

Przyczyny występowania katastrof kanalizacyjnych

prof. dr hab. inż. Andrzej Kuliczkowski, mgr inż. Emilia Kuliczowska
Politechnika Świętokrzyska

Pojęcie „katastrofy kanalizacyjne” stosowane jest w odniesieniu do przypadków zapadania się gruntu nad kanałem wraz z nawierzchnią uliczną lub terenem o innym zagospodarowaniu w kierunku konstrukcji kanału, niekiedy wraz z ludźmi lub pojazdami znajdującymi się w momencie katastrofy na powierzchni terenu. Wybrane problemy związane z występowaniem katastrof kanalizacyjnych zostały omówione w [2, 3].

Katastrofy kanalizacyjne zdarzają się często w różnych krajach. Przykładowo w Wielkiej Brytanii odnotowywano ich ok. 5000 rocznie [4]. Mogą one być niewielkie, z mało uciążliwymi konsekwencjami, ale zdarzają się także katastrofy kanalizacyjne wyjątkowo uciążliwe dla środowiska, skutkujące poważnymi konsekwencjami w zakresie stwarzanego zagrożenia bezpieczeństwa oraz wysokości ponoszonych kosztów przy ich usuwaniu. Poniżej opisano kilka takich katastrof, a następnie poddano analizie przyczyny ich powstawania.

Przykłady katastrof kanalizacyjnych

Prawdopodobnie największa z dotychczasowych katastrof kanalizacyjnych miała miejsce w Seattle w USA w 1957 r. [1]. Kanał, który uległ katastrofie, wybudowano metodą górniczą bardzo głęboko, ok. 45 m pod powierzchnią terenu, w latach 1909-1913. Wykonano go jako murowany o przekroju kołowym i średnicy 2,0 m. Wybudowany został w gruncie gliniastym. Wskutek nieszczelności kanałowych oraz występowania zjawiska infiltracji wód gruntowych do jego wnętrza, utworzyła się w okresie ponad 44 lat, tj. od czasu budowy tego kanału do momentu



Rys. 1. Widok z lotu ptaka na miejsce katastrofy kanałowej w Seattle [10]

wystąpienia katastrofy, olbrzymia pustka powietrzna nad wierzchołkiem kanału.

Po zawaleniu się (rys. 1 i 2) powstał „krater” o głębokości ok. 45 m i wymiarach na powierzchni terenu ok. 30 x 40 m. Na rys. 1 widoczne jest zapadnięcie się całej ulicy wraz z chodnikiem i drzewami znajdującymi się w pasie zieleni przy chodniku, a także fragmentami działek znajdującymi się w pobliżu powstałego zapadliska.



Rys. 2. Zapadlisko powstałe po zawaleniu się kanału w Seattle w 1957 r. [10]

Kolejne z opisywanych katastrof wystąpiły w okresie ostatnich trzech lat. Na rys. 3 pokazane jest zapadnięcie się autobusu w obszar dużej pustki powietrznej, jaka z biegiem lat wytworzyła się nad nieszczelnym kanałem w stolicy Portugalii, Lizbonie. Na szczęście w jadącym do bazy autobusu był tylko kierowca. Zapadlisko wytworzyło się nagle w listopadzie 2003 r., w momencie wjazdu autobusu nad obszar pustki powietrznej nad kanałem. Na rys. 4 pokazany jest moment wyciągania au-



Rys. 3. Autobus po zapadnięciu się w obszar pustki powietrznej nad nieszczelnym kanałem w Lizbonie [10]



Rys. 4. Wyciąganie autobusu z obszaru zapadliska w Lizbonie [10]

tobusu przy użyciu dźwigu z zapadliska, które miało głębokość 9,15 m.

Inna z poważniejszych katastrof kanalizacyjnych wydarzyła się w sierpniu 2004 r. w Macomb County koło Detroit w USA. Dotyczyła ona kanału o średnicy 3,5 m zbudowanego w latach 60. ubiegłego wieku, zagłębionego ok. 12 m pod powierzchnią terenu. Dzienny przepływ ścieków tym kanałem wynosił ok. 115-320 tys. m sześć. Powstałe zapadlisko miało początkowo 37 m długości i 18 m szerokości.

Na rys. 5 pokazano końcowy fragment zapadliska z uszkodzonymi fragmentami nawierzchni ulicznej. W miarę upływu czasu zapadlisko powiększało się. Konsekwencją wystąpienia tego zapadliska było uszkodzenie m.in. linii energetycznej i sieci wodociągowej, w wyniku czego mieszkańcy zostali pozbawieni prądu i wody. Rodziny zamieszkałe w pobliżu miejsca katastrofy ewakuowano na okres do zakończenia prac zabezpieczających obsuwanie się skarp. Aż 10. samochodów użyto do przepompowywania ścieków z obszaru zapadliska. Po odpompowaniu ścieków z obszaru zapadliska wykonano nowy kanał na odcinku ok. 135 m, a sumaryczne koszty związane z usunięciem



Rys. 5. Końcowy fragment zapadliska w Macomb County [10]

skutków wystąpienia tej katastrofy oszacowano na kwotę 90 mln USD.

We wrześniu 2002 r. wydarzyła się w mieście Tucson w Arizonie w USA katastrofa kanalizacyjna zilustrowana zdjęciami pokazanymi na rys. 6-8. Pokazano na nich fragmenty powstałych zapadlisk. Zaistniałe zapadliska spowodowały uszkodzenie różnych przewodów podziemnych, w tym gazowych, wodociągowych, kabli elektrycznych i telefonicznych (rys. 6). Pierwsze z nich, zapadlisko wschodnie (rys. 7), pojawiło się



Rys. 6. Widok na fragment zapadliska z uszkodzonymi przewodami podziemnymi w Tucson [10]

Rys. 7. Widok na wschodnią część zapadliska w Tucson [10]



Rys. 8. Widok na zachodnią część zapadliska w Tucson [10]

w nocy ok. godz. 1.30, a drugie, zachodnie (rys. 8), o godz. 9.00.

Uszkodzona kanalizacja sanitarna funkcjonowała nadal. Kanał o średnicy ok. 1,1 m transportował dziennie 120960 m sześć. ścieków. Część z nich wypełniła obszar zapadlisk, część przedostała się burzowcem do rzeki Santa Cruz, a pozostałe nadal płynęły do oczyszczalni. Dopiero po 10 dniach, po pozyskaniu dodatkowych pomp z Kalifornii, Teksasu, Utah



Rys. 9. Napowietrznie ułożone rurociągi transportujące ścieki z terenu zapadliska [10]

i Nowego Meksyku, udało się (rys. 9) wyeliminować zrzuty ścieków do rzeki.

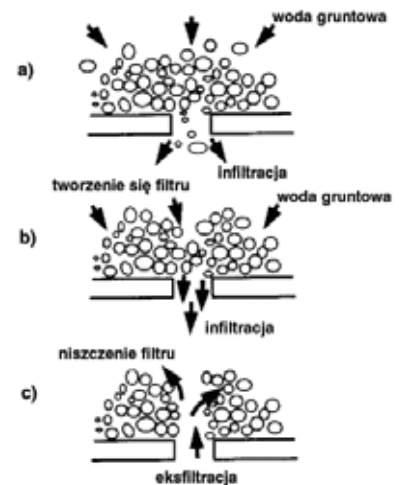
Z rzeki usunięto olbrzymie ilości stałych osadów ściekowych, które ją zanieczyściły, a następnie dno rzeki zdezynfekowano używając mleka wapiennego. Ścieki przedostały się także do pomieszczeń piwnicznych niektórych budynków. Bezpośrednio po wystąpieniu zapadlisk do oczyszczalni ścieków przedostały się tony błota, żwiru i piasku, wstrzymując pracę pomp i ciągów transportowych oczyszczalni. Zapadliska osuszono dopiero 24 września (zapadlisko powstało 7 września), a kanał naprawiono ostatecznie 4 października. Wykonanie innych napraw związanych z zaistniałą katastrofą zajęło jeszcze dużo czasu. Ulicę, na której powstały zapadliska oddano do użytku 25 listopada, czyli dopiero po 78 dniach od momentu powstania zapadlisk. Koszty

robót naprawczych wykonanych w tym czasie wyniosły 7,7 mln USD.

Mechanizm powstawania katastrof kanalizacyjnych

Wystąpienie katastrofy kanalizacyjnej poprzedzone jest przemieszczaniem się gruntu z zewnątrz konstrukcji kanałowej do jej wnętrza. W przypadku, gdy grunt jest nawodniony i występuje infiltracja wód gruntowych do wnętrza kanału, proces ten ma przyspieszony przebieg. Jeżeli dodatkowo kanał jest okresowo podtapia-

Kierunek przemieszczania się gruntu



Rys. 10. Zjawisko erozji gruntu niespoistego do wnętrza kanału

ny i pracuje pod ciśnieniem, eksfiltracja ścieków z kanału do gruntu proces ten jeszcze bardziej przyspiesza.

Na rys. 10 pokazano zjawisko erozji gruntu niespoistego (piasku, żwiru) do wnętrza kanału. W przypadku gruntów suchych szybkość przenikania gruntu do wnętrza kanału zależy od wymiarów obszaru ubytku, który ma bezpośredni kontakt z gruntem. W przypadku, gdy jest to niewielka szczelina, proces ten przebiega powoli, a kiedy jest to istotny ubytek fragmentu konstrukcji kanałowej, tempo przemieszczania się gruntu jest znacznie większe. Gdy grunt jest nawodniony, woda filtrująca do wnętrza



Rys. 11. Zjawisko erozji gruntu spoistego do wnętrza kanału

kanalu przyspiesza proces wymywania gruntu (rys. 10 a) z obszaru zewnątrzkanalowego do jego wnętrza tak długo, dopóki nad miejscem nieszczelności nie utworzy się filtr z pozostałych cząstek gruntu (rys. 10 b). Tak utworzony filtr uszkodzany jest w przypadku wystąpienia cofki powodującej pracę kanału pod ciśnieniem (rys. 10 c) lub w przypadku okresowej pracy kanału pod ciśnieniem spowodowanej przepływem ponadnormatywnej ilości ścieków.

W przypadku gruntów spoistych (gliny, ropy) erozja gruntu postępuje z reguły wolniej (rys. 11 a), chyba że ma miejsce zjawisko eksfiltracji ścieków z kanału do gruntu. W takiej sytuacji wraz z upływem czasu powstają duże przestrzenie powietrzne nad miejscem uszkodzenia kanału (rys. 11 b).

W gruntach spoistych często obserwowane są pustki powietrzne nad brakującymi fragmentami konstrukcji kanałowej w jej górnej części (rys. 12). Są one niekiedy dużych rozmiarów, a w przypadku opisywanej katastrofy w Seattle sięgały



Rys. 12. Puste przestrzenie powietrzne tworzące się w gruntach spoistych nad brakującymi fragmentami górnej części konstrukcji kanału

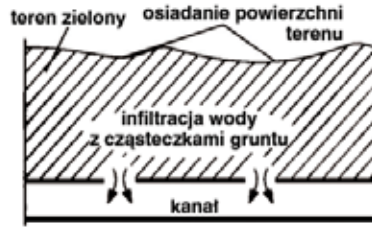


Rys. 13. Zdjęcie dużej pustki powietrznej nad wierzchołkiem uszkodzonego kanału [11]; w widoku (a) oraz po skierowaniu kamery w kierunku wnętrza pustki powietrznej (b)

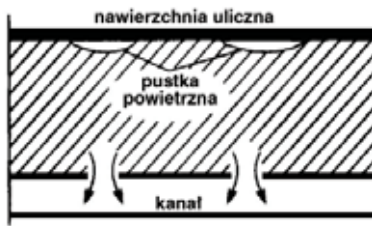
wysokości ok. 40 m. Na rys. 13 pokazano zdjęcie kanału betonowego z ubytkiem fragmentu konstrukcji w górnej części oraz widokiem na pustą przestrzeń powietrzną nad kanałem.

Katastrofy kanalizacyjne, które mają miejsce w przypadku gruntów spoistych, są najbardziej niebezpieczne dla otoczenia, o czym świadczą wcześniej opisane przykłady.

Katastrofy kanalizacyjne stwarzają w przypadku istnienia gruntów niespoistych z reguły mniejsze zagrożenia dla otoczenia (rys. 14, 15). Cząsteczki gruntu stopniowo opadają z całej wysokości nadsypki w kierunku do kanału powodując osiadanie powierzchni terenu nieutwardzonego bezpośrednio nad miejscem ułożenia uszkodzonego kanału (rys. 14) lub osiadanie stopniowe i łagodne nawierzchni



Rys. 14. Osiadanie powierzchni terenu nieutwardzonego nad miejscem ułożenia uszkodzonego kanału



Rys. 15. Zagrożenie nagłym zapadnięciem się nawierzchni ulicznej nad miejscem ułożenia uszkodzonego kanału

ni ulicznej w przypadku mało sztywnych nawierzchni. Nagłe i bardziej niebezpieczne zapadnięcia pojawić się mogą w przypadku, gdy nawierzchnie uliczne posiadają dużą sztywność i załamują się dopiero wtedy, gdy pustki powietrzne pokazane na rys. 15 osiągną stosunkowo duże rozmiary.

Uszkodzenia kanałów inicjujące w gruntach suchych powstawanie katastrof kanalizacyjnych

Opisane wcześniej przedostawanie się cząstek gruntu do wnętrza kanałów ma miejsce w przypadku wystąpienia uszkodzeń, w wyniku których powstają miejsca w konstrukcji kanałowej mające bezpośredni kontakt z gruntem otaczającym kanał po jego stronie zewnętrznej.

Należą do nich:

- przemieszczenia rur w kierunku osiowym odsłaniające grunt (rys. 16) lub ułożenie rur betonowych w pewnej odległości od siebie w wersji bez uszczelnienia, tj. „na styk” lub „na zakład”;
- przemieszczenia poprzeczne rur odsłaniające grunt (rys. 17);
- wypadnięcie uszczelki gumowej z części obwodu złącza (rys. 18), brak uszczelki w złączu;
- pęknięcia (rys. 19), wykruszenia rur przy złączach, ubytki fragmentów konstrukcji rur (rys. 20);

• bardzo duże ugięcie rur podatnych mogące spowodować rozszczelnienia złącza (rys. 21);

- nieszczelne połączenie przykanałika do kanału (rys. 22);
- lokalne wżery korozyjne w kanałach betonowych (rys. 23) prowadzące w dłuższym okresie do powstawania bezpośredniego kontaktu wnętrza kanału z gruntem po zewnętrznej stronie kanału.



Rys. 16. Przemieszczenie rur w kierunku osiowym odsłaniające grunt na zewnątrz kanału [11]



Rys. 17. Przemieszczenia poprzeczne rur odsłaniające grunt na zewnątrz kanału [11]



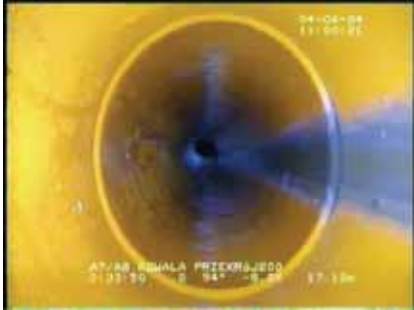
Rys. 18. Wypadnięcie uszczelki gumowej z części obwodu złącza rur [11]



Rys. 19. Pęknięcie rury z odsłonięciem gruntu na zewnątrz kanału [11]



Rys. 20. Ubytek fragmentu rury z przedostającym się do wnętrza gruntem [11]



Rys. 21. Ponadnormatywne ugięcie rur z tworzywa sztucznego (zdjęcie obrócone o 90 st.) [11]



Rys. 22. Nieszczelne podłączenie przykanalika z widocznym gruntem na zewnątrz kanału [11]

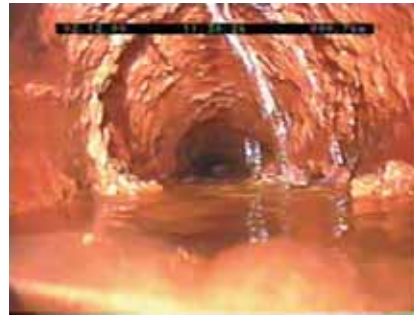


Rys. 23. Lokalne głębokie wżery korozyjne w kanale betonowym odsłaniające w dłuższym okresie czasu grunt po zewnętrznej stronie kanału [11]

Infiltracja wód gruntowych do wnętrza kanału czynnikiem przyspieszającym występowanie katastrof kanalizacyjnych

W Polsce brak jest danych dotyczących procentowego udziału ilości infiltrujących wód gruntowych do nieszczelnych kanałów w stosunku do ogólnej ilości ścieków nimi odprowadzanych. Dane

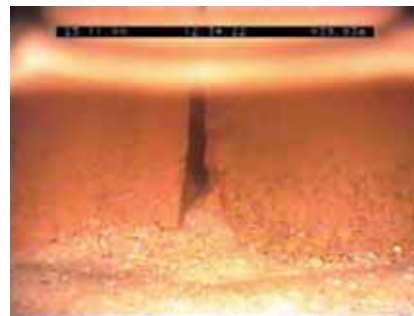
takie znane są w innych krajach, np. w Niemczech procentowy udział wód infiltracyjnych w ściekach wynosi średnio 55% [6]. Tylko w 33% badanych kanałów udział ten był mniejszy niż 25%, natomiast w 25% przypadków przekraczał on 100%. Odnotowano również przypadki ekstremalne, gdzie średnia ilość wód infiltrujących do wnętrza nieszczelnych kanałów wynosiła ok. 300-400% ilości płynących kanałem ścieków. Na rys. 24-28 pokazano infiltrację wód gruntowych do nieszczelnych kanałów. Większość przypadków infiltracji dotyczy rozszczelnionych złączy dawno temu ułożonych rur, najczęściej betonowych i kamionkowych. Stosowane tzw. opaski betonowe w rurach betonowych łączonych „na styk” lub „na zakład” z czasem ulegają spękaniu powodując rozszczelnienie połączeń rur (rys. 24), a stosowany do uszczelnień kielichowych rur betonowych lub kamionkowych sznur konopny nasycony bitumem wskutek starzenia się i kruszenia bitumu oraz przemieszczeń rur na złączach również powoduje rozszczelnianie się złączy



Rys. 24. Infiltracja wody gruntowej do wnętrza kanału przez nieszczelne złącze rur [11]



Rys. 25. Narosty infiltracyjne świadczące o okresowej infiltracji wód gruntowych do wnętrza kanału przez pęknięcie w rurze [11]

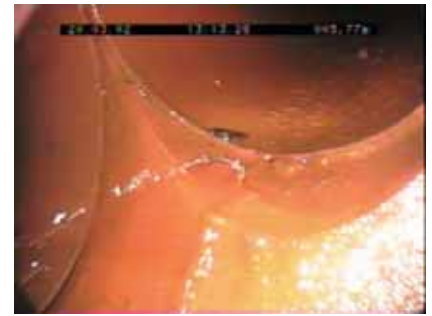


Rys. 26. Wptukiwanie czystego piasku z wodą gruntową przez nieszczelne złącze rur (zdjęcie wykonane zatopioną kamerą) [11]

tych rur. Niekiedy obserwowane jest zjawisko infiltracji w miejscach zarysowań i pęknięć oraz ubytków fragmentów rur (rys. 25).

Wraz z infiltrującą wodą przedostaje się do wnętrza kanałów grunt, destabilizując zewnętrzne otoczenie gruntu kanału i przyspieszając proces wywołujący zaistnienie katastrofy kanalizacyjnej.

Na rys. 26 pokazano miejsca przy złączach rur, z których do wnętrza kanału wplukiwany jest piasek z zewnętrznego otoczenia kanału.



Rys. 27. Wtrysk pod ciśnieniem wody gruntowej do wnętrza kanału przez punktowe uszkodzenie powłoki rury z tworzywa sztucznego [11]



Rys. 28. Infiltracja wody gruntowej z narostem infiltracyjnym w miejscu nieszczelnego połączenia rur z tworzyw sztucznych zastosowanych do bezwypukowego uszczelnienia nieszczelnego kanału [11]

Niepokojące są przypadki występowania zjawiska infiltracji zarówno w nowo budowanych kanałach w trakcie ich odbioru jeszcze przed ich przekazaniem do eksploatacji (rys. 27), jak również niestandardne wykonywanie połączeń rur z tworzyw sztucznych stosowanych do bezwypukowego uszczelnienia nieszczelnych kanałów (rys. 28).

Na rys. 28 pokazano infiltrację wody gruntowej poprzez nieszczelne złącze rur polietylenowych zastosowanych do uszczelnienia nieszczelnego kanału żelbetowego. Zdjęcie to wykonano 6 lat po dokonaniu nieudanego uszczelnienia kanału. Wokół nieszczelnego miejsc wytworzyły się w tym czasie duże narosty infiltracyjne z drobnymi cząstkami gruntowymi z przewagą ilastych, istotnie redukując przekrój poprzeczny tego kanału, a tym samym jego przepustowość wcześniej już zredukowaną przez umieszczenie w uszczelnianym kanale rur polietylenowych o mniejszej średnicy.

Eksfiltracja ścieków z kanału do gruntu czynnikiem dodatkowo przyspieszającym występowanie katastrof kanalizacyjnych

Eksfiltracja ścieków z nieszczelnych kanałów do gruntu jest zjawiskiem powszechnym, ale trudno wykrywalnym. W przypadku kanałów posadowionych powyżej zwierciadła wody gruntowej jedynie próba szczelności [5] umożliwia wykrycie nieszczelności kanałowych będących przyczyną eksfiltracji ścieków do gruntu. Badania kanałów techniką video w zdecydowanej większości przypadków nie są w stanie zarejestrować tego zjawiska. Autorzy opracowania posiadają tylko jedno nagranie stanu technicznego kanału ukazujące je. Było ono możliwe do zarejestrowania jedynie dlatego, że badany kanał miał charakter tranzytowy i odprowadzał ścieki tylko z jednego zakładu przemysłowego, a na trasie ułożenia nie było dodatkowych przyłączy.

Na początkowym odcinku tego kanału, bezpośrednio za zakładem, wysokość wypełnienia kanału przepływającymi ściekami wynosiła ok. 10% jego średnicy, po czym malała w trakcie przemierzania się kamery przez ten kanał, aż w pewnym momencie kamera zaczęła rejestrować całkowicie suche dno kanału.

W Polsce brak jest szacunków dotyczących ilości ścieków eksfiltrujących z kanałów do gruntu, a następnie wód gruntowych. W niektórych krajach prowadzone są badania mające na celu określenie ilości eksfiltrujących ścieków.



Rys. 29. Infiltracja ścieków sanitarnych do wnętrza badanego nieszczelnego kanału eksfiltrujących wcześniej z wyżej usytuowanego nieszczelnego kanału do otoczenia zewnątrzkanalowego, a następnie ponownie wpływających do przedmiotowego kanału [11]

Przykładowo w RFN w połowie lat 80. ubiegłego wieku, rocznie eksfiltrowało do gruntu ponad 300 mln m sześć. ścieków [6], tj. średnio ok. 15 dm sześć./M dobę.

Nieszczelności kanałów będące przyczyną eksfiltracji ścieków do gruntu można wykryć niekiedy przypadkowo w trakcie prowadzenia badań kanałów techniką video.

Na rys. 29 pokazano zdjęcie wykonane w kanale usytuowanym powyżej zwierciadła wody gruntowej. Infiltracja wody gruntowej była zatem niemożliwa. Na wyżej usytuowanym końcu badanego odcinka kanału umieszczono korek gumowy w celu wstrzymania przepływu ścieków przez badany odcinek kanału. Po ok. 10 minutach, po zbadaniu tego odcin-

ka, w trakcie cofania kamery wykonano zdjęcie pokazane na rys. 29, ukazujące intensywną infiltrację ścieków sanitarnych do wnętrza badanego kanału. Z uwagi na duży przepływ ścieków badanym kanałem (o średnicy 200 mm) ścieki bardzo szybko podtopiły wyżej położone odcinki tego kanału. Poprzez nieszczelne złącza rur ścieki zaczęły z podtopionego kanału wypływać na zewnątrz do gruntu i płynąć w gruncie po zewnętrznej stronie kanału wpływając następnie do jego wnętrza na badany odcinek przez nieszczelne złącza. Po kilku minutach od momentu wyciągnięcia korka gumowego zjawisko infiltracji pokazane na rys. 29 całkowicie zanikło.

Przykład ten pokazuje, jak groźne dla bezpieczeństwa konstrukcji kanałowych może być zjawisko eksfiltracji ścieków do gruntu. Poza niekorzystnymi skutkami ekologicznymi związanymi ze skażeniem wód gruntowych, bardzo niekorzystne dla bezpieczeństwa konstrukcji kanałowej jest rozmywanie gruntu na zewnątrz kanału, przyczyniające się do przyspieszenia wystąpienia katastrofy kanalizacyjnej.

Zagrożenia bezpieczeństwa konstrukcji kanałowych spowodowane czynnikiem biologicznym

Poważnym zagrożeniem bezpieczeństwa konstrukcji kanałowych są korzenie drzew (rys. 30-33), niekiedy także krzewów, przedostające się do wnętrza konstrukcji kanałowych.

Korzenie po przedostaniu się do wnętrza kanałów rozrastają się bardzo szybko szczególnie w kanałach sanitarnych, z uwagi na dużą ilość substancji organicznych sprzyjających ich rozrostowi, przez co przyczyniają się do dalszego rozkruszania się i powiększania rozmiarów miejsc, przez które wcześniej przedostały się one do wnętrza kanału. Po wycięciu tych drzew i wyschnięciu korzeni, przez miejsca te przedostaje się grunt do wnętrza kanałów inicjując proces zmierzający do zaistnienia katastrofy kanalizacyjnej.



Rys. 30. Przerosty korzeni w miejscach spękań rury [11]



Rys. 31. Korzenie w części wypełniającej przekrój poprzeczny kanału [11]



Rys. 32. Korzenie w całości wypełniającej wnętrze przykanalika [11]



Rys. 33. Korzenie przerastające przez złącze rur w całości wypełniającej przekrój poprzeczny kanału [11]

Jednym z kolejnych czynników zagrażających bezpieczeństwu konstrukcji kanałowych jest korozja biologiczna, której efektem oddziaływania są ubytki konstrukcji kanałowej zagrażające z upływem czasu bezpieczeństwu konstrukcji kanałowych wykonanych z materiałów nieodpornych na korozję biologiczną.

W okresie po wybudowaniu kanałów, ale jeszcze przed oddaniem ich do eks-



Rys. 34. Kielkujące rośliny w dnie kanału [11]

ploatacji lub w okresach przerw w eksploatacji kanałów obserwuje się w kanałach rozwój flory kanałowej (rys. 34), nie mającej jednak istotnych skutków ubocznych dla bezpieczeństwa konstrukcji kanałowej. Podobnie obserwowane w takich okresach w kanałach żaby (rys. 35) również nie oddziałują szkodliwie na konstrukcje kanałowe.



Rys. 35. Żaby we wnętrzu kanału [11]



Rys. 36. Szczur w przykanaliku [11]

Poważnym zagrożeniem dla bezpieczeństwa konstrukcji kanałowych są z kolei szczury (rys. 36) żerujące w kanałach, szczególnie w obszarach śródmiejskich w pobliżu usytuowanych tam barów, restauracji i hoteli.

Szczury często przemieszczają się z kanałów w kierunku piwnic budynków, przedostając się przez ubytki konstrukcyjne w kanałach, głównie przez nieszczelne złącza rur. Wykonane przez nie pustki powietrzne zajmują niekiedy dużą kubaturę. W przypadku wypełniania zaprawą cementową wolnej przestrzeni między nową rurą a starym kanałem w metodzie Reliningu w trakcie robót renowacyjnych prowadzonych w obszarach śródmiejskich zdarza się, iż ilość zużytej zaprawy wielokrotnie przekracza objętość przestrzeni międzyrurowej. Dodatkowe ilości zaprawy przedostają się wtedy przez nieszczelności kanałowe w pustki powietrzne wokół kanału, plosząc szczury do piwnic i kla-



Rys. 37. Zdjęcie aligatora o długości 5,54 m odnalezionego w kanale w pobliżu lotniska międzynarodowego [10]



Rys. 38. Widok na 87 węży grzechotnikowych odnalezionych w kanale w pobliżu lotniska międzynarodowego w Orlando w USA [10]

tek schodowych sąsiadujących z kanałem budynków. Z uwagi na stabilną, dodatnią temperaturę wewnątrzkanałową, kanały mogą być schronieniem także dla innych nietypowych dla kanałów mieszkańców. Przykładowo w mieście Orlando w USA znaleziono w jednym z kanałów aligatora o długości 5,54 m (rys. 37), a w innym kanale aż 87 węży grzechotnikowych (rys. 38).

Uwagi końcowe

Katastrofy kanalizacyjne są wysoce niepożądane. W przypadku ich wystąpienia w obszarze powstałych zapadłisk, często uszkodzana jest nie tylko sieć kanalizacyjna, ale również inne sieci: gazowe, wodociągowe, ciepłownicze, a także kable energetyczne, telekomunikacyjne i inne. Okoliczni mieszkańcy często pozbawieni są w okresie usuwania skutków katastrofy dostępu do wielu mediów. W przypadku wystąpienia katastrof kanalizacyjnych często dochodzi do wpadnięcia do utworzonego zapadliska pojazdów samochodowych z ludźmi lub ludzi znajdujących się nad miejscem zapadliska.

Konsekwencje finansowe wystąpienia katastrof kanalizacyjnych są bardzo poważne. Ponośzone są wysokie koszty na przepompowywanie ścieków z obszaru zapadliska, na odtworzenie konstrukcji uszkodzonego kanału oraz ewentualnych innych sieci, utworzenia tzw. by-passów sieciowych na okres realizacji tych prac,

na zasypianie i zagęszczenie gruntu w obszarze zapadliska, na odtwarzanie nawierzchni ulicznej oraz na szereg innych dodatkowych niezbędnych robót.

Do usunięcia skutków katastrofy kanalizacyjnej angażuje się liczną grupę pracowników i różnorodnego sprzętu. Wymownym przykładem potwierdzającym ten fakt jest zdjęcie zamieszczone na rys. 39, ukazujące pracowników zaangażowanych do usunięcia tylko jednej z wcześniej opisanych katastrof w mieście Tucson.

Aby nie dopuścić do wystąpienia katastrof kanalizacyjnych lub istotnie ograniczyć ich liczbę, należy opracować w przedsiębiorstwach wodociągowo-kanalizacyjnych strategie odnowy sieci kanalizacyjnych, np. na wzór zaproponowanej w [4] oraz przystąpić do systematycznej planowej odnowy sieci. Ważne jest także opracowanie odpowiednich strategii realizacji badań diagnostycznych sieci, w tym badań inspekcyjnych kanałów techniką video [3, 8], badań ich szczelności [5, 6] oraz w koniecznych przypadkach realizacji ekspertyz konstrukcyjnych [7, 9].

Literatura:

- [1] *Inspection stems Seattle's sewer slump*, Underground, 1986, nr 4, s. 26-27.
- [2] Kuliczkowski A.: *Katastrofy kanalizacyjne*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna 1995, nr 2, s. 58-61.
- [3] Kuliczkowski A.: *Problemy bezodkrywkowej odnowy przewodów kanalizacyjnych*, monografia nr 13, Politechnika Świętokrzyska, Kielce, 2004, s. 245.
- [4] Kuliczkowski A.: *Strategia planowania odnowy przewodów kanalizacyjnych*, Instal, 1999, nr 11, s. 57-60.
- [5] Kuliczkowski A., Lisowska J.: *Szczelność przewodów kanalizacyjnych*, Wymagania normowe, Rynek Instalacyjny, 2000, nr 11, s. 75-78.
- [6] Kuliczkowski A., Lisowska J.: *Propozycje klasyfikacji zjawiska infiltracji wody gruntowej do wnętrza nieszczelnych przewodów kanalizacyjnych*, Instal, 2004, nr 12, s. 50-54.
- [7] Kuliczkowski A.: *Ekspertyzy konstrukcyjne kanałów ściekowych*, Inżynieria Bezwykopowa, 2003, nr 2, s. 22-26.
- [8] Kuliczkowski A.: *Rury kanalizacyjne, t. I, Własności materiałowe*, monografia nr 28, Politechnika Świętokrzyska, Kielce, 2001, s. 261.
- [9] Kuliczkowski A.: *Rury kanalizacyjne, t. II Projektowanie konstrukcji*, monografia nr 42, Politechnika Świętokrzyska, Kielce 2004, s. 507.
- [10] Schladweiler J: *Zestaw materiałów informacyjnych oraz zdjęć z wybranych katastrof kanalizacyjnych wraz ze zgodą na ich opublikowanie przez autorów artykułu.*
- [11] Zdjęcia wykonane z kaset wideo zawierających nagrania stanu technicznego kanałów wykonane przez firmę Eurokan.



Rys. 39. Zbiornicze zdjęcie ludzi i sprzętu zaangażowanego do usunięcia katastrofy kanalizacyjnej w mieście Tucson [10]