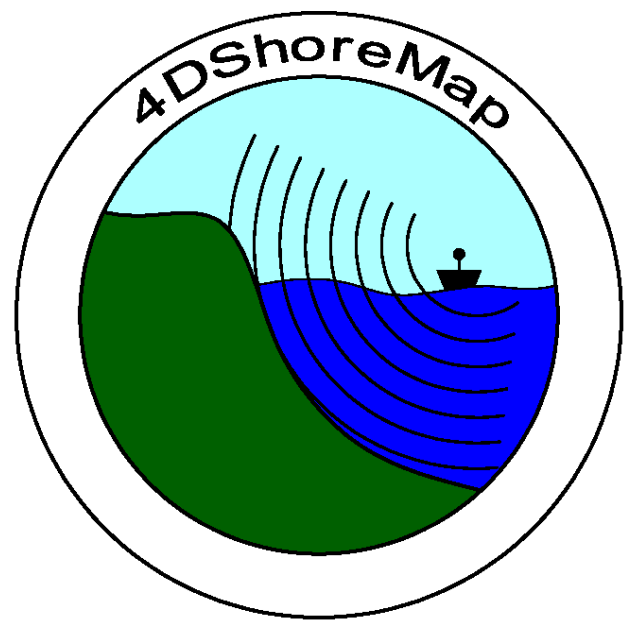


## ANALIZA I WIZUALIZACJA DANYCH PRZESTRZENNYCH W SYSTEMIE MONITORINGU STREFY BRZEGOWEJ Z WYKORZYSTANIEM BEZZAŁOGOWEJ JEDNOSTKI PŁYWAJĄCEJ

dr inż. Marta Włodarczyk-Sielicka

Marine Technology Sp. z o.o., ul. Roszczynińskiego 4 lok. 6, Gdynia, e-mail: m.wlodarczyk@marinetechonology.pl



### WPROWADZENIE

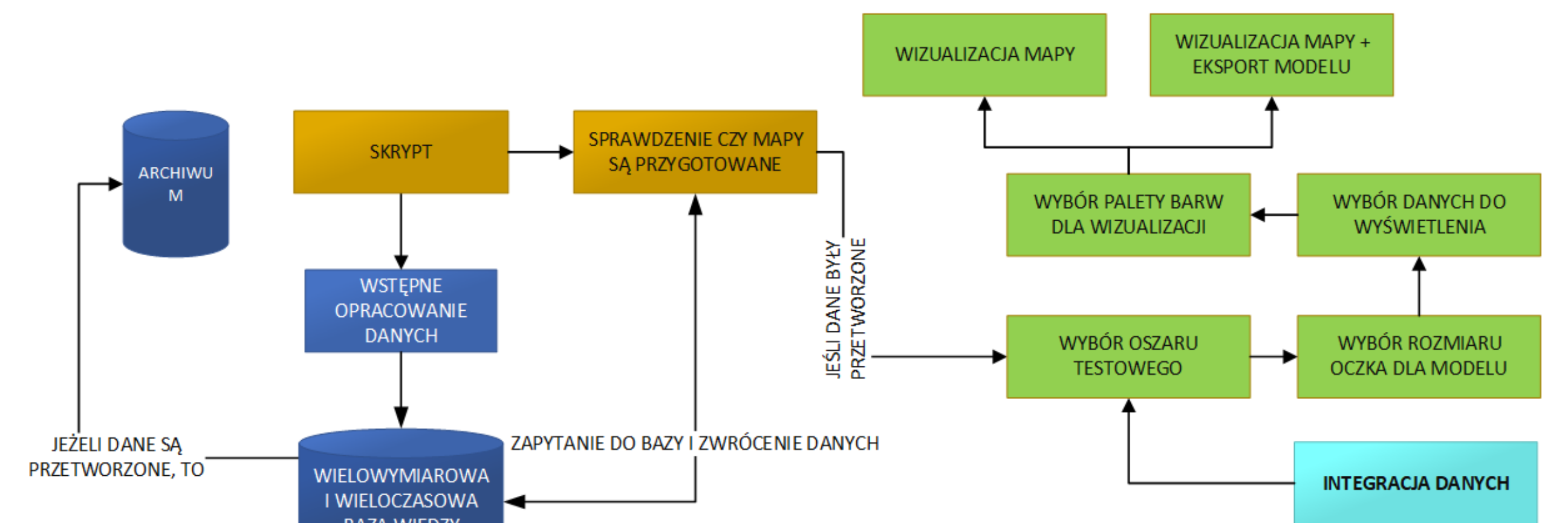
Proponowany projekt systemu monitoringu strefy brzegowej przy wykorzystaniu bezzałogowej jednostki pływającej pozwala na analizę i wizualizację danych przestrzennych dla obszarów nawodnych oraz podwodnych. Do akwizycji danych wykorzystane są nowoczesne sensory zamontowane na jednostce bezzałogowej Hydrodron: dla danych podwodnych MBES i sonar, natomiast dla części naziemnej skaner laserowy i kamera. System oprócz możliwości integracji danych z różnych sensorów, utworzenia wielowymiarowej i wieloczasowej bazy wiedzy o danej strefie brzegowej, pozwoli na wizualizację tych danych z postaci mapy przestrzennej oraz ich analizę czasową. Poniżej przedstawiono część wyników otrzymanych dla wybranych obszarów testowych, przy wykorzystaniu fuzji danych przestrzennych. Należy zwrócić uwagę, że system jest dedykowany dla strefy brzegowej.



Rys. 1. Autonomiczna jednostka pomiarowa HydroDron-1

### REZULTATY

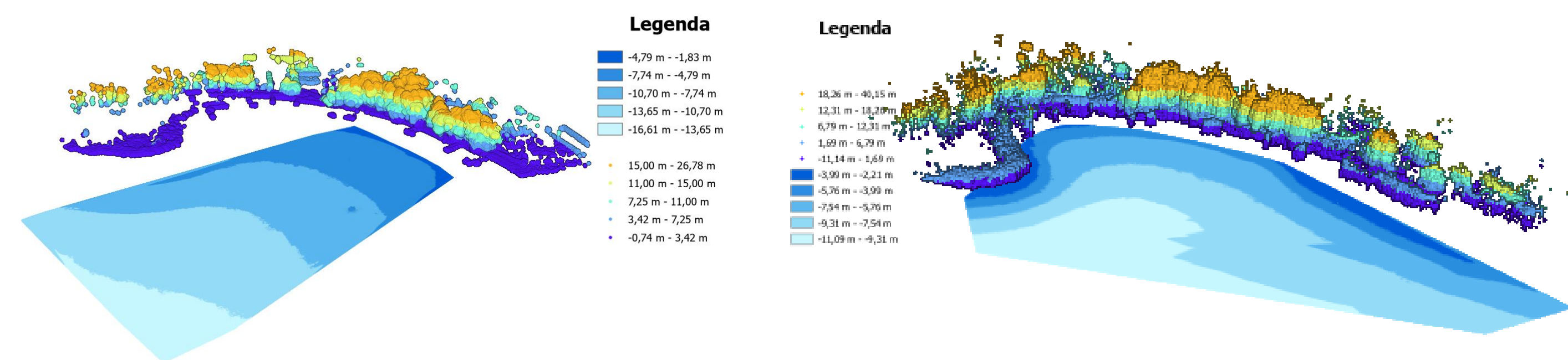
Stworzono model tworzenia i wizualizacji zintegrowanych danych przestrzennych w systemie.



Rys. 5. Model tworzenia i wizualizacji zintegrowanych danych

### OBSZAR BADAWCZY

W trakcie badań nad systemem wykorzystano wiele obszarów badawczych, które obejmowały swoim zakresem naturalne strefy brzegowe oraz te portowe. W poniższym opracowaniu skupiono się na obszarze umiejscowionym w wsi Zawory nad Jeziorem Kłodno, na którym wykonywane były pomiary w marcu i czerwcu 2022 r. oraz sierpniu 2023 r.



Rys. 2. Dane z systemu MBES oraz LIDAR dla obszaru Zawory - pomiary czerwcowe 2022 roku

Rys. 3. Dane z systemu MBES oraz LIDAR dla obszaru Zawory - pomiary sierpniowe 2023 roku

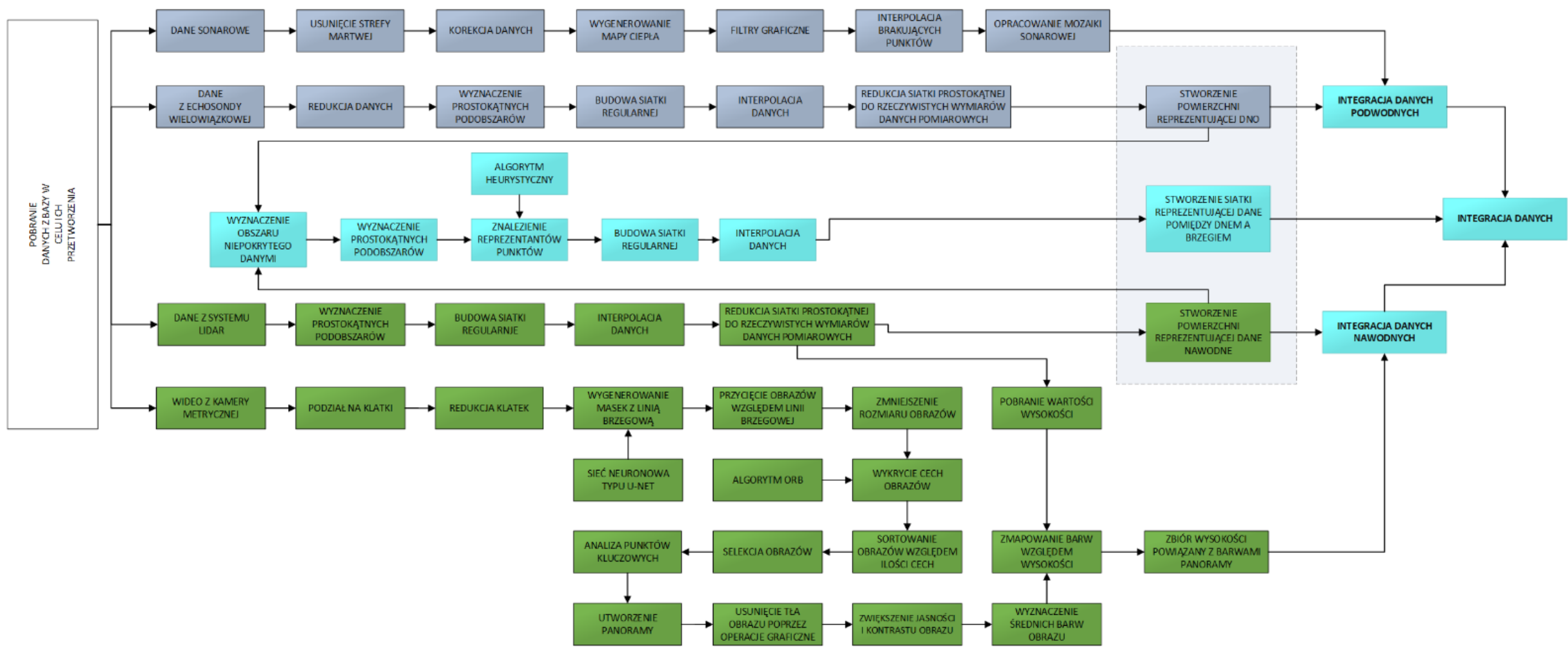
### DANE I METODY

#### DANE

W trakcie prac opracowano metodykę wykorzystania bezzałogowej jednostki pływającej dla realizacji pomiarów w strefie brzegowej, w tym konfiguracja sprzętu i urządzeń, sposób przesyłania informacji, wytyczne do prowadzenia pomiarów i tras przejazdu. Na jednostce Hydrodron zainstalowano następujące sensory: Echosonda interferometryczna PING DSP 3DSS-DX-450, LiDAR Velodyne VLP-16, Kamera metryczna Blackfly S GigE oraz systemy pomocnicze: System pozycyjny Ekinox2 Subsea (NAVSIGHT-T), Garmin 18 GPS PPS (jako znacznik czasu i synchronizacja czasu) oraz AML SV Xchange oraz AML SVP Base X2 które są wykorzystywane w systemie. Określono także szczegółowe wymagania parametrów, nastaw i konfiguracji dla poszczególnych sensorów dla poprawnego działania systemu.

#### METODY

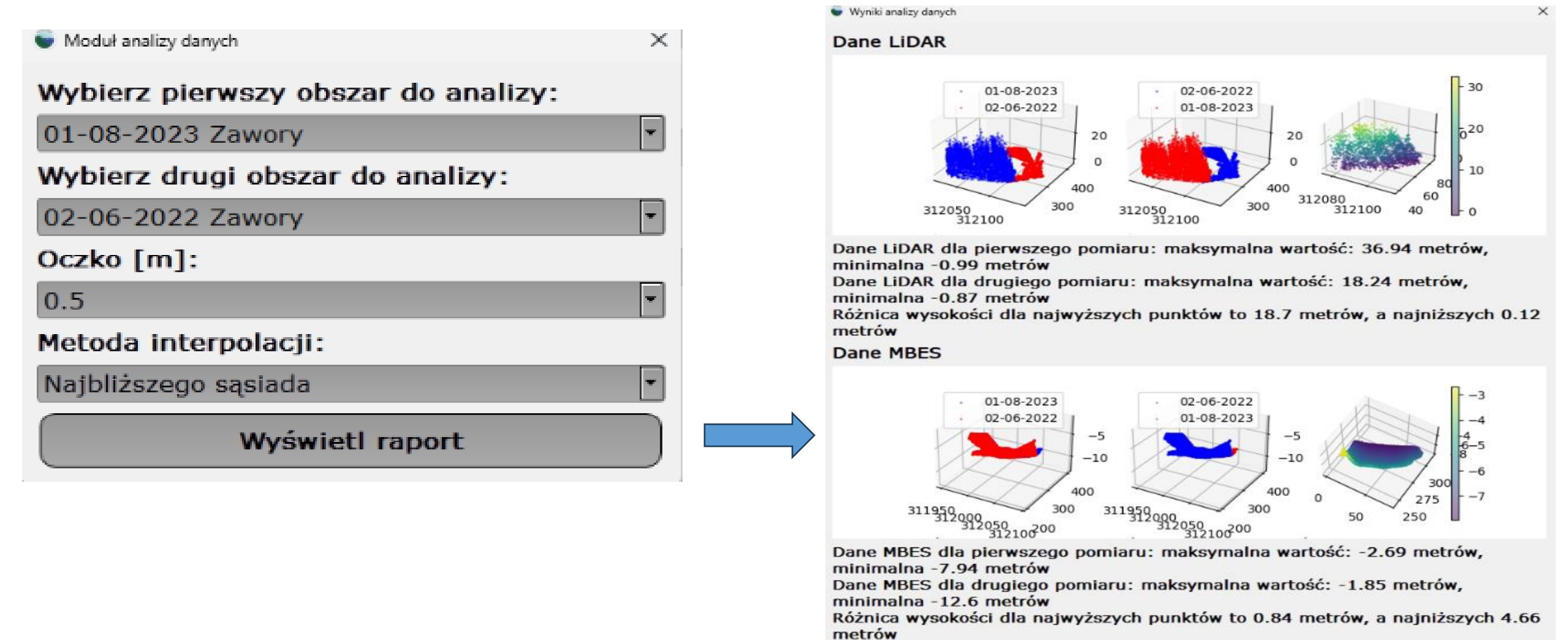
W trakcie opracowania modelu fuzji danych na początku został on podzielony na dwa osobne moduły (podwodny i nawodny). Jednak w trakcie prac projektowych konieczne było dodanie modułu, który wygeneruje punkty brakujące. Ma to ścisły związek z charakterystyką obszarów strefy brzegowej, gdzie z powodu np. roślinności jednostka autonomiczna nie jest w stanie dopłynąć. Moduły te przedstawiają charakterystykę komponentów modułu zintegrowanych danych i ich fuzji.



Rys. 4. Model fuzji danych w systemie monitoringu strefy brzegowej przy wykorzystaniu bezzałogowej jednostki pływającej

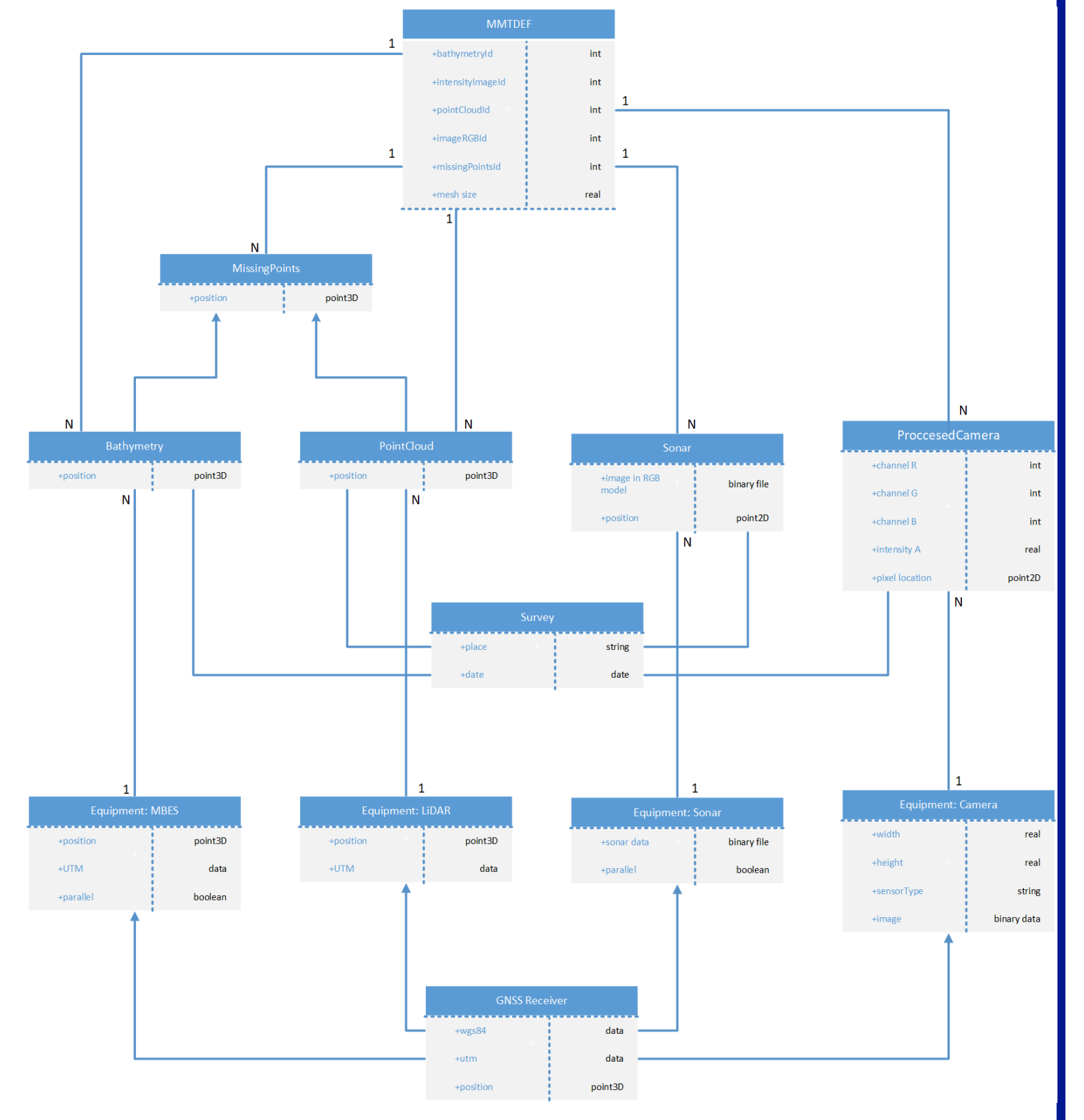
Model tworzenia map opiera się na wykonaniu operacji takich jak: uruchomienie podstawowych skryptów w celu działania systemu. Taki skrypt będzie wykonywał zapytanie do bazy w celu sprawdzenia czy dane z wybranych pomiarów zostały już przetworzone. Jeśli tak, to dane są pobierane i wyświetlane. W przeciwnym przypadku, dane pomiarowe są przetwarzane korzystając z modelu fuzji a następnie wyświetlane. Budowany system daje możliwość śledzenia i monitorowania strefy brzegowej, ale i także wykonywania prognoz zmian ukształtowania tej strefy czy dna akwenu. Aby możliwe było utworzenie modelu 4D konieczne jest zebranie danych z jednego obszaru z co najmniej 2 różnych okresów czasowych. Analiza odbywa się na danych przetworzonych, stąd możliwy jest wybór metody interpolacji danych, jak również rozdzielczości modelu wynikowego.

Jeżeli użytkownik systemu wskaże wybrane dane pomiarowe z różnych dni, ale tego samego obszaru, to zostaną wyświetlone modele pozwalające na analizę dokonanych pomiarów. Dane z systemu LiDAR oraz systemu MBES są osobno analizowane. Każde z tych zestawów danych jest wyświetlone w postaci trzech modeli: dwa pierwsze przedstawiają dane bez redukcji obszarów w celu zwrócenia uwagi na sam obszar i ich ewentualne pokrycie, trzeci jest modelem różnicowym. Jest on zbudowany poprzez znalezienia obszaru wspólnego dla wybranych pomiarów, gdzie zbudowana jest siatka regularna, a dane po wybranej interpolacji i „odjęte” od siebie. W efekcie końcowym, widzimy wartości błędów na wspólnym obszarze względem czasu wybranych pomiarów.



Rys. 6. Widok analizy porównawczej dla obszaru testowego Zawory z dwóch sesji pomiarowych

Należy także wspomnieć o dedykowanym modelu danych przestrzennych. Zachowanie integralności danych przestrzennych o różnych źródłach pochodzenia jest możliwe poprzez utworzenie szczegółowej specyfikacji docelowego modelu danych. Jednoznaczna forma zapisu danych pozwoliła na opracowanie algorytmów importu, eksportu oraz przetwarzania dla pozyskiwanych wielosensorycznych zbiorów danych. Na potrzeby projektu został zaprojektowany nowy model danych przestrzennych MMTDEF (ang. *Multidimensional and Multi-Temporal Data Exchange Format*). Składa się on z czterech głównych klas przedstawiających szablon dla reprezentacji danych batymetrycznych, sonarowych, lidarowych oraz obrazowych. Każda z tych czterech klas dziedziczy atrybuty po klasie abstrakcyjnej SensorData. Klasa abstrakcyjna uwzględnia jednoznacznie identyfikowalny numer ID oraz znacznik czasu, opisujący w której jednostce czasu zostały zebrane poszczególne dane pomiarowe. Model danych został przedstawiony w postaci diagramu.



Rys. 7. Model danych przestrzennych MMTDEF

### WNIOSKI

W trakcie budowania systemu wykorzystano dwie podstawowe technologie: Python 3.1x oraz Postgres. Ich wykorzystanie pozwala na łatwe uruchomienie aplikacji, możliwość umieszczenia bazy danych na serwerze oraz uruchomienia aplikacji, która będzie się komunikowała z bazą poprzez sieć, skalowalność bazy danych, współdzielenie danych przez wiele aplikacji i centralizacja wykorzystywanych danych. System cechuje się automatyzacją działania co zmusza użytkownika końcowego jedynie do umieszczenia danych pomiarowych w odpowiednich katalogach. Dane mapy wynikowej można również podzielić na dwie grupy danych, tj. dane strefy podwodnej i dane strefy nawodnej. Utworzona mapa ze wszystkich wspomnianych sensorów musi dać możliwość wykonywania analizy wizualnej, w której użytkownik będzie w stanie zweryfikować czy dany obszar ulega zmianie (wpływ erozji, obniżenie/podwyższenie poziomu wód itp.). Na geokompozycje składają się poszczególne geokompozycje reprezentujące sytuację terenową w odpowiednich skalach – są to geokompozycje składowe. Jednakże ze względu na specyficzność modelu danych budowanego systemu, poziom szczegółowości geokompozycji składowych determinować będą rozdzielczości warstw rastrowych modelu. Do tych poziomów dostosowane zostaną skale tych geokompozycji, aby informacja przestrzenna była dostarczana w czytelny, zrozumiały i estetyczny sposób dla użytkownika. Proponowany model wizualizacji składa się z 3 geokompozycji, każda o innym poziomie szczegółowości, a co za tym idzie innej funkcji: o niskim poziomie szczegółowości (rozdzielczość 2 m), o średnim poziomie szczegółowości (rozdzielczość 1 m) oraz o wysokim poziomie szczegółowości (rozdzielczość 0,5 m).