

# 5

## Wpływ wymiany materiałów sieci wodociągowej na awaryjność i straty wody

---

*dr inż. Florian G. Piechurski*  
*Instytut Inżynierii Wody i Ścieków*  
*Politechnika Śląska Gliwice*

### Awaryjność sieci wodociągowej

Awaria sieci wodociągowej jest to uszkodzenie, niesprawność przewodu lub uzbrojenia, która powoduje częściową lub całkowitą utratę wymaganych parametrów funkcjonalnych, a głównie straty wody. Wskaźnikiem oceny stanu technicznego przewodów, wyrażającym się liczbą uszkodzeń, zwanym inaczej wskaźnikiem awaryjności, przypadających na kilometr sieci w ciągu roku, jest to intensywność uszkodzeń sieci wodociągowej. Wskaźnik ten dostarcza informacji o stanie technicznym przewodu oraz pozwala na zaplanowanie inwestycji dotyczących napraw lub wymiany przewodów przesyłowych na danym odcinku. [1]

Najważniejszą rzeczą w eksploatacji sieci wodociągowej jest utrzymanie prawidłowej jakości transportowanej wody oraz szczelność sieci co zapewnia dostarczenie odpowiedniej objętości wody odbiorcom. Często okazuje się to największym problemem. Powodem może być zły rodzaj zastosowanego materiału oraz nieprawidłowe zaprojektowanie i wykonanie sieci. Na występowanie awarii ma również wpływ wiek sieci, im starsza sieć tym większe zużycie rurociągów. Aby ograniczyć straty wody należy uwzględnić czynniki, które je powodują. Umożliwi to wybranie odpowiednich środków i metod do obniżenia strat wody. Znając dokładne przyczyny awarii sieci możliwe jest określenie specyficznych uszkodzeń dla poszczególnych rodzajów materiałów użytych do budowy sieci. [2]

Do oceny poziomu strat wody w systemach wodociągowych stosuje się różne wskaźniki obliczane na podstawie bilansów rocznych, które bardziej lub mniej dokładnie informują o stanie technicznym sieci i problemach związanych z prawidłową ich eksploatacją. Stosowanie wskaźnika infrastrukturalnego indeks wycieków

pozwała na porównanie i ocenę podejmowanych działań w walce ze stratami w analizowanych systemach czy strefach sieci wodociągowej. [3]

Przedsiębiorstwa eksploatujące systemy dystrybucji wody, aby zapobiec awarii sieci oraz zmniejszyć straty wody, stosują różnego rodzaju metody, do których można zaliczyć modernizację przewodów wodociągowych, remonty oraz czynności zmierzające do obniżenia ciśnienia i regularnej kontroli wycieków. [4]

Do remontów kapitalnych sieci należy kompletna wymiana przewodów, uzbrojenia i przyłączy, która umożliwia zmniejszenie awaryjności, strat wody oraz ciśnienia.

Wprowadzenie monitoringu sieci wodociągowej umożliwia obniżenie strat wody. Do monitoringu sieci można zaliczyć trzy podstawowe zagadnienia: aktywną kontrolę wycieków (AKW), zarządzanie ciśnieniem w sieciach wodociągowych oraz szybkość napraw. Obserwując poczynania krajowych i zagranicznych przedsiębiorstw wodociągowych w walce z obniżeniem strat wody, najczęściej stosuje się do aktywną kontrolę wycieków przy stosunkowo niskiej cenie wody, natomiast przy wzroście cen wody preferowane szybkość napraw. Do innych działań monitoringu pracy sieci można zaliczyć kontrolę i redukcję ciśnienia oraz rehabilitację przewodów, które niestety w przeciętnych warunkach nie są tak bardzo opłacalne jak wcześniej wymienione, jednak nie powinno się ich pomijać.

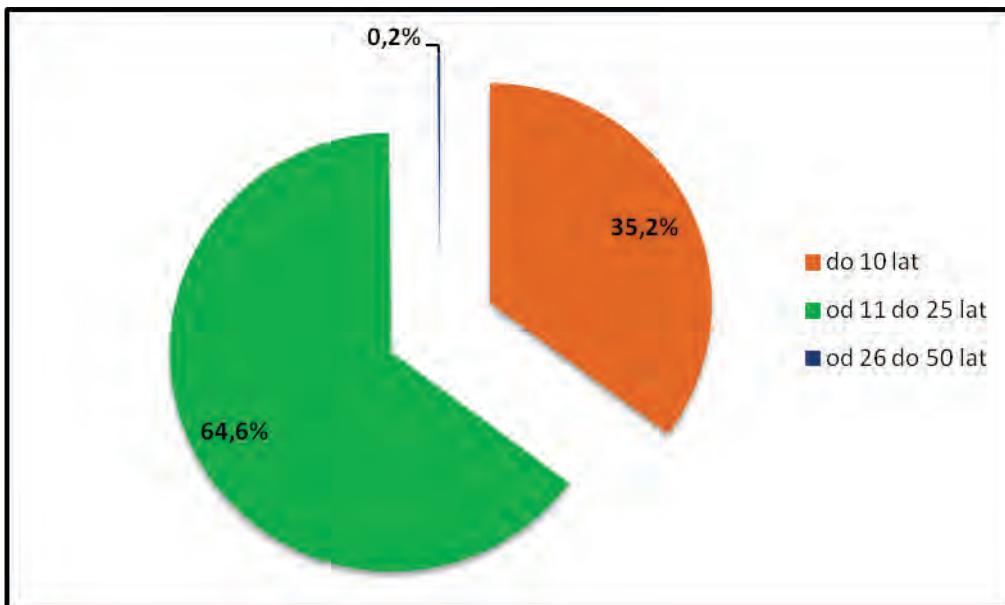
## **Długości, materiał i wiek analizowanej sieci wodociągowej**

Analizowane Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji eksploatuje sieć wodociągową o łącznej długości 433,7 km, z tego 36,3 km - to sieć magistralna, 286,9 km - to sieć rozdzielcza i 110,5 km stanowią podłączenia wodociągowe. Średnice rurociągów w sieci wodociągowej wykonanych z PE wynoszą od 25 do 355 mm, natomiast dla rurociągów stalowych od 20 do 500 mm.

Analizując sieć wodociągową pod względem materiałowym w 2011 roku można wyróżnić 1,47 km przewodów żeliwnych, co stanowi około 0,3%, 129,32 km przewodów stalowych, czyli 29,9%, 5,84 km przewodów z PVC, czyli 1,4% oraz 295,87 km przewodów z PEHD, co stanowi 68,4 % całej sieci. Tab. 1 przedstawia zmiany długości sieci wodociągowej w latach 2000-2011. Można zauważyć stały wzrost długości sieci rozdzielczej oraz podłączeń wodociągowych. W ciągu 11 lat całkowita długość sieci wodociągowej wzrosła o 12,9 km.

**Tabela 1.** Zmiany długości sieci wodociągowej w latach 2000-2011

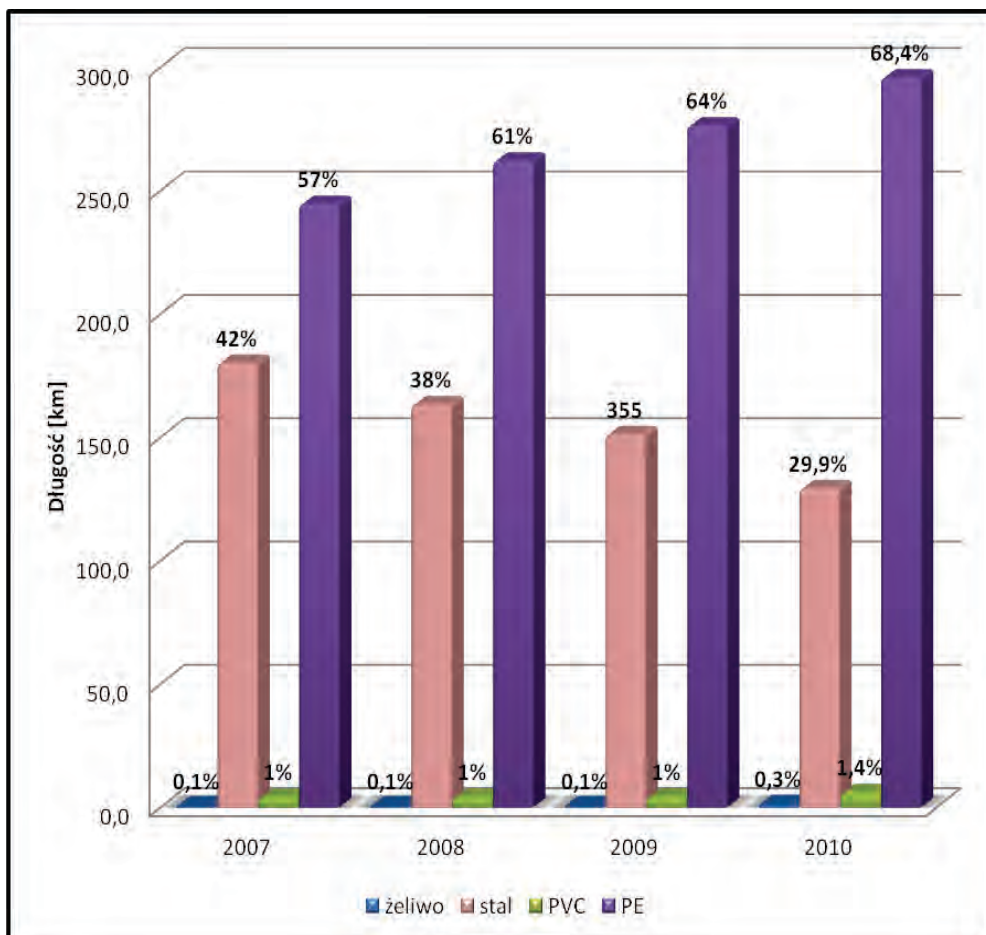
Rok	Sieć rozdzielcza [km]	Sieć magistralna [km]	Podłączenia wodociągowe [km]	Suma [km]
2000	273,3	37,1	110,2	420,6
2001	275,1	36,3	110,3	421,7
2002	275,1	36,3	110,3	421,7
2003	277,8	36,3	110,3	424,4
2004	279	36,3	110,3	425,6
2005	280,6	36,3	110,3	427,2
2006	281,4	36,3	110,3	428
2007	282,4	36,3	110,3	429
2008	283,1	36,3	110,3	429,7
2009	285,1	36,3	110,4	431,8
2010	285,8	36,3	110,4	432,5
2011	286,9	36,3	110,5	433,7



**Rys. 1.** Struktura wiekowa sieci wodociągowej w 2011 roku

Na rys. 1 przedstawiono strukturę wiekową przewodów, prawie 65% całej sieci ma od 11 do 25 lat, natomiast ponad 35% do 10 lat. Na rys. 2 przedstawiono zmiany długości sieci wodociągowej z uwzględnieniem udziału poszczególnych materiałów w latach 2007-2010.

Z rys.1 i rys.2 wynika, że w ostatnich latach system wodociągowy był modernizowany. Zmniejszył się udział rur stalowych z 42% do 29,9 % całej długości sieci. Do budowy nowych rurociągów i wymiany - renowacji używa się rur i kształtek z PEHD, a ich udział w roku 2010 wynosi już 68,4 % całkowitej długości wszystkich przewodów.



**Rys. 2.** Zmiany długości sieci wodociągowej, z uwzględnieniem podziału materiałowego w latach 2007-2010

## Awaryjność analizowanej sieci wodociągowej

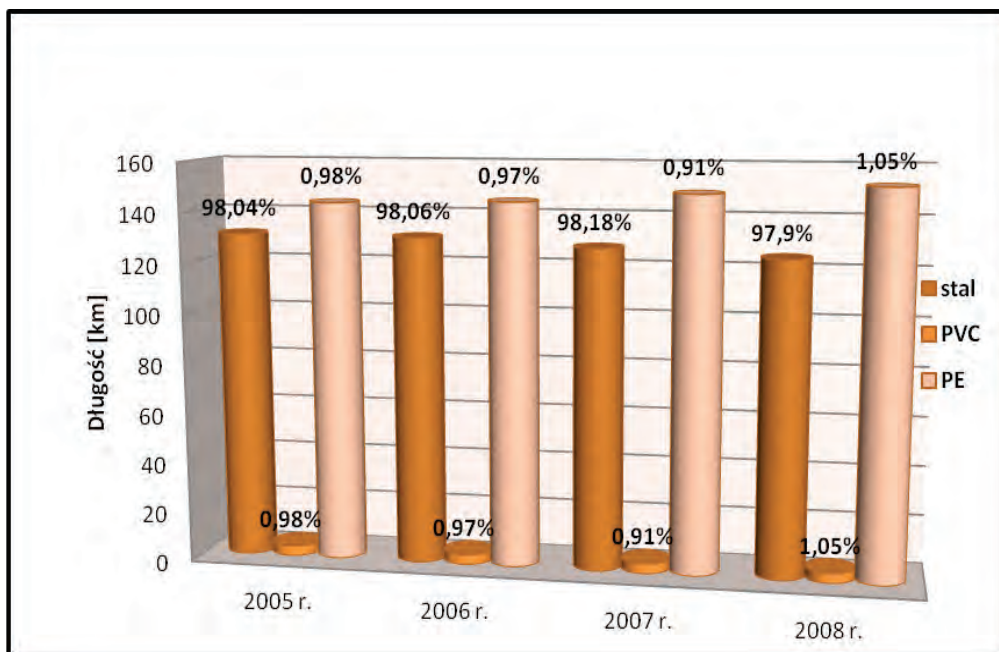
Awaria lub przecieki w sieci wodociągowej bezpośrednio wiążą się z problemami w dostarczaniu wody oraz pogorszeniem jej jakości, jak również stanowią pośrednią przyczynę zapadnięcia się powierzchni podmywanego obszaru. Wystąpienie takiej sytuacji stanowi zagrożenie bezpieczeństwa ruchu, podmycia fundamentów budynków oraz przedostaniem się wody do obiektów podziemnych. Z powodu wystąpienia zagrożeń, będących wynikiem niszczącej działalności wody, jak również z faktu, iż na awaryjność sieci składa się wiele czynników, analizowane

przedsiębiorstwo wodociągowe prowadzi stały wykaz zaistniałych awarii. Tab. 2 oraz rys. 3 przedstawiają, jak w latach 2005 - 2008 zmieniała się długość sieci i liczba awarii, z uwzględnieniem rodzaju materiału przewodów.

Najwięcej awarii wystąpiło na przewodach stalowych, w 2005 roku to aż 705 awarii, co stanowiło 98,04 % ogólnej liczby awarii, natomiast w roku 2008 zanotowano 464 awarie, czyli 97,9 % wszystkich wykrytych awarii. Najmniejszą liczbę awarii, w stosunku do długości przewodu, odnotowano na przewodach wykonanych z PE-HD. W okresie analizowanych 4 lat długość przewodów wykonanych z PE-HD zwiększyła się o 8,6 km, natomiast liczba awarii zmniejszyła się z 7 awarii w 2005 r. do 5 awarii w 2008 r. Ze względu na najmniejszą awaryjność, do modernizacji sieci wodociągowej, przedsiębiorstwo wybrało właśnie rury z PE-HD. W okresie analizowanych 4 lat liczba awarii wykrytych zmniejszyła się o 245 uszkodzeń na rok.

**Tabela 2.** Długość i liczba uszkodzeń sieci wodociągowej (bez przyłączy) w latach 2005-2008 z uwzględnieniem rodzaju materiału przewodów

Materiał	Zakres średnic [mm]	2005 r.	2006 r.	2007 r.	2008 r.
stal	do Ø500	131,2 km	130,8 km	127,9 km	125,1 km
		705 awarii	704 awarie	538 awarii	464 awarie
żeliwo sferoidalne	do Ø500	1,2 km	1,2 km	1,2 km	1,2 km
PVC	do Ø500	4,2 km	4,2 km	4,2 km	4,2 km
		7 awarii	7 awarii	5 awarii	5 awarii
PE	do Ø500	144 km	145,2 km	149,1 km	152,6 km
		7 awarii	7 awarii	5 awarii	5 awarii
Suma awarii		<b>719</b>	<b>718</b>	<b>548</b>	<b>474</b>



**Rys. 3.** Długość sieci wodociągowej i procentowy udział liczby awarii w latach 2005-2008 z uwzględnieniem rodzaju materiału

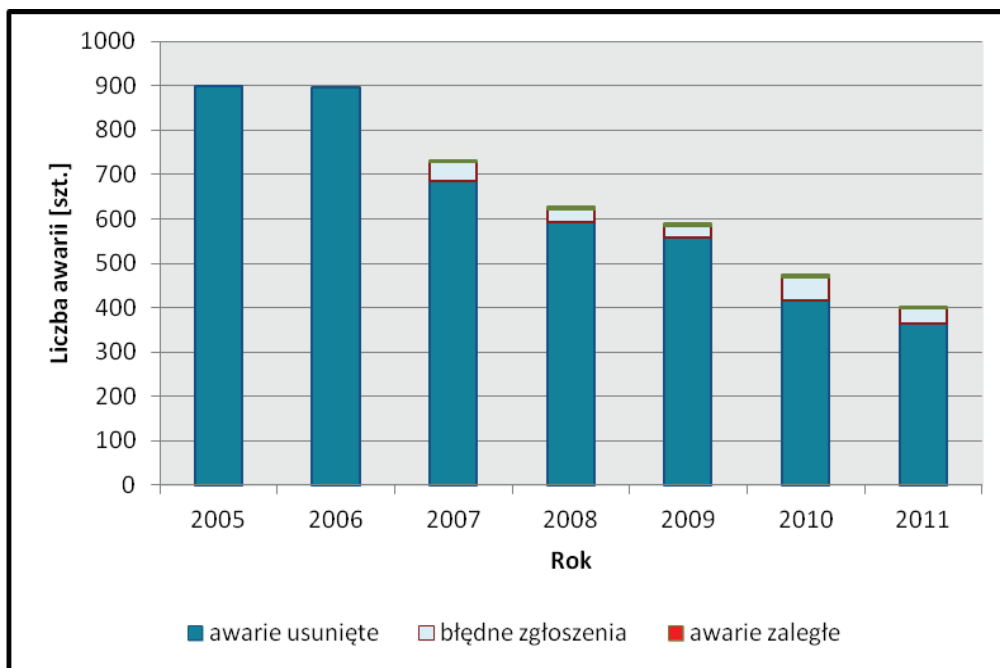
W tab.3 i na rys.4 przedstawiono łączną liczbę awarii przyjętych, usuniętych, wywołanych przez szkody górnicze, zaległych oraz błędne zgłoszenia w okresie od 2005 do 2011. Liczba awarii przyjętych to suma awarii usuniętych, błędnych zgłoszeń i awarii zaległych. Na podstawie danych zawartych w tab.3 można zauważyć stopniowy spadek liczby awarii. Największy spadek wystąpił w latach 2006 -2007, liczba awarii przyjętych zmalała aż o 165.

**Tabela 3.** Wykaz liczby awarii w latach 2005- 2011

<b>Rok</b>	<b>2005</b>												
Miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	razem
Przyjęte awarie	62	51	70	80	77	89	104	84	85	67	65	65	<b>899</b>
Usunięte awarie	62	51	70	80	77	89	104	84	85	67	65	65	<b>899</b>
Awarie wywołane przez szkody górnicze	31	21	25	25	33	29	32	26	31	25	25	31	<b>334</b>
<b>Rok</b>	<b>2006</b>												
Miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	razem
Przyjęte awarie	49	51	29	62	68	95	116	121	87	93	71	55	<b>897</b>
Usunięte awarie	49	51	29	62	68	95	116	121	87	93	71	55	<b>897</b>
Awarie wywołane przez szkody górnicze	13	13	16	21	32	34	51	49	45	42	44	23	<b>383</b>
<b>Rok</b>	<b>2007</b>												
Miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	razem
Przyjęte awarie	57	48	53	52	61	73	74	75	67	59	48	65	<b>732</b>
Usunięte awarie	57	48	46	48	61	64	67	71	61	56	41	65	<b>685</b>
Awarie wywołane przez szkody górnicze	33	30	20	20	23	31	41	42	25	30	20	39	<b>354</b>
Błędne zgłoszenie			7	3	6	7	7	4	6	3	5	2	<b>50</b>
Zaległe awarie				1							2		<b>3</b>
<b>Rok</b>	<b>2008</b>												
Miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	razem
Przyjęte awarie	54	50	43	56	45	62	53	59	57	55	43	48	<b>625</b>
Usunięte awarie	50	48	40	53	41	64	48	55	54	53	42	45	<b>593</b>
Awarie wywołane przez szkody górnicze	27	33	24	33	28	28	28	30	25	34	22	28	<b>340</b>
Błędne zgłoszenie	4	2	2	3	2	2	5	3	3	1	2	3	<b>32</b>
Zaległe awarie			1		2			1			1		<b>5</b>
<b>Rok</b>	<b>2009</b>												
Miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	razem
Przyjęte awarie	40	25	34	59	46	39	55	55	71	56	59	49	<b>588</b>
Usunięte awarie	38	22	27	58	45	37	55	53	70	54	53	46	<b>558</b>



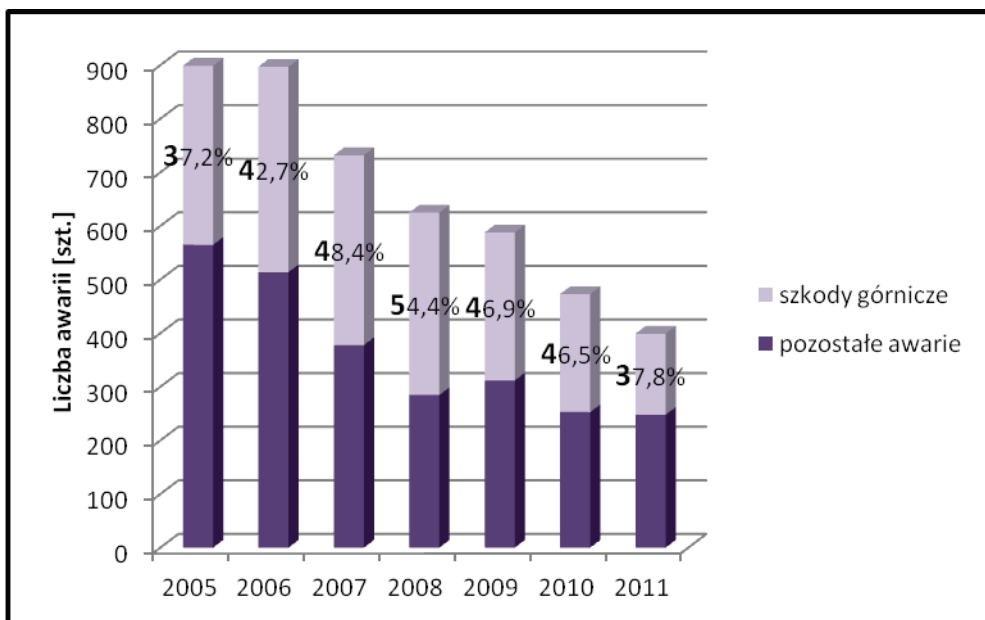
Awarie wywołane przez szkody górnicze	27	16	17	32	24	11	25	25	30	31	26	12	<b>276</b>
Brak awarii	1	1	7	1	1	2		2	1	2	6	3	<b>27</b>
Zaległe awarie	1	2											<b>3</b>
<b>Rok</b>	<b>2010</b>												
<b>Miesiąc</b>	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	<b>razem</b>
Przyjęte awarie	45	37	39	26	39	50	45	43	44	48	30	27	<b>473</b>
Usunięte awarie	37	32	38	22	30	40	40	42	41	43	28	24	<b>417</b>
Awarie wywołane przez szkody górnicze	18	14	22	12	16	21	15	26	23	22	17	14	<b>220</b>
Brak awarii	6	5		4	8	10	5	1	3	5	2	3	<b>52</b>
Zaległe awarie	2		1		1								<b>4</b>
<b>Rok</b>	<b>2011</b>												
<b>Miesiąc</b>	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	<b>razem</b>
Przyjęte awarie	22	35	33	28	16	38	32	44	28	46	39	38	<b>399</b>
Usunięte awarie	18	29	29	27	15	34	30	40	24	43	38	36	<b>363</b>
Awarie wywołane przez szkody górnicze	13	17	9	12	3	13	10	19	11	23	11	10	<b>151</b>
Brak awarii	4	6	4	1	1	4	2	4	4	3	1	2	<b>36</b>
Zaległe awarie						1							<b>1</b>



**Rys. 4.** Podstawowe dane dotyczące liczby przyjętych awarii w latach 2005-2011 (awarie przyjęte = awarie usunięte + błędne zgłoszenia + awarie zaległe)

W przedziale analizowanych siedmiu lat różnica między rokiem 2005 a 2011 wyniosła 500 awarii. Znaczną liczbę przyjętych awarii stanowią te, wywołane przez szkody górnicze, związane jest to z tym, że na terenie analizowanego miasta występują trzy kopalnie. Częste tąpnięcia i ruchy górotworu powodujące obniżenie terenu na powierzchni, powodują uszkodzenia sieci wodociągowej ujawniające się poprzez pęknięcia, rozszczelnienia, rozłączenia na połączeniach kielichowych. Udział uszkodzeń wywołanych szkodami górniczymi w stosunku do łącznej liczby uszkodzeń, od 2005 do 2008 roku stopniowo wzrastał z 37% w 2005 r. do 54% w 2008 r., po czym nastąpił spadek do 38% w roku 2011, (rys.5).

Spadek ten wiąże się wymianą rur ze stalowych na PE w obszarach objętych działalnością górniczą.

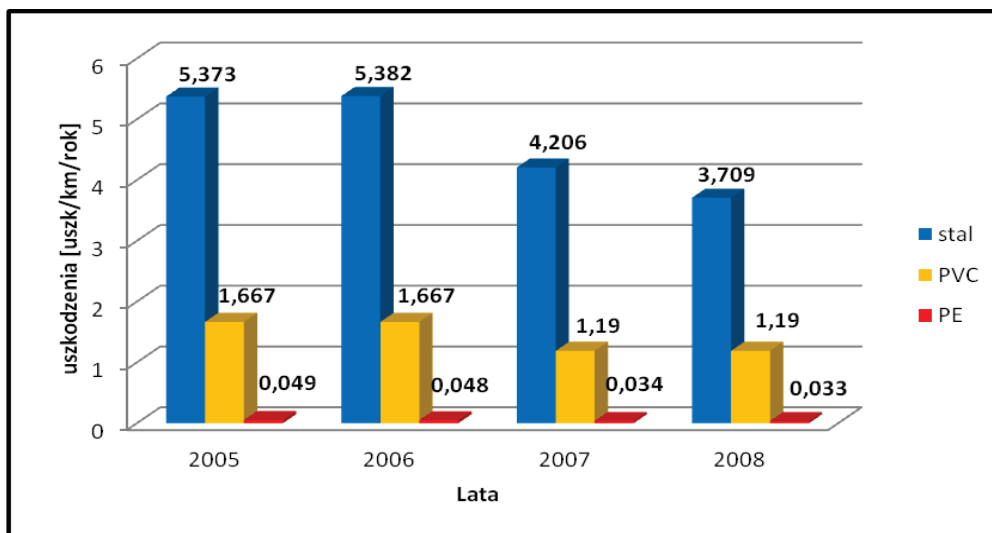


**Rys. 5.** Liczba awarii na sieci wodociągowej w mieście z wyszczególnieniem awarii spowodowanych przez szkody górnicze w latach 2005-2011

W tab. 4 oraz na rys.6 przedstawiono wskaźniki intensywności uszkodzeń w zależności od rodzaju materiału w okresie lat 2005 - 2008. Największe wartości wskaźników awaryjności występują dla przewodów wodociągowych wykonanych z rur stalowych. W roku 2005 wskaźnik ten wynosił  $\lambda=5,373$  uszk./km rok, gdzie dla przewodów z PE tylko  $\lambda=0,049$  uszk./rok km. Związane jest to z tym, iż wodociągi z rur stalowych są starymi, często skorodowanymi, podatnymi na wszelkiego rodzaju uszkodzenia. Z tego względu PWiK dąży do wymiany starych stalowych przewodów na nowe, wykonane z tworzyw sztucznych, w zasadzie tylko z PE-HD.

**Tabela 4.** Wskaźnik intensywności uszkodzeń w zależności od rodzaju materiału w latach 2005- 2008

Rok	Rodzaj materiału	Długość sieci [km]	Liczba awarii	Wskaźnik awaryjności [uszk./km rok]	Średni wskaźnik awaryjności [uszk./km rok]
2005	stal	131,2	705	5,373	2,363
	PVC	4,2	7	1,667	
	PE HD	144	7	0,049	
2006	stal	130,8	704	5,382	2,366
	PVC	4,2	7	1,667	
	PE HD	145,2	7	0,048	
2007	stal	127,9	538	4,206	1,810
	PVC	4,2	5	1,190	
	PE HD	149,1	5	0,034	
2008	stal	125,1	464	3,709	1,644
	PVC	4,2	5	1,190	
	PE HD	152,6	5	0,033	



**Rys. 6.** Wskaźnik intensywności uszkodzeń sieci wodociągowej w latach 2005-2008

Modernizacja sieci wodociągowej przyczynia się do zmniejszenia wartości wskaźników awaryjności, co przedstawia tab.4. Dla przewodów z PEHD wskaźnik awaryjności zmniejsza się z  $\lambda = 0,049$  uszk./km rok dla 2005 r., na  $\lambda = 0,033$  uszk./km rok w 2008 r., pomimo wzrostu udziału długości sieci z PE. Świadczy to o bardzo dobrych właściwościach tego materiału w trudnych warunkach eksploatacji – szkody górnicze. Również dzięki modernizacji przewodów zmniejsza się średni wskaźnik awaryjności, który w 2005 r. wynosił  $\lambda = 2,363$  uszk./km rok, a w 2008 r. już tylko  $\lambda = 1,644$  uszk./km rok. Pomimo tego, że zauważalny jest spadek wskaźnika awaryjności, jego wartość w dalszym stopniu jest duża. Obniżenie tego wskaźnika możliwe jest przy stosowaniu monitoringu i stałej kontroli pracy sieci – natężenie przepływu i ciśnienie.

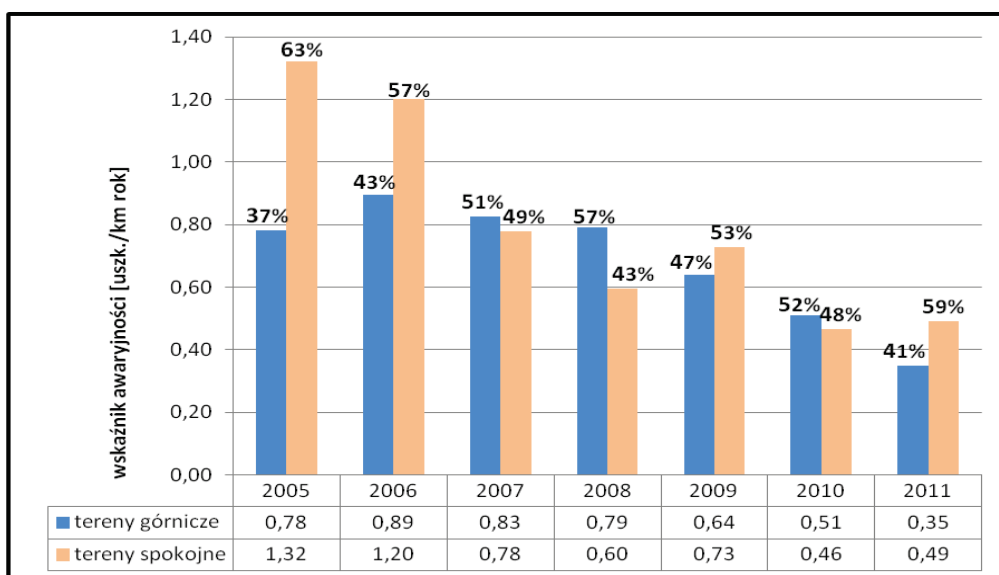
Tabela 5. Dane dotyczące wyliczonego wskaźnika awaryjności z uwzględnieniem terenów górniczych w latach 2005-2011

Rok	Długość sieci [km]	Liczba awarii (usunięte i zaległe) [szt.]	Wskaźnik awar. [uszk./km rok]	Awarie wywołane przez szkody górnicze [szt.]	Wskaźnik awar. [uszk./km rok]	Pozostałe awarie [szt.]	Wskaźnik awar. [uszk./km rok]
2005	427,2	899	2,10	334	0,78	565	1,32
2006	428	897	2,10	383	0,89	514	1,20
2007	429	688	1,60	354	0,83	334	0,78
2008	429,7	596	1,39	340	0,79	256	0,60
2009	431,8	591	1,37	276	0,64	315	0,73
2010	432,5	421	0,97	220	0,51	201	0,46
2011	433,7	364	0,84	151	0,35	213	0,49

W tab.5 przedstawiono dane potrzebne do obliczenia wskaźnika awaryjności, tj. długość sieci i liczbę awarii dla poszczególnych lat, oraz wyliczone wartości wskaźników awaryjności dla całej sieci z uwzględnieniem terenów objętych eksploatacją górniczą. Można zauważyć, że na przełomie siedmiu analizowanych lat wskaźnik awaryjności stopniowo malał, zmniejszył się o 1,26. W 2005 r. wartość ta

wynosiła  $\lambda = 2,10$  uszk./km rok, a w 2011 r. już tylko  $\lambda = 0,84$  uszk./km rok, jednak jego wartość ta nadal jest zbyt wysoka, dlatego konieczne jest dalsze wdrażanie monitoringu. Na rys. 7 zostały przedstawione obliczone wskaźniki awaryjności związanych ze szkoda górnictwymi oraz ze względu na inne przyczyny awarii.

Wskaźnik awaryjności na terenach górnictwowych w 2005 r. wynosił  $\lambda = 0,78$  uszk./km rok, w 2006 r. wzrósł do  $\lambda = 0,89$  uszk./km rok, po czym następował spadek wartości, która w roku 2011 wynosiła  $\lambda = 0,35$  uszk./km rok. W przypadku wskaźnika awaryjności dla terenów spokojnych jego wartość przemiennie malała i wzrastała. Ostatecznie, od roku 2005, gdzie  $\lambda = 1,32$  uszk./km rok do 2011r. przy  $\lambda = 0,49$  uszk./km rok, wartość wskaźnika intensywności uszkodzeń zmniejszyła się o 0,83.



**Rys. 7.** Wartość wskaźnika awaryjności na terenach górnictwowych i spokojnych w latach 2005-2011

Liczba i przyczyny awarii uwarunkowane są wieloma czynnikami, do których można zaliczyć wady materiałowe, uwarunkowania związane z technologią wykonania, korozję, warunki gruntowo wodne w miejscu ułożenia przewodu, parametry hydrauliczne w szczególności zakres i częstotliwość zmian ciśnienia w sieci, negatywny wpływ eksploatacji górnictwowej oraz nieostrożne prowadzenie robót ziemnych w pobliżu przewodów wodociągowych. Znaczna część analizowanego miasta leży na terenach górnictwowych, dlatego większość awarii powstała wskutek szkód górnictwowych.

Procentowy udział wskaźnika awaryjności na terenach górniczych oscylował wokół wartości 40-50%, a w 2008 r. wyniósł nawet 57%, w stosunku do wskaźnika awaryjności obliczonego dla całej sieci.

Aby ocenić pracę sieci wodociągowej konieczna jest rzetelna analiza przewodów wodociągowych z uwzględnieniem poszczególnych rejonów, obszarów, dzielnic oraz ulic. Duże wartości wskaźnika intensywności uszkodzeń alarmują o niezwłocznej wymianie takiego fragmentu sieci wodociągowej. Do analizy sieci można zaliczyć ocenę stanu technicznego materiału sieci, która odbywa się w trakcie usunięcia awarii, jak również częstość występowania awarii i ich wzrost w minionym czasie oraz należy ocenić pracę hydrauliczną takiego fragmentu sieci pod względem wysokości ciśnień i ich wahań oraz przeanalizować problemy związane z powstawaniem osadów.

### **Straty wody w analizowanym mieście**

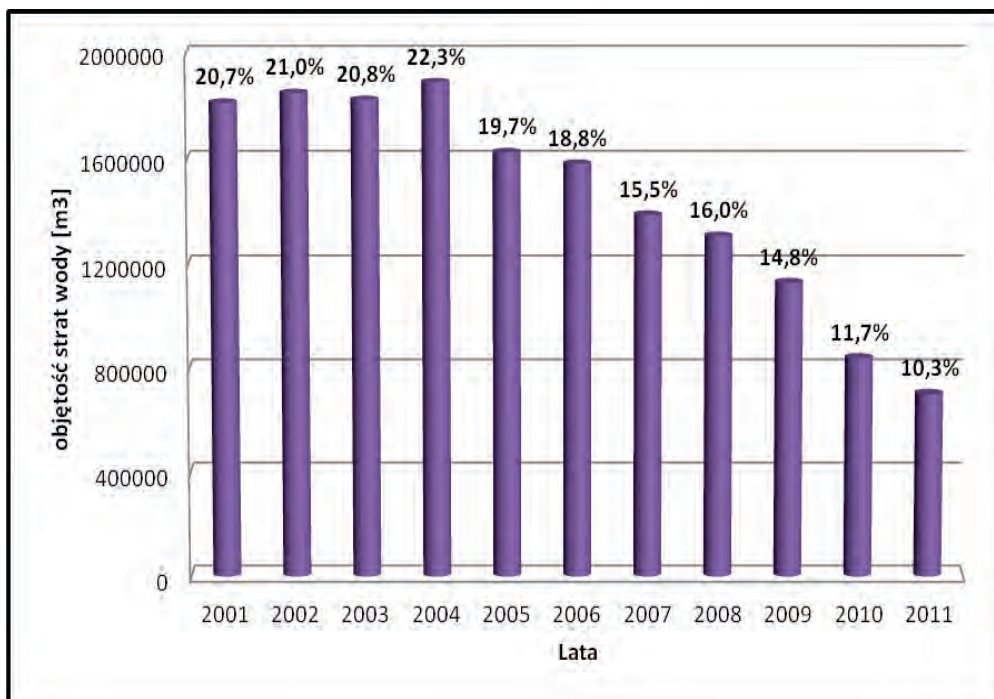
Monitorowanie takich obiektów jak pompownie i komory zakupu wody umożliwiają szybkie dostarczenie informacji na temat możliwie zaistniałych awarii. Pozwala to na natychmiastowe wysłanie odpowiednich służb eksploatacyjnych w celu przeprowadzenia diagnostyki sieci w danym rejonie, co w znacznym stopniu wpływa na ograniczenie wielkości strat wody.

Tabela 6 przedstawia dane dotyczące łącznej objętości traconej wody oraz ich procentowy udział w stosunku do objętości wody zakupionej, w analizowanym okresie 2001-2011. Można zauważyć, że straty wody stopniowo malały, między rokiem 2001 a 2011 różnica ta wyniosła aż 1 109 343 m<sup>3</sup>, co daje przedsiębiorstwu ogromne korzyści finansowe. W okresie ostatnich jedenastu lat procentowy udział strat zmniejszył się o ponad 10% (rys.8). Efektem takiej sytuacji jest przede wszystkim stała modernizacja sieci wodociągowej i stosowanie przewodów z PEHD, które są odporne na trudne warunki środowiskowe i mają mały wskaźnik awaryjności. Korzyści płynące ze stosowania monitoringu w tym przypadku mają jeszcze niewielki wpływ, ponieważ dane dotyczą lat 2001-2011, a monitoring został wprowadzony w 2012 r. Jedynie stosowanie loggerów i korelatora miało swój udział w obniżeniu strat wody.

**Tabela 6.** Zestawienie podstawowych danych o stratach wody

Rok	Łączna objętość strat wody [m <sup>3</sup> ]	Procentowy Wskaźnik Strat [%]
2001	1 812 634	20,67
2002	1 849 286	20,98
2003	1 822 765	20,78
2004	1 889 995	22,29
2005	1 624 786	19,68
2006	1 580 600	18,81
2007	1 386 913	15,46
2008	1 306 278	15,96
2009	1 129 125	14,84
2010	840 304	11,68
2011	703 291	10,29





**Rys. 8.** Wielkość strat wody w latach 2001-2011 z uwzględnieniem % udziału strat wody w stosunku do całkowitej objętości zakupionej wody

Według danych uzyskanych od analizowanego PWiK obliczono straty nieuniknione, techniczny indeks strat rzeczywistych oraz infrastrukturalny indeks wycieków dla okresu 2001-2011. Wszystkie otrzymane wartości przedstawiono w tab.7. Wartość IIW dla badanej sieci w roku 2011 wynosiła 3,07. Sieć można zakwalifikować do czwartej grupy, jako sieć o słabym stanie technicznym. Wg wytycznych IWWA konieczne jest prowadzenie działań polegających na poprawie jakości napraw, pojedynczej detekcji wycieków, aktywnej kontroli wycieków oraz szybkiej naprawie z uwzględnieniem ekonomicznego zarządzania ciśnieniem.

**Tabela 7.** Wielkości strat wody oraz wartości wskaźników strat wody w latach 2001- 2011 w sieci wodociągowej w analizowanym mieście

Rok	Wielkość strat rzeczywistych		Straty nieuniknione		Techniczny indeks strat rzeczywistych [dm <sup>3</sup> /przyt./doba]	Infrastrukturalny indeks wycieków IIW
	[m <sup>3</sup> /rok]	[m <sup>3</sup> /d]	[dm <sup>3</sup> /d]	[m <sup>3</sup> /d]		
2001	1 812 634	4 966,121	617 895,1	617,9	602,8	8,04
2002	1 849 286	5 066,537	617 895,1	617,9	614,9	8,20
2003	1 822 765	4 993,877	619 903,3	619,9	606,2	8,06
2004	1 889 995	5 178,068	620 795,8	620,8	628,5	8,34
2005	1 624 786	4 451,468	621 985,8	622,0	540,3	7,16
2006	1 580 600	4 330,411	622 580,8	622,6	525,6	6,96
2007	1 386 913	3 799,762	623 324,6	623,3	461,2	6,10
2008	1 306 278	3 578,844	623 845,2	623,8	434,4	5,74
2009	1 129 125	3 093,493	625 667,4	625,7	375,5	4,94
2010	840 304	2 302,203	626 188,1	626,2	279,4	3,68
2011	703 291	1 926,825	627 374,0	627,4	233,9	3,07

Każda sieć wodociągowa powinna mieć określony pewien poziom wycieków, dla których zmniejszanie nie jest ekonomicznie opłacalne, są to tzw. straty nieuniknione.

## Podsumowanie

Wiek analizowanej sieci wodociągowej oraz materiał, z jakiego jest wykonana zmusza przedsiębiorstwo do regularnej kontroli jej pracy. Pomimo tego, że prowadzona jest stała modernizacja sieci wodociągowej z rur stalowych na sieci z rur PE-HD, nadal duży udział, bo 29,9 % w stosunku do całkowitej długości sieci, stanowią przewody stalowe.

Z otrzymanych danych wynika, że najwięcej awarii występuje na przewodach stalowych, bo aż 97,9 % w stosunku do łącznej liczby awarii, dlatego konieczna jest ich wymiana na rury i kształtki z PEHD, gdzie awaryjność wynosiła tylko 1%. Liczba awarii w sieci wodociągowej analizowanego miasta na przełomie lat 2005 - 2011 zmniejszyła się o 500. Efektem tego jest poprawa świadczonych przez przedsiębiorstwo usług oraz obniżenie poziomu strat wody. Niestety analizowane miasto jest położone na terenach objętych działalnością górniczą, dlatego zawsze będzie narażona na awarie wywołane eksploatacją górniczą, które w roku 2011 wynosiły 37,8% łącznej liczby awarii.

Pomimo regularnej wymiany wyeksploatowanych odcinków sieci wskaźnik awaryjności nadal kształtuje się na wysokim poziomie, w roku 2011 wyniósł  $\lambda=0,84$  uszk./km rok. Jednak należy zaznaczyć, że przez ostatnie jedenaście lat wskaźnik intensywności uszkodzeń wykazywał tendencję spadkową.

Wprowadzenie systemu monitoringu sieci wodociągowej, w przypadku analizowanej sieci jest to monitoring komór zakupu wody i monitoring pompowni wody, oraz elementów diagnostyki umożliwia precyzyjny nadzór nad pracą sieci. Pozwala również na skrócenie czasu od wystąpienia awarii do przystąpienia jej usunięcia. Analizowane PWiK stopniowo wdraża monitoring w swoim obszarze działania, co pozwala na rozłożenie kosztów w czasie, gdyż jest to bardzo drogie przedsięwzięcie.

## **Bibliografia**

1. Piechurski F.G., Uszkodzenia i straty wody w sieci wodociągowej. Rynek Instalacyjny, 5/2005 s. 55-59.
2. Piechurski F.G., Wpływ modernizacji wodociągów na poprawę warunków ich eksploatacji. Rynek Instalacyjny, 5/ 2007 s. 47-53.
3. Piechurski F.G., Straty wody w systemie wodociągowym. cz. I-III, Wodociągi-Kanalizacja, 3(49) /2008 s.24-26, 4(50) /2008 s.21-23, 5(51) /2008 s.57-62.
4. Piechurski F.G. Przyczyny i skutki awarii uszkodzeń w sieci wodociągowej. Instal 4 (317) /2011 s. 42-47.