

Bernard Wiśniewski  
Instytut Nawigacji Morskiej, Wyższa Szkoła Morska w Szczecinie

## OMIJANIE CYKLONÓW TROPIKALNYCH PRZEZ STATKI W ŻEGLUDZE OCEANICZNEJ

**Streszczenie:** Zaprezentowano metodykę konstruowania nakresu antykolizyjnego dla statku celem omijania cyklonu tropikalnego. Przedstawiono algorytm obliczeniowy opracowanego programu komputerowego oraz wyniki jego testowania. Wykorzystano informacje z podróży statku „Diana” i informacje z komunikatów o rzeczywistym cyklonie tropikalnym Bill przemierzającym się w sierpniu 2009 r. przez Północny Atlantyk

**Słowa kluczowe:** nawigacja pogodowa, omijanie cyklonów, program obliczeniowy

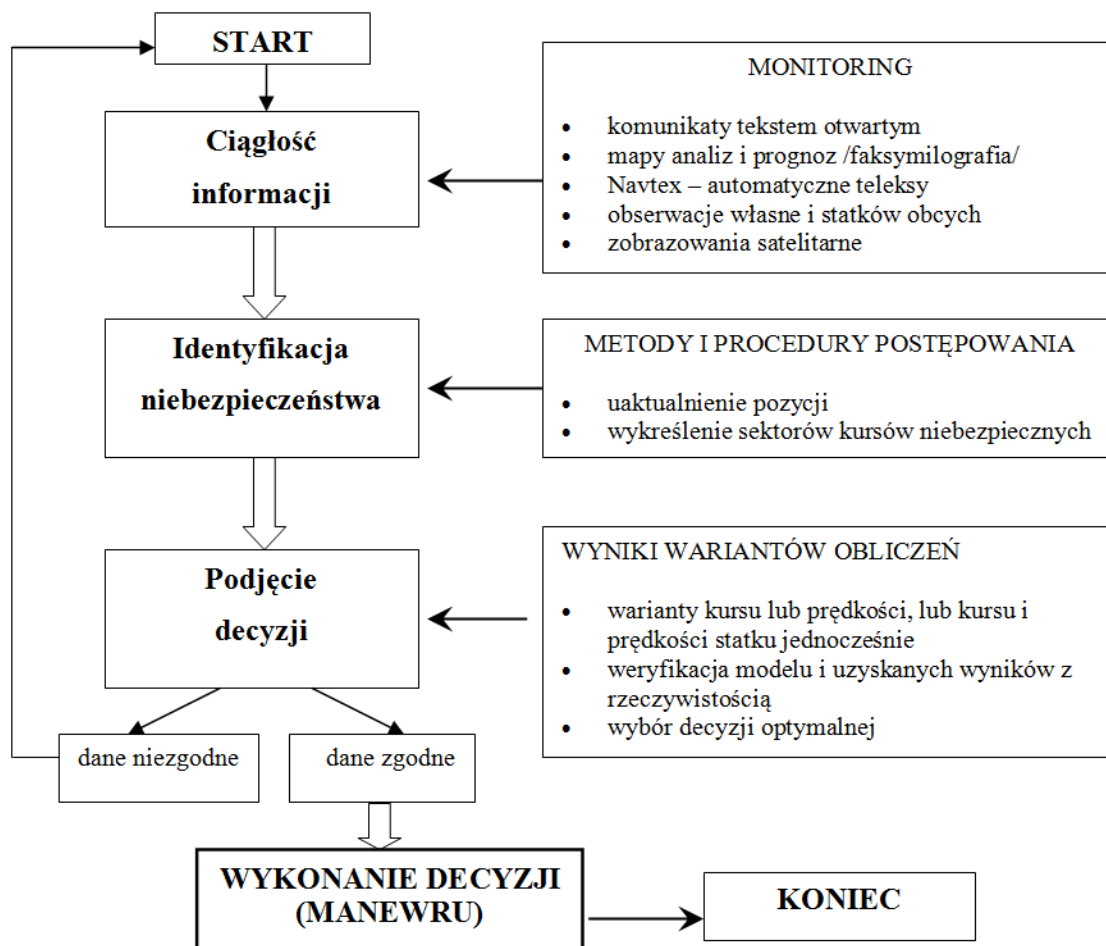
### 1. WPROWADZENIE

Na obszarach objętych działalnością cyklonów tropikalnych musimy zachować procedurę pozyskiwania informacji, identyfikacji niebezpieczeństwa, poprawności w wykonaniu obliczeń bezpiecznych kursów i prędkości statku a w podejmowaniu decyzji unikać obszaru zagrożenia cyklonem (rys.1.).

W Zakładzie Nawigacji Morskiej Wyższej Szkoły Morskiej w Szczecinie rozwiązywano problem omijania cyklonów tropikalnych od 1980r [2, 5]. Praktyczną implementacją badań nad tym zagadnieniem było stworzenie komputerowego programu „Cyklon” służącego do wyznaczenia sektora kursów niebezpiecznych lub stwierdzenia jego braku występowania przy założonym kursie i prędkości statku oraz znajomości podstawowych parametrów cyklonu z komunikatu. Nowo zbudowany program rozszerzono o możliwości kompleksowego uwzględniania programowanych pozycji cyklonu i statku z wyprzedzeniem do 72 godzin co zdecydowanie ułatwia podejmowanie decyzji o zmianie kursu statku, prędkości statku lub jednoczesnym wykorzystaniu tych manewrów w sytuacji zagrożenia cyklonu. Zachowano podstawowe autorskie algorytmy charakteryzujące następującą procedurę i wykonanie obliczeń:

- naniesienie aktualnej pozycji statku na mapie;
- obliczenie promienia niepewności położenia oka cyklonu od danych z komunikatu do momentu wykonania manewru;
- przyjęcie strefy sztormowej  $\Delta$  z komunikatu;

- wyznaczenie sektora lub sektorów niebezpiecznych uwzględniając wektory prędkości statku ( $V_s$ ) i cyklonu ( $V_c$ ).



Rys.1. Schemat postępowania na akwenach objętych możliwością występowania cyklonów tropikalnych

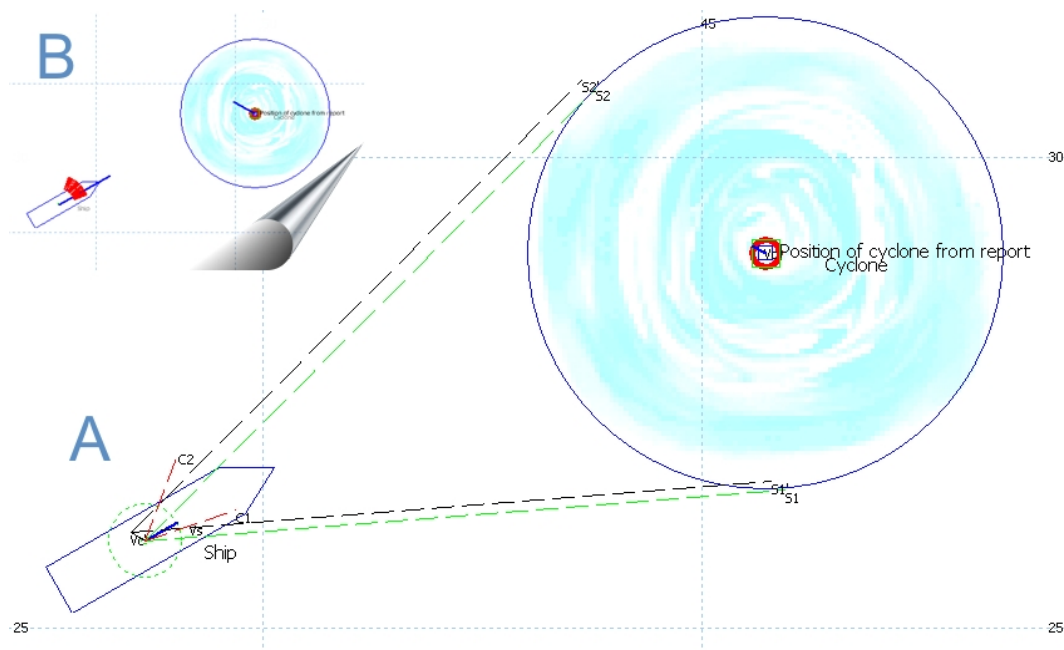
W powyższej sytuacji prezentowanej na rysunku 2 mamy do czynienia z występowaniem jednego sektora kursów niebezpiecznych. Statek porusza się kursem niebezpiecznym (sektor NB od  $19^\circ$  do  $71^\circ$ ) i żegluguje na przecięcie się z torem cyklonu tropikalnego. W powyższym przykładzie kurs statku znajduje się w sektorze kursów niebezpiecznych (sektor zakreskowany). Daje nam to informacje o konieczności zmiany kursu lub prędkości, bądź jednoczesnej zmiany kursu i prędkości statku [3, 4].

Jednym z wniosków jest fakt, iż komunikaty i ostrzeżenia o cyklonach, które wydawane są 3 godziny po głównych terminach obserwacyjnych zawierają ekstrapolowaną pozycję cyklonu na godzinę wydania komunikatu. W dokładności pozycji cyklonu uwzględniona jest więc zmiana po upływie czasu, który upłynął od głównego terminu obserwacji zwykle 3 godziny.

Nowa wersja programu Cyklon zawiera całą procedurę na moment uzyskania komunikatu i dla rzeczywistej pozycji statku oraz została rozbudowana o procedurę

programowania trasy na dalsze godziny i dni przy wykorzystaniu informacji o prognozach położenia cyklonu z komunikatów oraz prognoz przewidywanych pozycji statku.

Opis programu zawarto we wcześniejszych publikacjach [1, 6].



Rys.2. Przykład konstruowania nakresu antykolizyjnego (A) oraz jego syntetyczny graficzny obraz prezentowany na mapach (B)

## 2. PROCEDURY I METODYKA TESTOWAŃ

Procedury i metodyka testowań jest oparta na uwzględnieniu rzeczywistych komunikatów o cyklonach tropikalnych nadawanych przez centra lądowe. Przykład wydruku komunikatu pokazano w tabeli nr 1.

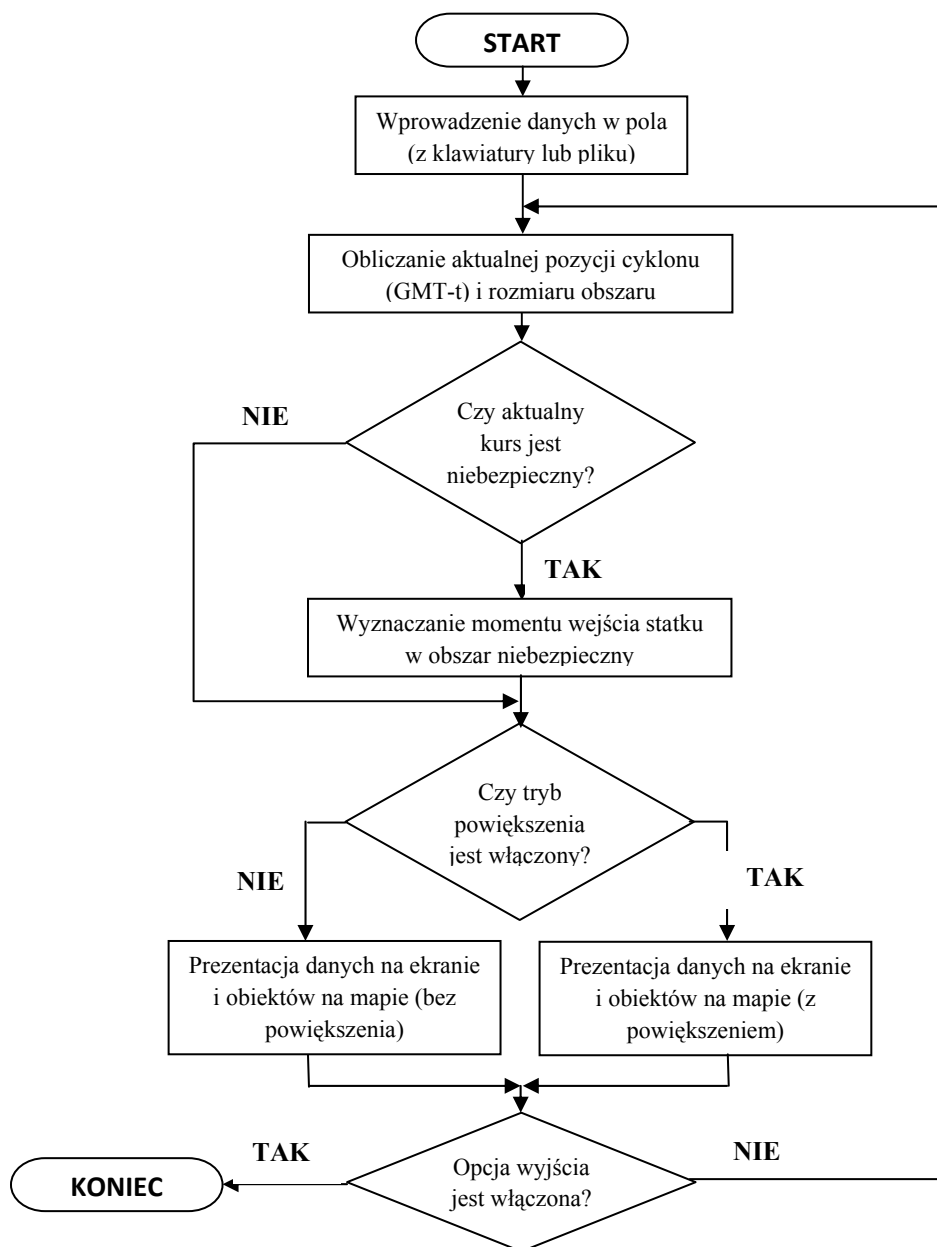
Testowania zaprezentowano na przykładzie żeglugi statku Diana w podróży z Lizbony do Nowego Yorku. W dniu 20 sierpnia 2009 roku statek znalazł się na pozycji  $\varphi=40^{\circ}\text{N}$ ,  $\lambda=040^{\circ}\text{W}$  i o godzinie 15 otrzymał komunikat o cyklonie tropikalnym Bill. Pozycja cyklonu z analiz na godz. 12 UTC jest deklarowana na pozycji  $22,1^{\circ}\text{N}$  i  $061,0^{\circ}\text{W}$  który przemieszcza się kursem  $\text{KDC}=305^{\circ}$  z prędkością  $16\text{W}$ . Niepewność położenia oka cyklonu określono na  $10\text{Mm}$ . Na godzinę 15 UTC wyznaczono prawdopodobne położenie cyklonu na  $22,6^{\circ}\text{N}$ ,  $61,7^{\circ}\text{W}$  oraz promień wiatrów silnych powyżej  $34\text{W}$  od  $100$  do  $225\text{Mm}$  w sektorze NE.

Pierwsze testowanie winno być wykonane bezpośrednio po uzyskaniu komunikatu o cyklonie dla aktualnej rzeczywistej pozycji statku. Statek w ten sposób sprawdza czy istnieje sektor kursów niebezpiecznych a jeżeli istnieje – w jakim jest przedziale stopniowym.

Następnie kapitan statku wprowadza najistotniejsze dane z prognoz komunikatu wywołując dodatkowy panel z prognozowanymi pozycjami cyklonu (PPC). W programie obliczeniowym znajdują się:

- przewidywane pozycje cyklonu kolejno od 12 do 72 godzin,
- przewidywane strefy zagrożenia wiatrami silnymi  $\geq 34W$  (lub strefę znacznego falowania, np. powyżej 4 metrów) dla kolejno przewidywanych pozycji cyklonu.

Program obliczy dodatkowo przewidywane kursy i prędkości przemieszczania się cyklonu oraz kolejne prognozowane pozycje statku znając jego prędkość i kurs (rys.3.).



Rys.3. Algorytm obliczeń

**Wydruk z komunikatu o cyklonie Bill z dnia 20.08.2009 r.**

```

ZCZC MIATCMAT3 ALL
TTAA00 KNHC DDHMM CCA
HURRICANE BILL FORECAST/ADVISORY NUMBER 21...CORRECTED
NWS TPC/NATIONAL HURRICANE CENTER MIAMI FL AL032009
1500 UTC THU AUG 20 2009

CORRECTED FOR 12 FOOT SEAS

AT 11 AM AST...1500 UTC...THE BERMUDA WEATHER SERVICE HAS ISSUED A
HURRICANE WATCH FOR BERMUDA. A HURRICANE WATCH MEANS THAT
HURRICANE CONDITIONS ARE POSSIBLE WITHIN THE WATCH AREA...GENERALLY
WITHIN 36 HOURS.

HURRICANE CENTER LOCATED NEAR 22.6N 61.7W AT 20/1500Z
POSITION ACCURATE WITHIN 10 NM

PRESENT MOVEMENT TOWARD THE NORTHWEST OR 305 DEGREES AT 16 KT

ESTIMATED MINIMUM CENTRAL PRESSURE 951 MB
EYE DIAMETER 20 NM
MAX SUSTAINED WINDS 105 KT WITH GUSTS TO 130 KT.
64 KT..... 90NE 45SE 30SW 75NW.
50 KT.....120NE 90SE 60SW 100NW.
34 KT.....225NE 200SE 100SW 200NW.
12 FT SEAS..440NE 320SE 350SW 375NW.
WINDS AND SEAS VARY GREATLY IN EACH QUADRANT. RADII IN NAUTICAL
MILES ARE THE LARGEST RADII EXPECTED ANYWHERE IN THAT QUADRANT.

REPEAT...CENTER LOCATED NEAR 22.6N 61.7W AT 20/1500Z
AT 20/1200Z CENTER WAS LOCATED NEAR 22.1N 61.0W

FORECAST VALID 21/0000Z 24.2N 63.8W
MAX WIND 110 KT...GUSTS 135 KT.
64 KT... 90NE 45SE 30SW 75NW.
50 KT...120NE 90SE 60SW 100NW.
34 KT...225NE 200SE 100SW 200NW.

FORECAST VALID 21/1200Z 26.6N 66.0W
MAX WIND 115 KT...GUSTS 140 KT.
64 KT... 75NE 45SE 30SW 45NW.
50 KT...120NE 100SE 70SW 100NW.
34 KT...225NE 200SE 120SW 180NW.

FORECAST VALID 22/0000Z 29.5N 67.5W
MAX WIND 115 KT...GUSTS 140 KT.
64 KT... 75NE 45SE 30SW 45NW.
50 KT...120NE 100SE 70SW 100NW.
34 KT...225NE 200SE 120SW 180NW.

FORECAST VALID 22/1200Z 32.5N 69.0W
MAX WIND 110 KT...GUSTS 135 KT.
50 KT...120NE 100SE 70SW 100NW.
34 KT...225NE 200SE 120SW 180NW.

FORECAST VALID 23/1200Z 40.5N 66.5W
MAX WIND 100 KT...GUSTS 120 KT.
50 KT...120NE 120SE 70SW 100NW.
34 KT...225NE 225SE 120SW 180NW.

```

**3. WYNIKI TESTOWAŃ I ICH INTERPRETACJA**

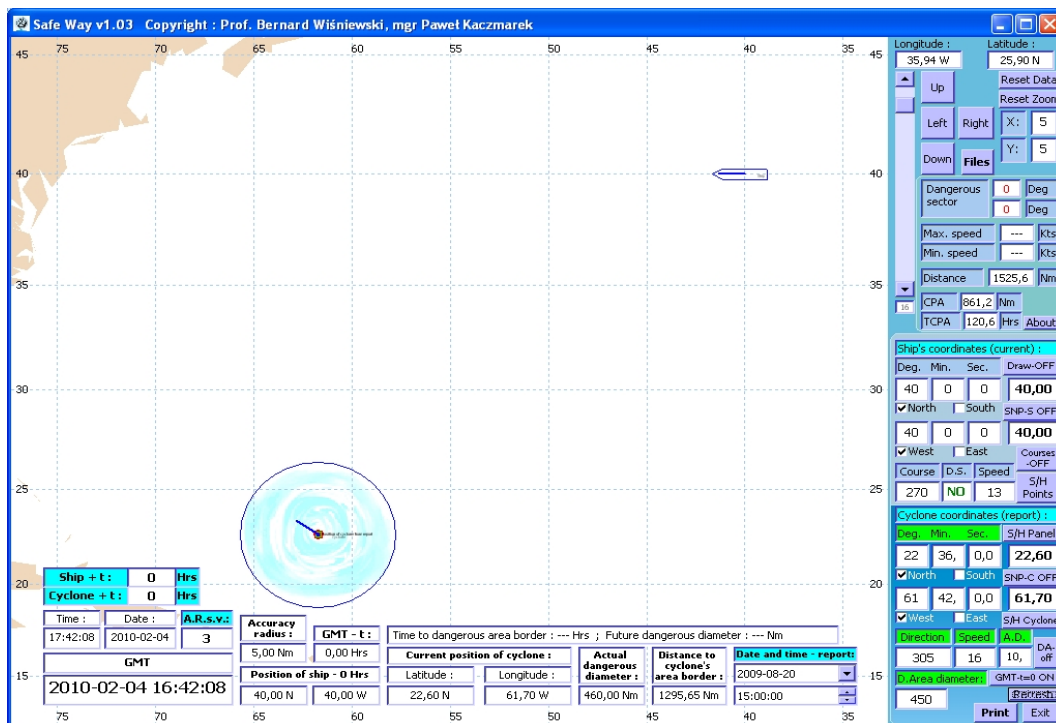
Dnia 20 sierpnia 2009 r. o godz. 15:00 UTC statek znalazł się na pozycji  $\varphi=40^{\circ}\text{N}$ ,  $\lambda=040^{\circ}\text{W}$ , żeglując kursem  $\text{KdD}=270^{\circ}$  z prędkością 13W w rzeczywistych warunkach pogodowych ( $V_0$  – prędkość eksploatacyjna na spokojnej wodzie = 13,6W).

Na rysunku 4 przedstawiono graficzny wynik obliczeń, który stwierdza że statek żegluje bezpiecznym kursem (brak sektora niebezpiecznego) i jest w odległości od oka cyklonu 1525 Nm a od strefy wiatrów silnych 1296 Nm. Ewentualny dystans najbliższej odległości przy zachowaniu charakterystyk cyklonu i statku (CPA) wyniesie 861 Nm po czasie 120 godzin (TCPA). Statek nie zmienia kursu i prędkości. Kolejno kapitan wprowadza dane z komunikatu o położeniu cyklonu z godziny 12:00 UTC oraz z prognoz od 12 do 72 godzin dotyczących cyklonu.

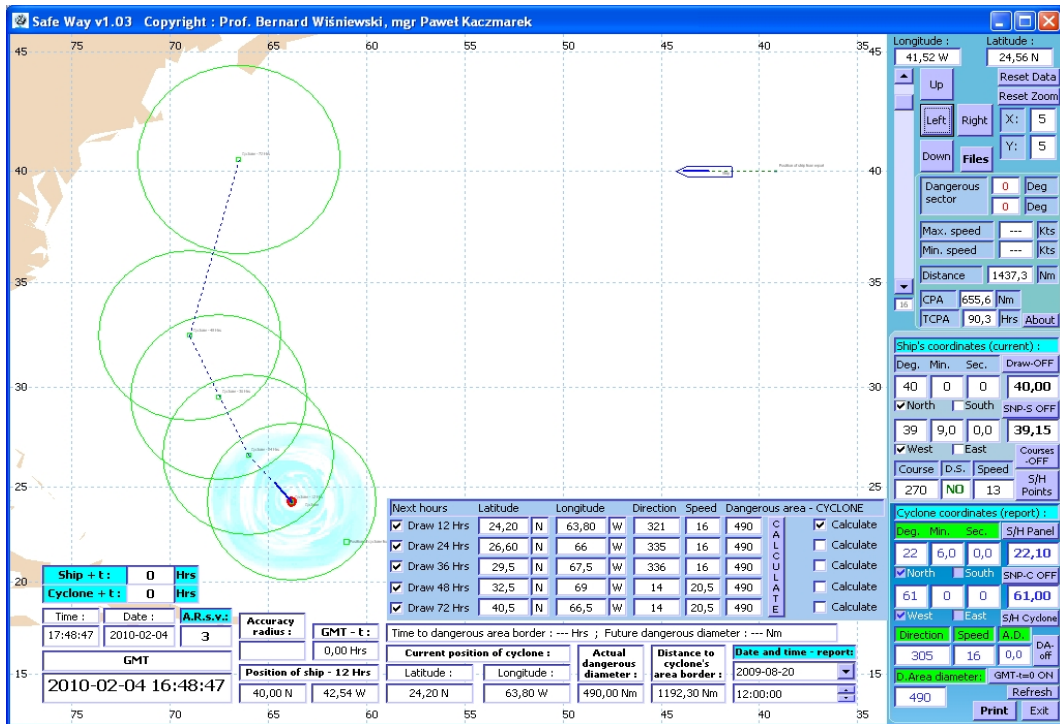
Na rysunku 5 zobrazowano graficzne wyniki obliczeń dla prognozowanych pozycji cyklonu i statku po 12 godzinach od momentu analizy zapisanych w pionowym panelu. Cyklon jest przewidywany na pozycji  $\varphi=24,2^{\circ}\text{N}$ ,  $\varphi=063,8^{\circ}\text{W}$  i nie stwarza strefy zagrożenia dla statku. Kolejne prognozy na 24 i 36 godzin także nie stworzą sektora kursów niebezpiecznych dla statku.

W testowaniu na prognozach 48 – godzinnych, czyli dla dnia 22.08.2009 roku, godz.12:00 UTC ukaże się sektor kursów niebezpiecznych pomiędzy  $272^{\circ}$ - $358^{\circ}$  (rys. 6). Testowanie na prognozie 72 – godzinnej (23.08.2009, godz. 12:00 UTC) potwierdzi, że istnieje niebezpieczeństwo wejścia statku w obszar zagrożenia cyklonem ( $W \geq 34^{\circ}\text{W}$  – rys. 7).

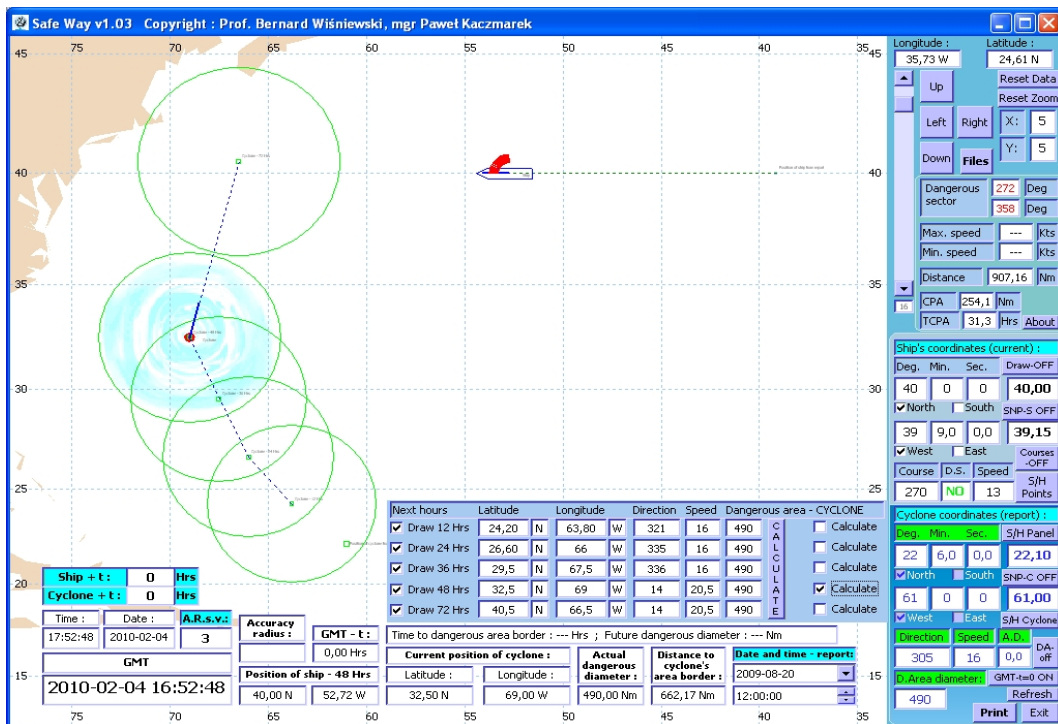
Na tym procedura testowania w dniu 20.08.2009 godz. 15:00 UTC została zakończona. Kapitan statku może podjąć ostatecznie decyzję utrzymania kursu  $\text{KdD}=270^{\circ}$  i prędkości  $V_s=13,0\text{W}$  aż do dnia 22.08.2009 godz.12:00 UTC. Między 20 a 22 sierpnia 2009 jest oczywiste, że kapitan będzie sprawdzał komunikaty o cyklonie czy nie nastąpiło znaczne odstępstwo od prognoz pogody.



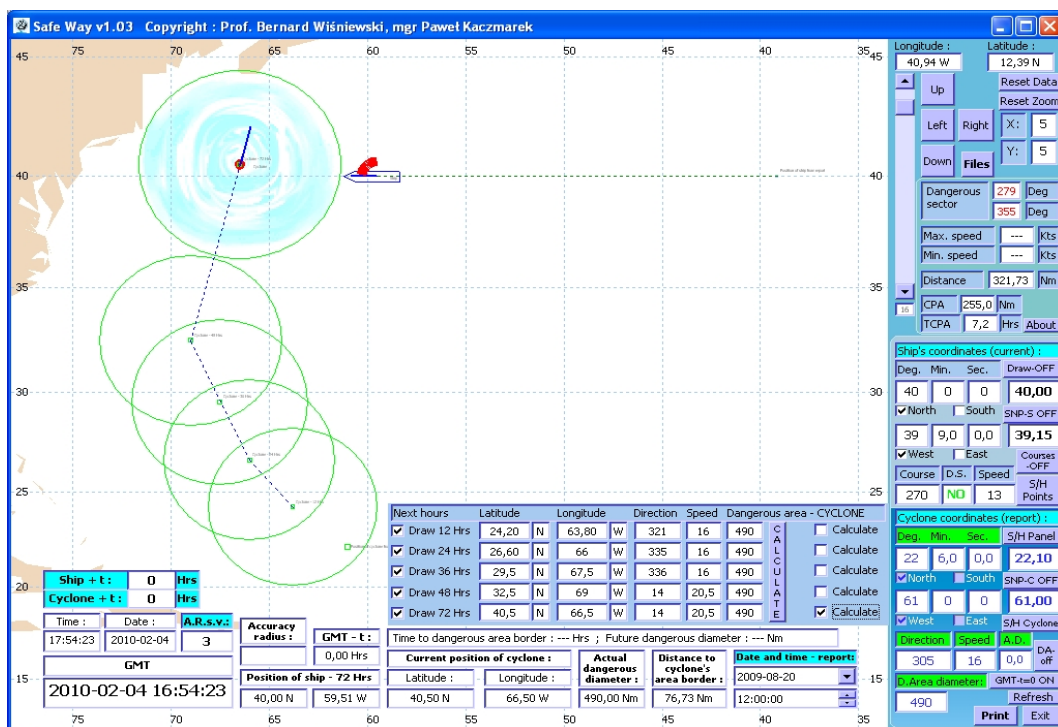
Rys. 4. Graficzny obraz obliczeń z dnia 20.08.2009, godz. 15.00 UTC (pozycja statku  $\varphi=40^{\circ}\text{N}$ ,  $\lambda=040^{\circ}\text{W}$ ; pozycja cyklonu  $\varphi=22,6^{\circ}\text{N}$ ,  $\lambda=061,7^{\circ}\text{W}$ )



Rys. 5. Graficzny obraz testowania z dnia 20.08.2009 dla prognozowanych na 12 godz. pozycji statku i cyklonu



Rys. 6. Graficzny obraz testowania z dnia 20.08.2009 dla prognozowanych na 48 godz. pozycji statku i cyklonu

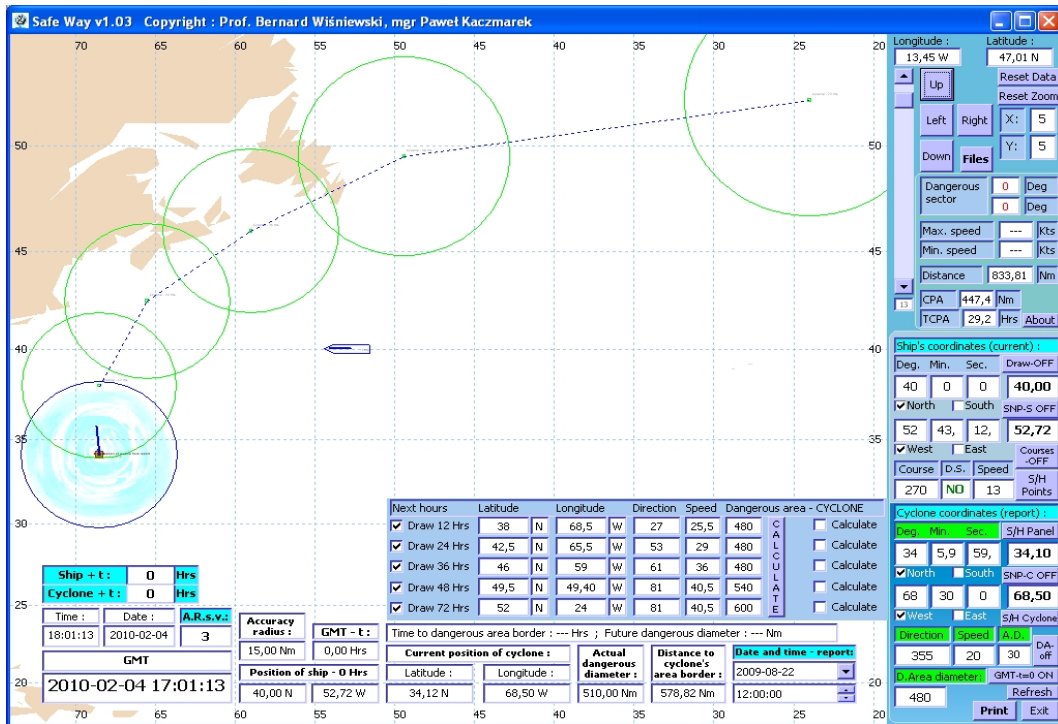


Rys. 7. Graficzny obraz testowania z dnia 20.08.2009 dla prognozowanych na 72 godz. pozycji statku i cyklonu

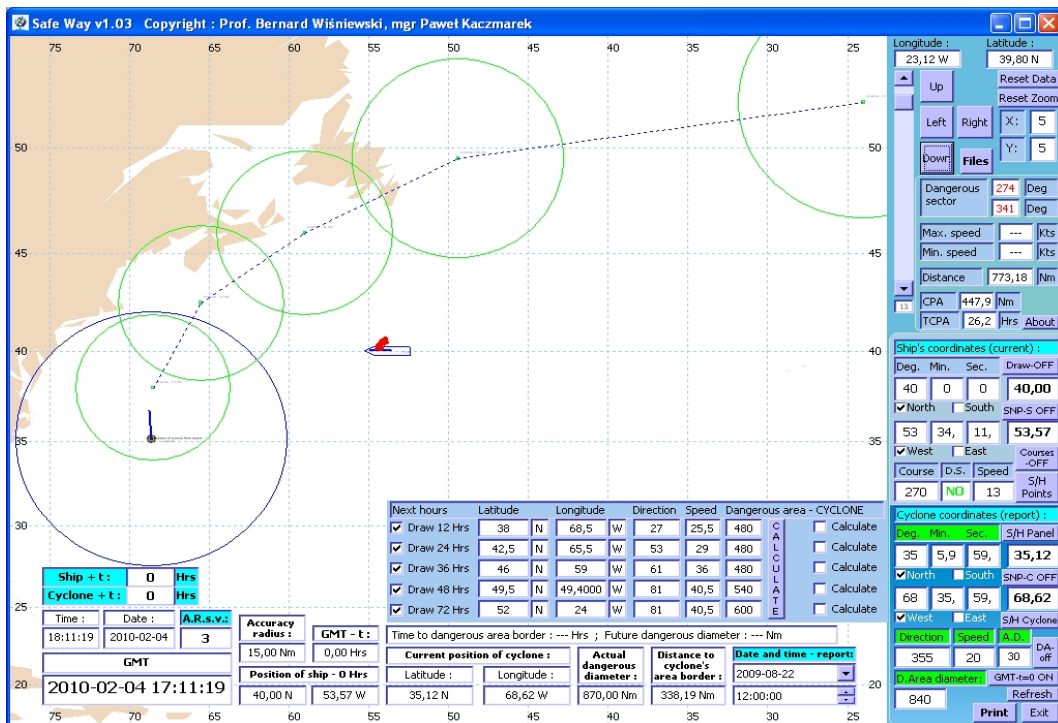
Dnia 22.08.2009 o godz. 15:00 UTC statek otrzymał kolejny komunikat nr 29 o cyklonie Bill. Dla rzeczywistej pozycji cyklonu na godz. 12:00 UTC  $\varphi=34,1^\circ$ ,  $\lambda=68,5^\circ$  W dla statku nie stwierdza się sektora kursów niebezpiecznych (rys.8). Jednakowoż statek rejestruje martwą falę od cyklonu Bill więc o godz. 15:00 UTC wykonuje testowanie przypisując cyklonowi domenę falowania  $h_f \geq m$  o promieniu 420 Mm w sektorze NE. Wynik testowania potwierdza, że istnieje sektor niebezpieczny od  $274^\circ$  do  $341^\circ$ . To znaczy, że jest on bliski kursu statku  $KDd=270^\circ$  (rys. 9). Statek nanosząc dalsze prognozowane pozycje cyklonu i strefy silnego falowania podejmuje decyzję o zmianie swojego kursu na  $KDd=230^\circ$ (rys. 10). W tym czasie wykonuje również testowania na prognozach 12 i 24 godzinnych (rys. 11 i 12) potwierdzając, że będzie podążał bezpiecznym kursem jedną dobę aż do pozycji  $\varphi=36,66^\circ N$ ,  $\lambda=058,66^\circ W$ . Na tym zakończono testowania w dniu 22.08.2009r.

23.08.2009 o godz. 15:00 UTC z aktualnych danych komunikatu po wykonaniu testowań statek zmienia kurs na  $KDd=288^\circ$  do portu docelowego Nowy York (rys.13, 14). Po 54 godz. (25 sierpień 2009, godz.21:00 UTC) statek przybywa na redę portu Nowy York  $\varphi=40,3^\circ N$ ,  $\lambda=072,89^\circ W$  (rys.15).

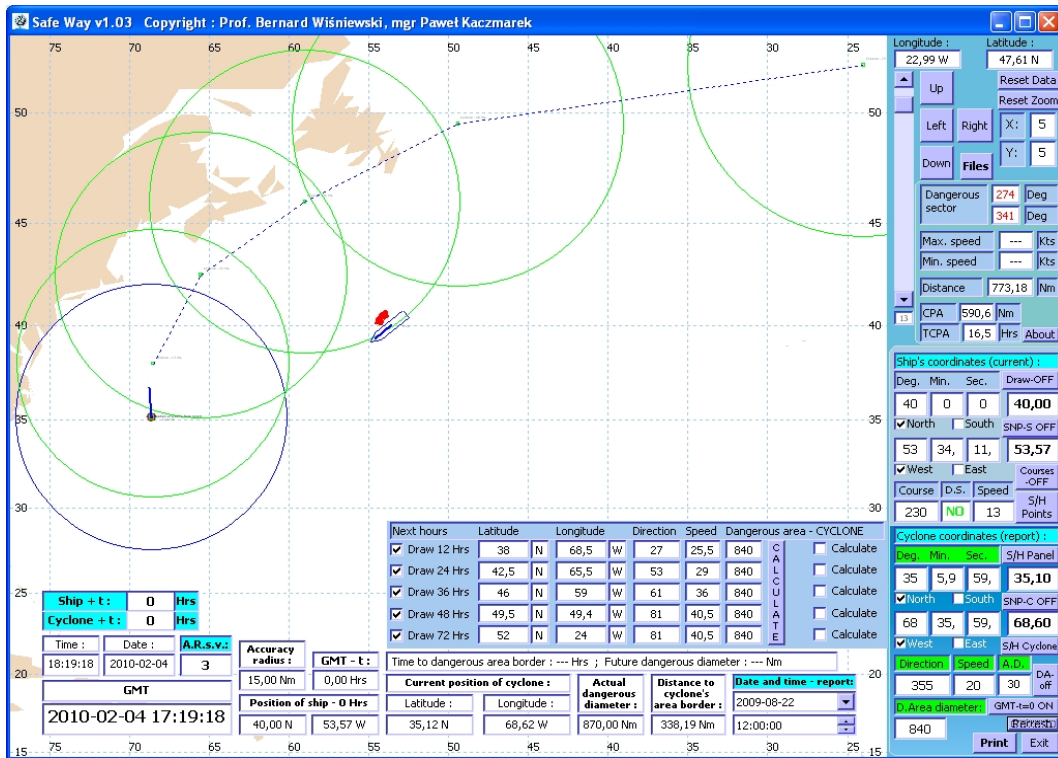




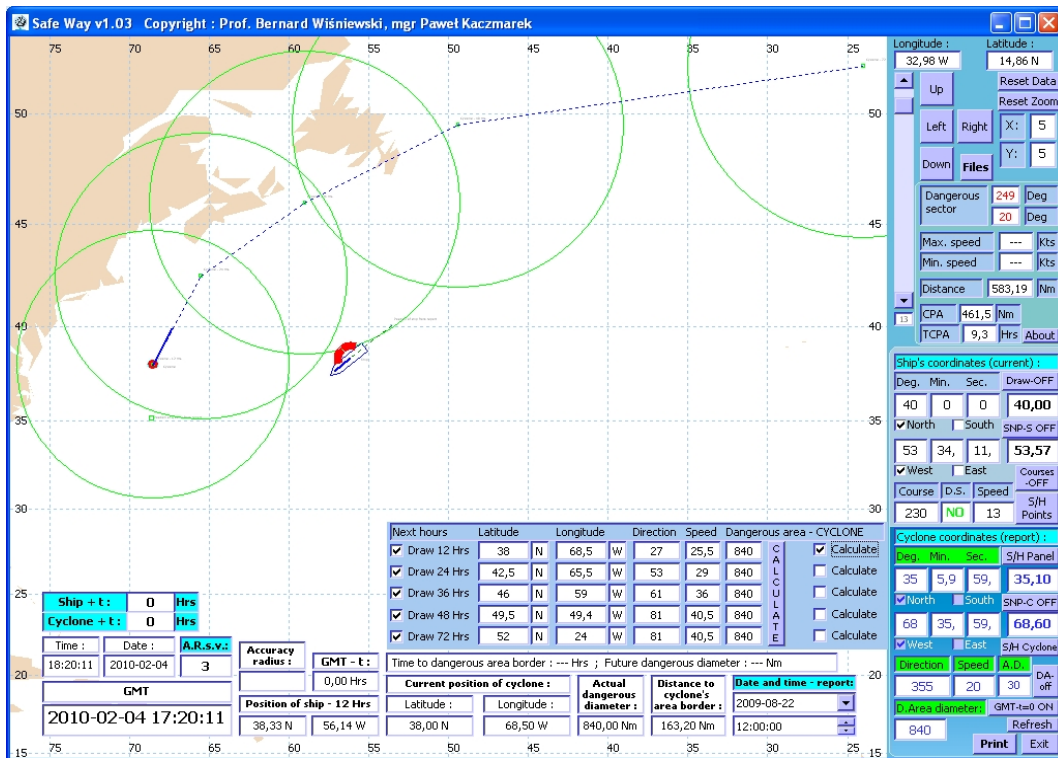
Rys 8. Graficzny obraz obliczeń z dnia 22.08.2009, godz. 12.00 UTC (pozycja statku  $\varphi=40^{\circ}\text{N}$ ,  $\lambda=052,72^{\circ}\text{W}$ ; pozycja cyklonu  $\varphi=34,1^{\circ}\text{N}$ ,  $\lambda=068,5^{\circ}\text{W}$ )



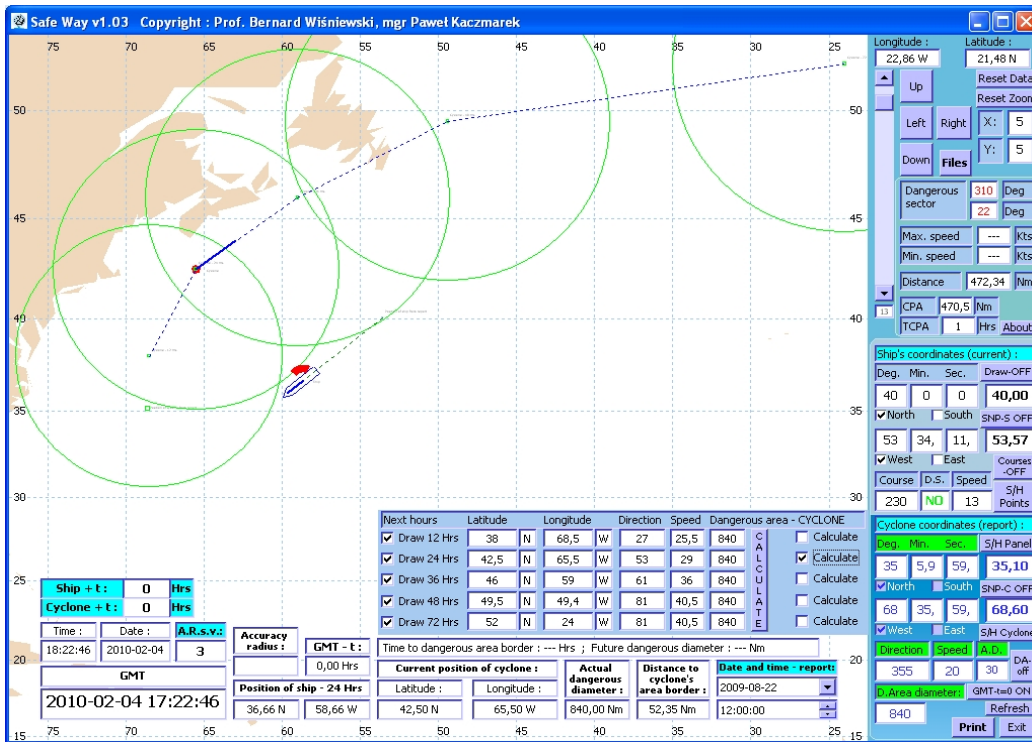
Rys 9. Graficzny obraz obliczeń z dnia 22.08.2009, godz. 15.00 UTC (pozycja statku  $\varphi=40^{\circ}\text{N}$ ,  $\lambda=053,57^{\circ}\text{W}$ ; pozycja cyklonu  $\varphi=35,12^{\circ}\text{N}$ ,  $\lambda=068,62^{\circ}\text{W}$ )



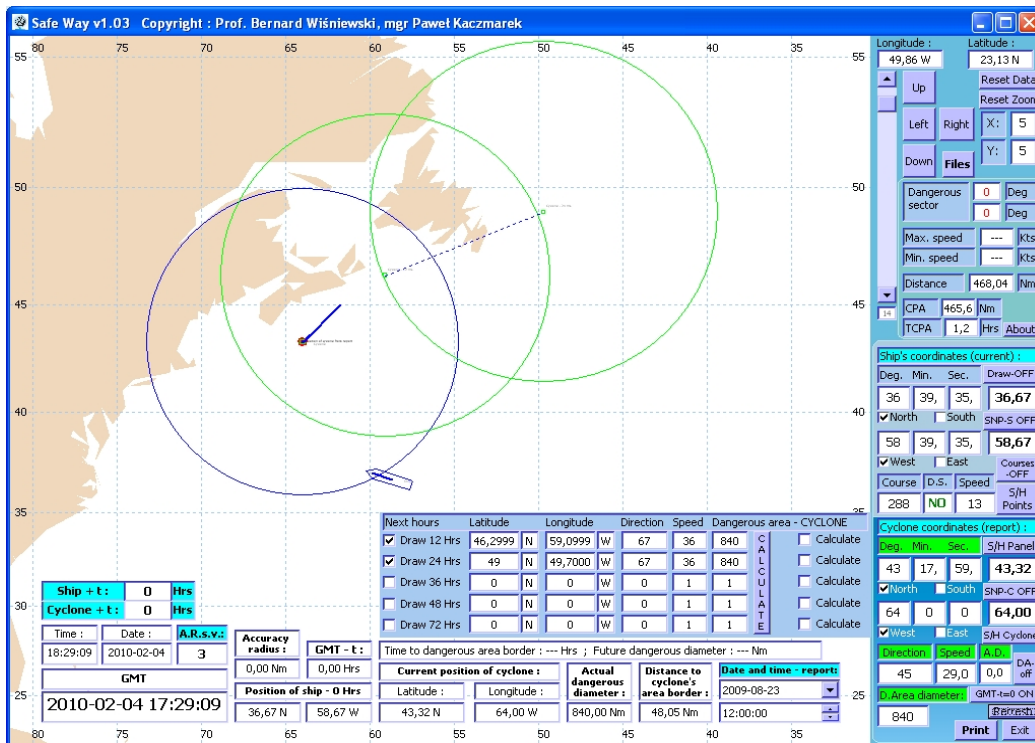
Rys.10. Graficzny obraz obliczeń z dnia 22.08.2009, godz. 15.00 UTC przy zmianie kursu na KdD=230°



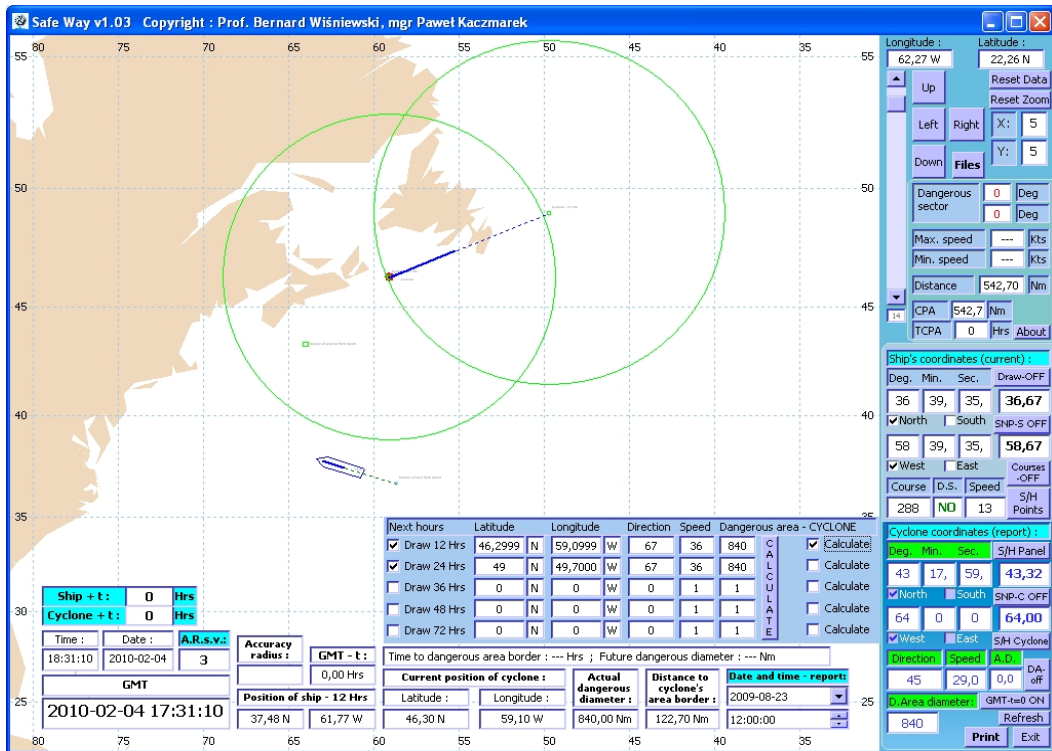
Rys. 11. Graficzny obraz testowania z dnia 22.08.2009 dla prognozowanych na 12 godz. pozycji statku i cyklonu



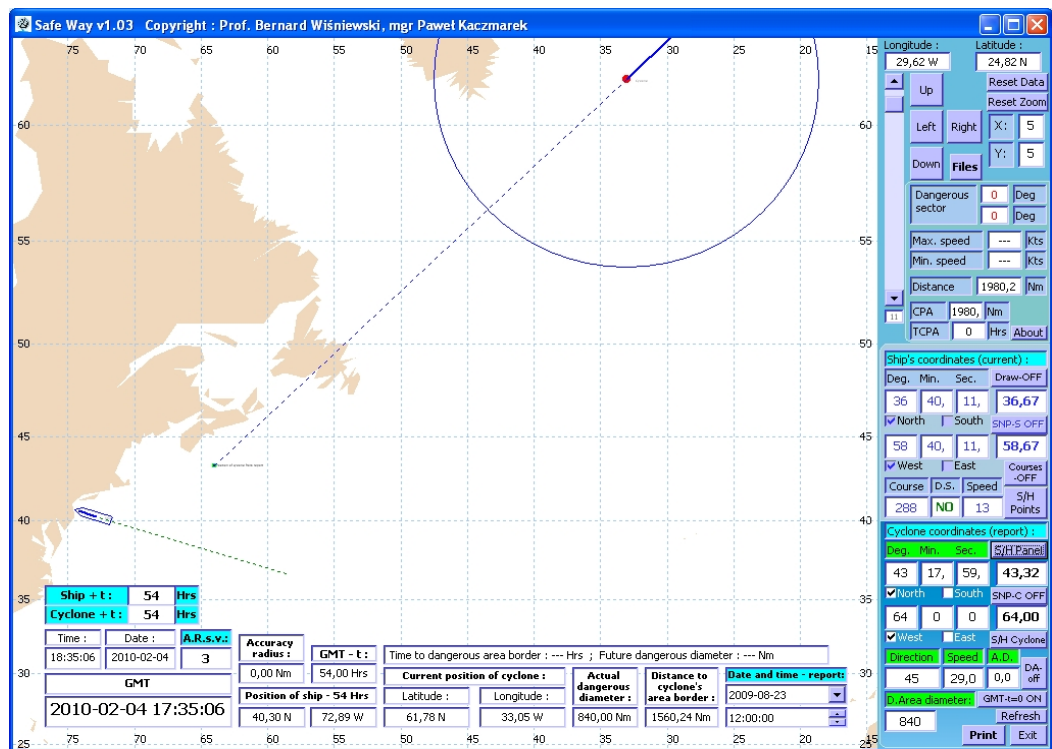
Rys. 12. Graficzny obraz testowania z dnia 22.08.2009 dla prognozowanych na 24 godz. pozycji statku i cyklonu



Rys. 13. Graficzny obraz obliczeń z dnia 23.08.2009, godz. 15.00 UTC (pozycja statku  $\varphi=36,67^{\circ}\text{N}$ ,  $\lambda=058,67^{\circ}\text{W}$ ; pozycja cyklonu  $\varphi=43,32^{\circ}\text{N}$ ,  $\lambda=064^{\circ}\text{W}$ ) przy zmianie kursu na  $\text{KdD}=288^{\circ}$



Rys. 14. Graficzny obraz testowania z dnia 23.08.2009 dla prognozowanych na 12 godz. pozycji statku i cyklonu



Rys. 15. Graficzny obraz testowania z dnia 23.08.2009 dla prognozowanych na 54 godz. pozycji statku i cyklonu (reda portu docelowego)

## 4. KONKLUZJA

Wyniki dokładności omijania cyklonu i metodykę postępowania zaprezentowano na przykładzie testowania trasy statku „Diana”, gdy w sierpniu 2009 r. wystąpił na Północnym Atlantyku cyklon Bill.

Omijając bezpiecznie cyklon statek wydłużył trasę podróży z Lizbony do New Yorku o 104 Mm co odpowiada wydłużeniu czasu podróży o 8 godzin. Zwykle są to zdarzenia wpływające na dobowe opóźnienia w podróży statku. Udana manewr omijania cyklonu statek wykonał już z odległości 338 Mm od zewnętrznej strefy zagrożenia cyklonem ( $hf \geq 4m$ ) wykonując testowania na prognozach położenia cyklonu i pozycji statku z horyzontem wyprzedzania do 72 godzin.

### Bibliografia

1. Wiśniewski B., Grzelak Z. : Omijanie strefy sztormowej cyklonu tropikalnego. TGM, nr 4/1982.
2. Wiśniewski B.: Mapy faksymilowe w nawigacji morskiej. Wyd. Morskie, Gdańsk 1984.
3. Wiśniewski B., Potoczek W., Chołasiński A.: Określenie sektora kursów niebezpiecznych przy omijaniu cyklonu tropikalnego z wykorzystaniem programu komputerowego. Budownictwo Okrętowe i Gospodarka Morska, nr 11-12/1990.
4. Wiśniewski B., Medyna P.: Uwzględnienie dynamiki pola sztormowego cyklonu w optymalizacji drogi morskiej statku. IV Sympozjum Nawigacyjne, Gdynia 2001.
5. Wiśniewski B., Chomski J., Drozd A., Medyna P.,: Omijanie cyklonu tropikalnego w żegludze oceanicznej. Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 5/2001, s.296-300.
6. Wiśniewski B., Kaczmarek P., Avoidance of tropical cyclones using the CYKLON II program., Zeszyty Naukowe AM Szczecin (w druku), 2010

### AVOIDANCE OF TROPICAL CYCLONE BY SHIPS ON OCEANIC ROUTES

**Abstract:** This paper presents the methodology of constructing a collision avoidance plot ‘ship - tropical cyclone’. The computational algorithm and its testing results are presented. The tests make use of information from the voyage of the ship Diana and weather reports and forecasts on the real tropical cyclone Bill, which moved in August 2009 across the North Atlantic.

**Keywords:** weather navigation, avoidance of cyclone, computational program

*Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010-2012 jako projekt badawczy nr 4954/B/T02/2010/38*