

Liwiusz Siemianowski*  <https://orcid.org/0000-0002-2415-486X>

e-mail: lsiemianowski@ahel.lodz.pl

Technologie informatyczne we wspomaganiu zautomatyzowanego monitoringu wód powierzchniowych

https://doi.org/10.25312/2391-5129.31/2020_061s

W pracy przedstawiono wykorzystania systemów i technologii informatycznych w działaniach monitoringu wód powierzchniowych i ochrony środowiska. Wyszczególniono przykłady organizacji systemów monitoringu wód w wybranych krajach oraz światowy program ONZ ochrony wód GEMS/Water UNEP (United Nations Environmental Protection – Global Environment Monitoring System/Water). Scharakteryzowano Państwowy Monitoring Środowiska w Polsce w zakresie wód powierzchniowych prowadzony przez Państwową Inspekcję Ochrony Środowiska. Wskazano potrzeby stosowania i możliwości technologii informatycznych, w szczególności baz danych systemów GIS oraz specjalizowanych aplikacji komputerowych w gromadzeniu, przetwarzaniu i wspomaganiu ocen jakości wód (np. DBLIST/EC).

Scharakteryzowano stacje automatycznego monitoringu wód Odry w punkcie Widuchowa. Zaproponowano rozszerzenie automatycznego monitoringu wód Zalewu Szczecińskiego (rejon ujścia Odry), gdzie występuje ryzyko zanieczyszczenia przez statki. Określono możliwość wykorzystania radiowego internetu z transmisją danych ze stacji posadowionej na zakotwiczonej pławie. Wskazano zalety i możliwości rozwoju zautomatyzowanego monitoringu wód.

Słowa kluczowe: systemy informacyjne i aplikacje, zautomatyzowane systemy monitoringu, ocena jakości wód, ochrona środowiska, ujście Odry

* Dr Liwiusz Siemianowski – adiunkt na Wydziale Informatyki i Techniki Akademii Humanistyczno-Ekonomicznej w Łodzi.

Wprowadzenie

Racjonalne korzystanie z zasobów środowiska przyrodniczego – zrównoważony rozwój – wymaga sprawnego, efektywnego systemu obserwacji stanu środowiska. Przestrzeń geograficzna, hydrosfera, atmosfera, kopaliny, świat roślinny i zwierzęcy, czyli biosfera stanowi podstawę egzystencji ludzkiej i gospodarowania. Zwiększanie emisji zanieczyszczeń spowodowało dostrzeżenie niebezpieczeństwa dla ludzi, między innymi w postaci wzrostu zachorowalności oraz zagrożeń wynikających z awarii o negatywnych skutkach dla środowiska.

Cel pracy stanowi wskazanie potrzeb rozwoju i możliwości automatycznego monitoringu środowiska wód powierzchniowych. Omówiono wykorzystanie technologii oraz systemów informatycznych w gromadzeniu, przetwarzaniu i analizie danych monitoringowych.

Organizacja monitoringu wód

Funkcjonujące na świecie oraz w Polsce sieci monitoringowe są elementem krajowych systemów obserwacji środowiska. Pozwalają na zbieranie danych do analiz, ocen oraz prognozowania stanu i zarządzania komponentami środowiska.

Przykładami takich sieci są między innymi amerykańskie sieci obserwacji środowiska NALER (*North American Long-Term Ecological Research Programme*) (Fay, Golomb, Zemba, 1991) oraz kanadyjskie CAPMon (*Canadian Air and Precipitation Monitoring Network*) i PWQMN (*Provincial Water Quality Monitoring Network*) – regionalna sieć monitoringu wód stanu Ontario (Bodo, 1992). Pomocne w ocenie stanu wód okazały się amerykańskie międzystanowe sieci monitoringu atmosfery programu MAP3S (*MultiState Atmospheric Pollution and Power Study*), wykorzystywane w badaniach trendów zakwaszania wód powierzchniowych i NADP (*National Acid Deposition Program*), będących wynikiem opadów kwaśnych deszczów w wybranych rejonach USA (Newell, 1992). Użyteczność i celowość organizowania lokalnych sieci monitoringu wykazała sieć otworów kontrolnych badań jakości wód podziemnych i studni wody pitnej obszarów mieszkalnych podczas ustalania przyczyn zanieczyszczenia wody z pozostałości wysypiska odpadów w hrabstwie Kalamazoo w stanie Michigan (Stoline, Passero, Barcelona, 1991).

W USA w ramach programu EMAP (*Environmental Monitoring and Assessment Program*) rozwijano i doskonalono systemy monitorowania, oceny i prognozowania stanu środowiska. Program pod egidą Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska U.S.EPA (United States Environmental Protection Agency) zapewnia naukową interpretację analiz danych oraz ocen zagrożeń środowiska i ryzyka ekologicznego. Ponadto program EMAP wspomaga rozwój monitoringu środowiska dla Narodowego Komitetu Środowiska i Zasobów Naturalnych – CENR (Committee on Environment and Natural Resources).

Wśród przykładów europejskich systemów monitoringu można wymienić między innymi brytyjską sieć ECN (*United Kingdom Environmental Change Network*) (Cuthbertson, 1993) i holenderski system informacji o środowisku EIS – *Environmental Information System*, (Kraak, Ormeling, 1999).

Reprezentantem ogólnoświatowej sieci systemu obserwacji środowiska jest GEMS/Water – *Global Environment Monitoring System*. Rozwijany pod egidą agendy ONZ (UNEP – *United Nations Environment Programme*, UNESCO), służy do obserwacji stanu czystości i zmian zachodzących w wodach w państwach członkowskich ONZ uczestniczących w programie. Gromadzeniem danych i utrzymaniem światowej bazy danych zajmuje się ośrodek NWRI – *National Water Research Institute of Environment* w Burlington (Ontario) w Kanadzie. W Polsce do programu GEMS włączono sześć stacji monitoringu wód płynących na Wiśle w Krakowie, Warszawie i Kieźmarku oraz na Odrze w Chałupkach, Wrocławiu i Krajniku. Zadaniem GEMS/Water jest zbieranie danych i informacji na temat jakości wód dla potrzeb raportów i ocen międzynarodowych. W systemie monitoringu GEMS dokonywane są badania kilkudziesięciu wskaźników jakości wody, takich jak tlen rozpuszczony, biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT), bakterie *E. coli*, azotany i organiczne substancje toksyczne. Wyniki w standardzie międzynarodowym przekazywane zostają do bazy danych programu GEMS w Burlington w Kanadzie.

Organizacja monitoringu wód w Polsce

W Polsce obserwacje stanu środowiska oparto na doskonałym i nadal rozwijanym Systemie Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ). Organizatorem i koordynatorem Państwowego Monitoringu Środowiska jest Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska. Państwowy Monitoring Środowiska stanowi system pomiarów, ocen i prognoz stanu środowiska realizowany przez jednostki organizacyjne administracji państwowej i samorządowej, szkoły wyższe oraz podmioty gospodarcze. Zadaniem PMŚ jest badanie środowiska i dostarczanie informacji o aktualnym stanie, zmianach i zanieczyszczeniu środowiska, a ponadto diagnozowanie przemian antropogennych oraz przewidywanie trendów i skutków wykorzystywania środowiska. PMŚ służy do racjonalnego zarządzania komponentami środowiska oraz wspiera wprowadzanie zasad zrównoważonego rozwoju.

Cele monitoringu wód w PMŚ to:

- diagnoza stanu jakości wód,
- określenie przydatności gospodarczej wód z oceną stopnia eutrofizacji,
- oszacowanie wpływu źródeł rolniczych na zanieczyszczenie związkami azotu,
- identyfikacja wprowadzenia substancji toksycznych,
- wyznaczenie trendów jakości wód z określeniem skuteczności działań ochronnych,
- wykrywanie punktowych i obszarowych źródeł zanieczyszczeń,
- określenie warunków bytowania ryb słodkowodnych.

Wyniki badań wód z wybranych punktów pomiarowo-kontrolnych (ppk) przekazywane są również do Europejskiej Agencji Ochrony Środowiska (European Environmental Agency – EEA) oraz do wcześniej wspomnianej światowej bazy danych globalnego systemu monitoringu GEMS-UNEP. Udostępnianie danych następuje w postaci raportów i opracowań oraz publikacji w internecie na stronach Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska i poszczególnych inspektoratów wojewódzkich.

W systemie PMŚ ochrona wód powierzchniowych i zasilanych przez nie wód podziemnych należy do grupy najważniejszych zadań, decydujących o jakości życia społeczeństwa w przyszłości oraz istnienia całości zależnych od wody ekosystemów i polskiego bogactwa przyrodniczego.

Monitoring zapewnia wspomaganie ochrony wód przed eutrofizacją spowodowaną wpływem źródeł bytowo-komunalnych i rolniczych oraz ochronę przed zanieczyszczeniami przemysłowymi, w tym zasoleniem i substancjami szczególnie szkodliwymi dla środowiska wodnego. Monitoring wód powierzchniowych w ramach PMŚ realizowany jest w czterech podstawowych programach:

1. Monitoring diagnostyczny.
2. Monitoring operacyjny.
3. Monitoring badawczy.
4. Monitoring wód obszarów chronionych.

Monitoring diagnostyczny obejmuje badania szerokiego zakresu wskaźników biologicznych, fizykochemicznych i chemicznych. Cel stanowi identyfikacja zanieczyszczeń w ilościach przekraczających normy, obserwacja zmian wieloletnich wywołanych oddziaływaniem antropogenicznym oraz gromadzenie informacji do planowania przyszłych programów monitoringu.

Przedmiotem zainteresowania monitoringu operacyjnego są wody z ryzykiem braku spełniania przewidzianych dla nich wymogów środowiskowych. Bazuje on głównie na badaniu podstawowych wskaźników biologicznych i fizykochemicznych.

Monitoring badawczy jest prowadzony w celu uzupełnienia i zebrania dodatkowych informacji o stanie wód w przypadkach trudności w ustaleniu źródła zanieczyszczeń.

Zadaniem monitoringu wód na obszarach chronionych jest natomiast ocena wpływu antropogenicznych źródeł zanieczyszczenia oraz skuteczności przywrócenia właściwego stanu jakości wód.

Przykłady ryzyka dla środowiska wodnego

Podstawowe zagrożenia dla środowiska wodnego stanowią:

- odprowadzenia ścieków przemysłowych,
- wprowadzenie ścieków komunalnych, w szczególności nieoczyszczonych ścieków komunalnych z ryzykiem pogorszenia stanu sanitarnego wód, na

- przykład w przypadku braku lub awarii oczyszczalni w rejonach dużych aglomeracji miejskich, jak stołeczna czy śląska, oraz w pobliżu terenów przemysłowych,
- zanieczyszczenia substancjami biogennymi i organicznymi, pochodzącymi między innymi ze spływów powierzchniowych chemikaliów rolniczych z przekroczeniami stężeń związków azotu, wpływające na procesy eutrofizacji wód,
 - zagrożenia ze strony transportu drogowego i kolejowego,
 - zagrożenia ze strony żeglugi, w szczególności na rozległych akwenach wodnych, jak delta Odry, z prowadzonym przewozem chemikaliów na torze wodnym Świnoujście–Szczecin.

Zagrożenie dla wód, w tym rybołówstwa, stanowią również fermy hodowlane na przykład trzody chlewnej. Nadmiar gnojowicy przyczynia się do wzrostu stężeń azotu w glebie, okresowego zasolenia oraz pogorszenia warunków tlenowych. Występuje także wzrost ryzyka zagrożenia sanitarnego. Konieczne jest wspomaganie oceny rozprzestrzeniania zanieczyszczenia, określanie efektywności działań ochronnych przed przekroczeniami wprowadzania związków chemicznych, w szczególności pozostałości nawozów azotowych do środowiska wodnego (Vervaeet i in., 2005).

Wymienione zagrożenia występują na przykład na obszarze ujściowym Odry (rys. 1) z położoną blisko aglomeracją szczecińską i licznymi punktami odprowadzenia zanieczyszczeń komunalnych i przemysłowych. Ponadto na przebiegającym przez Zalew Szczeciński torze wodnym Szczecin–Świnoujście prowadzony morski transport chemikaliów i olejów wymaga działań monitorujących i zapobiegawczych przed ewentualnością zanieczyszczenia wód przez statki (Siemianowski, Siemianowski, 2005). Ładunki przewożone statkami specjalistycznymi (tankowce, chemikaliowce, gazowce) obejmują: skroplony amoniak, mieszaniny ciekłych węglodorów LPG (*Liquefied Petroleum Gas*), butan i propan dla Zakładów Chemicznych „Police” oraz ładunki LNG (*Liquid Natural Gas*) odbierane poprzez terminal gazowy w Świnoujściu.

Gospodarka morska, w tym przeładunki i składowanie w porcie materiałów chemicznych (fumigantów, pestycydów i innych), wymaga działań ochronnych i monitorowania oddziaływania na środowisko. Przykładowo największy na polskim wybrzeżu elewator zbożowy „Ewa” zapewnia prowadzenie zwalczania szkodników obecnych w przeładowywanych ładunkach roślinnych, na przykład paszach, poprzez instalacje z obiegiem zamkniętym i odzyskiem fumigantów z kontrolą ewentualnej emisji do otoczenia pozostałości insektycydów.



Rysunek 1. Rozmieszczenie punktów monitoringu wód oraz miejsc odprowadzania ścieków komunalnych i przemysłowych w rejonie aglomeracji szczecińskiej

Źródło: Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Szczecinie.

Wymienione zagrożenia wskazują na potrzebę zwiększenia wrażliwości na wymagania bezpieczeństwa i ochrony środowiska oraz konieczność intensyfikacji monitoringu, w tym automatycznego. Zautomatyzowany monitoring środowiska powinien zapewniać wzrost poziomu bezpieczeństwa i efektywności działań w zakresie ochrony środowiska. Powinien stanowić wspomaganie i pomoc w minimalizacji zagrożeń zarówno w ujęciu regionalnym, jak i ogólnopolskim.

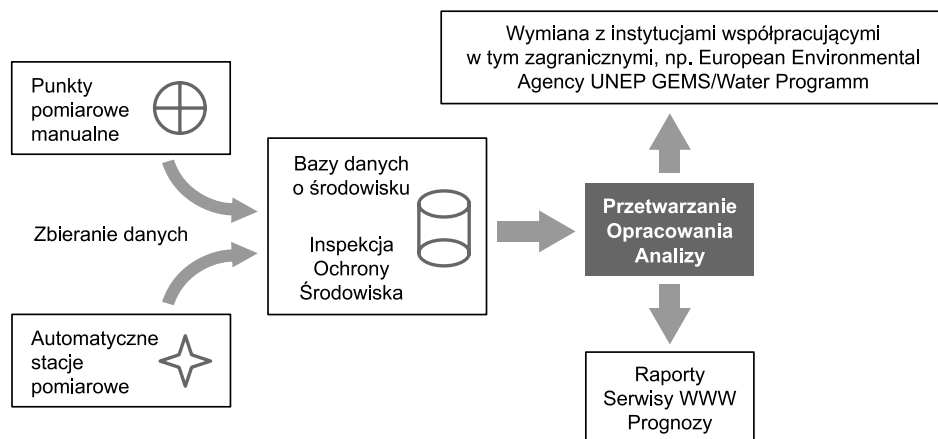
Technologie informatyczne we wspomaganiu monitoringu środowiska

Znacząca ilość gromadzonych danych monitoringowych z dużej liczby punktów pomiarowo-kontrolnych (ppk) oraz napływ danych masowych determinuje konieczność stosowania szeregu technologii i systemów informatycznych (Siemianowski, 2006a, 2006b) w celu usprawniania zbierania i przepływu informacji.

Wymagania technologii informacji we wspomaganiu monitoringu środowiska i działań ochronnych obejmują:

- gromadzenie i przetwarzanie danych monitoringowych,
- sporządzanie raportów dotyczących stopnia zanieczyszczenia komponentów środowiska,
- tworzenie ocen oddziaływania na środowisko planowanych przedsięwzięć ekonomicznych,
- wspomaganie zarządzania ryzykiem poprzez ewidencjonowanie potencjalnych nadzwyczajnych zagrożeń środowiska (NZŚ) ze źródeł przemysłowych i komunalnych,
- wspomaganie przepływu informacji monitoringowych dla systemów zarządzania kryzysowego i ratowniczego w przypadku wystąpienia awarii i NZŚ,
- wspomaganie planowania dalszego monitoringu,
- wizualizację poziomu i zasięgu zanieczyszczenia, w tym sporządzanie zobrażeń kartograficznych w technologii GIS (*Geographical Information Systems*),
- udostępnianie, wymianę informacji oraz informowanie społeczeństwa.

Model gromadzenia i przepływu informacji w systemie Państwowego Monitoringu Środowiska zilustrowano na rysunku 2.



Rysunek 2. Model przepływu i przetwarzania danych w systemie Państwowego Monitoringu Środowiska

Źródło: opracowanie własne.

Gromadzenie i przetwarzanie danych z sieci wspomagane jest zastosowaniami technologii informatycznych, w szczególności technologii baz danych, GIS oraz aplikacji komputerowych wspomagania oceny danych monitoringowych. Technologie bazy danych zostały wykorzystane między innymi w dziedzinowych systemach informatycznych wspomagania monitoringu wód: systemie JAWO (jakość wód) ewidencjonowania wartości parametrów jakości wód rzecznych ze wszystkich ppk w Polsce oraz WSKAZ – systemie ewidencjonowania i przetwarzania parametrów fizykochemicznych wód z Zalewu Szczecińskiego i Zatoki Pomorskiej.

Przykładem aplikacji wspomagania oceny jakości wód ze zobrazowaniem wyników są DBLIST (Siemianowski, 2000) oraz DBLIST EC klasyfikujące dane z systemu JAWO metodą bezpośrednią IMGW oraz dyrektywami unijnymi. We wspomaganiu monitoringu i ochrony wód znajdują zastosowanie elementy technologii informatycznych (Siemianowski, 2016), takie jak systemy informacji przestrzennej GIS – Geographical Information Systems. Pomocne w analizie danych i działaniach ochronnych są systemy wspomagania decyzji i systemy ekspertowe (Siemianowski, 2006b).

Przykładowo zastosowanie technologii GIS do analizy danych z lokalnej sieci monitoringu umożliwiło identyfikację źródeł zanieczyszczenia przez selen w powierzchniowych wodach płynących w hrabstwie Natrona stanu Wyoming (USA) (See, Naftz, Qualls, 1992), przy melioracji w rejonie miasta Kendrick (Kendrick Reclamation Project Area). System GIS wspomagania monitoringu gleb na Słowacji zapewnił określenie zawartości metali ciężkich (ołów, kadm, chrom) oraz izotopów radioaktywnych, cezu i stronu (Cs 137, Sr 90) (Kobza, 1995). Systemy GIS mają zastosowanie również w ocenie radioaktywnego zanieczyszczenia wód powierzchniowych (Vorobiev i in., 1999).

Technologia GIS pozwala między innymi na elastyczne obrazowanie położenia punktów kontrolno-pomiarowych na mapach, ocenę rozprzestrzeniania zanieczyszczenia oraz określanie efektywności działań ochronnych przed przekroczeniami wprowadzania związków patogennych do środowiska. Przykład kompozycji z wykorzystaniem systemu GIS zobrazowania rozmieszczenia obiektów ewidencjonowanych w bazach danych stanowi również rysunek 1.

W programie GEMS została zorganizowana globalna baza danych o jakości wody programu GWQDD (*Great Water Quality Data Drive*). Zapewnia wgląd do analiz wód z wybranych punktów krajów uczestniczących w programie. Pozwala na specyfikacje i wizualizacje pomierzonych parametrów jakości wody. Zadaniem bazy danych GWQDD jest wzmocnienie naukowej podstawy analiz oraz zasobu informacyjnego wskaźników jakości wody. Umożliwia ona wspomaganie prowadzenia globalnych i regionalnych ocen parametrów jakości wód oraz wspomaganie funkcjonowania oddziału wczesnego ostrzegania DEWA – *Division of Early Warning and Assessment* z programu ochrony środowiska ONZ – UNEP – United Nations Environmental Protection.

Przykład wykorzystania technologii bazy danych stanowi System Bazy Danych o Środowisku (ERD – *Environmental Research Database*) (Cuthbertson, 1993). Baza danych ERD zapewnia przechowywanie danych historycznych w celu uchwycenia i analizy globalnych zmian w środowisku naturalnym w ramach program TIGER – *Terrestrial Initiative in Global Environment Research*. Zapewnia ponadto gromadzenie danych z brytyjskiej sieci monitoringowej ECN (*United Kingdom Environmental Change Network*). Pozwala także na wyznaczanie trendu zmian zachodzących w środowisku.

Stacja automatyczna monitoringu wód Widuchowa

Przykładem zautomatyzowanego monitoringu jest stacja zlokalizowana w punkcie pomiarowo-kontrolnym (ppk) Widuchowa w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska – PMS wód rzeki Odry. Stacja automatycznego monitoringu w Widuchowej wyposażona została między innymi w urządzenia badania szeregu parametrów jakości wody z czujnikami pomiarowymi umieszczonymi w głowicy zanurzonej bezpośrednio w nurcie rzeki.

Stacja udostępnia pomiary podstawowych parametrów, takich jak:

- poziom wody,
- temperatura wody,
- przewodność elektryczna,
- odczyn pH,
- tlen rozpuszczony,
- mętność.

Wykonywane są również pomiary temperatury powietrza zewnątrz i wewnątrz pomieszczenia stacji.

Analizatory automatyczne zabudowane w pomieszczeniu stacji rozszerzają zakres badań o kolejne wskaźniki:

- fosforany,
- jony amonowe (azot amonowy),
- azotany (azot azotanowy),
- absorpcja UV – 254 nm,
- chlorofil,
- oleje rozpuszczone.

Panel z listą wskaźników stacji Widuchowa zaprezentowano na rysunku 3.

Pomiar	Jednostka	Wejście sterownika	Średnia 10 sek.	Średnia 1 min.	Komunikat przez modem	Alarmowe Otw. Z2
1. Przepływ	m ³ / h					
2. Temperatura wody	°C	11.36	11.33	11.33		
3. Poziom wody	m	5.47	5.47	5.47		
4. Konduktancja	mS / m	64.35	64.51	64.54	WYŁ.	WYŁ.
5. pH	jedn. pH	7.64	7.64	7.64	WYŁ.	WYŁ.
6. Tlen rozpuszczony	mg O ₂ / l	8.00	8.00	8.00	WYŁ.	WYŁ.
7. Mętność	FTU	3.65	3.65	3.62	WYŁ.	WYŁ.
8. Azot N-NH ₃	mg N / l	0.08	0.08	0.08	WYŁ.	WYŁ.
9. Azot N-NO ₃	mg N / l	8.98	8.98	8.98	WYŁ.	WYŁ.
10. Fosforany	mg P / l	0.37	0.37	0.37	WYŁ.	WYŁ.
11. Chlorofil	ug / l	30.23	30.54	30.39	WYŁ.	WYŁ.
12. Absorpcja UV 254	J.A.	20.00	20.00	19.99	WYŁ.	WYŁ.
13. Temperatura pow. zew.	°C	15.62	15.32	15.29	Stacja Ciągłych Pomiarów	
14. Temperatura pow. wew.	°C	22.80	22.93	22.88	Jakości Wody	
15. Przepływ wody do stacji	m ³ / h	8.1	7.8	7.8	Widuchowa	
16. Przepływ filtratu	l / h	2.5	2.5	2.0	14/10/96	12:58:18
17. Stężenie oleju	mg / l	1.8	1.8	0.7	WYŁ.	WYŁ.

Rysunek 3. Panel listy wskaźników rejestrowanych w stacji automatycznego monitoringu w ppk Widuchowa

Źródło: *Automatyczny monitoring zanieczyszczeń rzek granicznych w dorzeczu Odry*, 1996.

System komputerowy stacji pomiarowej zapewnia:

- sterowanie procesami stacji, w tym pracę instalacji poboru prób wody,
- obliczanie przepływu i ładunków,
- prezentację wyniku pomiarów,
- przechowywanie i przesyłanie wyników,
- obliczanie i sygnalizację przekroczenia stanów ponadnormatywnych/alarmowych,

- sygnalizację awarii ewentualnych uszkodzeń – braku prądu i wody,
- komunikację z ośrodkiem zarządzania monitoringiem regionalnym – WIOS w Szczecinie.

Możliwość zautomatyzowania monitoringu na wodach otwartych

Rozszerzenie monitoringu wód na otwartych wodach jest możliwe dzięki wykorzystaniu internetu radiowego. Rozwiązania bezprzewodowego dostępu do internetu (Zieliński, Tokarz, 2003) wydają się znajdować szczególnie użyteczne zastosowanie w uzupełnieniu i usprawnieniu sieci pomiarowej monitoringu środowiska wód na rozległych przestrzeniach, takich jak otwarte wody Zalewu Szczecińskiego i Zatoki Pomorskiej.

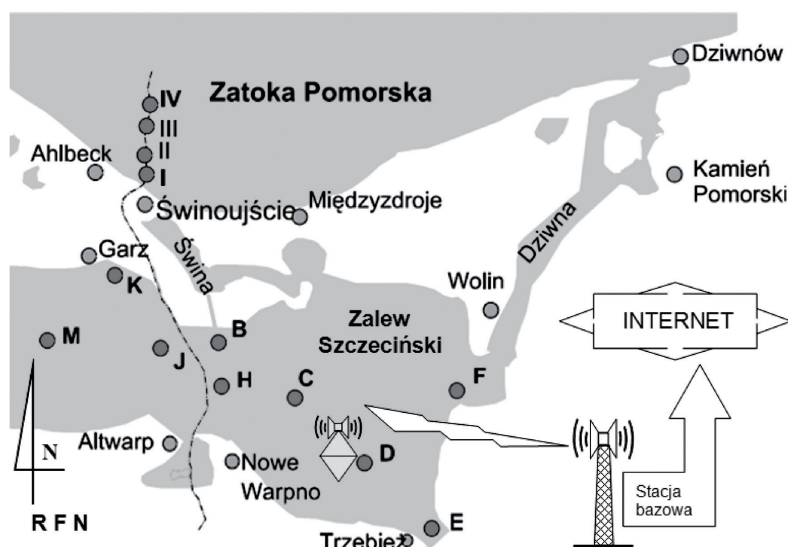
Badania wód Zalewu Szczecińskiego i Zatoki Pomorskiej wykonywane są w ramach państwowego systemu monitoringu PMŚ we współpracy z Republiką Federalną Niemiec.

Próby wody pobierane są w sposób manualny raz w miesiącu od kwietnia do listopada z sześciu polskich punktów pomiarowych na Zalewie Wielkim i sześciu niemieckich punktów pomiarowych na Zalewie Małym. Badania Zatoki Pomorskiej opierają się na czterech punktach (I–IV) w strefie do 4,5 Mm od brzegu na wysokości granicy polsko-niemieckiej w rejonie Świnoujścia. Wyniki przechowywane w bazie danych w WIOŚ w Szczecinie wymieniane są ze stroną niemiecką.

Zaproponowany funkcjonalny model usprawnienia systemu monitoringu obejmuje umieszczenie stacji automatycznej monitoringu wód na zakotwiczonej pławie przekazującej sygnał drogą radiową (Siemianowski, 2006b). Rozwiązanie powinno być szczególnie użyteczne na otwartych wodach Zalewu Szczecińskiego lub Zatoki Pomorskiej. Zaplanowane wykorzystanie internetu z bezprzewodowym przesyłaniem zbieranych danych monitoringowych i sterowaniem stacjami pomiarowymi zapewnia uniknięcie kładzenia przewodów na dnie akwenów, utrudnione ponadto przez duży ruch statków na okresowo pogłębianym torze wodnym. Wymagane jest niezakłócanie systemów radionawigacji i komunikacji morskiej oraz systemu radarzacji toru wodnego VTMS (*Vessel Tracking and Management System*).


Model funkcjonalny proponowanego rozszerzenia systemu monitoringu na wodach otwartych zobrazowano na rysunku 4.

Usprawnienie systemu monitoringu poprzez uzupełnienie sieci ppk stacjami bezprzewodowymi z wykorzystaniem internetu powinno nastąpić przy możliwie niskich kosztach w stosunku do budowy indywidualnego, specjalizowanego systemu transmisji.



Legenda:

 Automatyczna radiowa stacja monitoringu

 Punkty pomiarowe wód zalewu i zatoki

Rysunek 4. Model funkcjonalny proponowanego zautomatyzowanego monitoringu wód na obszarze ujścia Odry do Zalewu Szczecińskiego

Źródło: opracowanie własne.

Rozwinięcie systemu powinno zapewnić wspomaganie szybkiego dostarczania aktualnych danych, dokonywanie ocen stanu środowiska i prognoz, sporządzanie raportów, dla potrzeb ośrodków decyzyjnych oraz zarządzania i informowania. Dodatkową funkcją powinno być pełnienie roli systemu wczesnego ostrzeżenia w razie niespodziewanego zrzutu lub wycieku zanieczyszczeń na przykład ze statku.

Podsumowanie

Systemy monitoringu wód obejmują krajowe, regionalne i ogólnopolskie sieci obserwacji. W Polsce prowadzone są w systemie Państwowego Monitoringu Środowiska – PMŚ, koordynowanym przez Państwową Inspekcję Ochrony Środowiska – PIOŚ.

Zastosowanie i rozwijanie zautomatyzowanego monitoringu wód powinno pozwolić na uzyskanie takich efektów, jak:

- znaczące zwiększenie częstotliwości pomiarów,
- pełnienie funkcji wczesnego ostrzeżenia – stacja automatyczna może dokonywać pomiaru w krótkich interwałach czasu i pozwala na szybką reakcję na

- ewentualny sygnał przekroczenia dopuszczalnego stężenia substancji zanieczyszczających,
- łatwość i szybkość zdalnego pozyskiwania wskaźników jakości wody,
 - elastyczność zdalnego sterowania i komunikacji łączami przewodowymi lub szczególnie na rozległych obszarach zbiorników wodnych z wykorzystaniem łączności radiowej,
 - stosunkowo niskie koszty rozwoju systemu w oparciu o bezprzewodowy internet w porównaniu z budową specjalizowanego, osobnego systemu transmisji,
 - ułatwienie zbierania i przetwarzania licznych kolekcji danych i parametrów jakości wody.

Zalety systemu zautomatyzowanego monitoringu obejmują zwiększenie częstości pomiarów oraz możliwość pełnienia roli alarmowej w przypadku stwierdzenia nagłego przekroczenia monitorowanych parametrów jakości wody, na przykład w wyniku wycieku substancji zanieczyszczających, takich jak ścieki, toksyny czy oleje ropopochodne. Wczesne powiadomienie może przyczynić się do szybkiej reakcji i ograniczenia rozprzestrzeniania rozlewu oraz ustalenia źródła awarii, nienotyfikowanego zrzutu lub wycieku. Powinno ponadto umożliwić szybsze ustalenie źródeł zanieczyszczenia i obciążenie sprawcy zgodnie z zasadą *Polluter Pays Principle*, jak również będzie służyć zwiększaniu efektywności działań zapobiegawczych.

Potrzeby efektywnego monitoringu ochrony środowiska wodnego uzasadniają celowość dalszego rozwijania zastosowań technologii informatycznych oraz zwiększania udziału automatycznych stacji w sieci monitoringu wód między innymi poprzez wspomaganie finansowania środkami z programów unijnych. Rozwój monitoringu automatycznego, w tym wdrożenie proponowanego rozwiązania, pomoże w doskonaleniu PMS, ochronie i poprawie jakości wód powierzchniowych oraz działaniach zmierzających do podniesienia jakości życia i rozwoju kraju w myśl strategii zrównoważonego rozwoju (ekorozwoju).

Bibliografia

- Automatyczny monitoring zanieczyszczeń rzek granicznych w dorzeczu Odry* (1996), Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Bodo B.A. (1992), *Statistical analyses of regional surface water quality in south-eastern Ontario*, "Environmental Monitoring and Assessment", Vol. 23, No. 1–3.
- Cuthbertson M. (1993), *A database for environmental research programmes*, "Journal of Environmental Management", Vol. 37(4).
- Fay J.A., Golomb D., Zemba S.G. (1989), *Observed and modelled trend of sulfate and nitrate in precipitation in eastern North America*, "Atmospheric Environment", Vol. 23, No. 8/89.

- Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, <http://www.gios.gov.pl/pl/stan-srodowiska/monitoring-wod> [dostęp: 22.06.2021].
- Kobza J. (1995), *Soil Monitoring System in Slovakia*, “Environmental Monitoring and Assessment”, Vol. 34.
- Kraak M., Ormeling F. (1999), *Kartografia – wizualizacja danych przestrzennych*, Wydawnictwo PWN, Warszawa.
- Newell A.D. (1993), *Inter-Regional Comparison of Patterns and Trends in Surface Water Acidification across the United States*, “Water, Air and Soil Pollution”, Vol. 67, No. 3–4.
- ONZ GEMS, <https://gemstat.org> [dostęp: 22.06.2021].
- Raport o stanie środowiska w województwie łódzkim w 2017 r.* (2018), Inspekcja Ochrony Środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Łodzi, Łódź.
- Raport o stanie środowiska w województwie zachodniopomorskim w roku 2002* (2003), Inspekcja Ochrony Środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Szczecinie.
- See R.B., Naftz D.L., Qualls C.L. (1992), *GIS-assisted regression analysis to identify sources of selenium in streams*, “Water Resources Bulletin”, Vol. 28, No. 2.
- Siemianowski L. (2000), *Assesment of river water contamination in Polish environmental monitoring with computer application*, [w:] *The present contamination of the environment from the viewpoint of toxicology and ecotoxicology*, Technical University of Zvolen, Faculty of Ecology and Environment.
- Siemianowski L. (2001), *System informowania o środowisku regionu zachodniopomorskiego*, [w:] Z. Dowgiało, J. Karwowski, A. Tubielewicz (red.), *Organizacja i Zarządzanie w Regionie Nadmorskim*, Polska Akademia Nauk, Komisja Organizacji i Zarządzania, Oddział PAN w Gdańsku, Gdańsk.
- Siemianowski L. (2006a), *Wykorzystanie Internetu w monitoringu obszaru estuarium Odry*, [w:] B. Pochopień, A. Kwiecień, A. Grzywak, J. Klamka (red.), *Nowe technologie sieci komputerowych*, t. II, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Siemianowski L. (2006b), *Technologia informacji w monitoringu i ochronie środowiska ujścia Odry, rezultaty grantu uczelnianego BW/HE/01/2004*, maszynopis.
- Siemianowski L. (2014), *Projekt usprawnienia wspomagania monitoringu wód w obszarze ujścia Odry i Zalewu Szczecińskiego z zastosowaniem technologii informatycznych*, „Problemy Nauk Stosowanych”, t. II.
- Siemianowski L. (2016), *Zastosowania systemów GIS we wspomaganiu procesów planowania i zarządzania*, „Problemy Nauk Stosowanych”, t. IV.
- Siemianowski R., Siemianowski L. (2005), *Zapobieganie zanieczyszczeniu ujścia Odry i obszarów przybrzeżnych Bałtyku olejami/chemikaliami*, [w:] H. Gurgul (red.), *Problemy fizykochemiczne ekologii wód naturalnych*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.

- Stoline M.R., Passero R.N., Barcelona M.J. (1993), *Statistical trends in ground-water monitoring data at a landfill Superfund site: a case study*, "Environmental Monitoring and Assessment", Vol. 27(3).
- U.S. Environmental Protection Agency, www.epa.gov [dostęp: 22.06.2021].
- Vervaet M., Lauwers L., Lenders S., Overloop S. (2005), *Effectiveness of Nitrate Policy in Flanders (1990–2003): Modular Modelling and Response Analysis*, XI Congress EAAE –University of Natural Sciences – KVLU, Copenhagen.
- Vorobiev V., Kiselev V., Korzhov M., Krylov A., Zhilina N. (1999), *Computer system for estimation and analysis of radioactive contamination of surface water*, International Conference on Marine Technology Odra 99, Politechnika Szczecińska i Wessex Institute of Technology, Wydawnictwo WIT Press.
- Zieliński B., Tokarz K. (2003), *Bezprzewodowy dostęp do Internetu*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Studia Informatica”, vol. 24, nr 2B(54).

Summary

Information technologies in support of automated environmental monitoring of surface water

In this paper information technologies that support the automated environmental monitoring of surface water are presented. Selected examples of environmental monitoring systems for surface water in some countries are listed. The Global UNEP program of water protection GEMS/Water is also mentioned (*United Nations Environmental Protection – Global Environment Monitoring System / Water*). The State Environment Monitoring System in Poland for surface water research performed and coordinated by PIOS – Polish State Agency for Environment Protection are described. The necessity and possibilities of information technology especially databases, GIS and specialized computer applications (e.g. DBLIST/EC) for data gathering, storing, processing and supporting water quality assessment are also specified. The automated station on the Odra River at Widuchowa monitoring site (near Szczecin city) is described. The extraordinary risk of contamination of the Odra Estuary by chemicals or oils from ships due to leakage or release is noted. The extending of automated monitoring on Szczecin Lagoon is proposed – an automated station located on a buoy with wireless – radio wave data transmission (with Internet possibilities usage). The advantages of automated surface waters monitoring were emphasised.

Keywords: computer systems and applications, automated monitoring systems, surface water quality assessment support, environmental protection, Odra river delta