

Poprawa pokrycia batymetrycznego z wykorzystaniem aktywnie orientowanego sonaru jednowiązkowego



Jakub Chmielewski¹



Radosław Zimroz²



Jarosław Szrek³

¹ Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Politechnika Wroclawska, Na Grobli 15, 50-421 Wrocław, e-mail: jakub.chmielewski@pwr.edu.pl

² Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Politechnika Wroclawska, Na Grobli 15, 50-421 Wrocław, e-mail: radoslaw.zimroz@pwr.edu.pl

³ Wydział Mechaniczny, Politechnika Wroclawska, Łukasiewicza 5/7, 50-370 Wrocław, e-mail: jaroslaw.szrek@pwr.edu.pl

WPROWADZENIE

Batymetryczne pomiary zbiorników wodnych, w szczególności zalanych wyrobisk poeksploatacyjnych, realizowane są często z wykorzystaniem bezzałogowych jednostek pływających wyposażonych w sonar (Rys. 1). W klasycznym podejściu pomiary wykonywane są wyłącznie wzdłuż trajektorii ruchu jednostki, co prowadzi do następujących ograniczeń:

- nierównomiernego pokrycia dna oraz występowania rozległych luk pomiarowych (Rys. 2),
- ograniczonej efektywności pomiaru przy dużej skali zbiornika i krótkim czasie misji,
- utrudnionej obserwacji stromych skarp przybrzeżnych dla sonaru skierowanego pionowo w dół.

W pracy przedstawiono metodę poprawy pokrycia batymetrycznego opartą na aktywnej orientacji sonaru jednowiązkowego z wykorzystaniem głowicy o dwóch stopniach swobody.



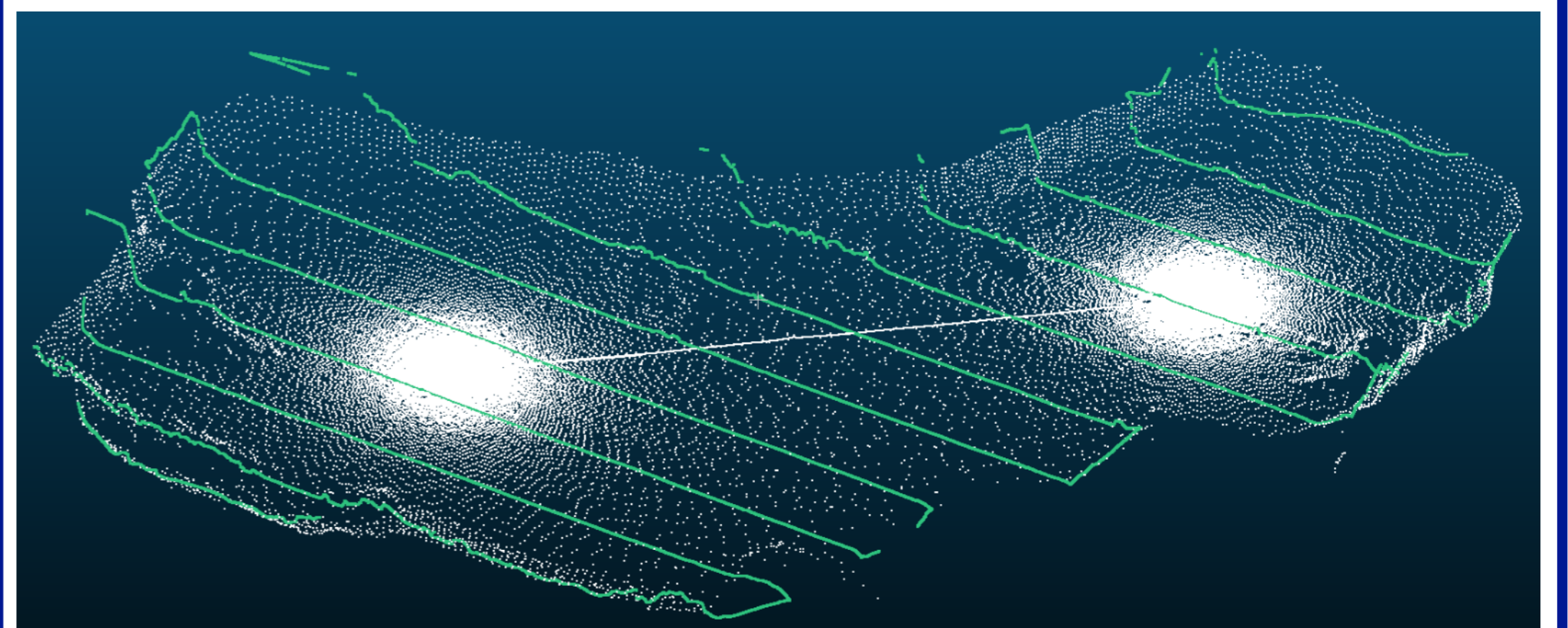
Rys. 1 Przykład zbudowanej jednostki pływającej używanej do prowadzenia pomiarów batymetrycznych



Rys. 2 Efekt pomiaru batymetrycznego z wykorzystaniem zbudowanej jednostki pływającej oraz sonaru jednowiązkowego

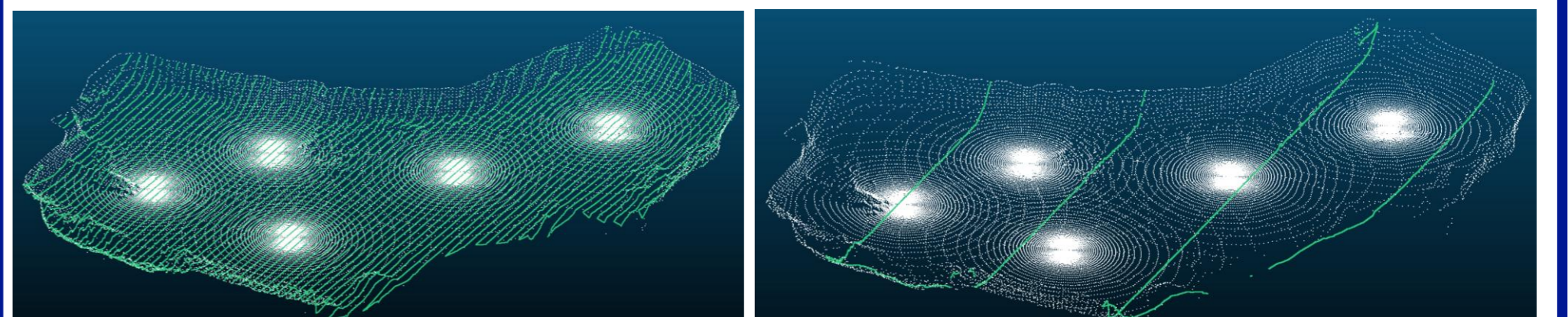
REZULTATY

W efekcie pomiarów symulacyjnych uzyskano pary chmur punktów wygenerowanych oboma metodami przy identycznym budżecie czasowym. W przedstawionym scenariuszu metoda wykorzystująca aktywnie orientowany sonar zapewnia bardziej równomierne pokrycie dna oraz ogranicza występowanie rozległych luk pomiarowych (Rys. 5).



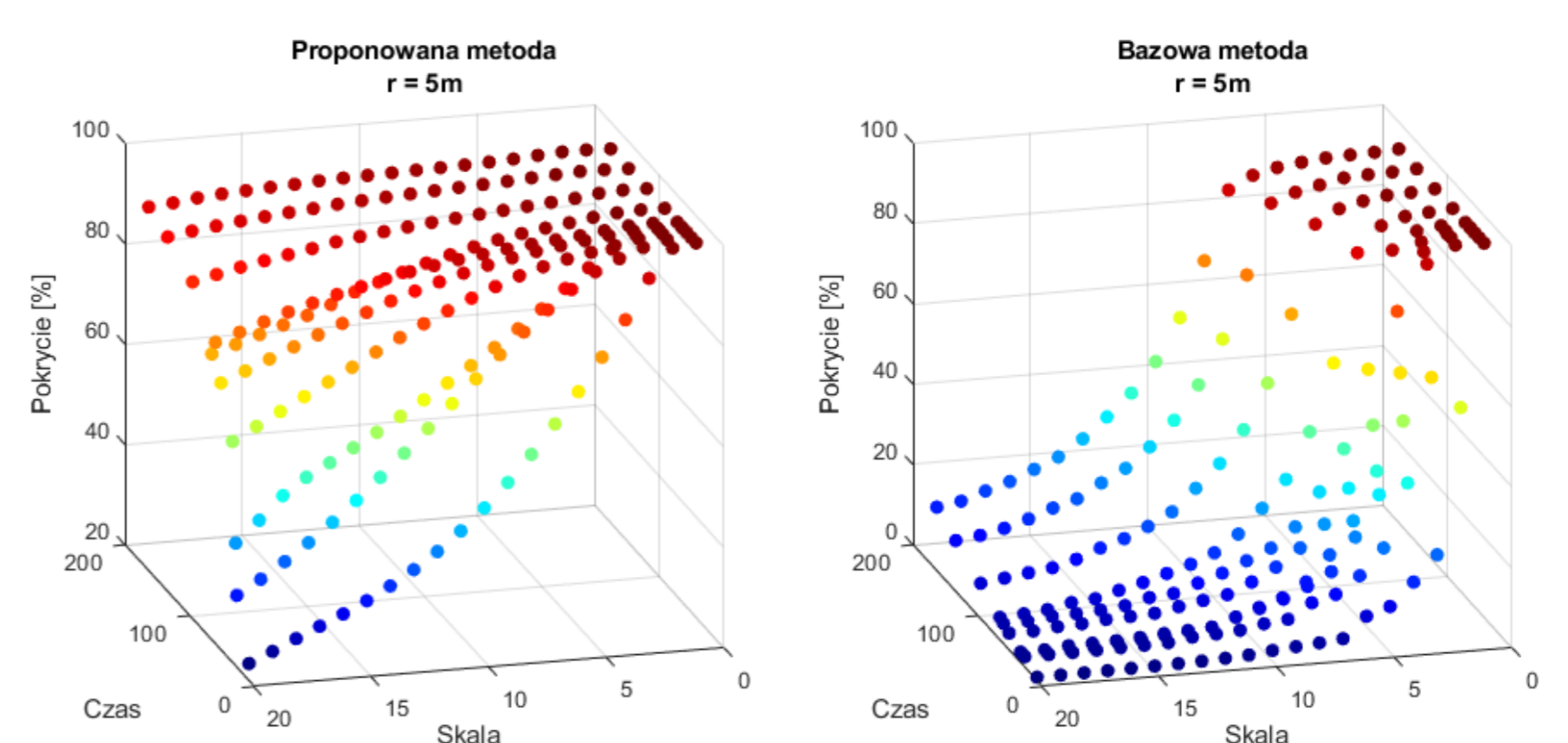
Rys. 5 Porównanie chmur punktów otrzymanych przez skanowanie modelu wyrobiska oboma metodami przy zachowaniu tego samego budżetu czasowego 61 min. Standardowa metoda pomiaru batymetrycznego - zielona chmura punktów, metoda pomiaru oparta na wykorzystaniu ruchomej echosondy jednowiązkowej - biała chmura punktów.

Przewaga proponowanej metody zależy od skali zbiornika oraz dostępnego czasu na skan zbiornika. Dla małych akwenów i długiego czasu misji obie strategie zapewniają porównywalne pokrycie, ponieważ jednostka pływająca jest w stanie wielokrotnie przepłynąć większość obszaru. W przypadku dużych zbiorników i krótkiego czasu pomiaru przewaga aktywnie orientowanego sonaru znacząco wzrasta, gdyż pokrycie przestrzeni realizowane jest przez zmianę orientacji głowicy, a nie ruch jednostki pływającej (Rys. 6).



Rys. 6 Wizualizacja wpływu wielkości skanowanego wyrobiska na pokrycie uzyskane oboma metodami. Obie scenariusze o tych samych parametrach i podobnym czasie skanowania. Lewy widok przedstawia efekt skanowania wyrobiska o wymiarach około 50m x 50m, prawy widok przedstawia efekt skanowania wyrobiska o wymiarach około 1000m x 1000m.

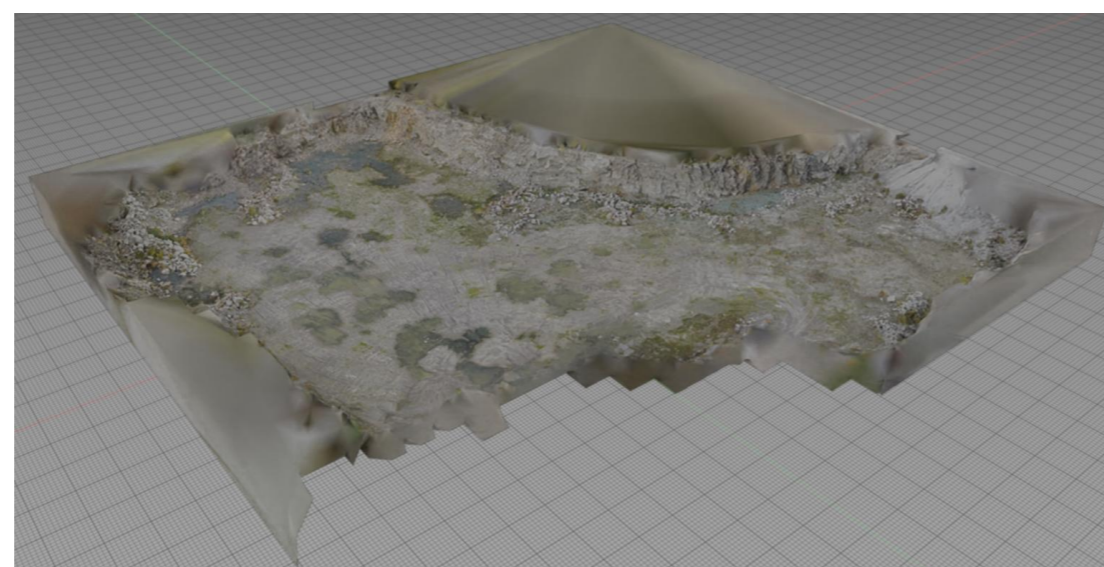
Charakterystyki pokrycia wskazują, że skuteczność klasycznego podejścia gwałtownie maleje wraz ze wzrostem skali zbiornika i ograniczeniem czasu pomiaru (Rys. 7). Metoda oparta na aktywnej orientacji sonaru utrzymuje wysokie pokrycie w znacznie szerszym zakresie parametrów.



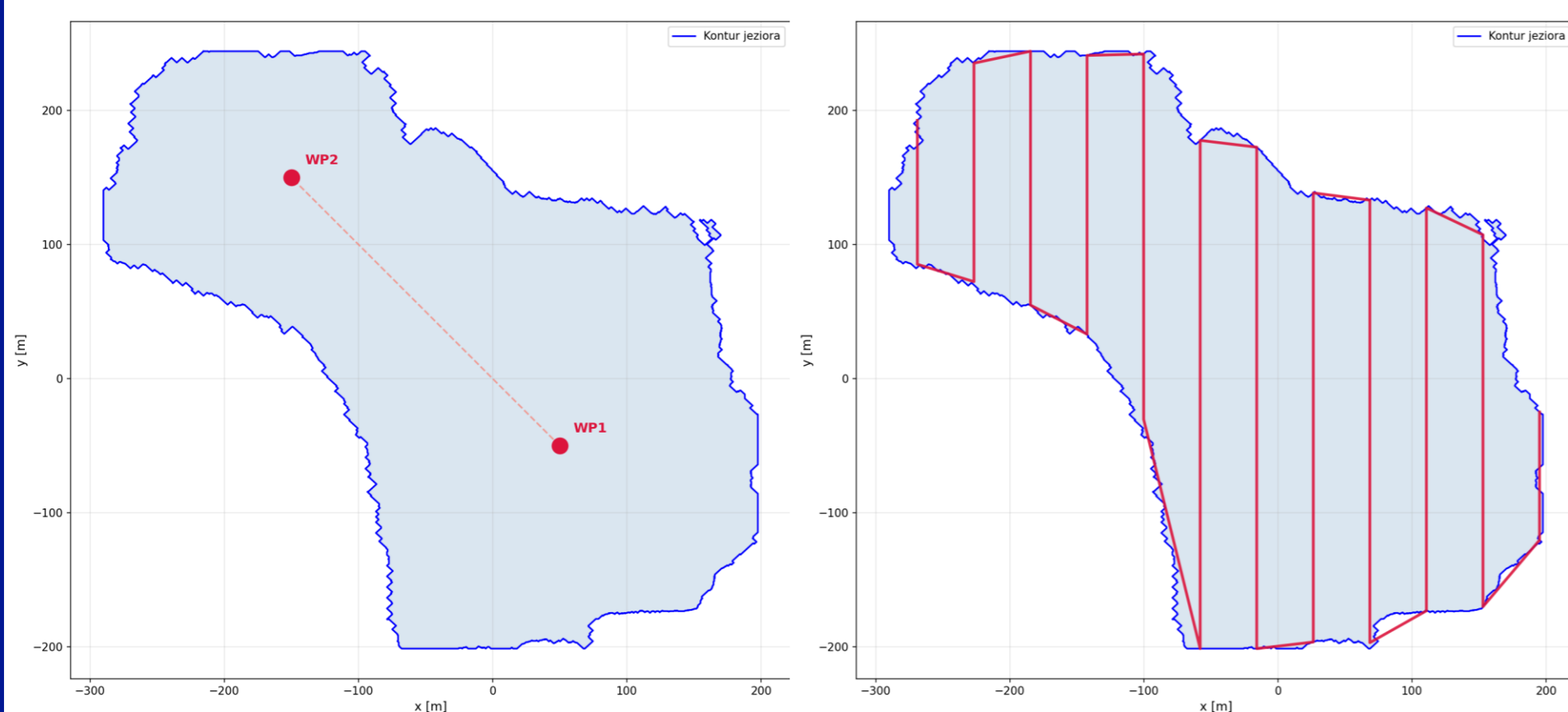
Rys. 7. Wpływ skali zbiornika oraz budżetu czasowego na kodowanie pokrycia batymetrycznego dla proponowanej metody (lewa) oraz klasycznego podejścia bazowego (prawa).

DANE I METODY

Do analizy wykorzystano model wyrobiska poeksploatacyjnego o zróżnicowanej morfologii dna i stromych skarpach przybrzeżnych (Rys. 3). Porównano klasyczną metodę pomiaru batymetrycznego opartą na ruchu jednostki pływającej z metodą wykorzystującą aktywnie orientowany sonar jednowiązkowy. Obie strategie analizowano przy identycznym budżecie czasowym dla wielu scenariuszy skali zbiornika i parametrów skanowania (Rys. 4).



Rys. 3 Wizualizacja modelu wyrobiska poeksploatacyjnego użytego w symulacji



Rys. 4 Wizualizacja scenariusze skanowania z wykorzystaniem obu porównywanych metod. Po lewej wizualizacja punktów, w których zostanie przeprowadzone skanowanie stacjonarne z wykorzystaniem ruchomego czujnika, a po prawej wizualizacja trajektorii pływacza USV przeprowadzającej pomiary w tradycyjny sposób z czujnikiem skierowanym pionowo w dół.

Uzyskane chmury punktów porównano z referencyjną chmurą o równomiernym pokryciu wygenerowaną na podstawie modelu wyrobiska. Analizę przeprowadzono dla wielu scenariuszy budżetów czasowych oraz skal wielkości zbiornika. Obie strategie porównywano przy identycznym czasie trwania pomiaru.

WNIOSKI

- Aktywna orientacja sonaru jednowiązkowego pozwala uzyskać bardziej równomierne pokrycie batymetryczne niż klasyczne podejście oparte wyłącznie na ruchu jednostki pływającej.
- Przewaga proponowanej metody wzrasta wraz ze skalą zbiornika oraz ograniczeniem czasu pomiaru, ponieważ pokrycie przestrzeni realizowane jest przez zmianę orientacji sonaru zamiast wydłużania trajektorii jednostki pływającej.
- Metoda skuteczniej odwzorowuje strome skarpy przybrzeżne, które pozostają słabo obserwowalne dla sonaru skierowanego pionowo w dół.
- Aktywnie orientowany sonar może być wykorzystany do szybkiego rozpoznania batymetrycznego nieznanymi zbiornikami przed realizacją szczegółowych pomiarów.
- Ograniczeniem metody pozostają błędy charakterystyczne dla wiązkowych czujników ultradźwiękowych, w szczególności związane z dużymi kątami pomiaru oraz występowaniem cieni akustycznych.