

Łukasz MACIOSZEK¹, Norbert LUKANISZYN¹, Ryszard RYBSKI¹, Jakub KOSTECKI²,
Urszula KOŁODZIEJCZYK², Krzysztof PIOTROWSKI³

Uniwersytet Zielonogórski

¹Institut Metrologii, Elektroniki i Informatyki

²Institut Inżynierii Środowiska

³IHP – Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik, Frankfurt (Oder), Germany

SYSTEM DO ZDALNEGO MONITOROWANIA STANU WAŁU PRZECIWPOWODZIOWEGO NAD ODRĄ

W artykule przedstawiono architekturę zaproponowanego systemu pomiarowego do gromadzenia i prezentacji bieżących informacji na temat stanu wału przeciwpowodziowego. System cyklicznie gromadzi dane z czujników podłączonych do rejestratora danych, które ostatecznie są przesyłane do serwera. Na podstawie analizy zgromadzonych pomiarów można dokonywać oceny stanu wału przeciwpowodziowego, a w razie wystąpienia nieprawidłowości system może generować odpowiednie alarmy.

REMOTE Odra RIVER FLOOD EMBANKMENT STATE MONITORING SYSTEM

The article presents the architecture of proposed measurement system for collecting and presenting current information on the flood embankment condition. The system periodically collects data from sensors connected to the data logger, which are finally sent to the server. Based on the analysis of collected measurements, the condition of the flood embankment can be assessed, and in the case of any irregularities, the system can generate appropriate alarms.

1. WPROWADZENIE

Standardowe badanie próbek środowiskowych wymaga ich manualnego poboru przez wykwalifikowaną osobę oraz uzupełniających badań wybranych parametrów w miejscu pobrania lub w laboratorium. Jednakże w wielu przypadkach możliwe jest zautomatyzowanie przynajmniej części pomiarów, zwłaszcza tych, które mogą być wykonane *in situ*. Pomiarów te można wykonać przy wykorzystaniu zdalnego monitoringu, którego uzupełnieniem będą okresowe, rozszerzone badania laboratoryjne. W tym celu można zastosować wybrane sensory podłączone do rejestratora danych. Zasilany bateryjnie rejestrator może okresowo wysyłać wyniki pomiarów do serwera, gdzie będą one gromadzone i udostępniane zainteresowanym podmiotom przez Internet.

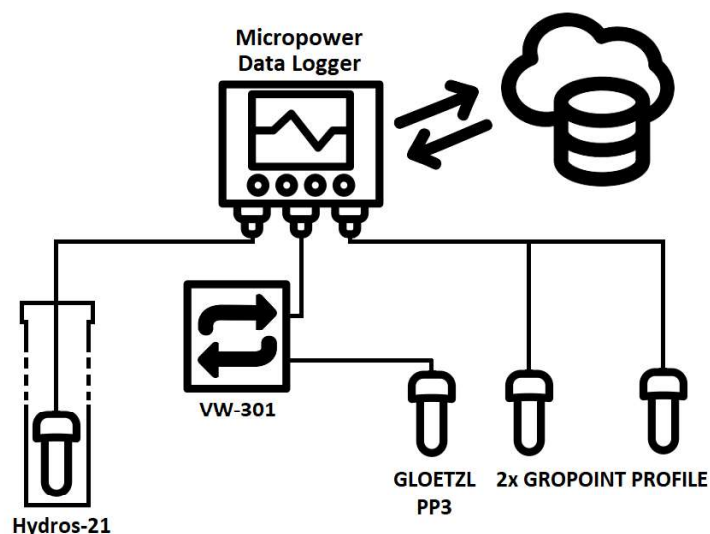
Celem pracy jest omówienie elementów składowych i koncepcji systemu zdalnego monitorowania stanu wału przeciwpowodziowego na rzece Odrze, w okolicach Milska (woj. lubuskie). W artykule zostaną opisane cechy wybranych urządzeń tworzących system, składający się z rejestratora danych z modemem GSM/GPRS, czujnika ciśnienia hydrostatycznego z możliwością pomiaru temperatury i przewodności wody w piezometrze, czujnika ciśnienia porowego wody, a także sensorów wilgotności i temperatury gleby. Zostaną omówione również wyniki dotychczasowych testów.

2. SYSTEM POMIAROWY ZDALNEGO MONITOROWANIA

W celu monitorowania stanu wału przeciwpowodziowego, konieczne jest rejestrowanie szeregu różnych wielkości. Autorzy, po konsultacjach z ekspertami i przeglądzie literatury związanej z tematyką badań [1-2], wybrali następujące wielkości:

- poziom lustra, temperaturę i konduktywność wody w piezometrze otwartym,
- ciśnienie porowe wody w glebie,
- wilgotność i temperaturę gleby w dwóch punktach, położonych w różnych odległościach od wału.

Architektura proponowanego systemu pomiarowego, umożliwiającego zdalną rejestrację wybranych parametrów, przedstawiona została na rys. 1.



Rys. 1. Architektura systemu monitorowania stanu wału przeciwpowodziowego
Fig. 1. Flood embankment state monitoring system architecture

Centralnym elementem systemu pomiarowego jest rejestrator danych Micropower polskiej firmy PM Ecology [3]. Zawarto w nim interfejs SDI-12, konfigurowalne wejścia do obsługi sygnałów analogowych (0 – 10 V), (4 – 20 mA) oraz licznik impulsów. Poprzez cyfrowy interfejs SDI-12 podłączone są do niego następujące urządzenia:

- Meter – czujnik przewodności / temperatury / głębokości – Hydros 21 (CTD-10),
- GLÖTZL – czujnik ciśnienia porowego wody z wibrującą struną – PP3 RS VW (nr 69.20.04),
- Keynes Controls Instrumentation – przetwornik / interfejs VW – SDI-12 - VibWire-301,
- 2x GroPoint Profile – czujniki do pomiaru wilgotności i temperatury gleby.

Analiza wyników realizowanych przez te urządzenia cyklicznych pomiarów umożliwia ustalenie bieżącego stanu wału przeciwpowodziowego. Wszystkie, zastosowane czujniki podłączone są do rejestratora danych z wykorzystaniem cyfrowego interfejsu SDI-12, umożliwiającego podłączenie wielu różnych sensorów na jednej szynie. Zebrane przez rejestrator danych wyniki są przesyłane do serwera z wykorzystaniem bezprzewodowej technologii GPRS. Użytkownik ma możliwość ich podglądu w przystępnej formie (skalowalne wykresy) po zalogowaniu się na stronie WWW. Istnieje również możliwość zdefiniowania warunków wyzwalania alarmów, które mogą dotyczyć zarówno nieautoryzowanego dostępu do urządzenia oraz wystąpienia wartości mierzonych, przekraczających ustalone progi.

Proponowany sensor grupy Meter umożliwia pomiar przewodności elektrycznej, temperatury oraz poziomu cieczy. Jest zanurzany w piezometrze i mierzy między innymi ciśnienie wywierane na niego przez słup wody znajdującej się nad nim.

Najważniejsze cechy sensora [4]:

- Pomiar głębokości:
 - zakres pomiaru: 0 – 10 000 mm,
 - rozdzielczość: 1 mm,
 - niepewność pomiaru: $\pm 0,5\%$ zakresu przy 20 °C.
- Pomiar temperatury:
 - zakres: od -11 do 49 °C,
 - rozdzielczość: 0,1 °C,
 - błąd pomiaru: ± 1 °C.
- Pomiar przewodności:
 - zakres: 0 – 120 dS/m,

- rozdzielczość: 0,001 dS/m,
- niepewność pomiaru: $\pm 0,01$ dS/m lub $\pm 10\%$, większa z wartości.

Zasada działania czujnika firmy GLÖTZL oparta jest na wibrującej strunie (ang. *vibrating wire*, VW) i umożliwia pomiar ciśnienia porowego wody oraz temperatury. Nie jest on jednak wyposażony w interfejs cyfrowy, a proponowany rejestrator nie jest kompatybilny z tego rodzaju czujnikami. Stąd konieczność użycia dodatkowego przetwornika pomiarowego z interfejsem SDI-12 oraz wejściem na czujnik strunowy. By umożliwić odczyt wartości z czujnika, wybrano interfejs VW-301 firmy Keynes Controls Instrumentation.

Najważniejsze cechy sensora [5]:

- Pomiar ciśnienia porowego:
 - zakres pomiaru: -0,5 – 0,7 bara (jest to proponowany zakres, jeden z wielu dostępnych),
 - rozdzielczość: $\pm 0,02$ zakresu,
 - błąd liniowości z uwzględnieniem histerezy: $\pm 0,5\%$ zakresu,
 - częstotliwość pracy: 2 – 3,3 kHz.
- Pomiar temperatury:
 - zakres: od -20 do 80 °C.

Czujnik firmy GroPoint o nazwie Profile to sonda do pomiaru wilgotności gleby, która mierzy objętościową zawartość wody i temperaturę gleby na wielu głębokościach za pomocą jednej sondy [6]. W sposób ciągły mierzy wilgotność gleby na całej długości sondy, uśredniając objętościową zawartość wody w każdym segmencie (15 cm lub 6 cali). GroPoint Profile jest przeznaczony do montażu pionowego w celu wykonywania pomiarów w wielu warstwach gleby.

3. TESTY LABORATORYJNE I PREZENTACJA WYNIKÓW POMIARÓW

Wstępnie skonfigurowany system pomiarowy został sprawdzony pod kątem funkcjonalności w warunkach laboratoryjnych (Rys. 2). Zweryfikowano poprawność działania wszystkich czujników z rejestratorem danych a także sprawdzono komunikację z serwerem i sposób prezentacji wyników.



Rys. 2. System pomiarowy w warunkach laboratoryjnych
Fig. 2. Measurement system in laboratory conditions

Przeprowadzone testy laboratoryjne wykazały, że wartości zmierzone przez sensory odzwierciedlały rzeczywiste warunki, w których zostały umieszczone, a błędy pomiaru mieściły się w granicach

podanych przez producentów. Rejestrator z zaprogramowaną częstotliwością komunikuje się z serwerem i przesyła zebrane dane. Wyniki pomiarów są w czytelny sposób prezentowane w portalu użytkownika. Mają one postać skalowalnych wykresów z możliwością agregacji danych oraz ich eksportu do plików z rozszerzeniem csv.

Sprawdzono także działanie alarmów. Wybrany rejestrator danych ma możliwość informowania użytkownika o pomiarach wykraczających poza założone wartości progowe. Częstotliwość wykonywania pomiarów z użyciem podłączonych sensorów oraz komunikacji z serwerem może być wówczas zwiększona, w celu dokładniejszej analizy sytuacji. Rejestrator jest w stanie także odnotowywać otwarcie obudowy urządzenia. Informacje o wyzwoleniu alarmu wysyłane są za pośrednictwem wiadomości SMS lub e-mail. Testy informowania przez system zarówno o przekroczeniu dozwolonych wartości mierzonych, jak i otwarciu skrzynki, zakończyły się powodzeniem.

4. PODSUMOWANIE

Przedstawiony w artykule system monitorowania stanu wału przeciwpowodziowego, w momencie jego pisania jest w trakcie testów środowiskowych w miejscu docelowym. Dane pochodzące z systemu zawierają aktualne wielkości hydrologiczne w pobliżu istniejącego wału w okolicach Milska (woj. lubuskie) i dostarczają bieżących informacji ekspertom. Porównali oni wartości zwrócone między innymi przez czujnik hydrostatyczny z wynikami pomiarów wykonanych metodą manualną. Zestawienie tych wyników wykazało pełną zgodność, co świadczy o poprawności działania systemu pomiarowego.

PODZIĘKOWANIE

Praca była częściowo finansowana ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu BB-PL INTERREG V A 2014-2020 „Redukcja barier – wykorzystanie wspólnych mocnych stron”, projekt SmartRiver, grant nr 85029892 oraz z projektu Unii Europejskiej e-równowaga-plus w ramach programu H2020, numer grantu 864283. Instytucje finansujące nie brały udziału w projektowaniu badania, gromadzeniu, analizie lub interpretacji danych, w pisaniu manuskryptu ani w podejmowaniu decyzji o publikacji wyników.

LITERATURA

1. Inaudi D., Cottone I., Figini A.: Monitoring Dams and Levees with Distributed Fiber Optic Sensing, The 6th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure Hong Kong, 9-11 December 2013.
2. Liakath A.: An Integrated Approach for the Improvement of Flood Control and Drainage Schemes in the Coastal Belt of Bangladesh, Wageningen University, The Netherlands, 2002.
3. Nota katalogowa rejestratora danych Micropower: www.pmecology.com/wp-content/uploads/2021/10/PM-Ecology_Micropower_Karta-katalogowa-PL.pdf, dostęp 13.04.2022.
4. Nota katalogowa czujnika Hydros-21 (CDT-10) firmy Meter: www.metergroup.com/environment/products/hydros-21-water-level-monitoring/, [dostęp 11.04.2022.](#)
5. Nota katalogowa czujnika ciśnienia porowego VW firmy Gloetzl: www.gloetzl.de/fileadmin/produkte/1%20Messwertaufnehmer/1%20Druck%20und%20Spannung/Englisch/U_69.00_Druckaufnehmer_Porenwasser_Gas_Fluessigkeit_A4_en.pdf, dostęp 5.04.2022.
6. Nota katalogowa sondy firmy Gropoint: www.gropoint.com/s/GroPoint-Profile-Datasheet.pdf, dostęp 30.03.2022.