

Rurociągi polietylenowe w wodociągach i kanalizacji

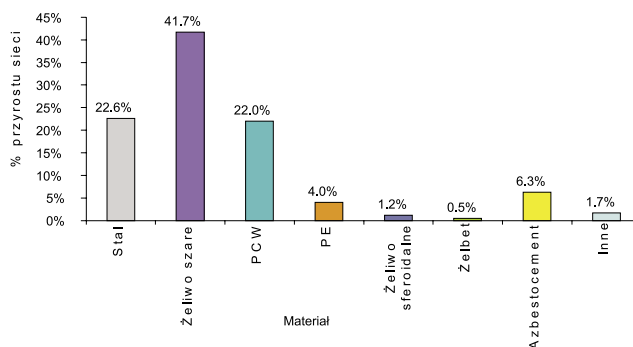
Rozwój rynku w Polsce i niezawodność funkcjonowania.

1. Wprowadzenie

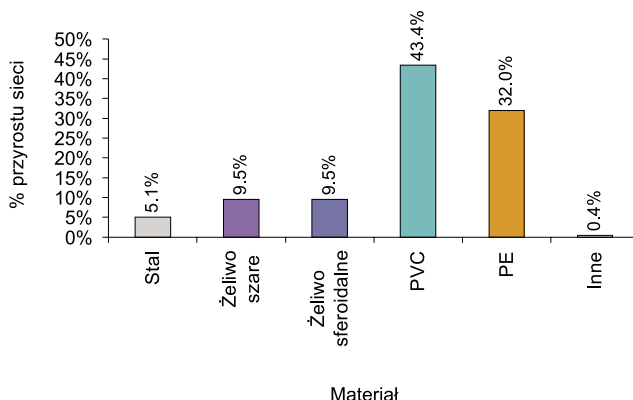
Analizując polski rynek inwestycyjny w zakresie stosowania rur z różnych materiałów do budowy sieci wodociągowych i kanalizacyjnych można wyróżnić trzy okresy w jego rozwoju. Pierwszy okres historycznie bardzo długi, bo związany z poprzednim systemem gospodarczo-społecznym zakończył się przed rokiem 1990. Drugi przejściowy okres rozwoju inwestycji to początek lat 90-tych, mniej więcej do roku 1994 już w nowych warunkach rozwoju gospodarczego Polski. Gospodarka rynkowa stworzyła w tym czasie nowe możliwości materiałowe dla inwestycji wodociągowych i kanalizacyjnych. Można zauważyć bardzo intensywne i dramatyczne przechodzenie z tradycyjnych do nowoczesnych rozwiązań materiałowo – konstrukcyjnych w wodociągach i kanalizacji. Ostatni okres do chwili obecnej można ocenić jako okres porządkowania rynku produkcji rur i innych wyrobów stosowanych do budowy wodociągów i kanalizacji.

Warto w tym miejscu przypomnieć, iż do roku 1990, oferta rynku produkcyjnego na potrzeby budowy wodociągów i kanalizacji była bardzo skromna. Jednocześnie, mocno ograniczony był dostęp do nowych materiałów i technologii, które były możliwe do uzyskania głównie w krajach zachodnich. Oferowane materiały miały przy tym swoje, utrwalone wieloletnimi doświadczeniami i tradycją konkretne przeznaczenie. Realizacja inwestycji wodociągowo-kanalizacyjnych była przy tym ściśle związana z preferencyjnym rozwijaniem określonych gałęzi przemysłu w Polsce, między innymi przemysłu cementowego i azbestowego. Na przykład w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych preferowano rury azbestocementowe i żelbetowe jako jedne z najtańszych do budowy sieci wodociągowych. W związku z tym, w tamtym czasie praktycznie nie występował problem doboru rozwiązań materiałowych do budowy sieci wodociągowych. Można nawet przyjąć stwierdzenie, że wybór ten był z góry przesądzony. W „Wytucznych technicznych projektowania komunalnych sieci wodociągowych” [13], do budowy przewodów o średnicy do 400 mm i dla „normalnych” warunków eksploatacji zalecano stosować rury azbestocementowe lub rury z tworzyw sztucznych (praktycznie PVC). Natomiast przewody o większych średnicach należało projektować i budować z rur wykonanych z materiałów dobieranych wg następujących preferencji: 1- żelbet, 2- żeliwo (szare), 3-stal. Należało oczywiście przy tym uwzględnić indywidualne właściwości tych materiałów. Kilkanaście lat temu zaniechano już budowy sieci wodociągowych z rur azbestocementowych.

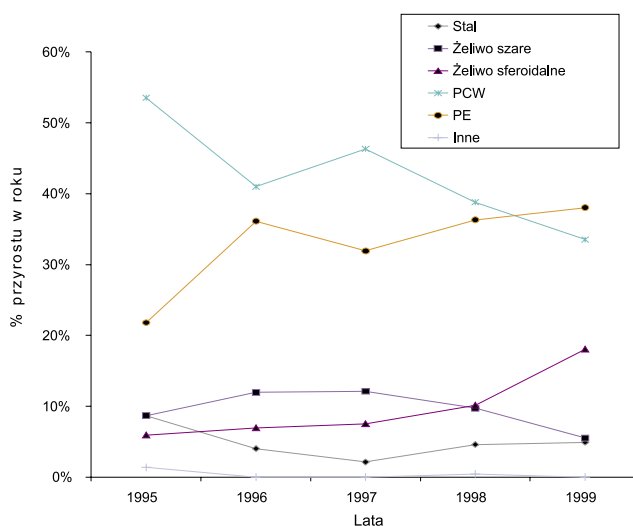
Od początku lat 90-tych obserwuje się w Polsce intensywny proces wdrażania różnego rodzaju rozwiązań materiałowo – konstrukcyjnych do budowy i modernizacji sieci wodociągowych i kanalizacyjnych. Bardzo znaczący udział mają w tym procesie wyroby z tworzyw termoplastycznych, a wśród nich wyroby z PVC oraz PE, w szczególności PE drugiej i trzeciej generacji.



Rys. 1 Struktura materiałowa sieci wodociągowych w 2000 r.



Rys 2. Względne przyrosty sieci wodociągowych z różnych materiałów w latach 1995 - 1999



Rys 3. Trendy przyrostu sieci wodociągowych z różnych materiałów w latach 1995 - 1999

Sytuacja w Polsce związana ze wzrostem zapotrzebowania na wyroby z tworzyw termoplastycznych na potrzeby rozwoju wodociągów i kanalizacji jest odbiciem ogólnych tendencji światowych.

Potrzebę wdrażania nowych rozwiązań materiałowych można uzasadnić następującymi względami:

- uzyskiwanie produktów tj. rur i elementów wyposażenia technicznego sieci nie oddziałujących negatywnie na wodę pitną,
- ułatwienie i przyspieszenie procesu budowy sieci (transport, przygotowanie oraz łatwy i szybki montaż przewodów),
- dążenie do obniżania nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacji poprzez np. skrócenie cyklu budowy, zmniejszenie chropowatości rur itp.

Proces zmian struktury materiałowej sieci wodociągowych i kanalizacyjnych jest przedmiotem systematycznych badań prowadzonych w Zakładzie Zaopatrzenia w Wodę i Oczyszczania Ścieków Politechniki Warszawskiej od 1990 r. Poniżej przedstawiono część wyników tych badań z okresu od 1995 do 2000 r.

Celem niniejszej pracy jest pokazanie rozwoju rurociągów z PE na tle innych materiałów stosowanych do budowy sieci wodociągowych i kanalizacyjnych.

2. Rozwój zewnętrznych sieci i przyłączy wodociągowych

Sieci wodociągowe

Rys. 1 przedstawia strukturę materiałową sieci w 2000 r. Na rys. 2 przedstawiono względne przyrosty długości sieci z różnych materiałów, a na rys. 3 pokazano trendy przyrostu sieci z różnych materiałów w okresie badań.

Na podstawie analizy struktury materiałowej sieci wodociągowych (rys. 1) [3], stosowane materiały, można uszeregować pod względem wielkości udziału w strukturze sieci wg następującej kolejności:

1. żeliwo szare – 41,7 %,
2. stal – 22,6%,
3. PVC – 22,0%,
4. azb-cem – 6,3%,
5. PE – 4,0%.

W stosunku do 1995 roku:

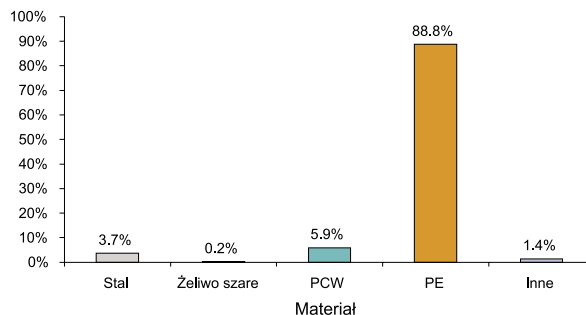
a) zmniejszył się udział żeliwa szarego o 2,4%, stali o 2,7% i azb – cem. o 1,4%,

b) wzrósł udział tworzyw termoplastycznych w sumie o 6,5% w tym PCW o 3,3 % i PE o 3,2% oraz żeliwo sferoidalnego o 0,7%

c) udział pozostałych materiałów (żelbet, beton, żeliwo sferoidalne i inne), nie zmienił się istotnie w stosunku do roku 1995.

Analizując całkowite przyrosty sieci w badanym okresie (rys. 2) łatwo zauważyć, iż dominujący udział w ich rozwoju miały rury z tworzyw termoplastycznych PVC i PE, z których zbudowano odpowiednio 43,0% i 32,0% wszystkich badanych sieci w tym czasie. Poza tworzywami termoplastycznymi, do budowy sieci wodociągowych w mniejszym stopniu stosowano żeliwo sferoidalne i żeliwo szare (po 9,5% długości wybudowanych sieci) oraz stal – 5,1% badanych sieci wybudowanych z tego materiału w badanym okresie czasu.

Interesująco wygląda intensywność rozwoju sieci wodociągowych wykonywanych z różnych materiałów (rys. 3) [3]. Widać bardzo wyraźny trend wzrostowy w aplikacji rur z PE. Średnie tempo przyrostu sieci budowanych z tego materiału wynosiło ok. 5% długości przewodów rocznie. Również duże przyrosty odnotowano w wypadku PVC, ale z tendencją malejącą w okresie 1995 - 1999. Wzrastający, lecz na dużo niższym poziomie, udział w budowie nowych sieci miało także żeliwo sferoidalne.



Rys. 4. Względne przyrosty długości przyłączy wodociągowych z różnych materiałów w latach 1995 – 1999

Przyłącza wodociągowe

Bardzo charakterystyczne są zmiany w strukturze materiałowej przyłączy wodociągowych. Na rys. 4 pokazano względne przyrosty długości przyłączy w rozważanym okresie.

Zdecydowanie największy udział w rozwoju przyłączy wodociągowych miał PE, z którego wykonano prawie 90% wszystkich badanych przyłączy.

Wymiana przewodów wodociągowych w ramach odnowy sieci

Z uwagi na zdecydowanie dominujący zakres technologii tradycyjnej wymiany odkrywkowej w odnowie sieci wodociągowych [7,8,12] przeanalizowano strukturę materiałową przewodów po ich wymianie.

Wśród materiałów nowych przewodów po wymianie dominuje polietylen. W zależności od rodzaju starego przewodu, udział rur z PE w przewodach nowych waha się od 40 % do 100%. Poniżej uszeregowano materiały nowych przewodów wg ich sumarycznego udziału w procesie wymiany wykopowej, podając przy tym % długości wymienionych przewodów.

1. PE – 63,1%,
2. PCW- 28,3%,
3. Żeliwo sferoidalne – 7,3%,
4. Stal – 1,3%.

3. Rozwój sieci kanalizacyjnych

Wyniki badań dotyczących sieci kanalizacyjnych przedstawiono na rys 5, 6 i 7. Rys. 5 pokazuje strukturę materiałową sieci w 2000 r. Na rys. 6 przedstawiono względne przyrosty długości sieci z różnych materiałów, a na rys. 7 pokazano trendy przyrostu sieci z różnych materiałów w okresie badań.

Analiza struktury materiałowej sieci kanalizacyjnych w 2000 r. (rys 5) [4] pozwala uszeregować poszczególne materiały pod względem udziału w strukturze sieci wg następującej kolejności:

1. kamionka – 44,0%,
2. beton – 29,6% ,
3. żelbet – 11,3%,
4. PVC – 9,6%,
5. pozostałe materiały – 5,4%,

W stosunku do roku 1995:

a) zmniejszył się udział kamionki o 5,9%, betonu o 3,2% i żelbetu o 0,4%

b) wzrósł udział tworzyw termoplastycznych o 8,8%, a w tym przede wszystkim PVC o 8,4% (udział PE zwiększył się z 0,2% do 0,6%).

Analizując całkowite przyrosty sieci kanalizacyjnych w badanym okresie (rys. 6) [4] łatwo zauważyć, iż zdecydowany udział w ich rozwoju miał PVC (61,0% wszystkich budowanych sieci z tego materiału). Można także zaobserwować wyraźny przyrost sieci z kamionki (19,2%) i nieco mniejsze przyrosty z betonu (9,6%), żelbetu (5,4%) i PE (2,8%).

Z rysunku 7 wynika bardzo wyraźny trend rosnący w odniesieniu do PVC na tle pozostałych materiałów. Obserwuje się natomiast malejące trendy w zakresie stosowania kamionki i żelbetu.

Wymiana przewodów kanalizacyjnych w ramach odnowy sieci

Zaobserwowano [7,8,12], że znaczny udział w odnowie sieci kanalizacyjnych ma wymiana tradycyjna wykopowa. Z analizy zebranych danych wynika, iż przewody kanalizacyjne, wymieniane tradycyjną technologią wykopową były zastępowane najczęściej rurami z PVC.

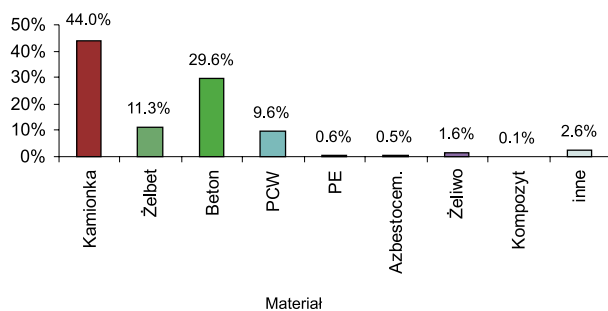
Poniżej uszeregowano materiały nowych przewodów na jakie wymieniano przewody stare i zniszczone wg zakresu ich wykorzystania w procesie wymiany, podając % długości wymienionych przewodów.

1. PVC – 84 %,
2. Kamionka - 8,3%,
3. Żelbet – 2,8 %,
4. Kompozyt – 1,5%
5. Inne (stal, żeliwo, PE) – 3,4%.

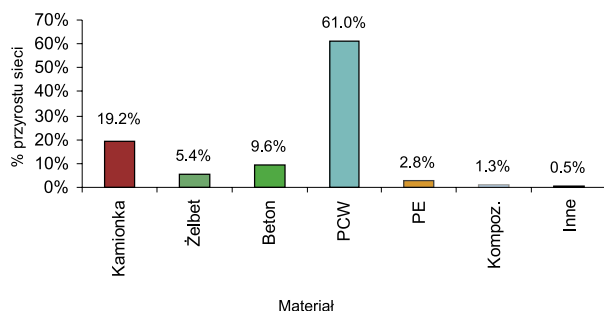
6. Struktura wykorzystania rur z PE w komunalnych sieciach wodociągowych i kanalizacyjnych

Z badań (rys. 8) wynika, iż PE był zdecydowanie szerzej stosowanym materiałem w sieciach wodociągowych, niż kanalizacyjnych. Ponadto widać, że udział tego materiału w budowie sieci wodociągowych powiększył się znacznie w 2000 roku (ok. dziesięciokrotnie więcej inwestowano w wodociągach niż w kanalizacji) w stosunku do roku 1995 (ok. 60% więcej inwestowano w wodociągach, niż w kanalizacji).

7. Niezawodność przewodów wodociągowych



Rys. 5. Struktura materiałowa sieci kanalizacyjnych w 2000 r.

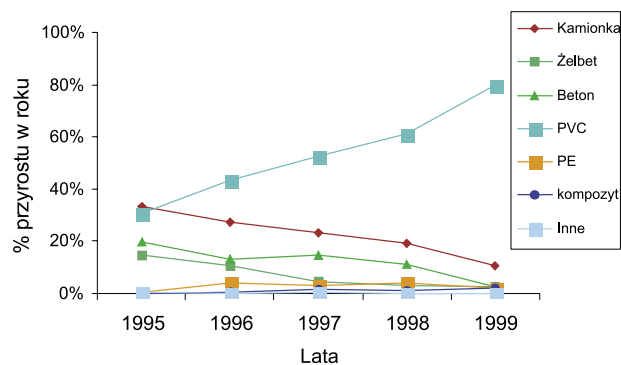


Rys. 6. Względne przyrosty sieci kanalizacyjnych z różnych materiałów w latach 1995 – 1999

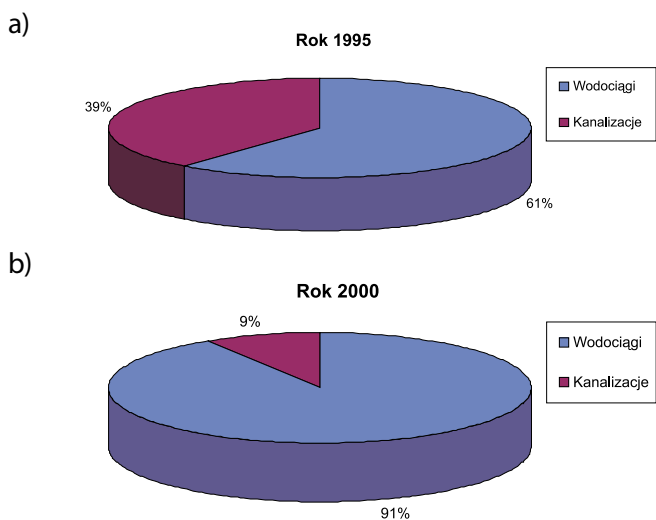
i kanalizacyjnych

Niezawodność przewodu wodociągowego lub kanalizacyjnego należy ogólnie definiować jako zdolność tego przewodu do wykonywania zadania, do którego został zaprojektowany, w określonym czasie oraz w danych warunkach istnienia i eksploatacji. Zadaniem tym będzie umożliwienie przepływu określonej ilości wody w zadanym czasie i przy określonym ciśnieniu - w przypadku przewodu wodociągowego lub umożliwienie przepływu określonej ilości ścieków w zadanym czasie, zwykle bezciśnieniowo (kanalizacja grawitacyjna) lub przy zadanym ciśnieniu (kanalizacja ciśnieniowa)/podciśnieniu (kanalizacja podciśnieniowa). Różne zdarzenia uniemożliwiające lub zakłócające wykonanie tych zadań jak pęknięcia, nieszczelności, zniszczenia korozyjne, zapchania kanałów itp. powodują, że dany przewód jest zawodny.

Oceny ilościowej niezawodności przewodów dokonuje się za pomocą różnego rodzaju wskaźników. Definicje tych wskaźników można znaleźć w pracach [5, 11]. Dla celów związanych z doбором materiału do budowy lub modernizacji przewodów, bezpośrednio zastosowanie ma parametr strumienia uszkodzeń, który często jest podawany również jako intensywność lub częstość uszkodzeń. Parametr ten charakteryzuje niezawodność obiektów odnawialnych (naprawialnych) i dwustanowych w sensie niezawodności (sprawny – niesprawny). Do tej kate-



Rys. 7. Trendy przyrostu sieci kanalizacyjnych z różnych materiałów w latach 1995 - 1999



Rys. 8. Struktura procentowa długości rur z PE w komunalnych sieciach wodociągowych a) i kanalizacyjnych b) w latach 1995 i 2000.

gorii obiektów zalicza się przewody, pracujące w sposób praktycznie ciągły z przerwami lub zakłóceniami spowodowanymi ich uszkodzeniami.

Parametr strumienia uszkodzeń oznaczony jako $\omega(t)$ określa prawdopodobieństwo uszkodzenia obiektu w przedziale czasu $(t, t+\Delta t)$ niezależnie od tego, czy w momencie t obiekt był sprawny czy też nie. Parametr strumienia uszkodzeń jest więc pochodną oczekiwanej liczby uszkodzeń, co można zapisać następująco:

$$\omega(t) = \frac{dE[v(t)]}{dt} \quad (1)$$

gdzie:

$E[v(t)]$ - wartość oczekiwana zmiennej losowej $v(t)$ określającej liczbę uszkodzeń, które wystąpiły do chwili t ,

Zwykle przyjmuje się założenie, że strumień uszkodzeń jest strumieniem tzw. pojedynczym [5, 11], wówczas parametr strumienia uszkodzeń ma wartość stałą, niezależną od czasu i jest równy intensywności uszkodzeń λ tj.

$$\omega = \lambda$$

W związku z powyższym, przy ocenie niezawodności przewodów można używać pojęcia wskaźnika intensywności uszkodzeń, oznaczając go jak wyżej.

W praktycznych analizach i ocenach oblicza się i wykorzystuje jednostkową intensywność uszkodzeń wyrażającą liczbę uszkodzeń przewodu o długości 1 km w ciągu 1 roku (lub 10 lat). Wartość jednostkowej intensywności uszkodzeń szacuje się na podstawie danych z eksploatacji, korzystając ze wzoru:

Material	Przewody tranzytowe	Przewody sieci rozbiorczej
PE	0,06 ÷ 0,23	0,006 ÷ 0,03 ³⁾
PVC	0,203 ³⁾	0,07 ÷ 0,344
Stal	0,046	1,050 ⁴⁾ ; 0,11 ÷ 0,29 ²⁾
Żeliwo	0,092	0,607 ⁴⁾ ; 0,97 ⁵⁾ ; ,37 ÷ 1,02 ²⁾
Żelbet	0,286	-
A-C ¹⁾	0,502 ³⁾	0,644 ⁴⁾

Tabela 1. Zestawienie wybranych średnich wartości jednostkowych intensywności uszkodzeń λ_{yr} [$\text{km}^{-1} \text{rok}^{-1}$] przewodów wodociągowych wykonanych z różnych materiałów, na podstawie danych z eksploatacji [9, 10]

¹⁾ azbestocement, ²⁾ wg danych literaturowych i badań własnych (dla rur), ³⁾ wodociągi wiejskie, ⁴⁾ wodociąg warszawski, ⁵⁾ wodociąg w Oleśnicy, ⁶⁾ sieci wodociągowe w Szwecji, USA i Wielkiej Brytanii,

$$\lambda(\Delta t) = \frac{n(\Delta t)}{L \cdot \Delta t} \quad (2)$$

gdzie:

$\lambda(\Delta t)$ – jednostkowa intensywność uszkodzeń (stała w przedziale czasu Δt),

uszk/(km rok) lub uszk/(km 10 lat)

$n(\Delta t)$ – liczba uszkodzeń w przedziale czasu Δt ,

L – długość badanych przewodów w przedziale czasu Δt (średnia długość przewodów w tym przedziale),

Δt – rozpatrywany przedział czasu (np. 1 rok, 10 lat).

Częstość uszkodzeń jest uproszczonym parametrem charakteryzującym niezawodność przewodów. Pod pojęciem często-



POZNAŃSKIE PRZEDSIĘBIORSTWO ROBÓT I USŁUG SPECJALISTYCZNYCH
REMKAN
SPÓŁKA Z O.O.

ul. Ziębicka 2, Poznań
tel. +48 61 861 53 63
fax +48 61 661 73 75
Www.remkan.pl
rikoco@poczta.onet.pl

CZYSZCZENIE HYDRODYNAMICZNE



WODA TŁOCZONA Z KOMPRESORA POD CIŚNIENIEM 1200 BARÓW

CEMENTOWANIE



GOTOWA OKŁADZINA

- hydrodynamiczne czyszczenie sieci wodociągowych i kanalizacyjnych;
- hydrodynamiczne czyszczenie rur z kamienia i innych osadów w tym wymienników ciepła;
- cementowanie sieci wodociągowej;
- renowacja sieci wodociągowych metodą "rękawa";
- renowacja sieci kanalizacyjnych metodą "rękawa";
- renowacja sieci kanalizacyjnych metodą "rura w rurę";
- wykonanie i montaż "kapeluszy";
- montaż "pakerów";
- wymiana armatury sieci wodociągowej.

KAPELUSZ Z PRZYKANALIKIEM



WYKONANIE I MONTAŻ "KAPELUSZY"

PAKER



WYKONANIE I MONTAŻ "PAKERÓW"

ści uszkodzeń rozumie się wartości dyskretne funkcji gęstości prawdopodobieństwa wystąpienia uszkodzenia. Wskaźnik ten można traktować jako szczególny przypadek parametru strumienia uszkodzeń w odniesieniu do obiektów opisanych dwustanowym modelem niezawodności przy długim czasie obserwacji. Stąd też wartość tego wskaźnika jako jednostkowej częstości uszkodzeń można oszacować statystycznie z próby uzyskanej z badań eksploatacyjnych na podstawie wzoru (2).

Analizując wpływ materiału przewodu na jego uszkadzalność (tabela 1), szczególną uwagę zwracają przewody termoplastyczne, a w szczególności przewody wykonane z polietylenu. Ze względu na ograniczony zakres danych dotyczących ich uszkadzalności, do oceny przewodów z PE wykorzystano wyniki badań własnych przeprowadzonych w Polsce [6] i badań wykonanych w takich krajach jak: Szwecja, USA i Wielka Brytania [1, 2], gdzie przewody z PE są stosowane od początku lat 70-tych. W wyniku obserwacji przeprowadzonych w kraju uzyskano wartości intensywności uszkodzeń tranzytowych przewodów wodociągowych (rury, złącza i wyposażenie techniczne razem) wykonanych z PE w granicach od 0,06 do 0,23 uszkodzenia/km i rok. Według badań przeprowadzonych w wymienionych krajach, intensywność uszkodzeń tego typu przewodów zawiera się w granicach od 0,006 do 0,03 uszkodzenia/km i rok (raczej bliżej prawej granicy tego przedziału). W badanych gminach szwedzkich wartość tego wskaźnika oscylowała od 0,01 do 0,03 uszkodzenia/km i rok [2]. Jest to bardzo niska intensywność uszkodzeń (obejmująca uszkodzenia rur i złączy) w porównaniu z przewodami wykonanymi z innych materiałów, nawet z PVC. Podobnie jak w przypadku innych materiałów, również o awaryjności przewodów z PE decydują uszkodzenia złączy, których intensywność, wg badań wykonanych w Szwecji [1] przewyższa 2 – 4 razy intensywność uszkodzeń rur.

8. Wnioski

1. Struktura materiałowa sieci wodociągowych zmieniła się w ostatnich latach na korzyść tworzyw termoplastycznych. Udział rur z PE i PVC zwiększył się w okresie od 1995 do 2000 r. o 6,5% i wynosi obecnie 26,0% długości sieci.

2. Wśród tworzyw termoplastycznych, zaobserwowano malejący trend w zakresie wykorzystywania PVC do budowy sieci wodociągowych. Rośnie natomiast wyraźnie tempo wykorzystywania rur z PE. Z tych dwóch materiałów wybudowano w latach 1995 – 2000 odpowiednio ponad 43% i 32% nowych sieci wodociągowych.

3. W analizowanym okresie blisko 90% wszystkich badanych przyłączy wodociągowych było wykonywanych z rur polietylenowych. Dzięki temu zwiększył się znacznie udział tego materiału w strukturze przyłączy i wynosi obecnie 28% długości przewodów (przyrost o 11,7% w stosunku do roku 1995).

4. Struktura materiałowa sieci kanalizacyjnych zmieniła się w ostatnich latach (podobnie jak w przypadku wodociągów) na korzyść tworzyw termoplastycznych, a w szczególności PVC. Udział PVC zwiększył się w analizowanym okresie o 8,4% i wynosi obecnie 9,6% długości sieci. Jeszcze niewielki udział w strukturze sieci kanalizacyjnych mają rury z PE, chociaż w porównaniu do 1995 r. udział ten zwiększył się aż o 300% (z 0,2% na 0,6%).

5. W procesie odnowy sieci wodociągowych, stosując wymianę tradycyjną wykopową, stare przewody zastępuje się najczęściej przewodami z PE – 63% i PVC – 28,3% długości wymienionych przewodów. W przypadku kanalizacji stare, zużyte przewody wymienia się głównie na rury z PVC – 84% długości wymienionych przewodów.

6. Zaobserwowane tendencje w strukturze sieci wodociągowych i kanalizacyjnych w ostatnich latach są zgodne z wcześniejszymi kierunkami rozwoju w okresie od 1991 do 1995 roku. Obserwuje się więc, od blisko 10 lat, ciągle intensywny rozwój sieci wodociągowych i kanalizacyjnych wykonywanych z tworzyw termoplastycznych (PVC i PE), które zastępują materiały tradycyjne.

7. Generalnie, pod względem niezawodności, przewody z PE wyróżniają się na tle innych materiałów stosowanych do budowy sieci wodociągowych. Na podstawie przeprowadzonych dotychczas badań należy stwierdzić, że charakteryzują się one najniższą intensywnością uszkodzeń zawierającą się w granicach od 0,006 do 0,03 uszk/km i rok. podczas gdy przewody z tradycyjnych materiałów uszkadzają się dużo częściej, osiągając często wartość tego wskaźnika powyżej 0,5 uszk/km rok.

1) Prof. dr hab. inż. Marian Kwietniewski Instytut Zaopatrzenia w Wodę i Budownictwa Wodnego, Politechnika Warszawska, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa. e-mail: Marian.Kwietniewski@is.pw.edu.pl

Referat został wygłoszony na konferencji PE100+ pt. „nowoczesne systemy wodociągowe i kanalizacyjne z polietylenów nowej generacji” nad którą kwartalnik Inżynieria Bezwykopowa objął patronat medialny.

LITERATURA

1. Bjorklund I. Plastic pipes in water distribution systems. A study of failure frequencies, The Nordic Plastic Pipe Association, Stockholm 1990
2. Bjorklund I. KWH Pipe Ltd, Naumansvagen 17, SE-129 38 Hogersten, Sweden Materiały własne, 1999
3. Czech K., Kwietniewski M., Sudoł M. Wyniki badań zakresu wykorzystania różnych materiałów w rozwoju układów dystrybucji wody w Polsce, Materiały IV konferencji pt. Nowe technologie w sieciach i instalacjach wodociągowo – kanalizacyjnych, Ustroń II. 2002r, s. 61 – 73.
4. Kudra M, Kwietniewski M., Leśniewski M. Wyniki badań zakresu wykorzystania różnych materiałów w rozwoju sieci kanalizacyjnych w Polsce, Materiały IV konferencji pt. Nowe technologie w sieciach i instalacjach wodociągowo – kanalizacyjnych, Ustroń II. 2002r, s. 397 – 409.
5. Kwietniewski M., Roman M., Kłoss H.: Niezawodność wodociągów i kanalizacji, Arkady Warszawa 1993
6. Kwietniewski M. Badania własne. Instytut Zaopatrzenia w Wodę i Budownictwa Wodnego, Politechnika Warszawska, Warszawa 2001
7. Kwietniewski M. Stan odnowy komunalnych sieci wodociągowych w latach 1995 – 2000 w świetle danych z eksploatacji. Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej - 50, Seria Konferencje nr - 19, Wrocław XI 2002 r. str.247-256.
8. Kwietniewski M. Stan odnowy komunalnych sieci kanalizacyjnych w latach 1995 – 2000 w świetle danych z eksploatacji. Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej - 50, Seria Konferencje nr - 19, Wrocław XI 2002 r. str.238 - 247.
9. M. Kwietniewski, M. Sudoł Ocena uszkadzalności przewodów tranzytowych w świetle eksploatacyjnych badań niezawodności. Gaz, Woda i Technika Sanitarna nr 9/2002 ss. 325 - 329
10. J. Kusak, M. Kwietniewski, M. Sudoł Wpływ różnych czynników na uszkadzalność przewodów sieci wodociągowych w świetle eksploatacyjnych badań niezawodności. Gaz, Woda i Technika Sanitarna nr 10/2002 ss. 366 - 371
11. Wieczysty A.: Niezawodność systemów wodociągowych i kanalizacyjnych Cz. I i II, Teoria niezawodności i jej zastosowania, Skrypt Politechniki Krakowskiej, Kraków 1990
12. Wróblewska A, Kwietniewski M., Roszkowski A. Development of the pipeline renovation in Poland as illustrated by Compact Pipe, Conference Proceedings "Plastics Pipes XI", Munich Germany 3rd – 6rd September 2001, pp. 405 - 420
13. Wytyczne techniczne projektowania komunalnych sieci wodociągowych, Zarządzenie nr 8 Ministra Gospodarki Komunalnej z dn. 17.01.1964 r., Dz. Bud. Nr 8