że obserwowane wielkości i rejestrowane skutki są ze sobą skorelowane. Przy czym nie musi się mieć nawet pewności, że obserwowane wielkości są rzeczywistą przyczyną pojawienia się prognozowanych zjawisk. W przypadku omawianych zagadnień, tworzenie modeli korelacyjnych nie polegało na mechanicznym poszukiwaniu skorelowanych ze sobą wielkości, lecz na znalezieniu zależności, w których prognozowana wartość mogłaby zostać określona przez jedną z wielkości, charakteryzujących układ. Mając na uwadze przydatność przedstawianych zależności, przy wyborze wielkości opisujących układ kanalizacji, kierowano się możliwością ich stosunkowo dokładnego oszacowania już na etapie programu lub koncepcji. Przy czym podstawowym warunkiem poszukiwania funkcyjnej zależności była wysoka korelacja badanych wielkości. W oparciu o powyższe stwierdzenia, zgromadzony materiał wyjściowy pozwolił na określenie funkcyjnych zależności:

— sumarycznej długości sieci przewodów w zależności od liczby mieszkańców objętych programowanym układem kanalizacji (przy współczynniku korelacji r=0,897),

— sumarycznej długości sieci przewodów w zależności od wielkości kanalizowanego obszaru (r=0,913),

— sumarycznej wartości nakładów inwestycyjnych ponoszonych na budowę układu kanalizacji, w zależności od liczby mieszkańców objętych programowaną kanalizacją (r=0,759),

— sumarycznej wartości nakładów inwestycyjnych, ponoszonych na budowę układu kanalizacji, w zależności od długości sieci przewodów (r=0,835),

— sumarycznej wartości nakładów inwestycyjnych, ponoszonych na budowę układu kanalizacji, w zależności od wielkości powierzchni zlewni (r=0,894).

Wyprowadzone zależności funkcyjne określone zostały jako równania regresji z zastosowaniem metody najmniejszych kwadratów [4].

Określone zależności opisano następującymi równaniami:

$$L=3{,}81\cdot 1{,}29^{M} \quad (1)$$

$$L=3{,}93\cdot \exp(0{,}0022\cdot F) \quad (2)$$

$$K=150{,}46\cdot M^{0{,}549} \quad (3)$$

$$K=47{,}136\cdot L^{0{,}783} \quad (4)$$

$$K=19{,}40\cdot F^{0{,}467} \quad (5)$$

gdzie:

M — liczba mieszkańców, tys.

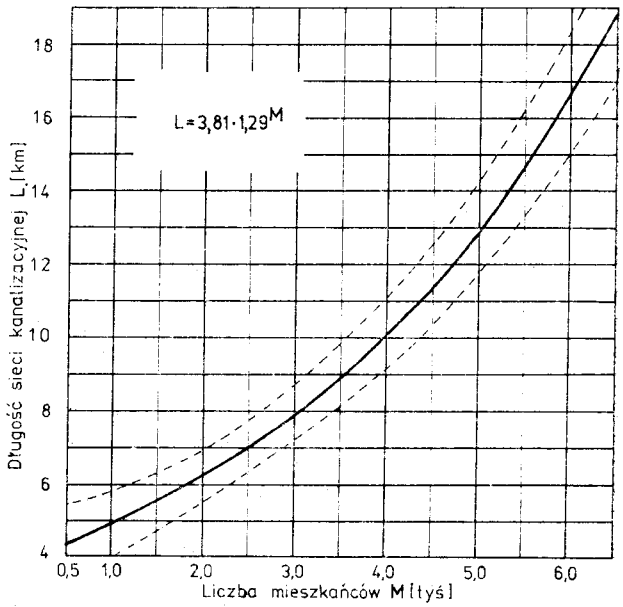
L — długość sieci kanalizacyjnej (bez przykanalików), km

F — powierzchnia kanalizowanej zlewni, ha

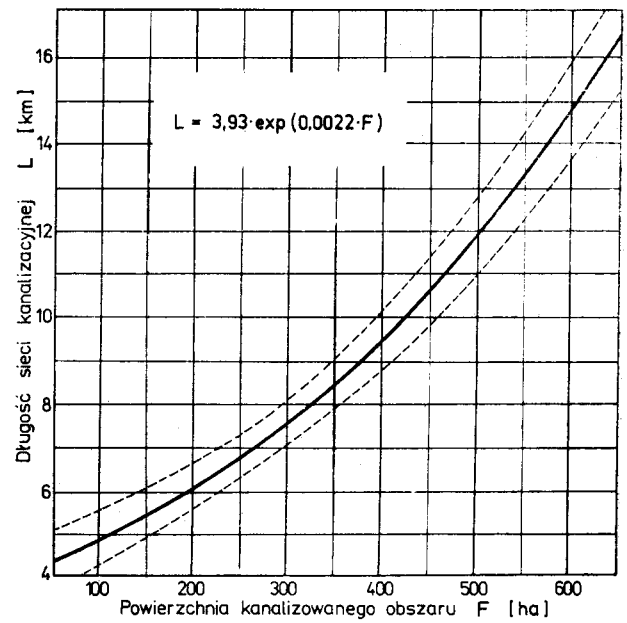
K — wartość nakładów inwestycyjnych według poziomu cen z 1985 r. mln zł.

Celem uproszczenia i ułatwienia wykorzystania wyprowadzonych zależności opracowano nomogramy, przedstawione na rysunkach 1—5. Linią przerywaną oznaczono zakres 90% przedziału ufności.

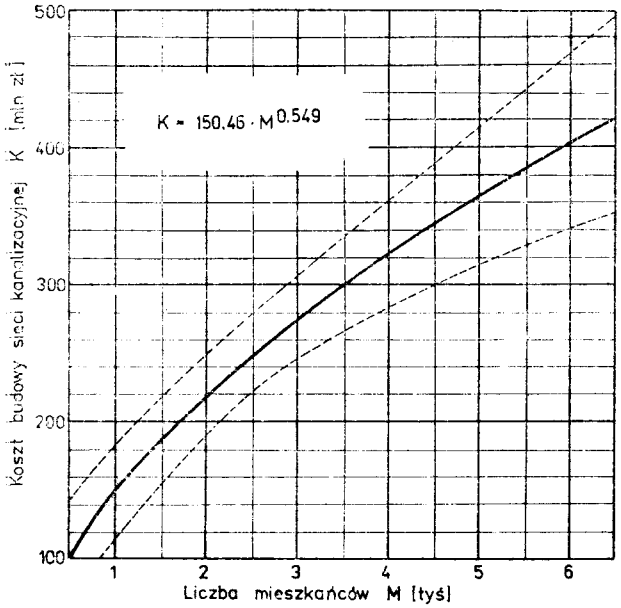
Zakres stosowania opracowanych zależności ograniczony jest zakresem zbioru danych wyjściowych. Liczba mieszkańców w analizowa-



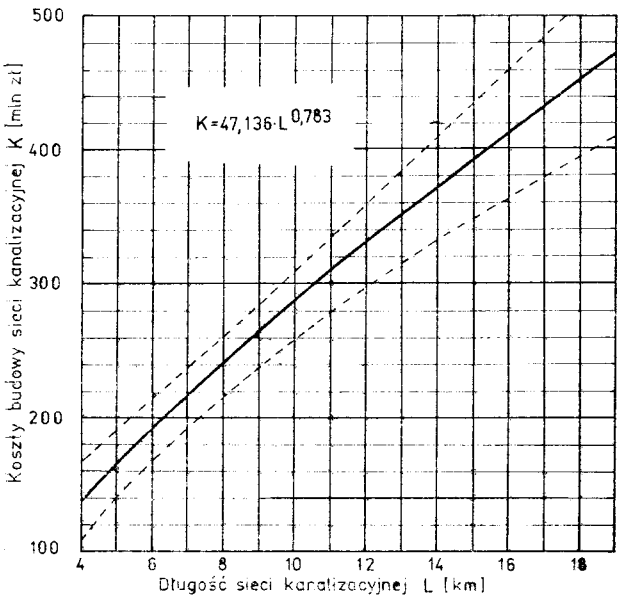
Rys. 1 Zależność sumarycznej długości sieci kanalizacyjnej w funkcji liczby mieszkańców, objętych programowanym układem kanalizacji



Rys. 2 Zależność sumarycznej długości sieci kanalizacyjnej w funkcji powierzchni kanalizowanego obszaru



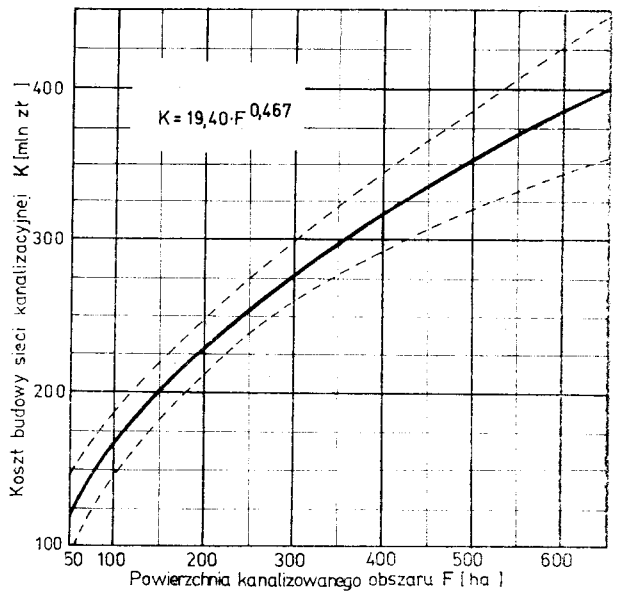
Rys. 3 Zależność wielkości nakładów inwestycyjnych na budowę sieci przewodów w funkcji liczby mieszkańców, objętych programowanym układem kanalizacji



Rys. 4 Zależność wielkości nakładów inwestycyjnych na budowę sieci przewodów w funkcji długości sieci

nych jednostkach osadniczych zawarta była w przedziale 0,7—6,5 tys. mieszkańców, przy wartości średniej 2,3 tys. i odchyleniu standardowym 1,57. Powierzchnia kanalizowanych obszarów zawierała się w przedziale 30—707 ha, przy średniej wielkości 233 ha i odchyleniu standardowym 178. Długość sieci kanalizacyjnej zawarta była w przedziale 2,6—18,5 km, przy średniej 7,7 km i odchyleniu standardowym 4. Pozostałe parametry charakteryzujące geometrię sieci i kanalizowanego obszaru to: stopień zwartości zlewni, średni spadek (stoczystość) zlewni, zagłębienie kanałów oraz zastępcza średnica układu sieci przewodów.

Stopień zwartości zlewni określono iloczynem szerokości i długości obszaru kanalizowanego.



Rys. 5 Zależność wielkości nakładów inwestycyjnych na budowę sieci przewodów w funkcji powierzchni kanalizowanej zlewni

Dla rozpatrywanych 20 jednostek gminnych stopień zwartości zawarty był w przedziale 0,167—1,00, przy wartości średniej 0,535. Średni spadek zlewni wyliczono w ‰ jako średnią ważoną ze spadku podłużnego i poprzecznego, przyjmując różnicę ekstremalnych wartości rzędnych terenu na granicy zlewni. Wyliczone wartości spadków rozpatrywanych zlewni zawierały się przedziale 0,00—13,00‰ przy wartości średniej 4,10‰. Zagłębienia kanałów w każdym rozpatrywanym przypadku zawierały się w granicach 2,0—5,0 m. Z całkowitej długości kanalizacyjnej około 90% ma zagłębienie w granicach 2,5—3,5 m. Wartości średnic zastępczych rozwiązanych układów kanalizacji, określanych jako:

$$d_z = \sqrt{\frac{W}{\pi \cdot L}} \qquad (6)$$

gdzie:

d_z — średnica zastępcza, m

W — pojemność całkowita układu sieci kanalizacyjnej, m^3

L — całkowita długość kanałów, m

zawierały się w przedziale 0,200—0,236 m, przy średniej 0,206 m.

W trakcie szczegółowych analiz rozwiązań koncepcyjnych układów kanalizacyjnych dla gminnych jednostek osadniczych, podejmowane były próby uogólnień szeregu innych wartości wskaźników, w funkcji wielkości charakteryzujących kanalizowany obszar. Mimo że nie wszystkie próby dały pozytywne rezultaty (wysoką korelację), pozwoliły jednak postawić hipotezę, która w przyszłości doprowadzić może do uzyskania zależności, przydatnych zarówno w rozważaniach teoretycznych, jak i w zastosowaniach praktycznych. Hipotezę taką można ująć następująco: Pomiędzy parametrami obszaru kanalizowanego i układem geometrycznym oraz parametrami hydraulicznymi sieci kanalizacyjnej istnieją związki ilościowe, pozwalające na ustalenie funkcyjnych jawnych zależności.

LITERATURA

1. **Koncepcja odprowadzania i unieszkodliwiania ścieków z wybranych gminnych jednostek osadniczych województwa białostockiego.** Katedra Technologii Wody i Ścieków, Politechnika Białostocka, 1981—1986 (praca niepublikowana).
2. B. P. ZEIGLER: Teoria modelowania i symulacji. PWN, Warszawa 1985.
3. **Analiza systemowa:** Podstawy i metodologia. Praca zbiorowa. PWN, Warszawa 1985.
4. D. BOBROWSKI: Probabilistyka w zastosowaniach technicznych. PWN, Warszawa 1980.

J. Dolecka, I. Bartkowska, J. Dolecki, A. Usakiewicz

SEWER SYSTEM IN THE SETTLEMENT OF A COMMUNE: TECHNICAL AND ECONOMIC CONSIDERATIONS

The investigations covered 20 communes with a population varying from 700 to 7000. Based on the concept of sewage removal and disposal, some indices which enable programming of sever systems for villages and assessment of the building costs, have been established. The nomograms obtained permit determination of characteristic unit indices as a function of some basic parameters describing the catchment basin.