

Deformacja przekroju nowego kanału deszczowego wykonanego z tworzywa sztucznego

Cross-section deformation of new stormwater sewer section made of plastic

Małgorzata Kutylowska^{*)}

Słowa kluczowe: deformacja przewodu, polietylen, niezawodność, stan techniczny

Streszczenie

W pracy ukazano znaczące uszkodzenie konstrukcji nowego kanału deszczowego, wykonanego z polietylenu. Opisana awaria została zaobserwowana podczas rutynowej inspekcji telewizyjnej, mającej na celu inwentaryzację wybranego fragmentu sieci kanalizacyjnej. Badany odcinek był oddany do eksploatacji w chwili, gdy na powierzchni nieutwardzonego terenu poruszały się ciężkie sprzęty budowlane, gdyż trwała jeszcze końcówka budowy nowego osiedla. Główną przyczyną zniekształcenia przekroju przewodu było zatem nadmierne i długotrwałe dynamiczne obciążenie. Deformacja przewodu była tak duża, że w okolicach tego uszkodzenia kanał pracował pod ciśnieniem, a przepływ ścieków był niemal całkowicie zablokowany. Celem opracowania jest wskazanie konieczności zaplanowania robót budowlanych w odpowiedniej kolejności, aby uniknąć sytuacji, w której poszczególni wykonawcy nie są informowani o stanie zaawansowania prac innych uczestników procesu inwestycyjnego. Dopiero po roku od przedmiotowej inspekcji wykonano na powierzchni terenu odpowiednią nawierzchnię jezdni i chodników.

Keywords: pipe sewer deformation, polyethylene, reliability, technical condition

Abstract

The paper presents significant damage to the structure of a new rainwater channel made of polyethylene. The described failure was observed during a routine TV inspection aimed at inventorying a selected section of the sewage system. The examined section was put into operation at a time when heavy construction equipment was moving on the surface of the unpaved area, as the construction of the new housing estate was still in the final stages. The main cause of the deformation of the conduit cross-section was therefore excessive and long-term dynamic load. The conduit deformation was so large that in the vicinity of this damage the channel was operating under pressure, and the flow of sewage was almost completely blocked. The aim of the paper is to indicate the need to plan construction works in the appropriate order to avoid a situation in which individual contractors are not informed about the progress of the works of other participants in the investment process. Only one year after the inspection was the appropriate surface of the roadway and sidewalks made on the surface of the area.

1. Wprowadzenie

Na przestrzeni ostatnich ponad już trzydziestu lat w Polsce coraz częściej do budowy kanałów deszczowych stosuje się materiały tworzywowe. A już dwie dekady temu wskazywano [1], że nowe odcinki kanalizacji wykonane z polichlorku winylu, oddane relatywnie niedawno do eksploatacji, ulegały uszkodzeniom liniowym i miejscowym, wywołanym m. in. nieprawidłowym składowaniem na placu budowy i warunkami atmosferycznymi, jakie działały na rurociągi przed ich ułożeniem w gruncie. W odniesieniu do przewodów wykonanych z PVC ciekawym opracowaniem jest także [8], w którym opisano przypadki z trzech duńskich systemów i pokazano rozdzźwięk pomiędzy podejściem teoretycznym do opisu awaryjności kanalizacji a praktyką stosowaną w przedsiębiorstwach komunalnych. Badania stanu technicznego, w odniesieniu do starszych przewodów, są wykonywane w Polsce od wielu lat, zarówno pod kątem konstrukcyjnym, jak i niezawodnościowym [3, 6, 10]. Na świecie w pierwszym ćwier-

ćwieczu XXI w. stan zaawansowania i rozwój badań, związanych ze stanem technicznym kanalizacji i czynnikami wpływającymi na pojawianie się różnego rodzaju nieprawidłowości, zebrano w pracy [15]. Szkoda, że w tego typu zbiorczym opracowaniu wspomniano jedynie krótko o wynikach badań, przedstawionych w jednej z prac prof. E. Kulickowskiej [2]. Pominięto jednak zupełnie wkład całego zespołu z Politechniki Świętokrzyskiej oraz innych polskich badaczy z wielu ośrodków naukowych, w wyjaśnianie przyczyn i skutków (zarówno hydraulicznych, jak i konstrukcyjnych) oraz w analizę bezpieczeństwa i niezawodności działania infrastruktury krytycznej, jaką jest system odprowadzania ścieków i gospodarowania wodami opadowymi.

Z dostępnych źródeł literaturowych wynika, że przewody z polietylenu o dużej gęstości (PEHD) bardzo rzadko poddawane są analizie pod kątem ich stanu technicznego i występowania na tego rodzaju przewodach nieprawidłowości konstrukcyjnych oraz zmian

^{*)} Małgorzata Kutylowska, dr hab. inż. prof. uczelni, e-mail: malgorzata.kutylowska@pwr.edu.pl (autor korespondencyjny), ORCID: 0000-0001-8425-9041, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wrocławska, Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

w hydraulice działania. Dla przykładu w pracy [11], mającej na celu ukazanie stanu wiedzy dotyczącej planowania harmonogramu inspekcji telewizyjnej oraz przewidywania rodzaju uszkodzeń, praktycznie nie ma zebranych danych dla kanałów wykonanych z PE. Zewnętrzne systemy kanalizacyjne budowane są z reguły z PVC, a zatem dostępność danych eksploatacyjnych oraz wyników badań dla kanałów z PE są dużo mniejsze i to w skali całego świata. Jeśli już jest mowa o analizie uszkodzeń, pojawiających się na polietylenie, to w kontekście stosowania tego materiału, jako powłoki do rehabilitacji przewodów kanalizacyjnych [4], a nie w odniesieniu do nowo ułożonych odcinków sieci odwodnieniowej.

Należy pamiętać, że wybór materiału do budowy sieci kanalizacyjnej powinien uwzględniać warunki, w jakich kanał będzie budowany i eksploatowany. Przedsiębiorstwa komunalne posiadają własne wytyczne dla projektantów i wykonawców [9], jakie powinny być spełnione podczas procesu projektowania, budowy i odbioru sieci. W przytoczonych wytycznych jest mowa jedynie o warunkach dotyczących kanalizacji ściekowej. Natomiast wytyczne dotyczące gospodarowania wodami opadowymi zostały zestawione przez przedsiębiorstwo komunalne w osobnym opracowaniu, ze względu na specyfikę odprowadzania ścieków deszczowych z rozległego miasta o zróżnicowanych rodzajach powierzchni uszczelnionych [14]. Z tychże wytycznych wynika, że każdy rodzaj zwyczajowo stosowanych materiałów jest zalecany do projektowania, ale z uwzględnieniem np. minimalnej klasy betonu C30/37 (dla kanałów betonowych), a w przypadku polietylenu z uwzględnieniem minimalnej klasy wytrzymałości SN8. Zatem, w pierwszej kolejności w przypadku nowobudowanych odcinków, odpowiedzialność za wybór rodzaju stosowanego materiału do budowy systemu odwodnień spoczywa na projektantach. I właśnie nowy odcinek kanalizacji deszczowej jest przedmiotem analizy zaprezentowanej w tej pracy.

Celem opracowania jest ukazanie stanu technicznego i zaobserwowanych zmian w strukturze kołowego kanału deszczowego, wykonanego z polietylenu, po jedynie trzech latach od oddania do eksploatacji. Ponadto, celem jest również wskazanie konieczności kooperacji pomiędzy poszczególnymi podmiotami, realizującymi różne procesy inwestycyjne na danym terenie, aby uniknąć sytuacji, w której najpierw oddaje się do użytku infrastrukturę podziemną, a następnie na niezagospodarowanej powierzchni porusza się ciężki sprzęt z lokalnej budowy. Lub na odwrót, gdy wykończona zostanie budowa jezdni, a w dalszej kolejności planuje się np. renowację sieci podziemnych, co skutkuje rozkopaniem już położonej nawierzchni. Niniejsza praca jest swoistą kontynuacją tematyki awaryjności grawitacyjnych kanałów deszczowych [5] i ma również na celu ukazanie, iż nawet nowe przewody, wykonane z nowoczesnych materiałów, ulegają uszkodzeniom po relatywnie krótkim okresie eksploatacji, co powinno skłonić do refleksji na temat konieczności wykonywania pogłębionych badań uszkadzalności i niezawodności działania systemów kanalizacyjnych. Ponadto takie właśnie pojedyncze wybrane przypadki pokazują, że konieczne jest zachowanie czujności przez eksploatatorów sieci, których nie powinny zwieść informacje o krótkim czasie działania danych odcinków sieci kanalizacyjnych, gdyż jak pokazują również inne badania [7], czasami bardzo stare kanały po długoletniej eksploatacji są zachowane w lepszym stanie technicznym niż nowo oddane do użytku, co ma związek z wieloma czynnikami, np. z jakością wykonawstwa kanałów murowanych.

2. Metodyka badań i poligon badawczy

Przedmiotowy odcinek sieci deszczowej znajduje się na obrzeżach miasta i został oddany do użytku pod koniec pierwszej dekady XXI w. Rok później na tym terenie do zamieszkania były gotowe mieszkania na nowo wybudowanym osiedlu niskich bloków, sąsiadującym z ogródkami działkowymi (aspekt czasowy poszczegól-

nych etapów różnych budów będzie rozwijany w kolejnej części artykułu, gdyż w omawianym przypadku jest to jeden z ważniejszych czynników). Inspekcję telewizyjną wykonano w połowie marca, po trzech latach od oddania do eksploatacji tego odcinka sieci kanalizacyjnej. Celem badań była inwentaryzacja tego fragmentu systemu odwodnień, a opisane w dalszej części opracowania nieprawidłowości i uszkodzenia zostały zaobserwowane przy okazji rutynowych działań, gdyż w kolejnych dniach badano przewody zlokalizowane pod sąsiednimi ulicami tego osiedla. Z uwagi na wrażliwość tematyki, nie zostaną podane szczegóły dokładnej lokalizacji. Zwłaszcza, że kilka miesięcy po wykonywanej inspekcji pojawił się w lokalnej gazecie artykuł, w którym mieszkańcy tych terenów wypowiadali się negatywnie o przeprowadzonej kilka lat wcześniej inwestycji budowy kanalizacji deszczowej, która niemalże od początku eksploatacji nie pracowała prawidłowo i przy większych ulewach teren, piwnice i garaże były zalewane, co utrudniało normalne życie, a mieszkańcy rozważali nawet pozew zbiorowy przeciwko miastu i domagali się odszkodowań za koszty poniesione na odpompowywanie ścieków deszczowych ze swoich posesji. Już tylko te informacje skłaniają do refleksji, że być może na etapie projektowania, wykonania lub nadzoru doszło do poważnych uchybień, skutkujących takim właśnie stanem jak ciągłe podtopienia. Zwłaszcza, że na tym obszarze poziom wód gruntowych jest bardzo wysoki i nie niższy niż 2 m pod poziomem terenu, co jest doskonale znane laikom, a co dopiero osobom odpowiedzialnym za projektowanie i wykonawstwo.

Należy przytoczyć też podstawowe informacje meteorologiczne, które są istotne z punktu widzenia działania kanalizacji deszczowej. Według historycznych danych IMGW w rozpatrywanym miesiącu (marzec) średnia temperatura wynosiła nieco poniżej 0°C (zannotowana minimalna i maksymalna odpowiednio ok. – 8°C i 10°C), a miesięczna suma opadów atmosferycznych ok. 50 mm, co było o 10% więcej niż dane z wielolecia. Jednak takie opady nie mogły spowodować pracy pod ciśnieniem, co było właśnie obserwowane podczas badań inspekcyjnych. W całym miesiącu odnotowano 8 dni z pokrywą śnieżną (z czego 4 dni pokrywa śnieżna zalegała nieprzerwanie), której maksymalna grubość wynosiła 5 cm. Natomiast nasłonecznienie trwało ok. 110 h w ciągu analizowanego miesiąca, co nie stanowiło anomalii dla tej pory roku.

Obecnie nawierzchnia jezdni i chodnika wykonana jest z betonowej kostki brukowej, ale w czasie badania był to jedynie lekko utwardzony grunt, który w czasie silniejszych opadów zamieniał się w błoto oraz gdzieś tam rozłożone prefabrykowane płyty betonowe. Czynnik ten zostanie jeszcze szerzej omówiony w kolejnym rozdziale. Podstawowe dane dotyczące badanego odcinka są zestawione w tab. 1. Studzienka początkowa i końcowa o średnicy 1,2 m wykonana jest z PVC. W protokole z inspekcji stan techniczny studzienek i stopni zjazdowych opisany jest jako dobry. Całkowity czas pomiaru wynosił ok. pół godziny, z czego ok. 15 minut trwało badanie ze spadkiem aż do osiągnięcia punktu, w którym niemożliwe było dalsze przemieszczanie się kamery. Kolejne ok. 15 minut trwało badanie pod spadek również do momentu, w którym przekrój kanału był tak mocno zdeformowany (co zostanie pokazane w następnej części opracowania) oraz poziom ścieków tak wysoki, że kamera została zatopiona i dalszy pomiar był niewykonalny.

Tabela 1. Dane badanego odcinka kanału deszczowego

Table 1. Data of inspected stormsewer section

Długość pomiaru, m	Nawierzchnia Umiejscowienie	Typ Wymiar, m	Materiał	Kierunek pomiaru	Rodzaj badania
81,6	grunt, jezdnia	kołowy; 0,7	PEHD	ze spadkiem, pod spadek	inwentaryzacja

3. Wyniki i dyskusja

W tab. 2 zestawiono główne zaobserwowane nieprawidłowości, do których dołączono dokumentację fotograficzną z filmu inspekcyjnego (rys. 1-8). Badanie wykonano najpierw ze spadkiem, ale po ok. 30 m dalsze przemieszczanie się kamery było niewykonalne z uwagi na brak możliwości przejazdu wózka, co związane było z odkształceniem przekroju rury w stopniu znaczącym (rys. 2 i 3). W takiej sytuacji nastąpiła kontynuacja pomiaru, ale z przeciwnej strony (pod spadek). I właśnie ta deformacja była przyczyną pracy pod ciśnieniem, gdyż jak widać na zdjęciach, przekrój rurociągu był zniekształcony i bardzo zmniejszony, a swobodny przepływ ścieków był utrudniony. Często podczas oceny stanu technicznego kanalizacji grawitacyjnej, nieprawidłowości wynikające z lokalnego przeciążenia ilością dopływających ścieków deszczowych są spowodowane nagłymi zjawiskami pogodowymi, głównie zwiększonymi, w porównaniu do warunków projektowych, opadami atmosferycznymi i ich gwałtownością. Jednak podane powyżej podstawowe dane meteorologiczne dla danego miesiąca nie mogły mieć wpływu na obserwowane uszkodzenia natury konstrukcyjnej, gdyż awaria miała charakter deformacji, pochodzącej od nacisków zewnętrznych. Skutkiem owej deformacji było przepełnienie ściekami nawet w czasie, gdy opady atmosferyczne nie były gwałtowne i o dużej intensywności. Przyczyn uszkodzenia należy szukać w długotrwałych i dynamicznych obciążeniach zewnętrznych, związanych z budowlami trwającymi jeszcze po ułożeniu kanalizacji.

Poza poważnym uszkodzeniem zaobserwowanym po ok. 30 m od początku pomiaru, licząc od studzienki początkowej (rys. 3), wcześniej na 22. metrze odnotowano nieszczelne złącze (rys. 1) oraz pęknięcie poprzeczne (rys. 7), uwidocznione podczas drugiej części badania (pod spadek, 47. metr). W przypadku wystąpienia większego napęnlienia, co nie jest niczym zaskakującym w kanalizacji deszczowej, zwłaszcza w sytuacji wystąpienia nawałnych opadów, tego typu nieszczelności powodują eksfiltrację ścieków do gruntu. Tym samym podnoszony jest, i tak na tym terenie wysoki, poziom wód gruntowych. Otoczenie gruntowe wokół kanału dodatkowo ulega „rozwodnieniu”, co wpływa na sytuację na powierzchni, a mianowicie może wywoływać lokalne zapadliska i odkształcenia konstrukcji nawierzchni.

Tabela 2. Wyniki inspekcji odcinka kanału deszczowego

Table 2. Inspection results of stormwater sewer section

Odległość, m	Nieprawidłowość/ obserwacja	Uwagi
badanie ze spadkiem		
22,0	nieszczelne złącze	napęnlienie 20% średnicy
25,6	odkształcenie przekroju rury <15%	napęnlienie 40% średnicy
28,1	odkształcenie przekroju rury >15%	napęnlienie 45% średnicy, zmiana kierunku (dół)
29,5	wypchnięte uszczelnienie, uszkodzone złącze	napęnlienie 80% średnicy
30,7	pomiar nieosiągnięty	napęnlienie 100% średnicy, kamera nie jedzie, kanał zatopiony, brak widoczności
zmiana kierunku, badanie pod spadek		
35,0	nagromadzenie osadów, gruz	-
43,2	odkształcenie widoczne w oddali	napęnlienie 20% średnicy
47,1	pęknięcie poprzeczne	inkrustacja, infiltracja
50,3	wybrzuszenie ściany do wnętrza	-
50,9	odkształcenie przekroju rury	koniec pomiaru

Z drugiej zaś strony, przy wysokim poziomie wód gruntowych, przez nieszczelne złącze może dochodzić do infiltracji wód do wnętrza kanału, co również jest problematyczne z punktu widzenia prawidłowej pracy hydraulicznej przewodu. Przy poszerzaniu się takiej nieszczelności, wraz z upływem czasu, może dochodzić do przedostawania się elementów gruntu rodzimego do wnętrza, a w związku z tym gromadzące się osady utrudniają przepływ ścieków. W przypadku nieszczelności złącza jeszcze jeden aspekt jest istotny – po dłuższym czasie eksploatacji może nastąpić zerwanie tego, i tak już osłabionego konstrukcyjnie połączenia, czyli przerwanie ciągłości kolejnych połączonych ze sobą odcinków, a zatem utrata funkcjonalności kanalizacji deszczowej i brak odprowadzania wód opadowych z danego obszaru.



Rys. 1. Nieszczelne złącze (źródło: przedsiębiorstwo wodociągów i kanalizacji)

Fig. 1. Leaky junction (source: municipal company)

Aby zrozumieć, co tak naprawdę wpłynęło na ukazane poniżej nieprawidłowości (rys. 4, 6-8), a przede wszystkim na tak znaczącą deformację nowego odcinka kanału wykonanego z PEHD (rys. 2 i 3), a tym samym na praktycznie zanik możliwości odprowadzania ścieków deszczowych, należy prześledzić chronologię wydarzeń i etapów różnych budów na tym obszarze. Jak wspomniano wcześniej, oddanie do eksploatacji badanego odcinka kanału nastąpiło pod koniec pierwszej dekady XXI w. Po roku do użytku oddano niskie bloki mieszkalne, ale teren wokół nie był jeszcze zagospodarowany. Drogi i chodniki nie były wykończone, a jedynie na powierzchni był lekko utwardzony grunt, który podczas opadów zamieniał się w zapadające się kałuże błotne. Jak wykazano w [13] i jak wynika z badań ankietowych przeprowadzonych w przedsiębiorstwach komunalnych, to właśnie typ i konstrukcja nawierzchni są jednymi z ważniejszych czynników w ocenie konsekwencji awarii przewodów kanalizacyjnych. Należy zaznaczyć, że przez ten rok pomiędzy oddaniem do eksploatacji kanalizacji deszczowej a oddaniem do użytku budynków mieszkalnych, trwały prace budowlane (nie tylko wykończeniowe) i po całym terenie jeździł jeszcze ciężki sprzęt na budowę osiedla mieszkaniowego.

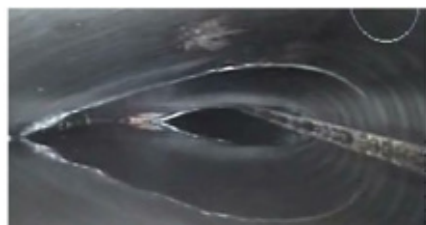


Rys. 2. Deformacja przekroju, widok z oddali (źródło: przedsiębiorstwo wodociągów i kanalizacji)

Fig. 2. Deformation of cross-section, view from a distance (source: municipal company)

Dodatkowo, czas oddania do użytku tego fragmentu sieci deszczowej zbiegł się z czasem, w którym to miejskie przedsiębiorstwo komunalne uzyskało nadzór nad systemem odprowadzania wód desz-

czowych. O tym problemie pokrótce nadmieniono też we wcześniejszym autorskim opracowaniu [5]. Zatem można podejrzewać, że wspomniana inwentaryzacja sieci kanalizacyjnej była pierwszym badaniem tego fragmentu systemu po oddaniu do użytkowania (po trzech latach od ułożenia przewodu). Niestety nie są znane wiarygodne dane, czy po wybudowaniu i przed oddaniem do eksploatacji była wykonywana inspekcja telewizyjna. Nawet jeśli odpowiedź jest twierdząca, to jak zauważono w opracowaniu [1], badanie takie niekoniecznie musiało ukazać nieprawidłowości w strukturze przewodów, a uwidoczniły się one zaledwie po kilku latach. Zwłaszcza, że już w pierwszym roku działania tego przewodu, poddany był on ogromnym obciążeniom zewnętrznym od ciężkiego sprzętu budowlanego. W opracowaniu [12] na przykładzie badań wykonanych w warunkach laboratoryjnych, lecz mających przełożenie na warunki eksploatacyjne, wykazano, że obciążenia zewnętrzne skutkują powstawaniem znaczących uszkodzeń konstrukcji przewodu. Wszakże badane były kanały wykonane z typowych materiałów, ale zgodnie z danymi zamieszczonymi w książce [7] parametry wytrzymałościowe PEHD (moduł Younga, wytrzymałość na ściskanie) odbiegają od właściwości betonu czy kamionki. Zatem tym bardziej podatność na odkształcenia tego typu, jak na rys. 2 i 3, powinna być brana pod uwagę przy wyborze rodzaju materiału kanałów grawitacyjnych. Na problem wpływu obciążenia ruchem ciężkiego taboru samochodowego na prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzeń mechanicznych wskazano także w pracy, dotyczącej kanałów ułożonych kilkadziesiąt lat wcześniej [16], gdzie dodatkowo czynnikiem wpływającym na awaryjność był wiek kanału. Tym bardziej opisany w niniejszym opracowaniu przypadek jawi się jako interesujący, gdyż w porównaniu do działających od czasem ponad stu lat kanałów, przedmiotowy przewód jest traktowany jako całkiem nowy. Zastanawiający jest też fakt, dlaczego pomimo skarg mieszkańców niemalże od początku działania tego fragmentu sieci kanalizacyjnej, dopiero po trzech latach wykonano rutynową inspekcję, która ukazała zdeformowany przewód, który w takim stanie nie mógł pełnić odpowiednio swojej funkcji odwodnienia terenu. Należy jednak pamiętać, że „moce przerobowe” pracowników przedsiębiorstwa wodociągów i kanalizacji też są ograniczone i w ciągu trzech lat po uzyskaniu nadzoru nad siecią deszczową dokonano badania ok. 500 odcinków kanałów deszczowych, natomiast przebadanych odcinków sieci ogólnospławnej i ściekowej było prawie dwa razy więcej.



Rys. 3. Deformacja przekroju, widok z bliska (źródło: przedsiębiorstwo wodociągów i kanalizacji)

Fig. 3. Deformation of cross-section, close up view (source: municipal company)

Kolejnym etapem w opisywanej chronologii zdarzeń była sytuacja pomiędzy oddaniem do użytku budynków mieszkalnych a badaniem przedmiotowego przewodu kanalizacyjnego. Zanim na analizowanym terenie ułożono na powierzchni dróg i chodników betonową kostkę brukową oraz wmontowano progi zwalniające na jezdni, przez trzy lata (dwa lata po oddaniu do zamieszkania i rok po wykonaniu inspekcji telewizyjnej) na drogach lokalnych tego osiedla i na chodnikach ułożone były prefabrykowane płyty betonowe, między którymi zalegał gruz, piasek i wyrastały tam kępy traw. Płyty te były ułożone dosyć losowo (raz w jednym miejscu, potem przerwa z gruntu rodzimego i kolejna płyta itd.) i nie tworzyły spójnej konstrukcji. Taka niestabilna konstrukcyjnie nawierzchnia również miała wpływ na pojawienie się nie tylko deformacji przewodu kanalizacyjnego, lecz również na wypchnięcie uszczelnienia na złączu (rys. 4, tu dochodzi jeszcze aspekt prawidłowo wykonanego połączenia) i wybrzuszenie ściany

(rys. 8). Owo wybrzuszenie mogło również powstać przez punktowy długotrwały nacisk na zewnętrzną konstrukcję przewodu, już po ułożeniu w gruncie. Nacisk ten mógł być spowodowany nie tylko ciężkim sprzętem i materiałami budowlanymi, ale także zalegającym w gruncie jeszcze z czasów budowy gruzem. Poza większym wybrzuszeniem widoczne są również punktowe mniejsze zmiany w konstrukcji, jakby lokalne deformacje kształtu. Innym aspektem, w kontekście kanałów z tworzyw sztucznych, jest ich podatność na zmiany w strukturze polimerów po długotrwałym narażeniu na czynniki atmosferyczne (np. promieniowanie słoneczne) na placu budowy. Niewykluczone jest również, że mikropęknięcia powstały w trakcie składowania, gdy ostre krawędzie gruzu budowlanego lub żwir przez dłuższy czas miały kontakt z powierzchnią przewodu tworzywowego, a podczas eksploatacji następowało powiększanie się tychże drobnych zarysowań. Na tego rodzaju problem zwracano już wcześniej uwagę podczas badań kanałów z PVC [1]. Najprawdopodobniej właśnie wspomniany powyżej gruz budowlany dostał się do wnętrza kanału przez wpust deszczowy lub w trakcie budowy kanalizacji i wleczony był po dnie (rys. 6). Po długim zaleganiu w kanale następuje swoiste „zacementowanie” nagromadzonych osadów, które utrudniają swobodny przepływ ścieków (zatem tracone są zdolności hydrauliczne) oraz poprzez wywierany nacisk wpływają na punktowe osłabienie konstrukcji (jeśli krawędzie gruzu są ostre to tym bardziej może dochodzić do mikropęknięć polietylenu). Z dostępnych informacji na temat analizowanego fragmentu sieci deszczowej wynika, że nie było przeprowadzane regularne czyszczenie kanałów z nagromadzonych osadów.



Rys. 4. Wypchnięte uszczelnienie (źródło: przedsiębiorstwo wodociągów i kanalizacji)

Fig. 4. Pushed out seal (source: municipal company)

Jako swoistą ciekawostkę pokazano na rys. 5 zdjęcie ścieków deszczowych we wnętrzu przewodu, gdy kamera została całkowicie zatopiona w miejscu tuż przy deformacji (rys. 3). Nasuwa się spostrzeżenie, że warto byłoby od razu podczas inspekcji dokonywać poboru próbek ścieków i kierować je do analizy fizyko-chemicznej w celu zbadania ich składu, np. pod kątem obecności frakcji cementu (zaleganie gruzu i osadów z czasu budowy zarówno samej kanalizacji, jak i osiedla mieszkaniowego). To jest kolejny punkt badań, o jaki należałoby poszerzyć typową inspekcję telewizyjną. Poza badaniami stanu technicznego zewnętrznej konstrukcji przewodu oraz poza analizą wytrzymałościową, skład ścieków deszczowych mógłby wskazać na wiele pobocznych aspektów związanych z eksploatacją systemów odprowadzania wód opadowych.



Rys. 5. Ścieki deszczowe, kamera zatopiona (źródło: przedsiębiorstwo wodociągów i kanalizacji)

Fig. 5. Rainwater sewage, sunken camera (source: municipal company)



Rys. 6. Osady, gruz (źródło: przedsiębiorstwo wodociągów i kanalizacji)

Fig. 6. Sediments, rubble (source: municipal company)



Rys. 7. Pęknięcie poprzeczne (źródło: przedsiębiorstwo wodociągów i kanalizacji)

Fig. 7. Transverse crack (source: municipal company)



Rys. 8. Wybrzuszenie ściany rury (źródło: przedsiębiorstwo wodociągów i kanalizacji)

Fig. 8. Bulge in pipe wall (source: municipal company)

4. Podsumowanie

Przedstawiony w tej pracy przypadek uszkodzenia kanału deszczowego, a właściwie całkowitej jego deformacji, jest ciekawy właśnie ze względu na opisaną chronologię wydarzeń budowlanych na analizowanym terenie. Poza aspektami typowo konstrukcyjnymi oraz związanymi ze stanem technicznym i analizą niezawodności działania infrastruktury podziemnej, należałoby niemal równolegle rozpatrywać lokalną sytuację na powierzchni terenu, gdyż przyczyn występowania różnego rodzaju nieprawidłowości można szukać również w całkiem odległych, na pierwszy rzut oka, zjawiskach i warunkach panujących wokół danego fragmentu sieci kanalizacyjnej. Proces inwestycyjny oraz późniejsza eksploatacja przewodu kanalizacyjnego nie może odbywać się w oderwaniu od rzeczywistych warunków lokalnych. Konieczna jest współpraca pomiędzy różnymi podmiotami operującymi na danym terenie (inwestor i wykonawca osiedla mieszkaniowego oraz jednostka samorządowa odpowiedzialna za wykonanie i odbiór sieci odwodnieniowej). W omówionym przypadku zawiodło prawidłowe zaplanowanie kolejności wykonywania poszczególnych budów i ich etapów. Z jednej strony w chwili oddania do zamieszkania osiedle było już w pełni skanalizowane (obie sieci w systemie rozdzielczym), lecz z drugiej strony – coś z tego, gdy w międzyczasie nie były wykonywane drobne prace wykończeniowe, ale za to po placu budowy poruszały się ciężkie pojazdy, wpływając swoim obciążeniem na konstrukcję podziemnych obiektów liniowych. Tym bardziej ogólna sytuacja jawi się jako niezrozumiała, gdyż z danych eksploatacyjnych wynika, że kanały ściekowe ułożone na tym terenie były poddane inspekcji przy odbiorze. Zatem w tym przypadku dochowano procedury. Wraca w tym momencie aspekt nadzoru przedsiębiorstwa komunalnego nad siecią deszczową i konieczność wyprostowania wieloletnich zaniedbań z czasów, gdy inny podmiot samorządowy odpowiadał za eksploatację. Ponadto dziwi fakt, dlaczego dopiero po trzech latach od zasiedlenia wykonano nawierzchnię jezdni i chodników. Aspekt finansowy nie może być tutaj wytłumaczeniem, gdyż początkowy kosztorys inwestorski powinien uwzględniać również kalkulację kosztów budowy dojazdów do bloków mieszkalnych.

Innego rodzaju wnioskiem płynącym z przedstawionych wyników jest zagadnienie interdyscyplinarności szeroko pojętej inżynierii sanitarnej. Mianowicie, poza problemami hydraulicznymi, wynikającymi z zaobserwowanego zniekształcenia przekroju poprzecznego rurociągu, można byłoby dokonywać oceny jakościowej ścieków, poprzez pobieranie próbek *in situ* podczas inspekcji telewizyjnej. W przypadku kanałów ściekowych mogłoby to być pomocne w ustaleniu, czy nie jest zaburzony skład i stężenie ścieków, np. poprzez dopływ wód gruntowych do wnętrza kanału przez drobne pęknięcia, które nie powodują jednak utraty funkcji hydraulicznych. Jednakże w przypadku rozległych systemów można z dużym prawdopodobieństwem oszacować, że w ogólnym rozrachunku dopływ do oczyszczalni jest uśredniony pod kątem ilości, jak i zawartości zanieczyszczeń. Natomiast w przypadku kanalizacji deszczowej sytuacja jest bardziej skomplikowana, ze względu na zrzut ścieków do odbiornika czasem bez ich uprzedniego podczyszczenia. W takiej sytuacji skład ścieków określony w danym przekroju mógłby pośrednio pokazać, co dzieje się z przewodem. Na przykład zawartość cementu w kanałach tworzywowych może świadczyć o takiej sytuacji, jak opisana powyżej, czyli zaleganiu gruzu we wnętrzu, co od razu powinno być przedmiotem analiz (dlaczego, kiedy, skąd) i zaleceniu mechanicznego oczyszczenia tego odcinka. Każda sytuacja eksploatacyjna jest inna i dlatego badania stanu technicznego oraz zawodnego działania systemów kanalizacyjnych są nadal tematyką mającą wielki potencjał badawczy.

LITERATURA

- [1] Kuliczowska Emilia. 2005. "Wyniki badań nowo wybudowanych przewodów kanalizacyjnych z rur PVC". *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* (10): 16-20.
- [2] Kuliczowska Emilia. 2016. "Risk of structural failure in concrete sewers due to internal corrosion". *Engineering Failure Analysis* (66): 110-119. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2016.04.026>.
- [3] Kuliczowska Emilia. 2024. „Dobór odpowiedniej klasy powłok w bezwykopowej odnowie betonowych przewodów kanalizacyjnych”. *Instal* (5): 17-22. DOI: 10.36119/15.2024.5.3
- [4] Kuliczowski Andrzej, Kuliczowska Emilia. 2023. "Uszkodzenia i awarie rur i powłok z tworzyw sztucznych w bezwykopowej rehabilitacji przewodów kanalizacyjnych". *Instal* (10): 21-26. DOI 10.36119/15.2023.10.4.
- [5] Kutylowska Małgorzata, Cieżak Wojciech. 2025. "Nagły zawal kanału deszczowego – wpływ na ludzkie życie i środowisko". *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* (4): 5-9.
- [6] Kwietniewski Marian, Rak Janusz. 2010. „Niezwadność infrastruktury wodociągowej i kanalizacyjnej w Polsce”. Polska Akademia Nauk, Warszawa.
- [7] Madryas Cezary, Kolonko Andrzej, Wysocki Leszek. 2002. „Konstrukcje przewodów kanalizacyjnych”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.
- [8] Makris Konstantinos, Langeveld Jeroen, Clemens François. 2020. "A review on the durability of PVC sewer pipes: research vs. practice". *Structure and Infrastructure Engineering* (16) 6: 880-897. <https://doi.org/10.1080/15732479.2019.1673442>.
- [9] Miejskie sieci i przyłącza oraz obiekty i urządzenia wodociągowe i kanalizacyjne. Wytczne projektowania i budowy. 2022. MPWiK Wrocław.
- [10] Misza-Kruk Katarzyna. 2016. "Reliability and failure rate analysis of pressure, vacuum and gravity sewer systems based on operating data". *Engineering Failure Analysis* (61): 37-45. <http://dx.doi.org/10.1016/j.engfailanal.2015.07.034>
- [11] Morer El Fidae, Wittek Stefan, Rausch Andreas. 2024. "Assessment of the suitability of degradation models for the planning of CCTV inspections of sewer pipes". *Urban Water Journal* (21) 2: 190-203. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2023.2282126>
- [12] Schepherboer I.C., Luimes R.A., Suiker A.S.J., Bosco E., Clemens F.H.L.R. 2021. "Experimental-numerical study on the structural failure of concrete sewer pipes". *Tunnelling and Underground Space Technology incorporating Trenchless Technology Research* (116): 104075. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2021.104075>
- [13] Wijas Katarzyna. 2023. „Czynniki wpływające na konsekwencje awarii przewodów kanalizacyjnych”. *Instal* (9): 45-49. DOI: 10.36119/15.2023.9.5.
- [14] Wytczne w zakresie gospodarowania wodami opadowymi na terenie miasta Wrocław. Wytczne projektowania i budowy. 2019. MPWiK Wrocław.
- [15] Yang Jingchao, Zayed Tarek, Arimiayaw Dramani, Xiao Rui. 2025. "A comprehensive review of influential factors and predictive techniques of time to failure for sewer pipes". *Tunnelling and Underground Space Technology* (157): 106357. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2024.106357>.
- [16] Zamanian Soroush, Shafieezadeh Abdollah. 2023. "Age-dependent failure probabilities of corroding concrete sewer pipes under traffic loads". *Structures* (52): 524-535. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.03.132>.