94/2009

Raport Badawczy
Research Report

RB/57/2009

Informatyzacja przedsiębiorstw wodociągowych

J. Studziński

Instytut Badań Systemowych
Polska Akademia Nauk

Systems Research Institute
Polish Academy of Sciences

POLSKA AKADEMIA NAUK

Instytut Badań Systemowych

ul. Newelska 6

01-447 Warszawa

tel.: (+48) (22) 3810100

fax: (+48) (22) 3810105

Kierownik Pracowni zgłaszający pracę:
Dr hab. inż. Jan Studziński

Warszawa 2009

INFORMATYZACJA PRZEDSIĘBIORSTW WODOCIĄGOWYCH

JAN STUDZIŃSKI

WARSZAWA 2009

1. Wstęp

Informatyzacja przedsiębiorstw wodociągowych w Polsce, rozumiana jako zastosowanie komputerów do optymalizacji, projektowania, sterowania i zarządzania obiektami wodociągowymi, jest rozwijana już od kilkudziesięciu lat a nabrała przyspieszenia w latach 1990-tych, po transformacji ustrojowej, i rozwija się już naprawdę szybko od momentu wejścia Polski do Unii Europejskiej. Z jednej strony jest to związane z burzliwym rozwojem technologii komputerowych, jaki następuje na świecie szczególnie w ostatnim ćwierćwieczu, z drugiej strony ma to bezpośredni związek z dostępem krajowych przedsiębiorstw do nowoczesnych technik informatycznych w okresie ostatnich kilku lat. Wydawałoby się, że ten dostęp do światowych rozwiązań powinien szybko doprowadzić do wyrównania się poziomów informatyzacji: światowego i krajowego, w polskich przedsiębiorstwach wodociągowych, jednak taka sytuacja nie nastąpiła: ten rozwój jest bardzo nierównomierny i jednocześnie bardzo niejednorodny i nieuporządkowany.

Przyczyny są zasadniczo trzy. Po pierwsze, krajowe przedsiębiorstwa wodociągowe nie mają na ogół odpowiedniej wiedzy o możliwościach oferowanych przez informatykę w zakresie usprawnienia ich pracy, to znaczy uczynienia jej bardziej efektywną, szybsza, tańszą i bardziej wygodną. Nie ma zwyczaju wymiany doświadczeń między poszczególnymi przedsiębiorstwami a jeżeli taka wymiana następuje, to zwykle w wyniku osobistych kontaktów miedzy pracownikami lub, z lepszym skutkiem, kierownikami przedsiębiorstw. Po drugie, nowe technologie oraz coraz bardziej złożone rozwiązania informatyczne i komputerowe są dosyć drogie i przedsiębiorstwa wodociągowe na ogół niechętnie decydują się przeznaczać swoje środki na te cele, szczególnie w sytuacji, gdy nie są przekonane o możliwych korzyściach z nich płynących, a więc o celowości wydatków. Po trzecie wreszcie, nie ma w Polsce instytucji, która wytyczałaby w skali kraju kierunki rozwoju informatyzacji dla potrzeb przedsiębiorstw wodociągowych i doradzałaby przedsiębiorstwom w tym zakresie. To wszystko powoduje, że z jednej strony przedsiębiorstwa zdane są praktycznie jedynie na siebie przy podejmowaniu decyzji dotyczących informatyzacji, z drugiej strony jest im niezwykle trudno decydować się na duże wydatki dotyczące spraw, o których mało wiedzą.

Rezultat jest taki, że w większości przedsiębiorstw wodociągowych w kraju stan informatyzacji jest bardzo niski, w wielu przedsiębiorstwach informatyzację się dopiero wprowadza i to w sposób samodzielny i niezorganizowany, i tylko w nielicznych przedsiębiorstwach można stwierdzić, że ich stan informatyzacji jest zadowalający.

Co rozumiemy tutaj przez właściwą informatyzację przedsiębiorstwa wodociągowego? Uważamy, że przedsiębiorstwo informatyzuje się w sposób prawidłowy i zgodny ze światowymi trendami w tym zakresie, jeżeli wprowadza u siebie zintegrowane systemy informatyczne realizujące w sposób kompleksowy funkcje techniczne i organizacyjno-administracyjne związane z zarządzaniem. Oznacza to, że różne programy wykonujące różne zadania powinny być ze sobą połączone tworząc jednolitą całość i korzystając najczęściej z jednej wspólnej bazy danych. Wykonanie i implementacja takiego systemu w przedsiębiorstwie wymagają dużego zaangażowania czasowego ze strony pracowników i również kadry kierowniczej, odpowiedniej organizacji pracy i często również dokonania pewnych zmian w strukturze organizacyjnej przedsiębiorstwa, co jest uciążliwe i bardzo kosztowne. Dlatego na ogół nigdy tak się nie postępuje. Powszechną praktyką w polskich przedsiębiorstwach wodociągowych jest kupowanie pojedynczych programów

przeznaczonych do różnych celów i wdrażanie ich w różnych działach przedsiębiorstwa, bez przewidywania współpracy tych programów i bez możliwości korzystania przez nie ze wspólnych baz danych. Po pewnym czasie takiego postępowania w przedsiębiorstwie funkcjonuje wiele programów pochodzących z wielu firm i ich obsługa i administrowanie nimi staje się coraz trudniejsze i wymagające zaangażowania coraz większej liczby osób. Czasami dochodzi nawet do takich kuriozalnych sytuacji, że przebiegająca w ten sposób informatyzacja przedsiębiorstwa zamiast usprawniać jego pracę, komplikuje ją, co budzi niechęć kierownictwa do informatyki w ogóle.

Taka sytuacja nie jest korzystna dla samych przedsiębiorstw, jak również dla krajowych ośrodków badawczych i firm usługowych zajmujących się rozwijaniem systemów informatycznych, i dlatego powinna możliwie szybko zostać zmieniona. Poniżej przedstawiamy kilka propozycji takich zmian.

2. Propozycje usprawnień w systemie informatyzacji przedsiębiorstw wodociągowych

Zapewnienie prawidłowego rozwoju informatyzacji przedsiębiorstw wodociągowych w Polsce, podnoszącego jej poziom do poziomu istniejącego obecnie w krajach Europy Zachodniej, wymaga, według autora, spełnienia trzech warunków: prowadzenia w skali kraju odpowiedniej i zorganizowanej akcji informacyjnej i promocyjnej dotyczącej zalet, możliwości i światowych trendów rozwojowych technologii i technik informatycznych stosowanych i użytecznych w inżynierii środowiska, obejmującej swoim zakresem zadania realizowane w przedsiębiorstwach wodociągowych; uruchomienia na poziomie rządowym odpowiednich mechanizmów finansowych wspomagających przedsiębiorstwa wodociągowe wdrażające u siebie nowoczesne technologie informatyczne; zapewnienia prawidłowo funkcjonującego transferu technologii z krajowych instytutów badawczych do gospodarki, w tym w szczególności do przedsiębiorstw wodociągowych.

Zasadniczo wymienione wyżej działania są w Polsce prowadzone, jednak bez odpowiedniej koordynacji i wzajemnego sprzężenia, co powoduje, że są one nieskuteczne i nieefektywne. Odnośnie akcji informacyjnej, są a kraju liczne agencje, instytucje, fundacje i stowarzyszenia, w tym również te zrzeszone w NOT, zajmujące się poprzez organizację szkoleń, seminariów i konferencji oraz działalność publikacyjną promocją i krzewieniem osiągnięć nauki dla potrzeb gospodarki, jednak jest to działalność rozproszona i chaotyczna i przez to już w założeniach mało użyteczna.

Podobnie sytuacja wygląda w obszarze transferu technologii. Ostatnio na większości wyższych uczelni, w tym również uczelni niepublicznych, powstały centra transferu technologii. Ich statutowym zadaniem jest promocja, ale również transferowanie wyników badań uzyskiwanych na uczelniach do sfery gospodarki. Centra te nie mają jednak żadnych narzędzi umożliwiających realizację takiego transferu i najczęściej nie maja również odpowiednio dobrych kontaktów z przedsiębiorstwami i tym samym brak im wiedzy o tym, jakie są rzeczywiste potrzeby przedsiębiorstw. Dlatego ograniczają się one do organizowania konferencji i działalności publikacyjnej, przy czym na ogół wyniki tych działań nie docierają w ogóle do właściwych odbiorców, czyli przedstawicieli gospodarki.

Wreszcie sprawa wspomagania finansowego wdrożeń wyników badań w przedsiębiorstwach. W różnych ministerstwach istnieją programy projektów badawczych przeznaczające pewne środki finansowe na badania, w tym również badania stosowane. Jednak istnieje tu pewna niekonsekwencja, jeżeli chodzi o wzajemne przyporządkowanie środków finansowych, instytutów badawczych i ministerstw dysponujących tymi środkami. Prace badawcze prowadzone na uczelniach i w instytutach naukowych mogą pozyskiwać wsparcie finansowe

z Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, które preferuje swoimi programami prace o charakterze podstawowym, nie przekładające się bezpośrednio na zastosowania i wdrożenia. Z kolei programy badań aplikacyjnych finansowane przez ministerstwa branżowe nie dotyczą instytutów naukowych a jedynie przedsiębiorstw i instytutów branżowych, w których na ogół nie prowadzi się zaawansowanych prac badawczych.

Te wszystkie uwarunkowania powodują, że chociaż w każdym wymienionym obszarze pewne działania są prowadzone, to ponieważ są one nieskoordynowane ze sobą, ich skuteczność jest mała i w rezultacie uzyskiwane wyniki praktyczne są w ogromnym stopniu niezadowalające. Jednocześnie wydaje się, że nie potrzeba dużych środków, aby tę sytuację diametralnie zmienić. Wystarczy zastosować podejście systemowe wiążące wszystkie działania w jedną całość i uzależniające je od siebie.

Dobrym przykładem takiego podejścia jest sytuacja, jaka istnieje w Niemczech w zakresie planowego i długofalowego sterowania rozwojem i stosowaniem informatyki w inżynierii i ochronie środowiska. Istnieje tam Towarzystwo Informatyki (Gesellschaft für Informatik), podzielone na sekcje odpowiedzialne za rożne obszary zastosowań informatyki, takie jak: systemy GIS, systemy monitoringu, modelowanie matematyczne, symulacja komputerowa itp., które z jednej strony jest odpowiedzialne za kształtowanie polityki rozwoju informatyki w kraju, z drugiej strony zajmuje się również promocją wyników badań w tym obszarze uzyskiwanych w niemieckich instytutach badawczych. Odbywa się to wszystko poprzez cykliczne i regularne organizowanie konferencji przez poszczególne sekcje branżowe Towarzystwa oraz poprzez formułowanie odpowiednich zaleceń dotyczących kierunków badań kierowanych przez Towarzystwo do instytutów badawczych. Uczestnikami konferencji są zarówno pracownicy instytutów, jak i przedstawiciele przedsiębiorstw. Praktyka taka jest stosowana regularnie już od kilkudziesięciu lat, co doprowadziło do sytuacji, że istnieje już powszechna wiedza o tym, jakie prace badawcze prowadzi się w jakich instytutach i jakie są potrzeby różnych sfer gospodarki w zakresie innowacyjnych rozwiązań naukowych.

Podobnie efektywnie, jak promocja nauki i wzajemna wymiana informacji między przedsiębiorstwami i instytutami badawczymi, jest rozwiązany w Niemczech problem transferu wiedzy i rozwiązań badawczych ze sfery nauki do sfery gospodarki. Instytuty niemieckie są zrzeszone w Towarzystwach zwanych Gesellschaftami, których jest w Niemczech kilka, a najbardziej znane z nich, to Max-Planck-Gesellschaft, Fraunhofer Gesellschaft i Leibniz Gesellschaft. Jedynie instytuty Max-Planck-Gesellschaft prowadzą badania podstawowe finansowane całkowicie z budżetu państwa. Instytuty pozostałych Towarzystw prowadzą badania o charakterze aplikacyjnym i są one finansowane przez państwo jedynie w kilkudziesięciu procentach, natomiast pozostałe kilkadziesiąt procent kosztów swojej działalności muszą one pozyskiwać w formie umów zewnętrznych i projektów badawczych. Jeżeli takich środków nie pozyskają, zostają rozwiązane i w sumie ten warunek dotyczy ponad stu instytutów. Ponieważ profile działalności instytutów różnych Towarzystw pokrywają się, więc prowadzą one ze sobą rywalizację tak w obszarach prowadzonych badań, jak i odnośnie dostępu do środków finansowych będących w dyspozycji przedsiębiorstw czy ministerstw lub organizacji prowadzących określone programy projektów badawczych. Jednocześnie pracownicy instytutów badawczych nie mogą uzyskiwać środków finansowych z racji zatrudnienia w innych instytucjach, to znaczy mogą mieć inne etaty, ale o charakterze honorowym. Skutkuje to oczywiście koncentracją sił i czasu pracy pracowników na podstawowej działalności w macierzystym instytucie. Taka praktyka finansowania instytutów i ich pracowników wymusza zawieranie kontaktów z przedsiębiorstwami, będącymi potencjalnymi źródłami finansowania i również źródłami tematów badawczych.

Wzajemna współpraca instytutów badawczych i przedsiębiorstw, aby była efektywna, musi się opłacać obu stronom. Ten oczywisty warunek jest rozumiany i uwzględniany w Niemczech, natomiast zupełnie nie jest brany pod uwagę w Polsce. Wdrażanie w przedsiębiorstwie wyników badań innowacyjnych prowadzonych w instytucie badawczym jest zawsze związane z pewnym ryzykiem, ponieważ nigdy do końca nie wiadomo, czy nowy produkt testowany w warunkach laboratoryjnych sprawdzi się tak samo dobrze w praktyce, w warunkach przemysłowych. Instytut w takim przypadku nie ponosi ryzyka, znajduje się ono po stronie przedsiębiorstwa, które wykłada pewne środki finansowe i może uzyskać wynik nie w pełni je zadowalający. Z kolei obciążanie symetrycznym ryzykiem instytutu mogłoby doprowadzić do sytuacji, że zostałoby zablokowane w ogóle prowadzenie badań innowacyjnych i wdrażanie ich wyników w przedsiębiorstwach i taki stan rzeczy istnieje praktycznie w Polsce. Dlatego w Niemczech znaleziono rozwiązanie, które funkcjonowało również w latach 1970-tych w Polsce. Mianowicie przedsiębiorstwa niemieckie wykładające pewne kwoty na współpracę z instytutami badawczymi mogą odejmować je od podstawy opodatkowania w swoich rozliczeniach z urzędami skarbowymi. W Polsce w swoim czasie przedsiębiorstwa dysponowały określonymi funduszami, które mogły być wydatkowane właśnie na współpracę z instytutami badawczymi.

Jak widać z powyższych opisów, w Niemczech sprawy promocji nauki, kształtowania jej rozwoju, transferu wiedzy z instytutów badawczych do przedsiębiorstw i również finansowania wdrożeń są wzajemnie ze sobą powiązane i stanowią jednolity system współpracy między sferą nauki i sferą gospodarki. Rezultatem jest rozwój w Niemczech badań stosowanych ukierunkowany na potrzeby przedsiębiorstw i również rozwój gospodarki innowacyjnej, co powoduje, że produkcja przedsiębiorstw niemieckich ma dobrą markę na świecie i jest nastawiona przede wszystkim na eksport.

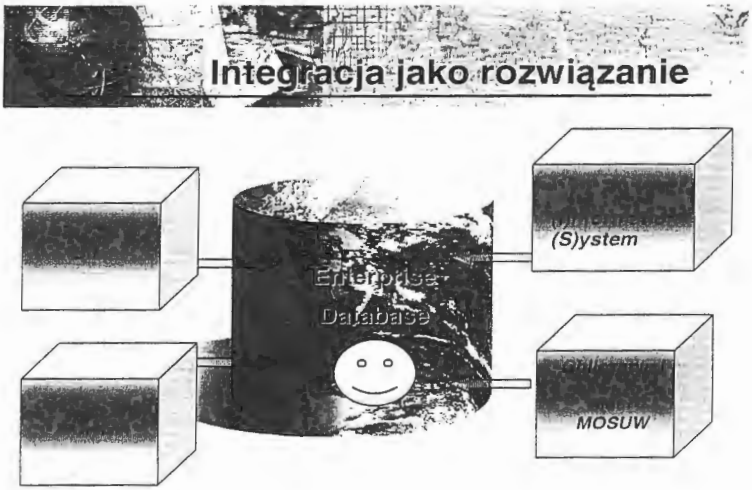
W Polsce obecnie sytuacja wygląda praktycznie dokładnie odwrotnie, to znaczy są preferowane badania podstawowe, w instytutach badawczych nie ma znajomości potrzeb przedsiębiorstw a w przedsiębiorstwach nie ma znajomości możliwości instytutów i również produkcja w polskich przedsiębiorstwach jest mało innowacyjna i przez to w niskim stopniu proeksportowa. A jeżeli przedsiębiorstwa podnoszą nawet swój poziom innowacyjności, w tym w szczególności poziom informatyzacji, to robią to zwykle w sposób przypadkowy a nie zorganizowany i korzystają przy tym zwykle z rozwiązań zagranicznych a nie krajowych. Dotyczy to ogółu przedsiębiorstw krajowych, w tym również przedsiębiorstw wodociągowych.

Autor jest zdania, że przejęcie w Polsce rozwiązań niemieckich w zakresie planowanej i kierowanej centralnie współpracy między sferami nauki i gospodarki doprowadziłoby stosunkowo szybko i stosunkowo małym kosztem do zmiany dotychczasowej niekorzystnej sytuacji w tym zakresie, co miałoby pozytywny wpływ tak na kondycję polskich instytutów badawczych, jak i polskich przedsiębiorstw, a w konsekwencji na ich tak pożądaną i na razie nie istniejącą konkurencyjność na rynku europejskim i światowym.

3. System informatyczny zarządzania miejskim systemem zaopatrzenia w wodę

Obecnie zostanie przedstawiony opis systemu informatycznego do zarządzania miejskim systemem zaopatrzenia w wodę, opracowany w Instytucie Badań Systemowych PAN i wdrożony w Miejskim Przedsiębiorstwie Wodociągów i Kanalizacji w Rzeszowie. System ma strukturę i funkcje zgodne z trendami obserwowanymi na świecie, w tym również w Niemczech. Jego innowacyjność polega na tym, że do zarządzania miejską siecią

wodociągową stosuje się model matematyczny sieci i liczne programy obliczeniowe korzystające z nowoczesnych metod matematyki stosowanej.



Rys. 1. Struktura systemu informatycznego do zarządzania miejską siecią wodociągową.

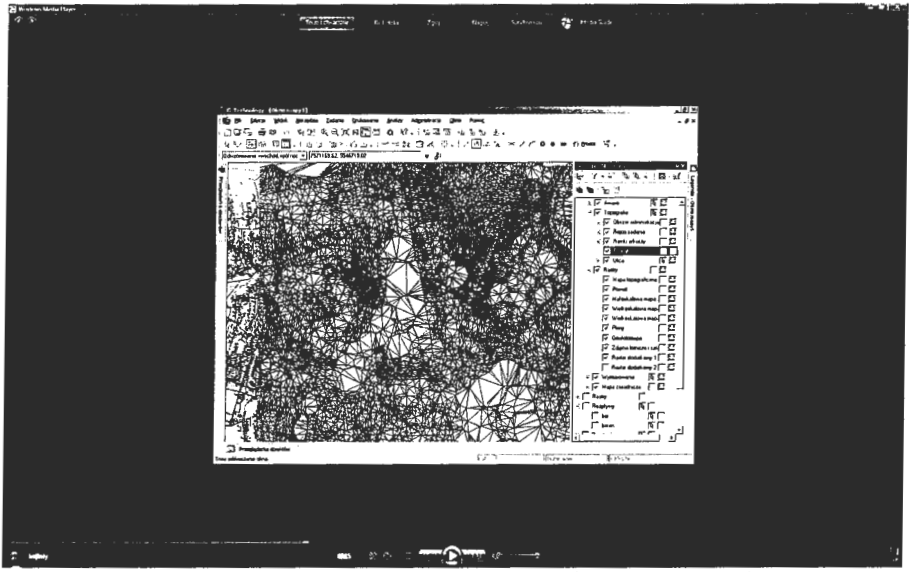
Omawiany system informatyczny ma otwartą budowę modułową i składa się z następujących podstawowych modułów (rys. 1):

- Systemu GIS (**G**eographical **I**nformation **S**ystem) generującego mapę numeryczną sieci wodociągowej.
- Systemu SCADA (**S**ystem of **C**ontrol **A**nd **D**iagnostic **A**nalysis) monitoringu sieci.
- Systemu CIS (**C**ustomers **I**nformation **S**ystem) do rejestracji ilości sprzedanej wody i archiwizacji użytkowników sieci wodociągowej.
- Modelu hydraulicznego sieci sprzęgniętego z programem optymalizacji wielokryterialnej (MOSUW).

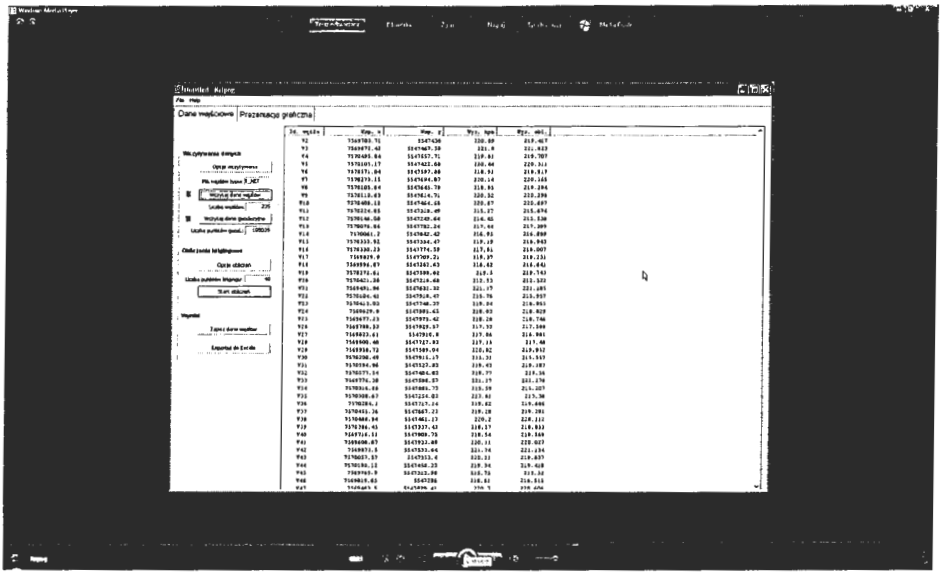
Własności i funkcjonowanie systemu informatycznego są następujące:

- Branżowa Baza Danych w systemie GIS (rys. 1) gromadzi wszelkie informacje techniczne, technologiczne i także finansowe niezbędne do zarządzania siecią.
- Poprzez specjalne pliki buforowe istnieje wzajemna komunikacja między modułami systemu.
- Monitoring sieci wodociągowej obejmuje co najmniej kilkanaście punktów pomiarowych, w zależności od wielkości i złożoności badanej sieci wodociągowej.
- Transmisja danych między punktami pomiarowymi systemu monitoringu i systemem informatycznym odbywa się za pomocą telefonii komórkowej w systemie GPRS względnie drogą radiową przy użyciu radiomodemów.

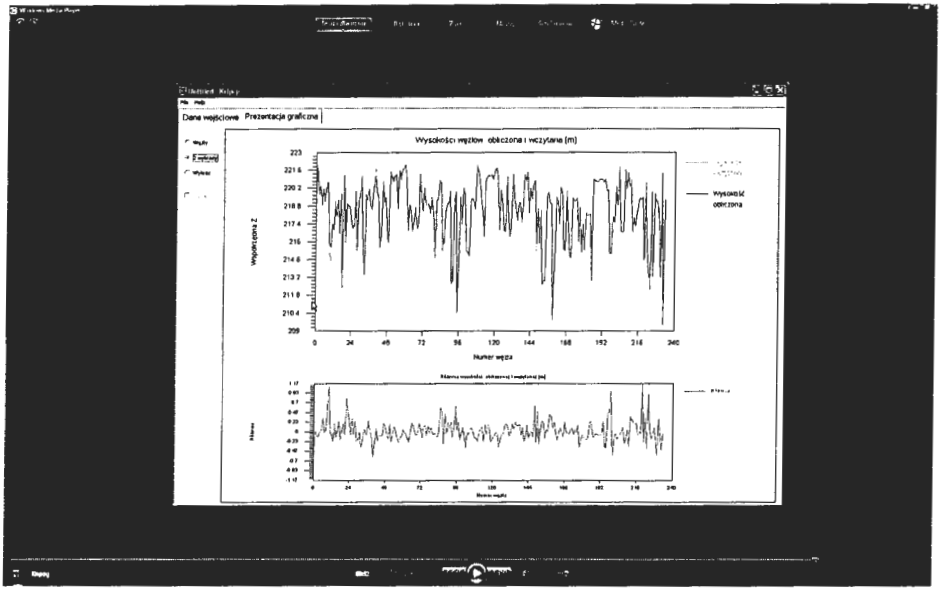
- Pomiary z monitoringu służą do kalibracji i okresowej rekalibracji modelu hydraulicznego.
- Model hydrauliczny wyznacza średnie lub bieżące przepływy i ciśnienia w sieci na podstawie grafów obliczeniowych sieci generowanych przez system GIS mapy numerycznej.
- Model hydrauliczny jest sprzęgnięty z systemem CIS, skąd pozyskuje dane o rozbiorach w węzłach użytkowników sieci.
- Z modelem hydraulicznym współpracuje program optymalizacji wielokryterialnej.
- W strukturze systemu informatycznego znajduje się program do obliczania wysokości węzłów sieci wodociągowej na podstawie danych wysokościowych posiadanych dla miejskich punktów geodezyjnych; do obliczania wysokości pokrywa się teren obejmujący sieć wodociągową trójkątami wyznaczonymi przez punkty geodezyjne, wyznacza się równania powierzchni tych trójkątów i na podstawie tych równań oblicza się wysokości punktów węzłowych sieci, zlokalizowanych na ogół wewnątrz odnośnych trójkątów (rys. 2).
- W strukturze systemu informatycznego znajduje się również program z algorytmami aproksymacji krigingowej.
- Program aproksymacji krigingowej współpracuje z modelem hydraulicznym i również z mapą numeryczną sieci wodociągowej.
- Na podstawie algorytmów krigingowych można wyznaczyć również współrzędne wysokościowe punktów węzłowych sieci, niezbędne do wygenerowania grafu obliczeniowego sieci, umożliwiającego uruchomienie modelu hydraulicznego (rys. 3); te obliczenia służą do weryfikacji wyników otrzymanych za pomocą programu z pokryciem obszaru sieci wodociągowej trójkątami (rys. 4).
- Z kolei wyniki obliczeń hydraulicznych przekazane do programu aproksymacji krigingowej służą do wyznaczania map rozkładów przepływów i ciśnień w sieci wodociągowej.
- Mapy rozkładów przepływów i ciśnień umożliwiają operatorowi sieci szybką jakościową ocenę stanu jej pracy i lokalizację obszarów o niewłaściwych prędkościach lub ciśnieniach wody.



Rys. 2. Mapa terenu obejmującego siec wodociągową, pokryta trójkątami do obliczenia wysokości węzłów sieci.



Rys. 3. Wyniki programu szacowania wysokości węzłów sieci wodociągowej za pomocą aproksymacji krigingowej.

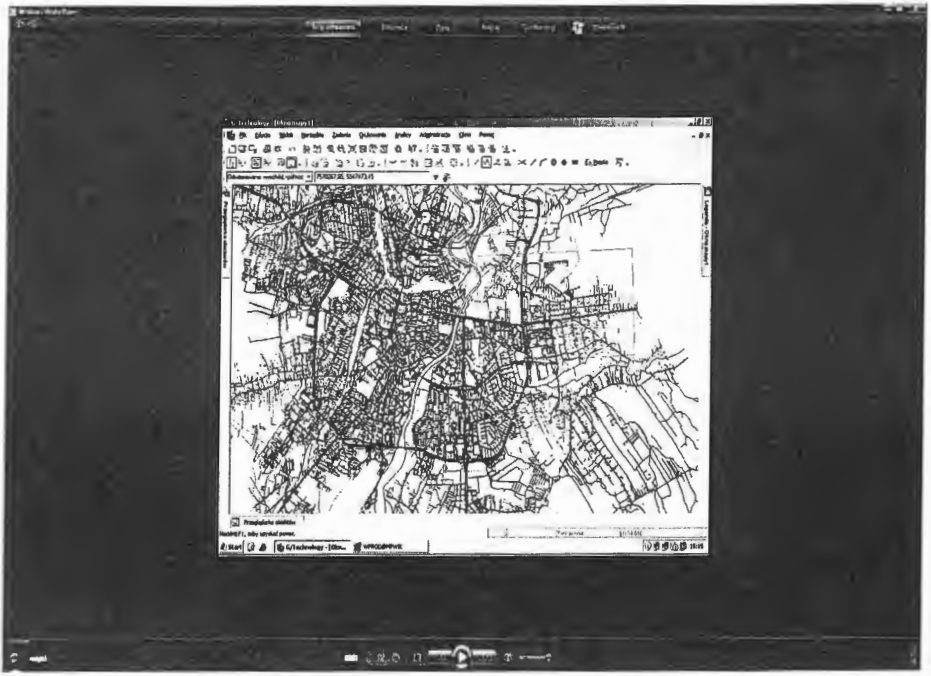


Rys. 4. Porównanie wyników wyznaczania wysokości węzłów sieci wodociągowej za pomocą aproksymacji krigingowej i metodą pokrycia terenu trójkątami; na dolnym wykresie wykres różnic dla obu metod.

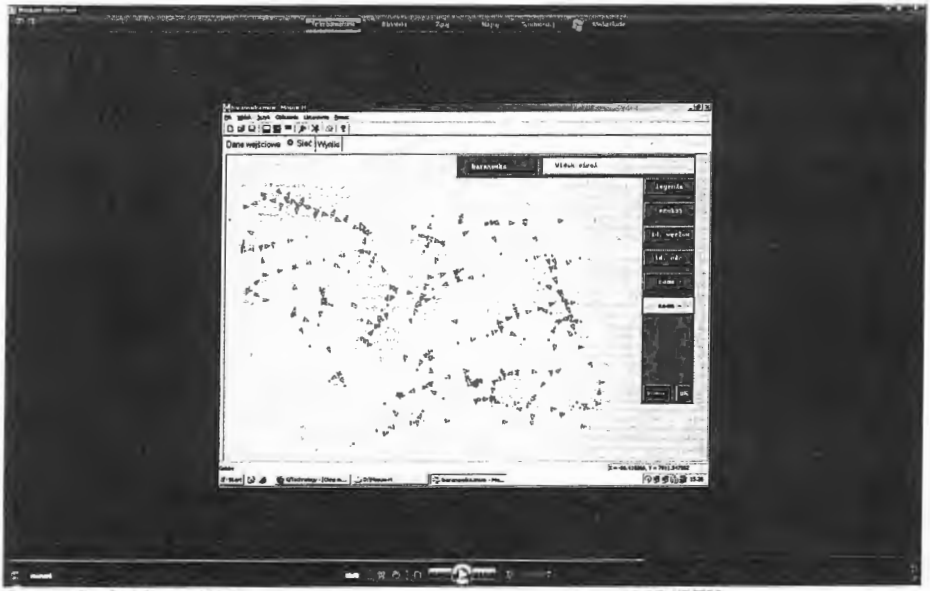
Dzięki swoim modułom system informatyczny realizuje następujące funkcje zarządzania siecią wodociągową:

- Komputerowa wizualizacja sieci lub jej wybranych fragmentów w formie mapy numerycznej generowanej przez system GIS (rys. 5).
- Wyznaczanie aktualnego stanu pracy sieci za pomocą modelu hydraulicznego (rysunki 6, 7 i 8).
- Optymalizacja, projektowanie i sterowanie operacyjne siecią wodociągową z wykorzystaniem modelu hydraulicznego sieci i programu optymalizacji wielokryterialnej (rys. 9).
- Bieżąca weryfikacja wyników obliczeń modelu hydraulicznego za pomocą danych pomiarowych dostarczanych do systemu i wizualizowanych za pomocą systemu monitoringu (rysunki 10, 11 i 12).

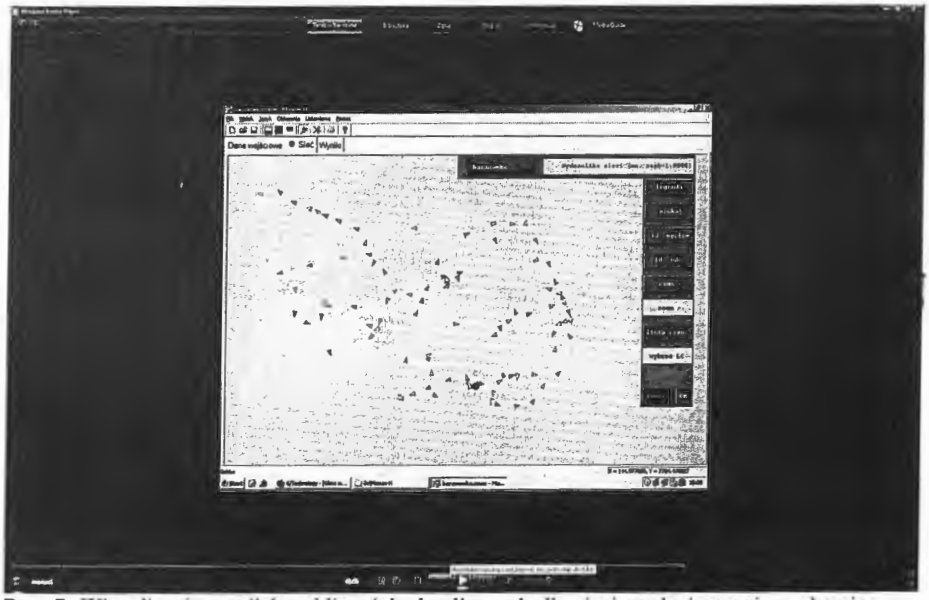
Są to wszystko zadania o charakterze technicznym, związane z bieżącą eksploatacją sieci, z jej sterowaniem operacyjnym, ale również z rozbudową sieci i planowaniem prac inwestycyjnych. Zwykle prace te są wykonywane ręcznie w różnych działach przedsiębiorstwa wodociągowego: Dziale Sieci, Dziale Technicznym i Dziale Inwestycji, co skutkuje często brakiem koordynacji prowadzonych działań, znajdowaniem nieoptymalnych rozwiązań oraz długimi czasami podejmowania decyzji. Przedstawiony system informatyczny jest narzędziem wspomagającym pracę operatora sieci wodociągowej i ułatwiającym, przyspieszającym i koordynującym prace eksploatatorów, projektantów i kierowników miejskiego systemu zaopatrzenia w wodę.



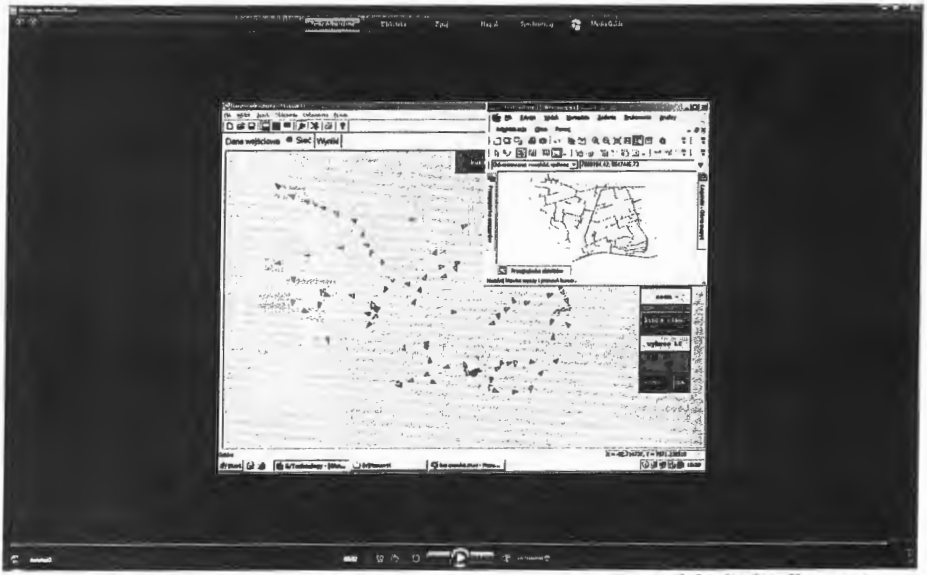
Rys. 5. Mapa numeryczna sieci wodociągowej w Rzeszowie.



Rys. 6. Graf obliczeniowy sieci wodociągowej na ekranie programu MOSUW.

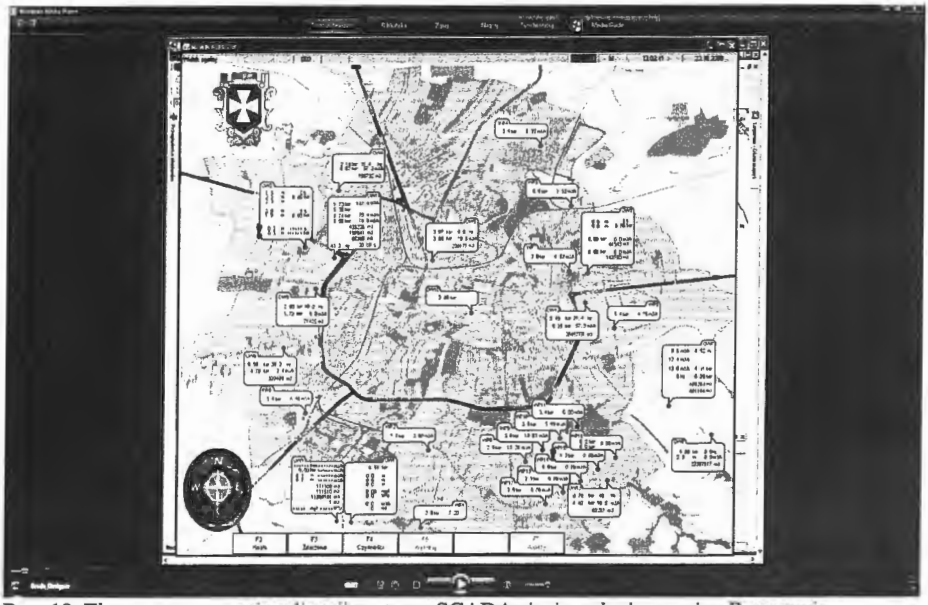


Rys. 7. Wizualizacja wyników obliczeń hydraulicznych dla sieci wodociągowej na ekranie programu MOSUW.

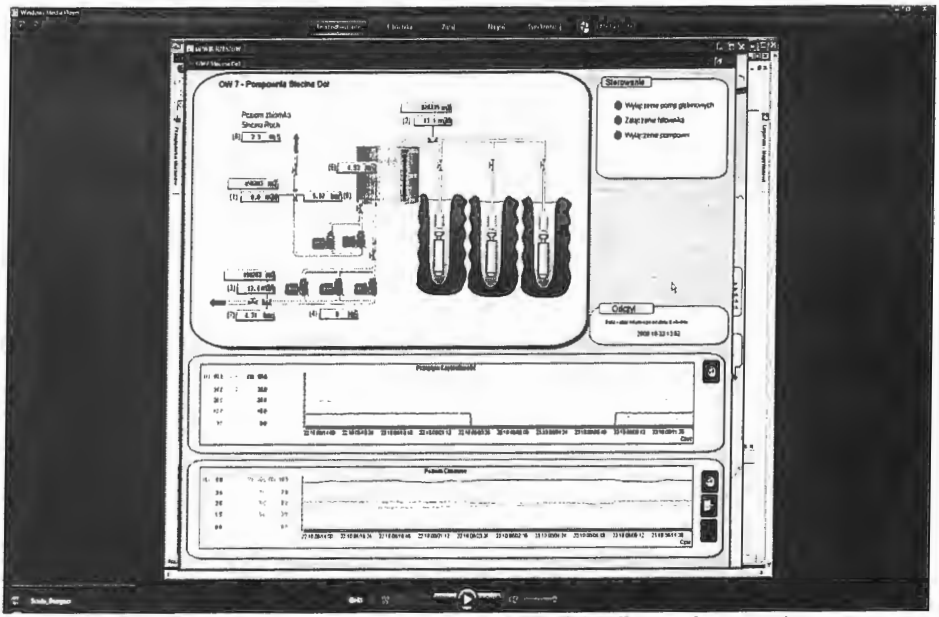


Rys. 8. Wizualizacja fragmentu sieci wodociągowej na ekranach modelu hydraulicznego (program MOSUW) i systemu mapy numerycznej (system GIS).

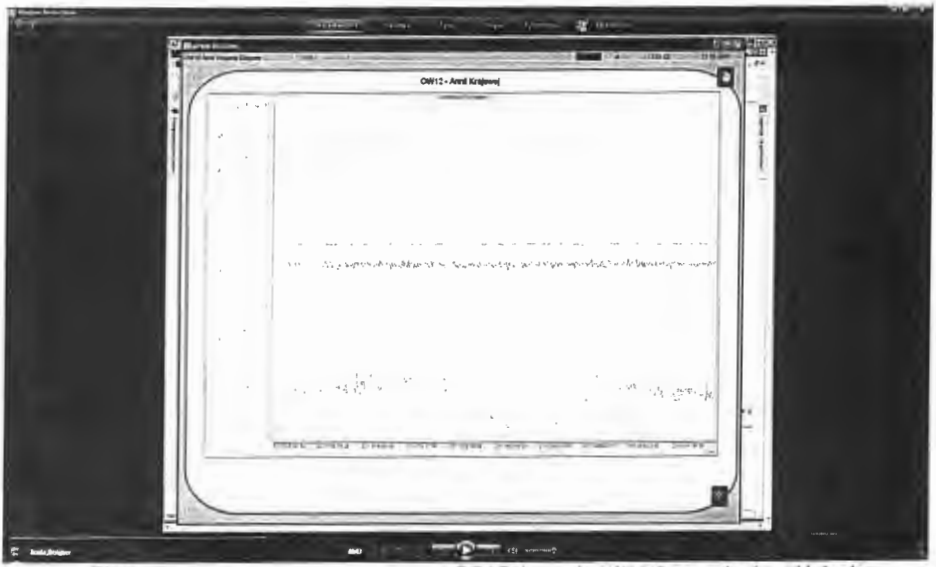
Rys. 9. Ekran programu MOSUW w przypadku obliczeń optymalizacyjnych sieci wodociągowej ze zdefiniowanymi kryteriami celu.



Rys. 10. Ekran programu wizualizacji systemu SCADA sieci wodociągowej w Rzeszowie.



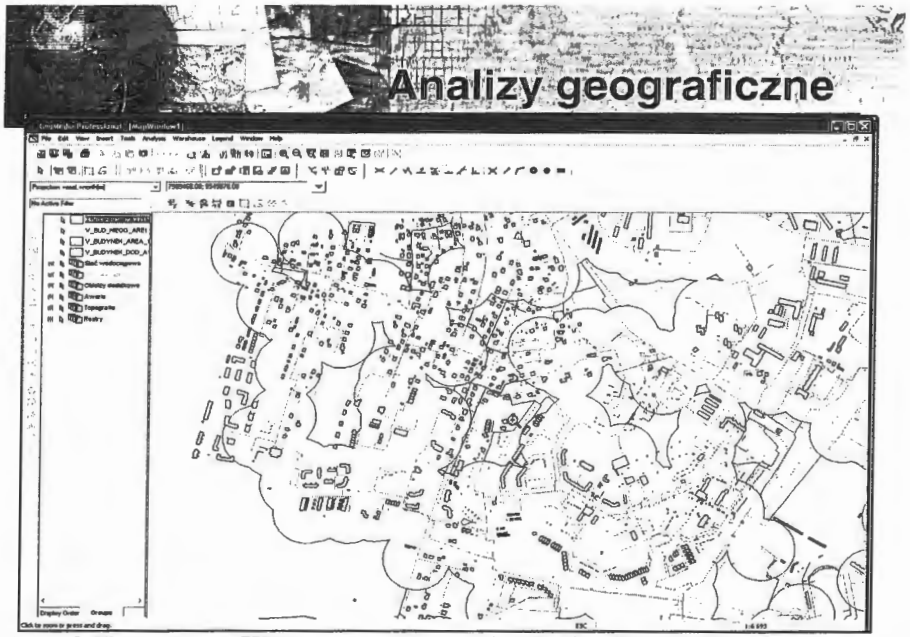
Rys. 11. Ekran programu wizualizacji systemu SCADA dla punktu pomiarowego zlokalizowanego w hydroforni strefowej.



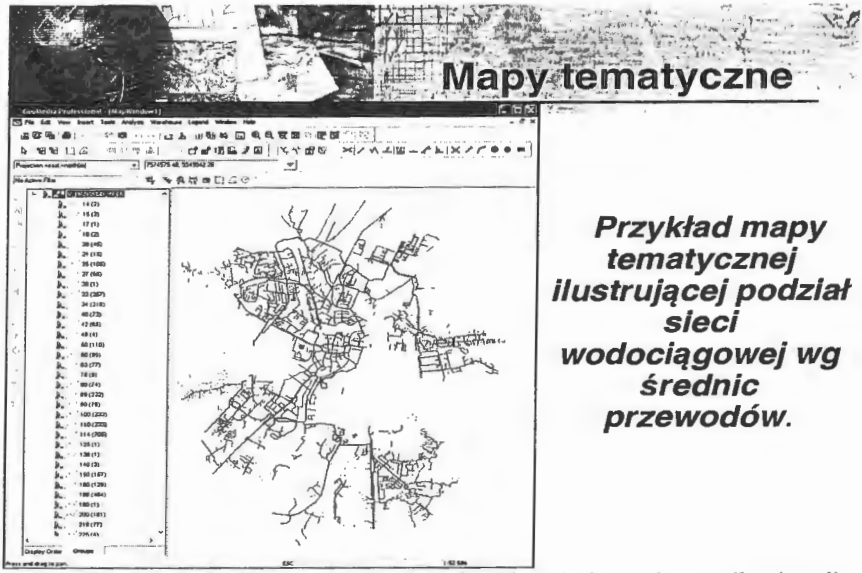
Rys. 12. Ekran programu wizualizacji systemu SCADA z wizualizacją pomiarów ciśnienia i przepływu dla wybranego punktu pomiarowego.

Mapa numeryczna umożliwia również wykonywanie licznych analiz tematycznych dotyczących sieci wodociągowej. Takie analizy, to na przykład:

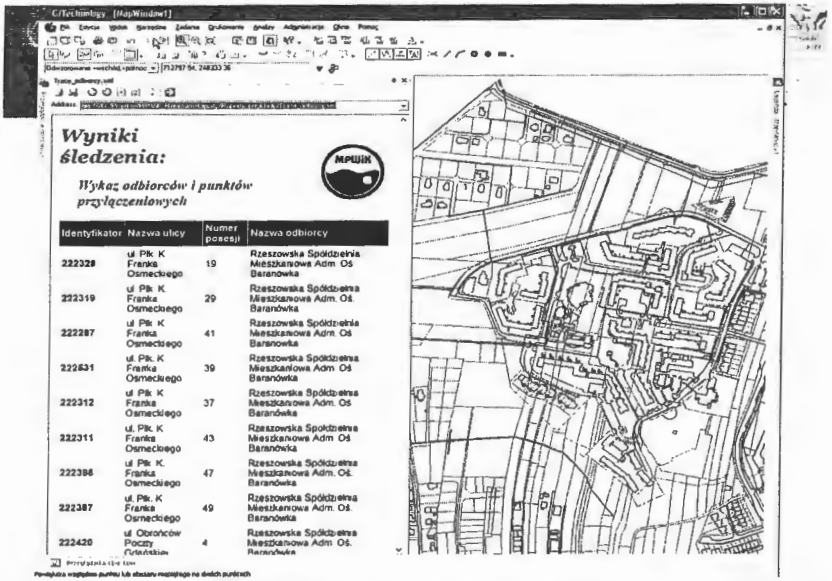
- Lokalizacja zasuw, które należy zamknąć w przypadku awarii, aby ograniczyć straty wody w miejscu wycieku.
- Wizualizacja pokrycia wybranego obszaru terenu zasięgiem hydrantów zainstalowanych na sieci. Ta analiza jest użyteczna w szczególności dla straży pożarnej, pozwalając jej ocenić możliwości dostępu do wody na wypadek pożaru (rys. 13).
- Wizualizacja struktury sieci wodociągowej z uwzględnieniem przewodów o zadanych średnicach; takie struktury, to na przykład sieć magistralna lub sieć rozdzielcza (rys. 14).
- Sporządzanie wykazu użytkowników sieci wodociągowej zlokalizowanych w określonym obszarze sieci względnie przyłączonych do zadanego przewodu wodociągowego.



Rys. 13. Ekran systemu GIS mapy numerycznej z wizualizacją pokrycia wybranego terenu zasięgiem hydroforów przeciwpożarowych.



Rys. 14. Ekran systemu GIS mapy numerycznej sieci wodociągowej z wynikami analizy tematycznej wizualizującej sieć wodociągową o określonych zadanych średnicach.



Rys. 15. Ekran systemu GIS mapy numerycznej sieci wodociągowej z wynikami analizy tematycznej wskazującej użytkowników sieci w określonym zadanym rejonie sieci wodociągowej.

Te i podobne analizy tematyczne są również obecnie wykonywane w przedsiębiorstwach wodociągowych, wykonuje się je jednak zwykle ręcznie, co jest pracą wyjątkową żmudną i nie zawsze dokładną. Wykorzystanie do tego celu mapy numerycznej powoduje, że czynności te są wykonywane automatycznie, co znacznie ułatwia i przyśpiesza pracę i jednocześnie umożliwia generowanie przejrzystych raportów. Warunkiem prawidłowego wykonania analiz jest oczywiście dostarczenie poprawnych danych do Branżowej Bazy Danych systemu GIS, co jest niestety najbardziej uciążliwą i czasochłonną czynnością przy wdrażaniu systemu informatycznego. Szczególnie prace te są uciążliwe i obarczone przy tym największymi błędami w przypadku starych przedsiębiorstw wodociągowych, w których sieci wodociągowe pochodzą często z czasów sprzed I Wojny Światowej i nie zachowały się dla nich oryginalne dokumentacje.

Planowany system informatyczny może być również w razie potrzeby rozbudowany o dodatkowe funkcje. Te funkcje, to na przykład:

- Identyfikacja miejsc instalacji punktów pomiarowych dla systemu SCADA.
- Generowanie optymalnych planów rewitalizacji sieci wodociągowej.
- Lokalizacja ukrytych wycieków wody.

W przypadku lokalizacji punktów pomiarowych systemu monitoringu, należy minimalizować ich liczbę i maksymalizować ilość dostarczanej przez nie informacji o sieci. Generowanie optymalnych planów rewitalizacji sieci i ich realizacja są instrumentem zapobiegania awariom sieci. W przypadku, gdy taka awaria nastąpi i dotyczy wycieku wody niewidocznego na powierzchni gruntu, jest istotne, aby stosunkowo szybko można ją było zlokalizować ze względu na ponoszone straty wody, szkody środowiskowe oraz zakłócenia w prawidłowej pracy sieci. W każdym z wymienionych przypadków realizacja zadania wymaga współdziałania systemu mapy numerycznej, modelu hydraulicznego i programu optymalizacji wielokryterialnej, które są podstawowymi elementami prezentowanego systemu informatycznego.

4. Uwagi końcowe

Przedstawiono trudności istniejące obecnie w Polsce odnośnie transferu wiedzy z krajowych instytutów badawczych do sfery gospodarki, ich przyczyny i niekorzystne skutki, jakie to powoduje w zakresie informatyzacji przedsiębiorstw w ogóle i przedsiębiorstw wodociągowych w szczególności. Podano również pewne propozycje zmiany tego stanu rzeczy, opierając się przy tym na doświadczeniach niemieckich. Jednocześnie zaprezentowano zintegrowany system informatyczny do kompleksowego zarządzania miejskim systemem zaopatrzenia w wodę, który według koncepcji autora mógłby stać się wzorcowym narzędziem komputerowego wspomagania decyzji w krajowych przedsiębiorstwach wodociągowych, podnoszącym na istotnie wyższy poziom stan informatyzacji tych przedsiębiorstw.

System ten został wdrożony w wodociągach rzeszowskich na pilotowym obszarze sieci wodociągowej. Przy tym do tworzenia mapy numerycznej sieci został użyty system GIS G/Technology firmy Intergraph Polska, system monitoringu zainstalowany w Rzeszowie został oparty na programie ProconWin firmy Schulz-Infoprod z Poznania, natomiast model hydrauliczny sieci sprzężony z programem optymalizacji MOSUW został opracowany w Instytucie Badań Systemowych PAN przy współpracy z niemiecką firmą REUS z Berlina.

Dzięki swoim modułom opracowany system informatyczny realizuje następujące funkcje zarządzania miejską siecią wodociągową:

- komputerowa wizualizacja sieci lub jej wybranych fragmentów w formie mapy numerycznej generowanej przez system GIS
- wyznaczanie aktualnego stanu pracy sieci za pomocą modelu hydraulicznego i algorytmów aproksymacji krigingowej
- optymalizacja, projektowanie i sterowanie operacyjne siecią wodociągową z wykorzystaniem modelu hydraulicznego sieci i programu optymalizacji wielokryterialnej
- bieżąca weryfikacja wyników obliczeń modelu hydraulicznego za pomocą danych pomiarowych dostarczanych do systemu i wizualizowanych za pomocą systemu monitoringu
- lokalizacja awarii i wycieków w sieci wodociągowej za pomocą bieżących pomiarów z systemu monitoringu.

Wdrożenie tego systemu w przedsiębiorstwem wodociągowym wymaga przeprowadzenia w nim określonych zmian organizacyjnych. Polegają one między innymi na tworzeniu nowych stanowisk pracy w różnych działach przedsiębiorstwa do obsługi różnych modułów systemu, takich jak:

- mapa numeryczna do wizualizacji sieci i wykonywania analiz
- system monitoringu do obserwacji aktualnego stanu sieci
- modele hydrauliczne i programy optymalizacji do sterowania siecią oraz planowania i wykonywania prac projektowych.

Konieczność wprowadzenia tych zmian oraz koszty związane z zakupem odpowiedniego oprogramowania i prowadzeniem koniecznych prac badawczych są obecnie, niestety, podstawowymi barierami hamującymi systemową komputeryzację i informatyzację krajowych przedsiębiorstw wodociągowych.

Literatura

Bogdan L. (2007) *Some properties of kriging calculations for environmental measurements data.* Proceedings of the ASIS'2007 Conference. Brno.

Bogdan L., Studzinski J. (2006A) *The kriging approximation: algorithms, program and calculation results.* In: Eco-Info and Systems Research (J. Studzinski, O. Hryniewicz, eds.) PAN IBS, Warsaw, 67-88.

Bogdan L., Studzinski J. (2006B) *Anwendung von Kriging-Approximation zur Anfertigung der Regenfallkarten fuer Polen.* In: GI-Edition, Lectures Notes in Informatics (K.O. Wenkel, P. Wagner, M. Morgenstern, K. Luzi, P. Eisermann, Hrsg.) Koellen Druck Verlag, Bonn, 33-36.

Bogdan L., Studzinski J. (2006C) *Entwicklung von Algorithmen zur Krigingsapproximation zur Modellierung von Umweltdaten.* In: Wittmann J., Mueller M. (Hrsg.) Simulation In Umwelt- und Geowissenschaften. Shaker Verlag, Reihe Umweltinformatik, Aachen.

Bogdan L., Studzinski J. (2007) *Modeling of water pressure distribution in water nets using the kriging algorithms.* In: Industrial Simulation Conference ISC'2007 (J. Ottjes and H. Vecke, eds.), June 11-13, 2007, Delft, TU Delft Netherlands, 52-56.

Bogdan L., Studzinski J. (2008) *Mathematical models for hydraulic calculation and optimization of commnal waternets* .In: ESM 2008: Modelling and Simulation (Cyrille Bertelle and Aladdin Ayesh, Eds.) Le Havre (October) Université du Havre France.

Bryłka R., Studzinski J. (2008) *Integrated solution for water industry.* Prezentacja systemu zarządzania siecią wodociągową na Targach Brussels Innova 2008.

Hryniewicz O., Studzinski J. (2006) *Development of computer science tools for solving the environmental engineering problems.* In: K. Tochtermann, A. Scharl.. (Eds.) Managing Environmental Knowledge. 20th International Conference on Informatics and Environmental Protection: EnviroInfo'2006, Graz. September 6-8.

Karczmarska D. (2007) *Uruchomienie komputerowego systemu wspomagania decyzji projektanta i operatora sieci wodociągowej w Rzeszowie.* Raport badawczy IBS PAN nr 11B/2007, Warszawa.

Straubel R. (2007) *REH – Ein Program für Rechnerunterstützte Entscheidungshilfen.* Ingenieurbüro Dr. Straubel, Berlin.

Straubel R., Holznagel B. (1998) *Mehrkriteriale Optimierungen für Planung und Steuerung von Trink- und Abwasser-Verbundsystemen.* W: Problemy monitoringu i automatyzacji oczyszczalni ścieków bytowo-gospodarczych. PZIiTS, Oddział w Poznaniu, Ustronie Morskie, 30-42.

Straubel R., Studzinski J. (2000): *Computer aided planing and operating of the water networks in Koenigs-Wusterhausen and Rzeszow.* Proceedings of 4th International Conference in Water Supply and Quality, Ed. M.M. Sozański, Kraków, 43-54.

Studzinski J. (2006) *Entwicklung von Modellen und Algorithmen zur Simulation und Optimierung von komplexen Wassernetzen.* In: Modellierung und Simulation von Oekosystemen. Workshop Koelpinsee 2004 (A. Gnauck, Hrsg.) Shaker Verlag, Aachen, 1-12.

Studzinski J. (2007) *Computer aided management of waterworks.* In: Proceedings of QRM'2007, 6th Intern. Conference on Quality, Reliability and Maintenance (R.A. Tomas, ed.), Oxford, 254-258.

Studzinski J. (2007) *Zastosowanie danych z monitoringu w systemie zarządzania miejską siecią wodociągową.* Studia i Materialy PSZW (W. Bojar, red.) tom 9, PSZW Bydgoszcz, 154-164.

Studzinski J. (2008) *Rechnergestützte Entscheidungshilfe zur Führung eines kommunalen Wassernetzes.* In: Modellierung und Simulation von Ökosystemen (A. Gnauck, Hrsg.) Shaker Verlag, Aachen.

Studzinski J., Bogdan L. (2007) *Application of kriging algorithms for environmental and engineering parameters approximation.* In: O. Hryniewicz, J. Studzinski, M. Romaniuk (eds.) Environmental Informatics and Systems Research, EnviroInfo'2007 Conference, Warsaw, 12-14 September 2007, Vol. 1, Shaker Verlag Aachen, 185-192.

Studziński J., Karczmarska D., Popek J. (2005) *Uwagi o wdrożeniu, eksploatacji i propozycjach rozbudowy GIS-Geomedia w wodociągach rzeszowskich.* W: Eksploatacja wodociągów i kanalizacji: GIS, modelowanie i monitoring w zarządzaniu systemami wodociągowymi i kanalizacyjnymi, t. 7, PZSIiTS, Warszawa, 117-128.

Studzinski J., Straubel R. (2007) *Optymalizacja i sterowanie miejskiej sieci wodociągowej na podstawie modeli matematycznych.* Studia i Materialy PSZW (W. Bojar, red.) tom 10, PSZW Bydgoszcz, 181-191.

Żyła A. (2007) *Opracowanie algorytmów obliczeniowych do wykrywania stanów awaryjnych i nieszczelności sieci wodociągowej*. Raport badawczy IBS PAN nr 4B/2007, Warszawa.