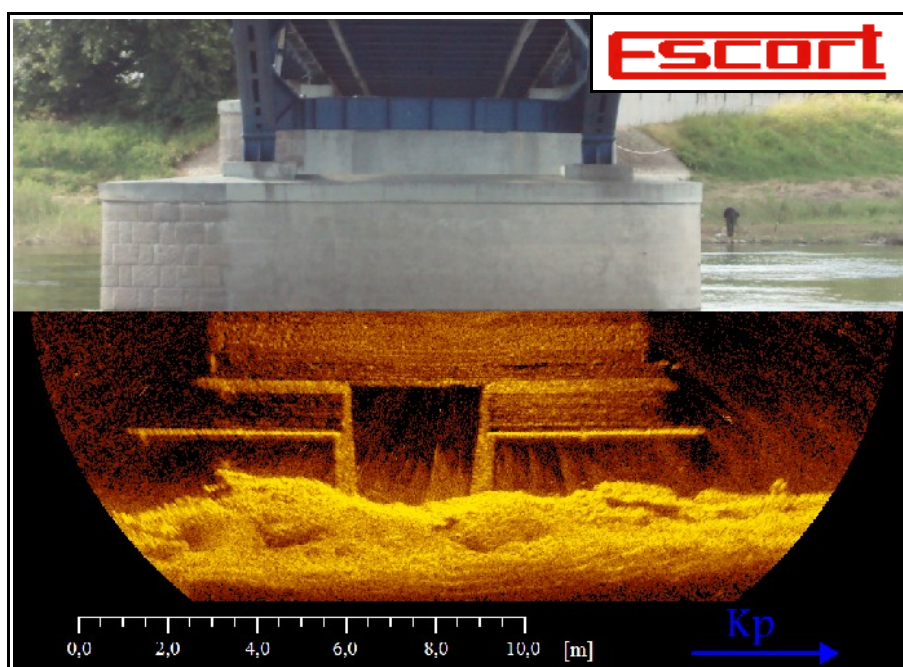


Akustyka pomaga w inspekcji budowli wodnych

Powstające w dzisiejszym świecie mosty i inne budowle wodne imponują nowoczesnymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi, jednak w dalszym ciągu są też eksploatowane mocno przestarzałe konstrukcje wymagające przeglądów powyżej i poniżej linii wodnej. Pomimo, że poziom techniczny przeglądów stanu technicznego powyżej linii wodnej znacznie wzrósł, to przeglądy poniżej linii wodnej w dalszym ciągu polegają jedynie na wykorzystaniu nurków. Wiele administracji rządowych pomimo znanych trudności z dokumentowaniem podwodnych wad technicznych wymaga przeprowadzania okresowych inspekcji wszystkich podwodnych elementów struktur mostowych.

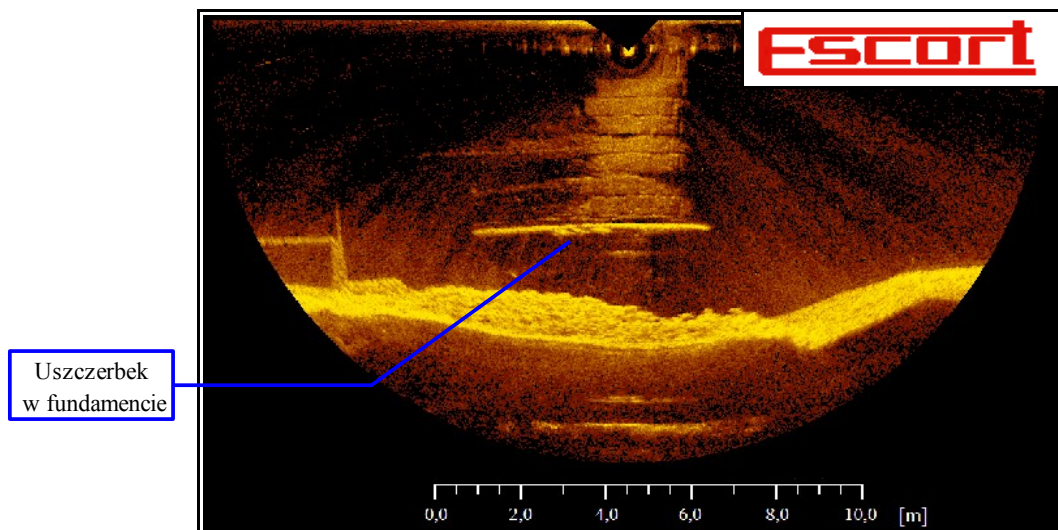
Do przeglądów i szacowania warunków podwodnych oraz do budowy struktur pod wodą przez ostatnie 150 lat wykorzystywano nurków wspomaganych z powierzchni. Wiele z tych projektów przeprowadzano w bardzo trudnych warunkach środowiskowych pracując przy silnych prądach wodnych, na dużych głębokościach, przy braku widoczności spowodowanej opadaniem osadów oraz gromadzeniem się rumowisk wokół podwodnych struktur. Rumowiska powstające wokół filarów mostowych to potencjalnie jedne z największych zagrożeń podczas inspekcji wykonywanych przez nurków. Przeważnie jest to płatanina różnych przedmiotów i lin stanowiących pułapkę dla nurka, zwłaszcza jeśli są ruchome. To w znacznym stopniu ogranicza prowadzenie inspekcji.



Rys 1. Podwodny obraz sonarowy i zdjęcie nad powierzchnią wody łącznie prezentują dno rzeki oraz strukturę podwodną podpory mostowej (Most graniczny na rzece Odrze w miejscowości Krajnik Dolny)

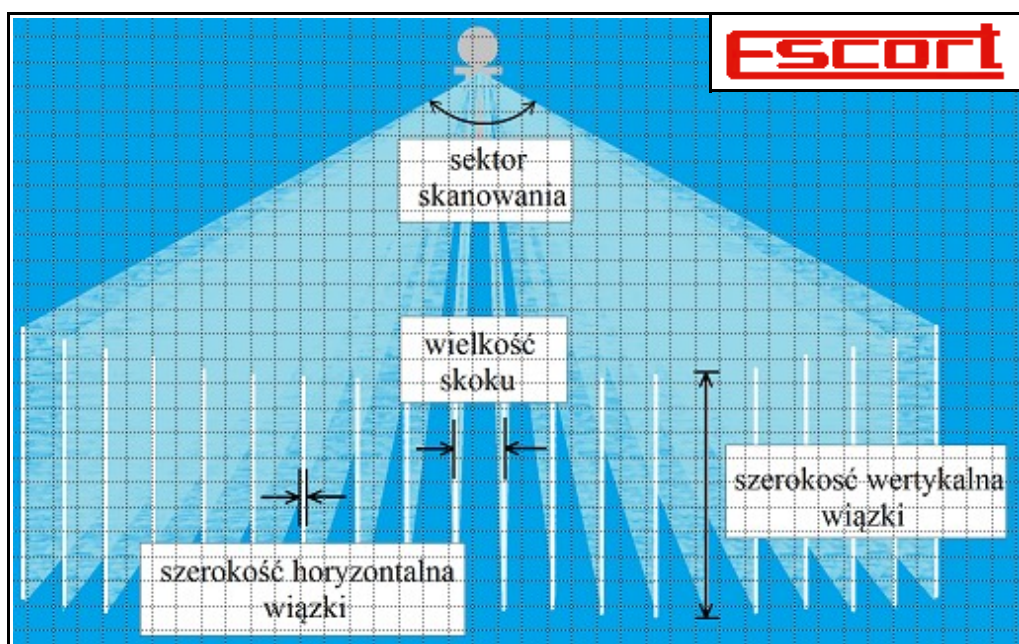
Niezależnie od profesjonalizmu nurków wspólny niepokój zawsze budzą różnice w ocenie stanu struktur podwodnych prezentowane przez każdego z nich oraz różnice stanowisk w ich raportach. Takie niekonsekwencje mogą istnieć nie tylko w opiniach sporządzanych przez różne firmy, ale także przez każdego nurka z osobna. W rezultacie instytucja upoważniona do podejmowania decyzji o konieczności i o sposobie lub o terminie wykonania napraw nie posiada jednoznacznych opinii technicznych. To może stwarzać sytuacje zagrażające sprawności infrastruktury.

Obecnie wiele firm mających lata doświadczeń w przeprowadzaniu operacji podwodnych, inspekcji mostów, zapór, wejść do portów czy nabrzeży portowych konsekwentnie rozwija różne technologie aby uzyskać najlepsze możliwości w realizacji zleceń i prezentowaniu obiektywnych rezultatów. Wdrażanie innowacyjnych technologii w procesie prowadzonych inspekcji pozwala na lepszą obsługę klientów, kompleksowe i ekonomiczne prowadzenie analiz, lepsze szacowanie ubytków w elementach struktur podwodnych jak również lokalizowanie miejsc podmywania i szacunkową ocenę warunków na dnie.



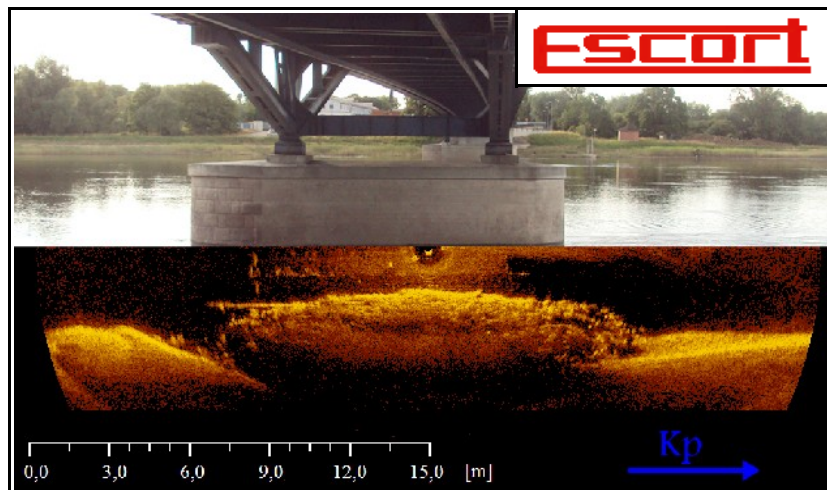
Rys 2. Podwodny obraz sonarowy ukazujący napływową wzmocnioną część podpory i wykryty uszczerbek w fundamencie

Realizację niektórych zadań dotyczących inspekcji struktur podwodnych można usprawnić posługując się zwykłymi echosondami lub bocznymi sonarami holowanymi. W wielu przypadkach sonar holowany daje bardzo dobrą wizualizację dna. Jednak w sąsiedztwie filarów, nawet jeśli prąd wodny jest umiarkowany (poniżej 8km/godz.) stabilne utrzymanie głowicy sonaru jest problematyczne, a geometria struktury podwodnej ogranicza manewry statku holującego głowicę. Wykorzystanie echosondy, chociaż nie jest limitowane wymogami jak dla sonaru holowanego jest także ograniczone ze względu na wąską wiązkę akustyczną oraz małą zdolność manewrowania statkiem przy silnych prądach. Świadomość ograniczeń przy posługiwaniu się sonarem holowanym i konwencjonalną echosondą spowodowała rozpoczęcie prac eksperymentalnych podczas inspekcji struktur podwodnych z wykorzystaniem głowicy sonaru skanującego mechanicznie.



Rys 3. Skanowanie przestrzeni wiązki

Sonar skanujący z dodatkowym silnikiem krokowym do obracania przetwornikiem wykorzystuje podobne elementy składowe co echosonda czy konwencjonalny sonar holowany. W sonarze skanującym mechanicznie po wysłaniu akustycznego impulsu nadawczego system czeka na odebranie ech. Czas oczekiwania jest wprost proporcjonalny do wybranego zakresu. Po zakończeniu cyklu nadawanie/odbiór silnik krokowy obraca przetwornikiem o jeden skok kątowy i proces się powtarza. Szerokość wiązki akustycznej sonaru skanującego zależy od rozmiarów, kształtu i częstotliwości przetwornika. Sonar wysokiej rozdzielczości w wersji głowicy z podwójnym przetwornikiem umożliwia użytkownikowi skompletowanie zarówno profilów podwodnej struktury jak i pełną wizualizację obrazu badanego dna.

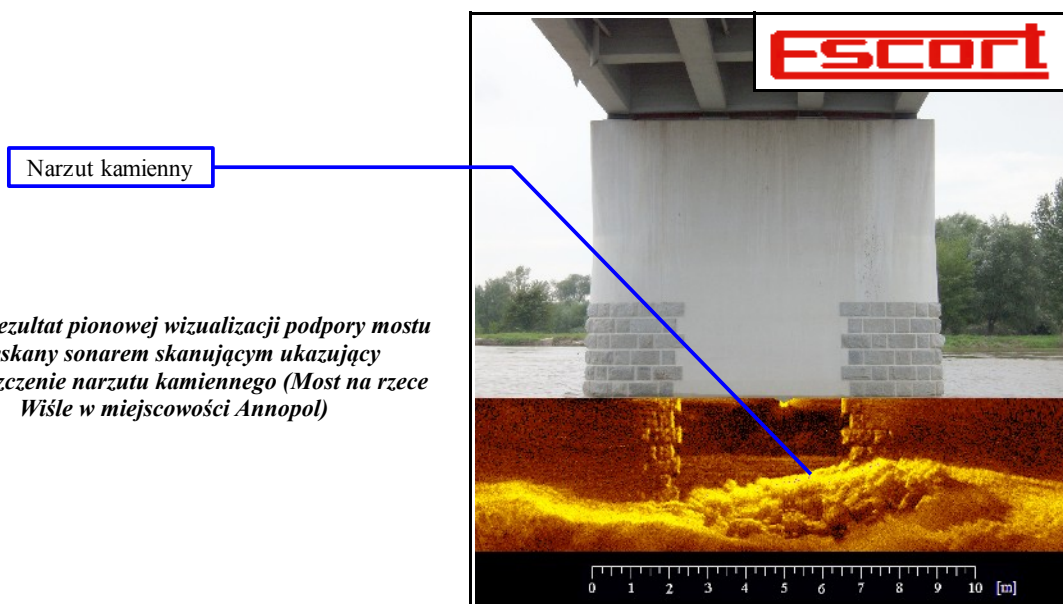


Rys 4. Rezultat pionowej wizualizacji filaru mostu uzyskany sonarem skanującym ukazujący rozmieszczenie narzutu kamiennego (Most na rzece Odrze w miejscowości Krajnik Dolny)

Aby uzyskać najlepszy zasięg i wysoką rozdzielczość dobrano bardzo wąską wiązkę akustyczną oraz częstotliwość 675 kHz. W przeciwieństwie do sonaru holowanego, sonar skanujący najlepiej pracuje, gdy głowica jest w pozycji całkowicie stacjonarnej. Istotną przewagą sonaru skanującego jest to, że wykorzystując różne możliwości ustawienia położenia głowicy w stosunku do badanego obiektu powstają możliwości precyzyjnego odwzorowania obrazu dna, obrazu struktur pionowych obiektu, dokładnych profili umożliwiających obliczanie nanosów lub ubytków gruntu.

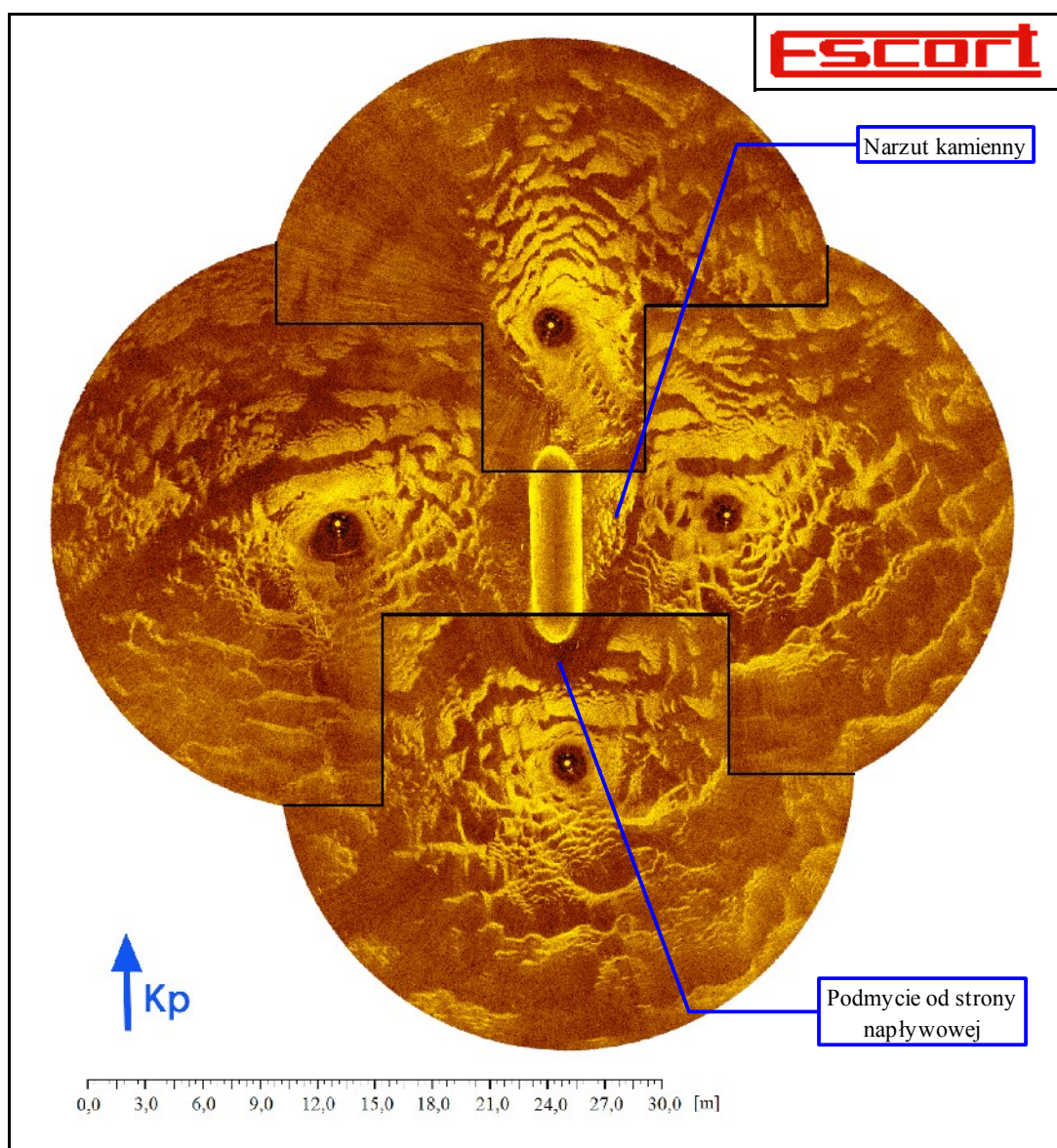
Przy konwencjonalnym odtwarzaniu obrazu sonarem skanującym korzysta się z głowicy zamontowanej na trójnogu opuszczanym na dno rzeki. Nawet przy silniejszych prądach ustawiony na dnie trójnóg z zawieszoną na kardanie głowicą daje stabilność wymaganą do uzyskania obrazu o wysokiej rozdzielczości. Przenoszenie trójnoga z odpowiednio zawieszoną głowicą wokół struktury podwodnej ułatwia zapisywanie plików z danymi, które mogą utworzyć mozaikę jak ta pokazana na rysunku nr 6. Analizując mozaikę dna – w tym wypadku wokół filaru mostu – operator jest w stanie dobrać optymalne miejsca do skanowania profili tak, aby w oparciu o zebrane dane batymetryczne można było określić rzeczywiste głębokości i wyliczyć wielkości degradujących nanosów czy ubytków. Sonar skanujący daje także sposobność do kompletnej pionowej wizualizacji filarów mostów i innych struktur. Zamieszczone niżej rysunki prezentują rezultaty uzyskane sonarem podczas podwodnej inspekcji filarów mostu na rzece. Wykorzystując sonar skanujący odtworzone zostały trzy rodzaje obrazów:

1. Odtworzono pionowe obrazy ścian filarów mostu.
2. Odtworzono obraz koryta rzeki w sąsiedztwie filarów w celu utworzenia mozaiki dna.
3. Zdjęto profile filarów oraz dna rzeki w celu ilościowego oszacowania nanosów i ubytków.



Rys 5. Rezultat pionowej wizualizacji podpory mostu uzyskany sonarem skanującym ukazujący rozmieszczenie narzutu kamiennego (Most na rzece Wiśle w miejscowości Annopol)

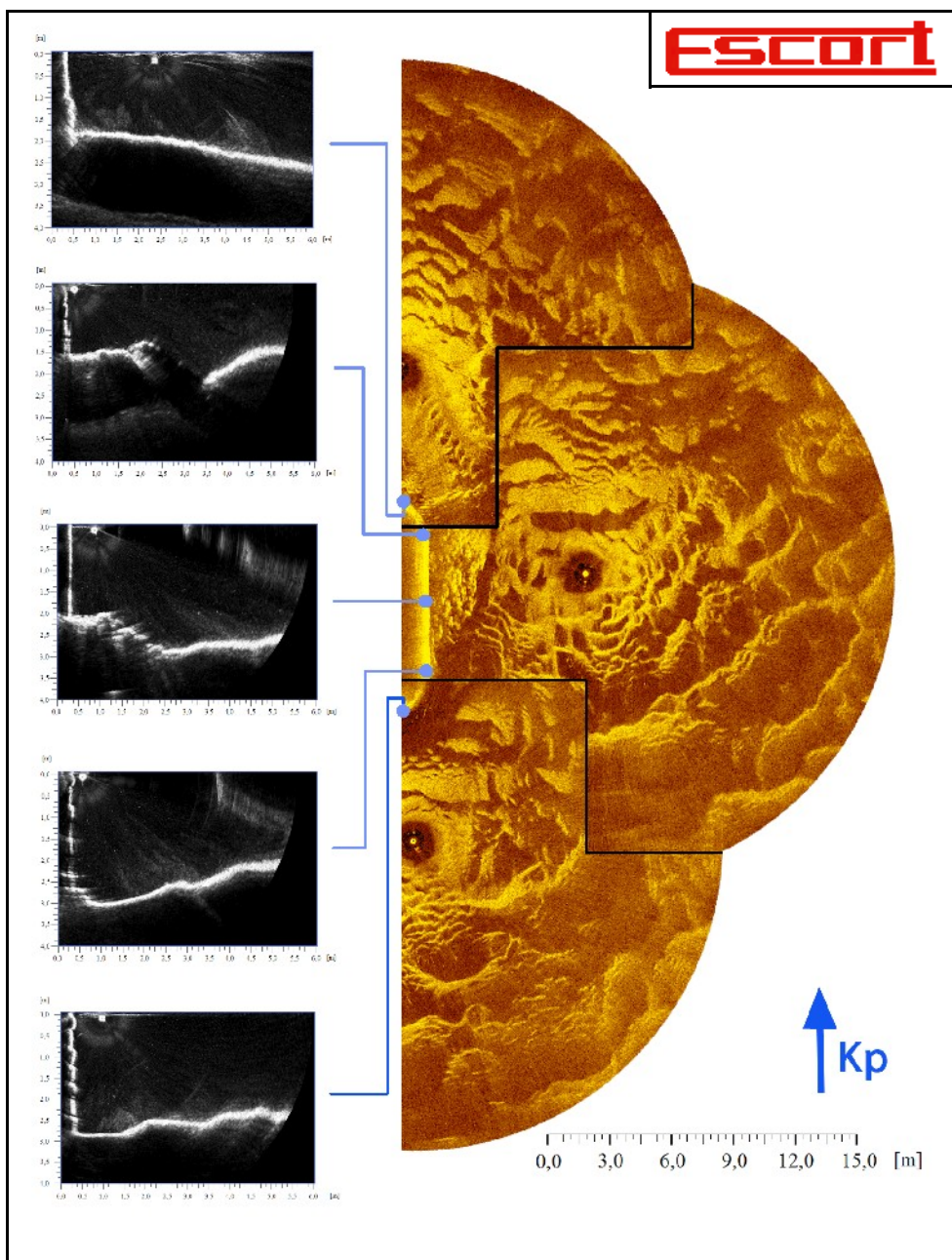
Wykorzystanie wszystkich obrazów oraz profili, a także ich kombinacji z fotografiami struktury powyżej wody umożliwiło opracowanie rzetelnego materiału niezwykle cenionego przez inspektorów budowlanych. Dostarczyło to inżynierom podstaw do łatwej interpretacji aktualnej sytuacji hydrotechnicznej oraz do ilościowej i jakościowej analizy aktualnego stanu podpór mostu i występujących zagrożeń. W wyniku stosowania mechanicznie skanowanego sonaru można ustalić bazę odniesienia zarówno dla starych jak i nowych konstrukcji mostowych, która jest pomocną w podejmowaniu decyzji dotyczących całej infrastruktury i dokładnym definiowaniu poziomów dna rzeki. Rezultaty dalszych inspekcji (będących w planowaniu lub wynikających z powodzi, wpływu ruchu statków itp.) mogą być później porównywane z oryginalnymi zarchiwizowanymi zbiorami umożliwiając w ten sposób rejestrację wszelkich zmian warunków i struktury dna. W szczególności przydatne są dane o profilach uzyskane sonarem skanującym, ponieważ degradacja dna wynikająca z osadów może być obserwowana z upływem czasu przez porównywanie poprzednich zapisów dna rzeki sąsiadującego ze strukturami podwodnymi z badaniami bieżącymi. W wielu przypadkach z powodu upływu lat brak jest starych dokumentacji, rysunków czy planów mostów.



Rys 6. Obraz mozaiki uzyskanej sonarem skanującym pokazujący podmycia oraz rozmieszczenie narzutów kamiennych. Most na rzece Wiśle w miejscowości Annopol.

Sonar skanujący dostarcza zestawu danych ilościowych oraz wizualnych, które mogą stanowić odniesienie do przyszłych inspekcji struktur podwodnych. Ponadto, co jest też bardzo ważne przy korzystaniu z nurka, wzrasta poziom bezpieczeństwa, ponieważ sonar identyfikuje potencjalne zagrożenia zanim nurek zejdzie pod wodę. Dodatkowo sonar pozwala na śledzenie przez nadzór na powierzchni w czasie rzeczywistym położenia nurka pod wodą. Innym obszarem możliwości jakie daje sonar w przypadku konstrukcji podwodnych jest prowadzenie kontroli jakości prac, a także możliwości

dokumentacyjne w zakresie ich ubezpieczenia. Rys. 5 i 6 pokazują rozmieszczenie wykonanego wcześniej narzutu kamiennego. Dodatkowo na rys. 6 widać podplukanie od strony napływowej reprezentowane jako ciemniejsze miejsca na obrazie. Jako przykład zobrazowania profilowego na rys. 7 przedstawiono rezultaty pomiarów profili w poszczególnych punktach sąsiadujących z filarem mostu. Przy znanym stanie wody można każdy obraz z osobna odnieść do geodezyjnego poziomu referencyjnego. Przedstawione profile stanowią podstawę do wyliczenia urobku, który należy usunąć, bądź do wyeliminowania miejsc zagrożonych podmyciem.



Rys 7. Zdjęte profile filarów oraz dna rzeki w celu ilościowego oszacowania nanosów i ubytków.

Najlepsze rezultaty podwodnych inspekcji uzyskuje się w wyniku kombinacji różnych dziedzin, dysponując różnymi technikami. Wiele firm przekonało się, że dokonywanie inspekcji przy wykorzystaniu nurka oraz sonaru skanującego zapewnia najwyższy z możliwych poziom jakości podczas przeprowadzenia inspekcji stanu struktur podwodnych. Wspierając sonarem skanującym tradycyjne metody inspekcji wykorzystujące nurka dostarcza się instytucjom odpowiedzialnym za stan techniczny mostów i innych budowli hydrotechnicznych niezbędnych informacji do podejmowania decyzji. Służy to lepszemu gospodarowaniu środkami przeznaczanymi na remonty i ma wpływ na roczne budżety tych instytucji.