

*Andrzej Bąk**

SYSTEMY POZYCJONOWANIA ORAZ PODKŁAD KARTOGRAFICZNY WYKORZYSTYWANE W OPERACJACH „OFFSHORE” NA PRZYKŁADZIE ROZWIĄZAŃ FIRMY FUGRO

1. Wstęp

Wraz z rozwojem przemysłu wydobywczego na morzu pojawiła się potrzeba precyzyjnego pozycjonowania jednostek uczestniczących w operacjach „offshore”, sprzętu oraz wszelkich budowli niezbędnych do wykonywania operacji pozyskiwania surowców z dna mórz i oceanów. Środowisko morskie jako zupełnie odmienne od lądowego wymaga diametralnie innego podejścia do tego problemu. Ponadto większość bogactw kopalnych znajduje się na głębokościach niedostępnych dla ludzkiego organizmu. Stąd koniecznym było opracowanie specjalistycznych systemów pozycjonowania podwodnego, które służy obecnie jako podstawa do budowy skomplikowanych systemów wydobywczych za pomocą zdalnie sterowanych lub autonomicznych robotów. Jednocześnie operacje nawodne na otwartym morzu również wymagają dokładności centymetrowych, co jest o tyle utrudnione, że brak jest jakichkolwiek stałych punktów odniesienia. Tu w sukurs przychodzi technologia i systemy satelitarne. Precyzyjne pozycjonowanie jest fundamentalnym czynnikiem wszelkich operacji inżynierskich przeprowadzanych na morzu (rys. 1). Bazują one na światowej infrastrukturze dostępnych systemów satelitarnych, które zapewniają wysoką dokładność określenia pozycji w dowolnym miejscu i czasie.

Związana z przemysłem „offshore” od ponad 30 lat firma Fugro dostarcza wielu rozwiązań sprzętowych i programowych do precyzyjnego pozycjonowania. Jest to jedna z przodujących firm w przemyśle wydobywczym na morzu, stąd jej wybór jako dostawcy gotowych rozwiązań do zastosowania w operacjach na pełnym morzu.

* Wydział Nawigacyjny, Akademia Morska w Szczecinie



Rys. 1. Budowa nowej platformy wiertniczej
(fot. Arkadiusz Tomczak)

2. Systemy pozycjonowania firmy Fugro

Systemy dostarczane przez Fugro zapewniają dokładność określania pozycji mniejszą niż 10 centymetrów na obszarze całego świata. Wykorzystują one istniejące systemy GPS oraz GLONASS a w przyszłości planuje się dołączenie łańcuchów systemów GALILEO oraz COMPASS. Praktycznie każda aktywność na morzu związana z operacjami „offshore” jest ściśle związana z precyzyjnym pozycjonowaniem, które w zależności od potrzeb opiera się na innych metodach pomiaru. Inne dotyczą pozycjonowania nawodnego, inne zaś podwodnego.

Idea precyzyjnego pozycjonowania w ogólności polega na wypracowaniu współrzędnych pozycji na podstawie wszelkich dostępnych systemów satelitarnych wykorzystując nadmiarowość informacji. Ponadto celem eliminacji błędów wykorzystywane są stacje naziemne transmitujące poprawki do urządzeń mobilnych. Fugro posiada ponad sto takich stacji, zaś poprawki transmitowane są w paśmie „L-band” (~1,5 GHz).

Systemy te instalowane i wykorzystywane są w wielu obszarach działalności człowieka na morzu:

- wydobywanie kopalin z dna morskiego,
- instalacje farm wiatrowych na morzu,

- wykonywanie odwiertów,
- prace sondażowe i poszukiwawcze,
- prace badawcze,
- układanie kabli i rurociągów podwodnych,
- statki.

Jako systemy specjalizowane do ww. rozwiązań są w pełni skalowalne aby mogły spełniać stawiane im wymagania.

Wyróżniamy następujące ważniejsze systemy [2, 3] (tab. 1):

Starfix.G2 — flagowy system firmy Fugro bazujący na systemach GPS i GLONASS zapewniający dokładność 10 cm na obszarze całego świata.

Starfix.HP — system oparty o GPS wzbogacony o informacje ze stacji referencyjnych.

Starfix.XP — system oparty o stacje referencyjne NASA/JPL o dokładności 15 cm.

Starfix.L1 — zmodyfikowana różnicowa wersja systemów GPS/GLONASS działająca w oparciu o poprawki ze stacji referencyjnych.

TABELA 1

Zestawienie systemów pozycjonowania [5]

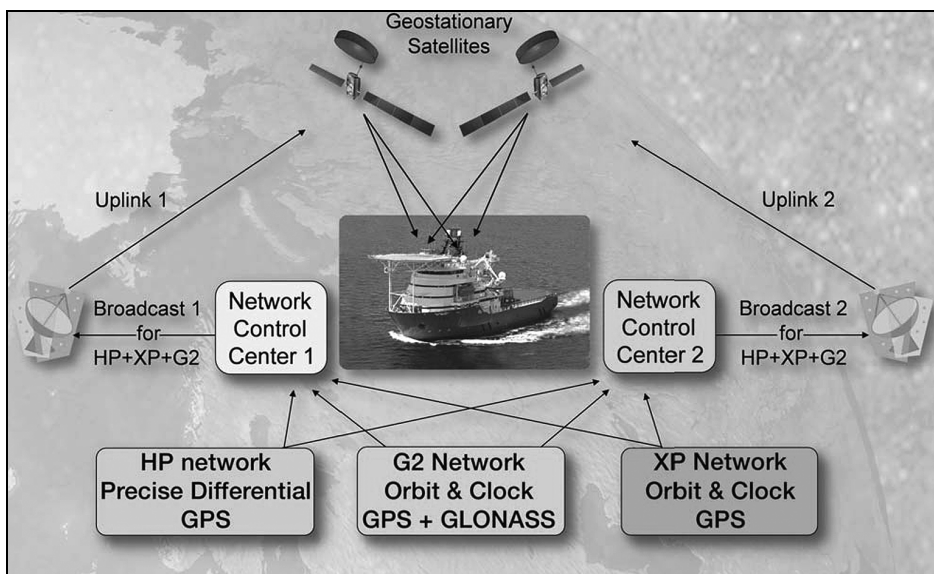
Service/solution	Accuracy (hor., 95%)	System	Correction data	Coverage
Starfix.L1, SkyFix.L1	1,5 m	GPS, GLONASS	L1 pseudorange corrections from multiple reference stations	regional < 500 km*
Starfix.Plus, Starfix.Premier	1,5 m	GPS	L1 pseudorange corrections, dual-frequency ionospheric corrections from multiple reference stations	regional < 1500 km*
Starfix.HP, Starfix.XHP	0,1 m	GPS	ionospheric-free carrier phase corrections from multiple reference stations	regional < 1000 km*
Starfix.XP, SkyFix.XP	0,1 m	GPS	orbit and clock corrections	global
Starfix.G2, SkyFix.G2	0,1 m	GPS, GLONASS	orbit and clock corrections	global

* Distance to reference station.

Wszystkie powyższe systemy oprócz L1, zaprojektowane zostały tak aby zmniejszyć lub nawet wyeliminować błędy wynikające z wpływu jonosfery na transmisję sygnału z satelitów, który to wpływ na kluczowe znacznie dla zwiększenia dokładności określania pozycji. Ponadto wykorzystywanie redundantnej informacji zwiększa niezawodność systemów.

Realizowane jest to poprzez (rys. 2):

- poprawki różnicowe wyliczane są minimum trzema niezależnymi algorytmami,
- dwie niezależne sieci centrów naziemnych,
- trzy niezależne grupy stacji referencyjnych,
- różne platformy sprzętowe,
- transmisja poprawek odbywa się za pomocą co najmniej dwóch satelitów komunikacyjnych.

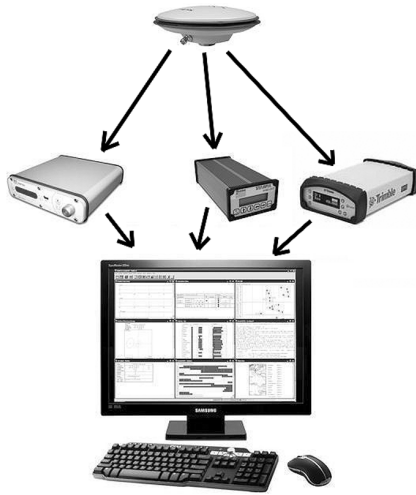


Rys. 2. Redundantna architektura systemów satelitarnych firmy Fugro [5]

3. Rozwiązania aplikacyjne systemów firmy Fugro

Opisane wyżej systemy precyzyjnego pozycjonowania współpracują ze specjalistycznym oprogramowaniem wykorzystywanym w operacjach „offshore”. Jednym z takich systemów jest MultiFix 6 (rys. 3).

Jest to już szósta generacja oprogramowania wzbogacona o możliwość odbioru i interpretacji sygnału z systemu GLONASS. Właściwości MultiFix’a znacznie przewyższają możliwości typowych programów wykorzystywanych w systemach map elektronicznych na zwykłych statkach handlowych. Systemy ECDIS (*Electronic Chart Display and Information System*) doskonale sprawdzają się na typowych statkach morskich, jednakże ich funkcjonalność staje się niewystarczająca jeśli chodzi o specjalistyczne oprogramowanie działające na jednostkach „offshore”.

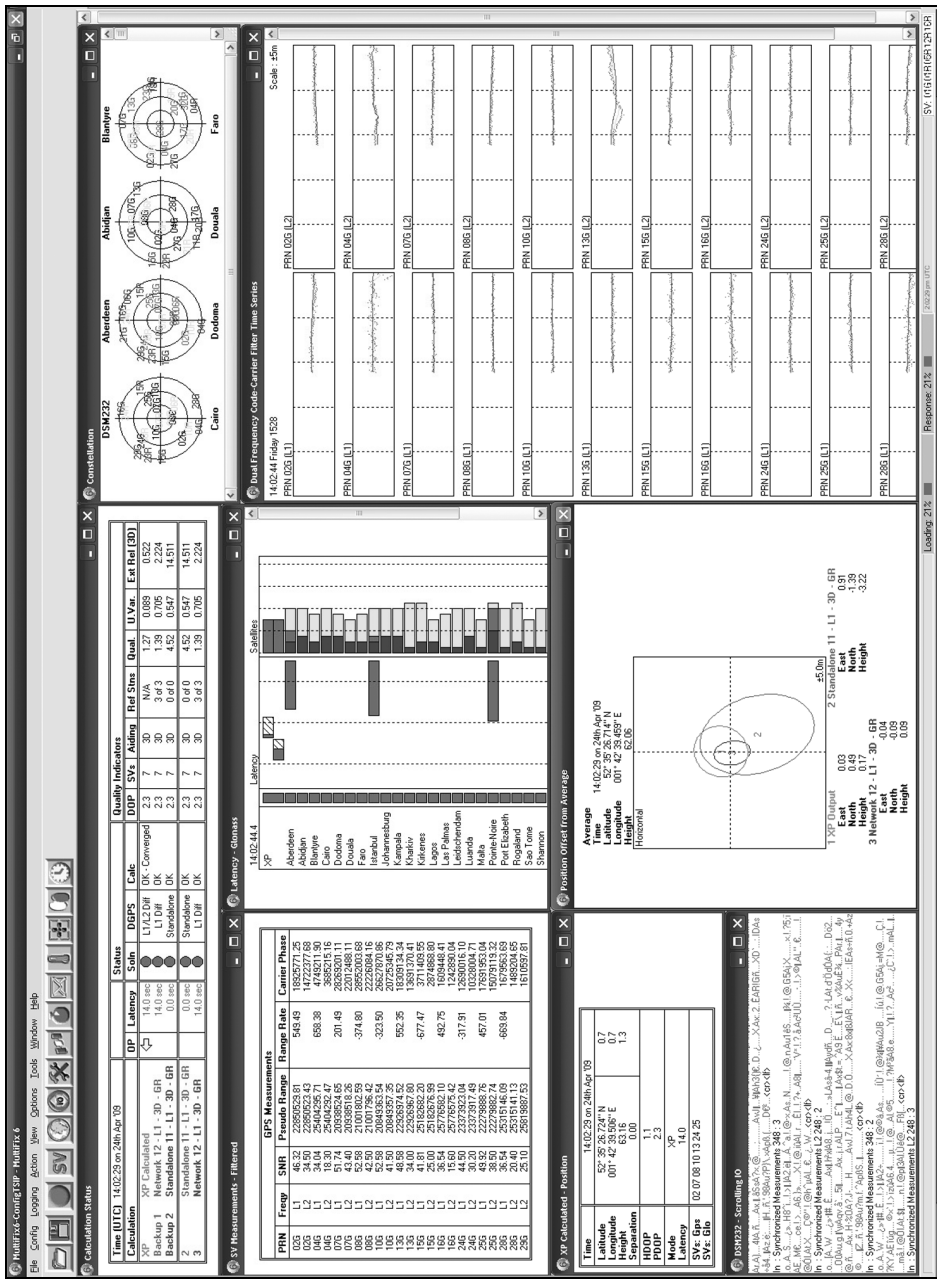


Rys. 3. Elementy systemu MultiFix 6 [5]

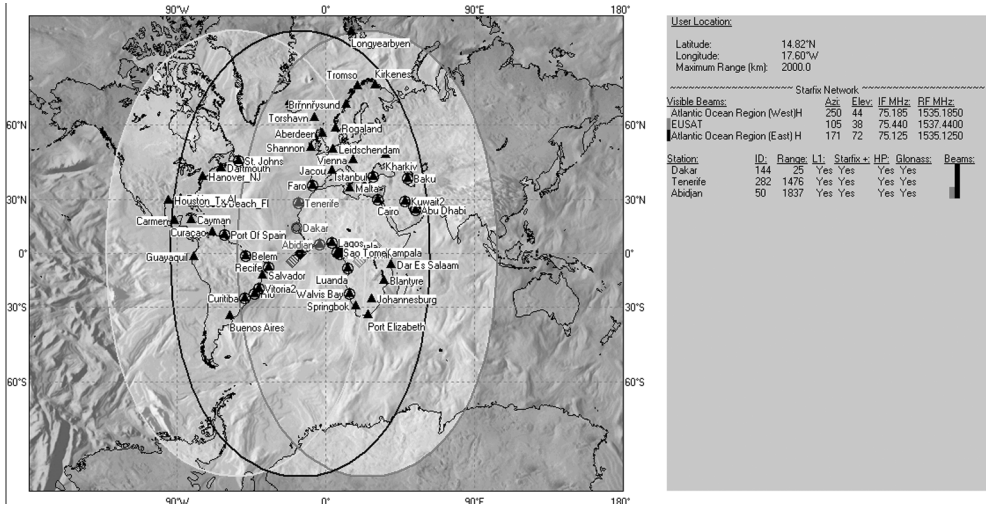
Oprogramowanie MultiFix 6 realizuje następujące funkcje, które z reguły nie są implementowane w systemach ECDIS [4]:

- brak limitu odbieranych poprawek różnicowych;
- brak limitu ilości wykorzystywanych stacji referencyjnych;
- brak limitu ilości obliczanych pozycji;
- pozycja może zostać wyliczona w oparciu o dowolną kombinację dostępnych stacji referencyjnych;
- dla każdej pozycji wyliczany jest błąd statystyczny jej określenia;
- brak limitu ilości urządzeń korzystających z wyestymowanej pozycji;
- dla każdej pozycji przeprowadzany jest test jakości;
- w pełni konfigurowalny interfejs użytkownika (rys. 4);
- dowolna konfiguracja wyjść NMEA;
- wymiana informacji pomiędzy komputerami za pomocą protokołu TCP/IP.

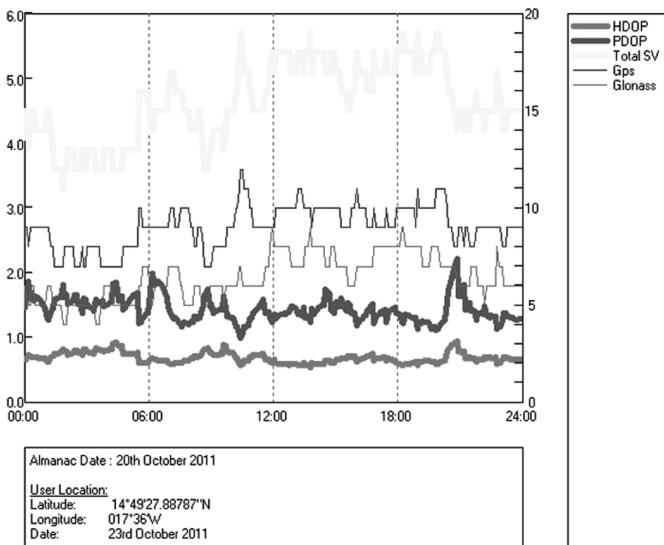
Inną, wartą zwrócenia uwagi, aplikacją jest oprogramowanie używane w początkowej fazie planowania operacji na morzu. Ze względu na wysokie koszty przeprowadzanych prac istotnym jest optymalne zaplanowanie poszczególnych jej etapów ze szczególnym zwróceniem uwagi na możliwości osiągnięcia wysokich dokładności pozycjonowania w najbardziej newralgicznych momentach. Aplikacją tą jest GeoSkyII (rys. 5). Pozwala ona na automatyczne tworzenie raportów o dostępności i jakości sygnału z satelitów GPS i GLONASS dla danego obszaru przeprowadzanych prac. Umożliwia ona również na dopasowanie najwyższej jakości pozycji do konkretnych działań na morzu poprzez wyznaczenie momentów wystąpienia błędów DOP o najmniejszej wartości (rys. 6) [1].



Rys. 4. Ekran programu MultiFix 6 [5]



Rys. 5. Program GeoSkyII z zaznaczonymi stacjami referencyjnymi [5]

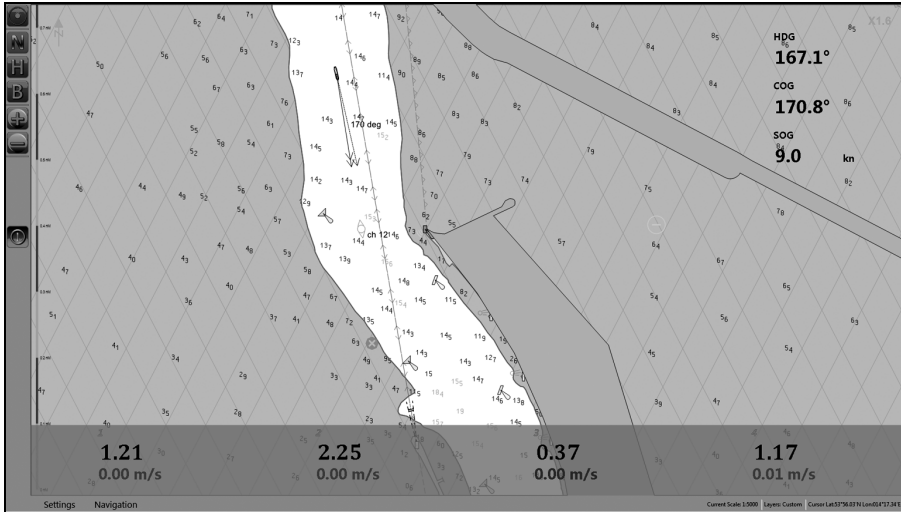


Rys. 6. Wykres błędów DOP w funkcji czasu dla wybranego obszaru badań [5]

4. Podkład kartograficzny

Wybrany reżim pracy systemów pozycyjnych jest podstawą do planowania wszelkich operacji związanych m.in. z wydobywaniem kopaliny z dna morskiego. Ze względu na spe-

cyfrikę działań inny jest również sposób wizualizacji oraz wykorzystywany podkład kartograficzny. Wspomniane wcześniej systemy ECDIS pracują na mapach ENC (S-57) (rys. 7), które są oficjalnym standardem map wykorzystywanych w nawigacji morskiej.



Rys. 7. System PNDS (*Pilot Navigation & Docking System*) pracujący z mapą ENC.
Źródło: Opracowanie własne

Charakteryzujący się one następującymi cechami:

- zawartość ENC bazuje na danych źródłowych lub oficjalnych mapach papierowych właściwego biura hydrograficznego;
- dane ENC są skompilowane i zakodowane zgodnie z odpowiednimi standardami międzynarodowymi S-57;
- dane ENC są powiązane z systemem współrzędnych WGS84;
- ENC jest wydawana przez właściwe biuro hydrograficzne, które bierze też odpowiedzialność za jej zawartość;
- mapa ENC jest systematycznie uaktualniana;
- oprócz danych kartograficznych prezentowane są informacje z innych źródeł, takich jak spisy świateł, loce, tablice pływów itp. Nie jest wówczas konieczne poszukiwanie tych danych w wydawnictwach papierowych;
- wektorowa struktura mapy pozwala w prosty sposób na zaimplementowanie mechanizmów kontroli i monitoringu realizowanej trasy, co ma bezpośredni wpływ na podniesienie poziomu bezpieczeństwa nawigacji;
- aktualizacja map elektronicznych jest szybka, prosta i może być wykonana nawet na pełnym morzu;

- we współpracy z innymi nowoczesnymi systemami nawigacyjnymi, mapy ENC pozwalają na wizualizowanie parametrów ruchu statku w czasie rzeczywistym. Ponadto prezentowany może być oraz radarowy jak nakładka na mapie oraz obiekty otrzymywane w systemu AIS (*Automatic Identification System*).

Mapy ENC są kodowane zgodnie ze standardem S-57. Jest to zestaw procedur, zasad i wymagań zatwierdzonych przez IMO (*International Maritime Organization*) oraz IHO (*International Hydrographic Organization*), których celem jest ustandaryzowanie wymiany danych kartograficznych pomiędzy biurami hydrograficznymi, regionalnymi centrami dystrybucji map elektronicznych oraz producentami systemów ECDIS. Mapa w standardzie S-57 składa się z dwóch typów danych — przestrzennych (opisujących położenie poszczególnych obiektów na mapie) oraz właściwości (opisujących cechy danych obiektów). Dane pogrupowane są w obiekty.

Jednakże mapy te nie przyjęły się do planowania i realizacji prac w przemyśle „offshore” ze względu na sposób ich produkcji, aktualizacji i zamkniętą architekturę. Do prac tych idealnym rozwiązaniem okazały się typowe formaty używane w aplikacjach CAD (Autodesk, MicroStation, SolidWorks, Design Express i in.).

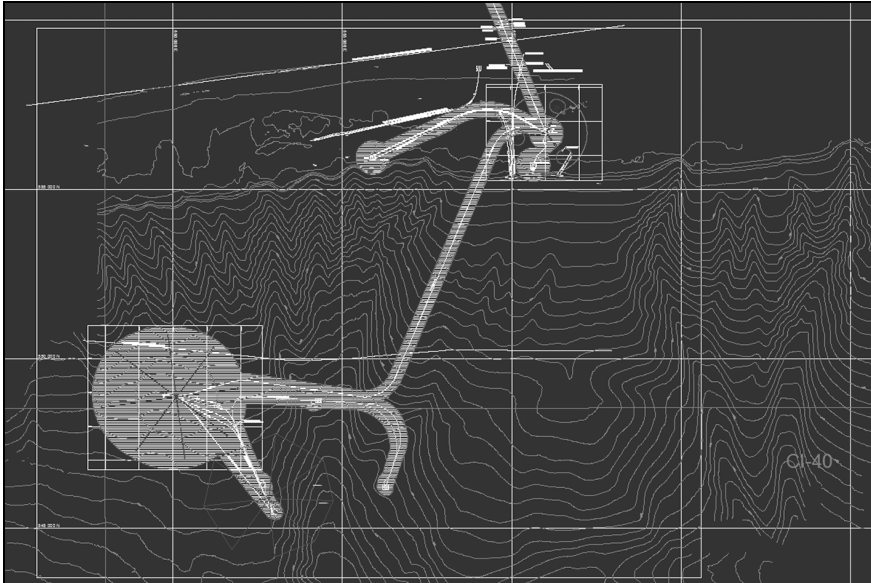
Do kluczowych zalet tego typu systemów należą:

- profesjonalne narzędzia do precyzyjnego nanoszenia nowych i modyfikacji istniejących obiektów,
- uniwersalny, otwarty format wymiany plików,
- możliwość dostosowania oprogramowania do specyficznych wymagań biznesowych,
- narzędzia do oszacowania kosztów planowanych przedsięwzięć,
- specjalistyczne narzędzia do planowania różnych magistral i instalacji,
- dowolny system współrzędnych,
- narzędzia do obliczania i analizowania wytrzymałości projektowanych elementów.

Aplikacje CAD pozwalają na planowanie operacji „a priori” i ich modyfikacje *in situ* w czasie rzeczywistym. Otwarta architektura tych systemów oraz plików wymiany są głównym czynnikiem przemawiającym za ich wyborem i zastosowaniem na statkach w operacjach „offshore”. Główny nacisk położony jest na precyzyjne odwzorowanie wszystkich elementów budowanej instalacji jak też wszystkich urządzeń biorących udział w jej konstrukcji (rys. 8).

Przykład wizualizacji przeprowadzanej operacji stawiania nowej platformy z rysunku 1 przedstawiony został na rysunku 9. Systemy te pracują w czasie rzeczywistym. Na ekranie przedstawiona jest zawsze aktualna sytuacja podczas każdego etapu prac zarówno nawodnych jak i podwodnych. Operacje tego typu polegają na odpowiednim oprzyrządowaniu elementów ruchomych, w tym przypadku części platformy wydobywczej, oraz takim ich skalibrowaniu, aby było możliwe śledzenie najmniejszych zmian położenia poprzez zdalne systemy monitoringu pozycji. W przedstawionym przykładzie, aby uzyskać dokładność pozwalającą na bezpieczne zamontowanie platformy koniecznym było zamontowanie min. dwóch odbiorników satelitarnych np. systemu Starfix.HP wraz z dedykowanymi radiomo-

demami do transmisji informacji nt. położenia do systemu statkowego. Zwiększenie liczby zastosowanych odbiorników skutkuje znacznym zwiększeniem dokładności pozycjonowania i większą precyzją wykonywanych operacji związanych z eksploracją zasobów z dna morskiego.



Rys. 8. Przykładowy schemat instalacji „offshore” [5]



Rys. 9. Wizualizacja operacji stawiania nowej platformy
(fot. Arkadiusz Tomczak)

5. Wnioski

Reasumując, specyfika prac w przemyśle „offshore” wymusza stosowanie innych rozwiązań systemów precyzyjnego pozycjonowania oraz specjalistycznych programów z grupy CAD. Opracowane i wykorzystywane przez firmę Fugro systemy są jednymi z najbardziej zaawansowanych na rynku. Systemy ECDIS stosowane coraz powszechniej na statkach handlowych nie znajdują zastosowania w pracach prowadzonych w sektorze „offshore”. Mogą być natomiast z powodzeniem stosowane do realizacji żeglugi do i z obszarów zajętych pracami podwodnymi.

LITERATURA

- [1] GeoSkyII Manual. Fugro Intersite Ltd., April 2009.
- [2] Starfix.HP Manual. Fugro Intersite Ltd., Version 01.10.2007.
- [3] Starfix.XP Manual, Fugro Intersite Ltd., Version 01.10.2007.
- [4] MultiFix Manual, Fugro Intersite Ltd., April 2009.
- [5] www.fugro.com