



Trendy w zakresie bezwykopowej odnowy przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych

tekst: **prof. dr. hab. inż. ANDRZEJ KULICZKOWSKI**, Politechnika Świętokrzyska, Katedra Sieci i Instalacji Sanitarnych

Techniki bezwykopowej odnowy przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych stosowane są zarówno do ich miejscowych napraw lub uszczelnień, jak i do liniowych rehabilitacji i liniowych wymian. Te ostatnie techniki umożliwiają dodatkowo zwiększenie, nieraz w sposób bardzo znaczący, istniejących przekrojów poprzecznych przewodów.

Bezwykopowe liniowe rehabilitacje przewodów, w zależności od oceny ich stanu technicznego, dokonanej za pomocą badań CCTV, innych urządzeń diagnostycznych lub kompleksowo wykonanej ekspertyzy konstrukcyjnej [13, 16], stosowane są w opcji renowacyjnej (ang. *non structural rehabilitation*), częściowo konstrukcyjnej (ang. *semi structural rehabilitation*) lub rekonstrukcyjnej (ang. *fully structural rehabilitation*) [15].

Ostatnie trzy dziesięciolecia XX w. to najbardziej dynamiczny okres rozwoju technik bezwykopowych. Wymusił go w dużym stopniu występujący w tym okresie gwałtowny rozwój transportu drogowego, w tym w sposób szczególny znaczący wzrost liczby samochodów osobowych. W przypadku stosowania technik wykopowych w ulicach o dużym natężeniu ruchu, konieczne objazdy byłyby niezwykle uciążliwe, podobnie jak pozostałe roboty wykopowe, odwodnieniowe czy związane z transportem gruntu. Zaletą technik bezwykopowych jest w zdecydowanej większości znacznie niższy koszt ich zastosowania w porównaniu do kosztu stosowania technik wykopowych. Jedną z najistotniejszych zalet jest też bardzo wysokie tempo robót, wielokrotnie wyższe od szybkości budowy przewodów przy zastosowaniu tradycyjnych metod wykopowych. Dodając do tego zalety ekologiczne i społeczne oraz liczne inne zestawione m.in. w [23], zrosły się tak szybki rozwój technologii bezwykopowych. W ciągu ostatnich kilku lat podkreśla się także znaczącą redukcję emisji CO₂ i innych gazów cieplarnianych [2] w wyniku zastępowania technik wykopowych technikami bezwykopowymi.

W przypadku zastosowania niektórych technik redukcja ta wynosi nawet 90%.

1. Polskie osiągnięcia w zakresie bezwykopowej odnowy

Analizując dotychczasowe osiągnięcia w zakresie bezwykopowej odnowy przewodów infrastruktury podziemnej (naprawy, uszczelnienia, rehabilitacje, wymiany), należałoby wyraźnie rozróżnić dwa okresy: jeden dotyczący Polski i drugi – krajów takich, jak np. Niemcy, Wielka Brytania czy USA. Techniki bezwykopowej odnowy rozwijały się w tamtych krajach już w latach 70. i 80. XX w., a w Polsce – poza nielicznymi wyjątkami – dopiero od początku lat 90. ubiegłego stulecia. Do roku 1989, w którym nastąpiła historyczna zmiana ustrojowa, z uwagi na niekorzystne kursy walutowe stosowanie technik bezwykopowej odnowy było w Polsce wysoce nieopłacalne i firmy zagraniczne stosowały je sporadycznie.

Zużyte, długo eksploatowane przewody wodociągowe i kanalizacyjne były wymieniane przy zastosowaniu tradycyjnych metod wykopowych. Po tym okresie zaczęto stosować nowoczesne techniki bezwykopowe, systematycznie doskonaląc je aż do chwili obecnej. Pierwsze zastosowanie najpopularniejszej obecnie metody do rehabilitacji przewodów kanalizacyjnych – techniki utwardzanych in situ powłok żywicznych CIPP w opcji Insituform – miało miejsce w Wielkiej Brytanii w 1971 r. Z kolei opracowana w USA technologia ciasno pasowana U-linera, w Polsce bardziej znana pod nazwą Compact-Pipe, została po raz pierwszy wdrożona w Europie w 1989 r., a pierw-

szą bezwykopową wymianę przewodów w technologii Berstlining wykonano w Wielkiej Brytanii w roku 1980 i dotyczyła wymiany przewodów gazowych.

Pionierski wkład w rozwój technik bezwykopowej odnowy w Polsce wniosła pierwsza polska firma specjalizująca się wyłącznie w technikach bezwykopowych – RenoRurCentrum Sp. z o.o., która dokonała m.in.:

a) pierwszego w Polsce, w Tarnowie, wdrożenia bezwykopowej rehabilitacji w opcji konstrukcyjnej 25 lat temu, tj. w 1991 r. [7], przewodów kanalizacyjnych przy zastosowaniu techniki krótkiego Reliningu i krótkich modułów rur PE-HD (ryc. 1), sprowadzonych z Finlandii, z firmy KWH Pipe (nie były one wówczas dostępne w kraju), i wypełnieniu wolnej przestrzeni spienioną zaprawą cementową o ciężarze objętościowym zaledwie 6 kN/m³;



Ryc. 1. Krótkie moduły rur PE-HD firmy KWH Pipe, sprowadzone do Polski z Finlandii w 1991 r., fot. A. Kuliczkowski

b) pierwszego w Polsce bezwykopowego uszczelnienia [8] w 1992 r.

w Nowym Sączu przewodów kanalizacyjnych metodą krótkiego Reliningu, eliminującego infiltrację wód gruntowych z cząsteczkami gruntu do wnętrza kanału;

c) pierwszej w Polsce bezwykopowej wymiany [9] w 1993 r. w Dębicy przewodów kanalizacyjnych metodą hydraulicznego Berstliningu o nazwie Expandit, zastępującej przewody betonowe i żeliwne o średnicy 200 mm rurami PE-MD o średnicy 315 mm (ryc. 2) z samodzielnie wykonanych przez firmę RenoRurCentrum krótkich modułów rur z długich odcinków rur wyprodukowanych przez firmę Wavin, z wewnętrznymi zatraskami, wyposażonymi w uszczelki wyprodukowane również w kraju przez firmę Stomil Sanok.



Ryc. 2. Krótkie moduły rur PE-MD wykonane w 1993 r. przez firmę RenoRurCentrum Sp. z o.o. z długich odcinków rur firmy Wavin i uszczelek firmy Stomil Sanok z głowicą hydrauliczną niszczącą stary kanał przed i po jej powiększeniu się, fot. A. Kuliczkowski

d) pierwszego w Polsce bezwykopowego uszczelnienia w 1996 r. w Gorlicach kolektora kanalizacyjnego ze ściekami przemysłowymi metodą długiego Reliningu (ryc. 3) z zastosowaniem dodatkowego zabezpieczenia międzyrurowej powłoki specjalną zaprawą cementową w celu eliminacji eksfiltrujących z kolektora ścieków do gruntu i znajdującej się w pobliżu rzeki Ropy.

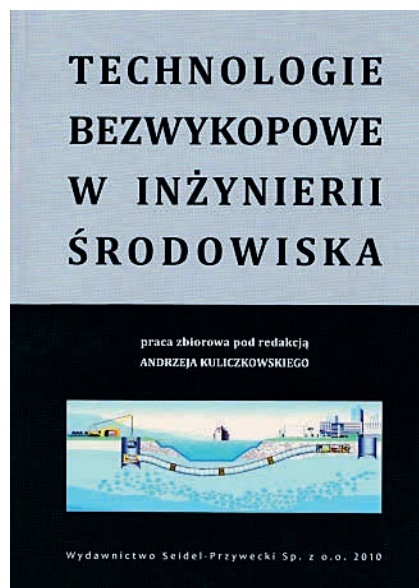
Najpopularniejszą obecnie zarówno w Polsce, jak i w wielu pozostałych krajach technologię utwardzanych in situ powłok żywicznych CIPP, wykorzystywaną do liniowej rehabilitacji przewodów infrastruktury podziemnej, zastosowano w naszym kraju po raz pierwszy w 1991 r. w Kwidzynie, a pierwsze jej zastosowanie przez polską firmę Per Aarsleff Polska Sp.



Ryc. 3. Długie odcinki rur PE-HD firmy Rurgaz wprowadzane do wnętrza nieszczelnego kolektora od jego wylotu do rzeki, fot. A. Kuliczkowski

z o.o. miało miejsce w Zgierzu, a następnie w Łodzi w 1993 r.

W roku 1998 powstała w kraju Polska Fundacja Techniki Bezwykopowych (PFTT – www.pftt.pl), która jest członkiem Międzynarodowego Stowarzyszenia Techniki Bezwykopowych (ISTT), założonego w 1986 r. i skupiającego organizacje członkowskie z ponad 30 krajów ze wszystkich sześciu kontynentów. Organizuje ona w Kielcach międzynarodowe konferencje *No-Dig Poland* w cyklu dwuletnim w latach parzystych oraz popularyzuje polskie osiągnięcia w zakresie techniki bezwykopowych zarówno w kraju, jak i za granicą.



Ryc. 4. Strona tytułowa podręcznika o technologiach bezwykopowych

Jednym z pierwszych osiągnięć PFTT było wydanie w nakładzie 10 tys. egzemplarzy *Vademecum technologii bezwykopowych*. W roku 2010 został z inicjatywy PFTT opracowany na Politechnice Świętokrzyskiej pierwszy polski podręcznik (ryc. 4) z zakresu technologii bezwykopowych [23] o objętości 735 stron.

Bilans ćwierćwiecza stosowania technik bezwykopowych w Polsce można uznać za bardzo pozytywny. W okresie tym Polska uzyskała trzy prestiżowe nagrody *No-Dig Award*, przyznawane przez Międzynarodowe Stowarzyszenie Techniki Bezwykopowych:

a) za bezwykopową rehabilitację ciśnieniowych przewodów kanalizacyjnych na warszawskim Powiślu (firma Per Aarsleff Polska Sp. z o.o., Las Vegas, 2003),

b) za zorganizowanie przez prof. Andrzeja Kuliczkowskiego pierwszego na świecie studium podyplomowego z zakresu techniki bezwykopowych w Polsce na Politechnice Świętokrzyskiej przy współpracy z Polską Fundacją Techniki Bezwykopowych (Moskwa, 2008),

c) za bezwykopową budowę warszawskiego kolektora metodą mikrotunelingu przy zastosowaniu rur żywicznych HOBAS DN 3000 mm w Warszawie (firma HOBAS System Polska Sp. z o.o. i PBG SA, Berlin, 2010).

Polska otrzymała zatem nagrody we wszystkich możliwych kategoriach, jakie rozpatruje Międzynarodowe Stowarzyszenie Techniki Bezwykopowych, tj. zarówno za osiągnięcia w bezwykopowej rehabilitacji (a), jak również w kategorii akademickiej (b) i w kategorii bezwykopowej budowy (c).

W chwili obecnej (2016) działa w kraju duża liczba firm oferujących wszystkie najbardziej znane i popularne na świecie techniki bezwykopowej odnowy przewodów infrastruktury podziemnej. Istnieje także znacznie bardziej obszerna niż chociażby jeszcze 10 lat temu wiedza na temat parametrów technicznych współcześnie oferowanych technik bezwykopowych [23]. Ukazuje się także coraz więcej artykułów o technologiach bezwykopowych w czasopiśmie technicznych.

Z inicjatywy Politechniki Świętokrzyskiej, Polskiej Fundacji Techniki Bezwykopowych oraz redakcji czasopisma „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” na łamach tego czasopisma prezentowany jest cykl artykułów *Technologie bezwykopowe na sześciu kontynentach*, popularyzujący w kraju



najnowsze i najciekawsze światowe osiągnięcia w branży bezwykopowej, w tym także bezwykopowej odnowy przewodów infrastruktury podziemnej.

Aktualnie spośród technik bezwykopowej odnowy przewodów infrastruktury podziemnej najczęściej w Polsce stosowane są liniowe rehabilitacje w opcji renowacyjnej lub rekonstrukcyjnej, rzadziej rehabilitacje w opcji częściowo konstrukcyjnej. Rzadziej także niż w innych krajach, które dłużej niż Polska stosują techniki bezwykopowej odnowy, stosowane są obecnie bezwykopowe naprawy i bezwykopowe wymiany przewodów podziemnych.

2. Wybrane problemy i trendy rozwojowe w zakresie bezwykopowej odnowy przewodów infrastruktury podziemnej

2.1. Dobór optymalnych technik bezwykopowej odnowy przewodów

W krajach, w których większą uwagę zwraca się na efektywne wydawanie środków finansowych przeznaczonych na odnowę sieci infrastruktury podziemnej, zdecydowanie częściej niż w Polsce stosuje się techniki bezwykopowych napraw i uszczelnień [23], stanowiące ok. 30–40% wszystkich bezwykopowych inwestycji. W przypadku wystąpienia uszkodzeń mechanicznych przewodów stosuje się do ich naprawy roboty kanalizacyjne lub pakery naprawcze, a w przypadku przewodów poprawnych pod względem konstrukcyjnym, lecz nieszczelnych z reguły stosowane są pakery iniekcyjne. Tego typu miejscowe naprawy i uszczelnienia są bardziej efektywne kosztowo niż liniowa rehabilitacja, w sytuacji gdy nie jest ona konieczna. Ten segment rynku technologii bezwykopowych jest przyszłościowy dla warunków krajowych, w których w chwili obecnej bezwykopowe naprawy, szczególnie przy zastosowaniu tzw. fill robotów [23], stosowane są bardzo rzadko.

Rzadziej niż w innych krajach stosowane są także w Polsce techniki bezwykopowych wymian. W Niemczech jest nawet organizacja zraszająca firmy wymieniające bezwykopowo przewody na nowe z opcją powiększania ich przekroju poprzecznego. Niektóre z technik bezwykopowych wymian, jak np. Expandit wykorzystana w 1993 r. w Dębicy [9], są wysoce efektywne i łatwe w zastosowaniu

z uwagi na stosunkowo nieduży ciężar urządzeń używanych w tej metodzie.

Z zainteresowaniem rynku krajowego mogą spotkać się też techniki bezwykopowe umożliwiające na pewien okres powstrzymanie zachodzących w przewodach kanalizacyjnych procesów destrukcyjnych. Przykładem może być technologia natrysku wnętrza korodującego kanału betonowego specjalnym żelcem [11]. Zabieg taki umożliwia powstrzymanie dalszego pogarszania się stanu technicznego przewodów na pewien okres, a w tym czasie lepsze przygotowanie się do jego liniowej rehabilitacji. Zabieg taki jest szczególnie przydatny w sytuacjach okresowego braku przez inwestora środków finansowych na odnowę przewodów.

2.2. Kryteria doboru technik bezwykopowej odnowy przewodów

Podstawowymi dwoma kryteriami stosowanymi przy doborze technik bezwykopowej odnowy są kryterium hydrauliczno-eksploatacyjne i kryterium statyczno-wytrzymałościowe [1, 20, 23]. Pierwsze z nich umożliwia udzielenie odpowiedzi na pytanie, czy przekrój poprzeczny przewodu należy zredukować, pozostawić bez zmian, czy zwiększyć. Z kolei drugie umożliwia udzielenie odpowiedzi na dwa pytania: a) czy można zastosować tańsze techniki tzw. punktowe lub miejscowe z grupy bezwykopowych napraw, czy też konieczne jest zastosowanie droższych technik liniowych z grupy bezwykopowych rehabilitacji lub bezwykopowych wymian; b) czy można zastosować powłoki rehabilitacyjne z grupy renowacyjnych (niekonstrukcyjnych), czy też powinny być one wykonane w opcji konstrukcyjnej, a może w bardziej oszczędnej w stosunku do opcji konstrukcyjnej, opcji częściowo rekonstrukcyjnej.

Oprócz tych głównych dwóch kryteriów należy przeanalizować także inne kryteria [14, 19, 22]: ekonomiczne, trwałości możliwych do zastosowania rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych, odporności zastosowanych materiałów na specyficzne czynniki destrukcyjne, warunków hydrogeologicznych, realizacyjne (dostępność, stwarzane utrudnienia, konieczność wykonywania miejscowych wykopów lub rozbiórki całkowitej lub częściowej studni rewizyjnych), eksploatacyjne (także w zakresie łatwości wykonywania w przyszłości nowych podłączeń czy wykrywania

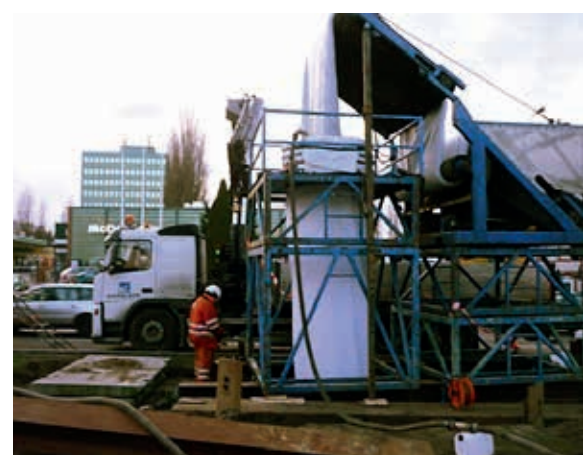
ewentualnych nieszczelności), możliwości i łatwości wykonania kolejnej odnowy za ok. 50–100 lat (w zależności od zastosowanych rozwiązań materiałowych), a także inne kryteria mogące stanowić istotny element danych inwestycji, np. tempo robót (istotne w centrach dużych miast), wpływ szkód górniczych itp.

Tematyka kryteriów doboru technik bezwykopowych jest sporadycznie prezentowana w krajowej literaturze technicznej, stąd też istnieje pilna potrzeba szerszej popularyzacji tych zagadnień w kraju w najbliższej przyszłości, podobnie jak innych zagadnień powiązanych z tym tematem, a dotyczących np. wad poszczególnych technik (oferenci technik wskazują z reguły tylko na ich zalety) oraz ograniczeń dotyczących ich stosowania.

2.3. Nowe techniki odnowy przewodów

Okres tworzenia nowych technik bezwykopowych prawdopodobnie można uznać za zakończony. Dotyczył on głównie trzech ostatnich dekad XX w. Obecnie obserwowanym trendem jest ulepszanie istniejących technik, poszerzanie dodatkowych opcji w zakresie procesów je współtworzących, wprowadzanie nowych materiałów czy kreowanie innych zastosowań technik już obecnie stosowanych.

Najpopularniejsza technika bezwykopowej rehabilitacji przewodów infrastruktury podziemnej, tj. technika utwardzania in situ powłok żywicznych CIPP (ryc. 5), rozwijana jest w kierunku dodatkowych opcji, np. tworzenia powłok o wysokich modułach E na bazie włókna szklanego,



Ryc. 5. Rehabilitacja kolektora kanalizacyjnego 1600 mm w Zielonej Górze w 2015 r. przy zastosowaniu technologii CIPP w opcji tkaniny i żywicy poliestrowej, fot. Per Aarsleff Polska Sp. z o.o.

węglowego itp. w celu zmniejszenia ich grubości, a także stosowania bezzapachowej żywicy bezstyrenowej, utwardzania powłok światłem ledowym, nasączenia tkanin żywicą w trakcie ich wywijania się, a więc już we wnętrzu przewodów dla zmniejszenia ich ciężaru itp. Stosowanie techniki CIPP stwarza szereg ciekawych możliwości, np. odnowę przewodów z utworzeniem w jednym przekroju dwóch niezależnych przekrojów o wielofunkcyjnych zastosowaniach [12, 21]. Niezwykle cenną zaletą technik CIPP jest możliwość ich stosowania w przewodach o dowolnych przekrojach poprzecznych.

Na rycinie 5 pokazano wprowadzanie do wnętrza kanału poliestrowej powłoki CIPP o największej z dotychczas zastosowanych średnic (1600 mm) w Polsce. Grubość powłoki wynosiła 39,5 mm, a najcięższy ich transport przekraczał 60 t.

Dużą popularnością, szczególnie na rynku amerykańskim, cieszy się technologia rehabilitacji wielkowymiarowych magistrali wodociągowych czy kolektorów kanalizacyjnych za pomocą lekkich tkanin węglowych [5, 18]. Wnoszone są one przez robotników do wnętrza przewodu, a następnie przy użyciu żywicy ręcznie doklejane do ich wewnętrznych ścian (ryc. 6). W technologii tej nie są potrzebne jakiegokolwiek urządzenia, nie dowozi się rur na plac budowy, potrzebne jest tylko wiadro na żywicę i pędzel do jej nanoszenia na ściany rehabilitowanych



Ryc. 6. Zastosowanie tkanin węglowych w rehabilitacji magistrali wodociągowej [5]

przewodów. Powłoki na bazie tkanin węglowych mają parametry wytrzymałościowe ok. 3–5 razy wyższe od powłok stalowych, stąd też niewielkie ich grubości w wielu przypadkach są wystarczające do pełnienia przez nie funkcji powłok częściowo lub całkowicie konstrukcyjnych.

Równie atrakcyjną bezsprzętową technologią, ale z kolei tylko renowacyjną, stosowaną głównie w wielkowymiarowych przewodach kanalizacyjnych, jest australijska technika Danby [17, 18], do realizacji której potrzebny jest tylko zwykły młotek. Dobija się nim specjalny łącznik do tasiemek z PVC, ręcznie dociskanych przez robotników kanałowych do wnętrza odnawianych przewodów (ryc. 7).



Ryc. 7. Etapy realizacyjne w technologii Danby [19]

Do renowacji betonowych czy żelbetonowych przewodów kanalizacyjnych należałoby, podobnie jak w wielu innych krajach, stosować także w Polsce natryski ich wewnętrznej powierzchni specjalną zaprawą cementową odporną na korozję. Technologia ta jest jedną z najlepszych technologii renowacyjnych, a dodatkowo najtańszą spośród wszystkich pozostałych możliwych do zastosowania.

W przypadku przewodów wodociągowych należałoby także w Polsce stosować szeroko rozpowszechnioną w wielu innych krajach, a w Polsce po raz pierwszy zastosowaną w Wałbrzychu w roku 2015 (ryc. 8) przez firmy Teco i 3M, technologię natryskową z użyciem żywic poliuretanowych [3].



Ryc. 8. Rehabilitację przewodu wodociągowego przez firmę Teco Sp. z o.o. i firmę 3M w 2015 r. w Wałbrzychu przy zastosowaniu techniki natrysku żywicy poliuretanowej; a) urządzenie natryskowe przed wprowadzeniem do rurociągu, b) wnętrze rurociągu po wykonaniu natrysku, fot. Teco i 3M

Poza funkcją renowacyjną w przypadku zastosowania większej grubości tej powłoki może ona pełnić także funkcję powłoki częściowo konstrukcyjnej. Jednorazowo można natryskiwać powłoki o grubości ok. 7 mm. Przy natrysku żywicą epoksydową uzyskuje się grubość powłoki równą tylko 1 mm. Wytrzymałość powłok poliuretanowych na rozciąganie może być ok. 10 razy wyższa niż



powłok cementowych. Szczególnie cenną ich zaletą jest możliwość włączenia przewodu do eksploatacji zaledwie 30 minut po wykonaniu natrysku. W zależności od potrzeb parametry natryskiwanej żywicy poliuretanowej czy polimocznikowej mogą być modyfikowane. Oferowane są np. żywice bardzo elastyczne (wydłużenie 115%, wytrzymałość 19,2 MPa), żywice elastyczne (wydłużenie 43%, wytrzymałość na rozciąganie 20 MPa) lub mało elastyczne (wydłużenie tylko 4%), ale za to bardziej wytrzymałe (wytrzymałość na rozciąganie 51,4 MPa).

3. Wyzwania

Jednym z najważniejszych wyzwań w zakresie problematyki bezwykopowej odnowy przewodów infrastruktury podziemnej jest przygotowanie się do bezwykopowej odnowy przewodów infrastruktury podziemnej, które już wcześniej zostały bezwykopowo odnowione [10].

Problem ten wystąpi w Polsce na dużą skalę za ok. 25–50 lat lub nieco później, tj. wtedy, gdy upłynie ok. 50-letnia trwałość rozwiązań materiałowych zastosowanych do pierwszej odnowy przewodów.

Dużą wagę przywiązuje się do stosowania w bezwykopowej odnowie przewodów rozwiązań materiałowych o wydłużonej trwałości [19], dochodzącej lub nawet przekraczającej 100 lat, co istotnie wpłynie w przyszłości na wydłużenie cykliczności kolejnych odnow, tj. bezwykopowych napraw, rehabilitacji czy wymian przewodów.

Problem bezwykopowej odnowy przewodów już wcześniej bezwykopowo odnowionych będzie wymagał opracowania nowych metod ich projektowania. Nie wszystkie obecnie stosowane technologie odnowy będą mogły być zastosowane w kolejno wykonywanych odnowach, a przyjęte rozwiązania często będą bardziej kosztowne [6] niż w przypadku pierwszej odnowy.

Omawiany problem bezwykopowej odnowy przewodów już wcześniej bezwykopowo odnowionych pojawia się i pojawia się w wielu krajach, w tym także w Polsce [4, 10], choć na razie tylko na niewielką skalę – w przypadku nieudanych inwestycji. Stąd też doświadczenia w tym zakresie pozyskiwane są już obecnie w trakcie wykonywanych ekspertyz nieudanych inwestycji i poszukiwania optymalnych technik dla kolejnej odnowy przewodów.

Literatura

- [1] Kuliczowska E.: *Kryteria planowania bezwykopowej odnowy nieprzełazowych przewodów kanalizacyjnych*. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Monografia nr M3. Kielce 2008, s. 223.
- [2] Kuliczowska E., Kuliczowski J.: *Technologie bezwykopowe pomagają zmniejszyć emisję CO₂*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2011, nr 1, s. 68–70.
- [3] Kuliczowska E., Starnawska K.: *Bezwykopowa renowacja przewodów wodociągowych z zastosowaniem żywic poliuretanowych*. „Instal” 2011, nr 7–8, s. 68–71.
- [4] Kuliczowska E., Gierczak M.: *Buckling failure numerical analysis of HDPE pipes used for the trenchless rehabilitation of a reinforced concrete sewer*. „Engineering Failure Analysis” 2013, No. 32, pp. 106–112.
- [5] Kuliczowska E.: *Metody oceny stanu technicznego i rehabilitacji magistral wodociągowych wykonanych z rur z betonu sprężonego*. „Technologia Wody” 2014, nr 5, s. 22–28.
- [6] Kuliczowska E.: *Influence of PVC pipe deflection on the thickness of CIPP rehabilitation liners*. In: *Underground Infrastructure of Urban Areas*, 3. Eds. C. Madryas et al. Taylor & Francis Group. London 2015, pp. 63–72.
- [7] Kuliczowski A., Rybiński S., Dyrda R.: *Renowacja przewodów kanalizacyjnych systemem „krótki Relining” w Tarnowie*. „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” 1992, nr 7, s. 162–164.
- [8] Kuliczowski A., Rybiński S., Książek W.: *Bezodkrywkowe uszczelnianie kanału sanitarnego w Nowym Sączu*. „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” 1993, nr 5, s. 128–130.
- [9] Kuliczowski A., Rybiński S., Dyrda R.: *Bezodkrywkowe powiększanie przewodów kanalizacyjnych na przykładzie Dębicy*. „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” 1994, nr 3, s. 73–76.
- [10] Kuliczowski A., Kubicka U.: *Future Technologies of trenchless renovation of the pipelines which has earlier been no-dig renovated*. Proceedings of No-Dig 2006, International Society of Trenchless Technologies Brisbane, Australia, 2006, pp. 1–8.
- [11] Kuliczowski A., Antoniuk A.: *Przedłużanie bezawaryjnej pracy kolektorów ściekowych przez firmę Orica na przykładzie miasta Sydney*. „Inżynieria Bezwykopowa” 2007, nr 2, s. 56–58.
- [12] Kuliczowski A.: *Bezwykopowa odnowa przewodów kanalizacyjnych powłoką żywiczną z dwoma niezależnymi przekrojami o wielofunkcyjnych zastosowaniach*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2010, nr 3, s. 104.
- [13] Kuliczowski A., Kuliczowska E.: *Ekspertyzy konstrukcyjne kolektorów kanalizacyjnych*. „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” 2011, nr 1, s. 18–22.
- [14] Kuliczowski A., Kuliczowska E.: *Strategie odnowy przewodów wodociągowych*. „Technologia Wody” 2011, nr 2, s. 20–24.
- [15] Kuliczowski A.: *Renowacja czy rekonstrukcja na przykładzie przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych*. „Instal” 2012, nr 1, s. 46–49.
- [16] Kuliczowski A.: *Ekspertyzy konstrukcyjne przewodów wodociągowych*. „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” 2014, nr 3, s. 94–99.
- [17] Kuliczowski A., Biernacki K.: *Renowacja przewodów kanalizacyjnych użebrowanymi taśmami spiralnie zwijanymi w technologii Danby Panel Loc*. „Instal” 2014, nr 3, s. 57–60.
- [18] Kuliczowski A.: *Technologie bezwykopowej odnowy przewodów kanalizacyjnych na czasy kryzysu*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2014, nr 2, s. 36–38.
- [19] Kuliczowski A.: *Trwałość rozwiązań stosowanych w budowie i odnowie przewodów kanalizacyjnych*. „Instal” 2014, nr 3, s. 54–56.
- [20] Kuliczowski A., Parka A.: *Kryterium statyczno-wytrzymałościowe w doborze rehabilitacyjnych powłok stosowanych w przewodach wodociągowych*. „Instal” 2014, nr 5, s. 56–63.
- [21] Kuliczowski A., Madryas C.: *Tunele wieloprzewodowe dawniej i współcześnie*. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej. Kielce 2014, s. 351.
- [22] Kuliczowski A., Parka A.: *Propozycja klasyfikacji technologii bezwykopowych przeznaczonych do rehabilitacji przewodów wodociągowych ze względu na klasę powłok w nich stosowanych*. „Instal” 2014, nr 11, s. 70–75.
- [23] *Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska*. Red. A. Kuliczowski. Wydawnictwo Seidel – Przywecki Sp. z o.o. Warszawa 2010.

