

SYSTEM INFORMATYCZNY ZINTEGROWANEGO MONITORINGU ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO – ARCHITEKTURA I FUNKCJE SYSTEMU

Robert Kruszyk, Marek Wojciechowski

Kruszyk R., Wojciechowski M., 2014: System informatyczny Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego – architektura i funkcje systemu (*The Information System of Integrated Monitoring of Natural Environment: Architecture and Functions of the System*), Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Vol. 16, s. 11–20.

Zarys treści: Podstawową funkcją Systemu Informatycznego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (SIMSP) jest gromadzenie i przetwarzania dużych zbiorów danych pozyskiwanych w ramach realizacji programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP) na dziewięciu Stacjach Bazowych. Zaprojektowany system umożliwia archiwizację i walidację danych pomiarowych oraz ich statystyczne i graficzne przetwarzanie. Podstawowym elementem systemu jest relacyjna baza danych, w której gromadzone są dane pomiarowe nieprzetworzone i zagregowane, dane słownikowe (informacje o sieci pomiarowej, programach i parametrach pomiarowych, metodach analitycznych) oraz dane wykorzystywane w procesie walidacji. Dostęp do informacji zgromadzonych w systemie odbywa się na dwa sposoby. Dla użytkowników okazjonalnych opracowana została prosta w obsłudze aplikacja internetowa. Użytkownicy zaawansowani mogą skorzystać z dodatku Microsoft Excel komunikującego się z bazą danych w oparciu o standard ODBC (Open Database Connectivity).

Słowa kluczowe: system informatyczny, Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego, walidacja i agregacja wyników pomiarów.

Key words: *Integrated Monitoring of Natural Environment, relational database, validation and aggregation of measurement results.*

Robert Kruszyk, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, rlk@amu.edu.pl
Marek Wojciechowski, Politechnika Poznańska

1. Wprowadzenie

Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP) funkcjonujący w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMS) ma na celu dostarczenie informacji o stanie oraz tendencjach rozwoju wybranych geosystemów Polski oraz wskazanie rodzajów zagrożeń dla ich środowiska przyrodniczego (Kostrzewski 1991, 1993, Kostrzewski i in. 1995, PMŚ 2012). Podstawowym zadaniem ZMŚP jest monitorowanie wybranych elementów środowiska w oparciu o skoncentrowane badania stacjonarne (Kostrzewski 1991). Zakres prowadzonych badań w ramach ZMŚP

nawiązuje do europejskiego programu Integrated Monitoring (International Co-operative Programme on Integrated Monitoring on Air Pollution Effects), który wspomaga realizację konwencji Europejskiej Komisji Gospodarczej Narodów Zjednoczonych dotyczącej transgranicznego transportu zanieczyszczeń powietrza na dalekie odległości (Kostrzewski i in. 1995, PMŚ 2012).

Efektom realizacji programu ZMŚP są duże wolumeny danych obejmujące zarówno wyniki pomiarów elementów abiotycznych i biotycznych geosystemu. Podstawowym celem Systemu Informatycznego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (SIMSP)

jest dostarczenie nowoczesnych i efektywnych narzędzi pozwalających na gromadzenie i przetwarzanie dużych zbiorów danych zbieranych na przestrzeni lat w ramach programu ZMŚP (Zwoliński 1993, Kostrzewski i in. 1995). Jednym z podstawowym zadań systemu informatycznego ZMŚP jest udostępnianie danych o stanie środowiska przyrodniczego. Dostępne zbiory danych pomiarowych mogą zostać wykorzystane m.in. w działaniach ochronnych prowadzonych w ramach Europejskiej Sieci Ekologicznej NATURA 2000. Zdecydowana większość stacji bazowych należących do sieci pomiarowej ZMŚP położona jest w granicach lub poblizu obszarów należących do sieci NATURA 2000.

Nadzór merytoryczny nad system SIMSP sprawuje Centrum ZMŚP Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

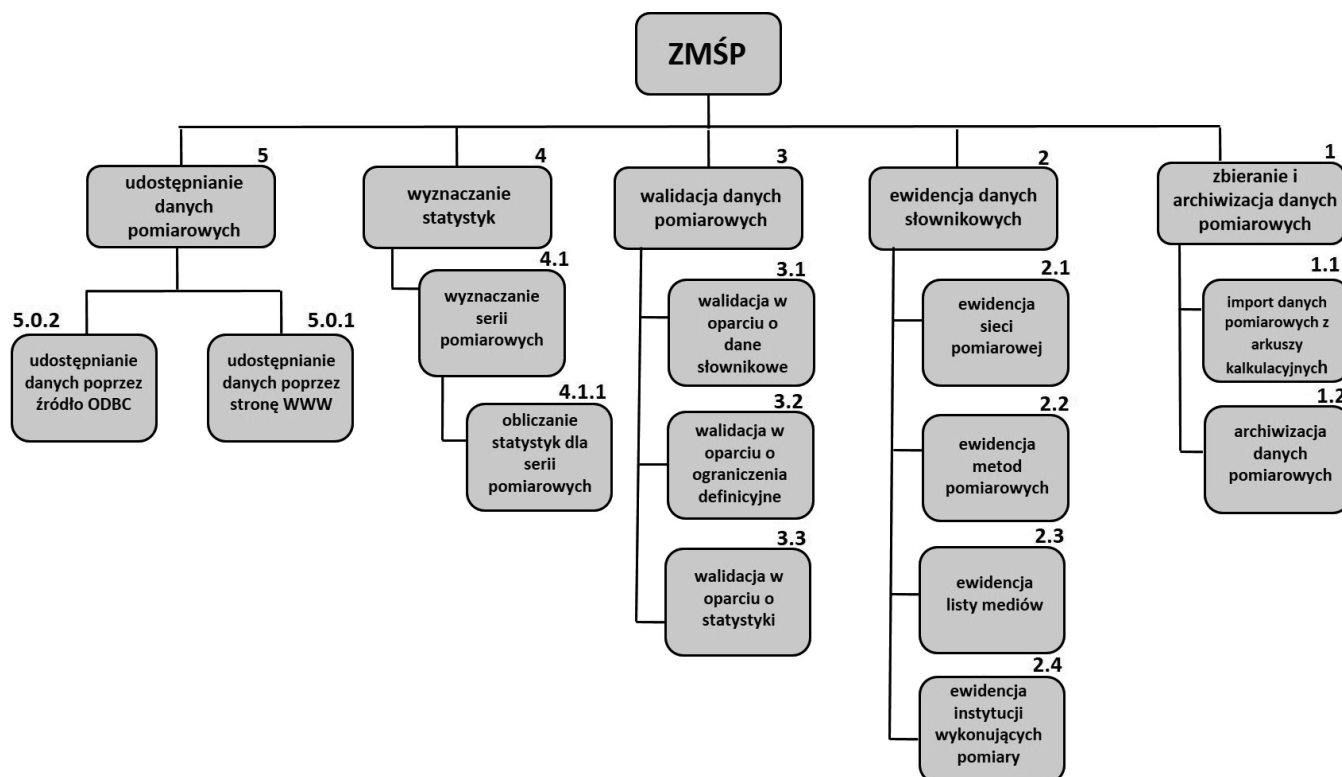
2. Architektura i funkcje systemu informatycznego ZMŚP

Architektura systemu SIMSP obejmuje warstwę bazy danych, warstwę aplikacji (serwlety uruchomione w kontenerze serwletów Tomcat) oraz warstwę prezentacji (dostęp do bazy danych poprzez stronę WWW

oraz w oparciu o standard ODBC (*Open Database Connectivity* – otwarte łącze baz danych). Zastosowana architektura trójwarstwowa ogranicza konieczność administrowania wieloma różnie skonfigurowanymi komputerami po stronie klienta, redukuje koszty inwestycji w sprzęt i oprogramowanie. Takie rozwiązanie zwiększa również skalowalność całego systemu, przerzucając część funkcjonalności ze strony klienta na warstwę pośrednią. Pozwala również na dostęp do danych użytkownikowi końcowemu przez przeglądarkę internetową.

Dane pomiarowe archiwizowane są w bazie danych, której architektura oparta jest o zasady modelu relacyjnego, bazującego na matematycznym pojęciu relacji (Codd 1970). W modelu relacyjnym dane i związki pomiędzy danymi są reprezentowane w postaci tabel (relacji). Model relacyjny ma solidne podstawy teoretyczne (algebra zbiorów), zachowuje niezależność danych w bazie od zewnętrznych aplikacji, ogranicza redundancję danych do minimum oraz posiada mechanizmy pozwalające na zachowanie integralności danych.

Opis funkcji realizowanych przez daną instytucję najczęściej prezentowany jest przez diagram hierarchii funkcji (Roszkowski 2004). Zaprojektowany system informatyczny umożliwia realizację następujących funkcji (ryc. 1):



Ryc. 1. Diagram hierarchii funkcji systemu informatycznego ZMŚP
Fig. 1. Function hierarchy diagram of information system of IMNE

- 1) zbieranie i archiwizację danych pomiarowych,
- 2) ewidencję danych słownikowych,
- 3) walidację danych pomiarowych,
- 4) wyznaczanie statystyk,
- 5) udostępnianie danych pomiarowych i słownikowych.

Funkcje położone najwyżej w hierarchii reprezentują całą działalność ZMŚP i są określane mianem funkcji nadrzędnych. Funkcje te są zdekomponowane na kilka bardziej szczegółowych funkcji podrzędnych, które tworzą kolejny poziom w hierarchii. Wykonanie funkcji nadrzędnej wymaga realizacji wszystkich funkcji podrzędnych.

Jako platformę programową wybrano serwer bazy danych MySQL w wersji 5.5 oraz serwer aplikacji Apache Tomcat w wersji 7.0.33. Od strony sprzętowej serwerem jest stacja robocza pracująca pod kontrolą

systemu operacyjnego Windows 7 Professional.

3. Warstwa danych

Źródła danych

Podstawowym zasobem w bazie danych są wyniki pomiarów prowadzonych na dziewięciu Stacjach Bazowych w ramach programu ZMŚP (ryc. 2). Aktualnie zgromadzono 868 273 rekordy (200 MB danych) obejmując wyniki pomiarów 159 parametrów mierzonych w ramach 15 programów pomiarowych z częstotliwością od doby do roku (tab. 1).

Diagram relacji (tabel) zamieszczony na rycinie 3 przedstawia strukturę danych przetwarzanych w ramach programu ZMŚP. Obok danych pomiarowych w bazie

Tab. 1. Zakres i liczba danych zgromadzonych w bazie danych za okres 1994–2012

Tab. 1. The range and number of data stored in the database for the period 1994–2012

Program pomiarowy <i>Measurement program</i>	Kod programu <i>Program code</i>	Liczba parametrów <i>Number of parameters</i>	Frekwencja pomiarów ¹ <i>Frequency of measurements</i>	Liczba rekordów <i>Number of records</i>
Meteorologia	A1	12	365/rok	425 444
Zanieczyszczenie powietrza	B1	10	12, 365/rok	71 856
Chemizm opadów atmosferycznych	C1	22	12/rok	18 252
Chemizm opadu podkoronowego	C2	22	12/rok	16 176
Chemizm spływu po pniach	C3	22	12/rok	14 606
Metale ciężkie i siarka w porostach	D1	8	1/rok	2 310
Roztwory glebowe	F1	18	12/rok	10 020
Wody podziemne	F2	29	4, 12, 365/rok	126 924
Opad organiczny	G2	17	1, 12/rok	4 130
Wody powierzchniowe – rzeki	H1	31	4, 12, 365/rok	168 410
Wody powierzchniowe – jeziora	H2	25	2, 4, 6/rok	5 975
Uszkodzenia drzew i drzewostanów	K1	4	1/rok	199
Epifity nadrzewne – porosty	M1	4	1/rok	1 727
Fauna epigeiczna	O1	8	1/rok	2 244

1 – oznacza częstotliwość pomiarów zapisywanych w bazie. W ramach programu pomiarowego parametry mogą być mierzone z różną częstotliwością.

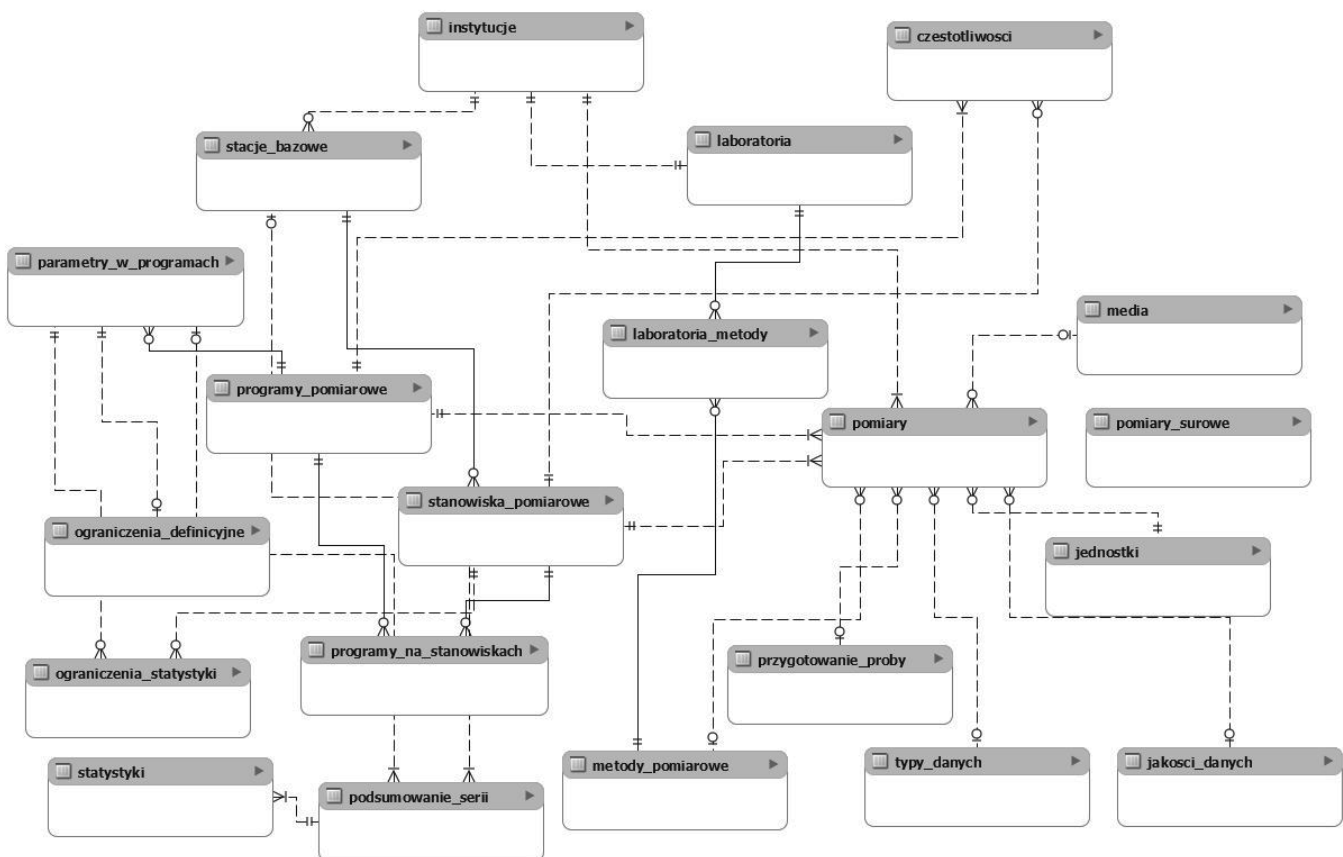
zarchiwizowane są dane słownikowe (metadane) opisujące sieć pomiarową (stacje bazowe, stanowiska pomiarowe), informacje o programach pomiarowych oraz dane teleadresowe instytucji np. laboratoriów wykonujących oznaczenia analityczne na rzecz stacji bazowych.



Ryc. 2. Stacje Bazowe ZMŚP
Fig. 2. Base Stations of IMNE

Dane słownikowe obejmują również zestawienia tablic kodowych wykorzystywanych przy opisie danych pomiarowych. Są to:

- kody parametrów pomiarowych (lista kodowa IM używana w programie Integrated Monitoring, DB opracowana przez Fiński Instytut Ochrony Środowiska i Szwedzką Agencję Ochrony Środowiska oraz ZM będącą uzupełnieniem dwóch powyższych, sporządzoną przez Centrum ZMŚP) (Manual 2013),
- typ urządzeń pomiarowych (np. w programie F2 piezometr – kod TUBE, źródło – SPRING),
- formy w jakiej występują zanieczyszczenia w powietrzu (np. gazowa – GAS, gaz i aerozol – GASPART),
- rodzaje depozycji atmosferycznej (mokra – WET, całkowita – BULK),
- dominujące gatunki drzew występujące na powierzchniach badawczych (programy pomiarowe C2, C3, G2, K1; lista kodowa B4),
- dominujące podtypy gleby występujące na powierzchniach badawczych (program F1, lista kodowa ZM),
- gatunki porostów monitorowanych w ramach programu M1 (lista kodowa L2),



Ryc. 3. Diagram relacji (tabel) bazy danych ZMŚP
Fig. 3. Relational schema of the database of IMNE

- kody metod analitycznych i metod wstępnego przygotowania próbek do analiz (listy kodowe DB i ZM).

Zgromadzone w bazie dane obejmują również dane zagregowane. Są to statystyki (średnia arytmetyczna, wartości ekstremalne, odchylenie standardowe, współczynnik zmienności) obliczone dla różnych szeregów czasowych (miesiąc, półrocze, rok, wielolecie), parametrów pomiarowych oraz stacji bazowych. Statystyki są generowane po weryfikacji i archiwizacji danych pomiarowych w oparciu o skrypty napisane w języku SQL.

Kolejnym zasobem w bazie danych są ograniczenia, wykorzystywane w walidacji danych pomiarowych. Są to dane referencyjne, nawiązujące m.in. do definicji parametrów np. pH, wilgotność względna powietrza, defoliacja, kierunek wiatru oraz wartości uzyskiwane w innych podsystemach PMŚ. Do weryfikacji wykorzystywane są również dane pomiarowe dotychczas zgromadzone w bazie danych ZMŚP.

Wprowadzanie danych do bazy

Dane pomiarowe pochodzące z realizacji programu ZMŚP są corocznie wprowadzane przez Stacje Bazo- we zdalnie do bazy danych bezpośrednio z programu Microsoft Excel. Przyjęcie takiego rozwiązania wydaje się najbardziej optymalne, ponieważ wyniki pomiarów gromadzone są przez stacje bazowe w arkuszach Microsoft Excel.

Proces ładowania danych umożliwia opracowany dodatek (ang. *add-in*), którego kod został zaimplementowany w języku programowania Visual Basic for Applications (VBA) z wykorzystaniem biblioteki obiektów ADO (ActiveX Data Objects) do komunikacji z bazą danych. Aktualna wersja dodatku wymaga wersji 2007 lub nowszej narzędzia Microsoft Excel, gdyż interfejs użytkownika oparty jest na wstążce (ang. *ribbon*). Po włączeniu dodatku w narzędziu Microsoft Excel, menu Excela zostaje rozszerzone o dodatkowe pozycje, z których każda powiązana jest ze wstążką z elementami do wywoływania poszczególnych funkcji dodatku. Połączenie z bazą danych realizowane jest

za pośrednictwem źródła danych ODBC. W definicji źródła danych na poziomie systemu operacyjnego za- szyte są parametry połączenia z bazą danych, tj. adres i port serwera bazy danych, nazwa bazy danych oraz nazwa użytkownika i jego hasło. Do utworzenia źródła danych konieczne jest wcześniejsze zainstalowanie sterownika ODBC dla bazy MySQL w wersji (32-bitowy lub 64-bitowy) odpowiedniej dla używanej wersji pakietu Microsoft Office (32-bitowa lub 64-bitowa). W celu umożliwienia dostępu do bazy danych poprzez ODBC w bazie danych tworzone są dedykowane dla poszczególnych użytkowników konta z minimalnymi uprawnieniami niezbędnymi do korzystania z funkcjonalności dodatku Microsoft Excel.

Podstawowym wymogiem archiwizacji danych w systemie SIMSP jest jednolity format wyników pomiarów przekazywanych przez stacje bazowe. Każdy wynik pomiaru jest opisany przez szereg informacji uzupełniających (ryc. 4). Informacje te obejmują:

- kod programu pomiarowego (kolumna A na rycinie 4),
- kod Stacji Bazowej (kolumna B),
- kod instytucji wykonującej pomiar (kolumna C),
- kod stanowiska pomiarowego (numer unikalny w ramach stacji bazowej) (kolumna D),
- kod medium, którego wartość zależy od realizowanego programu np. typ stanowiska pomiarowego, forma zanieczyszczenia powietrza, dominujący drzewostan, monitorowany gatunek porostów, pod- typ gleby (kolumna E),
- lista kodowa medium – oznaczenie listy kodowej definiującej wykorzystywany kod medium (kolumna F),
- poziom – wysokość lub głębokość w cm pomiaru (kolumna G),
- data wykonania pomiaru (kolumna H),
- skala – ilość urządzeń lub punktów pomiarowych (kolumna I),
- parametr – kod mierzonego parametru pomiarowego (kolumna J),
- lista kodowa parametrów – oznaczenie listy zawierającej definicję parametrów pomiarowych (kolumna K),

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	S	T
C1	01ZM	PB	001	WET	IM	150	2010-11-00	1	SO4S	DB	0,45		W			EK	ZM	mg/dm ³
A1	06ZM	SG	001			200	2011-11-01	1	TA_D	ZM	10,8		X					°C
C2	09ZM	SW	011	ABIE ALB	B4	100	2011-03-00	5	K	DB	5,67		W	F	DB	IC	DB	mg/dm ³
F2	10ZM	WK	007	SPRING	IM		2012-12-03	1	HCO3	ZM	305,0					TIZ	ZM	mg/dm ³
F1	12ZM	SR	024	BI	ZM	80	2013-06-00	1	NO3N	DB	0,08			F1	DB	IC	DB	mg/dm ³

Ryc. 4. Struktura danych pomiarowych zapisywanych do bazy danych
Fig. 4. The structure of the measurement data stored in the database

- wartość pomiaru (kolumna L),
- wskaźnik jakości danych – kod używany w przypadku danych obciążonych błędami powstałymi podczas pomiaru, zanieczyszczeniem próbki, brakiem pomiaru ze względów technicznych np. awaria urządzenia pomiarowego (kolumna M),
- wskaźnik typu danych – kod używany dla danych zagregowanych (średnia arytmetyczna lub ważona, suma, moda) (kolumna N),
- kod metody wstępnego przygotowania próbki do analiz chemicznych (kolumna O),
- lista kodowa metod wstępnego przygotowania próbki (kolumna P),
- kod metody oznaczenia analitycznego (kolumna Q),
- lista kodowa metod oznaczeń analitycznych (kolumna R),
- jednostka pomiaru (kolumna S).

Każda stacja bazowa może wyłącznie wprowadzić własne dane pomiarowe. Po załadowaniu danych do bazy stacja bazowa nie może danych usunąć lub aktualizować. Operacje te może wyłącznie wykonać administrator systemu.

Walidacja danych pomiarowych

Walidacja danych pomiarowych odbywa się na dwóch poziomach. Pierwszy etap przeprowadzany jest w programie Microsoft Excel z wykorzystaniem przygotowanego dodatku i zdefiniowanego źródła danych umożliwiającego połączenie z bazą danych. Cały proces walidacji odbywa się na lokalnych komputerach stacji bazowych podczas procedury wstawiania danych do bazy danych. W procesie tym wykorzystywane są dane słownikowe zgromadzone w bazie danych.

Procedura weryfikacji obejmuje kontrolę:

- struktury arkusza (liczbę i kolejność kolumn, typ danych),
- wykorzystywanych oznaczeń kodowych programów i parametrów pomiarowych, metod analitycznych, mediów, instytucji wykonujących pomiary,
- występowania powtarzających się danych na poziomie arkusza kalkulacyjnego i bazy danych,
- formatu i zakresu stosowanych dat,
- czy dany parametr jest mierzony w danym programie pomiarowym,
- czy dany parametr w danym programie ma podane medium, metodę oznaczania, poziom pomiaru, jeżeli informacje te są wymagane,
- czy dany program pomiarowy był realizowany na danym stanowisku stacji bazowej w roku hydrologicznym zawierającym podaną datę,
- czy podana jednostka jest poprawna dla danego pa-

rametru w danym programie pomiarowym.

W przypadku wykrycia błędów pojawia się komunikat informujący o wykrytych przez system nieprawidłowościach. Rekordy zawierające niepoprawne dane zostają zaznaczone na kolor czerwony. Nie ma możliwości umieszczenia danych w bazie, jeżeli w eksportowanym zakresie danych znajduje się przynajmniej jeden błędny rekord.

W sytuacji, gdy wszystkie dane pomiarowe pozytywnie przejdą pierwszy etap walidacji otrzymują etykietę dane surowe.

Drugi etap weryfikacji obejmuje kontrolę na poziomie administratora systemu i odbywa się po stronie serwera. W tym celu używane są skrypty i procedury zaimplementowane w języku SQL w środowisku programu MySQL Workbench w wersji 6.2. W procesie kontroli poprawności danych pomiarowych wykorzystywane są ograniczenia definicyjne oraz statystyki obliczone na podstawie dotychczas zgromadzonych danych pomiarowych w bazie danych.

Procedura kontroli na drugim poziomie weryfikacji obejmuje:

- identyfikację brakujących programów oraz parametrów, których realizacja jest obligatoryjna,
- identyfikację brakujących pomiarów na podstawie założonej częstotliwości,
- porównanie uzyskanych wyników z wartościami referencyjnymi,
- porównanie uzyskanych danych z statystykami obliczonymi dla dostępnych serii pomiarowych w bazie danych,
- sprawdzenie czy istnieją pewne relacje pomiędzy parametrami pomiarowymi.

Weryfikacja danych pomiarowych przez administratora systemu polega na zaklasyfikowaniu ich do zasobu lub pozostawieniu do wyjaśnienia z pracownikami stacji bazowej. W drugim przypadku dane otrzymują etykietę *dane wątpliwe*.

4. Warstwa aplikacji i prezentacji danych

System informatyczny SIMSP umożliwia na dostęp do danych użytkownikom na dwa sposoby: poprzez stronę WWW i wykorzystanie standardu ODBC (ryc. 5 i 6).

Na potrzeby udostępniania danych pomiarowych w Internecie stworzona została aplikacja na platformę Java EE (*Java Platform, Enterprise Edition*).

Aplikacja umożliwia dostęp do danych monitoringu z dowolnego komputera podłączonego do Internetu (również innych urządzeń wyposażonych w przeglądarkę internetową) bez konieczności instalacji

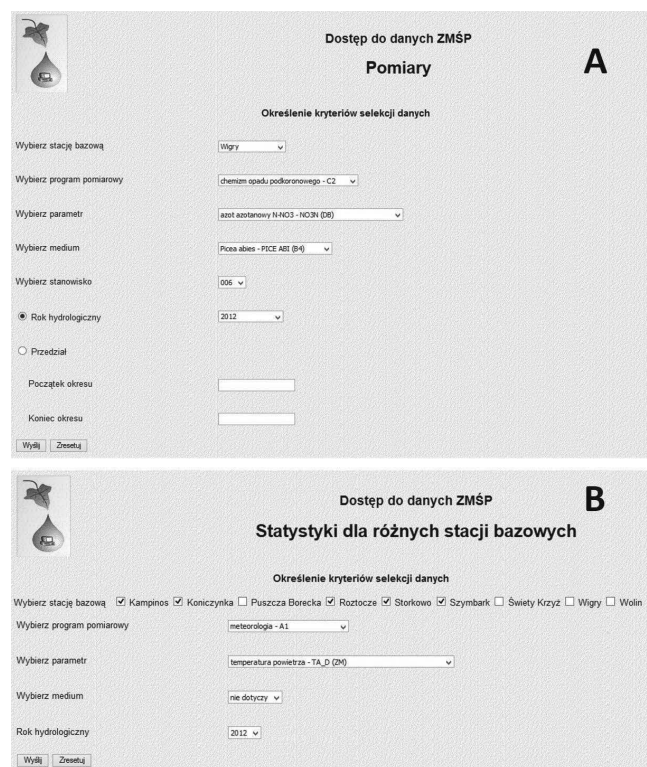
wania dedykowanego oprogramowania czy wtyczek do przeglądarki. Do poprawnego funkcjonowania wszystkich stron aplikacji wymagane jest jedynie włączenie w przeglądarce obsługi języka JavaScript.

Aplikacja umożliwia odczyt danych słownikowych takich jak programy pomiarowe, parametry i media, informacji o instytucjach zaangażowanych w monitoring, stacjach bazowych i stanowiskach pomiarowych oraz wyników pomiarów i podstawowych statystyk dla serii pomiarów. Podstawowym sposobem prezentacji informacji są tabele na stronach HTML, ale w przypadku serii pomiarowych możliwa jest również ich wizualizacja w formie wykresu oraz eksport danych do pliku w formacie tekstowym CSV, jak i Microsoft Excel.

Strona wizualna aplikacji została oparta głównie na serwetach Java, jedynie strony o charakterze statycznym zostały zapisane bezpośrednio, jako dokumenty HTML.

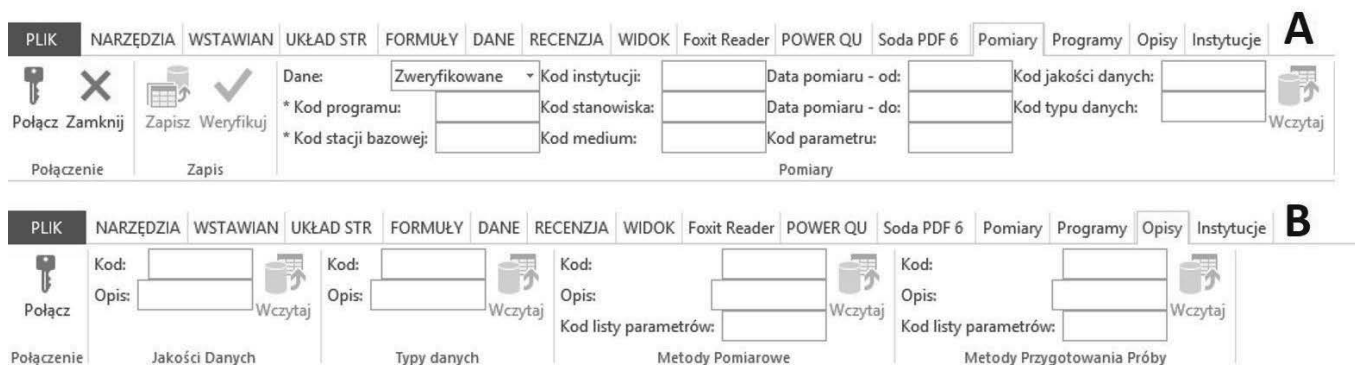
Za szatę graficzną aplikacji odpowiadają arkusze stylów CSS. Do zwiększenia interaktywności formularzy do selekcji danych wykorzystano język JavaScript i związaną z nim technikę Ajax (ryc. 5). Wybór serwetów Java spośród technologii prezentacji platformy Java EE był podyktowany faktem, że generowane przez aplikację dokumenty to nie tylko dokumenty tekstowe (HTML, CSV), ale również binarne (wykresy graficzne, arkusze kalkulacyjne Microsoft Excel). Komunikacja z bazą danych została zaimplementowana bezpośrednio z wykorzystaniem interfejsu programistycznego JDBC (Java Data Base Connectivity - łączy do baz danych w języku Java). Aplikacja wykorzystuje bibliotekę JFreeChart do generacji wykresów danych pomiarowych oraz bibliotekę Apache POI do eksportu danych w formacie Microsoft Excel. Do instalacji aplikacji wymagany jest serwer aplikacji Java EE (wystarczy serwer wyposażony jedynie w kontener serwetów) i maszyna wirtualna Java. Aktualnie wykorzystywany w projekcie jest darmowy serwer aplikacji Apache Tomcat.

Zastosowanie oprogramowania pracującego w standardzie ODBC umożliwiło efektywne korzystanie z zasobów zgromadzonych w bazie przez stacje bazowe bezpośrednio w programie Microsoft Excel. Użytkownik wykorzystując zainstalowany dodatek ma możliwość pobierania zarówno danych pomiarowych oraz słownikowych (ryc. 6). Podczas wczytywania dowolnych danych istnieje możliwość podawania warunków selekcji oraz specyfikacji jakie informacje mają zostać wczytane do arkusza kalkulacyjnego z bazy danych. Cała komunikacja z użytkownikiem odbywa się za pomocą zestawów kart tematycznych i okien dialogowych dostępnych w interfejsie programu Microsoft Excel.



Ryc. 5. Formularz selekcji wyników pomiarów (A) i statystyk (B) poprzez stronę WWW

Fig. 5. Form selection of measurement results (A) and statistics (B) via the website



Ryc. 6. Dostęp do danych pomiarowych (A) i słownikowych (B) w programie Microsoft Excel

Fig. 6. Access to measurement data (A) and dictionary data (B) in Microsoft Excel

5. Podsumowanie

System informatyczny ZMŚP ma charakter systemu otwartego. Został on tak zaprojektowany, aby łatwe było jego rozszerzenie o kolejne moduły. System umożliwia zarządzanie danymi pomiarowymi oraz danymi słownikowymi, pozwala na udostępnianie danych w sieci Internet. Dzięki zastosowaniu oprogramowania pracującego w standardzie ODBC możliwe jest efektywne korzystanie z informacji zgromadzonych w bazie danych przy wykorzystaniu narzędzi typu Microsoft Excel.

Na obecnym etapie rozwoju systemu informatycznego ZMŚP priorytetem jest rozszerzenie jego możliwości o funkcje umożliwiające archiwizację i przetwarzanie danych przestrzennych. W tym celu niezbędne jest wykorzystanie dostępnych technologii przeznaczonych do zarządzania danymi przestrzennymi w systemach bazy danych. Przykładem takiego rozwiązania jest narzędzie PostGIS dedykowane dla serwera bazy danych PostgreSQL, który podobnie jak MySQL jest dostarczany na licencji Open Source.

Integracja wieloletnich serii pomiarowych oraz danych przestrzennych pozwala na wykorzystanie narzędzi prognostycznych w celu przewidywania reakcji środowiska przyrodniczego na zmiany klimatu i działalność człowieka. Aktualnie w ramach programu ZMŚP wykorzystywany jest model SWAT, który został zaprojektowany do prognozowania wpływu zmian zagospodarowania zlewni na bilans wodny, zanieczyszczenie związkami azotu i fosforu, pestycydami oraz metalami ciężkimi. Model ten wymaga jednolitej i aktualnej bazy danych pomiarowych i przestrzennych.

6. Literatura

- Codd E. F., 1970:** *A relational model of data for large shared data banks.* Comm. ACM 13 (6): 377–387.
- Kostrzewski A., 1991:** *Koncepcja programu: Monitoring obiegu energii i materii – kompleksowy monitoring środowiska przyrodniczego w podstawowych typach geoekosystemów Polski.* Komitet Naukowy przy Prezydium PAN „Człowiek i Środowisko. Poznań.
- Kostrzewski A., 1993:** *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego; stan prac, etapy realizacji.* W: Kostrzewski A. (red.), *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego w Polsce. Wybrane problemy.* Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 11–18.
- Kostrzewski A., Mazurek M., Stach A., 1995:** *Zin-*

tegowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Zasady organizacji, system pomiarowy, wybrane metody badań. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Bogucki Wyd. Naukowe. Warszawa.

Manual 2013: *Manual for Integrated Monitoring. Convention on Long-range Transboundary Air Pollution of the UNECE International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems.*

[http://www.syke.fi/en-US/Research_Development/Ecosystem_services_and_biological_diversity/Monitoring/Integrated_Monitoring/Manual_for_Integrated_Monitoring.](http://www.syke.fi/en-US/Research_Development/Ecosystem_services_and_biological_diversity/Monitoring/Integrated_Monitoring/Manual_for_Integrated_Monitoring)

PMS 2012: *Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2013–2015.* Warszawa, http://www.gios.gov.pl/zalaczniki/artykuly/PPMS2013-2015_str.int.pdf.

Roszkowski J., 2004: *Analiza i projektowanie strukturalne.* Wyd. Helion. Gliwice.

Zwoliński Zb., 1993: *Projekt systemu informatycznego Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego.* W: Kostrzewski A. (red.), *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego w Polsce. Wybrane problemy.* Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 101–109.

THE INFORMATION SYSTEM OF INTEGRATED MONITORING OF NATURAL ENVIRONMENT: ARCHITECTURE AND FUNCTIONS OF THE SYSTEM

Summary

The purpose of the Information System of Integrated Monitoring of Natural Environment (Polish acronym: SIMSP) is gathering and processing of large data sets collected as a result of the program of Integrated Monitoring of the Natural Environment (IMNE) conducted on nine stations. The developed system facilitates archiving and validating of measurement results and supports statistical analysis and visualization of the collected measurement data. The core element of the system is a relational database, where all the data are stored, including raw and aggregated measurement results, dictionary data (information about stations, programs, measured parameters, etc.), and data used in the validation process. The system offers two interfaces to the gathered data. For casual users a simple and intuitive web application is provided. Advanced users can use a Microsoft Excel add-in, which communicates with the database using ODBC (Open Database Connectivity).

Metody
Methods

