Zastosowanie symulacji komputerowej do badania właściwości hydraulicznych sieci wodociągowej

prof. dr hab. inż. Andrzej J. OSIADACZ
Politechnika Warszawska
Wydział Inżynierii Środowiska

dr hab. inż. Maciej CHACZYKOWSKI,
mgr inż. Łukasz KOTYŃŚKI
Fluid Systems Sp. z o.o.



FLUID SYSTEMS

Efektywne sterowanie systemem wymaga zastosowania:

- Algorytmów obliczeniowych o dużym stopniu złożoności i odpowiedniej jakości środków technicznych,
- Zaawansowanych metod numerycznych.

Opracowywane w oparciu o modele matematyczne oprogramowanie podzielić można na dwie grupy:

- Programy symulacyjne,
- Programy optymalizacyjne.

Pakiet SimNet SSWater

- Pakiet SimNet SSWater jest sieciową aplikacją obliczeniową GIS. Wykorzystuje się w nim technologię GIS do przechowywania i zobrazowania graficznych (geograficznych) i alfanumerycznych informacji o obiektach sieci wodociągowej, potrzebnych do wykonania obliczeń symulacyjnych tej sieci.
- Informacje geograficzne (dotyczące topologii sieci) i informacje alfanumeryczne (opisowe) elementów sieci przechowywane są w bazie danych Microsoft Access lub standardowych wektorowych plikach graficznych oraz plikach relacyjnej bazy danych, odpowiednio formatu *.shp oraz *.dbf.

Obiekty sieci

- Węzły,
- Odcinki,
- Źródła,
- Zbiorniki,
- Pompownie,
- Reduktory,
- Zawory,
- Przyłącza.

Moduł obliczeniowy

- Moduł obliczeniowy pozwala na wykonywanie obliczeń symulacyjnych sieci wodociągowych o dowolnej strukturze i dowolnym poziomie ciśnienia.
- W obliczanej sieci może występować dowolna liczba źródeł o różnych wartościach ciśnienia lub wydajności oraz dowolna liczba innych elementów nieliniowych, z zadaną wartością jednego z parametrów: przepływu, przyrostu lub spadku ciśnienia (wysokości podnoszenia), ciśnienia na wejściu, ciśnienia na wyjściu, stopnia redukcji ciśnienia.

Elementy nieliniowe

Wartą podkreślenia funkcjonalnością oprogramowania jest sposób zapisu elementów nierurowych, reprezentowanych za pomocą dwóch węzłów: wejściowego i wyjściowego oraz jednego z pięciu parametrów: ciśnienie wejściowe, ciśnienie wyjściowe, stosunek ciśnienia na wyjściu do ciśnienia na wejściu (stopień redukcji / sprężania), natężenie przepływu, przyrost / spadek ciśnienia. Proponowany opis matematyczny elementu nierurowego pozwala w elastyczny sposób określać jego nastawy i umożliwia łatwą modyfikację oprogramowania na potrzeby wprowadzania charakterystyk pomp, regulatorów ciśnienia, regulatorów przepływu, zaworów, itp.

Interfejs graficzny

Moduł geograficzny wykorzystuje mapowe, obiektowe oprogramowanie GIS, charakteryzujące się następującymi cechami:

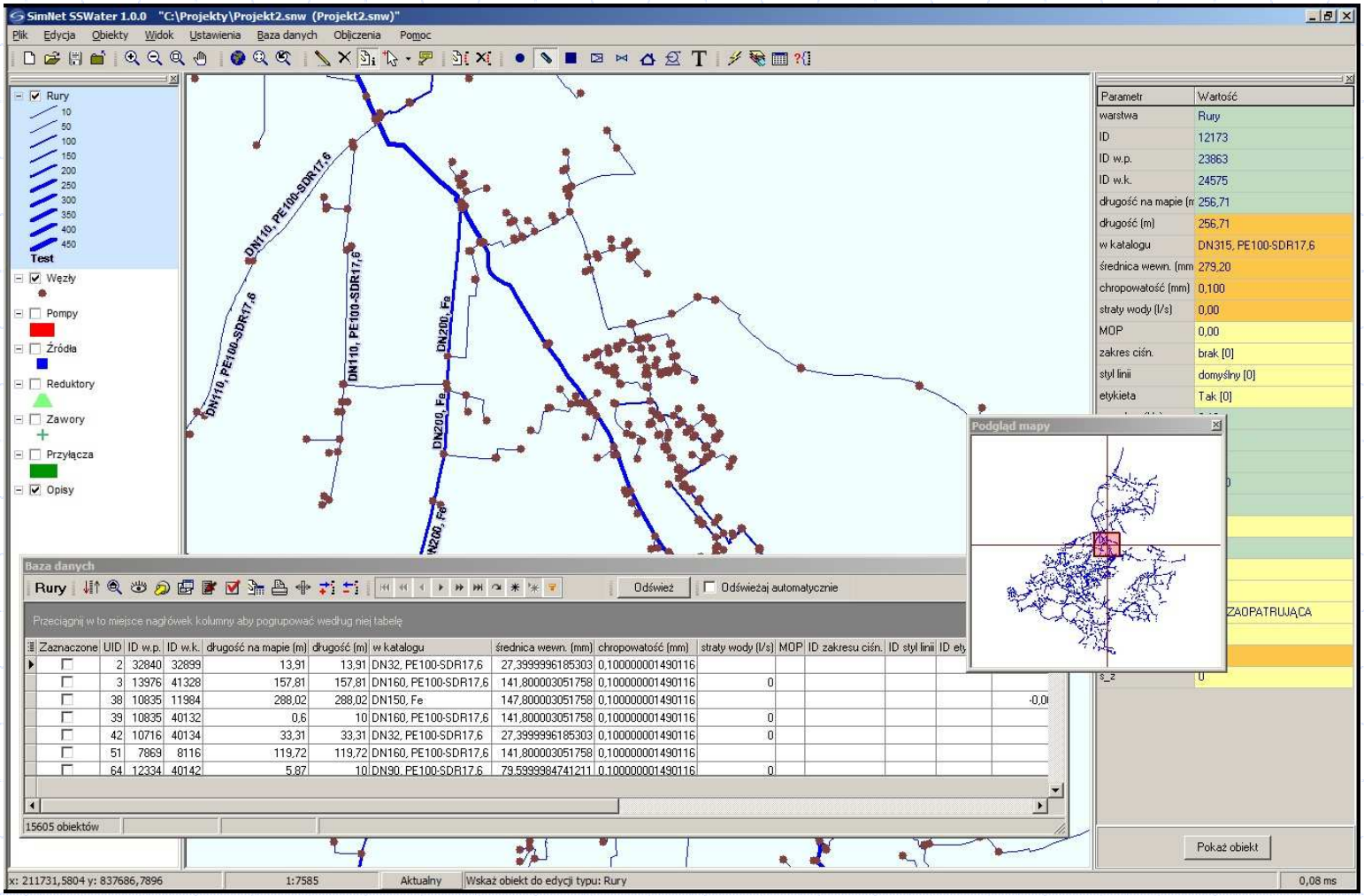
- możliwość jednoczesnego otwarcia nieograniczonej liczby warstw,
- gradientowanie kolorem i rozmiarem etykiet i obiektów, zmiany wyglądu (kolor, styl, wypełnienie, obramowanie, symbol, przezroczystość, itp.), w oparciu o wartości parametrów będących danymi do obliczeń sieci lub wynikami symulacji,

Interfejs graficzny (c.d)

Wyświetlanie dowolnych warstw użytkownika:

- pliki wektorowe GIS: SHP, TAB, MID/MIF, DXF, DGN, oraz warstwy wektorowe OPENGIS® z bazy danych SQL,
- pliki do rejestracji obrazów rastrowych: GeoTIFF, World File, TAB,
- pliki graficzne: GIF, TIF, JPEG, PNG, BMP,
  – import, eksport warstw GIS,
  – import danych alfanumerycznych z zewnętrznych baz danych lub arkuszy kalkulacyjnych.

Przykład: Wyniki symulacji statycznej



Przykład: Symulacja zjawiska uderzenia hydraulicznego w wodociągu

średnica wewnętrzna D = 0.1 m,
długość L = 100 m,
chropowatość k = 30 μm,
rurociąg sztywny (dA/dp = 0)

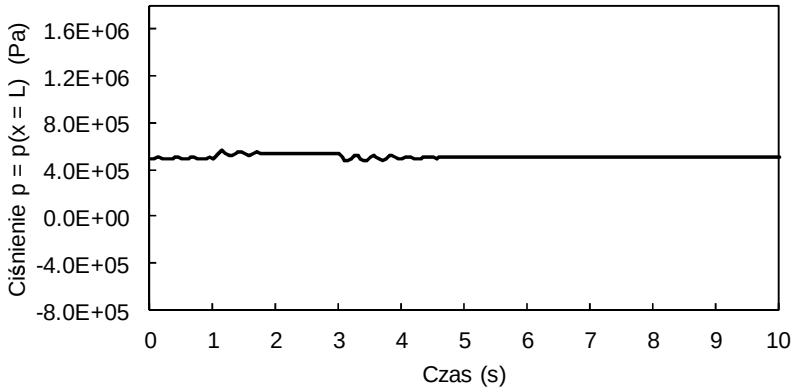


Czynnik: woda
p(x = 0) = 500 kPa = idem
T = 15°C

Szybkie zamknięcie zaworu:
$\dot{m}$(x = L) = $\dot{m}$(t)
Czas zamknięcia zaworu (2 – 0,1) s

Przykład: Wyniki symulacji dynamicznej

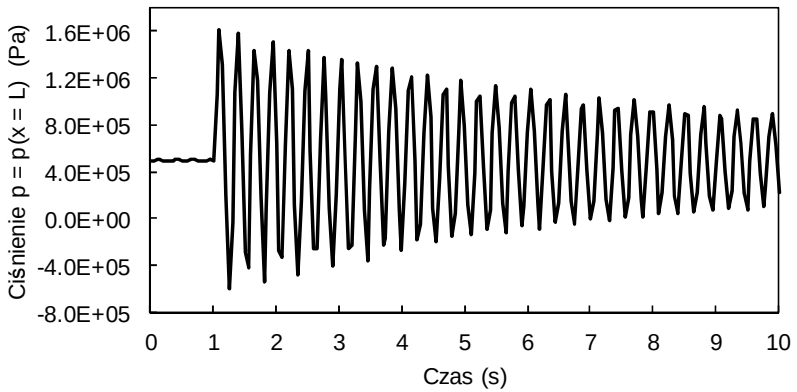
100 m, 0.1 m, 2 s



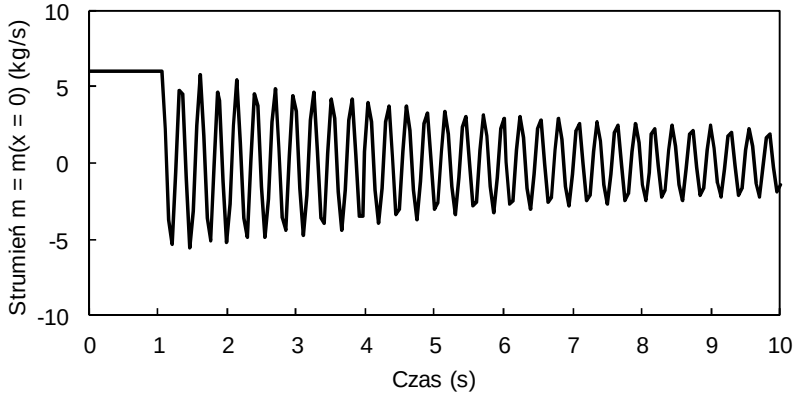
100 m, 0.1 m, 2 s



100 m, 0.1 m, 0.1 s



100 m, 0.1 m, 0.1 s



p_0 = 0,493 MPa, max(p) = 1,608 MPa, max(Δp) = 1,115 MPa

Symulacja komputerowa - zastosowania

- rozpoznanie warunków pracy poszczególnych odcinków sieci, np. wyznaczanie fragmentów, w których sieć jest przeciążona (wąskich gardeł) i tych, w których istnieją rezerwy przepustowości.
- planowanie bieżących prac eksploatacyjnych i naprawczych, wymagających czasowych zmian organizacji rozpływu w systemie - sprawdzanie jakości funkcjonowania sieci podczas remontów

Symulacja komputerowa - zastosowania

- ocena jakości pracy systemu telemetrycznego i urządzeń pomiarowych w oparciu o porównanie wyników symulacji z wynikami pomiarów przeprowadzonych w wybranych punktach sieci,
- określanie niezbędnej liczby urządzeń pomiarowych oraz ich lokalizacji (pomiary w innych punktach systemu mogą być zastąpione wynikami obliczeń symulacyjnych).

Symulacja komputerowa - zastosowania

- eliminacja w fazie projektowania błędnych wariantów rozbudowy i modernizacji sieci
- zwiększenie niezawodności zaopatrzenia w wodę przez wyznaczenie dróg awaryjnego zasilania poszczególnych rejonów miasta,
- poprawa parametrów pracy sieci (obniżenie ciśnień roboczych),
- ograniczenie strat wody, zarówno poprzez monitorowanie stanu pracy sieci jak i dzięki niższym ciśnieniom roboczym w miejscach niewielkich nieszczelności.

SimNetSSV – potencjalne korzyści z wdrożenia

- podniesienie kwalifikacji pracowników służb dyspozytorskich, poprzez możliwość zobrazowania konsekwencji każdej ich ingerencji w pracę systemu,
- możliwość poszerzenia funkcjonalności aplikacji do potrzeb użytkownika.