

KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE MONITOROWANIA EFEKTYWNOŚCI EKSPLOATACYJNEJ JEDNOSTKI RYBACKIEJ, JAKO ELEMENT OKRĘTOWEGO PLANU ZARZĄDZANIA EFEKTYWNOŚCIĄ Z WYKORZYSTANIEM AUTORSKIEGO PROGRAMU KOMPUTEROWEGO

Monitorowanie efektywności eksploatacyjnej statków wg wytycznych Międzynarodowej Organizacji Morskiej IMO, nie uwzględnia specyfiki pracy jednostek rybackich. Proponowany wskaźnik EEOI (Energy Efficiency Operational Indicator) ze względu na różne rodzaje wykonywanych prac (podróż na łowisko, tralowanie, zmiana pozycji, powrót z ładunkiem) nie nadaje się do monitorowania pracy jednostki rybackiej, gdyż ocenia on efektywność transportową. Wykorzystanie wskaźnika EEOI powinno być dostosowane i analizowane w zależności od wykonywanych prac, prowadzonych przez jednostkę. Monitorowanie takiego wskaźnika jest trudne, ponieważ obliczenia nie dotyczą całego rejsu lecz poszczególnych prac wykonywanych przez jednostkę rybacką. Celowym wydaje się więc stworzenie programu wspomagającego efektywność pracy jednostki rybackiej. W artykule przedstawiono, wykorzystanie autorskiego programu jako elementu SEEMP (okrętowy plan zarządzania efektywnością), służącego do monitorowania i analizy efektywności energetycznej jednostki rybackiej.

WSTĘP

Wymagania wprowadzone przez Międzynarodową Organizację Morską (IMO), dotyczące efektywności energetycznej, jednostek uprawiających żeglugę międzynarodową o pojemności powyżej 400 BRT, nie mają zastosowania dla jednostek rybackich [5,11]. Wprowadzone wskaźniki efektywności energetycznej ze względu na specyfikę pracy tych jednostek, nie pozwalają na ocenę efektywności transportowej tej jednostki i efektywności energetycznej jednostki rybackiej. Wpływa na to zarówno intensywność wykorzystania urządzeń pokładowych i pomocniczych, a co za tym idzie wykorzystanie silników spalinowych, agregatów, wind i chłodni w trakcie gdy jednostka nie prowadzi działań żeglugowych w formie przemieszczania się od punktu A do punktu B [5]. Porównać to można do działań manewrowych w porcie statków towarowych (masowiec, drobnicowiec, kontenerowiec). Jednakże intensywność tych działań z wykorzystaniem dużej ilości urządzeń pokładowych jest nieporównywalnie większa na jednostkach rybackich, a co za tym idzie wpływa znacząco na wartość wskaźnika efektywności energetycznej jednostki, zaproponowanej w konwencji MARPOL. Wartość wskaźnika EEOI (Energy Efficiency Operational Indicator) jest szczególnie zależna od aktualnie wykonywanego zadania, a w mniejszym stopniu od przebiegu całego rejsu – inaczej niż w przypadku floty handlowej. Powoduje to, iż wskaźnik ten nie jest miarodajny w przypadku jednostek rybackich, a określenie efektywności eksploatacyjnej tejże jednostki jest mało precyzyjne. Dlatego też celowym wydaje się zaproponowanie systemu oceny efektywności jednostki rybackiej w trakcie wykonywania określonych działań do których została zaprojektowana. Ocena efektywności energetycznej całego rejsu, tak jak ma to miejsce przy np. kontenerowcach, masowcach czy zbiornikowcach, nie znajduje zastosowania w przypadku jednostki rybackiej. Ponieważ ocena wskaźnika efektywności energetycznej dla całego rejsu w przypadku jednostki rybackiej jest znacznie

bardziej skomplikowana i składa się z wielu pozycji, dotyczących pojedynczych działań, opracowano program komputerowy który może posłużyć jako część Okrętowego Planu Zarządzania Efektywnością Energetyczną SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan).

1. WSKAŹNIK EEOI JAKO ELEMENT SEEMP

1.1. Definicja wskaźnika EEOI

Wprowadzenie Okrętowego Planu Zarządzania Efektywnością Energetyczną (SEEMP - Ship Energy Efficiency Management Plan), pozwala na indywidualne podejście do problemu. Cały proponowany system może być opracowany jako indywidualny plan zarządzania efektywnością energetyczną jednostki rybackiej. Przepisy PRS nakazują dostosowanie SEEMP do charakterystyk określonego typu przedsiębiorstwa, jednostki, armatora wg wytycznych, nie tylko zawartych w przepisach, ale również wytycznych podmiotów które pracują, obsługują i czerpią korzyści z danego obiektów. Pozwala to na dostosowanie SEEMP dla potrzeb danego przedsiębiorstwa bądź jednostki, a co za tym idzie stworzenie własnego narzędzia, do monitorowania określonego typu jednostki [5,11].

Przygotowanie i dostosowanie całego systemu SEEMP, można podzielić na kilka etapów:

1. Planowanie – określenie sposobu, dobór narzędzi, opracowanie programu komputerowego, które pozwolą na monitorowanie efektywności energetycznej jednostki. Jednym z bardziej istotnych elementów planowania jest określenie grupy docelowej korzystającej z tego typu narzędzia i przygotowanie danych w postaci najwygodniejszej do interpretacji przez użytkownika docelowego.
2. Prace projektowe – polegające na przygotowaniu koncepcji oprogramowania, sposobu jego realizacji oraz przeprowadzenie testów na wybranej grupie użytkowników i dostosowanie programu.

3. Wdrożenie – przygotowanie użytkownika docelowego do obsługi narzędzia, naniesienie poprawek i przygotowanie systemu do akwizycji danych.
4. Monitoring – wykorzystanie systemu do ciągłego monitorowania efektywności energetycznej jednostki.

Propozycja stworzenia systemu SEEMP dla jednostek rybackich oparta jest o wskaźnik EEOI odpowiednio zinterpretowany i dostosowany do specyfiki pracy monitorowanej jednostki rybackiej.

Wskaźnik efektywności eksploatacyjnej EEOI zdefiniowany przez (IMO) – pozwala na bieżącą ocenę efektywności jednostki i jest definiowany następująco:

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j C_{Fj}}{m_{cargo} D} [tCO_2/mM] \quad (1)$$

gdzie:

FC_j – masa zużytego paliwa w czasie podróży (jazda w morzu i postój w porcie) przez silniki główne i pomocnicze, kotły oraz spalarkę,

C_{Fj} – współczynnik konwersji wyrażony stosunkiem masy CO_2 powstałego ze spalania zużytego paliwa rodzaju j ,

m_{cargo} – masa przewiezionego ładunku (tony) lub wykonana praca (liczba kontenerów TEU lub pasażerów) albo pojemność (GT) dla statków pasażerskich,

D – dystans w milach morskich, na którym przewieziono ładunek lub wykonano pracę transportową [6,11].

1.2. Interpretacja wskaźnika EEOI do monitorowania efektywności eksploatacyjnej jednostek rybackich

Dostosowując wskaźnik EEOI na potrzeby systemu SEEMP jednostki rybackiej, należy porównać i przeanalizować zadania rejsowe jakie wykonuje tego typu jednostka lub jednostki bliźniacze (np. zmiana pozycji, trałowanie, podróż na łowisko, powrót do portu).

Analiza i porównanie zadań wykonywanych przez te jednostki, pozwoli na dopracowanie systemu SEEMP i ułatwi monitorowanie pracy jednostki pod kątem efektywności eksploatacyjnej przy wykorzystaniu wskaźnika EEOI. Analizowane zmiany wskaźnika EEOI dla określonej jednostki, pozwolą również na planowanie napraw, remontów i wstępną ocenę stanu technicznego jednostki.

Wykorzystanie wskaźnika EEOI jako narzędzia SEEMP, poparte jest przeglądem literatury i doświadczeniem osób aktywnie pływających jak również wymaganiami stawianymi przez grupę docelową - osoby aktywnie pływające i armatorzy jednostek rybackich.

Wskaźniki EEOI dla jednostek rybackich możemy podzielić na następujące kategorie:

1. Wskaźnik EEOI liczony dla całego rejsu wg wytycznych IMO – jest najbardziej zbliżony do równania nr 1, należy tu zaznaczyć że zarówno masa zużytego paliwa, masa przewiezionego ładunku oraz dystans całkowity to sumy odpowiadających im wartości które zostały zmierzone w trakcie rejsu. Wskaźnik ten nie uwzględnia jednak bieżącego ładunku (zmiennego w trakcie trwania rejsu) na pokładzie jednostki rybackiej, co znacząco wpływa na wartość współczynnika EEOI.
2. Wskaźnik EEOI liczony dla całego rejsu z uwzględnieniem aktualnego ładunku który jednostka miała na pokładzie w trakcie wykonywania określonego zadania i dystansie przebyłym z aktualnym ładunkiem na pokładzie. Ponieważ ocena efektywności pracy poszczególnych zadań jednostki rybackiej nie jest możliwa do oceny w/w sposób należy zatem rozróżnić masę przewiezionych ryb w trakcie wykonywanego zadania, co ma istotne znaczenie ze wzg. na różne opory pływania, różne zużycia paliwa i efektywność pracy jednostki. Nawet przy wykonywaniu po-

równywalnych zadań. Wpływa to jednak na zużycie paliwa jednostki, inne opory i wykorzystanie urządzeń pokładowych, a co za tym idzie znacząco wpływa na wartość wskaźnik EEOI. Zaproponowany poniżej wskaźnik EEOI pozwala na monitorowanie efektywności energetycznej jednostki w trakcie wykonywania zadań. Ilość wykonywanych zadań w trakcie rejsu i ładunek na pokładzie uwzględnia wzór nr 2.

$$EEOI_{R1} = \frac{\sum_n FC_n C_{Fn}}{\sum_n (m_n D_n)} [tCO_2/mM] \quad (2)$$

gdzie:

FC_n – masa zużytego paliwa w czasie wykonywania określonego pojedynczego zadania przez silniki główne i pomocnicze, kotły i inne urządzenia okrętowe,

n – ilość wykonanych zadań przez jednostkę,

C_{Fn} – współczynnik konwersji wyrażony stosunkiem masy CO_2 powstałego ze spalania zużytego paliwa,

m_n – masa przewiezionego ładunku - ilość ładunku na pokładzie jaka znajduje się w trakcie wykonywania zadania (ładunek ryb na pokładzie),

D_n – dystans w milach morskich, jaki pokonała jednostka w trakcie wykonywania określonego zadania, z określonym ładunkiem na pokładzie [6,11].

3. Wskaźnik EEOI liczony dla całego rejsu z uwzględnieniem aktualnego połowu przy wykonywanym zadaniu (ilość podjętych ryb w tonach). Ponieważ efektywność tych samych zadań może być różna, zależna od bieżącego ładunku na pokładzie, należy zatem rozróżnić również współczynnik EEOI, gdzie jako wartość ładunku przyjmuje się wartość aktualnego połowu.

$$EEOI_{R2} = \frac{\sum_m FC_m C_{Fm}}{\sum_m (m_m D_m)} [tCO_2/mM] \quad (3)$$

gdzie:

FC_m – masa zużytego paliwa w czasie wykonywania pojedynczego określonego zadania przez silniki główne i pomocnicze, kotły i inne urządzenia okrętowe,

m – ilość wykonanych zadań przez jednostkę,

C_{Fm} – współczynnik konwersji wyrażony stosunkiem masy CO_2 powstałego ze spalania zużytego paliwa,

m_m – masa ładunku podjętego z wody przez jednostkę w trakcie wykonywania zadania (wielkość bieżącego połowu),

D_m – dystans w milach morskich, jaki pokonała jednostka w trakcie wykonywania określonego zadania [6,11].

Porównanie poszczególnych zadań dla jednostek bliźniaczych lub dla tej samej jednostki możliwe jest przy porównywaniu współczynnika EEOI chwilowego, liczonego dla bieżącego działania. Ponieważ ładunek przewożony przez jednostkę ma znaczący wpływ na opory, a co za tym idzie na wartość współczynnika EEOI, należy więc rozróżnić dwa rodzaje współczynnika EEOI chwilowego.

Wskaźniki EEOI chwilowy dla bieżącego działania można podzielić na:

1. Wskaźnik EEOI liczony dla bieżącego działania, przy uwzględnieniu aktualnego obciążenia energetycznego jednostki i bieżącego ładunku.

$$EEOI_1 = \frac{FC_m C_{Fm}}{m_m D_m} [tCO_2/mM] \quad (4)$$

gdzie składowe wskaźnika definiowane są tak samo jak dla wskaźnika $EEOI_{R1}$ – przedstawionym we wzorze nr 2.

- Wskaźnik $EEOI$ liczony dla bieżącego działania przy uwzględnieniu bieżącego połowu.

$$EEOI_2 = \frac{FC_n C_F}{m_n D_n} [tCO_2/mM] \quad (5)$$

gdzie składowe wskaźnika definiowane są tak samo jak dla wskaźnika $EEOI_{R2}$ – przedstawionym we wzorze nr 3.

2. PROGRAM KOMPUTEROWY

2.1. Cel opracowania programu

Ze względu na mnogość wskaźników $EEOI$, zaproponowanych do oceny efektywności eksploatacyjnej jednostki rybackiej, opracowano program komputerowy który ma ułatwić analizę tego wskaźnika, ale również pozwolić na przechowywanie danych, przeglądanie danych archiwalnych i bieżącą analizę pracy jednostki. Możliwie to jest poprzez permanentne dokonywanie obliczeń jak również porównywanie wskaźnika $EEOI$ z danymi archiwalnymi, zarówno dla jednostki wybranej jak i z jednostkami bliźniaczymi wykonującymi podobne działania.

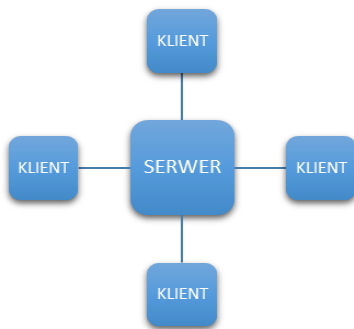
2.2. Struktura programu i działanie

Program komputerowy został przygotowany w dwuwarstwowej architekturze klient-serwer. Rozwiązanie to zostało zastosowane w celu ułatwienia dostępu do danych z dowolnego miejsca (komputera podłączonego do Internetu), ale również w celu uproszczenia procedury zbierania danych i ich analizy.

Przygotowano dwa moduły dla proponowanego systemu:

- moduł nadrzędny – jednostka centralna pełniąca rolę serwera, do której spływają wszystkie dane,
- moduł podrzędny – aplikacja instalowana na urządzeniu użytkownika końcowego.

Użytkownik końcowy systemu, może korzystać z dowolnych modułów obliczeniowych, wybranych przez siebie na potrzeby własnej jednostki rybackiej.



Rys. 1. Architektura programu komputerowego, jako elementu Okrętowego Planu Zarządzania Efektywnością Energetyczną.

Użytkownik końcowy systemu, może korzystać z dowolnych modułów obliczeniowych, wybranych przez siebie na potrzeby własnej jednostki rybackiej.

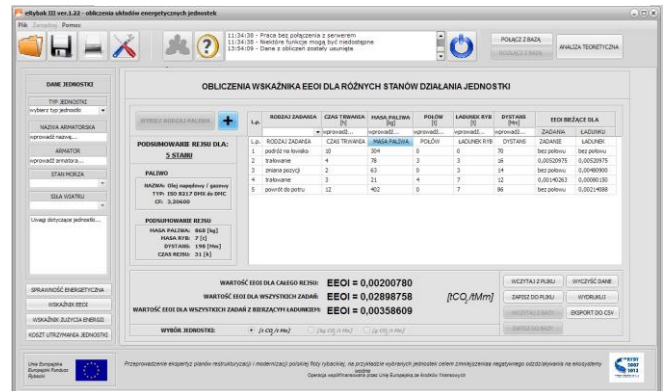
Dane przesyłane na serwer lub zapisywane do pliku, mogą być jednocześnie prezentowane za pomocą wykresów jak również w postaci obliczonej wartości wskaźnika $EEOI$. Istotne jest tu dążenie do osiągnięcia możliwie małej wartości wskaźnika $EEOI$ poprzez szereg działań sprzyjających zmniejszeniu zużycia paliwa przez jednostkę.

Prezentowany program pozwala na monitorowanie tego na bieżąco w trakcie pracy jednostki przy wykorzystaniu kilku parametrów:

- rodzaj wykonywanego zadania przez jednostkę,
- dystans przebyty przez jednostkę w trakcie wykonywanego zadania,
- masa przewożonego ładunku przez jednostkę,
- masa zużytego paliwa przez jednostkę.

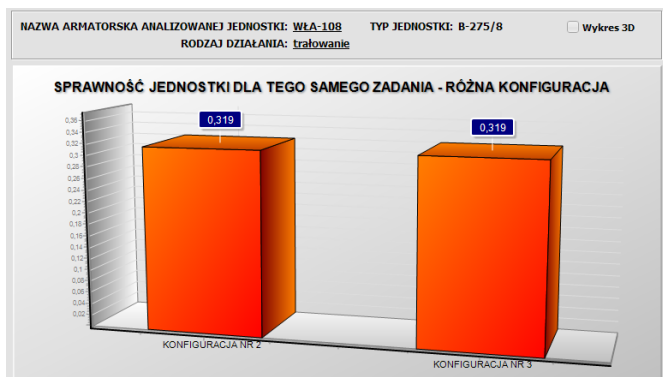
Parametry dotyczące paliwa można wprowadzić jako stałe, co znacznie ułatwia bieżącą analizę pracy jednostki.

Analiza wskaźnika $EEOI$ zarówno dla poszczególnych działań jak i dla całego rejsu została zaprezentowana na rysunku nr 2.



Rys. 2. Struktura programu komputerowego, przeznaczonego do analizy wskaźnika $EEOI$, program w trakcie analizy kolejnych zadań rejsowych [1].

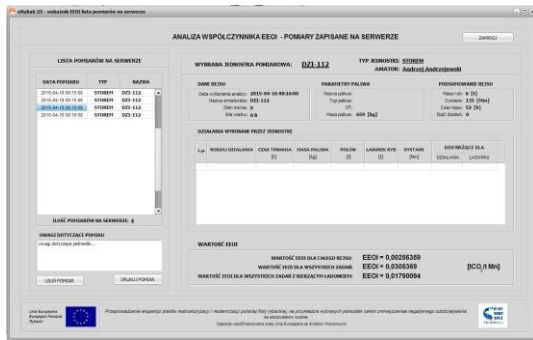
Dane zapisane na serwerze lub w plikach mogą być prezentowane również w postaci wykresów, gdzie możliwe jest porównywanie wskaźnika $EEOI$ dla kilku jednostek w trakcie wykonywania tych samych działań.



Rys. 3. Przykładowy wykres wykonany w prezentowanym programie wykonany dla jednej jednostki przy dwóch różnych konfiguracjach układu energetycznego [1].

2.3. Zbieranie i przechowywanie danych

Dane dotyczące prac wykonywanych przez jednostkę rybacką mogą być zbierane w czasie rzeczywistym (w trakcie wykonywania działań przez jednostkę) i zapisywane bezpośrednio na serwerze. Dane które są zapisane na serwerze, użytkownik może odczytać w dowolnym momencie, jeśli tylko jego program (końcówka) ma możliwość połączyć się z serwerem.



Rys. 4. Odczyt danych zapisanych na serwerze [1].

W przypadku braku dostępu do serwera lub gdy połączenie z serwerem nie jest możliwe, użytkownik może zapisać dane dotyczące pojedynczego działania lub całego rejsu do pliku, a następnie dane te mogą być ponownie wczytane przez użytkownika systemu. Po uzyskaniu połączenia z serwerem, dane które wcześniej zostały zapisane do pliku, mogą zostać zapisane na serwerze.

System pozwala również na analizę czysto teoretyczną lub wprowadzenie danych dla jednostki która wykonała rejs w przeszłości, a parametry pracy w trakcie wykonywania poszczególnych zadań zostały zapisane.

Wszystkie dane dotyczące jednostki które zostały wprowadzone do systemu i są zapisane na serwerze, są dostępne w programie z dowolnego komputera połączonego z serwerem. Wykorzystując te dane można dokonywać obliczeń wskaźnika EEOI, porównywać na wykresie wskaźnik EEOI dla różnych jednostek lub różnych działań. Możliwy jest również wydruk wyników obliczeń wskaźnika EEOI w postaci odpowiednio przygotowanych raportów.

3. ROZWÓJ OPROGRAMOWANIA

Proponowany autorski program komputerowy jest innowacyjnym rozwiązaniem, mającym na celu opracowanie oprogramowania wspomagającego pracę jednostki rybackiej i może być propozycją stworzenia oprogramowania będącego elementem SEEMP, określonego jako – Komputerowe Wspomaganie Pracy Jednostki Rybackiej (CAFV – COMPUTER AIDED FISHING VESSEL). Oprogramowanie to, może być stosowane jednak nie tylko jako element nadzoru siłowni okrętowych, ale również jako element systemu diagnostyki przy porównywaniu podobnych działań wykonywanych przez jednostkę.

Architektura systemu pracującego w układzie klient- serwer pozwala na dostosowanie systemu nie tylko do analizy wskaźnika EEOI dla jednostek rybackich, ale również do innych systemów nadzoru i diagnostyki, gdzie wymagana jest zdalna akwizycja danych, zbieranych z dowolnego obiektu w dowolnym miejscu, z przesyłaniem ich na serwer. Proponowany program jako element SEEMP może być dostosowany do charakterystyk określonego typu przedsiębiorstwa, jednostki, armatora wg wytycznych nie tylko zawartych w przepisach ale również wytycznych podmiotów które pracują, obsługują i czerpią korzyści z danego obiektu.

W przyszłości przewiduje się rozbudowę programu o dostęp z poziomu urządzeń mobilnych opartych o system Android i rozszerzenie go o dodatkowe moduły, potrzebne grupie docelowej.

PODSUMOWANIE

Prezentowany autorski program komputerowy, służący do monitorowania efektywności eksploatacyjnej jednostki rybackiej, pozwala na permanentne i bieżące ocenianie efektywności eksploatacyjnej jednostki. W przypadku gromadzenia danych dotyczących tej samej jednostki i jednostek bliźniaczych, system ten może służyć

również jako element diagnostyki układu energetycznego jednostki rybackiej, gdzie porównywanie podobnych działań jednostki może opisywać również stan techniczny jednostki i jej urządzeń. Ze względu na uwzględnione specyfiki pracy jednostek rybackich i zaproponowaną ilość wskaźników EEOI, przyporządkowanych do określonych zadań, narzędzie w postaci programu komputerowego będącego jednocześnie elementem SEEMP, jest innowacyjnym rozwiązaniem.

BIBLIOGRAFIA

1. Instrukcja obsługi programu e-Rybak III, Szczecin 2014.
2. Przepisy klasyfikacji i budowy małych statków morskich, Polski Rejestr Statków, Gdańsk 2005.
3. Behrendt C., Analysis of fishing cutters of the polish fishing fleet and structure of their power system, Conference DEMat'13, Rostock, Germany 2013, Materials pp. 253 – 261.
4. Behrendt C., (redakcja i współautor), Raport z realizacji projektu nr 00017-61535-OR1600006/06 w ramach Sektorowego Programu Operacyjnego Rybołówstwo i Przetwórstwo Ryb 2004-2006, działanie 4.6: Działania innowacyjne i inne pt. Opracowanie wytycznych do modernizacji jednostek rybackich w aspekcie zmniejszenia nakładów energetycznych i oddziaływania na środowisko, Szczecin 2008.
5. Głowacki B., Behrendt C., Wykorzystanie metody nadzoru efektywności energetycznej jednostki rybackiej, DIAGO 2016, Technicka Univerzita Ostrava, Ostrava 2016, str. 46-52.
6. Głowacki B., Behrendt C., Energy Efficiency Operational Indicator – Assessment Tool of the Energy Efficiency for Fishing Cutters., TRANSCOM 2015, University of Zilina, Zilina, 22-24.06.2015, str. 35-38.
7. Głowacki B., Behrendt C., Computer- assisted Assessment of Energy Efficiency for Ship Power Systems on the Example of Fishing Cutters., TRANSCOM 2015, University of Zilina, Zilina. 22-24.06.2015, str.31-34.
8. Michalski R., Zeńczak W., Analiza proekologicznych sposobów i urządzeń, systemów napędu urządzeń pokładowych i połowowych łodzi i kutrów rybackich, Szczecin 2008, opracowanie w ramach Sektorowego Programu Operacyjnego „Rybołówstwo i przetwórstwo ryb 2004-2006”
9. MEPC.1/circ.684 Guidelines for voluntary use of the ship energy efficiency operational indicator (EEOI).
10. MEPC.203(62) Inclusion of regulations on energy efficiency for ships in MARPOL Annex VI.
11. PRS Nr 103/P – Wytyczne dotyczące efektywności energetycznej statków, Gdańsk 2016

Computer support for monitoring the operational efficiency of a fishing cutters as particular Ship Energy Efficiency Management Plan with using a copy of a computer program

Monitoring the operational efficiency of a fishing vessels according to IMO guidelines does not take into account the specific nature of the work of the vessels, and the proposed EEOI indicator for different types of work (fishing trip, trawling, change of position, return with load) does not give to monitor the work of the fishing unit as it assesses the transport efficiency. The use of the EEOI should be adjusted and analyzed according to the work carried out by the fishing vessels. Monitoring such an indicator is difficult because calculations do not cover the whole trip but individual work performed by the vessels. It is therefore pointless to create a program supporting the effectiveness of the work of the fishing vessels. The paper presents the use of the author's program as a SEEMP component for monitoring and analyzing the effectiveness of a fishing vessels.

Autorzy:
mgr inż. **Bartosz Głowacki** – G-DESIGN Bartosz Głowacki,
biuro@g-design.pl