



„Elektroniczne mapy nawigacyjne w żegludze śródlądowej”

Andrzej Stateczny

Szczecin, 2010



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Andrzej Stateczny

Akademia Morska w Szczecinie
Katedra Geoinformatyki

Elektroniczne mapy nawigacyjne w żegludze śródlądowej

Wprowadzenie

W ostatnich latach obserwuje się burzliwy rozwój systemów geoinformatycznych. Systemy te wypierają dotychczas stosowane metody analogowe. Tendencje rozwojowe systemów geoinformatycznych zdecydowanie wskazują na przyszłość wizualizacji 3 i 4D, w tym trójwymiarowych fotorealistycznych elektronicznych map akwenu / obszaru lub map elektronicznych z fotorealistyczną opcją wizualizacji. W ramach projektu planuje się opracowanie metod przetwarzania hydrograficznych geodanych pomiarowych umożliwiających między innymi opanowanie technologii budowy wysokiej jakości map elektronicznych 4D z fotorealistyczną opcją wizualizacji. Jest to najbardziej zaawansowana na świecie technologia wizualizacji utożsamiania z mapami następnej generacji. Opracowane mapy umożliwią precyzyjną wizualizację informacji podwodnej. Dotyczy to w znacznym stopniu żeglugi śródlądowej, której zapowiada się ogromny renesans.

Tendencje przenoszenia ładunków z obciążonych dróg i autostrad na drogi i autostrady wodne są w Europie coraz silniejsze. Ogromny potencjał śródlądowych dróg wodnych ciągle jeszcze jest wykorzystywany w niewielkim zakresie. Jedną z podstawowych przeszkód jest brak autoryzowanych elektronicznych map nawigacyjnych, bez których nawigacja odbywa się jedynie w czasie dnia przy niskim poziomie bezpieczeństwa.

Zgodnie z dyrektywą Unii Europejskiej mapy numeryczne zgodne ze standardem Inland ECDIS powinny być opracowywane również na takie śródlądowe drogi wodne jak Odra. Szereg projektów finansowanych przez Komisję Europejską dotyczyło rzecznych systemów informacyjnych (RIS), w których podstawowym elementem są Inland ECDIS.

ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) jest nie tylko elektroniczną wizualizacją informacji kartograficznej ale jest kompleksowym systemem informacyjnym. Standard ECDIS został opublikowany w specjalnym wydawnictwie IHO Nr 57 (S-57) i Nr 52 (S-52) i dotyczy map elektronicznych dla akwenów brzegowych i morza pełnego. W ciągu ostatnich lat proces wdrażania elektronicznych map nawigacyjnych był kontynuowany i zaowocował wdrożeniem tych map na wielu jednostkach pływających. Sprzyja temu stabilna sytuacja prawna, względy praktyczne i

ekonomiczne oraz elektroniczny serwis dystrybucji poprawek i uaktualnień (Stateczny, 2004,2005,2006).

W 2001 roku, został przyjęty standard dla Inland ECDIS (Standard..., 2004). Jedną część tego standardu definiuje rozszerzenia standardu ECDIS dla wód morskich i przybrzeżnych, które uwzględniono w specjalnych wymaganiach dla map elektronicznych dla żeglugi śródlądowej. Jakkolwiek standard Inland ECDIS ustalony został całkiem niedawno wiele oficjalnych map jest już dostępnych. Komercyjne oficjalne mapy dostępne są między innymi na rzeki Ren i Dunaj. W Austrii mapy Inland ECDIS są dystrybuowane bezpłatnie, w Holandii dostawcą oficjalnych map jest firma prywatna.

System ECDIS przeznaczony dla żeglugi przybrzeżnej i pełnomorskiej może również być wykorzystywany w żegludze śródlądowej, ponieważ dane są opracowywane zgodnie ze standardami S-57 i S-52. Należy pamiętać o różnicach wymagań i zapewnić prawidłową prezentację obrazu radarowego i informacji o głębokości. Z drugiej strony system Inland ECDIS może być wykorzystywany w żegludze pełnomorskiej i prezentować mapy ECDIS bez jakichkolwiek niedostatków.

Jedną z głównych różnic pomiędzy standardem ECDIS i Inland ECDIS jest (Zimmerman R., Gern T., Gilles E.D., 1999) konieczność prezentowania obrazu radarowego i danych mapowych na wspólnym wskaźniku. Ponieważ ruch jednostek w żegludze śródlądowej jest zdecydowanie większy prowadzenie obserwacji radarowej jest sprawą priorytetową. W celu zapobieżenia konsekwencji ciągłego przenoszenia uwagi oficera wachtowego pomiędzy dwoma wskaźnikami wprowadzono konieczność nałożenia obrazu radarowego na mapę. System musi być zdolny do prezentacji obrazów w zobrazowaniu względnym i orientacji według kursu jednostki. Prezentowane obrazy (mapa i radar) muszą zawsze być zgodne co do zakresu, pozycji i orientacji. W celu podwyższenia niezawodności systemu standard rekomenduje wykorzystanie sensorów do prowadzenia nawigacji porównawczej (Stateczny, 2001) w oparciu o posiadane dane mapowe. Nakładanie obrazu radarowego wymagane jest w wariancie nawigacyjnym, dodatkowo standard definiuje informacyjny wariant pracy gdzie możliwe jest na przykład planowanie podróży. Inna różnica standardów dotyczy informacji o głębokości. W nawigacji na akwenach ograniczonych właściwa – informacja o głębokości ma bardzo silny wpływ na bezpieczeństwo żeglugi. Informacja ta powinna być dokładna i aktualna, jak również aktualny poziom wody powinien być brany pod uwagę w kalkulacji zapasu wody pod stępką. System ECDIS przeznaczony dla żeglugi przybrzeżnej i pełnomorskiej może również być wykorzystywany w żegludze śródlądowej, ponieważ dane są opracowywane zgodnie ze standardami S-57 i S-52. Jakkolwiek należy pamiętać o wspomnianych wcześniej różnicach i zapewnić prawidłową prezentację obrazu radarowego i informacji o głębokości. Z drugiej strony system Inland ECDIS może być

wykorzystywany w żegludze pełnomorskiej i prezentować komórki ECDIS bez jakichkolwiek niedostatków.

Teraźniejszy stan rozwoju map nawigacyjnych powiązany jest również z prowadzonymi pracami badawczymi w aspekcie zastosowań nowych form wizualizacji w nawigacji morskiej. Badania takie w wymierny sposób umożliwiają weryfikację nowych form wizualizacji danych nawigacyjnych oraz pomagają opracować nowe standardy. Wiodącym przykładem jest projekt „The Hampton Road” (Calder i inni, 2003), w którym będą rozpatrywane między innymi różne formy prezentowania informacji, a w tym animacje 3D i stereoskopowe. Prowadzone badania powinny pomóc docelowo w opracowaniu funkcji systemowych związanych z trójwymiarową wizualizacją oraz danych zmieniających się w czasie. W przypadku informacji batymetrycznej rozwijany jest projekt „powierzchni nawigacyjnej” (Smith i inni, 2003), która będąc analogiem DEM, umożliwi dalsze przetwarzanie danych pozyskanych z pomiarów wysokościowych i ich wizualizację w elektronicznej mapie nawigacyjnej. W początkowej fazie obejmie to mapy dwuwymiarowe (również z uwzględnieniem zmiennej czasowej), a docelowo również w formie trójwymiarowej w mapach określanych jako mapy następnej generacji.

Inne podejście prezentuje międzynarodowy projekt EPDIS (Wittkuhn i Froese, 2004), który skupia się bezpośrednio na prezentacji informacji w postaci trójwymiarowej. W projekcie założono, że nawigator będzie miał dostęp do informacji w postaci trójwymiarowej z uwzględnieniem czwartej zmiennej czasowej, oprócz standardowych informacji dostarczanych przez ECDIS. Przy czym informacja nawigacyjna dla zobrazowania dwu i trójwymiarowego obejmuje ten sam fragment mapy. Obraz 3D składa się z terenu i znajdujących się na nim obiektami. Powstaje on w następujących po sobie etapach: tworzenie modelu powierzchni (DTM), dodanie struktury powierzchni w celu odzwierciedlenia realizmu, dodaniu występujących obiektów, dodaniu źródła światła. Wymagania odnośnie prezentacji informacji nawigacyjnej w postaci 3D zostały określone na podstawie opinii ekspertów (EPDIS, 2002) oraz odpowiednich placówek szkolnych (akademie, szkoły morskie). Pozwoliło to na określenie wymagań użytkowników w aspekcie nowych funkcji w EPDIS. W przypadku informacji trójwymiarowej jej ważność określono jako „warto mieć, ale nie ma wpływu bezpośrednio na wykonywaną pracę”. Dotyczyło to funkcji widoku podwodnego, który mógłby mieć zastosowanie w przypadku zastosowań specjalnych, takich jak połów ryb, podczas manewrowania, operacji kotwiczenia statku, prac związanych z pogłębianiem torów wodnych, działań operacyjnych w procesie zabezpieczenia portów od strony morza. Podobnie sklasyfikowano połączenie informacji 2D i 3D. Ogólnie korzyści z zastosowania systemu EPDIS określono jako ważne, szczególnie dla osób prowadzących statek pierwszy raz na danym akwenie.

W rozwiązaniach niestandardizowanych systemów map elektronicznych prezentacja trójwymiarowa dotyczyła przede wszystkim rzeźby dna morskiego. Opcja taka jest dostępna w

pakietach dla statków handlowych oraz rybackich. W pierwszym rozwiązaniu stanowi ona raczej uzupełnienie tradycyjnej informacji batymetrycznej, natomiast w drugim jest wykorzystywana podczas połowu ryb do wizualizacji położenia trału oraz klasyfikacji dna morskiego.

W Akademii Morskiej w Szczecinie prace związane z budową elektronicznych map nawigacyjnych prowadzone są od wielu lat (Stateczny i Łubczonek, 2001; Łubczonek i Stateczny, 2002; Łubczonek, 2005; Stateczny, 2004a, b, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009). Wykonano szereg analiz i badań w zakresie budowy map trójwymiarowych i opracowania ergonomicznego interfejsu użytkownika.

Wymagania na mapy elektroniczne w obszarze działania RIS Dolnej Odry

Komórki map elektronicznych stanowią bazę danych wykorzystywaną w systemie Inland ECDIS. Zgodnie ze specyfikacją techniczną baza ta powinna zapewnić zgodność z systemem ECDIS dla żegludze morskiej. Kompatybilność elektronicznych map morskich i śródlądowych jest warunkiem koniecznym w celu zapewnienia interoperacyjności systemów nawigacyjnych statków morskich, morsko-rzecznych i rzecznych. W przypadku systemu RIS dolnej Odry aspekt stosowania jednolitych standardów zapisu danych i standardu wizualizacji jest szczególnie istotny ze względu na łączenie się w porcie Szczecin wód śródlądowych i morskich.

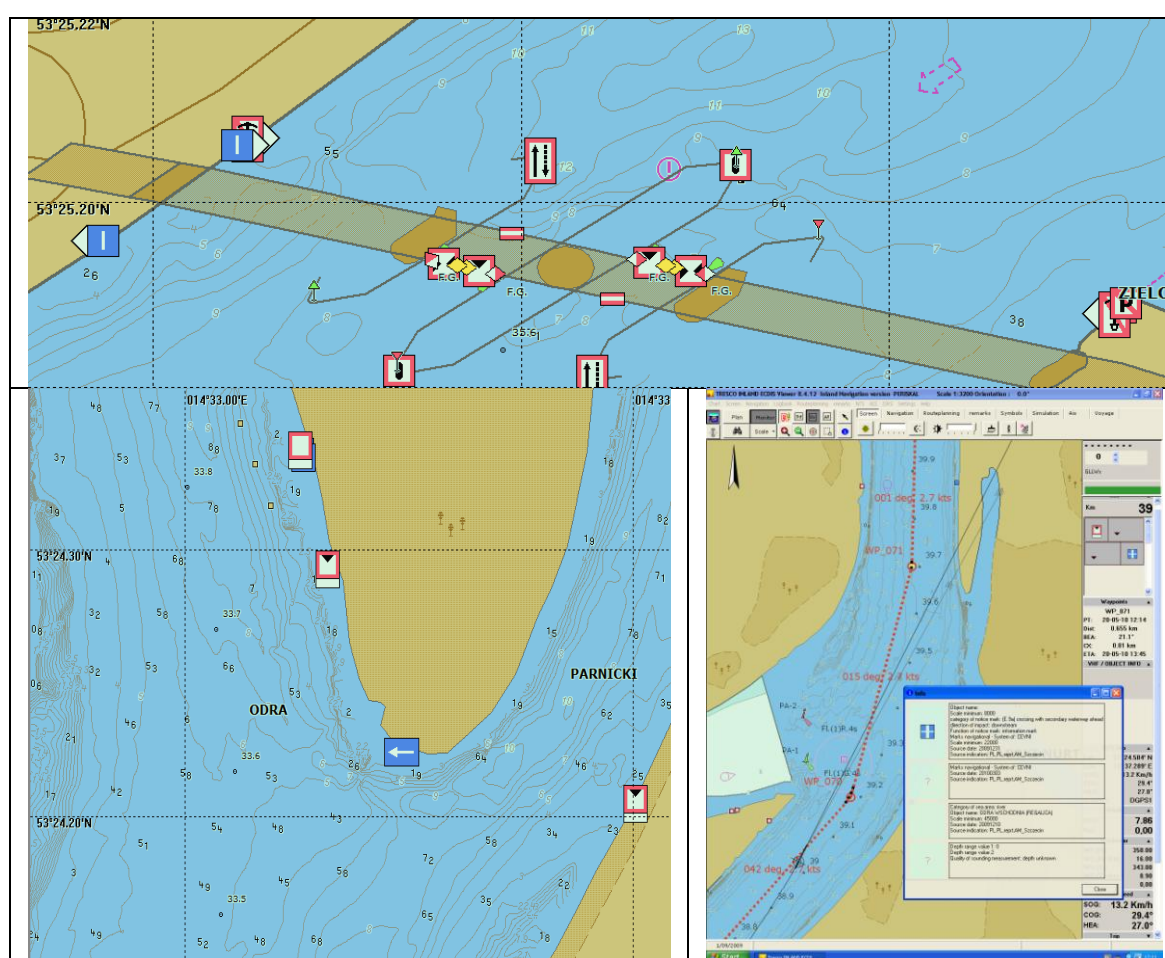
W Polsce, zgodnie z założeniami dyrektywy Unii Europejskiej (Dz. Urz. UE 2005) i ustawy dokonującej w zakresie swojej regulacji jej wdrożenie (Dz. U. 2008), mapy takie powinien udostępniać przyszły Rzeczny System Informacyjny. W Polsce komórki map elektronicznych dla potrzeb nawigacji morskiej produkuje Biuro Hydrograficzne Marynarki Wojennej (BHMW), które zapewniło pełne pokrycie polskich wód morskich mapami elektronicznymi w tym pokrycie toru wodnego Szczecin – Świnoujście. Komórkami łączącymi wody morskie i wody śródlądowe objęte obowiązkiem wdrożenia RIS są mapa drogowa o numerze 38 (PL4MAP38) oraz komórka portowa Szczecina (PL5SZCE) . Obszar przyszłego wdrożenia RIS nie jest objęty żadnymi autoryzowanymi mapami nawigacyjnymi spełniającymi standard Inland ECDIS. Prototypowe mapy wykonywane są w Akademii Morskiej w Szczecinie.

Zgodnie z ustawą „Ustawa o żegludze śródlądowej” – RIS obejmie łącznie 97,3 km dróg wodnych w Polsce:

1. Jezioro Dąbie do granicy z morskimi wodami wewnętrznymi - 9,5 km
2. Rzeka Odra od miejscowości Ognica do Przekopu Klucz-Ustowo i dalej jako rzeka Regalica do jeziora Dąbie – 44,6 km
3. Rzeka Odra Zachodnia:

- Od jazu w miejscowości Widuchowa (704,1 km Odry) do granicy z morskimi wodami wewnętrznymi wraz z bocznymi odgałęzieniami – 33,6 km
 - Przekop Klucz-Ustowo łączący rzekę Odrę Wschodnią z rzeką Odrą Zachodnią – 2,7 km.
4. Rzeka Parnica i Przekop Parnicki od rzeki Odry Zachodniej do granicy z morskimi wodami wewnętrznymi - 6,9 km.

Pracownicy AM w Szczecinie we współpracy z Biurem Hydrograficznym Marynarki Wojennej opracowali pierwsze w Polsce komórki elektronicznych map nawigacyjnych, zgodne ze standardem Inland ECDIS, spełniające najwyższe standardy dokładnościowe, zarówno w zakresie batymetrii jak również w zakresie topografii. Na rysunku 1 przedstawiono wybrane fragmenty opracowanych w AM komórek map elektronicznych na akwatorium przyszłego wdrożenia RIS dolnej Odry.



Rys.1. Przykład wizualizacji wykonanych w AM w Szczecinie komórek map elektronicznych.

Baza danych mapy elektronicznej powinna zawierać szereg obiektów niezbędnych do wykorzystania mapy w trybie nawigacyjnym i nie może przekraczać 5 Mb. Aby baza danych tworząca mapę elektroniczną spełniała formalne wymagania, musi być również na bieżąco aktualizowana.

Mapa elektroniczna dla żeglugi śródlądowej powinna obowiązkowo zawierać przynajmniej następujące elementy (Stateczny i Łubczonek, 2010):

- linię brzegową,
- konstrukcje brzegowe (np. falochrony, śluzy) – dotyczy każdej konstrukcji stanowiącej niebezpieczeństwo dla nawigacji
- kontury śluz i jazów
- granice torów wodnych, jeżeli są wyznaczone
- oficjalne pomoce nawigacyjne, np. stawy, pławy, światła, znaki żeglugowe
- oś toru wodnego z naniesionym kilometrażem lub hektometrażem bądź jednostkami określonymi w milach rzecznych
- odosobnione niebezpieczeństwa na torze wodnym powyżej i poniżej poziomu wody, takie jak przeszkody podwodne, mosty, przewody wysokiego napięcia

Dane wykorzystywane w produkcji elektronicznych map nawigacyjnych

Dane zawarte w mapach elektronicznych można je podzielić na cztery grupy: topograficzne, batymetryczne, nawigacyjne oraz znaki żeglugowe. Taki podział związany jest również z późniejszymi metodami ich pozyskiwania i opracowania. Etap przygotowania danych jest najbardziej czasochłonny, co jest związane z ich przetwarzaniem (głównie transformacje danych wektorowych i rastrowych związane z rejestracją danych w geograficznym układzie współrzędnych WGS 84), digitalizacją, aktualizacją, weryfikacją czy uzupełnianiem atrybutów. Przygotowane dane powinny charakteryzować się odpowiednią dokładnością sytuacyjno -wysokościową, co w wielu przypadkach pociąga za sobą wykonanie dodatkowych pomiarów polowych czy weryfikacji dokładności danych już posiadanych. (Stateczny i Łubczonek, 2010).

Mapy nawigacyjne, ze względu na swoje przeznaczenie, zawierają informacje topograficzne użyteczne z punktu widzenia nawigacji. Na podstawie kategoryzacji obiektów zawartych w publikacji (IEHG 2010b) obiekty topograficzne, które należy uwzględnić w mapie elektronicznej, ograniczono do naturalnych obiektów lądowych takich jak: obszar lądu, region lądu, naturalne wydmy i wały, ściany skalne oraz linię brzegową. W związku z tym, że w szerszym ujęciu zadaniem topografii jest przedstawienie na mapie oprócz rzeźby terenu również innych obiektów naturalnych bądź sztucznych znajdujących się na jej powierzchni, dodatkowo należy uwzględnić w tej grupie obiekty lądowe wyszczególnione w pozostałych kategoriach, takie jak lasy, drogi, obszary zurbanizowane, budynki i wiele innych (Stateczny i Łubczonek, 2010).

W przypadku danych topograficznych przepisy nie uwzględniają metod pozyskiwania danych, a tylko określają ich dokładność sytuacyjną. Informacje te znajdują się w publikacji (IHO 2008), gdzie dokładność sytuacyjna danych topograficznych jest uzależniona od jej znaczenia w nawigacji. W przypadku obiektów topograficznych mających znaczenia dla nawigacji, w obszarach specjalnym, 1a oraz 1b dokładność ta powinna wynosić 2 m, natomiast w obszarze 2 wartość ta wynosi 5 m. Wszystkie dokładności podano dla 95% poziomu ufności. W przypadku pozycjonowania linii

brzegowej i topografii mającej mniejsze znaczenia dla nawigacji, dokładność ta wynosi 10 m dla obszaru specjalnego oraz 20 m dla pozostałych (Stateczny i Łubczonek, 2010).

Na rysunku 2 przedstawiono jednostkę hydrograficzną HYDROGRAF XXI przeznaczoną do pozyskiwania danych w tym głównie danych batymetrycznych. HYDROGRAF XXI wyposażony jest między innymi w dwugłowicową sondę wielowiązkową dedykowaną pomiarom płytkowodnym, sonar skanujący wysokiej rozdzielczości oraz wszelkie niezbędne urządzenia niezbędne do prowadzenia wysokiej jakości pomiarów hydrograficznych zgodnie z najwyższymi standardami światowymi. HYDROGRAF XXI ze względu na niewielkie wymiary i małe zanurzenie jest doskonałym laboratorium do pozyskiwania hydrograficznych geodanych pomiarowych na akwenach morskich wód wewnętrznych i na śródlądowych drogach wodnych.



Rys.2. HYDROGRAF XXI – jednostka hydrograficzna Akademii Morskiej w Szczecinie wykorzystywana do pozyskiwania danych w procesie produkcji elektronicznych map nawigacyjnych.

Analizując aspekt wykonywania pomiarów batymetrycznych należy wziąć pod uwagę wymagania Międzynarodowej Organizacji Morskiej w stosunku do dokładności pozycji w nawigacji morskiej, w żegludze przybrzeżnej oraz na podejściach do portów i portowych wodach wewnętrznych. Wymagania w stosunku do dokładności pozycji jednostki hydrograficznej przedstawiono w tabeli 1. opracowanej na podstawie rezolucji IMO A.915(22) z 2001 roku.

Tabela 1. Wymagania radionawigacyjne w zależności od faz żeglugi (Stateczny, Trojanowski 2007).

Fazy nawigacji morskiej	Dokładność pozycji Błąd horyzontalny [m]	Dostępność w 30dni [%/]	Ciągłość w 3h [%/]	Zalecany system
Oceaniczna	10	99.8	99.97	GPS
Przybrzeżna	10	99.8	99.97	DGPS
Podejście do portu / Akweny ograniczone	10	99.8	99.97	DGPS/RTK
Port	1	99.8	99.97	RTK
Wody śródlądowe	10	99.8	99.97	DGPS/RTK

Analizując powyższe dane należy wskazać, że w celu zapewnienia odpowiedniej dokładności sytuacyjnej pomiarów batymetrycznych na całym obszarze RIS dolnej Odry zaleca się stosowanie DGPS/RTK lub RTK.

Standard IHO S-44 dotyczący pomiarów batymetrycznych definiuje pojęcie „akwen specjalny” dotyczący akwatoriów portowych, miejsc postojowych i krytycznych akwenów kanałów żeglownych. Należy przyjąć, że ze względu na ograniczenie głębokości na całym akwatorium wdrażanego systemu RIS pomiary hydrograficzne powinny być prowadzone zgodnie ze standardem IHO S-44 z kategorią akwen specjalny gdzie wymagana jest dokładność pozycjonowania 2m, pełne przeszukanie dna z detekcją obiektów o objętości większej niż 1 m³.

Wymagania powyższe wskazują na konieczność stosowania pozycjonowania GPS RTK oraz wykonania przeszukania sonarowego w celu uzyskania pełnego przeszukania dna.

Przetwarzanie danych batymetrycznych obejmuje ich automatyczną filtrację, odpowiednią redukcję dla potrzeb budowy planszetu sprawozdawczego oraz generalizację NMT dla potrzeb wizualizacji przestrzennej geodanych batymetrycznych. Wizualizacja danych batymetrycznych

realizowana jest poprzez prezentowanie izobat lub/i obszarów głębokości. Wszystkie izobaty muszą być predefiniowane na etapie opracowania danych batymetrycznych a następnie zapamiętane w bazie danych. Izobaty ze względu na ich ilość wydatnie zwiększają rozmiar komórki, stąd ich liczba musi być ograniczona do optymalnego poziomu bądź zakres komórki powinien być dostosowany do przewidywanej ilości danych batymetrycznych.

W akwatorium dolnej Odry występują głębokości tranzytowe od 2,5 m do 4 metrów (Stateczny, Trojanowski 2007):

1. Jezioro Dąbie (tor główny) - 2,5 m
2. Rzeka Odra od Ognicy do Przekopu Klucz-Ustowo i dalej rzeka Regalica do jeziora Dąbie – 3,5 – 4,0 m
3. Rzeka Odra Zachodnia:
 - Od jazu w Widuchowej do granicy z morskimi wodami wewnętrznymi – 3,8 – 4,0 m
 - Przekop Klucz - Ustowo – 2,5 m
4. Rzeka Parnica i Przekop Parnicki od rzeki Odry Zachodniej do granicy z morskimi wodami wewnętrznymi - 4 m.

Ze względu na znaczenie nawigacyjne głębokości w zakresie 1 – 2,5 m zespół wykonawców komórek map elektronicznych dla żeglugi śródlądowej sugeruje w tym zakresie generowanie izobat z interwałem 0,1 m, pierwszą izobata byłaby izobata 1m zaś powyżej 2,5 m sugeruje się generowanie izobat co 0,5m.

Odrębnym problemem jest poziom odniesienia głębokości czyli problem ustalenia zera mapy. W mapach dla potrzeb nawigacji morskiej używa się jako zera mapy średniego poziomu morza. W przypadku nawigacji śródlądowej, w tym szczególnie, na wodach o bezpośredniej styczności z wodami morskimi a tak zwykle będzie w rejonach objętych RIS wydaje się celowe stosowanie analogicznego jak w mapach morskich układu odniesienia głębokości, czyli średniego poziomu morza. Takie rozwiązanie pozwoli uniknąć problemu „skoków głębokości” na styku komórek i jest zgodne z przyzwyczajeniami nawigatorów. Oczywiście informacja o bieżącym stanie wody i prognozach jego zmian powinna być dostępna w centrum RIS i przekazywana użytkownikom. Stany wody transmitowane przez automatyczne wodowskazy rozmieszczone w newralgicznych śródlądowej drogi wodnej do centrum RIS i następnie przekazywane użytkownikom systemu zapewnią bezpieczne prowadzenie nawigacji w strefie działania systemu (Stateczny, 2008).

Na śródlądowych drogach wodnych występuje problem częstej zmienności kształtu dna spowodowane na przykład przemieszczaniem się rumowiska w efekcie działania nurtu rzeki, wezbrań powodziowych czy wlewk morskich. Spotyka się opinie, że pomiary batymetryczne na niektórych akwenach będą nieaktualne już w dzień ich wykonania. Problemem, przed jakim staje producent map

elektronicznych jest ustalenie częstotliwości aktualizacji map. Pomiary bezpośrednie są kosztowne i ich wykonywanie musi być optymalizowane do potrzeb i możliwości finansowych. Koniecznym wydaje się zidentyfikowanie akwenów o niewielkiej zmienności batymetrii i tych gdzie pomiary będą musiały być wykonywane regularnie (Stateczny, 2008).

Podsumowanie

Niekwestionowanym jest fakt, że naturalnym sposobem percepcji informacji obrazowej przez człowieka jest postrzeganie przestrzenne. W tradycyjnych mapach elektronicznych czy w ECDIS informacja przestrzenna jest wprawdzie włączona w postaci izobat czy głębokości, ale jej interpretacja jest utrudniona ze względu na 2D wizualizację. Postęp naukowy umożliwił zastąpienie wizualizacji 2D prezentacją przestrzenną. Prowadzone są prace w zakresie budowy 4D ECDIS, gdzie wizualizacja przestrzenna połączona będzie z elementem czasu. Budowa ECDIS 4D wydaje się oczywistą perspektywą i naturalną kolejną rozwoju.

Komórki S-57 pokrywają już cały obszar polskich wód terytorialnych, w części polskich wód śródlądowych kolekcje komórek opracowano w Akademii Morskiej w Szczecinie.

Bibliografia

1. Brennan R., Ware C., Alexander L., Armstrong A., Mayer L., Huff L., Calder B., Smith S., Plumlee M., Arsenault R., and Glang G., Electronic Chart of the Future: The Hampton Roads Demonstration Project Center for Coastal and Ocean Mapping/Joint Hydrographic Center, University of New Hampshire, Durham, New Hampshire, Proceedings of U.S. Hydro 2003 Conference, USA.
2. Dyrektywa 2005/44/EC Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 7 września 2005 r. w sprawie zharmonizowanych usług informacji rzecznej (RIS) na śródlądowych drogach wodnych we Wspólnocie, Dz. Urz. UE L 255 2005
3. Engineering and Design Hydrographic Surveying, US Army Corps of Engineers, Washington, 2004.
4. Hecht H., The Future of ECDIS. Hydro International, July/August 2004
5. James D. Bennell. Marine monitoring handbook. "Procedural Guideline No. 1–5: Mosaicing of sidescan sonar images to map seabed features". School of Ocean Sciences, University of Wales, Bangor 2005
6. Kreft A., Kolanda Ł., Iwicki S., Jędrzychowski H., 2009, Informator Nawigacyjny śródlądowych dróg wodnych granicznego i dolnego odcinka rzeki Odry, Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej oraz Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Szczecinie, Szczecin.
7. Specification for Chart Content and Display Aspects of ECDIS Ed.5.0. Special Publication No. 52 IHO, 1996

8. Standards for Hydrographic Surveys, 5th Edition, February 2008. Special Publication NO 44 IHO, 2008.
9. Stateczny A., Development Research Project Technology of Building a River Information System against the Background of European Research Projects. Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 16, No. 6B, 2007.
10. Stateczny A., Dylematy produkcji elektronicznych map nawigacyjnych dla żeglugi śródlądowej. Annals of Geomatics 2008, zeszyt 5, tom VI.
11. Stateczny A., Electronic Navigational Charts for River Information System of the Lower Odra. EGU, Wiedeń. 2009.
12. Stateczny A., Electronic Navigational Charts for River Information System of the Lower Odra. EGU, Wiedeń. 2009.
13. Stateczny A., Elektroniczne mapy nawigacyjne w rzecznych systemach informacyjnych. Annals of Geomatics 2006, zeszyt 1, tom III
14. Stateczny A., Elektroniczne mapy nawigacyjne w żegludze śródlądowej. Zeszyty Naukowe AM 2005 Nr 7(79).
15. Stateczny A., Integration of RADAR, EGNOS/GALILEO, AIS and 3D ECDIS. International Radar Symposium, Warszawa, 2004
16. Stateczny A., Interoperativeness of the River Information System of the Lower Odra in the Aspect of Electronic Navigational Charts. Polish Journal of Environmental Studies, Vol.17 , No. 3C , 2008
17. Stateczny A., Łubczonek J., Sobczak M., Cell Production of Electronic Charts of the Lower Odra. Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 18, No. 5A, 2009.
18. Stateczny A., Łubczonek J., Spatial Sea Chart – New Possibilities of Presenting Navigational Information, IST International Congress of Seas and Oceans, volume 1, Międzyzdroje, 2001.
19. Stateczny A., Łubczonek J., Tworzenie elektronicznych map nawigacyjnych dla żeglugi śródlądowej w Polsce. Roczniki Geomatyki, t. VII, Zeszyt 6(42), Warszawa 2010.
20. Stateczny A., Metody nawigacji porównawczej, Gdańskie Towarzystwo Naukowe, Gdańsk 2004.
21. Stateczny A., Miciuła I, Dynamic 3D Domain in Navigational Safety Estimation. Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 18, No. 5A, 2009.
22. Stateczny A., Nawigacja porównawcza, Gdańskie Towarzystwo Naukowe, Gdańsk 2001.
23. Stateczny A., Nowoczesne metody nawigacji w żegludze śródlądowej z wykorzystaniem Inland ECDIS. Roczniki Geomatyki t.2/2004.
24. Stateczny A., Pozyskiwanie geodanych metodami hydroakustycznymi. V Sympozjum Geoinformacyjne, Kraków 2009.
25. Stateczny A., Rieczny system informacyjny dla dolnej Odry. Annals of Geomatics 2007, zeszyt 4, tom V.

26. Stateczny A., Trojanowski J., Aspects of Cells Production of Standard Electronic Charts for RIS Dolna Odra Aquatories. Polish Journal of Environmental Studies, Vol.16, No.6B, 2007.
27. Stateczny A., Wykorzystanie sonaru skanującego wysokiej częstotliwości w pozyskiwaniu danych obrazowych. IV KNT Wykorzystanie współczesnych zobrazowań satelitarnych, lotniczych i naziemnych dla potrzeb obronności kraju i gospodarki narodowej. Wdzydze 2009.
28. Stepnowski A., Systemy akustycznego monitoringu środowiska morskiego, Gdańskie Towarzystwo Naukowe, Gdańsk 2001.
29. Transfer Standard for Digital Hydrographic Data, Ed.3.1. Special Publication No. 57 IHO, 2000
30. Ustawa z dnia 4 września 2008 r. o zmianie ustawy o żegludze śródlądowej Dz. U., 2008. Nr 171. Poz. 1057,.
31. Wittkuhn D., Froese J., EPDIS: Electronic Pilot Display and Information System, TUHH-ISSUS, Hamburg, International Symposium Information on Ship, Hamburg, 2004.
32. Zarządzenie Dyrektora Urzędu Żeglugi Śródlądowej w Szczecinie z dnia 7 czerwca 2004 r. w sprawie prawa miejscowego na śródlądowych drogach wodnych Dz. Urz. Województwa Zachodniopomorskiego Nr 41, poz.785.