

Stosowane metody wykrywania nieszczelności w sieciach gazowych

Andrzej Osiadacz, Łukasz Kotyński

Zakład Systemów Ciepłowniczych i Gazowniczych
Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej

Międzyzdroje, maj 2013 r.

Wykrywanie nieszczelności. Dlaczego jest ważne?

- Niebezpieczeństwo wybuchu gazu
- Straty ekonomiczne:
 - Utrata medium
 - Naprawa rurociągu (koszty zniszczeń)
 - Przerwy w dostawie medium na czas naprawy
 - Rekultywacja terenów uprawnych

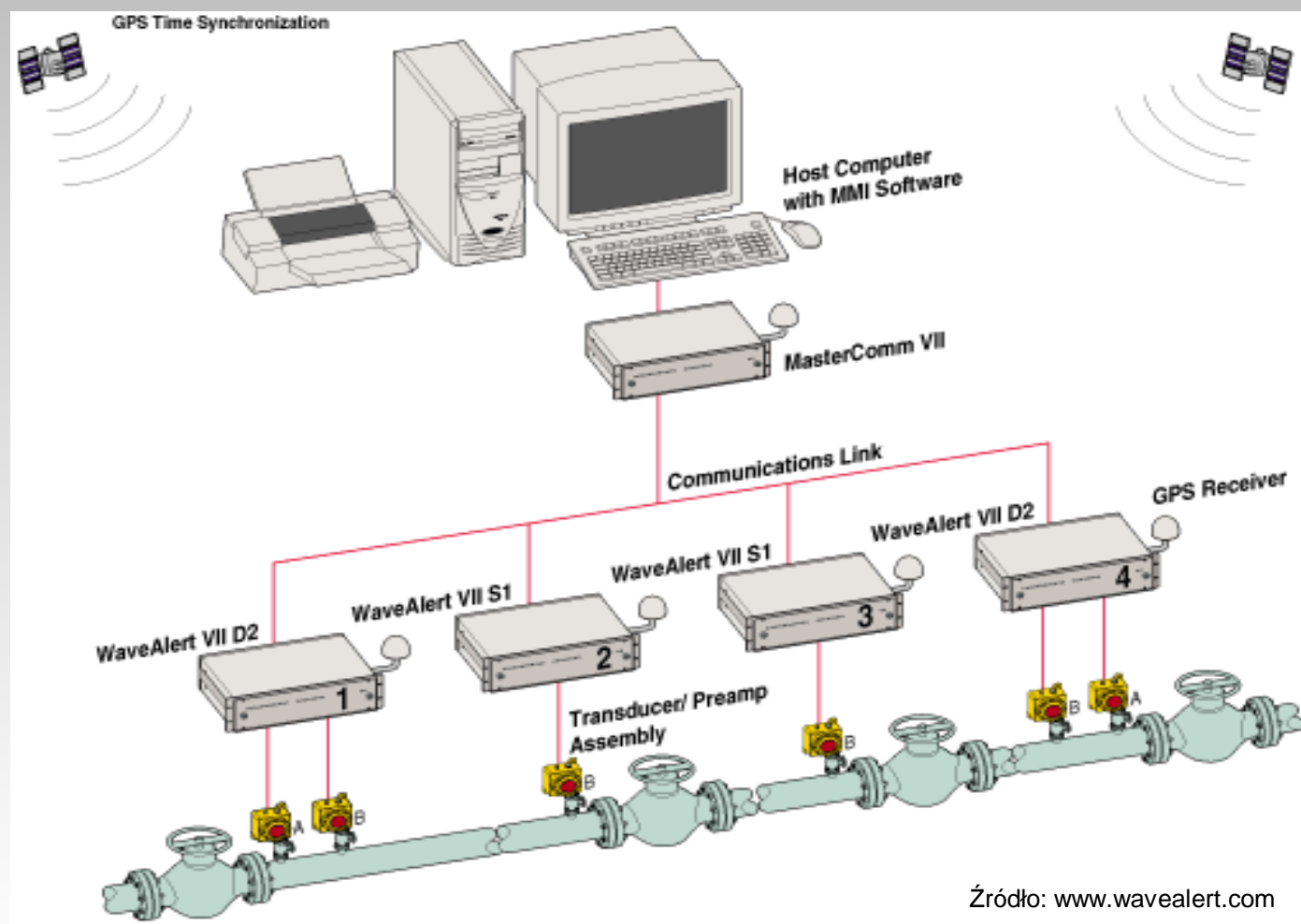
Proces wykrywania nieszczelności

- Wykrycie (stwierdzenie) wypływu
- Lokalizacja miejsca wypływu
- Ustalenie ilości straconego gazu od chwili powstania nieszczelności

Metody wykrywania nieszczelności

- Bezpośrednie
 - Analiza akustyczna
 - Obserwacja termowizyjna
 - Obchody sieci
- Pośrednie
 - Analiza parametrów przepływu (ciśnienia, przepływu, prędkości)

Analiza akustyczna



Analiza akustyczna

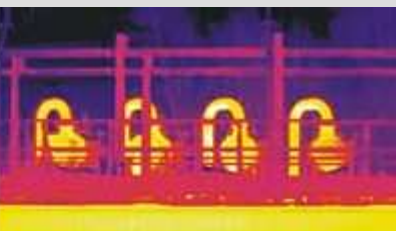
Zalety:

- Bardzo szybka reakcja na wystąpienie wycieku
- Możliwość określenia lokalizacji nieszczelności

Wady:

- Potrzebne dodatkowe opomiarowanie sieci
- Problem z wykryciem nieszczelności stwierdzonych przed zastosowaniem metody
- Słaba wykrywalność dla dużych przepływów

Obserwacja termowizyjna



Źródło: www.pergam-suisse.ch

Obserwacja termowizyjna

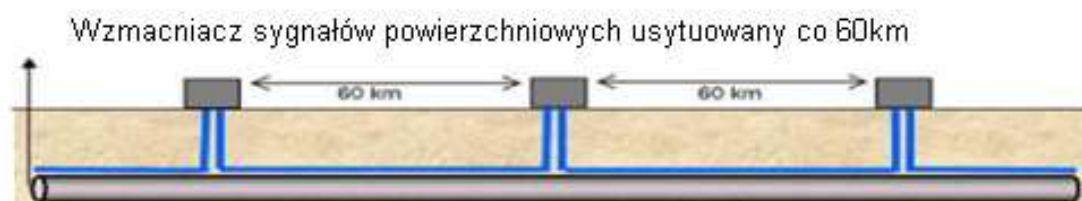
Zalety:

- Dokładne określenie miejsca nieszczelności
- Oszacowanie wielkości wycieku
- Możliwość kontroli trudno dostępnych obszarów sieci

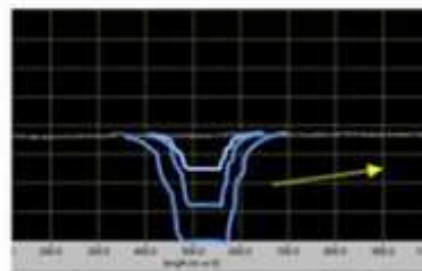
Wady:

- Brak możliwości stałej kontroli całej sieci
- Metoda kosztowna

Dodatkowe opomiarowanie – Sensory światłowodowe

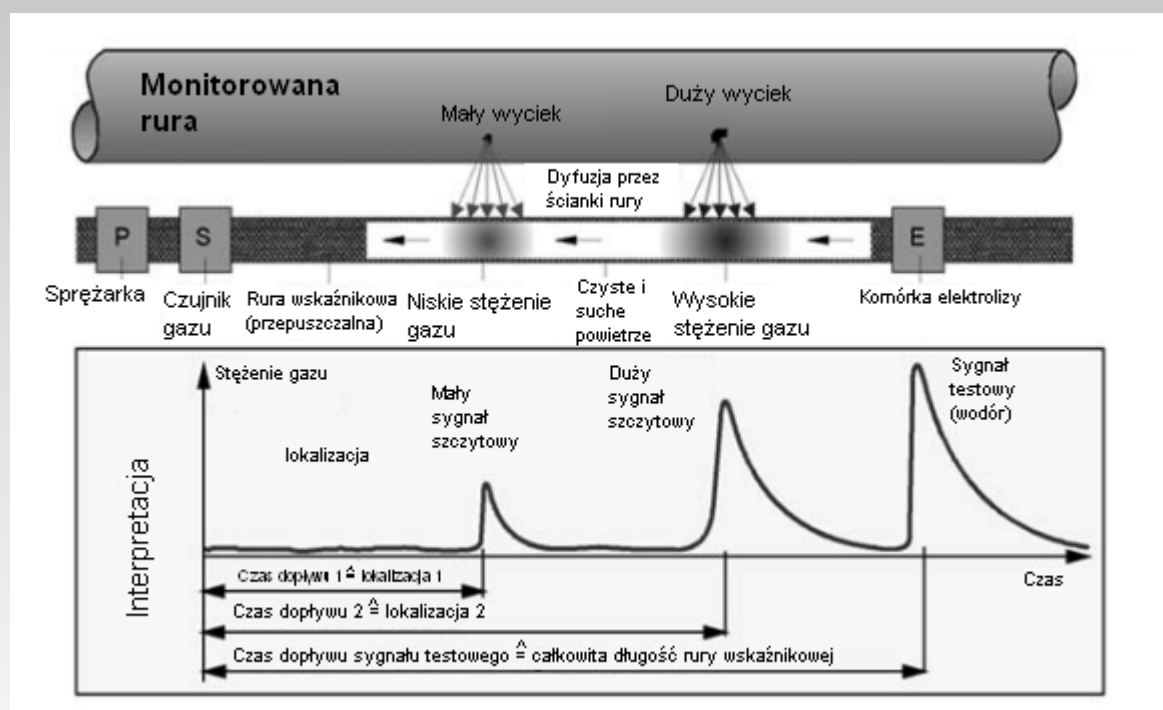


Podczas pęknięcia sekcja rury się ochładza (efekt Joule'a Thompsona)



Temperatura spada
kiedy chłodny czynnik
wycieka z rury

Dodatkowe opomiarowanie - Czujnik oparów



Dodatkowe opomiarowanie

Zalety:

- Dokładne określenie miejsca nieszczelności
- Oszacowanie wielkości wycieku

Wady:

- Metoda kosztowna

Podział pośrednich metod wykrywania nieszczelności

- Bilansowanie sieci
- Filtry Kalmana
- Sztuczne sieci neuronowe
- Porównanie z modelem

Metoda bilansowania sieci

Metoda oparta na równaniu zachowania masy:

$$R(t) = M_{we}(t) - M_{wy}(t) - \frac{dM_L}{dt}$$

Gdzie:

R = niezbilansowanie przepływu masowego

M_{we} = przepływ masowy na wejściu

M_{wy} = przepływ masowy na wyjściu

M_L = line pack

Metoda bilansowania sieci

$$R \begin{cases} < \alpha \Rightarrow \text{brak wycieku} \\ \geq \alpha \Rightarrow \text{jest wyciek} \end{cases}$$

$$\alpha = \left| \frac{\partial R}{\partial Q} \right| |\Delta Q| + \left| \frac{\partial R}{\partial p} \right| |\Delta p| + \left| \frac{\partial R}{\partial T} \right| |\Delta T|$$

$$\frac{dM_L}{dt} = \frac{d}{dt} \int_0^L \rho(x) A(x) dx = \int_0^L \frac{d}{dt} [\rho(x) A(x)] dx$$

Metoda bilansowania sieci

Zalety:

- Metoda prosta obliczeniowo
- W wyniku obliczeń znana wartość wypływu
- Można stosować dla stanów ustalonych i nieustalonych

Wady:

- Potrzebne dodatkowe pomiary na sieci do bilansu masy (ciśnienia oraz temperatury w punktach wejścia oraz wyjścia)
- Problem z dokładnym wyznaczeniem akumulacji gazu w gazociągu dla stanu nieustalonego

Filtry Kalmana

Sztuczne wycieki w określonych miejscach wzdłuż gazociągu zawarte są w modelu filtra. Na podstawie relacji w tymi wyciekami szacowane są miejsca rzeczywistych nieszczelności.

Przykładowy model matematyczny można opisać za pomocą poniższych równań:

$$\frac{\partial P}{\partial t} + \frac{c^2}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + A \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\lambda c^2}{2DA} \frac{Q|Q|}{P} = 0$$

Filtry Kalmana

Zalety:

- Szybka reakcja na wystąpienie nieszczelności
- Dobre wyniki wykrywania i lokalizacji wpływu dla zdefiniowanych schematów
- Możliwość wykrycia kilku wpływów na raz

Wady:

- Błędy wykrywania wpływów dla nie założonych schematów

Sztuczne sieci neuronowe

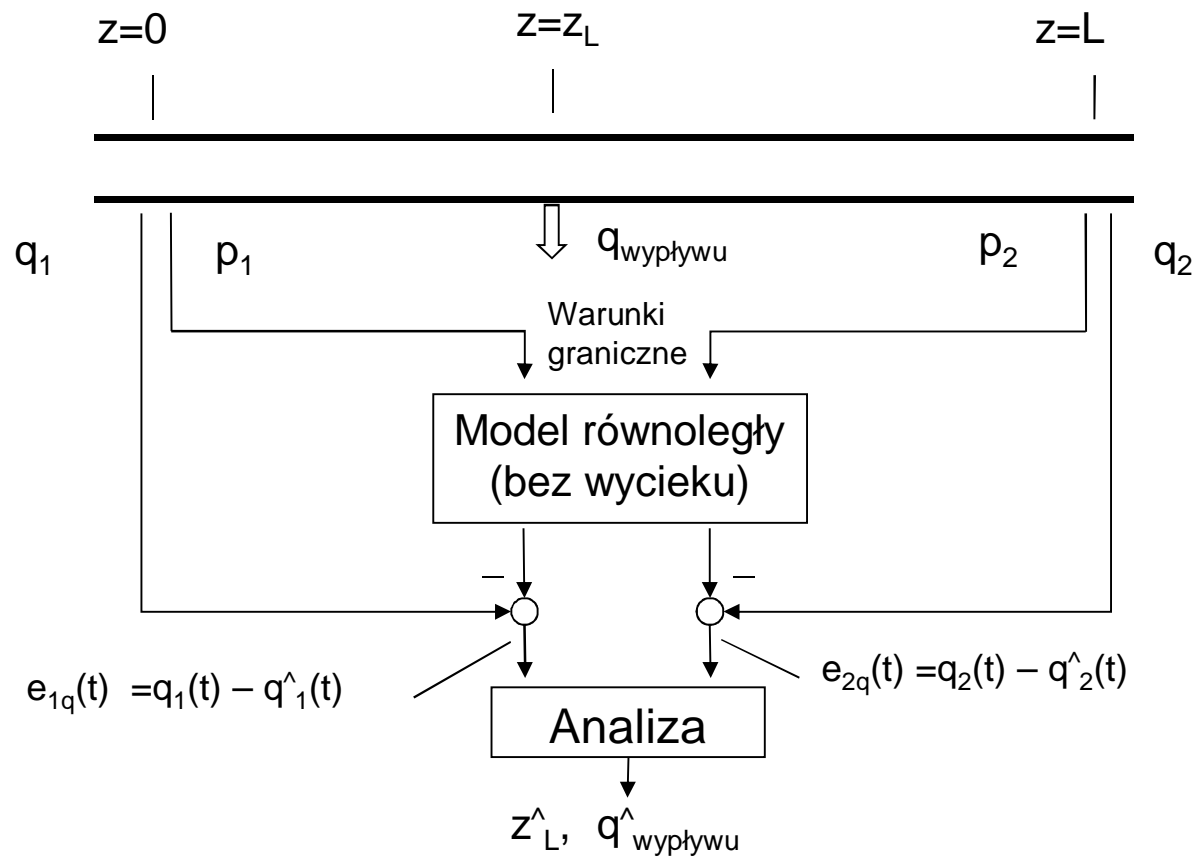
Zalety:

- Możliwość wykrycia bardzo małych wycieków
- Można oszacować lokalizację oraz wielkość wycieku

Wady :

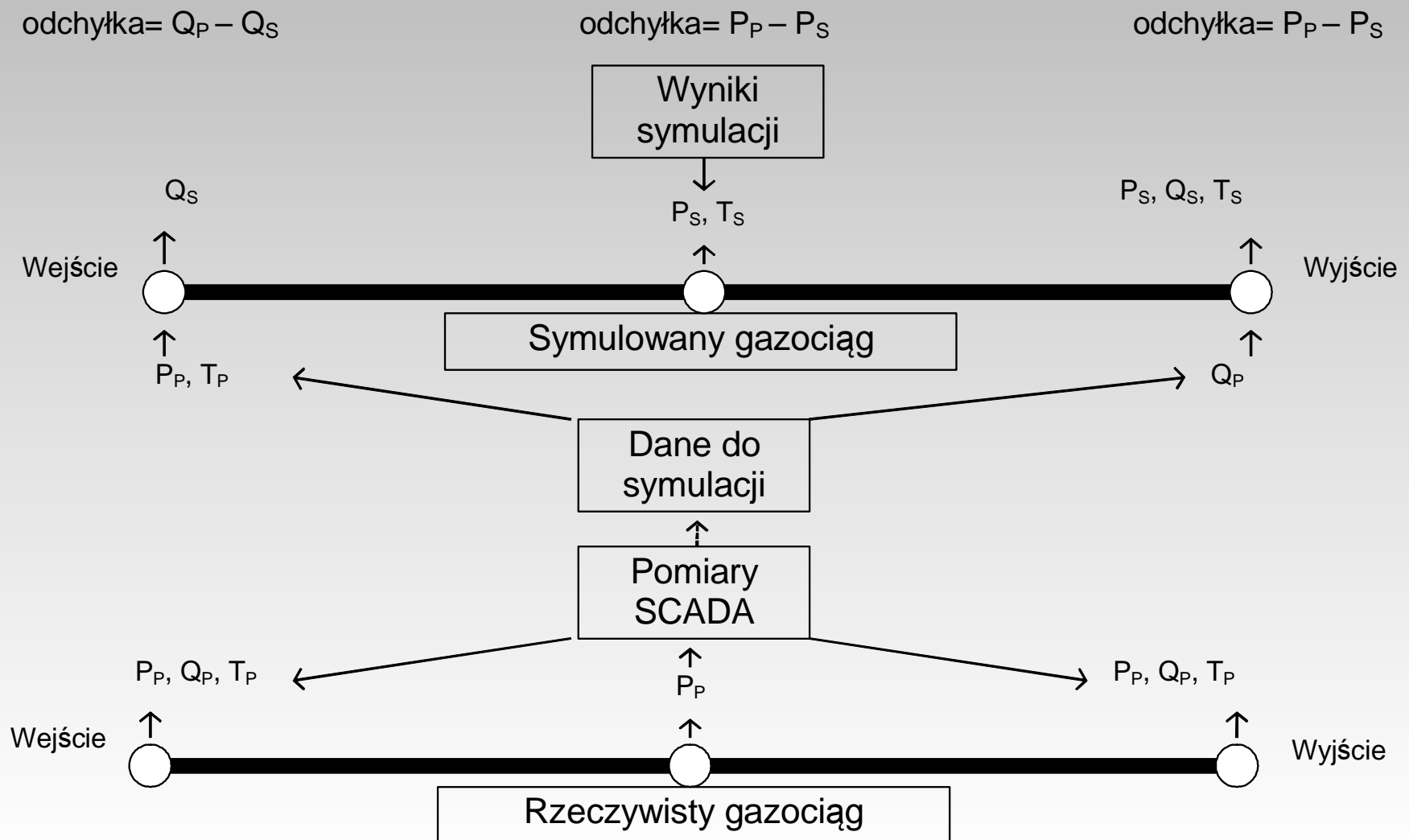
- Trzeba „nauczyć” sieć neuronową jak pracuje gazociąg w różnych sytuacjach
- Potrzeba bardzo dokładnego modelu matematycznego sieci

Metody oparte na porównaniu z modelem

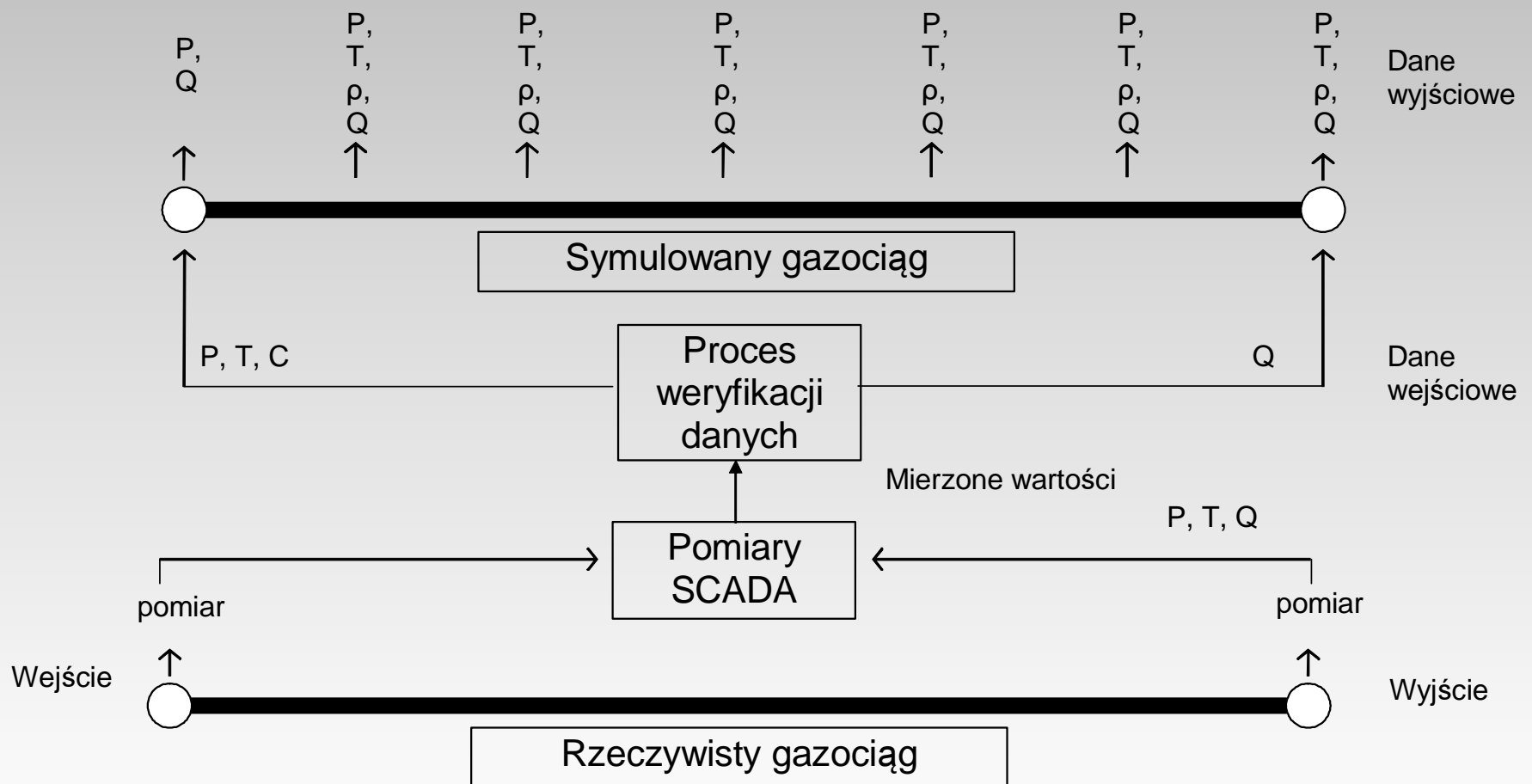


Schemat modelu równoległego

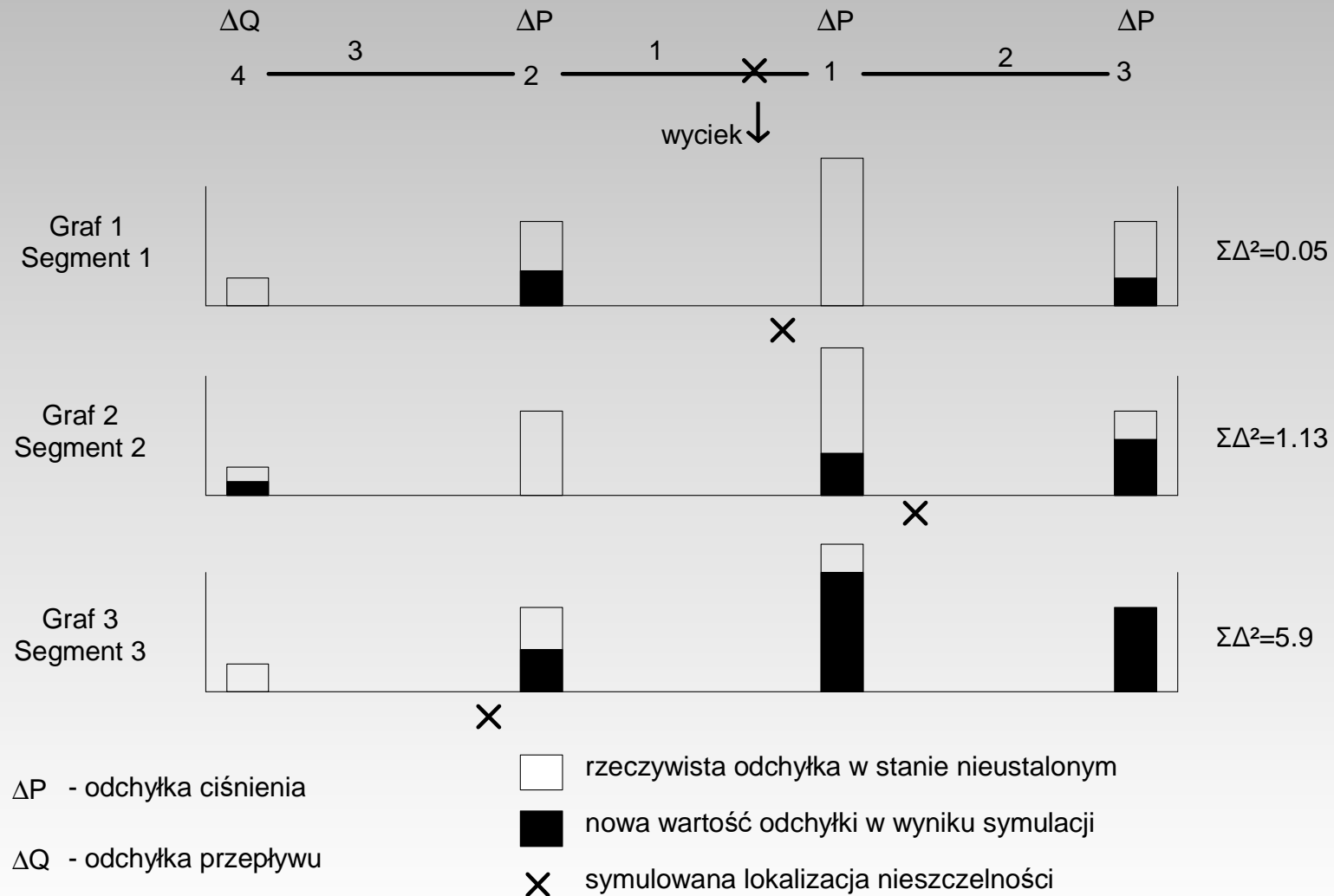
Metody oparte na porównaniu z modelem



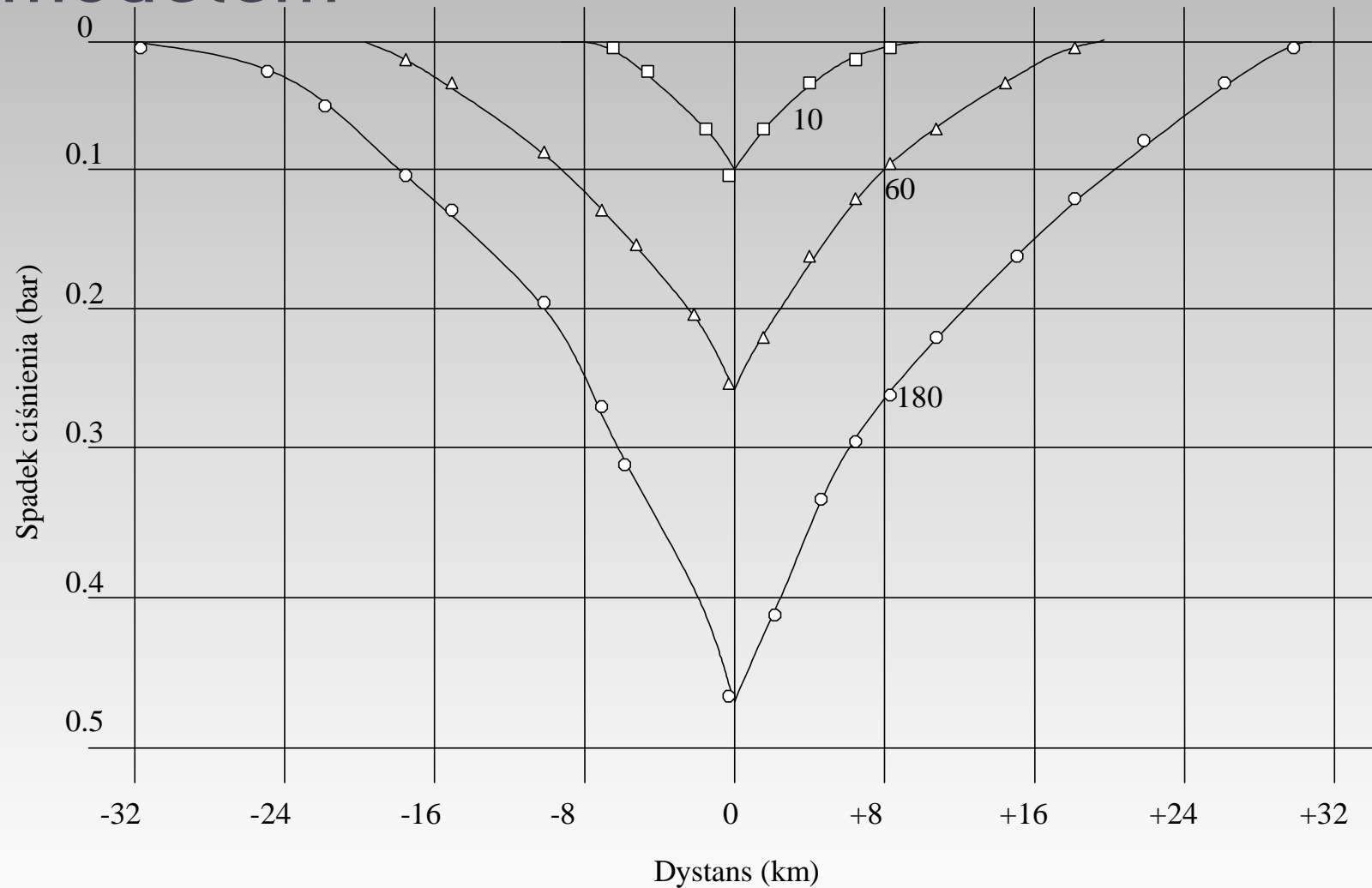
Metody oparte na porównaniu z modelem



Metody oparte na porównaniu z modelem

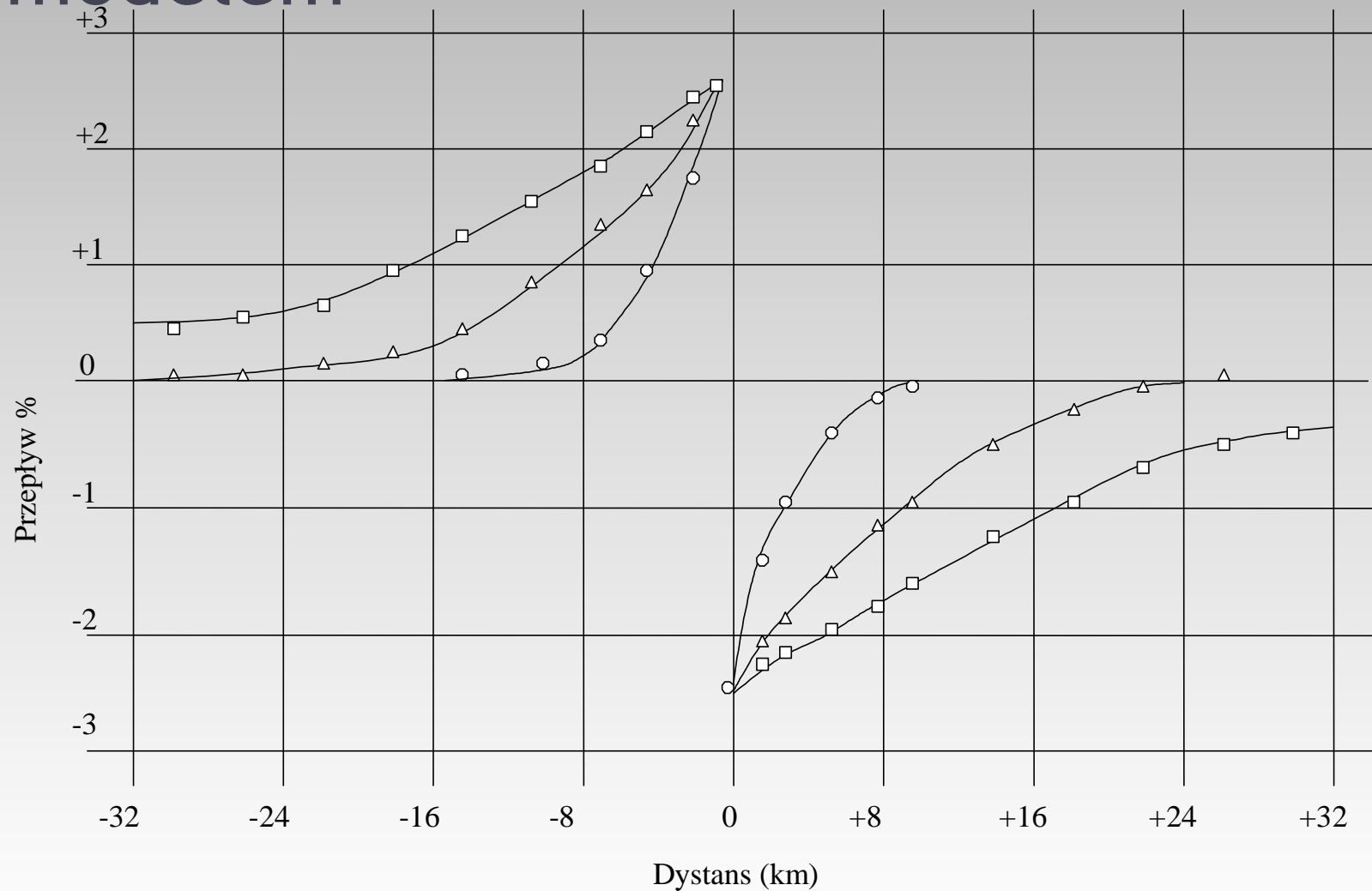


Metody oparte na porównaniu z modelem



Spadek ciśnienia w wyniku nieszczelności

Metody oparte na porównaniu z modelem



Wpływ nieszczelności na wartość przepływu

Metody oparte na porównaniu z modelem

Zalety:

- Informacja o wartości oraz lokalizacji wpływu
- Możliwość porównania wartości symulowanych z pomiarami

Wady:

- Wymagany dokładny model matematyczny
- Potrzebne dokładne dane do symulacji ze SCADY

Czynniki wpływające na jakość analitycznego wykrywania nieszczelności

- Dokładność modelu opisującego przepływ gazu
- Ilość danych pomiarowych wprowadzanych do modelu sieci
- Jakość wprowadzanych danych (uwzględnienie niedokładności przyrządów pomiarowych)
- Sposób wyliczania akumulacji gazu

Bibliografia

- „*Software-Based Pipeline Leak Detection*” Elijah Odusina, James Akingbola, David Mannel, Advanced Chemical Engineering Design CHE 4273, Department of Chemical Engineering and Materials Science, University of Oklahoma, May 2, 2008
- „*Leak Detection On Petroleum Pipelines*” John A. Luopa, P.Eng., Colt Technologies, 120, 5008 - 86 Street, Edmonton, Alberta T6E 5S2
- „*Metody wykrywania nieszczelności w sieciach gazowych cz. 1, cz. 2*” Andrzej Osiadacz, Łukasz Kotyński, GWiTS, Nr 11,2011(423-426), Nr 1,2012 (2-5)
- „*Zastosowanie symulacji komputerowej do wykrywania i lokalizacji nieszczelności w gazociągach*” Andrzej Osiadacz, Maciej Chaczykowski, Instytut Ogrzewnictwa i Wentylacji, Politechnika Warszawska
- <http://www.wavealert.com/> - materiały informacyjne
- <http://www.pergam-suisse.ch> - materiały informacyjne