

Marian KWIETNIEWSKI¹, Magdalena TŁOCZEK²
Emilia FERSZT¹, Marcin SOBIERAJSKI²

¹Zakład Zaopatrzenia w Wodę i Oczyszczania Ścieków
Wydział Inżynierii Środowiska
Politechnika Warszawska

²Izba Gospodarcza Wodociągi Polskie
Bydgoszcz

TECHNOLOGIE ODNOWY KOMUNALNYCH SIECI WODOCIĄGOWYCH W POLSCE W LATACH 2005 – 2008 W ŚWIETLE DANYCH Z EKSPLOATACJI

REHABILITATION TECHNOLOGIES OF MUNICIPAL WATER SUPPLY
NETWORKS IN POLAND WITHIN YEARS 2005-2008 BASED ON
OPERATIONAL DATA

W referacie zaprezentowano wyniki kolejnych badań dotyczących zakresu stosowania technologii odnowy przewodów w wodociągach komunalnych w Polsce. Badanie te są prowadzone od 1990 roku w okresach pięcioletnich przez Politechnikę Warszawską, a obecnie przy współpracy z Izłą Gospodarczą Wodociągi Polskie. W dalszym ciągu dominuje tradycyjna technologia wymiany wykopowej chociaż istotna część sieci wodociągowych jest odnawiana również technikami renowacji. Także obecne badania potwierdzają, że istotnym kryterium podejmowania decyzji o odnowie przewodów jest ich wysoka awaryjność.

Application scopes of various rehabilitation technologies in water supply networks within years 2005-2008 were analysed based on following periodically survey conducted in waterworks utility companies in Poland. The survey has been conducting from 1990 in 5 year periods by Warsaw University of Technology and present in cooperation with Economic Chamber “Polish Waterworks”. Within rehabilitation technologies still dominates pipes exchanging in traditional trench technique although essential part has also renovation. The present observation confirms also that serious failures of pipes are key criteria for making decision on renewal

1. Wprowadzenie

Postęp w zakresie aplikacji technologii odnowy sieci wodociągowych w Polsce jest przedmiotem badań prowadzonych systematycznie od 1990 roku przez Zakład Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków Politechniki Warszawskiej w cyklach pięcioletnich [2, 3, 4, 5]. Ostatnie badania w latach 2005-2008 zostały przeprowadzone wspólnie z Izbą Gospodarczą „Wodociągi Polskie” [1]. W niniejszym referacie przedstawiono wyniki badań z tego okresu. Rezultaty badań połączono również z wynikami obserwacji z lat 1990-2005, co pozwoliło uchwycić tendencję w zakresie aplikacji technologii odnowy sieci wodociągowych od początku lat 90. ubiegłego stulecia.

Głównym źródłem danych były przedsiębiorstwa wodociągów i kanalizacji, ale część informacji uzyskano także z roczników statystycznych. Przy okazji gromadzenia danych zaobserwowano, iż ewidencja obiektów i sieci wodociągowych w wielu przedsiębiorstwach jest jeszcze daleka od oczekiwań. Często brakuje wielu informacji istotnych do pełnej ewidencji i zarządzania tymi sieciami. Jest to wynikiem braku pełnego wdrożenia komputerowych baz danych typu GIS, które znakomicie ułatwiają zarządzanie infrastrukturą techniczną w przedsiębiorstwie.

2. Cel i zakres badań

Celem badań była tak jak dotychczas, ocena stopnia wdrożenia technologii odnowy komunalnych sieci wodociągowych w Polsce w latach 2005 – 2008.

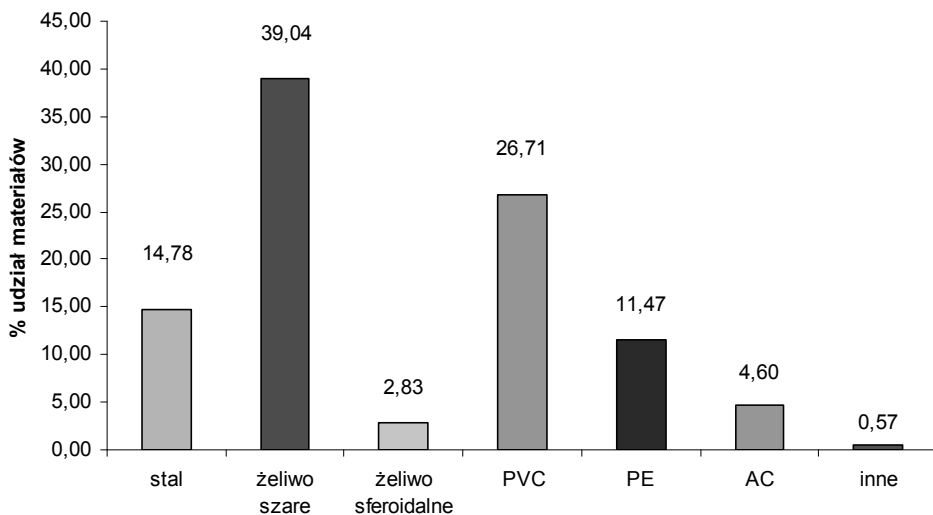
Zakres badań obejmował rozpoznanie:

- rodzaju i zakresu stosowanych technologii odnowy,
- rodzaju materiałów przewodów poddawanych odnowie i materiałów nowych przewodów po odnowie,
- kryteriów podejmowania decyzji o odnowie przewodów.

Badaniami objęto blisko 36000 km sieci wodociągowych w tym blisko 42% sieci w miastach i ok. 1% sieci w ośrodkach wiejskich. Badane sieci obsługiwały ponad 62% mieszkańców miast.

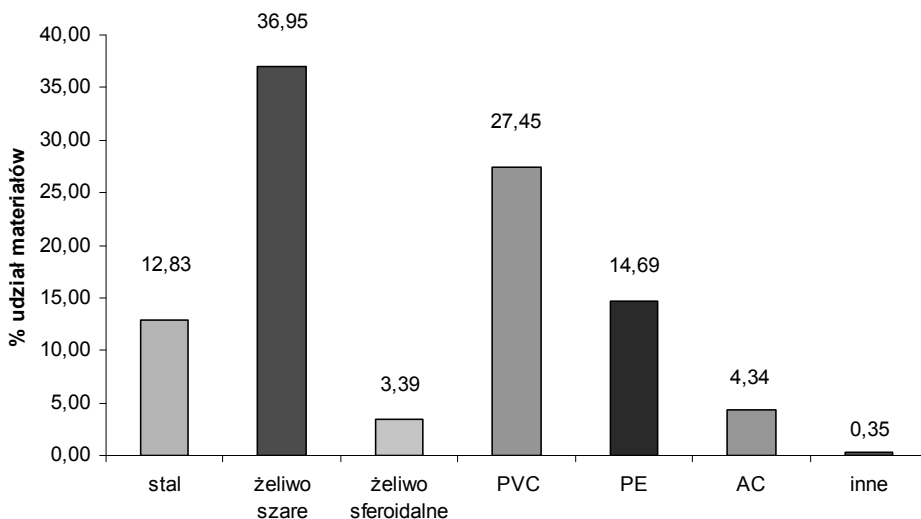
3. Struktura materiałowa badanych sieci wodociągowych

Na poniższych wykresach przedstawiono strukturę materiałową badanych sieci wodociągowych na początku (2005 r) i na końcu okresu obserwacji (2008 r).



Wykres. 1. Struktura materiałowa badanych sieci wodociągowych w 2005r. (inne materiały: GRP, żelbet, ołów, beton)

Fig. 1. Material structure of water supply networks in 2005 (others materials: GRP, cast iron, lead, concrete)



Wykres. 2. Struktura materiałowa badanych sieci wodociągowych w 2008 r. (inne materiały: GRP, żelbet, ołów, beton)

Fig. 2. Material structure of water supply networks in 2008 (others materials: GRP, cast iron, lead, concrete)

Jak wynika z rys. 1, w 2005 roku w strukturze materiałowej sieci wodociągowych tradycyjnie dominowało żeliwo szare (39,0%). Istotny, ze względu na eksploatację sieci, udział, miały jeszcze rurociągi ze stali (14,8%) oraz azbestocementu (4,6%), które od wielu lat są systematycznie wymieniane na przewody z nowych materiałów takich jak PE (11,5%), PVC (26,7%) i żeliwo sferoidalne (2,8%).

Obecnie (rys. 2) nadal żeliwo szare ma największy udział w strukturze istniejących sieci wodociągowych (blisko 37%). Jednak zauważalny jest dalszy spadek wykorzystania tego materiału, jak również stali (12,8%) oraz azbestocementu (4,3%) do budowy sieci wodociągowych. W budowie sieci coraz większy udział mają tworzywa termoplastyczne tj. PVC (27,4%) oraz PE (14,7%) a także, choć w mniejszym stopniu żeliwo sferoidalne (3,4%). Te materiały są stosowane coraz szerzej do budowy sieci wodociągowych i stąd ich udziały są już znaczące.

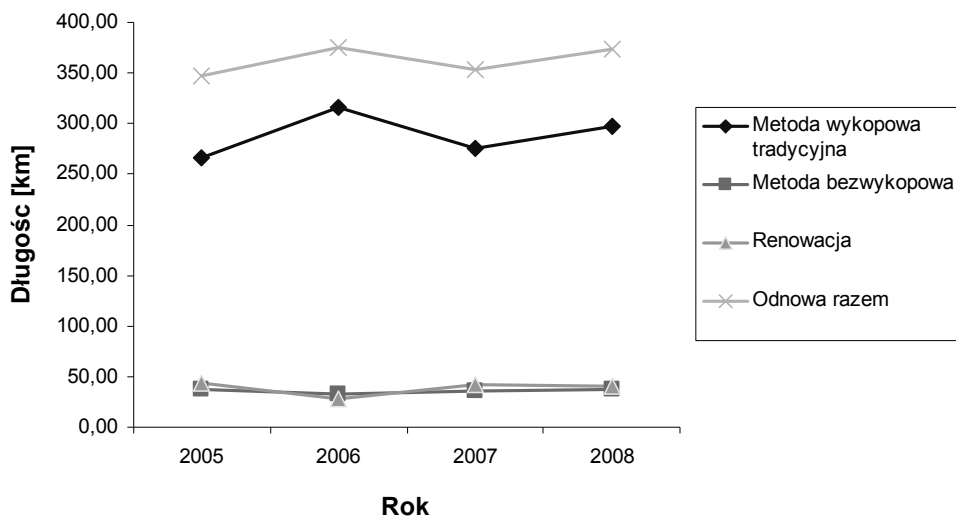
4. Technologie odnowy i zakres ich stosowania

W okresie od 2005 do 2008 r. odnowiono 1348,30 km przewodów tj. 3,75 % badanych sieci wodociągowych ze wskaźnikiem intensywności odnowy od 0,89 do 0,98% długości sieci rocznie. Do odnowy przewodów stosowano różne technologie, a w tym przede wszystkim tradycyjną wymianę wykopową (tab. 1).

Tab. 1. Zakres wykorzystania technologii odnowy przewodów sieci wodociągowych w latach 2005-2008.

Tab. 1. The scope of application of rehabilitation technologies of water supply networks within the years 2005-2008

Technologia odnowy	Długość odnowionych przewodów, km	% długości odnowionych przewodów
A. Wymiana tradycyjna wykopowa	1091,01	80,92
B. Wymiana bezwykopowa	159,83	11,85
w tym:		
1. Pipe eating, Pipe bursting	120,13	8,91
2. Metoda przewiertu, przecisku sterowanego	39,7	2,94
C. Renowacja	97,47	7,23
w tym:		
1. Pokrywanie wewnętrznej ściany przewodu zaprawą cementową (cementowanie)	22,84	1,70
2. Wykładanie przewodu rurą ciasno pasowaną (U-liner, Compact Pipe)	24,27	1,80
3. Wykładanie przewodu powłoką (rękawem) elastyczną utwardzaną na miejscu	40,90	3,03
4. Wykładanie przewodu rurą ciągłą - relining długimi rurami	9,46	0,70
RAZEM	1348,30	100,00



Wykres. 3. Technologia odnowy przewodów wodociągowych w latach 2005-2008

Fig. 3. Rehabilitation technologies of water supply networks within the years 2000-2005

Wyniki zawarte w tabeli 1 oraz na wykresach (rys. 1) pokazują wyraźnie, iż tradycyjna wymiana wykopowa to nadal wiodąca technologia odnowy przewodów wodociągowych. W ten sposób wymieniono blisko 81% badanych sieci wodociągowych. Dużo mniej przewodów odnowiono pozostałymi technologiami tj. bezwykopową (11,9%) i za pomocą renowacji (7,2%). W ramach technologii renowacji stosowano najczęściej wykładanie przewodu powłoką (rękawem) elastyczną utwardzaną na miejscu (ok. 3% długości przewodów). Inne technologie renowacji były stosowane w mniejszym zakresie.

Z rys 1 wynika generalnie wzrostowa tendencja w zakresie odnowy sieci wodociągowych w analizowanym okresie. Decyduje o tym głównie wymiana wykopowa, która ma wyraźny wzrostowy charakter. Szczególnie wyraźnie widać przyrost odnawianych sieci w latach 2006 i 2008 w porównaniu do lat 2005 i 2007. Na przestrzeni 3 lat (od 2006 roku) można zauważyć lekki wzrost wykorzystania technologii bezwykopowej i renowacji.

Uszczegółowieniem oceny stanu odnowy jest analiza stosowanych technologii w powiązaniu z rodzajem materiału odnawianych przewodów. Wyniki tej analizy przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Zakres stosowania technologii odnowy w zależności od rodzaju materiału odnawianych przewodów

Tab. 2. The scope of application of rehabilitation technologies vs pipeline material

Materiał przewodu	Technologia odnowy	Długości odnowionych przewodów [km]	% długości odnowionych przewodów
Stal	A. wymiana tradycyjna wykopowa	597,89	86,30
	B. renowacja w tym:	75,77	10,94
	1. cementowanie	43,24	6,24
	2. wykładanie rurą ciasno pasowaną (U-liner, Compact pipe)	6,20	0,89
	3. wykładanie powłoką (rękawem) elastyczną utwardzaną na miejscu	20,00	2,89
	4. wykładanie rurą ciągłą (relining długimi rurami)	6,33	0,91
	C. wymiana bezwykopowa	19,18	2,77
Razem		692,84	100,00
Żeliwo szare	A. wymiana tradycyjna wykopowa	261,00	80,30
	B. renowacja w tym:	40,07	12,33
	1. cementowanie	1,20	0,37
	2. wykładanie rurą ciasno pasowaną.(U-liner, Compact pipe)	15,47	4,76
	3. wykładanie powłoką (rękawem) elastyczną utwardzaną na miejscu	20,90	6,43
	4. wykładanie rurą ciągłą (relining długimi rurami)	2,50	0,77
	C. wymiana bezwykopowa	23,94	7,37
Razem		325,01	100,00
Żeliwo sferoidalne	A. wymiana tradycyjna wykopowa	21,88	43,38
	C. wymiana bezwykopowa	28,56	56,62
Razem		50,44	100,00

Materiał przewodu	Technologia odnowy	Długości odnowionych przewodów [km]	% długości odnowionych przewodów
PVC	A. wymiana tradycyjna wykopowa	29,88	97,68
	B. renowacja w tym:	0,50	1,63
	2. wykładanie rurą ciasno pasowaną.(U-liner, Compact pipe)	0,50	1,63
	C. wymiana bezwykopowa	0,21	0,69
Razem		30,59	100,00
PE	A. wymiana tradycyjna wykopowa	2,60	97,74
	C. wymiana bezwykopowa	0,06	2,26
Razem		2,66	100,00
AC	A. wymiana tradycyjna wykopowa	177,02	81,24
	B. renowacja w tym:	0,60	0,27
	2. wykładanie rurą ciasno pasowaną.(U-liner, Compact pipe)	0,40	0,18
	4. wykładanie rurą ciągłą (relining długimi rurami)	0,20	0,09
	C. wymiana bezwykopowa	40,28	18,49
Razem		217,90	100,00
Ołów	A. wymiana tradycyjna wykopowa	0,70	100,00
Razem		0,70	100,00

Wyniki zamieszczone w tabeli 2 pokazują, iż zdecydowana większość „starych” przewodów wykonanych ze stali, żeliwa szarego, azbestocementu a także przewody z PVC i PE była odnawiana głównie tradycyjną techniką wykopu otwartego (ponad 80%). Jedynie w przypadku przewodów z żeliwa sferoidalnego nieco więcej niż połowa była odnowiona technologią bezwykopową (56,6%) a 43,4% tradycyjnie wykopowo.

Renowację stosowano głównie do odnowy przewodów stalowych (ok. 11%) i żeliwa szarego (12,3%) z tym, że w przypadku przewodów stalowych była to pokrywanie wewnętrznej ściany rur powłoką cementową (6,24%) a w przypadku rur z żeliwa szarego stosowano głównie wykładanie powłoką elastyczną utwardzaną na miejscu (6,4%) i wykładanie rurą ciasno pasowaną (4,7%).

Technologie bezwykopowe były stosowane przede wszystkim do odnowy przewodów wykonanych z żeliwa szarego (7,4%) i azbestocementu (18,5%)

Zaprezentowane wyżej wyniki przedstawiają uogólniony obraz zakresu wdrożenia różnych technologii odnowy sieci wodociągowych w skali kraju. W związku z tym zwrócono uwagę na zróżnicowanie zakresu stosowania technologii odnowy w różnych miastach. W tym celu przedstawiono przykładowo zakresy wykorzystania technologii odnowy w sieciach funkcjonujących w miastach o skrajnie różnej liczbie ludności. W tabeli 3 podano strukturę technologii odnowy sieci wodociągowych stosowanych w największych miastach w kraju liczących powyżej 500 000 mieszkańców (bez Warszawy), natomiast w tabeli 4 w miastach małych, liczących poniżej 25000 mieszkańców.

Tab. 3. Zakres wykorzystania technologii odnowy przewodów sieci wodociągowych w miastach Polski powyżej 500000 mieszkańców¹ w latach 2005-2008.

Tab. 3. The scope of application of rehabilitation technologies of water supply networks in Polish cities with more than 500000 inhabitants within the years 2005-2008

Technologia odnowy	Długość odnowionych przewodów, km	% długości odnowionych przewodów
A. Wymiana tradycyjna wykopowa	108,74	79,20
B. Wymiana bezwykopowa	25,90	18,86
w tym:		
1. Pipe eating, Pipe bursting	25,90	18,86
2. Metoda przewiertu, przecisku sterowanego	0,00	0,00
C. Renowacja	2,67	1,94
w tym:		
1. Pokrywanie wewnętrznej ściany przewodu zaprawą cementową (cementowanie)	0,40	0,29
2. Wykładanie przewodu rurą ciasno pasowaną (U-liner, Compact Pipe)	2,27	1,65
RAZEM	137,31	100,00

¹Bez Warszawy, która znacznie różni się wielkością od pozostałych analizowanych miast

Tab. 4. Zakres wykorzystania technologii odnowy przewodów sieci wodociągowych w miastach Polski poniżej 25000 mieszkańców w latach 2005-2008.

Tab. 4. The scope of application of rehabilitation technologies of water supply networks in Polish cities with less than 25000 inhabitants within the years 2005-2008

Technologia odnowy	Długość odnowionych przewodów, km	% długości odnowionych przewodów
A. Wymiana tradycyjna wykopowa	70,54	88,31
B. Wymiana bezwykopowa	9,34	11,69
w tym:		
1. Pipe eating, Pipe bursting	9,34	11,69
RAZEM	79,88	100,00

Analiza danych zawartych w tabelach 3 i 4 pozwala zauważyć, iż istnieje pewna zależność zakresu stosowania różnych technologii odnowy od wielkości sieci wodociągowej (wielkości miasta).

W sieciach największych miast (powyżej 500000 mieszkańców – rys. 3) tradycyjną technologię wykopową stosowano w podobnym zakresie jak w skali całego kraju – tutaj 79,2% długości sieci odnowiono tą technologią. Inne są natomiast proporcje jeśli idzie o

zakres stosowania renowacji i technologii bezwykopowej. W miastach tej wielkości stosowano w szerszym zakresie metody bezwykopowe (odnowiono blisko 19% długości sieci wodociągowych) niż renowację (tylko ok. 2%).

W sieciach małych miast (poniżej 25000 mieszkańców – rys. 4) stosowano głównie technologię tradycyjną (ok. 88% długości sieci) i wymianę wykopową (ok.12%). Nie stosowano natomiast renowacji.

Z punktu widzenia oceny stanu odnowy komunalnych sieci wodociągowych, istotny jest materiał przewodów poddawanych odnowie. W związku z tym, przeanalizowano strukturę materiałową przewodów odnawianych (tab. 5) i odnowionych (tab. 6) najczęściej stosowaną technologią tradycyjną wykopową.

Tab. 5. Struktura materiałowa przewodów wodociągowych poddawanych odnowie metodą tradycyjną wykopową w latach 2005-2008.

Tab. 5. Material structure of water supply networks being renovated by traditional excavation technology within the years 2005-2008

Materiał odnawianego przewodu	Długość, km	% całkowitej długości wymienionych przewodów
Stal	597,89	54,80
Żeliwo szare	261,00	23,92
AC	177,06	16,23
PVC	29,88	2,74
Żeliwo sferoidalne	21,88	2,01
PE	2,60	0,24
Ołów	0,70	0,06
Razem	1091,01	100,0

Tab. 6. Struktura materiałowa przewodów wodociągowych po odnowie technologią tradycyjnej wymiany wykopowej w latach 2005-2008

Tab. 6. Material structure of water supply networks after rehabilitation by traditional excavation technology within the years 2005-2008

Materiał przewodu po odnowie	Długość, km	% długości nowych przewodów
PE	853,44	78,23
Żeliwo sferoidalne	157,50	14,44
PVC	73,12	6,70
Stal	6,40	0,59
GRP	0,50	0,04
Żeliwo szare	0,05	0,00
Razem	1091,01	100,00

Z tabeli 5 wynika, iż zdecydowana większość odnawianych przewodów wodociągowych to „stare” przewody stalowe (54,8 %), ale także dużą część stanowią przewody z żeliwa szarego (23,9%) i azbestowo-cementowe (16,2%).

Przewody wodociągowe, wymieniane tradycyjną technologią wykopową były zastępowane najczęściej rurami z PE. Ponad ¾ długości przewodów wymieniono na rurociągi z tego materiału.

Warto także zauważyć, iż istotną część przewodów wymieniano na rurociągi z żeliwa sferoidalnego (14,44% długości odnowionych sieci) i z PVC (6,7%).

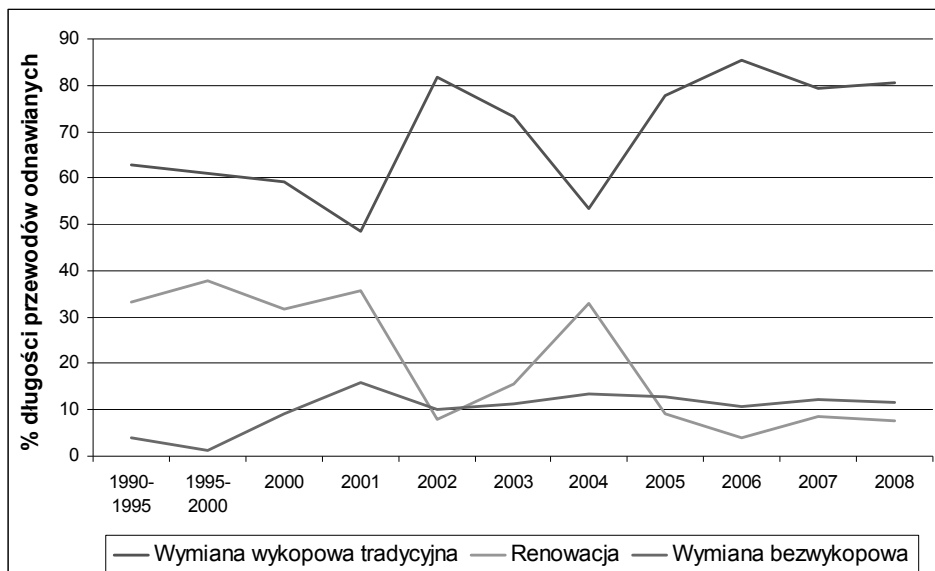
5. Rozwój technologii odnowy w latach 1990-2008

Omawiane badania są kontynuacją obserwacji prowadzonych od 1990 roku [. W tabeli 7 zestawiono połączone wyniki badań z czterech okresów tj. 1990-1995, 1995-2000, 2000-2005, 2005-2008, a na wykresie 2 zobrazowano charakter zmian zakresu stosowania technologii odnowy w całym, blisko 20 –letnim okresie badań.

Tab. 7. Zakres stosowania różnych technologii odnowy sieci wodociągowych w Polsce w okresach 1990-1995, 1995-2000, 2000-2005 i 2005-2008.

Tab. 7. Range of application of various rehabilitation technologies of water supply networks within the years 1990-1995, 1995-2000, 2000 – 2005 and 2005-2008 in Poland.

Technologia odnowy	% długości badanych przewodów odnawianych w latach			
	1990-1995	1995-2000	2000-2005	2005-2008
Wymiana wykopowa tradycyjna	62,7	61,1	59,1	80,9
Renowacja	33,3	37,8	28,3	7,2
Wymiana bezwykopowa	4,0	1,1	12,6	11,9
Razem	100	100	100	100



Wykres. 4. Zakres stosowania różnych technologii odnowy sieci wodociągowych w Polsce w latach 1990-2008

Fig. 4. Rehabilitation technologies of water supply networks in Poland within the years 1990-2008

Z tabeli 7 oraz zamieszczonego powyżej wykresu wynika, że nadal tradycyjna technologia wykopowa dominuje w odnowie sieci wodociągowych i ma generalnie tendencję wzrostową. Można zauważyć, iż w latach 2001 i 2004 następował spadek długości sieci odnawianych metodą wymiany wykopowej na korzyść renowacji. Ale od roku 2004 obserwuje się wzrostową tendencję stosowania technologii wykopowej. Natomiast wykorzystanie renowacji ma tendencję malejącą. Zakres stosowania metod bezwykopowych utrzymuje się na podobnym poziomie co w latach 2000 – 2005.

6. Kryteria podejmowania decyzji o odnowie przewodów wodociągowych

Przy podejmowaniu decyzji o odnowie przewodów wodociągowych kierowano się różnymi kryteriami, które można ująć w kilka grup (Tabela 8).

Tab. 8. Klasyfikacja kryteriów wg wagi podejmowania decyzji o odnowie przewodów wodociągowych

Tab. 8. Groups of criteria taken into consideration while making decisions on rehabilitation of water supply networks

Lp.	Kryterium	Liczba punktów w ocenie kryterium	Udział procentowy [%]
1	Poważne uszkodzenia przewodu	979	14,64
2	Korozja materiału przewodu	951	14,22
3	Nieszczelność połączeń	874	13,07
4	Wiek przewodu (zużycie eksploatacyjne)	781	11,68
5	Przebudowa/likwidacja przewodów azb-cem.	695	10,39
6	Za mała przepustowość przewodu	669	10,01
7	Niekorzystne oddziaływanie materiału na wodę i wody na materiał	630	9,42
8	Tworzenie się osadów	553	8,27
9	Likwidacja przyłączy otwieranych	444	6,64
10	Inne (duże zagęszczenie uzbrojenia w terenie, remont nawierzchni ulicy, negatywny wpływ szkód górniczych)	111	1,66
Razem		6687	100,00

¹⁾Każde kryterium było oceniane w skali od 10 do 1, 10 – kryterium najważniejsze, 1 – kryterium najmniej istotne.

Jak wynika z powyższej tabeli, trudno wyróżnić jedno dominujące kryterium podejmowania decyzji o odnowie przewodów. Najczęstszymi powodami były poważne uszkodzenia przewodu, korozja materiału oraz nieszczelność połączeń (ok. 13-14%). W sumie te 3 kryteria jak również wiek przewodu można traktować jako cechy jego zawodności. Warto zauważyć, że niekorzystne oddziaływanie materiału rur na jakość wody, powszechnie uważane z bardzo istotne kryterium, znalazło się dopiero na 7 miejscu.

7. Podsumowanie wyników badań

W podsumowaniu należy stwierdzić, iż przeprowadzone badania potwierdzają utrzymanie dominującej dotychczas roli technologii tradycyjnej wykopowej w odnowie sieci wodociągowych w kraju. Z tym, że w ostatnich latach (2005-2008) zaobserwowano duży wzrost długości sieci odnawianych tą metodą (co najmniej ok. 80% długości przewodów wykonanych ze stali, żeliwa szarego, PVC, PE i A-C) na niekorzyść renowacji (tylko 7,2 %) w porównaniu z poprzednimi okresami badawczymi.

Odnowie poddawane są przeważnie przewody stalowe (blisko 55% długości wszystkich odnawianych rurociągów). O połowę mniejszy udział mają przewody z żeliwa szarego (ok. 24%).

Nowe przewody po odnowie to głównie rurociągi wykonane z PE. Stanowią one ponad 78% wszystkich odnowionych przewodów techniką wykopową.

Kryteria podejmowania decyzji o odnowie przewodów są związane w głównej mierze z dużą awaryjnością (wysoką zawadnością) przewodów.

Bibliografia

- [1] Zeszyty Izby Gospodarczej „*Wodociągi Polskie*” nr 4, 2010, Rok VI
- [2] Kwietniewski M., Miszta-Kruk K., Osiecka A., Parda J. 2008r.: *Technologie odnowy komunalnych sieci wodociągowych w Polsce w latach 2000 – 2005 w świetle danych z eksploatacji*, Materiały XX międzynarodowej konferencji pt. *Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód*, T II, s.177– 187, Gniezno-Poznań, VI. 2008
- [3] Kwietniewski M. *Stan odnowy komunalnych sieci wodociągowych w Polsce w latach 1995-2000 w świetle danych z eksploatacji*. Instal 05/2003, str. 16-21
- [4] Kwietniewski M., Gołąb A. *Stan odnowy komunalnych sieci wodociągowych i kanalizacyjnych w Polsce w świetle danych z eksploatacji*. Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej nr 46, Wrocław 1996, ss.144-156
- [5] Kwietniewski M. *Rozwój technologii odnowy komunalnych sieci kanalizacyjnych w Polsce w latach 2000 – 2003 w świetle danych z eksploatacji*. Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej nr 53, ss.214-225. Wrocław 2005.

