

ZMIENNOŚĆ ELEMENTÓW METEOROLOGICZNYCH NA FRONTACH ATMOSFERYCZNYCH I ICH WPŁYW NA PROWADZENIE NAWIGACJI

bsm. pchor. mgr inż. Wiktor Kujtkowski

Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni, wiktorkujtkowski@gmail.com

STRESZCZENIE

W opracowaniu pochyłono się nad określeniem wpływu zmian elementów meteorologicznych podczas przechodzenia frontów atmosferycznych na prowadzenie nawigacji w oparciu o dane uzyskane z automatycznej stacji meteorologicznej AWS 310. Wykazano zmienność poszczególnych elementów pogody podczas wędrówki frontu nad danym akwenem, a także wyodrębniono te parametry pogody, które mają najistotniejszy wpływ na prowadzenie nawigacji.

Słowa kluczowe:

fronty atmosferyczne, stacja meteorologiczna AWS 310, elementy meteorologiczne, bezpieczeństwo nawigacji

WPROWADZENIE

Przejście frontów atmosferycznych nad danym obszarem niesie za sobą szereg zmian elementów meteorologicznych, takich jak ciśnienie atmosferyczne, opady atmosferyczne, temperatura i wilgotność powietrza, prędkość i kierunek wiatru itp. Odnosząc się do nawigacji morskiej, zachodzące przekształcenia parametrów poszczególnych elementów pogody mają zasadnicze znaczenie dla bezpieczeństwa żeglugi. Oficer pełniący wachtę na mostku nawigacyjnym zobowiązany jest posiadać pełny zakres wiedzy nt. zachodzących przemian w atmosferze powstających w wyniku pojawienia się frontu.

FRONTY ATMOSFERYCZNE

Fronty atmosferyczne stanowią swego rodzaju granicę, strefę przejściową pomiędzy dwoma (lub trzema) masami powietrza, które posiadają odmienne właściwości i są umiejscowione obok siebie w jednym, bądź przeciwnym kierunku [2]. Obszar atmosfery, który jest strefą przejściową między masami powietrza nosi nazwę powierzchni frontowej. W miejscu jej przecięcia z powierzchnią Ziemi front atmosferyczny określa i wyznacza linię frontu. Przejście frontu atmosferycznego i pojawienie się linii frontu jest tożsame z wystąpieniem przekształcenia się parametrów elementów meteorologicznych.

Fronty atmosferyczne powstają ciągle, przechodzą przez kolejne stadia rozwoju, a następnie zanikają. Powierzchnie frontalne nie są jednak w każdym przypadku takie same, gdyż posiadają różnorodną klasyfikację. Najprostsza klasyfikacja frontów atmosferycznych dzieli je ze względu na ilość mas powietrza, które występują między nimi. Wyróżnia się:

- fronty proste, które oddzielają od siebie dwie masy powietrza;
- fronty złożone (zokludowane, fronty okluzji), które oddzielają od siebie trzy masy powietrza.

Biorąc pod uwagę wysokość frontów atmosferycznych, można je podzielić na dolne fronty – rozpoczynające się od powierzchni Ziemi oraz fronty górne, które nie posiadają bezpośredniego kontaktu z Ziemią. Pionowy zasięg frontów górnych może być różnorodny – od 1–2 km, aż do górnych granic troposfery [6].

Kolejna klasyfikacja dotycząca frontów atmosferycznych odnosi się do ich znaczenia w ogólnej cyrkulacji atmosfery. W tym podziale występują tzw. fronty główne, które rozdzielają na Ziemi masy powietrza podstawowych rodzajów geograficznych oraz fronty wtórne znajdujące się pośród mas powietrza tylko jednego rodzaju geograficznego.

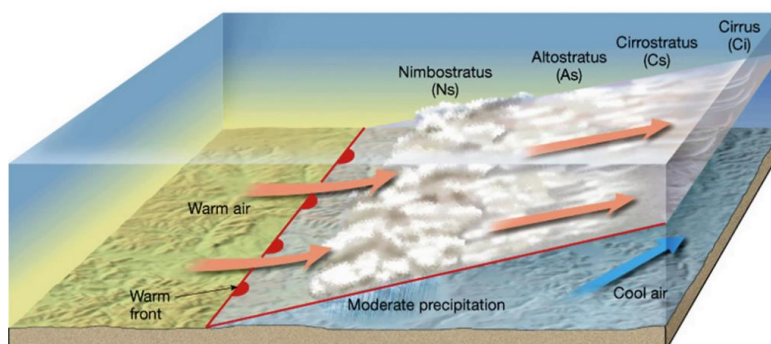
Z racji, iż fronty główne rozdzielają podstawowe geograficzne rodzaje mas powietrza, dodatkowo dzielą się na:

- fronty arktyczne – znajdujące się pomiędzy powietrzem arktycznym,
- a polarnym;
- fronty polarne – znajdujące się pomiędzy powietrzem polarnym,
- a zwrotnikowym;

- • fronty zwrotnikowe – znajdujące się pomiędzy powietrzem zwrotnikowym, a równikowym;
- fronty pasatowe – będące granicą mas powietrza obu półkul [3].

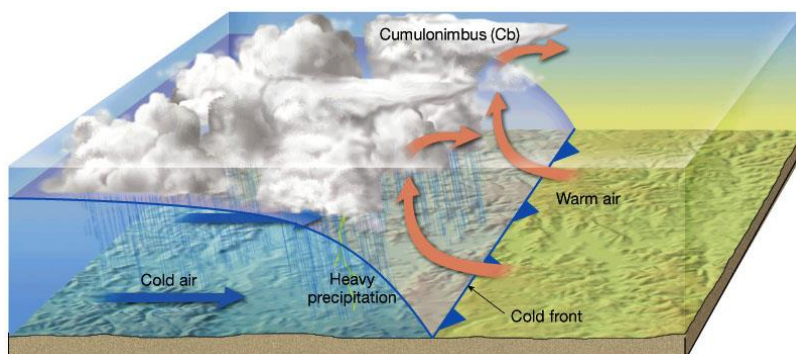
W literaturze meteorologicznej występuje wiele klasyfikacji frontów atmosferycznych, lecz najważniejszym podziałem jest ten związany z ruchem mas powietrza pomiędzy nimi. Podział ten wyróżnia i obejmuje następujące fronty:

- front ciepły;
- front chłodny;
- front zokludowany;
- front stacjonarny (quasi-stacjonarny).



Rysunek 1. Front ciepły - przekrój

(Źródło: Lutgens K., Tarbuck E., *The Atmosphere. An Introduction to Meteorology*, 8th Edition, Lutgens and Tarbuck, Pearson 2001.)

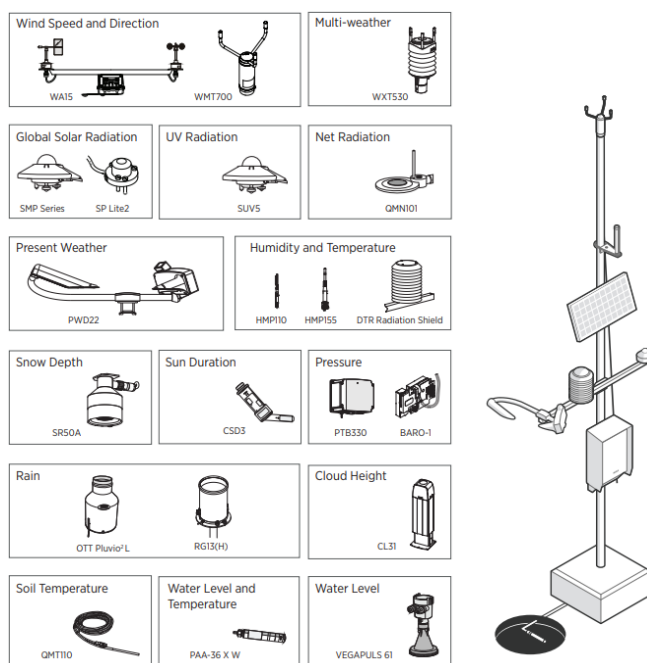


Rysunek 2. Front chłodny - przekrój

(Źródło: Lutgens K., Tarbuck E., *The Atmosphere. An Introduction to Meteorology*, 8th Edition, Lutgens and Tarbuck, Pearson 2001.)

STACJA METEOROLOGICZNA AWS 310

AWS 310 (Automatic Weather Station) to automatyczna stacja meteorologiczna produkcji fińskiej firmy Vaisala. Stacja jest kompletnym systemem złożonym z czujników, elektroniki, masztu i systemu zasilania, który zapewnia dokładny pomiar elementów pogody. System ten zbiera i gromadzi dane pogodowe oraz w sposób automatyczny mierzy, przetwarza i przechowuje dane meteorologiczne do użytku profesjonalnego. AWS 310 posiada różnorodne zastosowania nie tylko w dziedzinach synoptycznych, ale również lotnictwie, meteorologii rolniczej, hydrologii oraz klimatologii. Stacja pracuje, jako samodzielna jednostka lub w połączeniu z innymi kompatybilnymi systemami w celu utworzenia jak najbardziej rzetelnej obserwacji warunków pogodowych. AWS 310 zawiera wbudowane funkcje kontroli danych, które weryfikują spełnienie minimalnych i maksymalnych limitów klimatologicznych, a także warunków skokowych zmian zachodzących pomiędzy pomiarami [10].



Rysunek 3. Czujniki stacji meteorologicznej AWS 310

(Źródło: Vaisala Oyj, Vaisala Automatic Weather Station AWS 31- Configuration and Maintenance Manual, Finland 2021.)

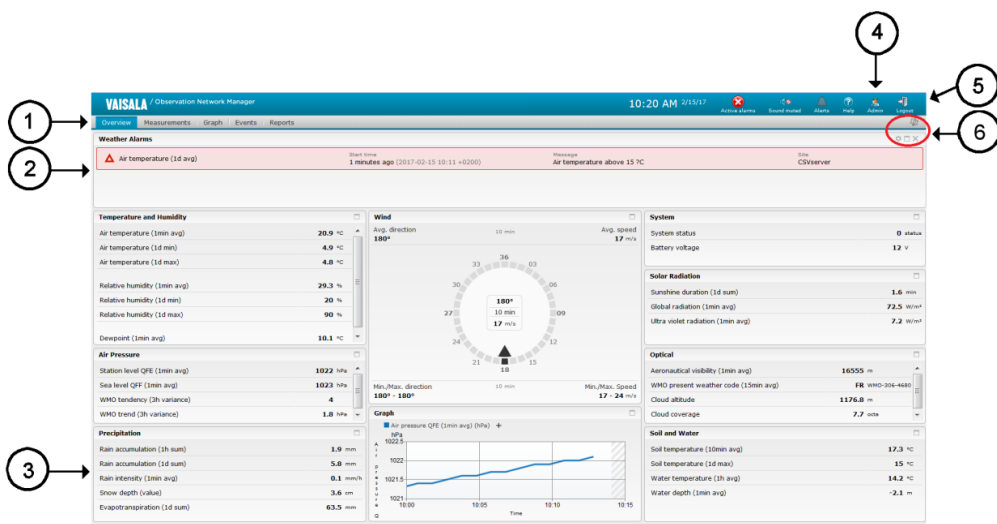
Dość istotnym elementem całego systemu stacji jest sensor WXT serii 530. Firma Vaisala oferuje następujące wersje czujnika: WXT531,

Studencki Biuletyn METOC

WXT532, WXT533, WXT534, WXT535 i WXT536. Każdy z nich jest w stanie określić dane elementów meteorologicznych. Ilość danych jest uzależniona od wersji sensora. Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni posiada stację meteorologiczną AWS 310 wyposażoną w czujnik meteorologiczny WXT 536 (przedstawiony na rysunku 4), który jest najbardziej wszechstronnym z racji posiadanych możliwości czujnikiem spośród serii 530.



Rysunek 4. Czujnik meteorologiczny WXT536
(Źródło: https://www.label.pl/po/rek_wxt510.html.)

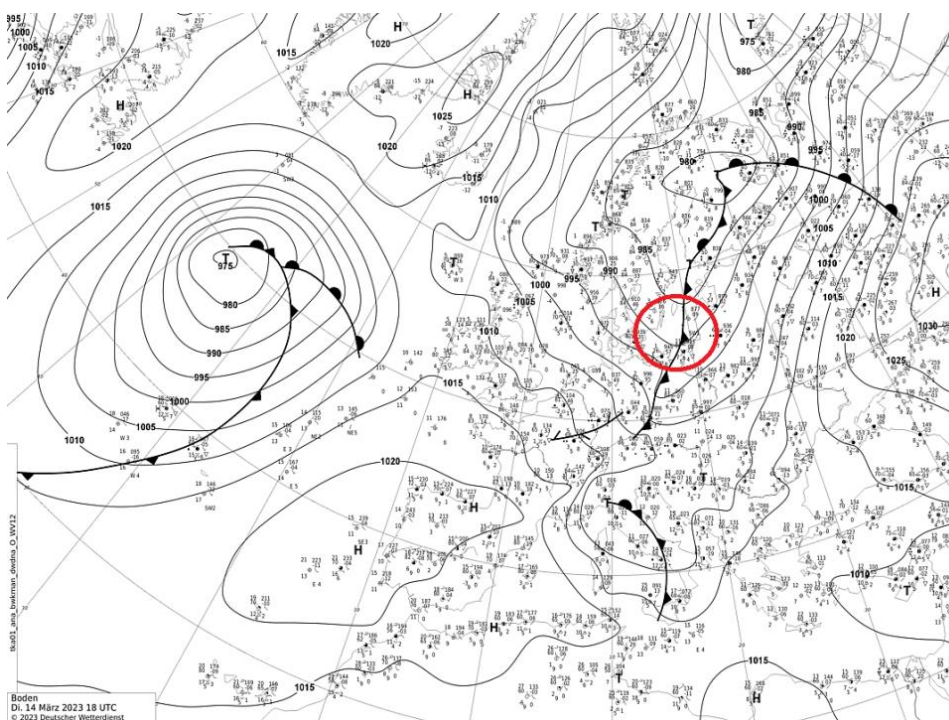


Rysunek 5. Interfejs oprogramowania NM10 stacji meteorologicznej AWS 310
(Źródło: Vaisala Oyj, Vaisala Observation Network Manager NM10- User Guide, Finland 2019.)

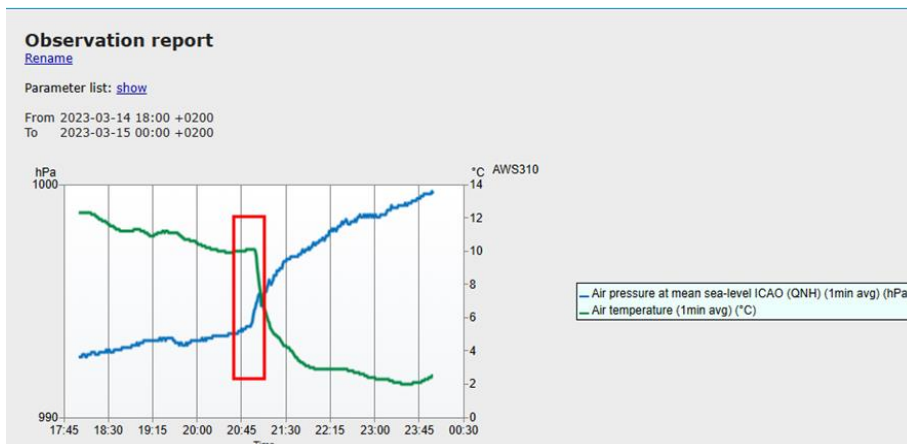
Warto w tym momencie wspomnieć, iż AWS 310 posiada także specjalne oprogramowanie NM10, które występuje w postaci interfejsu internetowego zapewniającego szeroki zakres opcji przechowywania, eksportowania i wizualizacji danych. NM10 to swego rodzaju oprogramowanie przystosowane do zarządzania siecią, ciągłego monitorowania i obsługi wszystkich stanowisk obserwacyjnych, niezależnie od pory dnia i ich lokalizacji.

Pomiar i zobrazowanie elementów meteorologicznych na wybranym froncie

Przedstawiona poniżej mapa synoptyczna niemieckiego serwisu meteorologicznego DWD – Deutscher Wetterdienst pochodzi z dnia 14.03.2023 r. g. 1800. Czerwonym kolorem zaznaczono przejście frontu atmosferycznego nad Gdynią. Mapa synoptyczna obrazuje wędrówkę frontu w danym dniu, natomiast przedstawione dalej wykresy potwierdzają jego przejście, gdyż zauważalna jest zmienność elementów pogody.



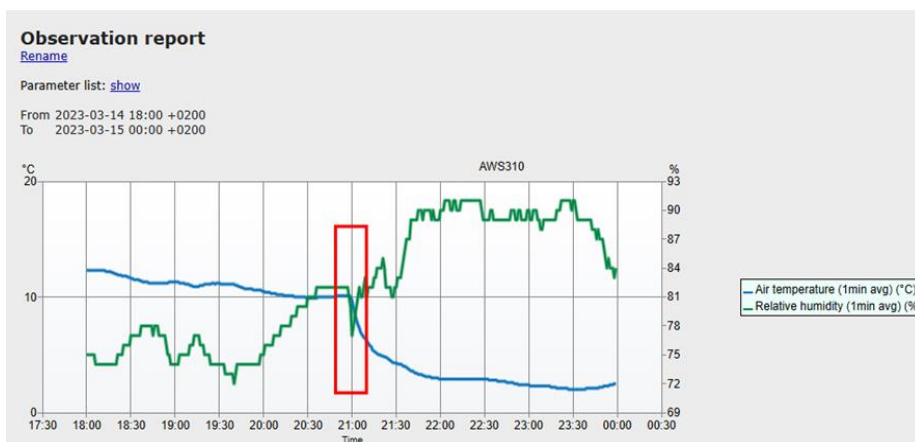
Rysunek 6. Mapa synoptyczna DWD z dnia 14.03.2023 r. g. 1800 UTC
(Źródło: https://wetter3.de/archiv_dwd_dt.html.)



Rysunek 7. Wykres sześciogodzinnej obserwacji zmienności ciśnienia atmosferycznego (QNH) (kolor niebieski) oraz temperatury powietrza (kolor zielony) (14.03.2023 r. godz. 1800 – 15.03.2023 r. godz. 0000)

(Źródło: Zrzut ekranu interfejsu oprogramowania internetowego NM10 stacji meteorologicznej AWS 310.)

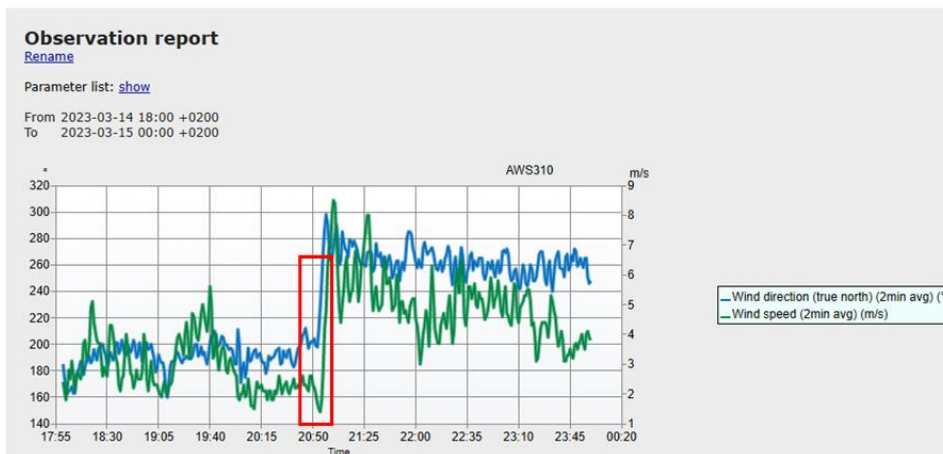
Na wykresie z rysunku 7 kolor niebieski odpowiada za wartości sześciogodzinnej obserwacji ciśnienia atmosferycznego, natomiast kolor zielony to temperatura powietrza. Wyraźnie zauważalny jest spadek temperatury powietrza, a także wzrost ciśnienia atmosferycznego. Gwałtowna zmienność obydwu elementów meteorologicznych obserwowana jest w okolicach godziny 2045.



Rysunek 8. Wykres sześciogodzinnej obserwacji zmienności wilgotności (kolor zielony) oraz temperatury powietrza (kolor niebieski) (14.03.2023 r. godz. 1800 – 15.03.2023 r. godz. 0000)

(Źródło: Zrzut ekranu interfejsu oprogramowania internetowego NM10 stacji meteorologicznej AWS 310.)

W powyższym przypadku również można zaobserwować zmiany zachodzące w wyniku przejścia frontu atmosferycznego. Wartość wilgotności podczas sześciogodzinnej obserwacji odnotowała znaczny wzrost. Największe skoki jej wartości przypadają na godziny od 1945 do 2030, a także od 2130 do 2145.

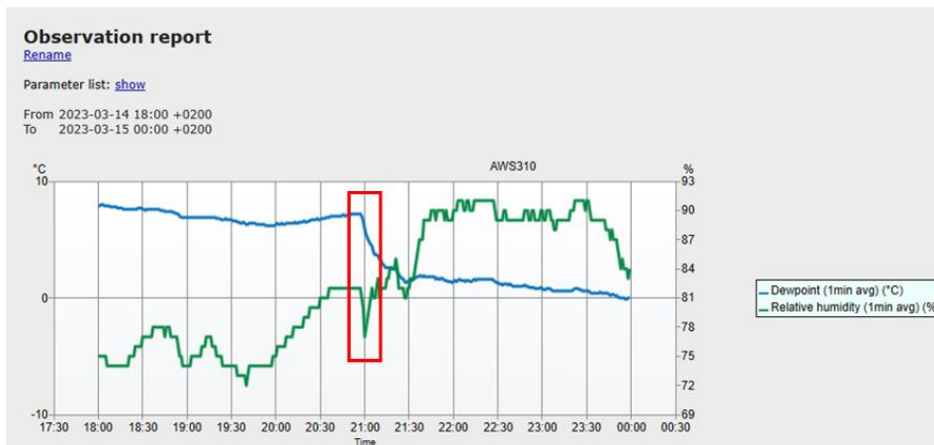


Rysunek 9. Wykres sześciogodzinnej obserwacji zmienności kierunku (kolor niebieski) oraz prędkości (kolor zielony) wiatru (14.03.2023 r. godz. 1800 – 15.03.2023 r. godz. 0000)

(Źródło: Zrzut ekranu interfejsu oprogramowania internetowego NM10 stacji meteorologicznej AWS 310.)

Na powyższym wykresie zestawiono ze sobą wartości kierunku oraz prędkości wiatru. W tym elemencie również nastąpiły istotne zmiany. Front atmosferyczny przechodzący nad Gdynią przyczynił się do wyraźnego wzrostu prędkości wiatru, a także zmiany kierunku jego wiania. Zaobserwowano przekształcenie danych szczególnie około godziny 2055.

Ostatnim wykresem odnoszącym się do dnia 14.03.2023 r. jest zestawienie temperatury punktu rosy i wilgotności. Po raz kolejny odnotowano zmianę wartości kolejnych elementów meteorologicznych. Wilgotność znacznie wzrosła w okolicach godz. 2100 (wzrost z około 77% do prawie 90% w pół godziny), z kolei temperatura punktu rosy to spadek z wartości oscylującej w granicach 7–8°C do temperatury około 0°C. Wszystkie powyższe przykłady są dowodem przejścia frontu atmosferycznego, ze względu na zauważalną zmienność parametrów elementów pogodowych.



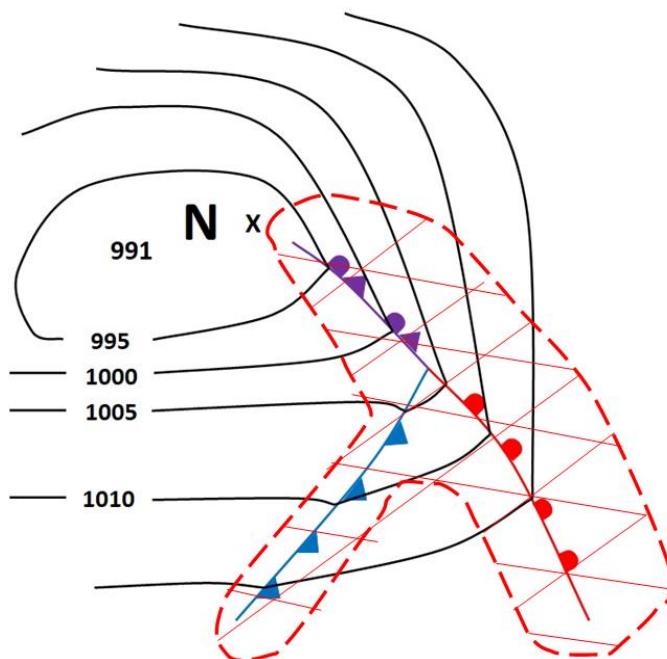
Rysunek 10. Wykres sześciogodzinnej obserwacji zmienności temperatury punktu rosy (kolor niebieski) oraz wilgotności (kolor zielony) (14.03.2023 r. godz. 1800 – 15.03.2023 r. godz. 0000)

(Źródło: Zrzut ekranu interfejsu oprogramowania internetowego NM10 stacji meteorologicznej AWS 310.)

WPŁYW ZMIAN ELEMENTÓW METEOROLOGICZNYCH NA FRONTACH ATMOSFERYCZNYCH NA PROWADZENIE Nawigacji

Najważniejszymi i najbardziej istotnymi elementami meteorologicznymi w kontekście prowadzenia nawigacji, a także zapewnienia bezpieczeństwa żeglugi są opady atmosferyczne, kierunek i prędkość wiatru, a także związane z nimi widzialność i falowanie.

Rozpatrując zmiany pogodowe podczas przejścia frontu atmosferycznego pod kątem bezpieczeństwa żeglugi należy odnieść się w pierwszej kolejności do opadów atmosferycznych. Linia frontu jest niemal równoznaczna z pojawieniem się stref opadów, które bezpośrednio wiążą się z ograniczeniem widzialności na morzu. Widzialność jest ściśle związana z warunkami meteorologicznymi zasięg, z jakim ludzkie oko jest w stanie dostrzec inne obiekty. Ograniczona widzialność stanowi ogromne zagrożenie i niestety często przyczynia się do wielu kolizji i wypadków morskich. Oprócz wcześniej wspomnianych opadów atmosferycznych występujących w różnej postaci, zasięg ten może ograniczać także występowanie mgły.



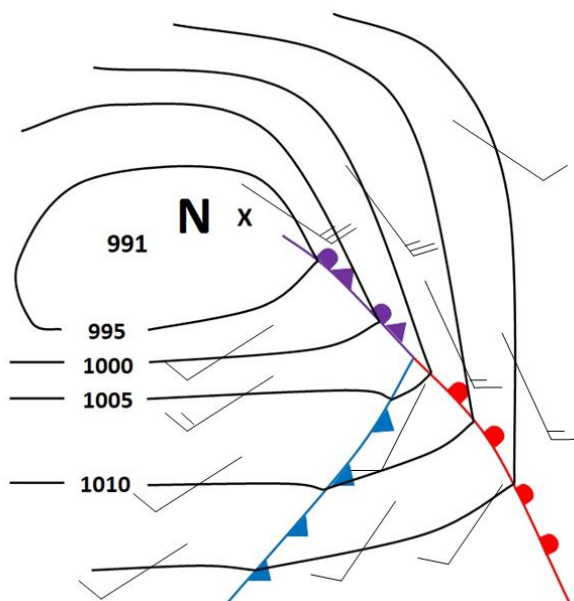
Rysunek 11. Strefa opadów atmosferycznych na froncie atmosferycznym (okluzja ciepła)

(Źródło opracowanie własne.)

Ograniczona widzialność spowodowana przez opady atmosferyczne to sytuacja mogąca przyczynić się do wielu zagrożeń na morzu. Warto wspomnieć, iż w ramach zapewnienia bezpieczeństwa żeglugi, w takiej sytuacji oficer wachtowy powinien niezależnie od pory dnia pokazywać odpowiednie światła, a także nadawać sygnały dźwiękowe. Co więcej, zmuszony jest do zachowania prędkości bezpiecznej. Dobrą praktyką morską jest powołanie na stanowiska dodatkowych marynarzy, którzy zobowiązani są do meldowania o innych jednostkach pływających w pobliżu [12].



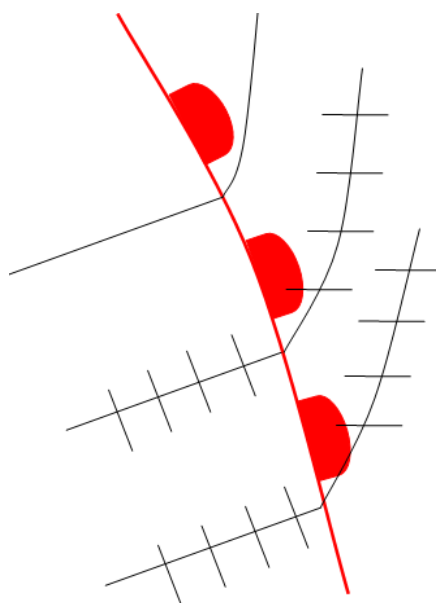
Rysunek 12. Warunki ograniczonej widzialności w porcie Szczecin
(Źródło Zdjęcie – W. Kujtkowski.)



Rysunek 13. Zmiana wartości kierunków i prędkości wiatru na froncie atmosferycznym
(Źródło opracowanie własne.)

Kolejnym czynnikiem meteorologicznym wpływającym na bezpieczeństwo nawigacji jest wiatr. Wiąże się on z ciśnieniem atmosferycznym, gdyż jest to ruch powietrza wywołany różnicami ciśnienia. To także od gradientu ciśnienia zależy jego prędkość i kierunek. Wiatr zawsze posiada taki sam kierunek, jak kierunek gradientu ciśnienia, natomiast o jego prędkości zależy sama wielkość gradientu [11].

Jak udowodniono, front przynosi przekształcenie się kierunku i prędkości wiatru, a co za tym idzie również wartości związanych z falowaniem. Zważywszy na bezpieczne prowadzenie żeglugi, należy uwzględnić fakt, iż front atmosferyczny wywołuje zmiany kierunku i wysokości fali, a także powoduje ich nakładanie się na linii frontu.



Rysunek 14. Zmiana kierunku fali na froncie ciepłym
(Źródło opracowanie własne.)

PODSUMOWANIE

Przejście frontów atmosferycznych jest niemal równoznaczne ze zmiennością elementów meteorologicznych. Umiejętność właściwego przewidywania warunków pogodowych poprzez wnikliwą analizę map synoptycznych, ostrzeżeń meteorologicznych czy chociażby obserwację aktualnych warunków atmosferycznych stanowi podstawę przy planowaniu podróży nawigacyjnej i pełnieniu wachty morskiej. Doświadczony nawigator powinien zdawać sobie sprawę z przekształceń elementów

pogody w wyniku przejścia frontu, w celu ominięcia (o ile to możliwe) warunków ekstremalnych, które często są powodem katastrof i wypadków morskich oraz opóźnień wszelakich dostaw w żegludze cywilnej lub działań bojowych w marynarce wojennej. W tym celu powinien posiadać niezbędną wiedzę z konsekwencji, jakie niesie za sobą „wędrówka” frontu.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bac S., Rojek M., Meteorologia i klimatologia, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1981.
- [2] Chromow S., Meteorologia i klimatologia, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1977.
- [3] Czajewski J., Meteorologia dla żeglarzy, Oficyna Wydawnicza Alma-Press, Warszawa, 1997.
- [4] Czujnik meteorologiczny WXT 536 – opis <https://www.vaisala.com/en/products/-environmental-sensors/eather-transmitter-wxt530-series>
- [5] Dyrzc C., Meteorology and oceanography. Terms, definitions and explanations, Polish Naval Academy, Gdynia 2019.
- [6] Dyrzc C., Meteorology for students of Nikola Vaptsarov Naval Academy, Nikola Vaptsarov Naval Academy, Varna 2021.
- [7] Glossary – Bureau of Meteorology. Australian Government http://www.bom.gov.au/climate/glossary/low_pressure.shtml
- [8] Kaczorowska Z., Pogoda i klimat, Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1977.
- [9] Lutgens K., Tarbuck E., The Atmosphere. An Introduction to Meteorology, 8th Edition, Lutgens and Tarbuck, Pearson 2001.
- [10] Opis stacji meteorologicznej AWS 310 <https://envag.com.pl/produkty/meteorologia/profesjonalne-stacje-meteo-i-czujniki-warunkow-atmosferycznych-firmy-vaisala/vaisala-aws310-automatyczna-stacja-meteorologiczna/>
- [11] Trzeciak S., Zarys meteorologii dla nawigatorów, Wyższa Szkoła Morska w Szczecinie, Szczecin 1988.
- [12] Wróbel F., Vademecum nawigatora, Trademar, Gdynia 2009.

THE IMPACT OF CHANGES IN METEOROLOGICAL ELEMENTS DURING THE PASSAGE OF ATMOSPHERIC FRONTS ON SAFETY OF NAVIGATION

Summary

This article determines the impact of changes in meteorological elements during the passage of atmospheric fronts on navigation based on data obtained from Automatic Weather Station AWS 310, which is located on the METOC AMW laboratory in Gdynia. The article includes characteristics of atmospheric fronts and description of AWS 310. Observations of changes of meteorological elements on selected atmospheric front were made using NM10 of AWS 310 station to determine the impact of transformations of weather elements on safety of navigation.

Keywords:

atmospheric fronts, Automatic Weather Station AWS 310, meteorological elements, safety of navigation