

100 letni okres trwałości użytkowej



polipropylenowych i polietylenowych
grawitacyjnych rur kanalizacyjnych



**100-letni okres trwałości użytkowej polipropylenowych
i polietylenowych gravitacyjnych rur kanalizacyjnych**
Projekt TEPPFA prowadzony we współpracy z Borealis i LyondellBasell
Grudzień 2014

Podsumowanie raportu technicznego
(przygotowano w oparciu o fragmenty pełnej wersji raportu)

Skład grupy projektowej:
Tiem Meijering, *Kierownik projektu, Teppfa*
Jeannette Mulder, *Wavin*
Günter Dreiling, *Borealis*
Heinz Vogt, *LyondellBasell*

Oceniający projekt:
Prof. Heinz Dragaun, TGM

Niniejszy raport jest własnością TEPPFA, Borealis i LyondellBasell.
Publikacja jego wyników, pełnej wersji lub fragmentów dozwolona jest
wyłącznie za uprzednią pisemną zgodą partnerów projektu.

Tłumaczenie: Biuro Tłumaczeń **ULTRA**, Poznań

Wydanie II (Wersja elektroniczna)

© Copyright for the Polish translation by Polskie Stowarzyszenie
Producentów Rur i Kształtek z Tworzyw Sztucznych

Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie, przedrukowywanie i rozpowszechniania
całości lub fragmentów niniejszej publikacji bez zgody wydawcy zabronione.

Skład i opracowanie graficzne
Jacek Leszczyński

Polskie Stowarzyszenie Producentów Rur i Kształtek
z Tworzyw Sztucznych
87 - 100 Toruń, ul. Szosa Chełmińska 30
www.prik.pl, e-mail: biuro@prik.pl

Spis treści

Abstrakt.....	5
1. Wstęp	7
2. Metodologia	10
3. Wyniki.....	15
4. Wnioski	22
5. Co dalej?	25
6. Walidacja zewnętrzna.....	26
7. Bibliografia.....	28

Prognoza stuletniego okresu trwałości użytkowej poliolefinowych grawitacyjnych systemów kanalizacyjnych

Podsumowanie badania [1] przeprowadzonego przez Teppfa we współpracy z Borealis i LyondellBasell

T. Meijering¹, J. Mulder-Grootenk², G. Dreiling³, H. Vogt⁴

¹ Teppfa, Bruksela, Belgia

² Wavin Technology & Innovation, Dedemsvaart, Holandia

³ Borealis, Wiedeń, Austria

⁴ LyondellBasell, Frankfurt, Niemcy

Abstrakt

Chociaż prognozowanie okresu trwałości użytkowej rurociągów z tworzyw sztucznych jest dobrze opisane w literaturze dotyczącej systemów ciśnieniowych, wciąż brakuje naukowego podejścia do prognozowania eksploatacji bezciśnieniowych systemów kanalizacyjno - odwadniających. Celem niniejszego badania jest udostępnienie rzetelnych danych umożliwiających prognozę okresu trwałości użytkowej na okres co najmniej stu lat dla poliolefinowych (PE i PP) rur kanalizacyjnych wyprodukowanych zgodnie z normami EN 1852-1 [2], EN 12666-1 [3] oraz rur typu B wyprodukowanych według normy EN 13476-3 [4].

Aby pokazać możliwości rur kanalizacyjnych o ściankach litych i strukturalnych wykonanych z PE i PP-B w długiej perspektywie eksploatacji, zbadano stopień zniszczenia termoutleniającego, maksymalne dopuszczalne naprężenie, długoterminowe zachowanie w warunkach stałego obciążenia oraz wpływ ścieków i temperatury. Poza danymi dla materiału pierwotnego, wykorzystano również dane uzyskane w toku szczegółowych badań

wykopanych rur o okresie użytkowania sięgającym 38 lat.

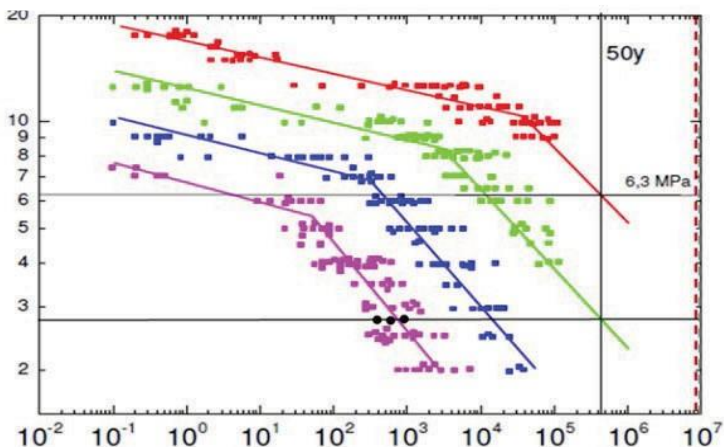
Badanie pokazuje, że okres trwałości użytkowej poliolefinowych systemów kanalizacyjnych wynosi co najmniej sto lat, jeżeli zastosowane materiały, produkty i praktyki instalacyjne odpowiadają stosownym standardom (więcej informacji na ten temat znajduje się w Sekcji 4: “Wnioski”)

Projekt został poddany niezależnej walidacji przeprowadzonej przez prof. H. Dragauna z SV für Polymertechnologie w Austrii.

1. Wstęp

Prognoza okresu trwałości użytkowej rurociągów z tworzyw sztucznych jest dobrze udokumentowana dla systemów ciśnieniowych, w których naprężenie ścianek rur ma charakter ciągły. Dzięki wynikom testów hydrostatycznych przeprowadzanych w różnych temperaturach ekstrapolowanych zgodnie z równaniem Arrheniusa, możemy wiarygodnie przewidzieć okres użytkowania dla konkretnego ciśnienia i temperatur (Rys.1).

Naprężenie obwodowe w MPa

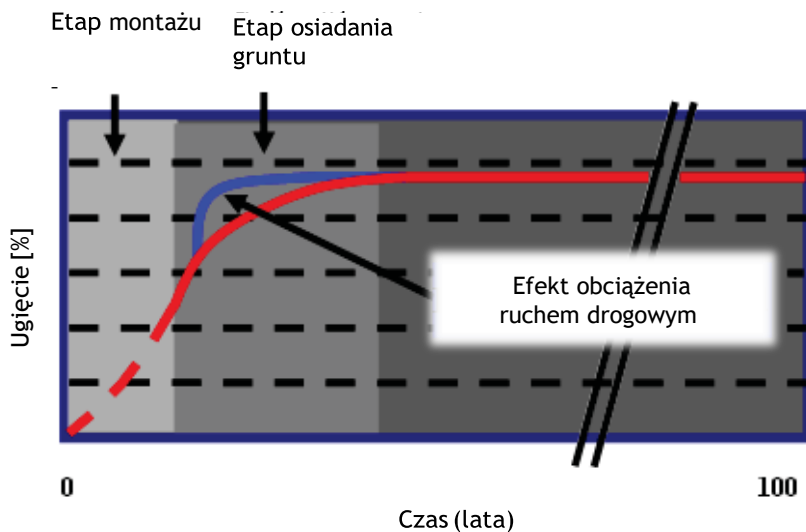


Czas do wystąpienia awarii w godzinach

Rys. 1. Prognoza okresu trwałości użytkowej metodą testów hydrostatycznych

W przypadku tych systemów kanalizacyjnych i odwadniających, gdzie rury są instalowane i eksploatowane bez udziału ciśnienia wewnętrznego, stosuje się ciągłe obciążenie poprzedzone ciągłym uginaniem (Rys.2). Takie zastosowanie zostało bogato udokumentowane w literaturze na temat zachowania się rur

poliolefinowych [1], ale nadal brak naukowego podejścia do oceny okresu trwałości użytkowej rur i materiałów w zastosowaniach bezciśnieniowych.



Rys. 2. Ugięcie w czasie zainstalowanych rur

Nie opracowano również do tej pory żadnych adekwatnych metod badawczych. Z tego też powodu, w obecnie obowiązujących normach dla bezciśnieniowych rur kanalizacyjnych wykonanych z PE lub PP nie ma odniesień do ich prognozowanego okresu użytkowania. Okazuje się jednak, że podawanie bardziej dokładnych prognoz spodziewanego okresu eksploatacji jest coraz ważniejsze w codziennej praktyce.

Celem niniejszego badania jest udostępnienie rzetelnych danych umożliwiających prognozę okresu trwałości użytkowej na okres, co najmniej, stu lat dla poliolefinowych (PE i PP) rur kanalizacyjnych. Obejmuje ono rury PE i PP wykonane zgodnie z normami EN 1852-1 [2] i EN 12666-1 [3] oraz rury typu B

wykonane według normy EN 13476-3 [4].

Warunki brzegowe

Badanie i wnioski opierają się na następujących założeniach:

- Rury powinny być wykonane z zachowaniem powszechnie przyjętych dobrych praktyk produkcyjnych oraz spełniać wymogi europejskich norm produktowych i systemowych (EN1852 dla PP, EN 12666 dla PE i EN13476 dla rur strukturalnych wykonanych z PE i PP). Odpowiednimi i selektywnymi próbami pozwalającymi uniknąć nadmiernej koncentracji naprężeń i niepoprawnych linii spawu pomiędzy dwiema warstwami rur typu B są: badanie elastyczności obwodowej przy 30% ugięciu oraz próba udarowości określone w stosownych normach.
- Analiza i prognozy opierają się wyłącznie na badaniach materiału pierwotnego (niepochodzącego z recyklingu).
- Surowce modyfikowane i surowce z domieszką składników mineralnych nie zostały ujęte w raporcie.

2. Metodologia

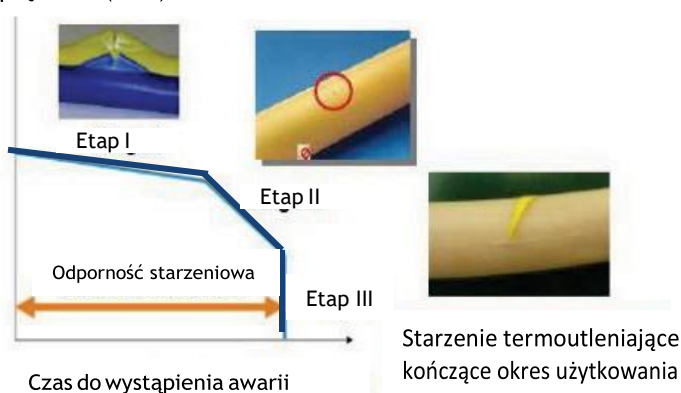
Aby wykazać możliwości rur kanalizacyjnych o ściankach litych i strukturalnych, wykonanych z PE i PP-B, w długiej perspektywie eksploatacji, zbadano następujące czynniki:

a. Stopień zniszczenia termoutleniającego i dopuszczalne naprężenie

Stopień zniszczenia termoutleniającego

Aby osiągnąć stuletni okres trwałości użytkowej, należy dowieść, że beciśnieniowe rury są odporne na przedwczesne uszkodzenia typu kruchego spowodowane termoutlenianiem. W tym celu należy zaproponować metodę testowania materiałów wykorzystanych do budowy rur objętych badaniem i przeanalizować jej wyniki.

Log zastosowanego
naprężenia (MPa)



Rys. 3. Zachowanie rur PE pod ciśnieniem hydrostatycznym

Maksymalne dopuszczalne naprężenie

Materiał, z którego wykonane są rury powinien spełniać podstawowe wymogi określone w normach produktowych, aby zachować odporność na powolną propagację pęknięć.

Przeprowadzone próby dowodzą, że materiał odpowiada liniom referencyjnym z normy ISO15494 [5].

Maksymalne dopuszczalne naprężenia w rurach bezciśnieniowych zapewniające stuleni okres trwałości użytkowej (szczególnie w przypadku rur o ściankach strukturalnych) opierają się na liniach referencyjnych dla 23°C, 30°C i 45°C ekstrapolowanych na sto lat.

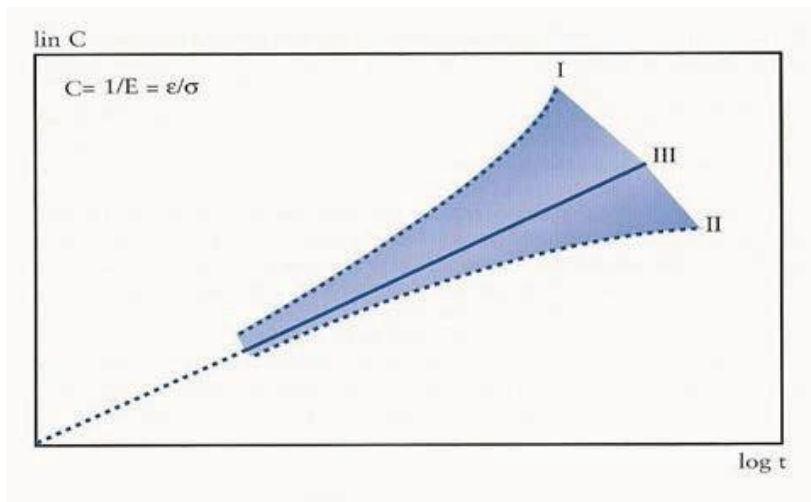
b. Długoterminowe zachowanie w warunkach stałego obciążenia

Długoterminowe zachowanie bezciśnieniowych rur kanalizacyjnych w warunkach stałego obciążenia przeanalizowano przeprowadzając próby relaksacji, podczas których moduł relaksacji mierzony jest jako funkcja czasu obciążenia. Próby relaksacji oceniono na podstawie trzech możliwych podstawowych kształtów krzywych relaksacji (podatności) (por. Rys. 4) określonych przez Jansona [6].

Uzyskane dane wykorzystuje się do obliczenia prognozowanych długoterminowych naprężeń ekstrapolując je na sto lat. Uzyskane wartości powinny być niższe niż dopuszczalne naprężenia, o których mowa w ustępie 2.a, aby uniknąć ryzyka awarii rury w warunkach ciągłego długotrwałego ugięcia.

Próby przeprowadzono na rurach wykonanych z materiału pierwotnego oraz rurach wykopanych (por. ustęp d.). Stałe obciążenie zadane podczas próby wynosiło 15%, co znacznie przewyższa maksymalne dopuszczalne obciążenie określone w wymogach

instalacyjnych wynoszące 8% [7].



Rys. 4. Krzywe podatności Jansona

c. Wpływ ścieków i temperatury

Zgodnie z normą EN 476 [8], dozwolone jest osiągnięcie stałej temperatury wypływu 45°C dla średnic < 200 mm oraz 35°C dla średnic > 200 mm.

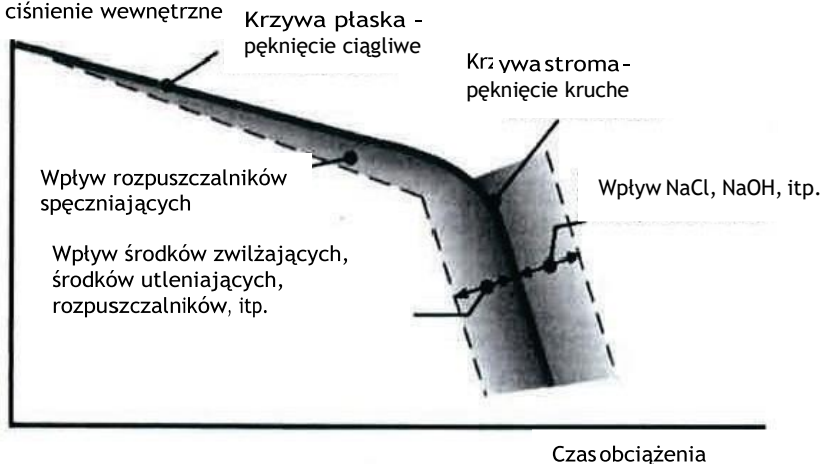
W niniejszym raporcie oceniono zachowanie przy stałej maksymalnej temperaturze 45°C. Przeprowadzono jednocześnie badanie sprawdzające na ile realistyczne są to wartości.

Uwaga: rur o średnicach < 200 mm używa się najczęściej do przyłączy domowych, a te o średnicach > 200 mm znajdują zastosowanie jako magistrale kanalizacyjne, gdzie rzeczywista temperatura jest nawet niższa.

Na prognozę okresu trwałości użytkowej może dodatkowo wpłynąć skład chemiczny ścieków. Aby przeanalizować znaczenie ścieków i ocenić, czy mogą one skrócić okres eksploatacji, wykorzystano dane uzyskane podczas pogłębionego

badania przeprowadzonego w Austrii [9].

Napężenie wskutek wysadzenia
przez ciśnienie wewnętrzne



Rys. 5. Wpływ związków chemicznych

d. Projekty „wykopaliskowe”

Projekty ‘wykopaliskowe’ przeprowadzono, aby ocenić jakość rurociągów kanalizacyjnych po eksploatacji i przewidzieć ich dalszy okres przydatności do użytkowania.

Wykopano i przeanalizowano rury mające za sobą długi okres eksploatacji w pięciu lokalizacjach:

- Rury PE o ściankach litych 200 mm typu SN8 wykopane w Finlandii, 38-letnie (Rys. 6.1);
- Rury PE o ściankach litych 280 mm i 355 mm typu SN8 wykopane w Niemczech, 16-18 letnie (Rys. 6.2);
- Rury PP o ściankach litych 110 mm typu SN8 wykopane w Norwegii, 23-letnie (Rys. 6.3);
- Rury PP o ściankach strukturalnych 160 mm typu SN8 (dwuścienne) wykopane w Norwegii, 20-letnie (Rys. 6.4);

- Rury PP o ściankach strukturalnych 200 mm typu SN6 (żebrowane) wykopane w Danii, 12-letnie (Rys. 6.5).



Rys. 6.1



Rys. 6.2



Rys. 6.3



Rys. 6.4



Rys. 6.5

Przeanalizowano właściwości fizyczne, stopień zniszczenia polimerów, wyniki prób ciśnieniowych zgodnie z obowiązującymi normami, ugięcie po wykopaniu jako wyznacznik wewnętrznych naprężeń, pozostałą odporność na starzenie (PE), elastyczność obwodową i wyniki prób udarności.

3. Wyniki

a. Stopień zniszczenia termoutleniającego i dopuszczalne naprężenie

Po zastosowaniu ekstrapolacji Arrheniusa i wartości energii aktywacji dla PE i PP, stwierdza się w raporcie, że klasy PE i PP w systemach rurociągów bezciśnieniowych wykazują odporność na zniszczenie termoutleniające, spełniając wymogi określone w Tabeli 1.

Tabela 1. Termoutlenianie – wymogi i warunki próby

Materiał	Warunki próby	Wymogi	Metoda badawcza
PE	95 °C, $\sigma = 1.0$ MPa, woda w wodzie	> 8760 h	zgodnie z ISO 1167
PP	110 °C, $\sigma = 1.0$ MPa, woda w powietrzu	> 8760 h	zgodnie z ISO 1167

Na podstawie danych eksperymentalnych dowiedziono, że powyższe wymogi można osiągnąć w przypadku rur bezciśnieniowych z materiałów pierwotnych (niereczyklowanych).

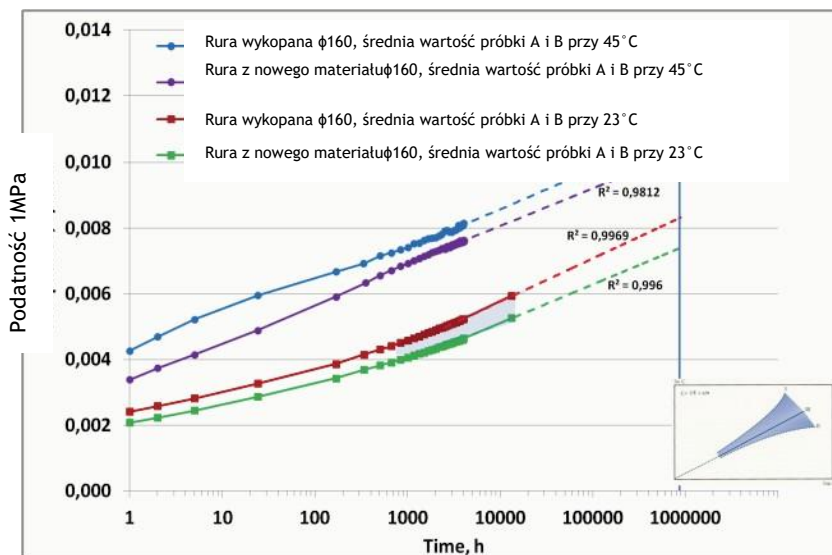
Dopuszczalne naprężenia w okresie 100 lat oblicza się w oparciu o linie referencyjne z normy ISO 15494 [5] przedstawione w Tabeli 2.

Tabela 2. Maksymalne dopuszczalne naprężenia podczas stuletniego okresu eksploatacji obliczone na podstawie [5]

Materiał	Naprężenie w MPa (45 °C / 100 lat)	Naprężenie w MPa (30 °C / 100 lat)	Naprężenie w MPa (23 °C / 100 lat)
PE	5,2	6,6	7,4
PP	3,9	6,9	7,9

Badaniom poddano materiały, z których wykonane zostały rury. Spełniają one podstawowe wymogi prób hydrostatycznych w podwyższonej temperaturze w okresie 1000 h zgodnie z zapisami normy produktowej, wykazując tym samym odporność na powolną propagację pęknięć.

Badaniom poddano również wykopane rury lite (por. litera d).



Rys. 7. Dane dot. pełzania wynikające z krzywej podatności Jansona III (por. Rys. 4.)

b. Długoterminowe zachowanie w warunkach stałego obciążenia

Podczas badania stwierdzono, że linia na wykresie podatność/czas dla rur z materiału pierwotnego i dla rur wykopanych jest we wszystkich przypadkach prosta aż do 13270 godzin trwania próby, co wskazuje na stabilność materiału i ścianek rury. Oznacza

to również, że należy spodziewać się prostej linii relaksacji po ekstrapolacji tych danych na okres 100 lat.

Tabela 3 przedstawia wyliczone naprężenia rur typu SN8 po relaksacji w długiej perspektywie czasowej (100 lat) dla ugięcia 8% i 15% w temperaturze 23°C.

Tabela 3. Wyliczone naprężenia rur typu SN8 przy ugięciu 8 % i 15 %

	T (°C)	Naprężenie po 4000 h		Naprężenie po 13270 h		Naprężenie po 100 latach	
		8 %	15 %	8 %	15 %	8 %	15 %
Przy ugięciu							
PP ścianka lita 110mm	20	3.37	4.87	2.88	4.15	2.05	2.95
PP ścianka strukturalna 160mm	20	4.79	6.91	4.21	6.06	3.17	4.57
PE ścianka lita 200mm	20	3.74	5.40	3.47	5.01	3.01	4.34
PP ścianka strukturalna 160 mm w temperaturze 45 °C	45		4,74				3,29

Przy maksymalnym ugięciu 8%, długotrwałe naprężenia są dalekie od wartości krytycznych (por. Tabela 2).

Przy maksymalnym ugięciu o 15% rur o ściankach strukturalnych, wartości są bardziej krytyczne. Próby relaksacji przeprowadzane przy ugięciu 15% przez 13270 h wykazały jednak, że relaksacja rur przebiega regularnie bez nieprzewidywalnych odchyleń. Oznacza to, że nie należy spodziewać się awarii. Ustalono i zapisano w raporcie [1], że przy ugięciu 15 % naprężenie po 24 h relaksacji w przypadku rur o ściankach litych oraz 1000 h relaksacji w przypadku rur o ściankach strukturalnych jest niższe niż długoterminowe dopuszczalne naprężenie. Przy ugięciu 8 %,

naprężenia ścianek strukturalnych po 24 h relaksacji są również niższe niż naprężenia dopuszczalne.

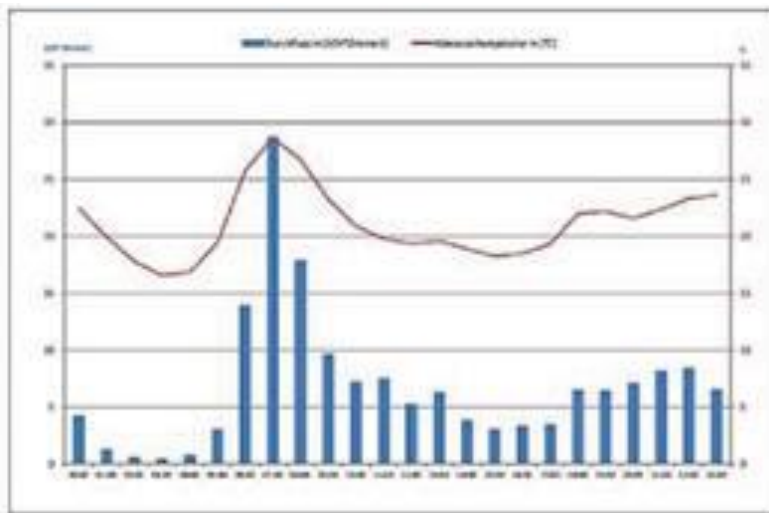
Podsumowując

- Biorąc pod uwagę pozostałe naprężenia, zaleca się, aby unikać ugięć przekraczających 8%. Rury muszą być instalowane zgodnie ze stosowną normą (CEN/TR 1046) [7] oraz zaleceniami z badania Teppfa "Rury podziemne" - [10], na które powołuje się niniejszy raport.
- Jak wspomniano wyżej, długoterminowe dopuszczalne naprężenia nie przekraczają w sposób ciągły ustalonych poziomów w temperaturze eksploatacji. Zatem już samo przyjęcie takiego podejścia gwarantuje pewien stopień bezpieczeństwa.

c. Wpływ ścieków i temperatury

Badanie temperatury ścieków wykazało, że, bez względu na sytuację, nie przekracza ona w praktyce 30°C. Oznacza to, że mimo iż założyliśmy znacznie wyższy margines bezpieczeństwa biorąc pod uwagę faktycznie występujące temperatury, naprężenia rur pozostają poniżej wartości krytycznych.

Analizy składu ścieków prowadzą do wniosku, że nie należy oczekiwać, iż będzie ona miała jakikolwiek wpływ na długość okresu użytkowania rur, ponieważ stężenia potencjalnie szkodliwych związków chemicznych są zdecydowanie zbyt niskie.



Rys. 8. Temperatury w systemach kanalizacyjnych

d. Projekty „wykopaliskowe”

W przypadku wszystkich wykopanych rur PE i PP-B nie stwierdzono pogorszenia jakości.

- Wszystkie parametry fizyczne (czas indukcji utleniania OIT, graniczna liczba lepkościowa, wskaźnik szybkości płynięcia MFR, gęstość, temperatura mięknięcia, wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie całkowite) pozostają w przedziałach określonych w starych kartach charakterystyki dla rur PE63.
- W przypadku GPC nie stwierdzono przyspieszonej degradacji polimerów w związku z działaniem ścieków
- Podczas prób ciśnieniowych – σ 2,8MPa przy 80°C dla rur PE o średnicy 200 mm – ustalono czas do wystąpienia awarii (odpowiednio 584h, 417h i 1034h), zbliżny z wynikami opublikowanymi dla rur PE63 pierwszej generacji.

- Podczas prób ciśnieniowych – $\sigma 2,5\text{MPa}$ przy 95°C dla rur o średnicy 110 mm PP-B – ustalono czas do wystąpienia awarii (odpowiednio 1260h i $2 \times >2800\text{h}$) znacznie dłuższy niż ten określony w pierwotnych wymogach ($>1000\text{h}$).
- Ugięcie po wykopaniu wynosiło $\sim 1,5\%$ dla rur PE o średnicy 200, 280 i 355 mm oraz 1,6 - 2,0% dla rur PP-B o ściankach litych i strukturalnych.
- Podczas prób starzenia termicznego obliczono, że pozostały okres trwałości użytkowej wynosi ponad 50 lat
- Wyniki prób elastyczności obwodowej i uderzeniowej przeprowadzone w temperaturze -10°C na rurach PP-B o ściankach litych i strukturalnych spełniają obowiązujące obecnie wymogi.

Podsumowując

Po przeprowadzeniu prób na kwalifikowanych materiałach poliolefinowych i rurach, które zostały należycie wyprodukowane i zainstalowane z zachowaniem dobrych praktyk produkcyjnych, wyniki dla 5 wykopanych rur PE i PP dowodzą, że rury poliolefinowe mogą osiągnąć stuletni okres eksploatacji.

Nawet w przypadku rur PE pierwszej generacji dowiedziono, iż po 38 latach eksploatacji można spodziewać się całkowitego okresu trwałości użytkowej sięgającego stu lat. Rury PP eksploatowane przez okres do 23 lat nie wykazały żadnych znaczących śladów pogorszenia parametrów mechanicznych ani stabilności.

		Jednostka	Rura o ścianie strukturalnej DN 160 mm Norwegia		Rura o ścianie litej DN 110 mm Norwegia		Rura Ultrarib DN 200 Dania	
			Warstwa zewn.	Warstwa wewn.	Warstwa zewn.	Warstwa wewn.	Warstwa zewn.	Warstwa wewn.
DSC	Temperatura topnienia	C°	159,2	159,8	161,5	160,6	167,7	165,7
	Temperatura krystalizacji		113,5	112,9	111,3	112,2	128,1	122,5
OIT	210 °C/O ²	Min	6	5	7	3	17	25
MFR	230°C/2,16 kg	g/10 min	0,39	0,47	0,64	0,61	0,51	0,34
HPLC	Irganox 1010	ppm	1300	1258	1135	850	1708	3183
	Irgafos 168	ppm	106	X	X	X	1249	1004
	Irgafos 168OX	ppm	X	X	X	X	309	574
GC	DSTDp	ppm	2450	2449	2392	2429	1938	X
Spektroskopia	IR		PP-B (8,85 w%) Fe ₂ O ₃	PP-B (9,22 w%) Fe ₂ O ₃	PP-B (6,81 w%) Carbon black		PP-B (4,48 w%)	PP-B (12,65 w%)
Właściwości mechaniczne	Szywność obwodowa	kN/m ²	7,86		5,67		10,14	
	Elastyczność obwodowa	%	43,82		36,37		45,07	
	Spadek masy -10°/H50	mm	984 (8 kg)		2820 (8 kg)		3325 (8 kg)	

Rys. 9. Przykładowe dane testowe pozyskane podczas badania rur

4. Wnioski

W przedmiotowym badaniu wykazano, iż można oczekiwać stuletniego okresu użytkowania w przypadku bezciśnieniowych rur kanalizacyjnych z PE i PP-B, pod warunkiem spełnienia następujących warunków:

- a. Rury spełniają wymogi stosownych europejskich norm produktowych i systemowych, czyli EN 1852 dla PP, EN 12666 dla PE i EN 13476 dla rur o ściankach strukturalnych z PE i PP, oraz
- b. Materiały, rury i sposób instalacji spełniają wymogi określone w Tabeli 4.

Wyniki te potwierdzają inne ostatnie badania, zgodnie z którymi bezciśnieniowe rury kanalizacyjne nie zachowują się inaczej niż rury ciśnieniowe z tego samego okresu [11], w odniesieniu do których stwierdzono, że po 30 latach eksploatacji przewidywany pozostały okres trwałości użytkowej wynosi co najmniej 50 lat.

Tabela 4. Wymogi dla rur kanalizacyjnych i materiałów warunkujące stuletni okres trwałości użytkowej

Kategoria	Parametry użytkowe	Warunki	Wymogi
Wymogi dla materiałów	Zniszczenia termoutleniające 1)	PE: 95 °C, $\sigma = 1.0$ MPa PP: 110 °C, $\sigma = 1.0$ MPa	>8760 h > 8760 h
	Maksymalne dopuszczalne naprężenie na podstawie dostępnych krzywych referencyjnych [5] 2)	45 °C: PE, $\sigma = 5.3$ MPa 3) PP, $\sigma = 3.9$ MPa 5) 23 °C: PE, $\sigma = 7.4$ MPa 3) PP, $\sigma = 7.9$ MPa 4)	100 lat 100 lat 100 lat 100 lat
Wymogi dla rur	Próby hydrostatyczne EN 12666 i EN 1852	PE: 80 °C, $\sigma = 2.8$ MPa PP: 95 °C, $\sigma = 2.5$ MPa	1000 h 1000 h
	Wymogi produktowe według EN 13476	Elastyczność obwodowa	30%
	Próby relaksacyjne	PE & PP: wg. Jansona [6]	> 4000 h przy ugięciu 15 %
	Analiza mikroskopowa odkształconych próbek rur	PE & PP: Pod koniec > 4000 h próby Jansona	Brak inicjacji pęknięć, brak pęknięć czy innych uszkodzeń
Wymogi instalacyjne	Instalacja rur	Zgodnie z CEN/TR 1046 [7] wg. badania Teppfa [10]	Średnie lub dobre zagęszczenie gruntu Standardowe badanie Proktora >87 %
	Maksymalne ugięcie rur przy oddaniu do eksploatacji	Zgodnie z CEN/TR 1046 [7]	Maksymalnie 8 %

- 1) Przy zastosowaniu warunków testowych opartych o powyższe dane doświadczalne można prognozować stuletni okres przydatności użytkowej pod kątem odporności na zniszczenia termoutleniające.
- 2) Według obliczonych naprężeń dla temperatury 45°C i stuletniego okresu trwałości można założyć, że:
 - (w przypadku PE) po 50 latach nie pojawi się pierwsze załamanie
 - (w przypadku PP-B) po 50 latach nie pojawi się drugie załamanie (zniszczenie termoutleniające).
- 3) Naprężenie obwodowe obliczone według ISO 15494 [5], Załącznik B, ustęp B.1.2, Równanie B.2 dla PE 80
- 4) Naprężenie obwodowe obliczone według ISO 15494 [5], Załącznik E, ustęp E.1.2, Równanie E.6 dla PP-B (odcinek przed załamaniem).
- 5) Naprężenie obwodowe obliczone według ISO 15494 [5], Załącznik E, ustęp E.1.2, Równanie E.6 dla PP-B (pierwsze załamanie).

5. Co dalej?

Dodatkowe wymogi badania wymienione w Tabeli 4 **zostaną uwzględnione w przyszłych wersjach stosownych norm produktowych** jako wyznacznik długoterminowej stabilności materiału i budowy ścianki jak również długoterminowej odporności na pęknięcia naprężeniowe.

6. Walidacja zewnętrzna

Cały program badawczy oraz jego wyniki zostały potwierdzone przez niezależną jednostkę, czyli Prof. Dr. Heinza Dragauna z SV für Polymertechnologie, Brunnengasse 10 3424 Wolfpassing, Austria.

“Prognoza stuletniego okresu trwałości użytkowej poliolefinowych grawitacyjnych systemów kanalizacyjnych”

Uważam ten projekt za bardzo ważny z punktu widzenia podnoszenia poziomu wiedzy na temat możliwości eksploatacyjnych poliolefinowych systemów kanalizacyjnych na całym świecie.

W związku z moim doświadczeniem sięgającym 1975 roku w obszarze badania rur z tworzyw sztucznych w TGM - Versuchsanstalt – Federalnym Instytucie Technologii, Wydział Technologii Tworzyw Sztucznych i Inżynierii Środowiska – w Wiedniu, zostałem poproszony jako niezależny ekspert o ocenę prac realizowanych w ramach tego projektu w ciągu ostatnich trzech lat oraz o ewentualne uwagi.

Ogólnie rzecz biorąc, wiele badań (obejmujących zarówno dane materiałowe jak również analizę funkcjonalną w terenie) przeprowadzono na próbkach rur pobranych nie tylko z nowych, ale również starszych materiałów wykopanych po długim okresie eksploatacji w różnych krajach europejskich (niektóre miały za sobą blisko czterdziestoletni okres użytkowania).

Wszystkie metody badawcze były zgodne z obowiązującymi normami międzynarodowymi (ISO) oraz aktualnym stanem wiedzy naukowej na temat materiałów polimerowych.

Badania przeprowadzono na klasycznych rurach o ściankach litych (jedno i wielowarstwowych) oraz na rurach z tak zwanymi

geometrycznymi ściankami strukturalnymi, które są nowocześniejszym rozwiązaniem. Projekt miał wykazać jak osiągnąć długi okres eksploatacji bezciśnieniowych systemów kanalizacyjnych wykonanych z polietylenu (PE) i polipropylenu (PP).

Moim zdaniem został on przeprowadzony w sposób właściwy i naukowo wiarygodny przy ścisłej współpracy z producentami materiałów i producentami rur i kształtek.

Prof. dr Heinz Dragaun

7. Bibliografia

1. “100 Year Service Life of Polypropylene and Polyethylene Gravity Sewer Pipes” (Stuletni okres przydatności użytkowej polipropylenowych i polietylenowych grawitacyjnych rurociągów kanalizacyjnych), T. Meijering, J. Mulder, G. Dreiling, H. Vogt, Raport techniczny Teppfa, Bruksela, grudzień 2014.
2. EN 1852-1:2009, “Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage - Polypropylene (PP) - Część 1: Specifications for pipes and fittings and the system” (Rurociągi z tworzyw sztucznych w bezciśnieniowych podziemnych systemach odwadniania i kanalizacji – Polipropylen (PP) – Część 1: Specyfikacje rur, kształtek i całego układu)
3. EN 12666-1:2011, “Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage - Polyethylene (PE) - Part 1: Specifications for pipes, fittings and the system” (Rurociągi z tworzyw sztucznych w bezciśnieniowych podziemnych systemach odwadniania i kanalizacji – Polietylen (PE) – Część 1: Specyfikacje rur, kształtek i całego układu)
4. EN 13476-3:2007, “Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage - Structured-wall piping system of non-plasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) - Part 3: Specifications for pipes and fittings with smooth internal and profiled external surface and the system, Type B” (Rurociągi z tworzyw sztucznych w bezciśnieniowych podziemnych systemach odwadniania i kanalizacji – Systemy z rur strukturalnych z nieplastyfikowanego poli(chlorku winylu) (PVC-U), polipropylenu (PP) i polietylenu (PE) – Część 3:

Specyfikacje dla rur i kształtek o gładkiej powierzchni wewnętrznej i profilowanej powierzchni zewnętrznej oraz dla całego układu, Typ B)

5. ISO 15494:2003, “Plastic piping systems for industrial applications - Polybutene (PB), polyethylene (PE) and polypropylene (PP) - Specification for components and the system - Metric series” (Systemy rurociągów do zastosowań przemysłowych – polibuten (PB), polietylen (PE) i polipropylen (PP) – Specyfikacja komponentów i układu – serie metryczne)
6. Plastics Pipes for Water Supply and Sewage Disposal (Rury z tworzyw sztucznych w sieciach wodociągowych i kanalizacyjnych), Lars-Eric Janson, Sztokholm 2003, wydanie 4.
7. CEN/TR 1046, “Thermoplastics piping and ducting systems - Systems outside building structures for the conveyance of water or sewage - Practices for underground installation” (Systemy termoplastycznych rurociągów i przewodów – Wodociągowe i kanalizacyjne systemy pozabudynkowe – Praktyki instalacji podziemnej)
8. EN 476:2011-04, “General requirements for components used in drains and sewers” (Ogólne wymagania dla elementów systemów drenażowych i kanalizacyjnych)
9. TGM Studie, “Literaturrecherche über die Inhaltstoffe von Abwasser und Untersuchung bzw. Recherche über die Temperaturprofile des häuslichen Abwassers“, Dipl. Ing Edith Gruner, TGM Report VA KU 24585, 2013.
10. Design of Buried Thermoplastics Pipes, Results of a European research project by APME and TEPPFA (Projektowanie podziemnych rur termoplastycznych, wyniki europejskiego projektu badawczego prowadzonego przez APME i TEPPFA), Marzec 1999.

11. Structural integrity of PE gas/water pipes of the first generation (Integralność strukturalna gazowych/ wodociągowych rur PE pierwszej generacji), Frans Scholten *et al.*, raport Kiwa N.V., SKZ i MPA Darmstadt, GT- 090406/sch, 26 Sierpień 2010.
12. ISO 9080:2012-10 “Plastics piping and ducting systems – Determination of the long-term hydrostatic strength of thermoplastics materials in pipe form by extrapolation”



**Polskie Stowarzyszenie Producentów
Rur i Kształtek z Tworzyw Sztucznych**
87-100 Toruń, ul. Szosa Chełmińska 30
tel./fax (+48) 56-659-11-34, biuro@prik.pl



CZŁONKOWIE STOWARZYSZENIA

