

Nowe wyzwania dla infrastruktury krytycznej – od ekstremalnych zjawisk hydrologicznych i sejsmicznych po akty sabotażu

2 x fot. Kazimierz Kudalik



Fot. 1. Kolektor dosyłowy PE do oczyszczalni ścieków w Nowym Sączu DN1400 (3,4 km) podczas powodzi w 2010 roku. Rok budowy 1995

Zmiany klimatu to temat, który zdominował debatę publiczną i naukową w ostatnich latach. Organizowane są liczne konferencje poświęcone temu zagadnieniu, jednak wciąż brakuje odpowiedzi na kluczowe pytanie: Czy posiadamy skuteczne narzędzia umożliwiające podejmowanie decyzji o budowie infrastruktury krytycznej z uwzględnieniem jej trwałości i odporności? Czy zanim

przystąpimy do projektowania, przeprowadzamy rzetelną analizę wielokryterialną, obejmującą aspekty odporności materiałowej w całym okresie eksploatacji, z uwzględnieniem zmian klimatycznych? Czy przy analizie różnych rozwiązań dążymy do wyboru materiału najbardziej odpornego na akty sabotażu?

Ten artykuł ma na celu wskazanie nowych, istotnych kierunków myślenia

o trwałości i bezpieczeństwie infrastruktury krytycznej.

Myślenie długoterminowe jako klucz do sukcesu

W czasach, gdy rośnie liczba zagrożeń naturalnych i geopolitycznych, niezawodność infrastruktury krytycznej powinna stanowić punkt wyjścia dla każ-

dej inwestycji. Tymczasem zbyt często decyzje inwestycyjne są uzależnione od najniższej ceny, bez analizy konsekwencji w całym cyklu życia obiektu.

Nowelizacja ustawy Prawo zamówień publicznych, poprzez „zasadę efektywności” (Art. 17 ust. 1 Pzp)¹ wprowadziła co prawda obowiązek dążenia przez zamawiających do uzyskania najlepszej jakości finalnego zamówienia, przy jednoczesnym utrzymaniu konkurencyjnego kosztu jego pozyskania, ale nadal potrzebne jest wdrożenie nowych narzędzi pomagających w sposób transparentny przeprowadzać ocenę poszczególnych rozwiązań, tak aby osiągać najlepszy efekt z poniesionych nakładów, uwzględniając cały cykl życia inwestycji. W tym kontekście warto zwrócić uwagę na dokument opracowany przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska – „Poradnik weryfikacji inwestycji pod względem wpływu na klimat i adaptacji do zmian klimatu w okresie programowania UE 2021–2027”². Jak czytamy w publikacji:

Zgodnie z wytycznymi KE, weryfikacja klimatyczna powinna być przeprowadzana dla całego cyklu życia projektu, od etapu strategicznego planowania do etapu likwidacji i opiera się na dwóch filarach: weryfikacji neutralności klimatycznej (...) oraz weryfikacji odporności klimatycznej potwierdzającej odporność infrastruktury na możliwe do przewidzenia zagrożenia klimatyczne w całym okresie eksploatacji infrastruktury, od początkowych etapów do fazy likwidacji.

Autorzy podkreślają, że już na etapie preselekcji projektów należy dokonywać identyfikacji ryzyka klimatycznego, obejmującej analizę podatności na zagrożenia.

Analiza kosztów pełnego cyklu życia inwestycji LLCA – standard światowy

W Polsce zbyt rzadko stosuje się podejście oparte na analizie pełnego cyklu życia inwestycji (LLCA, *Long Live Cost Analyse*). Inaczej sytuacja wygląda w innych krajach – m.in. w USA i Wielkiej Brytanii – gdzie od lat wykorzystuje się narzędzia pozwalające oceniać inwestycje nie tylko pod względem kosztów budowy, lecz także eksploatacji i utylizacji.



Fot. 2. Ponowne posadowienie kolektora PE DN1400 w Nowym Sączu po ustąpieniu powodzi

Przykładowo w USA w celu poprawy czasu i bezpieczeństwa użytkowania inwestycji publicznych, określenia przedmiotu zamówienia na roboty budowlane oraz oceny projektów według ich jakości i najniższych kosztów w całym cyklu życia obiektu budowlanego (*Long Live Cost – LLC*) rząd USA ustanowił szczegółowe regulacje przygotowania i oceny inwestycji publicznych. (...) Dla ujednolicenia zasad przygotowania przetargu publicznego dla robót budowlanych według kryterium LLCA (*Long Live Cost Analyse*) Departament Handlu w 2007 r. zatwierdził „Podręcznik dla obliczania efektywności inwestycji dla ochrony kapitału”³.

Inwestorzy są zatem zobowiązani do oceny efektywności inwestycji z uwzględnieniem trwałości i jakości infrastruktury na każdym etapie jej cyklu życia – od rozpoczęcia budowy aż po moment likwidacji.

Analogiczne rozwiązania wprowadziła też Wielka Brytania, gdzie w celu poprawy jakości projektowania i obniżenia kosztów operacyjnych eksploatacji obiektu postanowiono skorzystać z rozwiązań stosowanych przez sektor prywatny podczas realizacji swoich obiektów według zasad PFI (*Private Finance Initiative* – prywatna inicjatywa finansowa) (...). Zastosowanie metody PFI oznacza wprowadzenie do sektora publicznego dyscypliny w zarządzaniu projektem inwestycji budowlanej od programu do eksploatacji³.

Brytyjski sektor wodny posiada szczegółowe opracowania obejmujące modele kosztów w całym cyklu życia magistral wodociągowych. Warto zwrócić uwagę na referat pt. „Development of a whole life costing model for large diameter water mains”⁴, który zaprezentowano również w Polsce. Jego polskie tłumaczenie, dostępne na stronach PRIK⁵, nosi tytuł „Opracowanie modelu kosztów pełnego cyklu życia magistral wodociągowych”. Wśród wniosków tego opracowania czytamy między innymi:

(...) we wstępnej analizie kosztów projektu wszystkich czynników, najbardziej ekonomiczne rozwiązanie może się zmienić i w wielu przypadkach najlepszym rozwiązaniem staje się PE. Jednak docelowo to nie koszt będzie nadrzędnym czynnikiem, ponieważ gdy woda staje się towarem deficytowym, rolę tę przejmuje trwałość i niezawodność systemu. W tych warunkach odporność na korozję i szczelność połączeń rur PE uczyni je jedynym wyborem niezależnie od średnicy.

Wiarygodność deklaracji producentów – jak ocenić rzeczywistą trwałość?

W obecnych warunkach inwestycyjnych niezwykle ważne staje się wdrożenie – na wzór rozwiązań stosowanych w innych krajach – ogólnokrajowych, przejrzystych procedur oceny ekono-



Fot. 3. Zniszczony port lotniczy, Donieck 21.01.2015 rok



Fot. 4. Detonacja ładunku w odległości 2 m od schronu DN3000 z rury Weholite

micznej zgodnych z kryterium LLCA, czyli analizą kosztów w pełnym cyklu życia inwestycji. Choć proces ten jest złożony i wymagający, jego znaczenie rośnie wraz z nasilającymi się zmianami klimatu, które zwiększają potrzebę zapewnienia trwałości i bezpieczeństwa infrastruktury krytycznej.

Zanim jednak takie narzędzia staną się standardem, warto już dziś podejmować działania przygotowawcze – zlecając, jeszcze przed rozpoczęciem projektowania, analizę wielokryterialną różnych wariantów technicznych. Powinna ona obejmować pełen cykl

życia inwestycji oraz uwzględniać różne scenariusze eksploatacyjne, w tym okresy przeciążenia spowodowane np. podtopieniami. Kluczowe jest przy tym krytyczne podejście do deklaracji producentów, które często nie znajdują potwierdzenia w rzeczywistych danych czy doświadczeniach eksploatacyjnych.

Dlatego decyzje inwestycyjne należy opierać na wiarygodnych źródłach, w szczególności na zapisach norm branżowych. Przykładem może być norma PN-C-89224⁶, dotycząca przewodów rurowych z tworzyw termo-

plastycznych, w tym polietylenu, która potwierdza nie tylko ponad 100-letnią trwałość materiału, ale również wzrost jego sztywności w czasie. Takie dane stanowią rzeczywisty fundament do podejmowania świadomych decyzji inwestycyjnych – w przeciwieństwie do marketingowych obietnic.

Technologia PE Uponor sprawdzona w warunkach ekstremalnych – przykład z Nowego Sącza

Przy wyborze technologii kluczowe znaczenie mają sprawdzone referencje od inwestorów, którzy mogą potwierdzić działanie danej technologii w trudnych warunkach pracy. Dobrym przykładem potwierdzającym niezawodność systemów PE Uponor, również w warunkach powodzi, jest wystąpienie przedstawicieli Sądeckich Wodociągów podczas konferencji IGWP towarzyszącej targom WOD-KAN w 2022 roku⁷.

W 2010 roku przez Nowy Sącz przeszły dwie potężne fale powodziowe, które spowodowały znaczne zniszczenia infrastruktury. Woda zniszczyła między innymi most stalowy oraz wypłukała dennie zabezpieczenie głównego kolektora DN1400 PE doprowadzającego ścieki do oczyszczalni, co doprowadziło do jego wyniesienia ponad lustro wody (fot. 1.). Spodziewano się wówczas przerwania ciągłości pracy kolektora i wycieku ścieków do środowiska. Ku zaskoczeniu wszystkich, kolektor wykonany z rur PE Weholite i łączony metodą spawania ekstruzyjnego zachował pełną szczelność. Po ustąpieniu wód został ponownie osadzony w gruncie (fot. 2.) i funkcjonuje bezawaryjnie do dziś – obecnie trwa jego trzydziesty rok eksploatacji.

Odporność na trzęsienia ziemi i inne obciążenia dynamiczne

W Polsce coraz częściej obserwujemy występowanie ekstremalnych zjawisk pogodowych, takich jak gwałtowne powodzie błyskawiczne. W tej sytuacji niezwykle ważne staje się projektowanie infrastruktury w sposób zapewniający jej odporność na obciążenia dynamiczne. Jednym z najbardziej wymagających przykładów takich obciążeń są trzęsienia ziemi.

Odporność rurociągów z polietylenu (PE) na obciążenia i ruchy gruntu została potwierdzona już w 1995 roku, podczas trzęsienia ziemi w Kobe. Analiza zniszczeń wykazała liczne uszkodzenia rurociągów stalowych i żeliwnych, natomiast nie odnotowano żadnych awarii sieci wykonanej z PE⁸.

Wyniki tej analizy przyczyniły się do gwałtownego wzrostu popularności rur PE w regionach sejsmicznie aktywnych. Co więcej, podczas kolejnych ośmiu trzęsień ziemi nie odnotowano żadnych awarii sieci wykonanych z PE, co potwierdzono m.in. podczas konferencji branżowej w Las Vegas⁹.

Odporność kinetyczna – bezpieczeństwo w warunkach konfliktu

W kontekście sytuacji za wschodnią granicą coraz większe znaczenie zyskuje odporność kinetyczna infrastruktury, czyli jej zdolność do przetrwania oddziaływań o charakterze wybuchowym. Przykład z Doniecka, gdzie w 2014 roku kanały burzowe wykonane z rur PE Uponor przetrwały bombardowanie lotniska i posłużyły jako schronienie dla żołnierzy ukraińskich¹⁰, potwierdza wyjątkową wytrzymałość tych konstrukcji.

Doświadczenia te stały się impulsem do opracowania schronów na bazie rur polietylenowych¹¹. W ramach badań przeprowadzono testy z użyciem ładunków wybuchowych o masie 10 kg TNT, detonowanych zarówno na powierzchni, jak i w gruncie w bezpośrednim sąsiedztwie konstrukcji (fot. 4.).

Badania, przeprowadzone zgodnie z normą NO-02-A116:2012 (kategoria C5) i standardami NATO (STANAG 2280, 4549, 2288, 2895, AEP-55), wykazały, że konstrukcje z rur PE Weholite Uponor zachowują pełną integralność nawet w ekstremalnych warunkach. Nie odnotowano trwałych odkształceń (powyżej 0,005 m, przy bazie 3,0 m) po serii detonacji, a konstrukcje wykazały odporność na wybuchy ładunków odpalanych w odległości 2 m od obiektu. Wyniki potwierdzają, że rozwiązania te mogą być z powodzeniem stosowane nie tylko w infrastrukturze krytycznej, lecz także w systemach obrony cywilnej i wojskowej.

Właściwa analiza – kluczem do budowania odporności infrastruktury

W obliczu gwałtownych zmian klimatycznych i rosnącego ryzyka konfliktów odpowiedzialne planowanie i dobór technologii to nie tylko kwestia efektywności, lecz przede wszystkim bezpieczeństwa – zarówno ludzi, jak i zasobów. Warto zatem opracować przejrzyste narzędzia oparte na analizie

kosztów pełnego cyklu życia (LLCA), uwzględniające pracę systemów również w warunkach przeciążenia. Zanim takie narzędzia staną się standardem, pomocna może być analiza wielokryterialna przeprowadzana już na etapie preselekcji rozwiązań, obejmująca trwałość materiałów w różnych warunkach pracy.

Edyta Zalewska
Uponor Infra Sp. z o.o.

Źródła:

1. Ustawa z dnia 11 września 2019 r. Prawo zamówień publicznych Dz.U. 2019 poz. 2019; <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzu-dziennik-ustaw/prawo-zamowien-publicznych-18903829>.
2. Poradnik weryfikacji inwestycji pod względem wpływu na klimat i adaptacji do zmian klimatu w okresie programowania UE 2021-2027, Ministerstwo Klimatu i Środowiska; www.gov.pl/web/klimat/poradnik-weryfikacji-inwestycji-pod-wzgledem-wplywu-na-klimat-i-adaptacji-do-zmian-klimatu-w-okresie-programowania-ue-2021-2028.
3. Efektywność inwestycji a postępowanie przetargowe, Jerzy Kubiszewski, Inżynier Budownictwa, 03.2010; <https://inzynierbudownictwa.pl/efektywnosc-inwestycji-a-postepowanie-przetargowe/>.
4. Development of a whole life costing model for large diameter water mains, Mike Shepherd – Thames Water, Alan Headford – GPS, Richard Jordan – TRL Ltd., Sarah Reeves – TRL Ltd. & David Walton – Borealis AB, Plastics Pipes XIII, Washington DC, 2-5th October 2006; <https://conduitcalc.plasticpipe.org/pdf/whole-life-system-cost-2-12-16.pdf>.
5. Opracowanie modelu kosztów pełnego cyklu życia magistral wodociągowych, Mike Shepherd – Thames Water, Alan Headford – GPS, Richard Jordan – TRL Ltd., Sarah Reeves – TRL Ltd. & David Walton – Borealis AB, I Konferencja Techniczna pt. „Sieci wodociągowe z tworzyw sztucznych. Nowe rozwiązania z polipropylenu i polietylenu”, 6–7 grudnia 2007, Bielsko-Biała; www.prik.pl/images/pdf/konferencje/konf1/M.-Shepherd-A.-Headford-R.-Jordan-S.-Reeves-D.-WaltonOpracowanie-modelu-kosztow-peznego-cyklu-zycia-magistral-wodociagowych.pdf.
6. PN-C-89224:2018-03 Systemy przewodów rurowych z termoplastycznych tworzyw sztucznych – Zewnętrzne systemy bezciśnieniowe i ciśnieniowe do przesyłania wody, odwadniania i kanalizacji z nieplastifikowanego polichlorku winylu (PVC-U), polipropylenu (PP) i polietylenu (PE) – Warunki techniczne wykonania i odbioru.
7. Infrastruktura wodociągowo-kanalizacyjna a skutki zmian klimatycznych, Kazimierz Kudlik, kierownik Działu Badań i Rozwoju, Sąddeckie Wodociągi Sp. z o.o. Nagranie z Konferencji #must have branży wod-kan: Wodociągowcy Wodociągowcom: Technologie dla małych, średnich i dużych przedsiębiorstw wod.-kan., 11.05.2022; www.youtube.com/watch?v=yeEM31cRt0s&t=109s.
8. Performance of Pipes During Earthquakes Conference Plastic Pipes XV, Vancouver 2010, Autor: Camille George Rubeiz, Plastics Pipe Institute, USA; www.pe100plus.com/PPCA/2010-Vancouver-Conference-15.html.
9. Polyethylene pipeline performance against earthquake, H. Omuro, T. Himono, Proceedings of the 19th Plastic Pipes Conference PPXIX September 24-26, 2018, Las Vegas, Nevada; www.plasticpipe.org/common/Uploaded%20files/1-PPI/Divisions/Municipal%20and%20Industrial/Division%20Publications/Potable%20Water/Earthquake/HidekiOmuroTomokazuHimono2018PolyethylenePipelinePerformanceAgainstEarthquakePPXIXLA.pdf.
10. Донецкий аэропорт защищают киборги! Donieckie lotnisko bronią cyborgi!, (Архив) Политика / Мнения, 26.09.2014 13:24; www.obozrevatel.com/blogs/60943-donetskij-aeroport-zaschischayut-kiborgi.htm.
11. Nowoczesne i innowacyjne schrony dla ludności cywilnej, Pelter; <https://pelter.pl/>.