

Trendy w technologiach bezwykopowych stosowanych w sieciach infrastruktury podziemnej miast

Dr inż. Emilia Kuliczowska, dr inż. Agata Zwierzchowska, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Politechnika Świętokrzyska

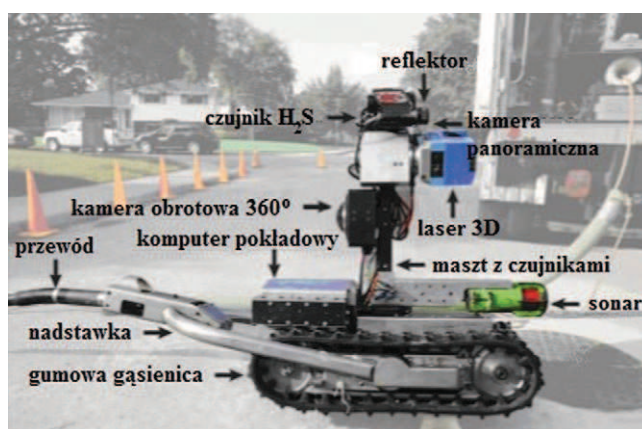
1. Wprowadzenie

Technologie bezwykopowej odnowy i budowy przewodów infrastruktury podziemnej stanowią niezwykle atrakcyjną alternatywę dla technologii wykopowych. W zdecydowanej większości są one tańsze, szybsze w realizacji i niezwykle przyjazne dla środowiska.

Zmiana ustrojowa 1989 roku ułatwiająca – biorąc pod uwagę względy dewizowe – kontakty gospodarcze polskich firm z firmami z zachodniej Europy stanowiła istotny przełom w rozwoju technologii bezwykopowych w Polsce. Obecnie – ćwierć wieku później – stosowane są już w kraju prawie wszystkie najbardziej znane technologie bezwykopowe, a polskie firmy coraz częściej prezentują na arenie międzynarodowej swoje osiągnięcia, uzyskując prestiżowe międzynarodowe nagrody jak chociażby firma Per Aarsleff Polska (NO-DIG Award, Las Vegas, 2003) czy firma Hobas System Polska (NO-DIG Award, Berlin, 2010) przyznane przez Międzynarodowe Stowarzyszenie Technologii Bezwykopowych. Także na polskiej konferencji NO-DIG POLAND, odbywającej się w Kielcach, wiele polskich firm uzyskało nagrody Experta w branży technologii bezwykopowych



Rys. 1. Mobilne urządzenie diagnostyczne CCTV oraz do badania szczelności przewodów będące na wyposażeniu laboratorium Politechniki Świętokrzyskiej (zdjęcie własne)



Rys. 2. Wielofunkcyjne urządzenie diagnostyczne firmy Redzone [2]

za najciekawsze realizacje przyznane przez Polską Fundację Technik Bezwykopowych.

Dynamiczny rozwój obserwowany jest także w zakresie technik diagnostycznych umożliwiających coraz dokładniejszą ocenę stanu technicznego przewodów podziemnych.

2. Diagnostyka i ocena stanu technicznego przewodów

2.1. Diagnostyka przewodów

Bezwykopowa diagnostyka przewodów jest nieodzowna w celu zagwarantowania ich prawidłowej bezawaryjnej eksploatacji. Tradycyjna metoda CCTV (rys. 1) coraz częściej, w zależności od rodzaju rur i transportowanych mediów, uzupełniana jest innymi badaniami [6, 8, 11] zaliczanymi do metod akustycznych, ultradźwiękowych, elektromagnetycznych czy elektrycznych.

Nowym trendem jest doposażanie systemów CCTV w inne urządzenia diagnostyczne (rys. 2), np. lasery, sonary, rejestratory SO_2 , georadary, itp. Dynamika rozwojowa w zakresie powstawania nowych metod badawczych (ich liczba wzrosła z 19 w 2009 r. do 37 w 2012r. [6]) stwarza szansę na bardziej dokładną ocenę stanu technicznego badanych przewodów, a tym samym dobór optymalnych technologii ich odnowy.

Opisane metody diagnostyczne zaliczane są do grupy metod nieniszczących. W celu dokładniejszej oceny stanu technicznego przewodów stosowane są także badania niszczące, polegające na ich odkopaniu, wykonaniu badań in situ, a często także pobraniu próbek fragmentów rur do badań laboratoryjnych.

2.2. Planowanie odnowy

Celem badań diagnostycznych jest oszacowanie bądź dokładne ustalenie (w zależności od zakresu przeprowadzonych badań) stanu technicznego przewodów. Z reguły przewody kanalizacyjne kwalifikuje się do jednej z pięciu klas stanu technicznego, zróżnicowanych wielkością stwierdzonych uszkodzeń. Ułatwia to planowanie odnowy przewodów kanalizacyjnych, gdyż w pierwszej kolejności do odnowy planuje się te kanały, które zostały zakwalifikowane do klasy zawierającej najbardziej poważne uszkodzenia.

Jednakże zalecenia obecnie stosowanych klasyfikacji istotnie różnią się między sobą w zakresie kryteriów przyporządkowywania przewodów do określonych klas [7]. Powoduje to zakwalifikowanie tych samych przewodów kanalizacyjnych według różnych metod do różnych klas stanu technicznego. Niedoskonałości stosowanych metod klasyfikacji, bazujących wyłącznie na badaniu przewodów metodą CCTV, można wyeliminować doskonaląc je, poszerzając zakres prowadzonych badań o inne badania diagnostyczne bądź o wykonywanie ekspertyz konstrukcyjnych.

Obserwowanym trendem w zakresie kwalifikowania przewodów kanalizacyjnych do odnowy jest nie tylko ustalanie prawdopodobieństwa wystąpienia awarii przewodów, lecz także uwzględnienie ewentualnych konsekwencji takich awarii. Do czynników mających wpływ na konsekwencje awarii zalicza się między innymi głębokość ułożenia przewodu, jego średnicę, funkcję, jaką kanał pełni w systemie odprowadzania ścieków, jego lokalizację, warunki gruntowo-wodne itp.

Ostatecznym kryterium klasyfikującym przewody kanalizacyjne do odnowy byłoby w tym przypadku ryzyko [5, 12], rozumiane jako iloczyn miary prawdopodobieństwa awarii przewodu i miary konsekwencji spowodowanych ewentualną awarią analizowanych przewodów.

3. Bezwykopowa odnowa

3.1. Kryteria doboru technologii

Najczęstszym kryterium doboru technologii bezwykopowych w krajowych przetargach jest koszt oferowanych technologii. W przetargach z reguły nie bierze się pod uwagę innych kryteriów, np. trwałości rozwiązań materiałowych [10]. Inaczej powinny być oceniane rozwiązania o prognozowanej trwałości równej 20, 50 czy 100 lub więcej lat.

W przypadku technologii odnowy sieci infrastruktury podziemnej miast coraz częściej zwraca się uwagę na organizację robót przy stosowaniu określonych technologii

oraz ewentualne uciążliwości dla otoczenia (ilość robót ziemnych, hałas, konieczność wykonywania objazdów, czas trwania robót, itp.), preferując ostatecznie te technologie, które są najmniej uciążliwe.

W niektórych przetargach zagranicznych brane jest także pod uwagę kryterium wielkości emisji CO₂ i innych gazów cieplarnianych (wytwarzanych łącznie) przy produkcji zastosowanych materiałów oraz w trakcie robót realizacyjnych.

Interesujące są rozwiązania fińskie, szczególnie w zakresie ustalania kryteriów doboru technologii bezwykopowych (50% koszt, 50% jakość rozumiana w bardzo szerokim znaczeniu) oraz obligatoryjnego obowiązku ubezpieczenia wszystkich realizowanych robót.

Ciekawe są także rozwiązania duńskie, w których ewentualne korzyści wynikające z bardziej efektywnej realizacji robót czy ewentualne nieprzewidziane wcześniej straty ponoszone są nie tylko przez wykonawcę, ale także przez inwestora i projektanta w proporcjach ustalonych w umowie. Rozwiązanie to sprzyja efektywnej współpracy tych trzech jednostek przy realizacji projektu.

3.2. Bezwykopowe naprawy, rehabilitacje czy wymiany?

W krajach o większym doświadczeniu, w zakresie umiejętności doboru poprawnych technologii bezwykopowych, znaczący segment rynku bezwykopowej odnowy przewodów [9] stanowią bezwykopowe naprawy.

Stosowane są one w około 30-40% wszystkich realizacji. W Polsce „punktowe” bezwykopowe naprawy znacznie rzadziej stosuje się mimo, że w wielu przypadkach ich zastosowanie dałoby znaczące oszczędności w stosunku do rozwiązań alternatywnych, jakimi są bezwykopowe liniowe rehabilitacje czy bezwykopowe liniowe wymiany.

Nieco rzadziej, niż w innych krajach, stosowane są w Polsce technologie bezwykopowych wymian, których główną zaletą jest możliwość uzyskania najwyższej trwałości przewodów, o ile zostaną zastosowane odpowiednie rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne.

3.3. Modyfikacja istniejących technologii, wdrażanie nowych oraz inne zastosowania technologii powszechnie znanych

Okres dynamicznego powstawania nowych technologii z pewnością można uznać za zakończony. Obecnie obserwowanym trendem jest ich ulepszanie, poszerzanie zakresu zastosowań oraz wprowadzanie alternatywnych rozwiązań materiałowych czy technologicznych.

Przykładowo najbardziej popularna na świecie i w kraju technologia CIPP [9] utwardzanych in situ powłok żywicznych doskonalona jest w przypadku wielkowymiarowych przekrojów rur w kierunku stosowania powłok o bardzo wysokich modułach E, dzięki czemu grubość takich powłok ulega znaczącej redukcji. Niektóre firmy stosują żywice bezstyrenowe, opracowano także nowy sposób utwardzania powłok żywicznych światłem LED.

Jedną z bardziej atrakcyjnych nowych technologii stosowanych m.in. w przewodach kanalizacyjnych jest bezwykopowa naprawa lub rehabilitacja wielkowymiarowych przewodów przy zastosowaniu lekkich tkanin węglowych [6], wnoszonych do wnętrza przewodów przez robotników kanałowych, którzy następnie za pomocą żywicy dokleją ją do wnętrza odnawianego przewodu (rys. 3). Powłoki te cechują się bardzo dużą wytrzymałością, gdyż 1 mm takiej powłoki jest równoważny w zależności od rodzaju zastosowanej tkaniny 3 do 5 mm alternatywnej powłoki stalowej.



Rys. 3. Odnowa magistrali wodociągowej DN 2590 mm przy zastosowaniu tkanin węglowych doklejaných do wewnętrznej powłoki rur za pomocą żywicy [6]



Rys. 4. Przewód wodociągowy z narostami inkrustacyjnymi przed rehabilitacją i po oczyszczeniu oraz wykonaniu natrysku jego wewnętrznej powierzchni żywicą polimocznikową [1]

W przypadku przewodów wodociągowych coraz częściej stosowany jest natrysk ich wnętrza (rys. 4) powłoką poliuretanową lub polimocznikową [1, 4]. Istotnymi zaletami tej technologii są:

- szybki czas utwardzania się żywicy, po 30 minutach możliwe jest włączenie przewodu do eksploatacji,
 - wysokie tempo robót, do 230 m/godz.,
 - możliwość konstrukcyjnego wzmocnienia odnawianego przewodu. Jednorazowo można tworzyć powłoki o grubości 7 mm (przy natrysku epoksydem tylko 1 mm), a ich wytrzymałość na rozciąganie jest około 10 razy wyższa niż powłok cementowych.
- Powszechnie znana w Polsce technologia natrysku za pomocą cementową [9], stosowana do renowacji przewodów wodociągowych, w innych krajach znajduje

szersze zastosowanie, na przykład do rehabilitacji przewodów kanalizacyjnych. W opcji specjalnych zmodyfikowanych zapraw zastosowanie jej, w przypadku przewodów wykonanych z betonu niskiej jakości, w których obserwuje się procesy korozyjne, a nośność ich jest prawidłowa, powstrzymałoby zaobserwowane procesy korozyjne. Natomiast koszt zastosowania tej technologii jest kilkukrotnie niższy od kosztu zastosowania innych renowacyjnych technologii powłokowych.

4. Bezwykopowa budowa

Podobnie jak w przypadku technologii bezwykopowej odnowy, w technologiach bezwykopowej budowy obserwuje się tendencje do modyfikacji istniejących technologii, poszerzenia zakresu ich stosowania oraz aplikacji w dziedzinach, w których do tej pory nie były stosowane.

W przypadku poszerzenia zakresu stosowania technologii bezwykopowej budowy można zauważyć znaczny wzrost długości jednorazowo wbudowywanych przewodów podziemnych, dotyczy to szczególnie technologii przewiertu sterowanego, przy zastosowaniu której wbudowywane są przewody podziemne o długości przekraczającej nawet 2400 m. Również stosując mikrotunelowanie wbudowywane są przewody podziemne o długości dochodzącej prawie do 1000 m. Taką realizację w technologii mikrotunelowania wykonano w Warszawie, w ramach realizacji układu przesyłowego do oczyszczalni ścieków „Czajka”. Najdłuższy wbudowany jednorazowo odcinek kolektora kanalizacyjnego, o średnicy zewnętrznej DZ 3000 mm, wyniósł 930 m.

W przypadku modyfikacji technologii bezwykopowej budowy na uwagę zasługuje technologia Intersect, bazująca na przewiercie sterowanym, a umożliwiającą wbudowanie przewodów podziemnych o długościach dochodzących nawet do 3 km.

Inną modyfikacją jest zastosowanie głowicy rozwiercającej z napędem bezpośrednim w przeciskach hydraulicznych z wierceniem pilotowym (rys. 5). W tradycyjnych przeciskach hydraulicznych głowica rozwiercająca jest obracana poprzez wał przenośnika ślimakowego, w tzw. pośredni sposób. Rozwiązanie takie powoduje ograniczenie średnicy wbudowywanego przewodu do około 600 mm ze względu na fakt, iż silnik napędzający musi obrócić nie tylko głowicę, czy też rozwiertak, ale także cały ciąg przenośników ślimakowych, wypełnionych urobkiem, prowadzonych wzdłuż stalowych rur osłonowych. W najnowszych rozwiązaniach firm produkujących wiertnice do przecisków hydraulicznych można znaleźć głowice rozwiercające napędzane bezpośrednio, za pomocą silnika znajdującego się w ich wnętrzu. Dzięki zastosowaniu napędu bezpośredniego głowica może pracować w trudniejszych warunkach gruntowych niż w rozwiązaniach tradycyjnych, a zakres średnic wbudowywanych przewodów podziemnych z jej zastosowaniem dochodzi do 1200 mm [16].

Opracowane zostały także nowe technologie bezwypowej budowy, takie jak: Direct Pipe, technologia Axis, czy też technologia Front Steer. Jednakże każda z nich powstała na bazie technologii już wcześniej wdrożonej. I tak technologia Direct Pipe bazuje na technologii mikrotunelowania. W celu urabiania gruntu wykorzystuje się tutaj standardowe głowice mikrotunelowe. Znajdująca się na powierzchni terenu specjalna stacja pchająca wciska w grunt stalowy rurociąg osłonowy oraz urządzenie do mikrotunelowania. Przed rozpoczęciem przewiertu rurociąg stalowy musi zostać zespawany na placu budowy, a złącza zaizolowane oraz przetestowane. W celu pokonania oporów tarcia pomiędzy urządzeniem do mikrotunelowania a przeciskaniem rurociągiem znajduje się specjalny pierścień smarujący, który podaje płuczkę bentonitową, w obszar pomiędzy przeciskaniem przewodem a otaczającym gruntem. Do-



Rys. 5. Rozwiercanie gruntu za pomocą głowicy rozwiercającej z napędem bezpośrednim z jednoczesnym przeciskaniem hydraulicznym rur przeciskowych [14]

datkowo wciskany rurociąg umieszczany jest na prowadnicach rolkowych. Po osiągnięciu przez urządzenie do mikrotunelowania wykopu końcowego jest ono demontowane wraz ze wszystkimi przewodami zasilającymi i usuwającymi urobek. Technologia Direct Pipe umożliwia wbudowywanie przewodów stalowych w trakcie jednego etapu robót o średnicach od 500–1200 mm. Maksymalna siła ucięcia i pchania wynosi 5000 kN (500 ton). Długości jednorazowo wbudowywanych odcinków osiągają kilkaset metrów. Pipe Thruster ma możliwość zmiany swojego położenia kąтового w stosunku do powierzchni terenu, które wynosi 5°–15°. Ze względu na urabianie gruntu za pomocą głowicy mikrotunelowej technologia może być stosowana w każdych warunkach gruntowych, a także poniżej zwierciadła wody gruntowej. Jest to metoda sterowalna, a dzięki zastosowaniu żyrokompasowego systemu sterowania i kontroli umożliwia wbudowywanie rurociągów po łuku z bardzo dużą dokładnością (do ± 10 mm). Istotną zaletą tej technologii jest możliwość wycofania głowicy mikrotunelowej w razie natrafienia na przeszkody w gruncie [9].

Z kolei technologia Axis jest to dwuetapowy przecisk hydrauliczny sterowany, w którym zastosowano laserowy system sterowania i kontroli. Technologia ta umożliwia wbudowywanie przewodów podziemnych małych średnicowych. W pierwszym etapie robót za pomocą specjalnego urządzenia przeciskającego, w grunt wciskana jest głowica urabiająca, a bezpośrednio za nią ciąg stalowych rur osłonowych. Tarcza urabiająca grunt jest napędzana poprzez specjalny wał napędowy prowadzony we wnętrzu stalowych rur osłonowych. Odspojony grunt jest zasysany z wnętrza głowicy urabiającej i transportowany systemem pneumatycznym za pomocą pomp próżniowych do zamkniętego zasobnika, znajdującego się na powierzchni terenu. Wnętrze stalowych rur osłonowych tworzą dwie komory: dolna, służąca do transportu urobku oraz górna, którą przebiega promień lasera. W czasie przecisku stalowe rury osłonowe nie obracają się. Promień lasera pada na tablicę celowniczą, a jej obraz przekazywany jest poprzez kamerę na monitor znajdujący się na stanowisku operatora urządzenia. Zmianę kierunku wbudowywanego ciągu rur osłonowych wprowadza się poprzez wydłużenie lub skrócenie siłowników hydraulicznych, znajdujących się w głowicy urabiającej, co z kolei prowadzi do odchylenia osi głowicy od osi stalowych rur osłonowych. Po dotarciu głowicy urabiającej do wykopu docelowego rozpoczyna się drugi etap robót. Tak jak w tradycyjnych przeciskach sterowanych w grunt wciskane są rury przewodowe w postaci rur przeciskowych [16].



Rys. 6. Wnętrze wykopu początkowego z urządzeniem do przecisku w technologii Axis [13]

Wbudowywanie przewodów podziemnych z zastosowaniem technologii Front Steer odbywa się w dwóch etapach. W pierwszym etapie robót głowica, zaopatrzona w tarczę skrawającą, urabia grunt. Tak jak w technologii mikrotunelowania głowica jest wciskana w grunt za pomocą siłowników hydraulicznych, umieszczonych w wykopie początkowym w specjalnej ramie przeciskowej. Bezpośrednio za głowicą wciskane są w grunt stalowe rury osłonowe. W ich wnętrzu znajdują się przenośniki ślimakowe, które służą do usuwania urobionego gruntu. Urobek transportowany jest do zasobnika w wykopie

początkowym. Do kontroli prawidłowości trasy wbudowywanego przewodu stosowany jest system teleoptyczny, składający się z takich samych elementów jak w przeciskach hydraulicznych z wierceniem pilotowym [17]. Przy czym obraz diodowej tablicy celowniczej, znajdującej się w głowicy, obserwowany jest przez kamerę cyfrową przez wydrążoną tuleję przenośnika ślimakowego. Drugi etap robót rozpoczyna się po dotarciu głowicy do wykopu docelowego. W wykopie tym głowica jest odbierana i wyciągana na zewnątrz. Od tego momentu z wykopu początkowego przeciskane są rury przeciskowe – przewodowe. Jednocześnie w wykopie docelowym odbierane są stalowe rury osłonowe z elementami przenośników ślimakowych [16].

Istotnym trendem w technologiach bezwykopowej budowy jest udoskonalanie istniejących i opracowywanie nowych systemów sterowania i kontroli, zapewniających uzyskanie większej dokładności w budowaniu przewodów podziemnych, a także systemów lokalizacji sieci uzbrojenia podziemnego. Jednym z nich jest system ORFEUS, przeznaczony do wykrywania przeszkód na trasie przewiertu sterowanego.

Coraz więcej przewodów podziemnych w budowywanych jest w technologiach bezwykopowej budowy na bardzo dużych głębokościach, np. powyżej 20 m. Do głębin i obudowy wykopów początkowych i docelowych stosowane są wówczas specjalne urządzenia, np. tarcze sferyczne lub urządzenie VSM 8000 firmy Herrenknecht, które umożliwiają wykonywanie obudowy wykopów początkowych i docelowych nawet na głębokość przekraczającą 100 m [15].

Oprócz nowych technologii wdrażane są nowe aplikacje tradycyjnych technologii bezwykopowej budowy np., zastosowanie technologii przewiertu sterowanego do: pozyskiwania gazu z odmetanowania kopalń węgla kamiennego, eksploatacji podziemnych złóż minerałów, pozyskiwania ciepła z głębi ziemi, czy też do stabilizacji skarp.

BIBLIOGRAFIA

- [1] 3M Water Infrastructure: 3M Scotchkote Pipe Renewal Liner 2400, USA, prospekt, p. 8
- [2] Crowder D., Bauer G., Young D., Determining the effectiveness of using a multiple sensor (MSI) robot for large diameter sewer inspections. In: Proceedings of International Conference No – Dig 2009, International Society for Trenchless Technology, Toronto, 2009
- [3] Kuliczowska E., Kryteria planowania bezwykopowej odnowy nieprzełazowych przewodów kanalizacyjnych, monografia nr 3, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach, Kielce 2008, s. 223
- [4] Kuliczowska E., Starnawska K., Bezwykopowa renowacja przewodów wodociągowych z zastosowaniem żywic poliuretanowych. Instal, 2011, nr 7-8, s. 68-71
- [5] Kuliczowska E., Metoda ABCDE zarządzania stanem technicznym przewodów kanalizacyjnych. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, 2014, nr 2 (53), s. 39-41.
- [6] Kuliczowska E., Metody oceny stanu technicznego i rehabilitacji magistral wodociągowych wykonanych z rur z betonu sprężonego, Technologia wody, 2014, nr. 5, s. 22-27
- [7] Kuliczowska E., Możliwe rozbieżności w ocenach stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych. Instal, 2014, nr 10, s. 79-82
- [8] Kuliczowska E., Mogielski K., Diagnostyka stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych z zastosowaniem metody elektro-skąnowania. Instal, 2014, nr 1, s. 37-41
- [9] Kuliczowski A. i inni, Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska. Wydawnictwo Seidel – Przywecki Sp. z o.o., Warszawa, 2010, s. 735.
- [10] Kuliczowski A., Trwałość rozwiązań stosowanych w budowie i odnowie przewodów kanalizacyjnych, Instal, 2014, nr 3, s. 54-56.
- [11] Madryas C., Przybyła B., Wysocki L., Badania i ocena stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 2010, s. 312
- [12] Rak J. R., Istota ryzyka w funkcjonowaniu systemu zaopatrzenia w wodę, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2004, s. 113
- [13] Vermeer – materiały informacyjne
- [14] Wamet – materiały informacyjne
- [15] Zwierzchowska A., Wykopy początkowe i docelowe w bezwykopowej budowie przewodów podziemnych. Przegląd Budowlany 2009 nr 11, str. 42-49
- [16] Zwierzchowska A., Najnowsze rozwiązania w przeciskach hydraulicznych sterowanych. Instal, 2011, nr 1, str. 38-40
- [17] Zwierzchowska A., Wybrane aspekty sterowania i kontroli w bezwykopowej budowie przewodów podziemnych. Instal, 2012, nr 4, str. 67-71

Uwaga!

Członkowie PZITB i PIIB
prenumeratę na rok 2015
mogą zamówić także przez
Okręgowe Izby
Inżynierów Budownictwa.

Prenumerata – 252 zł

Studencka – 126 zł

Ulgowa – 126 zł

Elektroniczna – 75 zł

Zapraszamy do zakupu prenumeraty „Przeglądu Budowlanego”