

Konsekwencje awarii przewodów wodociągowych na wybranych przykładach

tekst: **dr hab. inż. EMILIA KULICZKOWSKA**, Politechnika Świętokrzyska, **inż. KATARZYNA KOTWICA**, Koło Naukowe Krecik, Politechnika Świętokrzyska

Agencja Ochrony Środowiska (EPA) twierdzi, że w Stanach Zjednoczonych ma miejsce codziennie ok. 700 pęknięć magistrali wodociągowych spowodowanych starzeniem się rurociągów. EPA szacuje, że USA będą musiały zainwestować ponad 334 mld USD w infrastrukturę przesyłu wody w ciągu najbliższych 25 lat.

Wstęp

Długo eksploatowane przewody wodociągowe i kanalizacyjne, ulegając awariom, stwarzają różnorakie zagrożenia. Stąd też niezwykle istotne jest ich niezawodne i bezpieczne funkcjonowanie [13, 14, 15]. Przewody kanalizacyjne długo eksploatowane oddziałują na środowisko [1, 7], powodując w najbardziej niekorzystnym przypadku zawalenie się kanału wraz z zapadnięciem się terenu nad kanałem [8, 9], co w razie ich usytuowania pod nawierzchniami ulicznymi zagraża bezpieczeństwu ludzi i samochodów przemieszczających się tymi ulicami oraz skażenie terenu ściekami, których przepływ kanałem w takich sytuacjach jest często wstrzymany. Równie poważne konsekwencje mogą wystąpić w przypadku uszkodzeń przewodów wodociągowych. Celem tego opracowania jest pokazanie na przykładzie wybranych pięciu różnych awarii, które wystąpiły we Włoszech, Australii i USA, jak poważne mogą być skutki takich awarii.

Droga we Florencji zawała się, zaptapiając rząd samochodów

Opisywane zdarzenie miało miejsce 25 maja 2016 r. w pobliżu słynnego mostu Vecchio [2]. Fragment nadbrzeżnej ulicy zapadł się w wyniku awarii przewodu wodociągowego znajdującego się pod ziemią, powodując zanurzenie pojazdów w korycie wypełnionym wodą (ryc. 1).

Zapadnięcie się odcinka ulicy w centrum miasta spowodowało nie tylko osunięcie się rzędu zaparkowanych samochodów do powstałego zapadliska, ale również odcięcie dostaw wody dla części mieszkańców.



Ryc. 1. Zniszczona droga we Florencji [2]



Ryc. 2. Wypompowywanie wody z zapadliska [2]

Rozpadlina, jaka powstała wzdłuż drogi usytuowanej w pobliżu ponte Vecchio, miała ok. 200 m długości i 6,5 m szerokości. Pochłonęła ok. 20 samochodów, jednak w zdarzeniu nikt nie został ranny.

Po wstrzymaniu przepływu wody w przewodzie wodociągowym strażacy rozpoczęli akcję odpompowywania wody z zapadliska, a władze starały się ustalić, czy osłabiona nawierzchnia uliczna wytrzyma ciężar dźwigu potrzebnego do wyciągnięcia podtopionych samochodów (ryc. 2). Podczas trwania tych czynności w ramach środków ostrożności ewakuowano także mieszkańców dwóch pobliskich domów.

Przyczyną powstania zapadliska było pęknięcie rury o średnicy 0,6 m, która

była jednym z głównych przewodów magistralnych, a nie, jak pierwotnie przypuszczano, przeciek z brzegów rzeki Arno.

Po dokonaniu badań geologicznych stwierdzono, że zapadlisko było spowodowane dwoma wyciekami z wodociągu. Jeden miał miejsce ok. godziny 1 w nocy, a drugi kilka godzin później. Wyptywająca woda rozmyła ziemię, powodując erozję nawierzchni ulicznej.

Awaria wodociągu w Nashville następstwem działań firmy Google

20 października 2016 r. w Nashville w stanie Tennessee ekipa pracująca nad instalacją sieci światłowodów firmy Google Fiber spowodowała poważną awarię wodociągu. Wydobywająca się z uszkodzonego przewodu woda zalała nie tylko ulice, ale również piwnice pobliskich domów (ryc. 3) [5].

Władze miasta potwierdziły, że poważnie uszkodzony został fragment magistrali wodociągowej o średnicy ok. 914 mm (36"). Zarządca sieci, firma Metro Water Services, oficjalnie oświadczyła, że wspomniane szkody zostały spowodowane przez firmę wykonawczą.

Ulica, na której miał miejsce incydent, została zamknięta, a władze poinformowały, że awaria miała wpływ na rozległy obszar, powodując niskie ciśnienie wody, a w wielu miejscach także jej niedobory.

Tego samego dnia wieczorem eksperci orzekli, że duży fragment wodociągu wymaga wymiany. Została ona niezwłocznie wykonana.

Miejsce awarii zostało odizolowane przed rozpoczęciem naprawy, a załoga firmy wykonawczej pracowała przez całą noc, aby jak najszybciej przywrócić wodo-



Ryc. 3. Wyciek wody ze zniszczonej magistrali wodociągowej w Nashville [5]

ciąg do użytku. Ponadto w ramach utrzymania bezpieczeństwa kierowcy zostali zobowiązani do unikania przejazdu przez obszar, na którym trwały roboty.

Następnego dnia po południu władze potwierdziły, że naprawa została zakończona, a żaden z użytkowników nie pozostał bez wody podczas trwania prac naprawczych.

Uszkodzenie wodociągu na Sunset Boulevard w Los Angeles

14 sierpnia 2014 r. uszkodzona magistrala wodociągowa o średnicy ok. 762 mm (30") pod ulicą Sunset Boulevard spowodowała powstanie ok. 100-metrowego gejzera wody (ryc. 4), który zalał ulicę i teren pobliskiego kampusu Uniwersytetu Kalifornijskiego [4].

Główny kierownik Los Angeles Department of Water and Power (Departamentu Wody i Energii w Los Angeles) stwierdził, że jedna z dwóch magistrali wodociągowych, które pękły pod Sunset Boulevard, była tak bardzo zniszczona, że przy niewielkim wysiłku możliwe było zeszkobanie warstwy korozji, aby widoczny stał się otwór w rurze.

Dругa magistrala posiadała pięć przecieków jeszcze przed pęknięciem, a do momentu awarii nie planowano wymiany żadnej spośród tych dwóch magistrali, pomimo że były one zakwalifikowane przez urzędników zakładu użyteczności



Ryc. 4. Około 100-metrowy słup wody w Los Angeles [4]

publicznej do najniższych klas stanu technicznego (klasa najniższa dotyczy napraw w trybie natychmiastowym).

W czasie awarii zniszczone rury zalały część kampusu uniwersyteckiego ok. 75,7 tys. m³ wody.

Oba przewody tworzyły kształt litery Y i łączyły się z inną magistralą, wybudowaną w 1950 r. Fragment połączeniowy został zespawany przestarzałą i niespełniającą norm metodą, a złącze było zmontowane wysoce nieprofesjonalnie.

Przedstawiciel Los Angeles Department of Water and Power stwierdził, że na podstawie rejestrów miejskich nie jest możliwe określenie, czy inne połączenia rur w całym mieście mogły w konsekwencji zaistniałej awarii również zostać uszkodzone.

Urzędnicy tej instytucji potwierdzili, że wobec zalania kampusu uniwersyteckiego możliwe jest wznowienie dawnego programu badawczego, w ramach którego testowano rury przez wykonywanie prób ciśnieniowych w kontrolowanych warunkach, aby sprawdzić ich wytrzymałość. Z programu zrezygnowano, ponieważ duża liczba przewodów wodociągowych była wtedy w trakcie remontów i niemożliwe było wyłączenie z użycia jeszcze kolejnej grupy rurociągów do testów, gdyż sieć mogłaby nie wytrzymać nadmiernego obciążenia.

Awaria na Sunset Boulevard pomimo szybkiej naprawy magistrali spowodowała m.in. zalanie dwóch podziemnych garaży i poważne uszkodzenie ponad 300 samochodów.

„Wybuch” wodociągu na przedmieściach Melbourne

29 października 2012 r. mieszkańcy osiedla Glen Waverley w Melbourne starali się uratować swoje domy przed ich zalaniem po pęknięciu wodociągu i „wybuchu” wody (ryc. 5) na wysokość 50 m w górę [6].

Świadkowie twierdzą, że woda płynąca w kierunku ich domów osiągała nawet 1 m wysokości. Co najmniej jeden dom został znacznie uszkodzony, a woda zalała w nim salon i spowodowała zawalenie się dachu garażu.

Dopływ wody został odcięty dopiero po ok. godzinie od wystąpienia awarii. Ostatecznie większość domów wyszła z tego wydarzenia bez szwanku, oprócz kilku drobnych powodzi w garażach.



Ryc. 5. Gejzer wody spowodowany awarią zaworu [6]

Prawdopodobną przyczyną awarii była uszkodzona armatura. W wyniku pęknięcia zostało utraconych ok. 2 mln l wody.

Opisywany 50-letni fragment przewodu magistralnego nie miał w swojej historii awarii, a jego zakładany czas eksploatacji wynosił ok. 100 lat. Dostarczał on wodę ze zbiornika do ponad 100 tys. domów i firm na południowo-wschodnich przedmieściach Melbourne.

Wydarzenie to nie miało wpływu na dostawę wody dla mieszkańców i gospodarstw domowych, gdyż udało się szybko zlokalizować uszkodzony zawór i odciąć dopływ do przewodu wodociągowego.

Wykluczono również możliwość, że incydent był spowodowany źle przeprowadzonymi pracami konserwacyjnymi, gdyż miasto posiada bardzo rygorystyczny program konserwacji i regularnie kontroluje całą sieć.

Rekordy ciepła spowodowały, że rury wodociągowe „wybuchły jak gejzery”

Rekordowe temperatury zanotowane w USA w 2011 r. przyczyniły się do namnożenia groźnych dla krów glonów oraz spowodowały zmianę koloru wody w zbiornikach na krwistoczerwony z powodu niskiej zawartości tlenu w wodzie. Stały się również przyczyną jeszcze bardziej kosztownego problemu dla społeczności – „eksplozowania” rur wodociągowych [3].

Wrz z pojawieniem się intensywnych upałów ziemia wysycha, co powoduje, że

stare rury w niej ułożone stają się bardziej podatne na pęknięcia. Ponadto zjawisko to nasila się przy zwiększonym zapotrzebowaniu na wodę podczas gorących dni. W wielu miastach w okresie upałów zaobserwowano wzrost liczby awarii wodociągowych. W Oklahomie stwierdzono 685 pęknięć wodociągów w ciągu półtora miesiąca, czyli ok. cztery razy więcej niż wynosi średnia. Ostatnio problemu tego doświadczyło również miasto Kemp w Teksasie, gdzie urzędnicy miasta byli zmuszeni do odcięcia dostaw wody do 1100 mieszkańców po awarii 14 rur.

Burmistrz miasta Kemp stwierdził, że główną przyczyną tak dużej liczby uszkodzeń jest stara infrastruktura wodociągowa. Lokalna stacja uzdatniania wody była po raz ostatni remontowana w 1970 r., a wiele odcinków z 48,3 km rurociągów zostało ułożonych w 1930 r. i od tamtej pory nie było odnawianych.

Agencja Ochrony Środowiska (EPA) twierdzi, że w Stanach Zjednoczonych ma miejsce codziennie ok. 700 pęknięć magistrali wodociągowych spowodowanych starzeniem się rurociągów. EPA szacuje, że USA będą musiały zainwestować ponad 334 mld USD w infrastrukturę wody w ciągu najbliższych 25 lat [3].

Zmiany klimatu znacząco pogarszają i tak już zły stan rurociągów, a wraz ze wzrostem intensywności upałów będą zwiększać się naprężenia w rurach miejskiej infrastruktury wodociągowej. W całych Stanach Zjednoczonych latem 2011 r. przewody transportujące wodę „wybuchały”, powodując lokalne powodzie i zniszczenia domów, a także wpłynęły na konieczność zwiększenia budżetu przeznaczonego na remonty infrastruktury wodociągowej.

Podsumowanie

Analiza wyżej opisanych awarii wskazuje, że mogą być one spowodowane przez wiele różnych czynników. Ich przyczyną jest nie tylko starzejąca się infrastruktura sieci czy wpływ warunków atmosferycznych, ale również działalność człowieka oraz błędy na etapie wykonawstwa.

Najistotniejszą kwestią w przypadku uszkodzenia magistrali wodociągowych jest podjęcie natychmiastowych działań mających na celu zapobieżenie niekontrolowanej utracie ogromnych ilości wody oraz ograniczenie negatywnych skutków tych zdarzeń, mogących znacząco wpły-

wać na bezpieczeństwo pobliskiej infrastruktury miejskiej.

Awarie rurociągów transportujących wodę mogą powodować lokalne podtopienia budynków, zmniejszenie ich nośności przez podmycie gruntu spod ich fundamentów, a także zniszczenie nawierzchni drogowych, co w konsekwencji wymusza przeprowadzenie kosztownych remontów.

Aby uniknąć bądź radykalnie ograniczyć liczbę awarii przewodów wodociągowych, należy monitorować ich stan techniczny, dokonując okresowych ocen bezpieczeństwa konstrukcyjnego rur [11]. W przypadku stwierdzenia występowania procesów mających wpływ na pogarszanie się stanu technicznego przewodów wodociągowych [10], przewody te należy poddać rehabilitacji, kierując się kryterium statyczno-wytrzymałościowym [12], a także innymi, zamieszczonymi w [10], wymienionymi przy opisie poszczególnych technologii.

Literatura

- [1] Dąbrowski W.: *Oddziaływanie sieci kanalizacyjnych na środowisko*. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2004.
- [2] Robinson J.: *Dozens of cars are swallowed up in massive 600 ft road collapse along river in Florence after underground water pipe bursts* (online). MailOnline, 25 May 2016. Dostępny w Internecie: <http://dailymail.co.uk/news/article-3608437/Dozens-cars-swallowed-massive-600ft-road-collapse-river-Florence-underground-water-pipe-bursts.html> (dostęp 10 kwietnia 2017).
- [3] Lacey S.: *Record heat causes nation's water pipes to 'burst like geysers'* (online). Grist, Aug 17, 2011. Dostępny w Internecie: <http://grist.org/climate-change/2011-08-16-record-heat-causes-nations-water-pipes-to-burst-like-geysers/> (dostęp 29 marca 2017).
- [4] Alpert E.: *Broken Sunset Boulevard water pipe was badly worn, DWP tells council* (online). „Los Angeles Times”, Aug 6, 2014. Dostępny w Internecie: <http://www.latimes.com/local/cityhall/la-me-pipe-rupture-20140807-story.html> (dostęp 30 marca 2017).
- [5] *Repairs Complete On Clifton Ave. Water Main Break* (online). News Channel 5, Oct 20, 2016. Dostępny w Internecie: [\[section-of-clifton-avenue\]\(http://www.newschannel5.com/news/local-news/water-main-break-closes-section-of-clifton-avenue\) \(dostęp 7 kwietnia 2017\).](http://www.newschannel5.com/news/local-news/water-main-break-closes-

</div>
<div data-bbox=)

- [6] Levy M.: *'Absolutely incredible': homes threatened as water pipe erupts over suburb* (online). The Age, Victoria, Oct 29, 2012. Dostępny w Internecie: <http://www.theage.com.au/victoria/absolutely-incredible-homes-threatened-as-water-pipe-erupts-over-suburb-20121029-28eps.html> (dostęp 31 marca 2017).
- [7] Kuliczowska E.: *Kryteria planowania bezwykopowej odnowy przewodów kanalizacyjnych*. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2008.
- [8] Kuliczowska E.: *An analysis of road pavement collapses and traffic safety hazards resulting from leaky sewers*. „Baltic Journal of Road and Bridge Engineering” 2016, Vol. 11 (4), pp. 251–258.
- [9] Kuliczowska E.: *The interaction between road traffic safety and the condition of sewers laid under roads*. „Transportation Research” 2016, Part D, Vol. 48, pp. 203–213.
- [10] Kuliczowski A., Kuliczowska E., Zwierzchowska A., Zwierzchowski D., Dańczuk P., Kubicka U., Kuliczowski P., Lisowska J.: *Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska*. Red A. Kuliczowski. Wydawnictwo Seidel – Przywecki. Warszawa 2010.
- [11] Kuliczowski A.: *Ekspertyzy konstrukcyjne przewodów wodociągowych*. „Gaz Woda i Technika Sanitarna” 2014, nr 3, s. 94–99.
- [12] Kuliczowski A., Parka A.: *Kryterium statyczno-wytrzymałościowe w doborze rehabilitacyjnych powłok stosowanych w przewodach wodociągowych*. „Instal” 2014, nr 5, s. 56–63.
- [13] Kwietniewski M., Rak J.: *Niezawodność infrastruktury wodociągowej i kanalizacyjnej w Polsce*. Polska Akademia Nauk, Warszawa 2010.
- [14] Rak J., Kwietniewski M.: *Bezpieczeństwo i zagrożenie systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2011.
- [15] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B., Studziński A., Pietrucha-Urbanik K., Boryczko K.: *Niezawodność i bezpieczeństwo systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2012.

