

Katastrofy kanalizacyjne i ich przyczyny

Prof. dr hab. inż. Andrzej Kuliczkowski, dr inż. Emilia Kuliczowska,
Politechnika Świętokrzyska, Kielce

Wprowadzenie

Katastrofami kanalizacyjnymi określa się zdarzenia polegające na zapadaniu 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.

Katastrofy kanalizacyjne zdarzają się często w różnych krajach. Przykładowo w Wielkiej Brytanii odnotowywano ich około 5000 rocznie [4]. Mogą one być niewielkie z mało uciążliwymi konsekwencjami, ale zdarzają się także katastrofy kanalizacyjne wyjątkowo uciążliwe dla środowiska z poważnymi konsekwencjami zarówno w zakresie stwarzanego zagrożenia bezpieczeństwa, jak również wielkości ponoszonych kosztów przy ich usuwaniu. W artykule opisano wybrane przykłady katastrof kanalizacyjnych oraz dokonano analizy przyczyn ich powstawania.

Wybrane przykłady katastrof kanalizacyjnych

Największa z dotychczasowych udokumentowanych katastrof kanalizacyjnych miała miejsce w Seattle w USA w 1957 roku [3]. 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 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,



Rys. 1. Zapadlisko powstałe po zawaleniu się kanału w Seattle w 1957 roku [4]

od czasu budowy tego kanału do momentu wystąpienia katastrofy, olbrzymia pustka powietrzna nad jego wierzchołkiem.

Po zawaleniu się powstał „krater” o głębokości ok. 45 m i wymiarach na powierzchni terenu ok. 30 x 40 m. Na rysunku 1 widoczny jest opisany krater, który „wchłonał” do wnętrza całą ulicę wraz z chodnikiem i drzewami znajdującymi się w pasie zieleni przy chodniku, a także fragmenty działek znajdujące się w pobliżu powstałego zapadliska.

Kolejne z opisywanych katastrof wystąpiły w okresie ostatnich 5 lat. Na rysunku 2 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 autobusie był tylko kierowca. Zapadlisko o głębokości 9,15 m wytworzyło się nagle w listopadzie 2003 roku w momencie wjazdu autobusu nad obszar pustki powietrznej nad kanałem.



Rys. 2. Autobus po zapadnięciu się w obszar pustki powietrznej nad nieszczelnym kanałem w Lizbonie [4]

Kolejna z poważniejszych katastrof kanalizacyjnych wydarzyła się w sierpniu 2004 roku w Macomb County koło Detroit w USA. Dotyczyła ona kanału o średnicy 3,5 m zbudowanego w latach 60. ubiegłego wieku, zagłębionego około 12 m pod powierzchnią terenu. Dzienny przepływ ścieków tym kanałem wynosił ok. 115–320 tys. m³. Powstałe zapadlisko miało początkowo 37 metrów długości i 18 metrów szerokości.

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



Rys. 3. Widok na wschodnią część zapadliska w Tucson [4]

samochodów użyto do przepompowywania ścieków z obszaru zapadliska. Po odpompowaniu ścieków z obszaru zapadliska wykonano nowy kanał na odcinku około 135 metrów, a sumaryczne koszty związane z usunięciem skutków wystąpienia tej katastrofy oszacowano na kwotę 90 milionów USD.

We wrześniu 2002 roku wydarzyła się w mieście Tucson w Arizonie w USA katastrofa kanalizacyjna zilustrowana rysunkiem 3. Zaistniałe zapadliska spowodowały uszkodzenie różnych przewodów podziemnych, w tym: gazowych, wodociągowych, kabli elektrycznych i telefonicznych. Pierwsze z nich – zapadlisko wschodnie (rys. 3) pojawiło się w nocy ok. godz. 1³⁰, a drugie zachodnie o godz. 9⁰⁰.

Uszkodzona kanalizacja sanitarna funkcjonowała nadal. Kanał o średnicy około 1,1 m transportował dziennie 120960 m³ 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, Texasu, Utah i Nowego Meksyku udało się 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 dolarów USD.

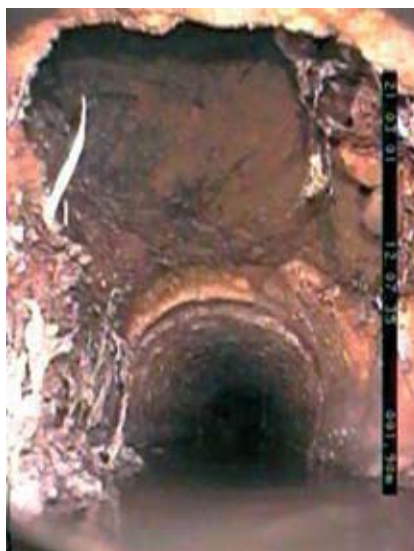
Mechanizm powstawania katastrof kanalizacyjnych

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

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 gdy jest to istotny ubytek fragmentu konstrukcji kanałowej, tempo przemieszczania się gruntu jest znacznie większe. Gdy grunt jest nawodniony, woda filtrująca do wnętrza kanału przyspiesza proces wymywania gruntu z obszaru zewnątrz kanałowego do jego wnętrza tak długo, dopóki nad miejscem nieszczelności nie utworzy się filtr z pozostałych cząstek gruntu. Tak utworzony filtr uszkodzany

jest w przypadku wystąpienia cofki powodującej pracę kanału pod ciśnieniem lub w przypadku okresowej pracy kanału pod ciśnieniem spowodowanej przepływem ponadnormatywnej ilości ścieków. W przypadku gruntów spoiстых (gliny, ility), erozja gruntu postępuje z reguły wolniej, chyba że ma miejsce zjawisko eksfiltracji ścieków z kanału do gruntu. W przypadku tym, wraz z upływem czasu powstają duże przestrzenie powietrzne nad miejscem uszkodzenia kanału.

W gruntach spoiстых często obserwowane są pustki powietrzne nad brakującymi fragmentami konstrukcji kanałowej w jej górnej części. Mają one niekiedy duże rozmiary, a w przypadku opisywanej katastrofy w Seattle sięgały wysokości



Rys. 4. Zdjęcie dużej pustki powietrznej nad wierzchołkiem uszkodzonego kanału (zdjęcie własne)

ok. 40 m. Na rysunku 4 pokazano kanał betonowy z ubytkiem fragmentu konstrukcji w górnej części oraz widok na pustą przestrzeń powietrzną nad kanałem. U góry tej pustki powietrznej widoczna jest nawierzchnia uliczna.

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

W przypadku istnienia gruntów niespoistych ryzyko wystąpienia bardzo poważnych katastrof jest z reguły znacznie mniejsze. Cząsteczki gruntu stopniowo opadają z całej wysokości nadsypki w kierunku do kanału powodując osiadanie powierzchni terenu nieutwardzonego bezpośrednio nad miejscem ułożenia uszkodzonego kanału lub osiadanie stopniowe i łagodne nawierzchni ulicznej – w przypadku mało sztywnych nawierzchni. Nagłe i bardziej niebezpieczne zapadnięcia mogą się pojawić w przypadku, gdy nawierzchnie uliczne posiadają dużą sztywność i załamują się dopiero wtedy, gdy pustki powietrzne osiągną stosunkowo duże rozmiary.

Uszkodzenia kanałów inicjujące w gruntach suchych powstawanie katastrof kanalizacyjnych

Opisane przedostawanie się cząsteczek 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 odstawiające grunt lub ułożenie rur betonowych w pewnej odległości od siebie w wersji bez uszczelnienia, tj. „na styk” lub „na zakład”;
- przemieszczenia poprzeczne rur odstawiające grunt;
- wypadnięcie uszczelki gumowej z części obwodu złącza, brak uszczelki w złączu;
- pęknięcia, wykruszenia rur przy złączach, ubytki fragmentów konstrukcji rur;
- bardzo duże ugięcie rur podatnych mogące spowodować rozszczerzenie złączy;
- nieszczelne połączenie przykanalika do kanału;
- lokalne wżery korozyjne w kanałach betonowych prowadzące w dłuższym okresie czasu do powstawania bezpośredniego kontaktu wnętrza kanału z gruntem po zewnętrznej stronie kanału.

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 około 300–400% ilości płynących kanałem ścieków. Większość przypadków infiltracji dotyczy rozszczerzonych złączy dawno temu ułożonych rur, najczęściej betonowych i kamionkowych. Stosowane tzw. opaski betonowe w rurach betonowych łączonych na styk lub zakład, z czasem ulegają spękaniu powodując rozszczerzenie połączeń rur, 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 rozszczerzanie się złączy tych rur. Niekiedy obserwowane jest zjawisko infiltracji w miejscach zarysowań i pęknięć oraz ubytków fragmentów rur.

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

Niepokojące są przypadki występowania zjawiska infiltracji zarówno w nowobudowanych kanałach w trakcie ich odbioru jeszcze przed ich przekazaniem do eksploatacji, jak również niestaranne wykonywanie połączeń rur z tworzyw sztucznych stosowanych do bezwykopowego uszczelnienia nieszczelnych kanałów.

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 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 tylko 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 przemieszczania 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.

Przykładowo w RFN w połowie lat 80. ubiegłego wieku, rocznie eksfiltrowało do gruntu ponad 300 mln m³ ścieków [6], tj. średnio ok. 15 dm³/dobę.

Zagrożenia bezpieczeństwa konstrukcji kanałowych spowodowane czynnikiem biologicznym

Poważnym zagrożeniem bezpieczeństwa konstrukcji kanałowych są korzenie drzew, 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.

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.

Poważnym zagrożeniem dla bezpieczeństwa konstrukcji kanałowych są z kolei szczury występujące 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, płosząc szczury do piwnic i klatek schodowych sąsiadujących z kanałem budynków.

Uwagi końcowe

Katastrofy kanalizacyjne są wysoce niepożądane. W przypadku ich wystąpienia w obszarze powstałych zapadlisk, 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 wypadnięcia do utworzonego zapadliska pojazdów samochodowych z ludźmi lub ludzi znajdujących się nad miejscem zapadliska.

Konsekwencje finansowe wystąpienia katastrof kanalizacyjnych są bardzo poważne. Ponoszone są wysokie koszty na przepompowywanie ścieków z obszaru zapadliska, na odtworzenie konstrukcji uszkodzonego kanału oraz ewentualnie innych sieci, utworzenia tzw. by-passów sieciowych na okres realizacji tych prac, na zasypanie i zagęszczenie gruntu w obszarze zapadliska, na odtwarzanie nawierzchni ulicznej oraz na wiele innych dodatkowych niezbędnych robót.

Aby nie dopuścić do wystąpienia katastrof kanalizacyjnych lub istotnie ograniczyć ich liczbę należy opracować w przedsiębiorstwach wodociągowo-kanalizacyjnych strategię odnowy sieci kanalizacyjnych przy zastosowaniu poprawnych metod klasyfikacji uszkodzeń kanałowych [5] 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 [6] oraz w koniecznych przypadkach realizacji ekspertyz konstrukcyjnych [7, 9].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Kuliczowska E., Rodzaje uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych. Rynek Instalacyjny. 2007, nr 4, s. 97–100
- [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., Kuliczowska E., Przyczyny występowania katastrof kanalizacyjnych. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, 2005, nr 5, s. 20–25
- [5] Kuliczkowski A., Kuliczowska E., Uwagi krytyczne dotyczące stosowanych klasyfikacji uszkodzeń przewodów kanalizacyjnych, Instal. 2007, nr 4, s. 42–47
- [6] Kuliczkowski A., Lisowska J., Szczelność przewodów kanalizacyjnych. Wymagania normowe. Rynek Instalacyjny, 2000, nr 11, s. 75–78
- [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