

GIS jako platforma integrująca systemy w przedsiębiorstwie wodociągowym: doświadczenia z wybranych wdrożeń

GIS as a platform for integrating systems in water supply company: experiences from selected implementations

Jakub Bobrowski^{*)}

Słowa kluczowe: GIS, wodociągi i kanalizacja, integracja systemów.

Streszczenie

Systemy GIS zintegrowane z innymi narzędziami informatycznymi stosowanymi w przedsiębiorstwach wodociągowych pozwalają na uzyskanie efektu synergii w wielu obszarach funkcjonowania przedsiębiorstwa. Celem artykułu jest zaprezentowanie efektów wdrożeń, a także wskazanie korzyści wynikających z uruchomienia systemu informacji przestrzennej w różnych konfiguracjach, w pięciu wybranych, polskich przedsiębiorstwach wodociągowych. Artykuł analizuje przykładowe wdrożenia i płynące z nich wnioski, a także wskazuje potencjalne korzyści uzyskane z implementacji zintegrowanych systemów zarządzania opartych na GIS.

Keywords: GIS, water and sewage systems, systems integration.

Abstract

GIS systems integrated with other IT tools used in water supply companies allow to obtain synergy effect in many areas of company functioning. The aim of the article is to present the effects of implementations and to indicate the benefits resulting from starting up a GIS in various configurations in five selected Polish water supply companies. The article analyses exemplary implementations and their conclusions, as well as indicates potential benefits obtained from the implementation of integrated management systems based on GIS.

1. Wstęp

Zarządzanie infrastrukturą wodociągowo-kanalizacyjną, z wykorzystaniem systemów informacji przestrzennej (ang. *Geographic Information System, GIS*), jest zjawiskiem powszechnie występującym od wielu lat, zarówno w Polsce jak i na świecie [4].

Podstawowe narzędzia umożliwiające wyświetlanie map aktywów sieciowych, wyszukiwanie i filtrowanie obiektów oraz narzędzia raportowania ilościowego są sukcesywnie uzupełniane o informacje pochodzące z zewnętrznych systemów zarządzania, tworząc bazę do budowy interaktywnych platform wymiany informacji [1]. W wyniku tych integracji powstają dynamiczne systemy GIS obejmujące swym zasięgiem funkcjonalnym wiele obszarów zarządzania przedsiębiorstwem wodociągowo-kanalizacyjnym.

Do systemów, które naturalnie są predystynowane do połączenia z GIS, należy zaliczyć systemy: zarządzania dokumentacją, zarządzania ekipami terenowymi, służące rozliczeniom z klientami końcowymi, zdalnego odczytu wodomierzy, modelowania matematycznego sieci, SCADA (ang. *Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA*) [3], czy wreszcie zarządzanie flotą pojazdów. Integracje te pozwalają przedsiębiorstwu na osiągnięcie znaczących i wymiernych korzyści w zarządzaniu aktywami sieciowymi. Pozwalają na umieszczenie we wspólnej, spersonalizowanej przestrzeni informacji kontekstowych, wynikających z relacji pomiędzy obiektami, danymi różnych typów. Umożliwia to pełniejsze zrozumienie zjawisk występujących w obszarze zarządzania infrastrukturą wodociągowo-kanalizacyjną, a także na sprawniejszą koordynację działań, w przypadku

wystąpienia zdarzeń nagłych. Elastyczność w łączeniu zewnętrznych systemów zarządzania z GIS, dzięki zastosowaniu współczesnych technologii informatycznych, pozwala na osiąganie różnorodnych korzyści w zależności od potrzeb i możliwości przedsiębiorstwa.

Celem artykułu jest zaprezentowanie efektów wdrożeń, a także wskazanie korzyści wynikających z uruchomienia systemu informacji przestrzennej w różnych konfiguracjach, w pięciu wybranych polskich przedsiębiorstwach wodociągowych.

2. Opis obiektów i zastosowanych rozwiązań

2.1. Opis obiektów

Analizą zagadnień, związanych z wdrożeniem zintegrowanych systemów zarządzania przedsiębiorstwem, opartych o platformę GIS, objęto pięć przedsiębiorstw wodociągowych funkcjonujących w ośrodkach miejskich, obsługujących od 10 000 do 35 000 mieszkańców.

W ramach studium przypadku wybrano miasto A (w województwie małopolskim), miasto B (podlaskie) oraz miasta C, D i E (mazowieckie). Każde z tych miast ma dedykowany podmiot realizujący zadania z zakresu zaspokajania zbiorowych potrzeb ludności w obszarze wodociągów i zaopatrzenia w wodę oraz kanalizacji, usuwania i oczyszczania ścieków komunalnych zgodnie z ustawą z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym [2].

W każdym z analizowanych przypadków wdrożone zostało środowisko aplikacyjne AquaGIS – produkt firmy AquaRD dostarczony i skonfigurowany indywidualnie dla każdego z podmiotów. W każdym z omawianych

^{*)} Jakub Bobrowski – Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku, ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok, e-mail: j.bobrowski@doktoranci.pb.edu.pl, ORCID: 0000-0002-2471-1072

wdrożeń wykonano integrację z zewnętrznymi systemami zarządzania oraz z zewnętrznymi usługami dostarczającymi przestrzenne dane podkładowe zgodne ze standardami OGC [5].

2.2. Środowisko aplikacyjne

Środowisko aplikacyjne AquaGIS to system zaprojektowany tak, aby mógł być wykorzystywany do ewidencjonowania oraz zarządzania siecią wodociągową i kanalizacyjną (zarówno sanitarną jak i deszczową).

W przypadku każdego z wskazanych podmiotów wdrożenie obejmowało: (1) dostawę oprogramowania (zapewniającego gromadzenie aktualnych informacji oraz ich przetwarzanie, archiwizowanie i analizowanie na dowolnym poziomie szczegółowości, a także kontrolę zdarzeń poprzez moduły awarii, przeglądów i opcjonalnie archiwum dokumentacji), (2) dostawę bezterminowej licencji, umożliwiającej nieograniczone w czasie i nielimitowane z uwagi na wielkość bazy danych, korzystanie z oprogramowania, (3) instalację i konfigurację oprogramowania, (4) szkolenie pracowników z obsługi systemu, (5) zapewnienie wsparcia – asysty technicznej w okresie gwarancji. W każdym przypadku została wdrożona aplikacja mobilna pozwalająca na dostęp do danych przestrzennych również bezpośrednio w terenie. W zależności od wdrożenia, w ramach środowiska aplikacyjnego zaimplementowano moduły przystosowane do potrzeb poszczególnych przedsiębiorstw wodociągowych.

Zestawienie zintegrowanych systemów w indywidualnych wdrożeniach przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie zintegrowanych systemów w poszczególnych wdrożeniach
Table 1. Overview of integrated systems in each implementation

Integrowany system/Wdrożenie Integrated System/Implementation	A	B	C	D	E
System SCADA (SCADA system)	x	x			
System bilingowy (Billing system)	x	x	x	x	x
Model matematyczny (Mathematical model)	x		x		x
Monitoring floty pojazdów (Monitoring of vehicle fleet)				x	

AquaGIS to jednolite i spójne środowisko informatyczne, pozwalające na uzyskanie funkcjonalności systemu informacji przestrzennej, takich jak tworzenie i edycja danych przestrzennych wraz z dokumentacją źródłową (skany dokumentów), jak również zarządzanie nimi, raportowanie czy drukowanie. Rozwiązanie cechuje się przyjaznym i intuicyjnym, polskim interfejsem użytkownika z możliwością personalizacji, dodawania i usuwania dostępu do wybranych narzędzi przez uprawnionego użytkownika. System licencjonowany jest w systemie per serwer i nie posiada ograniczeń liczby użytkowników. Dostęp do poszczególnych, wybranych dla użytkowników funkcjonalności może być realizowany poprzez: aplikację kliencką typu desk-

top (nieprzeglądarkowa), przeglądarkę www, a także aplikację mobilną oraz interfejsy programistyczne (ang. *Application Programming Interface, API*).

AquaGIS posiada rozbudowane mechanizmy prewencyjne, dające administratorowi systemu możliwość zabezpieczania i udzielania każdemu użytkownikowi (czy grupie użytkowników) dostępu do wybranego, ograniczonego zbioru danych i funkcjonalności aplikacji oraz wykluczenia przed wglądem do danych osób nieuprawnionych. System jest także wyposażony w zabezpieczenia chroniące dane przed ich utratą oraz dostępem przez osoby nieuprawnione. Środowisko posiada zaawansowaną kontrolę haseł (wraz z regułami ich tworzenia, aktualizacji i zmiany) i zapewnia spójność autoryzacji niezależnie od sposobu dostępu. Ponadto dysponuje ono wbudowanymi zabezpieczeniami pozwalającymi na tworzenie kopii bezpieczeństwa danych bazy i zasobów plikowych. Zaimplementowano w nim również zabezpieczenia przed przypadkowym lub celowym zniszczeniem informacji i nieupoważnionym dostępem do nich.

System zbudowano w oparciu o trójwarstwową architekturę bazującą na serwerowej platformie GIS i serwerowym silniku bazy danych klasy SQL współpracującym z pozostałymi komponentami przy pomocy protokołu TCP/IP. AquaGIS umożliwia jednoczesną pracę wielu użytkowników.

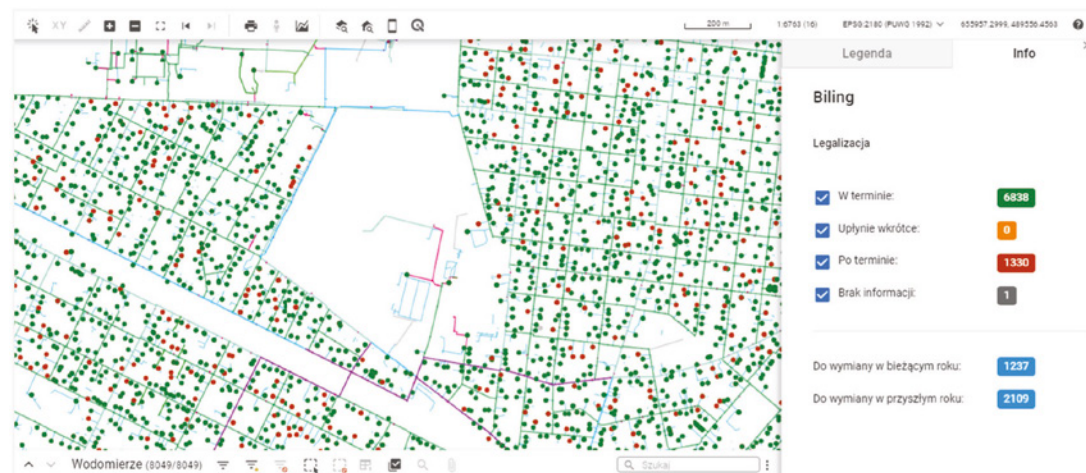
2.3. System monitoringu sieci (SCADA)

W ramach wdrożeń dla wybranych podmiotów dostarczono rozwiązania, pozwalające na wizualizację oraz przetwarzanie informacji pochodzących z systemów SCADA.

Głównym celem systemu SCADA jest zbieranie aktualnych pomiarów, ich wizualizację, sterowanie procesem, alarmowanie oraz archiwizację danych. Prowadzi to do zapewnienia optymalnej pracy sieci poprzez monitorowanie parametrów hydraulicznych, jakościowych lub stanu infrastruktury, a także niezwłoczne alarmowanie w przypadku wystąpienia sytuacji anormalnych. Funkcjonujące na rynku systemy SCADA w ramach wdrożeń skupiają się na wizualizacji blokowej obiektów i ich zależności od innych punktów pomiarowych i prezentują je w sposób schematyczny pozwalając na szybkie zrozumienie monitorowanego procesu.

Dane SCADA dostępne z poziomu GIS pozwalają na ich analizę z zupełnie innej perspektywy, co jest istotne w przypadku rozproszonego przestrzennie systemu monitoringu. Prezentacja danych powiązanych z obiektem pozwala na zrozumienie kontekstu uzyskiwanego z niego pomiaru w odniesieniu do specyficznego układu hydraulicznego tworzonego przez połączenia przewodów i armatury.

Należy pamiętać, iż dzięki powiązaniu serii danych (odczytów archiwalnych, wartości bieżących i alarmów) zapisanych w bazie danych z obiektami systemu GIS użytkownik uzyskuje zarówno możliwość interaktywnej (zmiennej w czasie) wizualizacji danych w czytelny sposób, ale także otrzymuje możliwość generowania raportów i zestawień zbiorczych, co jest niezwykle istotne w procesie generowania plików kalibracyjnych do modeli matematycznych.



Rys. 1. Przykład wizualizacji wodomierzy na podstawie daty legalizacji dla Przedsiębiorstwa E

Fig. 1. Example of visualisation of water meters based on legalisation date for Company E

2.4. System bilingowy

W ramach wszystkich wdrożeń dostarczono rozwiązania, pozwalające na wizualizację oraz przetwarzanie informacji pochodzących z systemów bilingowych różnych typów.

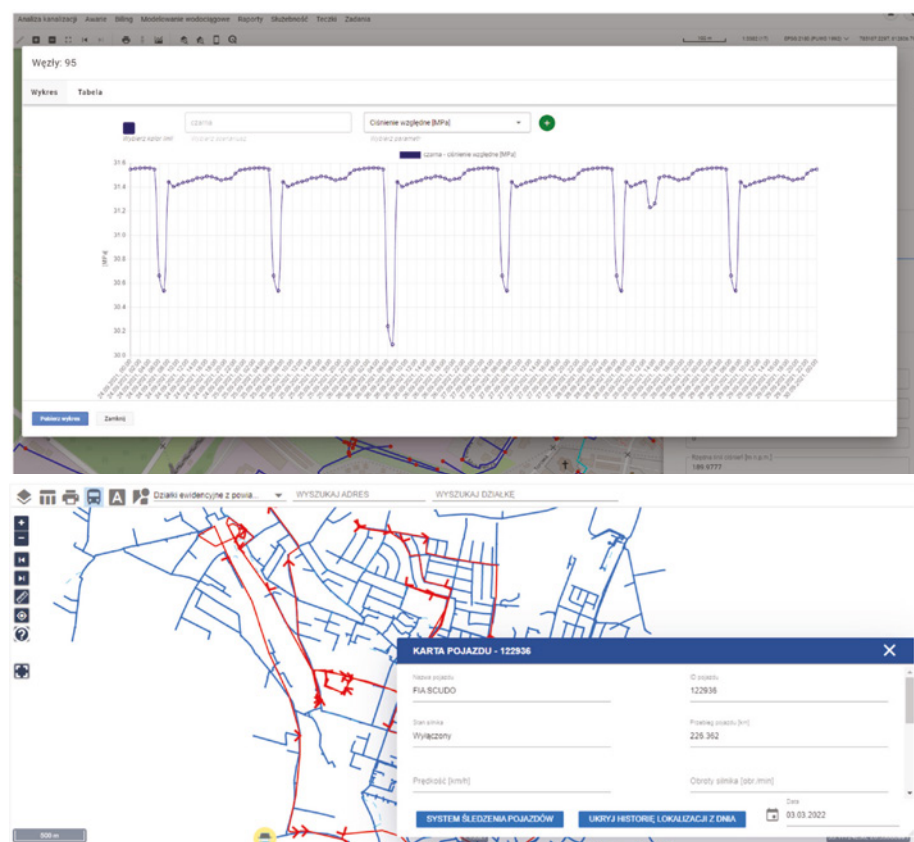
Istotą systemu bilingowego jest zbieranie, przetwarzanie i wspomaganie użytkownika w procesie wystawiania dokumentów rozliczeniowych dla końcowego klienta. Geolokalizacja punktów sprzedaży wody w systemie GIS pozwala na szybki dostęp do informacji i prezentacji przestrzennej wodomierzy w ujęciu innym, niż projektowany w systemie rozliczeniowym. Powiązanie baz danych GIS i bilingu pozwala na wizualizację kartograficzną m.in. średnich zużyć wody (w postaci symboli stopniowych), stanu legalizacji wodomierzy lub ich przypisania do zdefiniowanych grup odbiorców (w postaci unikalnych symboli odpowiadającym atrybutom). Przykład takiej wizualizacji pokazano na rys. 1.

Jednak najistotniejszym przymiotem jest możliwość wykorzystania danych gromadzonych w systemie rozliczeń do obciążania zdefiniowanych węzłów modelu hydraulicznego tworzonego z danych GIS wraz z przepisaniem profili rozbioru wody na podstawie atrybutów bazy danych.

2.5. Model matematyczny

Ze względu na różny poziom potrzeb i oczekiwań przedsiębiorstw, w wybranych przypadkach, wdrożono modele matematyczne sieci wodociągowych.

Wdrożony system posiada zaimplementowane reguły transformacji pozwalające na konwersję bazy danych GIS do postaci grafu matematycznego. Proces ten uwzględnia atrybuty bazy danych GIS, jej powiązania topologiczne, a także informacje zebrane w sekcjach ustawień i definicji krzywych, profili rozbioru oraz reguł sterowania. Po uzupełnieniu grafu modelu matematycznego o informacje pobrane z systemu bilingowego i systemu SCADA mechanizm generuje poprawny topologicznie graf gotowy do obliczeń na serwerze aplikacji. Możliwe jest także wyeksportowanie grafu do pliku INP (EPANET) w celu wykonywania obliczeń w zewnętrznych aplikacjach do modelowania. W przypadku obliczeń wykonywanych na serwerze wyniki obliczeń mogą być przypisane do obiektów w systemie GIS, a następnie analizowane i wizualizowane z poziomu aplikacji. Przykład wizualizacji wyników obliczeń modelu w systemie GIS pokazano na rys. 2



Rys. 2. Przykład wizualizacji wyników obliczeń modelu w systemie GIS (zależność ciśnienia od czasu) w Przedsiębiorstwie A

Fig. 2. Example of visualisation of model calculation results in a GIS system (pressure to dependence) for Company A

Rys. 3. Przykład wizualizacji historii pojazdu w ciągu wybranego dnia dla Przedsiębiorstwa D

Fig. 3. Example of visualisation of vehicle history for a selected day for Company D

2.6. Monitoring floty pojazdów

W ramach wdrożeń dla wybranych podmiotów zaimplementowano rozwiązania, pozwalające na wizualizację oraz przetwarzanie informacji pochodzących z systemu monitoringu pojazdów.

Integracja z monitoringiem floty pojazdów pozwala na wyświetlenie w jednym systemie lokalizacji pojazdów wykorzystywanych przez przedsiębiorstwa wodociągowe. Dzięki wdrożeniu użytkownik zyskuje możliwość szybkiego dostępu zarówno do bieżącej lokalizacji pojazdu (odświeżanej co zadany interwał czasowy) jak i historii lokalizacji pojazdu w wybranym dniu. Dzięki wyświetleniu danych monitoringu na tle sieci wodociągowej służby terenowe uzyskują szybki przegląd sytuacji co jest szczególnie istotne w przypadku stanów awaryjnych (dyspozytor w czasie rzeczywistym widzi, czy ekipa terenowa dotarła na wskazane miejsce awarii). Przykład wizualizacji historii pojazdu pokazano na rys.3.

3. Wyniki wdrożeń

Każde z przedsiębiorstw za swój główny cel przyjęło usprawnienie procesów zarządzania majątkiem sieciowym i w każdym przypadku ten cel został osiągnięty. Wszystkie przedsiębiorstwa, ze względu na nieco inne potrzeby, możliwości budżetowe, dojrzałość organizacyjną lub posiadany potencjał kadrowy nieco inaczej zdefiniowały produkty informacyjne systemów, co wpłynęło na kształt i różnice pomiędzy nimi.

Niezależnie od ostatecznego kształtu systemu, w każdym przypadku, wdrożono ten sam model danych, który umożliwia eksport niezbędnych danych do formatu zgodnego z wymaganiami programu do symulacji sieci, tworząc kompletny i gotowy do obliczeń graf sieci (nawet jeśli nie nastąpiło pełne wdrożenie modelu). Przyjęcie spójnych reguł pozytywnie wpłynęło na proces przetworzenia branżowych danych wodno-kanalizacyjnych ze źródeł pierwotnych takich jak dane pochodzące z powiatowego zasobu geodezyjnego, czy dane z zasobów własnych przedsiębiorstw. Wdrażając AquaGIS możliwym stało się wykorzystanie rozwiązań, które już na etapie edycji dbają o poprawne połączenie wszystkich elementów. Reguły walidacyjne mają zastosowanie zarówno w obrębie jednej warstwy informacyjnej jak i pomiędzy różnymi warstwami dla których zdefiniowano reguły topologiczne (zasuwy na przewodach wodociągowych itp.).

Bardzo ważną kwestią okazało się wdrożenie elastycznego środowiska, pozwalającego na dostosowanie systemu do potrzeb użytkownika, zarówno w przypadku zakresu jak i unifikacji danych. Dzięki zastosowaniu konfigurowalnych słowników oraz narzędzi edycyjnych opartych na regułach topologicznych możliwe stało się uporządkowanie danych, co pozytywnie wpłynęło na jakość tworzonych baz danych przestrzennych.

Szczególnie zauważalny był proces prowadzący do integracji z systemami bilingowymi. W trakcie wdrożeń, w momencie geolokalizacji punktów wodomierzowych niemal w każdym przypadku stwierdzano potrzebę uzupełnienia informacji przez przedsiębiorstwo zarówno w zakresie uporządkowania jego baz danych rozliczeniowych (nieaktualne dane adresowe, błędne opisy punktów) jak również dotyczących brakujących przyłączy – nie wykazanych dotychczas w dokumentacji.

Bardzo praktycznym wymiarem integracji z systemami bilingowymi okazała się także funkcjonalność systemu AquaGIS pozwalająca na wyznaczenie obszarów odciętych od sieci w wyniku awarii. W ramach dostarczonego narzędzia możliwe jest precyzyjne określenie obszarów odciętych od dostaw wody i następnie, na podstawie powiązania systemu GIS z bilingiem, powiadamianie klientów o przerwie w postaci wiadomości tekstowej SMS wysyłanej na numer telefonu istniejącej w bazie klientów.

Inną kategorią korzyści jest niewątpliwie możliwość obciążania grafów modeli matematycznych danymi pochodzącymi bezpośrednio z systemów bilingowych. Dzięki integracji operacja konwersji danych GIS do grafu może zostać uzupełniona zarówno rozbiorem wody o odpowiednim wolumenie (dla zadanego okresu czasu) jak i informacją o typie odbiorcy (a co za tym idzie innym profilem rozbioru). Pozwala to znacząco skrócić czas przygotowania takich danych i eliminuje potencjalne błędy ludzkie podczas tak złożonej operacji.

Podobny efekt użytkownik uzyskuje w przypadku zaimplementowanej integracji GIS z systemem monitoringu (SCADA). Pobranie danych do modelu (na potrzeby kalibracji jak i w celu ustalenia warunków brzegowych modelu) dzięki zastosowaniu mechanizmów informatycznych eliminuje zmundny i błędogeny proces obróbki danych przez użytkownika.

Dzięki zastosowaniu narzędzi zarządzania zadaniami (moduł awarii, przeglądów itp.) uzupełnionych o system monitoringu pojazdów dyspozytorzy oraz kadra zarządzająca zyskuje wygodne narzędzie kontroli postępu prac poprzez jednoczesne nałożenie informacji o lokalizacji ekip terenowych oraz celu – miejsc oznaczonych do wykonania tych prac.

4. Dyskusja wyników

Ze względu na odmienne zestawy komponentów integrowanych w ramach poszczególnych wdrożeń należy wskazać różnice w produktach informacyjnych otrzymanych w wyniku ich zestawienia. Należy jednocześnie zaznaczyć, że każde z przedsiębiorstw (A-E) zdecydowało się na integrację z systemem bilingowym.

W przypadku przedsiębiorstwa, które dodatkowo wdrożyło system śledzenia pojazdów (D) użytkownik uzyskał możliwość większej kontroli pracy zespołów zajmujących się odczytem wodomierzy, reagowaniem na nadużycia (system GIS zwraca też informacje o alarmach wodomierzy), a także zwiększył możliwości planowania prac korzystając z kontekstu przestrzennego oraz możliwości nawigacyjnych. Dzięki wykorzystaniu urządzeń mobilnych z zainstalowaną aplikacją GIS zespoły uzyskały informację przestrzenną na temat rzeczywistego położenia wodomierzy, co okazało się niezwykle przydatne w przypadku odczytów radiowych wodomierzy, a co za tym idzie konieczności znalezienia lokalizacji obiektów (wodomierzy) na dużych osiedlach wielorodzinnych czy w terenach z ograniczonym dostępem (tereny przemysłowe). Wykorzystanie tej informacji dodatkowo wpłynęło na poziom odczytów dokonywanych z pojazdów (*drive-by*).

W przypadku przedsiębiorstw (A, C, E), które zdecydowały się wdrożyć system modelowania matematycznego, integracja z bilingiem dostarczyła informacji pozwalającej na precyzyjne i automatyczne obciążenie modelu danymi pochodzącymi wprost z systemu rozliczeń. Funkcja wiążąca informacje o typie odbiorcy (pochodzącej z bilingu) ze zdefiniowanym profilem rozbioru (zapisanym w aplikacji GIS – moduł modelowania) pozwoliła ponadto na wprowadzenie zróżnicowania godzinowego zapotrzebowania na

wodę. Wprowadzenie tego mechanizmu znacząco poniosło zgodność modelu z rzeczywistymi pomiarami. Dodatkowo integracja obejmująca zarówno model jak i biling skróciła czas przygotowania danych o około 80% (w stosunku do manualnej konfiguracji stosowanej wcześniej).

Przedsiębiorstwa (A, B), które wdrożyły system SCADA oraz system bilingowy uzyskały możliwość efektywnego zestawiania informacji pochodzących z przepływomierzy (ilość wody w poszczególnych strefach kontroli przypadających na jednostkę czasu) z informacjami o średnich rozbiorach wody dokonywanymi przy pomocy wodomierzy konsumenckich (na podstawie wartości wody sprzedanej). Dzięki takiemu połączeniu wskazanych źródeł danych użytkownicy uzyskali narzędzie pozwalające na ocenę kondycji sieci poprzez możliwość wyliczania różnic pomiędzy wodą wyprodukowaną a sprzedaną we wskazanych obszarach i w wybranym interwale czasowym. W wyniku takiego zestawienia danych użytkownicy uzyskali możliwość szybszego reagowania na anomalie w bilansach obszarowych mogących wskazywać na zaistniałe w terenie wycieki lub nadużycia.

W przypadku wdrożenia kompleksowego systemu obejmującego system SCADA, biling oraz model matematyczny Przedsiębiorstwo (A) uzyskało dodatkowe korzyści niedostępne w innych konfiguracjach. Dzięki wdrożeniu integracji ze SCADA i modelem matematycznym użytkownicy uzyskali dodatkowo możliwość generowania zbiorów danych przydatnych w procesie kalibracji. Dzięki połączeniu systemów wdrożone zostały mechanizmy ułatwiające przetwarzanie danych z systemu monitoringu metodami statystycznymi co pozwoliło na zwiększenie poziomu zgodności modelu matematycznego z rzeczywistymi pomiarami oraz skróciło proces przygotowania danych kalibracyjnych o 95% (w stosunku do procesu manualnego).

5. Wnioski

Integracja systemów informacji przestrzennej z zewnętrznymi systemami zmienia ich rolę. Pierwotny cel jakim jest narzędzie do ewidencji i paszportyzacji obiektów w postaci cyfrowej ewoluuje w stronę platformy integrującej różnorodne systemy dziedziczne.

Integracja tworzy podstawę do uznania GIS za pełnoprawne, interaktywne narzędzie pozwalające na przegląd różnorodnych informacji w nowym ujęciu nieosiągalnym bez zastosowania systemów GIS.

Wdrożenie GIS posiadającego dedykowane moduły specjalistyczne (zarządzanie awariami, pracą ekip terenowych) w powiązaniu z informacjami pochodzącymi z systemów pracujących w czasie rzeczywistym (SCADA czy monitoring pojazdów) zwiększa jakość i szybkość podejmowanych decyzji jak i bezpieczeństwo pracowników wykonujących zadania na sieci.

Jednoczesna integracja GIS z systemem SCADA i z systemem bilingowym pozwala ponadto na wdrożenie narzędzi pozwalających na bilansowanie obszarów objętych monitoringiem. Dzięki zastosowaniu narzędzi analizy przestrzennej oraz dostępowi do danych z przepływomierzy (SCADA) i informacji o sprzedanej wodzie (biling) możliwe jest także wdrożenie modułów specjalistycznych do cyklicznego zliczania bilansów wodnych oraz wskaźników IWA bazujących na informacji statystycznej.

Zastosowanie opisanych integracji bazujących na elastycznej platformie GIS pozwala ponadto na wdrożenie zaawansowanego systemu rozwiązującego rzeczywiste problemy związane z zarządzaniem infrastrukturą sieciową. Co istotne system po rekonfiguracji i zaimplementowaniu innego modelu danych może zostać wykorzystany w innych branżach takich jak ciepłownictwo czy gazownictwo.

LITERATURA

- [1] Blaha, J.R., 2007, „Using GIS as a data access and integration platform”, SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, MEOS, Proceedings, 3, 1228-1237.
- [2] Dziennik Ustaw z 1990 Nr 16 poz. 95 z późn. zmianami
- [3] Güngör, M., Yazar, U., Cantürk, Ü., Firat, M., 2019, „Increasing performance of water distribution network by using pressure management and database integration”, *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 10 (2).
- [4] Kwietniewski M., 2013, „GIS w wodociągach i kanalizacji”, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.