

Henryk Zdunkowski

## DOŚWIADCZENIA W STOSOWANIU RUR Z PVC, PP I PE

### Wprowadzenie

Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Brodnicy produkuje ponad 2 miliony m<sup>3</sup> wody rocznie. Miasto Brodnica zasilane jest w wodę z dwóch ujęć głębinowych. Wodę wydobywa się wodę z 9 studni wierconych o głębokości ok. 100 m każda, które pracują rotacyjnie.

### Sieć wodociągowa

Długość sieci wodociągowej na terenie administracyjnym gminy miasta Brodnicy wynosi 108,5 km z czego sieć rozdzielcza ma długość 101,3 km, sieć magistralna 7,2 km (dane na koniec 2008r.).

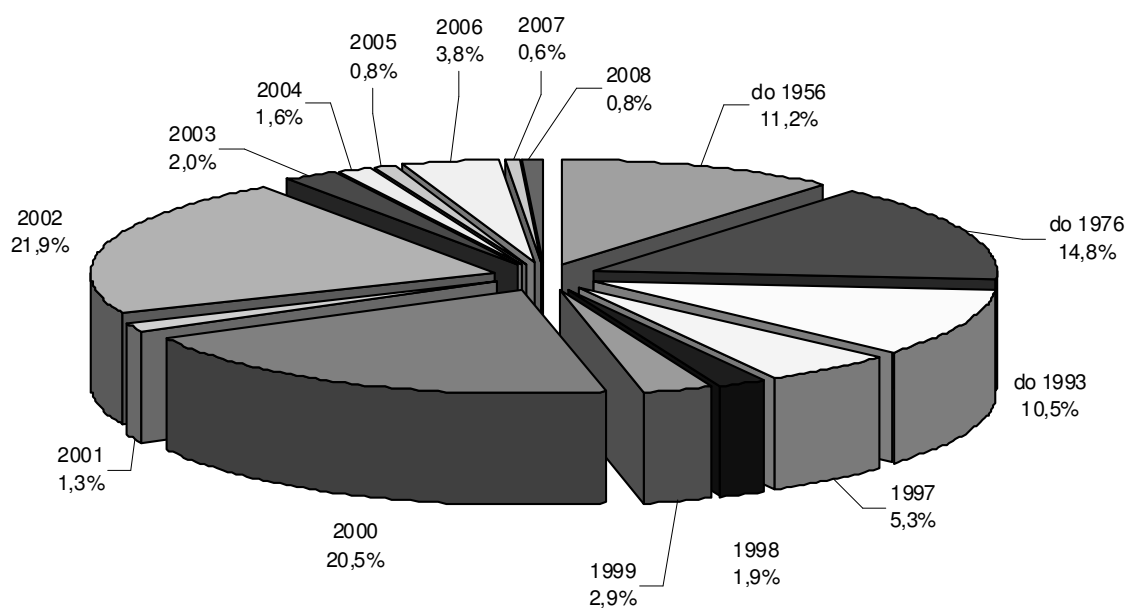
W tabeli [1] przedstawiony jest szczegółowy przyrost sieci wodociągowej w ostatnich 12 latach i przyrost sieci w poprzednich okresach.

Tabela 1. Przyrost sieci wodociągowej w latach.

Rok	Do 1956	Do 1976	Do 1993	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Długość sieci wodociągowej [km]	12,2	28,3	39,7	45,4	47,5	50,7	72,9	74,3	98,1	100	102,0	103	107,0	107,6	108,5

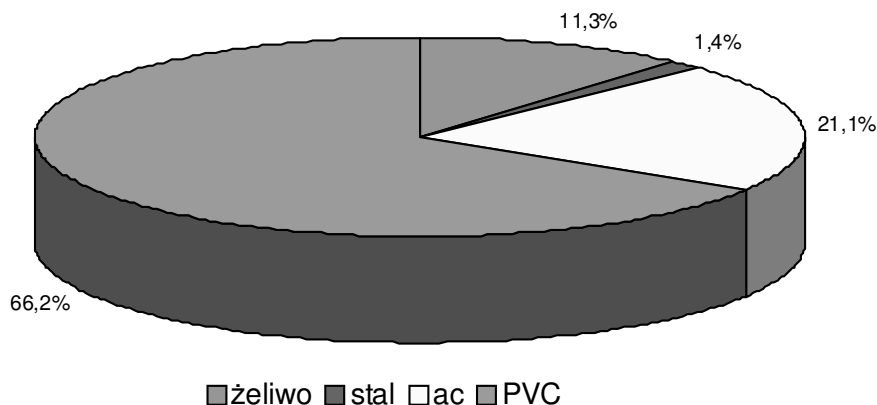
Z przedstawionych danych wynika, że brodnicka sieć wodociągowa jest w większości siecią młodą, 56 % sieci wodociągowej zostało wybudowane w okresie ostatnich dziesięciu lat. Natomiast od momentu wyodrębnienia się naszych wodociągów od wodociągów toruńskich w 1993, przez 15 lat wybudowano 68,8 km sieci wodociągowej co stanowi 63 % całkowitej długości sieci.

Zestawienie procentowego przyrostu długości sieci przedstawiono na rysunku 1.



Rys 1. Procentowy przyrost długości sieci w latach

Sieć wodociągowa miasta Brodnicy charakteryzują się znaczną różnorodnością struktury materiałowej. Procentowy udział długości brodnickiej sieci wodociągowej wykonanej z różnych materiałów przedstawia rysunek 2.



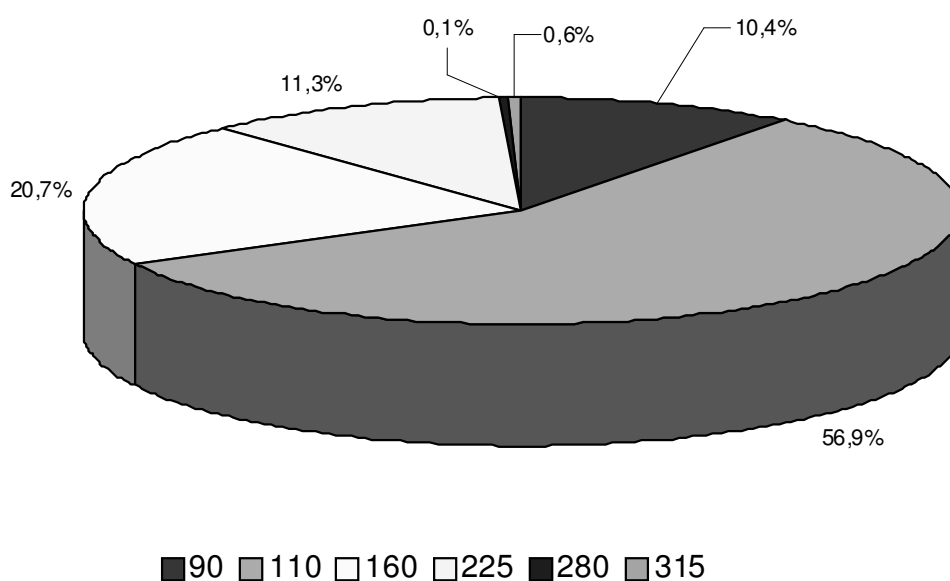
Rys. 2. Struktura materiałowa sieci wodociągowej miasta Brodnicy

Z przedstawionych danych wynika, że w analizowanej sieci 71,82 km stanowią rury wykonane z PVC, 22,95 km z azbestocementu (ac), 12,26 km z żeliwa, 1,47 km ze stali. Z ujęcia „S” do miasta wodę doprowadzają dwie magistrale  $\varnothing$  300 z azbestocementu zbudowana w latach 1973 – 1974 oraz  $\varnothing$  500 żeliwna z 1991 roku. Natomiast z ujęcia „N”

woda podawana jest do miasta magistralą  $\varnothing$  315 wykonana z PVC w 1996, która przechodzi w PVC 280 a następnie w wybudowaną w 2006 roku magistralę  $\varnothing$  225, która łączy się na ul. Sądowej (przy stacji Statoil) z system wodociągu południowego za pomocą magistrali  $\varnothing$  300 ac. Sieć magistralna stanowi 6,6 % całości sieci.

Na terenie miasta Brodnicy funkcjonuje dobrze rozwinięta rozdzielcza sieć wodociągowa w układzie pierścieniowym, która charakteryzuje się stosunkowo małymi średnicami rurociągów w przedziale od  $\varnothing$  50 do  $\varnothing$  225.

Zestawienie procentowego udziału długości rurociągów wykonanych z PVC z podziałem na średnice rurociągów przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Procentowy udział długości przewodów o danej średnicy wykonanych z PVC w sieci wodociągowej miasta Brodnica

Z przedstawionych danych wynika, że w sieci wodociągowej miasta Brodnicy dominują przewody o średnicy  $\varnothing$  110 – 40,84 km i  $\varnothing$  160 – 14,9 km.

### Sieć kanalizacji sanitarnej

Długość sieci kanalizacji sanitarnej na terenie administracyjnym gminy miasta Brodnicy wynosi 121 km (dane na koniec 2008r). Jest to głównie sieć rozdzielcza. Na terenie miasta znajduje się 18 przepompowni ścieków w tym jedna centralna na ul. Piaski, do której trafiają ścieki z większej części miasta.

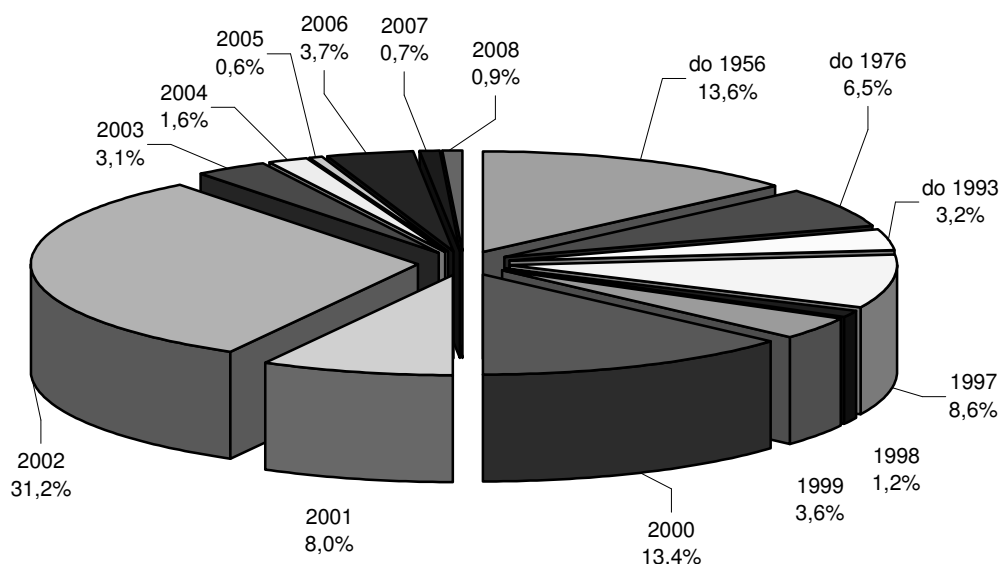
W tabeli 2 przedstawiony jest przyrost sieci kanalizacji sanitarnej w latach.

Tabela 2. Przyrost sieci kanalizacji sanitarnej w latach.

Rok	do 1956	do 1976	Do 1993	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Długość sieci sanitarnej {km}	16,4	24,3	28,2	38,6	40,0	44,4	60,6	70,3	108	112	114	115	119,0	119,9	121

Z przedstawionych danych wynika, że znaczna część sieci kanalizacji sanitarnej tj. 67 % zostało wybudowane w okresie ostatnich dziesięciu lat. Natomiast od momentu wyodrębnienia się naszych wodociągów od wodociągów toruńskich w 1993, przez 15 lat wybudowano 92, 8 km sieci kanalizacyjnej, co stanowi 77 % całkowitej długości sieci.

Zestawienie procentowego przyrostu długości sieci przedstawiono na rysunku 4.

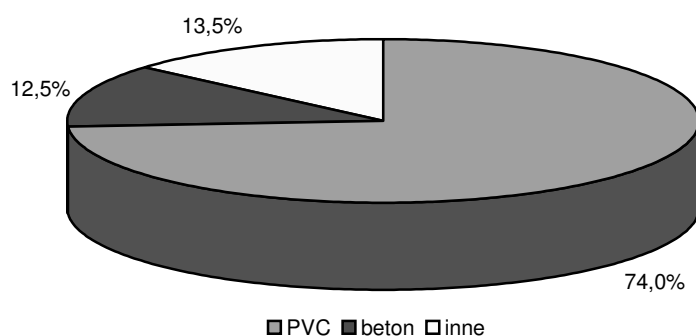


Rys. 4. Procentowy przyrost długości sieci w latach

Do najstarszych sieci kanalizacji sanitarnej zalicza się kolektory kanalizacji sanitarnej wybudowane w latach 1905-1920 na O/M Stare Miasto, następnie wybudowano sieci na osiedlu mieszkaniowym Grunwald I II.

Przedsiębiorstwo nie posiada pełnych danych na temat struktury materiałowej sieci kanalizacji sanitarnej, zwłaszcza sieci wybudowanych w okresie międzywojennym i powojennym. W ostatnich latach dominującym materiałem używanym do budowy sieci jest PVC (rury gładkie, lite o klasie sztywności obwodowej SN8). Przy budowie kolektorów o większych średnicach używa się rur betonowych.

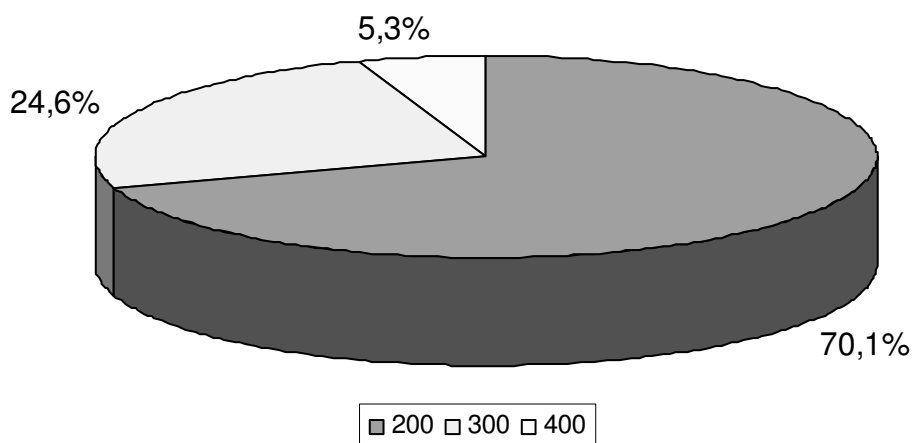
Procentowy udział poszczególnych materiałów w sieci przedstawia rysunek 5.



Rys. 5. Struktura materiałowa sieci kanalizacji sanitarnej miasta Brodnicy

Kolektory kanalizacji sanitarnej charakteryzują się dużą rozpiętością średnic w zakresie od  $\varnothing$  200 do  $\varnothing$  1000, natomiast sieci wykonane z PVC charakteryzują się średnicami od  $\varnothing$  200 do  $\varnothing$  400.

Zestawienie procentowego udziału długości kolektorów kanalizacji sanitarnych wykonanych z PVC z podziałem na średnice przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Procentowy udział długości przewodów wykonanych z PVC w sieci kanalizacji sanitarnej miasta Brodnica

Ze względu na niewielkie rozmiary brodnickiej sieci kanalizacji sanitarnej i ilość odprowadzanych ścieków, na przestrzeni ostatnich kilku lat, nowo wybudowane kolektory na nowo powstałych osiedlach mają przeważnie średnicę  $\varnothing$  200. Na tych kolektorach montowane są przede wszystkim studzienki kanalizacyjne wykonane z tworzyw sztucznych (polipropylen PP i polichlorek winylu PVC). Stosowane są głównie studzienki niewłazowe o średnicy  $\varnothing$  400 składające się z wyprofilowanej kinety, rury teleskopowej z włazem żeliwnym oraz rury wznoszącej).

Takie same rozwiązania stosowane są także przy budowie przyłączy kanalizacji sanitarnej.

## **Awaryjność sieci wodociągowej**

Awarie sieci wodociągowej można zdefiniować jako uszkodzenia lub niesprawności przewodów wodociągowych wraz z uzbrojeniem powodujące częściową lub całkowitą utratę wymaganych własności funkcjonalnych. Są to zwłaszcza brak szczelności i przepustowości oraz uszkodzenia uzbrojenia, uniemożliwiające jego pracę i wymagające naprawy strukturalnej z odcięciem dopływu wody. Awaryje mogą występować na skutek jednorazowych zdarzeń losowych, ingerencji człowieka, ale najczęściej są wynikiem połączonego działania czasu, nadmiernych naprężeń i lokalnych niekorzystnych warunków środowiskowych

Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o., które jest właścicielem brodnickich Wodociągów prowadzi rejestr awarii, występujących na sieci wodociągowej. Nie są to jednak dane bardzo szczegółowe, odnotowywane jest jedynie przyczyna awarii, średnica i rodzaj rurociągu, który uległ awarii, użyty materiał do jej usunięcia, oraz okres w jakim została ona usunięta. Awaryje sieci wodociągowej usuwane są natychmiastowo, tak aby nie powodować zbyt długich przerw w dostawie wody.

Do wykonania analizy wykorzystano dane z okresu ostatnich ośmiu lat - od 2002 roku do 2008 roku. Z podanego okresu wykluczono 10 awarii, które spowodowane były uszkodzeniami mechanicznymi dokonanymi przez inne podmioty gospodarcze, podczas prowadzenia prac ziemnych na terenie miasta. Na wystąpienie tych awarii wpływ miał czynnik ludzki, więc postanowiono, że te dane zostaną pominięte podczas analizy.

### **Wskaźnik awaryjności**

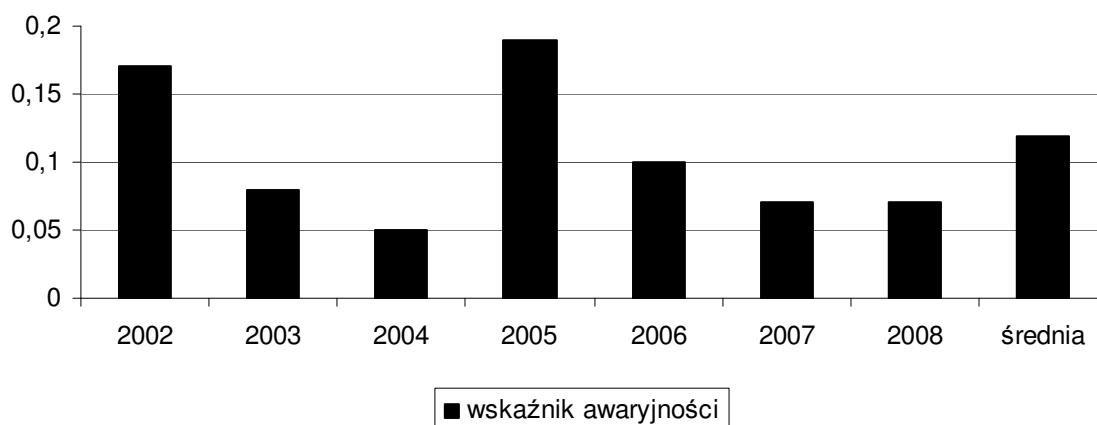
Jednoznacznym kryterium awaryjności sieci wodociągowych jest wskaźnik awaryjności. Wskaźnik ten wyrażony jest jako stosunek ilości awarii, które wystąpiły w roku do długości sieci.

W brodnickiej sieci wodociągowej ilość występujących awarii nie jest zbyt duża.

Przedstawione w tabeli 3 i na rysunku 7 dane charakteryzują to szczegółowo.

*Tabela 3. Zestawienie ilości awarii sieci wodociągowej w stosunku do długości sieci w latach 2002-2008*

Rok	Ilość awarii	Długość sieci [km]	Wskaźnik awaryjności
2002	16	91,8	0,17
2003	8	100	0,08
2004	5	102	0,05
2005	20	103	0,19
2006	11	107	0,10
2007	7	107,6	0,07
2008	8	108,5	0,07
Średnia			0,12



Rys. 7. Wskaźnik awaryjności sieci wodociągowej w poszczególnych latach

Średni wskaźnik awaryjności wynosi 0,12 i jest on niski. Tak mały wskaźnik awaryjności omawianej sieci wynika przede wszystkim z jej młodego wieku.

#### Wpływ struktury materiałowej analizowanej sieci wodociągowej na częstotliwość awarii.

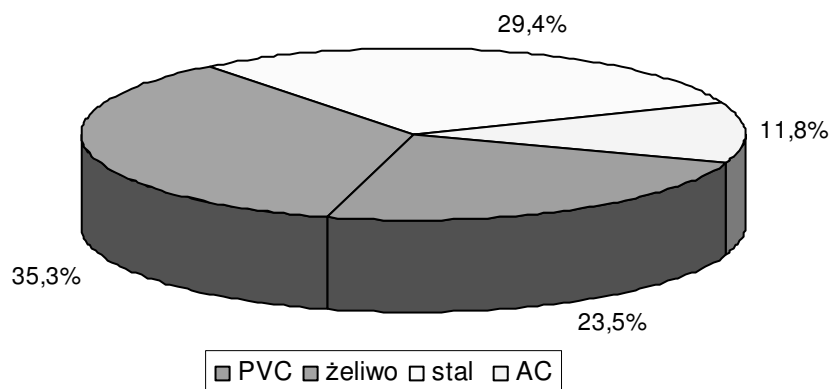
Klasyfikując występujące awarie w tabeli 4 dokonano podziału awarii uwzględniając awarie rur i strukturę materiałową, z których zostały one wykonane oraz awarie uzbrojenia sieci (w tym przypadku są to zasuwy i hydranty uliczne).

Tabela 4. Klasyfikacja awarii z podziałem na strukturę materiałową rur i uzbrojenie sieci w latach 2002-2008

Rok	Rury				Uzbrojenie	
	PVC	Żeliwo	Stal	Azbestocement	Zasuwy	Hydranty
2002	2	7	3	1	2	1
2003	3	0	1	0	4	0
2004	0	2	3	0	0	0
2005	4	4	2	1	4	5
2006	1	2	3	2	0	3
2007	2	0	0	2	2	1
2008	1	1	2	4	0	0
<b>Razem</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>14</b>

Z przedstawionych danych wynika, że najbardziej powszechnym zjawiskiem są awarie rurociągów. Awarie uzbrojenia występują rzadziej.

Rysunek 8 przedstawia stosunek ilości awarii na sieci wykonanej z PVC do awarii powstałych na sieciach wykonanych z pozostałych materiałów w analizowanym okresie. Stanowią one niespełna ¼ wszystkich awarii.



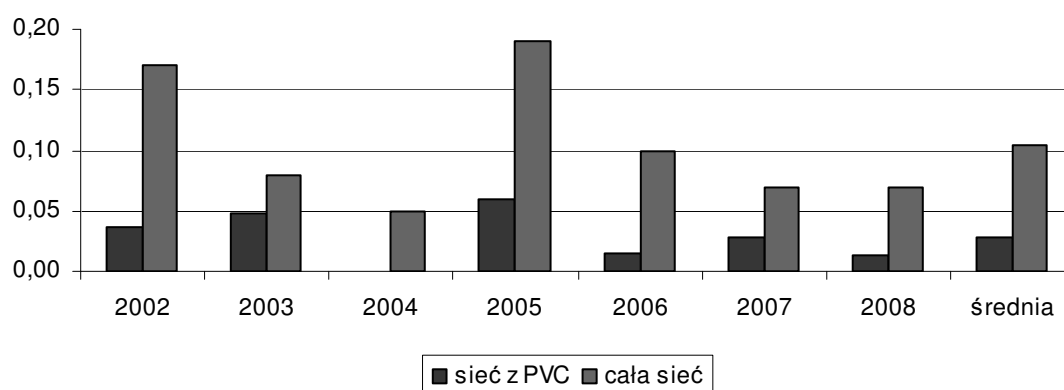
Rys. 8 Procentowa ilość awarii na rurociągach wykonanych z PVC w odniesieniu do rurociągów wykonanych z innych materiałów w latach 2002 - 2008

W odniesieniu do długości sieci wykonanej z PVC i ilości powstałych awarii wskaźnik awaryjności kształtuje się następująco.

Tabela 5. Zestawienie ilości awarii sieci wodociągowej wykonanej z PVC w stosunku do długości sieci w latach 2002-2008

Rok	Ilość awarii	Długość sieci [km]	Wskaźnik awaryjności
2002	2	55,12	0,04
2003	3	63,32	0,05
2004	0	65,32	0,00
2005	4	66,32	0,06
2006	1	70,32	0,01
2007	2	70,92	0,03
2008	1	71,82	0,01
Średnia			0,03

Rysunek 9 przedstawia porównanie wskaźnika awaryjności sieci wykonanej z PVC do wskaźnika całej sieci.



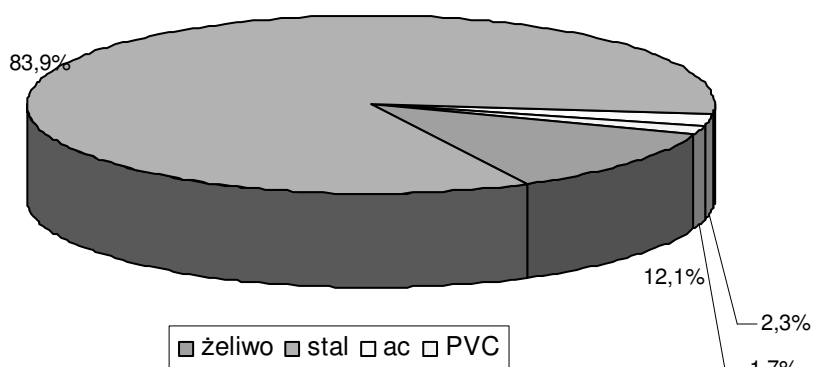
Rys. 9. Porównanie wskaźnika awaryjności sieci wodociągowej z PVC w odniesieniu do całej sieci w poszczególnych latach



Analizując przedstawione dane można stwierdzić, że najczęściej awarii wystąpiło na rurociągach wykonanych z żeliwa, jednak biorąc pod uwagę długość rurociągów wykonanych z poszczególnych typów materiału, można sformułować wniosek, że największy wpływ na awaryjność sieci, mają jednak rurociągi wykonane ze stali, których jest najmniej w całej sieci, stanowią jedynie 1,4 % długości sieci. Średni wskaźnik awaryjności odcinka sieci wykonanego ze stali z ostatnich 7 lat wynosi 1,46. Dokładne dane przedstawione są w tabeli 6 i na rysunku 10.

Tabela 6. Średnia awaryjność rurociągów wykonanych z poszczególnych typów materiału w latach 2002 - 2008.

Materiał	Żeliwo	Stal	ac	PVC
Średnia awaryjność rurociągów	2,57	2,14	0,86	1,71
Średnia długość rurociągów [km]	12,26	1,47	22,95	66,16
Wskaźnik awaryjności	0,21	1,46	0,04	0,03



Rys. 10. Procentowa ilość awarii na na 1 km sieci wykonanej z poszczególnych typów materiału

Tak wysoka awaryjność rurociągów stalowych, spowodowana jest korozją tych rur, które są już dość stare (lata sześćdziesiąte i siedemdziesiąte) i często montowane były bez odpowiedniej izolacji. W odniesieniu do długości poszczególnych typów sieci, można zauważyć, że najmniej awaryjne są odcinki sieci wykonane z PVC.

### Analiza przyczyn powstawania awarii

Analizując poszczególne awarie można dojść do wniosku, że do głównych przyczyn powstawania awarii na sieciach wykonanych z PVC należy przede wszystkim pęknięcie rur. Na to zjawisko duży wpływ ma struktura geologiczna terenu, występują tu głównie gliny, które charakteryzują się dużą nasiąkliwością a rury często układane były na zbyt cienkiej podsypce, a czasami nawet bez podsypki. Także lokalizacja miasta w dolinie rzeki Drwęcy powoduje, że w wielu częściach miasta poziom wód gruntowych jest bardzo wysoki i sieci przez większą część roku znajdują się na terenach podmokłych. Wiele awarii spowodowane jest też ukrytymi wadami materiałowymi stosowanych rur a także złym wykonawstwem.



## **Wnioski**

Obserwując funkcjonowanie istniejących systemów rurowych z tworzyw sztucznych, można dojść do wniosku, że systemy te dobrze zachowują się podczas eksploatacji (m.in. wyeliminowanie korozji chemicznej, tak charakterystycznej przy elementach betonowych) Budowa nowych sieci przy wykorzystaniu materiałów z tworzyw sztucznych ma też wiele zalet, są to szczególnie niski ciężar ( w porównaniu do np.: elementów betonowych) a co za tym idzie szybszy i łatwiejszy montaż, a także dużo większa ilość kształtek, które pozwalają na uzyskanie lepszych konfiguracji przestrzennych.

Dodatkowym aspektem przemawiającym za zastosowaniem tego typu systemów jest niewątpliwie aspekt ekonomiczny.