



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

ANTTI ÖSTERMAN

Wärtsilä EnergoProFin potkurin vaikutus polttoainetaloudellisuuteen matkustaja-alusliikenteessä

MERENKULUN INSINÖÖRI TUTKINTO-OHJELMA

2023

TIIVISTELMÄ

Österman, Antti: Wärtsilä EnergoProFin potkurin vaikutus polttoainetaloudellisuuteen matkustaja-alusliikenteessä

Opinnäytetyö, AMK

Merenkulun insinööri

Elokuu 2023

Sivumäärä: 46

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia millä tavoilla voitaisiin vähentää fossiilisten polttoaineiden kulutusta Tallink-Siljan Itämeren matkustaja-alusliikenteessä mahdollisimman ympäristöystävällisesti ja kustannustehokkaasti.

Pääkysymyksenä tutkimuksessa oli Wärtsilä EnergoProFin potkurin vaikutus polttoainetaloudellisuuteen. Työssä pohdittiin myös muita mahdollisia vaihtoehtoja, kuten potkurioptimoinnin vaikutusta, sekä eri peräsintyyppien muotoilun vaikutusta vedenvastukseen ja näin ollen myös polttoaineen kulutukseen.

Opinnäytetyö perustui toimeksiantajan ja laitevalmistajan materiaaleihin, sekä omaan tutkimustyöhön.

Opinnäytetyöhön kerättiin tietoa lisäpotkurin vaikutuksista aluksen polttoainetaloudellisuuteen.

EnergoProFin lisäpotkurin voidaan todeta vaikuttaneen potkurin hyötysuhteen parantamisen toivotulla tavalla, ilman kalliimpaa ja hankalammin toteutettavaa potkurienoptimointia taikka peräsimien muuntamista.

Avainsanat: Wärtsilä EnergoProFin, potkurioptimointi, polttoainetaloudellisuus, ympäristöystävällisyys.

ABSTRACT

Österman, Antti: The effect of Wärtsilä Energoprofin propeller on fuel economy in passenger-ship traffic

Bachelor's thesis

Maritime engineer

August 2023

Number of pages: 46

The aim of the thesis was to investigate the ways in which the consumption of fossil fuels could be reduced in Tallink-Siljas's Baltic Sea passenger ship traffic as environmentally friendly and cost-effective as possible.

The main question in the study was the effect of the Wärtsilä EnergoProFin propeller on fuel economy. The work also considered other possible alternatives, such as the effect of propeller optimization, as well as the rudders on water resistance and thus also on fuel consumption.

The thesis was based on the materials of the client and the equipment manufacturer, as well as on my own research work.

For the thesis, information was collected on the effects of the additional propeller on the ship's fuel economy.

Essential information about the effects of the additional propeller on the ship's fuel economy was collected for the thesis.

EnergoProFin's additional propeller can be said to have improved the efficiency of the propeller in the desired way, without the more expensive and difficult to implement propeller optimization or rudder conversion.

Keywords: Wärtsilä EnergoProFin, propeller optimization, fuel economy, environmental friendliness.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	6
1.1 Tutkimusmenetelmä.....	8
1.2 Työn tarpeen kuvaaminen.....	8
1.3 Työn toimeksiantaja	9
2 BALTIC PRINCESS PROPULSIOJÄRJESTELMÄ	10
2.1 Moottorit	10
2.2 Potkurit	11
2.3 Peräsimet.....	12
2.4 Vaihteisto	13
2.5 Akseligeneraattori	13
3 PERÄSIMET, POTKURIT JA VIRTAAKSEN OHJAIMET	15
3.1 Vaihtoehtoisten mallien hyödyt ja haitat.....	15
3.2 Ruoripotkurit.....	15
3.3 Wärtsilä-EnergoPac System	19
3.4 High Performance Nozzle, Wärtsilä tunneliperäsin.....	20
3.5 Wärtsilä Gate rudder	23
3.6 Wärtsilä Energoflow	25
3.7 Potkurioptimointi.....	26
4 ENERGOPROFIN	29
4.1 Wärtsilä-EnergoPac System	29
4.2 EnergoProFin lisäpotkurin asennus	34
4.3 EnergoProFin melu ja resonanssit	34
5 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	35
6 YHTEENVETO	38
7 KEHITYSIDEOITA.....	39
8 JÄLKISANAT	42
LÄHTEET	45

ALKUSANAT

Kiitos Tallink-Siljalle Baltic Princess aluksen konepäälliköille ja tekniselle tarkastajalle opinnäytetyön aiheesta ja opinnäytetyön ohjaajalle asiallisesta opastuksesta.

Kiitos Wärtsilän (Suomi/Norja/Hollanti) myyntiosastojen teknisestä tietämyksestä ja tuesta. Opinnäytetyön tekeminen auttoi itseä ymmärtämään potkuri-tekniikan ja peräsimen vaikutuksia, sekä haastoi pohtimaan mahdollisia parannusehdotuksia potkuri- tehokkuuteen ja polttoainetaloudellisuuteen, joista uskon olevan tulevaisuudessa töissäni apua valmiina merenkulun insinöörinä.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aiheena on Wärtsilä EnergoProFin potkurin vaikutus polttoainetaloudellisuuteen. Itämeren matkustaja-aluksilla on herännyt kiinnostusta entistä ympäristöystävällisempään liikennöintiin ja Wärtsilä EnergoProFin saattaisi olla kustannustehokkain tapa, koska siinä ratkaisussa ei tarvitsisi vaihtaa laivan pääkoneita toisen tyyppiin eikä muokata aluksen runkoa.

Potkurien ja/tai peräsimien vaihto vs. pääkoneiden vaihto? Tässä puhutaan aivan eri mittakaavan kustannuksista, vaikka eiväthän potkurien ja peräsimien muuntelutkaan varsinaisesti mitään edullisia sijoituksia ole, mutta huomattavasti kuitenkin moottorien vaihtoa edullisempia ja helpompia toteuttaa.

Potkurien suorituskyvyn lisääminen potkureita optimoimalla taikka paranneltuja potkuri/peräsin vaihtoehtoja asentamalla kyseiselle runkomuodolle ja liikennealueelle sopivaksi, vaati tarkempia tutkimuksia ennen kuin laivayhtiö olisi halukas sellaisiin panostamaan, taikka ottamaan suurta taloudellista riskiä.

Matkustajalaivat välillä Turku-Tukholma eroavat käyttötavoiltaan huomattavasti pidempiä merimatkoja taittavista aluksista. Kyseiselle reitille mahtuu vaihtelevasti monenlaisia nopeusrajoituksia, koska molempia kaupunkeja edeltää sokkeloinen saaristo, jonka jälkeen aukeaa jälleen avomeri.

Muuttuvat tehontarpeet ovat tunnusomaisia tällä linjalla, jonka vuoksi pääkoneita käynnisteellään ja pysäytellään toistuvasti. Aluksen haluttuun nopeuteen ei juurikaan voida vaikuttaa, koska kyseessä on erittäin tarkasti aikataulutettu linja.

Mikäli potkurien tai peräsimien muokkauksilla saavutettaisiin laitevalmistajien laskemia ja mallintamia säästöjä, taikka ne toisivat muutosta nykyisenkaltaisiin ajotapoihin, voitaisiin alkaa puhumaan mittavista rahallisista säästöistä vuositasolla. Ympäristölle pienempi polttoaineenkulutus näkyisi vastaavasti suoraan myös pienentyneinä päästöinä.

Laivan päällä polttoaineasiat ilmenevät siten, että lähes päivittäin alukseen tankataan valtavat määrät polttoainetta, joka kulutetaan moottoreissa pois seuraavaan päivään mennessä. Fossiilisten polttoaineiden hinnan alenemiselle ei näyttäisi olevan järkeviä perusteita, joten ennen kuin laiva kokonaan uusiutuu taikka pääkoneet uusittaisiin, on lisäpotkurin mahdollisuus polttoainesäästöön selvitettävä.

Aihepiiri on itselleni sydäntä lähellä huvivenepuolelta, jossa olen jo vuosia hakenut polttoainetaloudellisuuden parantumista potkureita optimoimalla ja muokkaamalla jo olemassa olevia potkureita sekä peräsimiä omien ja asiakkaitteni veneisiin. Omassa veneenveistoyrityksessäni olen muokannut jo olemassa olevia potkureita ja peräsimiä lähes 20 vuoden aikana lukuisiin veneisiin, joten käytännön kokemusta aiheesta on kertynyt vuosien varrella mittavasti.

Potkurioptimoinnin ja peräsinteknologian muokkausten vaikutukset omassa työssäni veneenveistäjänä, kunkin aluksen ominaisuuksia vastaaviksi, on tuonut huomattavan lupaavia tuloksia ja samaa on tarkoitus soveltaa isompiinkin aluksiin tätä aihetta lisää tutkimalla.

Tässä opinnäytetyössä otan tarkasteluun Wärtsilän valmistaman EnergoProFin lisäpotkurin, joka yksinkertaisuudessaan ja asennuksen nopeudellaan on helpoimmasta päästä keinoja vaikuttaa aluksen polttoainetaloudellisuuteen.

Perehdyn myös eri vaihtoehtojen vaikutuksista polttoainetaloudellisuuteen siten, että työn tilaajalle selkeytyisi mahdollinen halukkuus investoida muutostöihin myös yhtiön muilla aluksilla.

Koska työn tilaajana on varustamo, jonka tuloksista mahdollisesti hyötyvät pääasiassa varustamon tekninen henkilökunta, jotka koulutuksensa puolesta tietävät potkuri- ja peräsinten peruserätykset, en ole nähnyt tarpeelliseksi sen suuremmin avata niiden kehityskulkua historian valossa. Potkuri- ja peräsintarjontaa on maailmalla tarjolla muillakin valmistajilla, mutta tutkimukseni olen rajannut aihepiiriin lähinnä Wärtsilän tarjoamiin vaihtoehtoihin koska suurena toimijana merenkulkualalla heillä on kattavasti vaihtoehtoja tarjolla.

1.1 Tutkimusmenetelmä

Tutkimusmenetelmänä on laadullinen tutkimus, jossa vertailen eri vaihtoehtojen vaikutusta polttoainetaloudellisuuteen. Tutkimusasetelmana on tapaustutkimus: EnergoProFin vs. muut Wärtsilän tarjoamat vaihtoehdot, sekä ympäröivät potkurit.

Tutkimukseen tulen etsimään tietoa laitevalmistajan materiaaleista, sekä haastattelen Siljalinen konepäälliköitä ja teknistä tarkastajaa saadakseni tarkemman käsityksen

EnergoProFin lisäpotkurin käytännön vaikutuksista aluksen polttoainetaloudellisuuteen.

Siljalinen aluksista kahdella on jo käytössään kyseinen EnergoProFin lisäpotkuri, jonka vaikutuksia aluksen polttoainetaloudellisuuteen tarkastellaan työn edetessä.

Näiden lisäpotkureiden vaikutusta polttoainetaloudellisuuteen verrataan myös muihin toimenpiteisiin, jotka työnä olisivat hankalampia ja kalliimpia toteuttaa, vaikkakin vaikutukset polttoainetaloudellisuuteen olisivat vielä EnergoProFin potkurin vaikutuksia suurempia.

1.2 Työn tarpeen kuvaaminen

Tallink Silja Oy:llä oli jo aiemmin pohdittu tapoja, joilla polttoainetaloudellisuutta voitaisiin parantaa yhtiön aluksilla järkevillä sijoituksilla ja tähän tarpeeseen oli tarkoitus etsiä vastauksia opinnäytetyön muodossa.

Baltic Prinsessin ollessa edellisen kerran kuivatelakalla havaittiin aluksen peräsimiin alkaneen ajan kuluessa syntymään epäsuotuisia kulumia, jotka vaikuttivat johtuneen potkuriin aiheuttamista pyörteistä. Tähän asiaan haluttiin ennaltaehkäisevästi puuttua ennen kuin ongelma paisuisi kosmeettista haittaa

suuremmaksi ongelmaksi, jolloin päätettiin kokeilla Wärtsilän EnergoProFin potkurien asentamista nykyisten potkurien napaan, koska sillä luvattiin olevan suotuisia vaikutuksia polttoainesäästöjen lisäksi myös peräsimien kulumisen vähentymiseen. Tällöin samalla saataisiin kokemuksia toteutuneista polttoainesäästöistä sekalaisessa ajossa.

Työn tilaajalla oli toiveena työn suhteen, että saataisiin etsittyä aiheesta jotain sellaista tietoa, jonka varassa yhtiö voisi harkita vastaavanlaisia investointeja muihinkin aluksiinsa.

1.3 Työn toimeksiantaja

Toimeksiantaja on nykyinen työnantajani Tallink Silja Oy, joka on osa AS Tallink Gruppia, joka taas on yksi Itämeren alueen suurimmista matkustaja- ja rahtiliikenne varustamoista. Yhtiö liikennöi aluksia Silja Line -brändin alla Helsingistä ja Turusta Ahvenanmaan kautta Tukholmaan. Lisäksi Tallink Silja Oy myy välittäjänä AS Tallink Gruppın operoimia laivoja, jotka liikennöivät Tallink brändin alla mm. reitillä Helsingistä Tallinnaan.

Tallink Silja Oy toimii Helsingissä ja Turussa sekä tytäryhtiö Sally Ab Maarianhaminassa. Yritys työllistää maalla noin 250 ja merellä noin 700 henkilöä.

AS Tallink Grupp on listattu Tallinna pörssissä vuodesta 2005 ja Helsingin pörssissä joulukuusta 2018 alkaen. Sijoittajaviestinnästä vastaa AS Tallink Grupp. (Tallink Silja oy esittely, 2023)

2 BALTIC PRINCESS PROPULSIOJÄRJESTELMÄ

2.1 Moottorit

Laivan moottorit vastaavat aluksen työntövoimasta. Laivamoottorit ovat lämpömoottoreita, joita käytetään polttoaineen polttamisesta syntyvän lämmön muuntamiseen hyödylliseksi työksi, esimerkiksi lämpöenergian kehittämiseen ja sen muuntamiseen mekaaniseksi energiaksi. (Engineeringlearn.com, 2023)

Baltic Princessillä Pääkoneet, ovat tyypiltään Wärtsilä 16V32-dieselmootto-reita, jotka tuottavat yhteensä 32000 kW tehon. Aluksen ajaman linjan vuoksi tehon tarpeen säätely on jatkuvaa, joten koneita on kytkettynä potkuriakseleille 1–4 kappaletta aina kulloinkin halutun nopeuden mukaisesti.

Pääkoneet numeroilla 1 ja 2 yhdistyvät yhteiseen vaihdelaatikkoon, josta lähtee edelleen yksi potkuriakseli potkurille. Toisella puolella köliä sijaitsevat pääkoneet 3 ja 4, jotka samalla tavalla kytkeytyvät vaihdelaatikon ja potkuriakselin kautta toista potkuria pyörittämään.

Tällä konstruktiolla, jossa käytössä on 1–4 kpl pääkoneita kerrallaan, voidaan yleensä ajaa pääkoneita optimaalisella hyötysuhteella, eli noin 85 % tehoilla, käytössä olevien koneiden lukumäärää säätelemällä. Käytännössä ei siis ajeta aina kaikilla neljällä koneella pienillä tehoilla, taikka yhdellä koneella täysillä, vaan pyritään ajamaan koneiden parhaimman hyötysuhteen alueella ja säätämään mieluummin akselille kytkettyjen koneiden lukumäärää.

Tähän tavoitteeseen päästäänkin yleensä melko hyvin lukuun ottamatta vähäisiä poikkeustilanteita, kuten vaikka ruuhka-aikaan kapeissa paikoissa Tukholman saaristossa, jolloin joudutaan etenkin kesäisin väistelemään muuta vesiliikennettä. Tällöin tyydytään pieniä hetkiä ajamaan olosuhteiden pakosta huomionomalla hyötysuhteella. Pääkoneiden käynnistäminen ja sammuttaminen vaatii aina oman aikansa, joten niiden lukumäärää ei aleta ajossa vähäisen tehonsäädön tarpeen vuoksi vaihtelevaan, vaan tällöin ajetaan muutamia minuutteja kaikilla neljällä koneella (mikäli ne olisivat jo käytössä) vajaalla teholla,

silloin kuin nähdään että tehontarve tulee oletettavasti seuraavaksi pian taas lisääntymään. Tehonsäädöntarpeen ollessa pidempiaikaisempaa kuin vain muutamia minuutteja, aletaan koneita kytkemään potkuriakseleille lisää taikka vähemmän tarpeen mukaan.

Pääkoneiden jälkeen vaihdelaatikossa ja potkuriakselilla tulee luonnollisesti tehohäviöitä, jotka tässä yhteydessä jätetään vaille huomiota, koska tarkoituksena on keskittyä ainoastaan potkuriakselin päästä saatavan voiman mahdollisimman tehokkaaseen kokonaishyötysuhteeseen.

2.2 Potkurit

Potkuri on pyörivä viuhkamainen rakenne, jota käytetään laivan liikuttamiseen käyttämällä aluksen pääkoneen tuottamaa ja välittämää tehoa, joka muunnetaan pyörivästä liikkeestä työntövoiman tuottamiseksi, joka vaikuttaa alukseen ja työntää sitä eteenpäin. Laiva kulkee Bernoullin periaatteen ja Newtonin kolmannen lain perusteella. Potkurin evien etu- ja takapuolelle syntyy paine-ero ja vesi kiihtyy evien taakse. (Marineinsight.com, 2023)

Potkuri muuntaa pääkoneiden tuottaman akselin kiertoliikkeen työntövoimaksi, jonka hyötysuhde taas riippuu suuresti suunnitteluteknisistä yksityiskohdista.

Potkurin veteen välittämän optimaalisen tehonsiirron vuoksi, pääkoneiden tuottaman kiertoliikkeen muuntamisessa potkurin työntäväksi voimaksi, on potkurin suunnittelu erittäin tärkeässä roolissa mietittäessä aluksen polttoaineen kulutusta. Mitä enemmän saadaan minimoitua häviöitä potkurin työntövoimaan, sitä vähemmän polttoainetta kuluu saman nopeuden saavuttamiseksi aluksella.

Perinteisesti potkurin mitoittamisessa kaupallisessa merenkulussa on annettu painoarvoa halutun nopeuden saavuttamiseksi tietyllä koneteholla, mutta nykyisillä polttoainehinnoilla ja ympäristötietoisuuden lisääntyä on alettu kiinnittämään aiempaa enemmän huomiota myös siihen, millä hyötysuhteella

potkuri työskentelee, eli kuinka vähän hukataan kallisarvoista energiaa laivan liikuttamiseen.

Potkurin tehokkuuden kannalta optimaalisinta olisi, ettei peräsintä olisi lainkaan virtauksia jarruttamassa, vaan potkurivirtaus saisi rauhassa purkautua jättösuuntaansa. Sellaisessa tapauksessa, että potkurivirtaus pääsisi täysin vapaasti purkautumaan, tarvitaan ohjailuun joku vaihtoehtoinen järjestelmä, kuten vaikka potkurin pyöritys 360° , jolloin saadaan potkurin työntövoimaa valjastetuksi myös ohjailukäyttöön.

Perinteinen potkurin perään sijoitettu peräsin aiheuttaa potkurin jättövirtaukseen vastusta, koska virtaus törmää suurella voimalla peräsimen etureunaan aiheuttaen virtaukseen poikkeamia, jotka haittaavat veden esteetöntä liikkuamista potkurilta avoveden suuntaan. Tällainen peräsin on toki varsin yksinkertainen toteuttaa, mutta propulsioon hyötysuhdetta ajatellen ja koko laivan elinlälle kaikkiin kustannuksiin suhteutettuna on olemassa muitakin ratkaisuja, jotka hankintahinnaltaan ovatkin kalliimpia, mutta joiden kanssa operoiden päästään parempiin tuloksiin polttoainetaloudellisuuden kannalta.

Baltic Princessillä on käytössään kääntösiipipotkurit, joiden lapakulmia voidaan säädellä ajon aikana. Eli vaikka potkuriakseli pyöriikin tasaisella nopeudella, niin potkurin työntövoimaa voidaan samalla säädellä lapakulmia muuttamalla. Kääntösiipipotkureilla akselin kiertosuunta säilyy aina samana, koska aluksen peruuttaminen tapahtuu potkurin lapakulmia negatiiviseen suuntaan kääntämällä, eikä kiertosuuntaa vaihtamalla kuten kiinteäsiipisissä vaihtoehdoissa.

2.3 Peräsimet

Peräsin on ohjauslaite, jolla ohjataan vesialusta. Suurin peräsimen kääntymiskulma on yleensä 35–40 astetta. Peräsin kääntää virtauksen aluksen peräpäässä sivulle, jolloin pohjan muodosta tulee epäsymmetrinen. Lisääntyvä

vastus toisella puolella pyrkii kääntämään aluksen kulkusuuntaa ja myös aluksen pohjan siipiprofiili muuttuu.

Peräsin pyritään sijoittamaan potkurialuksessa potkurin taakse, jolloin myös potkurin aiheuttaman työntövoiman suunta kääntyy. (Wikipedia, 2023)

Baltic Princessillä on käytössään Becker peräsimet (KUVA 7), jossa tavanomaisiin peräsimiin verrattuna on kääntyvät lisäosat, joiden tarkoituksena on tehostaa ohjausta tiukoissa manöövereissä, eli ohjausliikkeissä.

Yhden potkurin takana on yksi Becker peräsin pystyasennossa, eli molemmilla akseleilla on oma Becker peräsin käytössään. Molempia peräsimiä voidaan operoida itsenäisesti, jolloin saadaan satamamanöövereissä tarvittavaa propulsiion ohjailutarkkuutta parannettua, verrattuna sellaiseen ratkaisuun, joissa molemmat peräsimet tottelisivat yhtä ja samaa käskyä kääntyen samassa tahdissa samaan suuntaan.

Peräsimien liikkeessä omilla ohjauskäskyillään, saadaan laivan perää ohjailtua myös sivusuunnassa, hieman ohjailupotkureiden tapaan, joka helpottaa satamassa ohjailua huomattavasti.

2.4 Vaihteisto

Laivamoottorin vaihteisto toimii hydraulioöljyn paineen työntäessä kytkinlevyt yhteen vedon kytkemiseksi ja alennusvaihte muuntaa moottorien kierrosluvun potkurille sopivaksi. (Marinedieselspecialists.com/2023)

2.5 Akseligeneraattori

Akseligeneraattori on laite, joka tekee sähköä suoraan aluksen pääkoneen potkuriakselin pyörimisliikkeestä ilman erillistä apukoneen pyörittämää generaattoria.

Akseligeneraattoria käytetään yleisesti pidemmän matkan laivoissa, koska usein näissä aluksissa pääkoneet käyttävät polttoaineenaan raskasta polttoöljyä, joka on hankintahinnaltaan edullisempaa kuin kevyempi polttoöljy, jota apukoneissa käytetään tavallisemmin polttoaineena. Laivan sähköntuotanto apukoneita käyttämällä on kalliimpaa kuin pääkoneilla tuotetun sähkön niissä laivoissa, joissa pää- ja apukoneet käyttävät eri polttoainetta.

Baltic Princessillä käytettävä polttoaine on kaikissa moottoreissa samaa, joten kustannusten säästösyistä ei olisi lainkaan tarpeellista tuottaa sähköä akseligeneraattorilla, mutta koska keulapotkurit käyttävät suhteellisen paljon virtaa, on ne kytkettynä tähän akseligeneraattorin sähköntuotantoon.

Keulapotkurien tarve on tällä linjalla tyypiltään hetkellistä eikä jatkuvaa, jolloin niiden tarvitsema teho on katsottu parhaaksi ottaa ulos akseligeneraattorista, apukoneiden tuottaessa samalla tasaisesti sähköä aluksen muuhun sähköverkostoon. Tässä ratkaisussa vältetään useamman apukoneen hankkimiselta.

Baltic Princessillä on toisella potkuriakselilla käytössään akseligeneraattori, jota voidaan pyörittää tasanopeudella siten, että generaattori saa sopivan kierrosnopeuden toimiakseen optimaalisesti ja samalla potkurin tuottama työntövoima säilyy halutun suuruisena lapakulmia säätämällä. Ilman kääntösiipipotkuria akseligeneraattorin kierrosluku ja täten myös sen tuottama sähkön määrä on koko ajan muutoksessa, jolloin ei päästäisi toivottuun tasalaatuiseen sähköntuotantoon.

Kääntösiipipotkurilla varustetun aluksen akseligeneraattorilla saadaan sähköä tarvittaessa myös laivan muuhunkin sähköverkkoon akselin pyöriessä aina optimaalisella kierrosnopeudella. Baltic Princessillä ei akseligeneraattorin antama sähkökapasiteetti yksinään riittäisi kattamaan aluksen koko sähköntarvetta, jonka vuoksi apukoneita on kolme kappaletta turvaamassa sähkönsaantia kaikkina aikoina ja kaikkiin tarpeisiin.

Tämä redundanttinen järjestelmä takaa sähkön riittävyyden kaikissa tilanteissa.

3 PERÄSIMET, POTKURIT JA VIRTAUKSENOHJAIMET

3.1 Vaihtoehtoisten mallien hyödyt ja haitat

Tässä luvussa tulen esittämään vaihtoehtoisia ratkaisuja Baltic Princessillä jo aiemmin käytössä olleille peräsimille ja potkureille. Kaikki ehdokkaat ovat ruoripotkuria lukuun ottamatta Wärtsilän tarjoamia vaihtoehtoja.

3.2 Ruoripotkurit



KUVA 1. Azipod-ruoripotkuri. (Wikipedia, 2023)

Ruoripotkuri tai kääntöpotkuri on laivoissa käytettävä potkuriyksikkö, joka on käännettävissä sen pysty akselin suhteen. Potkuriyksikkö kääntyy 360° joten se korvaa perinteisen peräsimen. Järjestelmä on toteutettu sijoittamalla sähkömoottori itse yksikköön tai akseleihin ja kulmavaihtein toteutettu voimansiirto itse koneilta. (Wikipedia, 2023)

Ruoripotkureita on olemassa erilaisia niin ulkonäöltään kuin toimintatavoiltaan, sekä valmistajia on olemassa useampia. Esimerkkikuvaan KUVA 1. valikoitui Azipod-ruoripotkuri, koska sellainen on vakiintunut käsitteeksi merenkulualalla. Omiin kokemuksiini perustuvat tiedot koskevat pääasiassa sellaisia ruoripotkureita, joissa käyttövoima välitetään aluksen sisäpuolella olevalta moottorilta kardaani akselin ja kulmavaihteen kautta pohjan lävitse potkurille. Atzipodissa taas itse sähkömoottori sijaitsee vedenalla.

Riippumatta siitä, missä työtätekevä yksikkö laitteessa sijaitsee, on kaikille ruoripotkureille yhteistä se, että potkurit voivat pyöriä 360 astetta pystyakselinsa ympäri tuottaen työntövoimaa siten myös ohjailua varten.

360 astetta ympäripyöriä potkureita on käytetty yleisesti sellaisissa aluksissa, joissa erityisen tarkka ohjailukyky on tärkeässä roolissa aluksen operatiivisen käytön kannalta, kuten losseissa, lautoissa, hinaajissa, murtajissa yms. aluksissa. Ympäripyöriävän potkurin eduista tärkein on äärimmäisen tarkka ohjailukyky ja joissain tapauksissa jopa polttoaineen säästö matka-ajossa, johtuen lähinnä peräsimen puuttumisen aiheuttaman vastuksen puuttumisesta.

Itse olen ollut ajamassa aikoinani losseja, joissa oli käytössä ympäripyöriävät potkurit. Hieman yli 30.000 rantautumista kyseisillä aluksilla on antanut melko hyvän käsityksen tällaisen propulsioedun eduista ja haitoista.

Ajamissani losseissa potkurilaitteisto oli sijoitettu aluksen pohjaan teräksisen häkkirakennelman sisälle, jotta vierasesineet eivät olisi päässeet vaurioittamaan potkuria. Häkkiin sijoitetun potkurin hyötysuhde tietysti hieman kärsii vapaassa vedessä olevaan ratkaisuun nähden, mutta tällaisessa erityiskäytössä häkkiratkaisuun oli päädytty sen potkuria suojaavan ominaisuuden vuoksi,

polttoainetaloudellisuuden ollessa pienemmässä roolissa ajomatkojen ollessa lyhyitä, yleensä noin 0,5–1 Nm suuntaansa.

Näin lyhyillä merimatkoilla ei päästy ajamaan vapaassa vedessä montaakaan minuuttia kerrallaan, jolloin joka tapauksessa oltiin kaukana ideaalitalanteesta, missä vakaisissa olosuhteissa päästäisiin ajamaan samoilla asetuksilla suoraan pidemmän matkaa.

Erikoispiirteinä näillä häkkiin sijoitetuille potkureille oli se, että toisinaan häkin sisäpuolelle juuttunut sopivan kokoinen ja muotoinen jäänkappale alkoi haittaamaan potkurin ohjausvirtauksia siinä määrin, että ajo jouduttiin keskeyttämään rantaan kiinnittymällä siksi aikaa, että jääpala saatiin hajoamaan taikka poistumaan häkistä. Lossin ollessa tukevasti kiinni rannassa voitiin potkureita pyöritellä suurella teholla kaikkiin suuntiin vuorotellen niin kauan että ongelma poistui, eli käytännössä jääpalaa murskattiin häkin sisällä niin kauan että se mahtui pienennyttyään poistumaan häkistä. Tällaista jääpalan poisto-operaatiota ei luonnollisestikaan voitu suorittaa ajossa ollessa, koska tällaisilla rajulla ohjaustoimilla alus olisi ohjautunut holtittomasti aiheuttaen vaaratilanteita.

Huonoihin puoliin näissä ympäripyörivissä potkureissa kuuluu tekninen monimutkaisuus, joka näkyy huolto- ja korjaustarpeen lisääntymisenä, sekä laitteiston suurempana hintana. Ympäripyörivien potkurin eräänä ongelmana mainittakoon myös potkurilaitteiston keskiön suurempi koko, johtuen kulmavaihteesta tai sähkömoottorista, jotka usein on sijoitettu vedenalaisiin osiin. Tämä kulmavaihte näkyy paksumpana kohtana potkurin akselilla.

Tässä ratkaisussa käytettävän kulmavaihteen paksunnoksen muotoiluun on kiinnitettävä huomattavan paljon huomiota suunnitteluvaiheessa, jotta vääränlaisella muotoilulla ei aiheutettaisi enemmän haittaa kuin hyötyä. Huonosti muotoiltu keskiö muokkasi potkurille päätyviä vesivirtauksia epäedullisemmiksi hyötysuhdetta ajatellen.

Joissain aluksissa tätä ongelmaa on yritetty ratkaista sijoittamalla potkurit ikään kuin imemään tietään eteenpäin työntämisen sijaan. Mikäli ympäripyöri-

vät potkurit asennetaan tähän imevään asentoon, niin silloin ongelmaksi nousee potkurien suurempi haavoittuvuus, koska potkurit pyörivät vapaassa vedessä imien kaiken roskan itseensä vailla minkäänlaista suojaa.

Avomerellä on jo verrattain huonoa tuuria saada osumaan potkuriin joitain suurempia vierasesineitä, mutta rantavesissä operoidessa, kuten vaikkapa sataltaassa on aina riskinä se, että potkuri voi imaista virtauksiinsa vierasesineitä, jotka taas mahdollisesti rikkoisivat potkurin, akselin, vaihteiston taikka jopa moottorin osia.

Esimerkiksi pienemmissä aluksissa moottorin turboahdin ei sanottavasti pidä siitä, että täysiltä kierroksilta moottori sammuu yhtäkkiä potkurin törmätessä isompaan kappaleeseen, turboahtimen jatkaessa vielä kuumana pyörimistään ilman konevetoista voitelua.

Tämän olen käytännössä saanut huomata losseilla. Suuremmissa aluksissa turbon voitelu on järjestetty hieman eri tavalla, eikä laivakokoluokan moottoreilla ole tapana sammua ajossa muutenkaan aivan pienempiin osumiin potkurissa, näin omiin kokemuksiini perustuen.

3.3 Wärtsilä-EnergoPac System

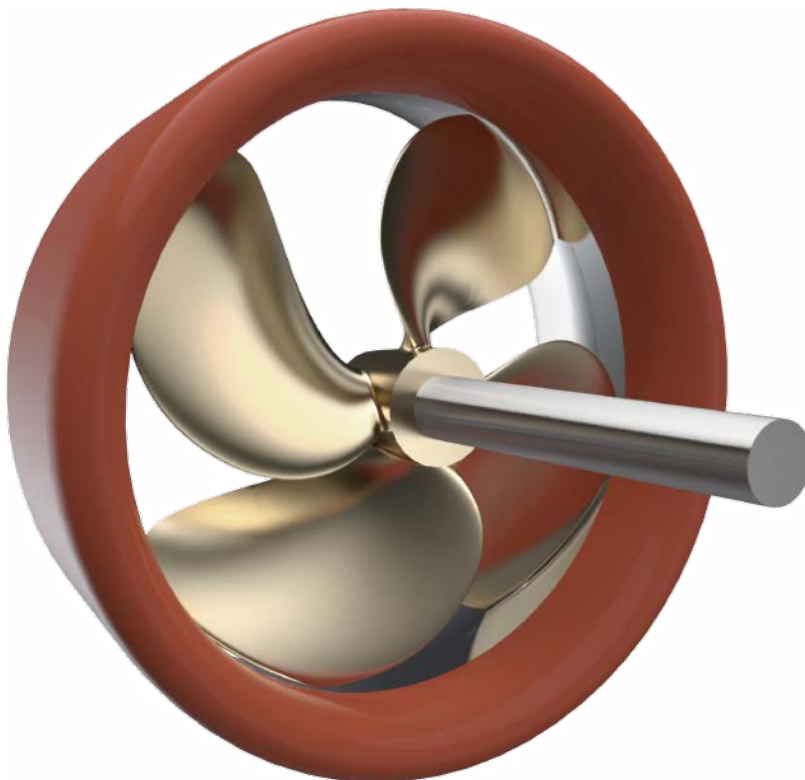


KUVA 2. EnergoPac System. (Wärtsilä, 2023)

Wärtsilällä on olemassa myös tällainen ratkaisu potkuvirtojen hallitsemiseen, joka kulkee nimellä EnergoPac System KUVA 2. Tässä systeemissä potkurin perään suunnitellaan sellainen peräsin, joka muotoilullaan täyttää potkurin ja peräsimen välisen tyhjän tilan lähes kauttaaltaan, jolloin virtauksien hallinta on parempaa, polttoainetaloudellisuus paranee, ohjailukyky lisääntyy, värinät pienentyvät ja käyttömukavuus parantuu. Wärtsilän laajempien tutkimusten mukaan, esimerkiksi matka-ajossa, kurssin pitämiseksi vaadittavat ohjausliikkeet muuttuvat minimaalisen pieniksi verrattuna tavanomaisiin peräsiimiin.

EnergoPac System:illä polttoainesäästöissä on päästy 2–9 % tuloksiin. (wärt-silä.com, 2023)

3.4 High Performance Nozzle, Wärtsilä tunneliperäsin



KUVA 3. High Performanse Nozzle. (Wärtsilä, 2023)

Wärtsilän myyntiesitteen mukaan, tämä High Performance Nozzle KUVA 3. Tarjoaa:

- Suuren työntövoiman nopeuden ollessa 0.
- Loistavat peruutusominaisuudet
- Sama sisäkoko kuin vanhoissa tunnelipotkureissa
- Optimoitu tietokonemallinnuksia käyttäen
- Jopa 5 % parempi paaluvetokyky kuin vanhemmilla tunnelipotkureilla

Tässä käydään lävitse tunneliperäsien ominaisuuksia yleisellä tasolla, jotka pääpiirteittäin kuvaavat myös Wärtsilän versiota tutusta aiheesta.

Tunneliperäsin muodostuu nimensä mukaisesti tunnelista, jonka sisällä potkuri pyörii. Tunneliperäsimiä on valmistettu vuosikymmeniä erityyppisiä ja suurimman käyttäjäryhmän ovat muodostaneet pienemmät ja ketterämmät alukset, joissa tarvitaan suurta paaluvetokykyä. Hinaajiin on useasti nähty asennettuna tämän tyyppisiä peräsimiä. Tunneliperäsien suurimpana valttina on paaluvetokyvyn lisääntyminen, koska potkurivirta pakotetaan kulkemaan tunnelin lävitse.

Tunneliperäsin siis yksinkertaisesti suuntaa työntövoimaansa hieman samaan tapaan kuin vesisuihkuvetolaite (jet thruster) joka imee tunnelin etupuolelta vettä, jonka se sitten puhaltaa vesivirtana tunnelin takapuolelta ulos synnyttäen työntövoimaa.

Tunneliperäsimen hyötyihin voidaan lukea myös se, että useimmissa tapauksissa potkuri voidaan suojata hyvin ulkoisilta iskuilta, josta esim. tukkilauttoja kootessa taikka kalastustehtävissä on suurta hyötyä. Eli käytännössä suojattamalla potkurilla voidaan mennä operoimaan sellaisiin paikkoihin, joihin avoimella potkurilla ei olisi mitään asiaa potkurin vaurioitumisen pelossa.

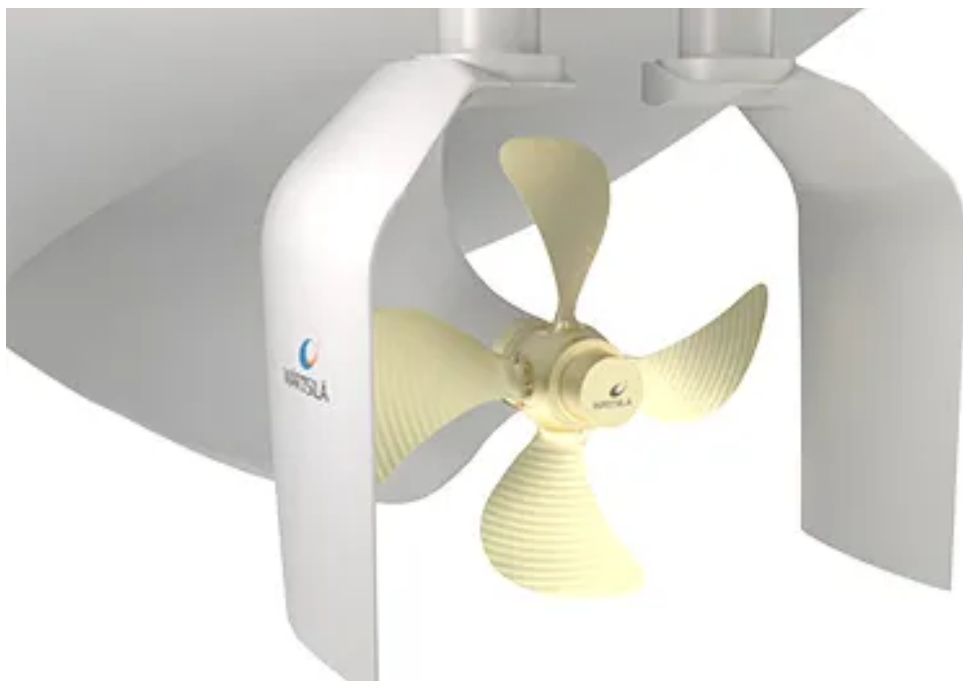
Omien kokemusteni mukaan, tunneliperäsimellä varustetun aluksen ajaminen eroaa tavanomaisella peräsimellä varustetun aluksen ohjailusta, koska paikoillaan tapahtuvaa potkurin sivuttaissiirtymää, ”potkurin kävelyä” (Prop Walk) ei esiinny juuri lainkaan tunneliperäsimen suunnatessa työntövoimaansa heti vetoa päälle kytkettäessä tiettyyn suuntaan. Pienveneissäkin prop walk ilmiön huomaa siinä, että peruuttaessa veneen perä haluaa alkaa kääntämään jompaankumpaan suuntaan riippuen potkurin pyörimissuunnasta, jonka takia useimmissa tapauksissa pyritään rantautuessa saapumaan laituriin siten, että peruutusvaihdetta kytkiessä veneen perä pyrkii kääntymään voimakkaammin ohjaavaan suuntaan eli laituria kohden. Yksiakselista alusta voidaan tätä ilmiötä hyödyntämällä kääntämään paikoillaan huomattavasti helpommin, mutta ainoastaan vain toiseen suuntaan. Toiseen suuntaan manöövereitä suorittaessa aluksen kääntyminen voi olla vaikeaa tai jopa mahdotonta riippuen aluksesta.

Koska tunnelipotkuri kumoaa Prop walk voiman lähes kokonaan, se tulee ottaa huomioon varsinkin sellaisissa aluksissa, joissa on vain yksi potkuri eikä käytettävissä ole ohjailupotkureita lisänä.

Itsekin olen ajanut sellaista vanhempaa hinaajaa, jossa tämä ominaisuus korostui satamaan ajettaessa aiheuttaen ylimääräistä huolta ja murhetta. Ilman keulapotkuria ja Prop Walkin tuomaa kääntymisetua tarkempi operointi oli ajoittain hyvinkin haastavaa. Tämä saattoi tosin olla vain kyseisen hinaajan ominaisuus johtuen esimerkiksi siitä, ettei tunneli päässyt riittävästi kääntymään potkurin ympärillä. Uudemmissa tunnelipotkureissa on tällaiset seikat osattu huomioida suunnittelussa ja apuna ohjailuun on myös useimmiten keulapotkureita käytettävissä.

Prop walk ilmiötä en tässä asiayhteydessä ala avaamaan tämän tieteellisemmin, koska se on jokaiselle akselivetoista venettä ajaneelle tuttu ilmiö. Käytännössä kuitenkin veneellä peruuttaessa, perä alkaa kääntyä ennen kuin vene saa riittävästi vauhtia, jolloin peräsimen ohjailuvoima kumoaa potkurin sivuttaisvoiman. Eli potkuri ikään kuin kävelee sivuttain, josta englanninkielinen nimitys Prop Walk tulee.

3.5 Wärtsilä Gate rudder



KUVA 4. Gate Rudder. (Wärtsilä, 2023)

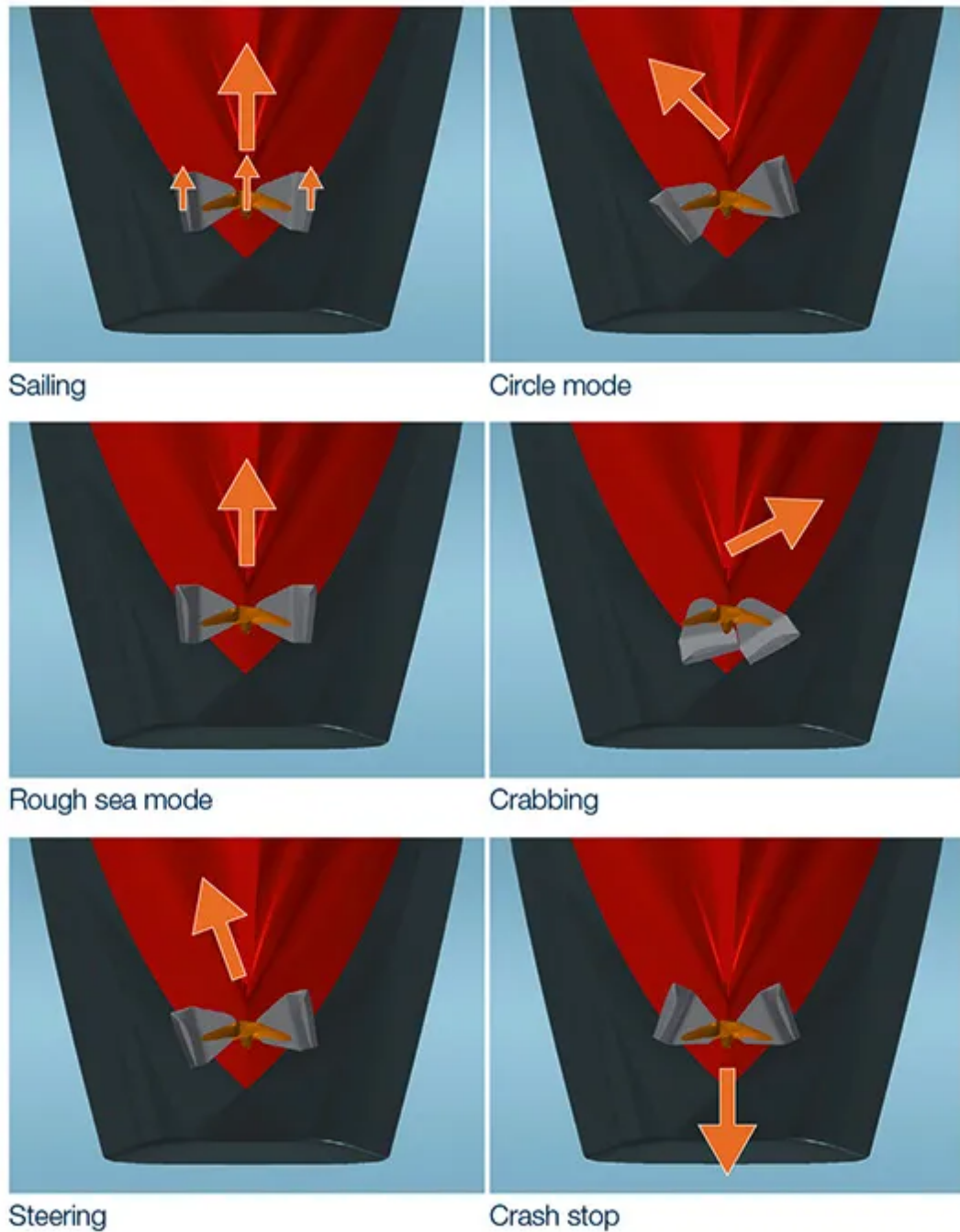
Wärtsilän ratkaisu kaksoisperäsimestä on nimeltään Gate Rudder, jonka tarkoituksena on valmistajan mukaan:

- Vähentää polttoainekulutusta 5 % tai enemmän
- Parantaa ohjailukykyä
- Parantaa aluksen määrättyssä kurssissa pysymistä
- Vähentää melua ja värinöitä
- Kasvattaa rahtikapasiteettia siirtämällä koneita enemmän perään päin

Perinteisemmistä kaksoisperäsimistä poiketen,

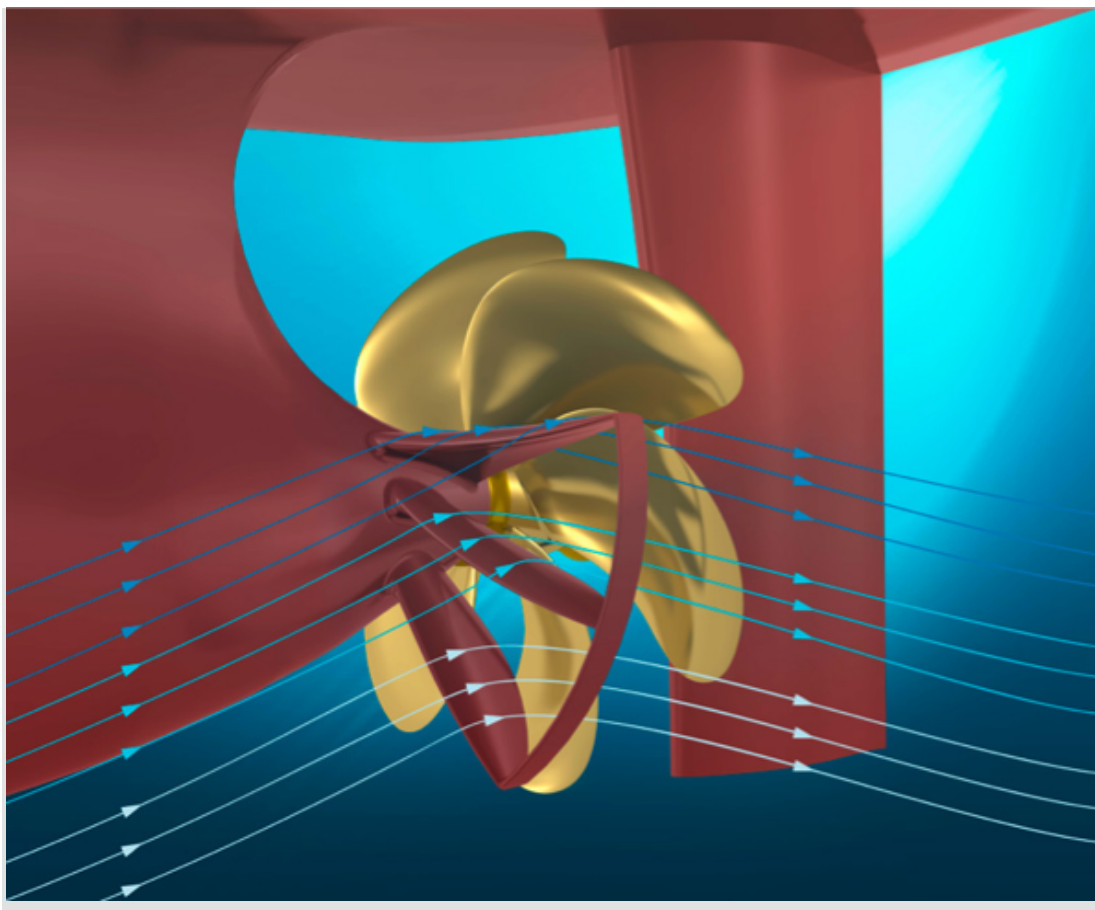
Gate Rudder, KUVA 4. Ratkaisussa peräsimen evien molempia kulmia voidaan muuttaa ajon aikana, jolla saadaan aikaiseksi peräsimen ja potkurin hydrodyaamisiin vaikutuksiin muutosta, kulloinkin vallitsevan tarpeen mukaisesti. Meriajossa ja satamamanöövereissä, jotka ovat ohjailutarpeiltaan hyvin erilaisia tilanteita, saadaan siten paremmin hyödynnetyksi potkurin työntövoimaa. Erikoisuutena tästä konstruktiosta mainittakoon KUVA 5:ssä, näkyvä ns.

Crash stop mode ja Crabbing mode, joilla saadaan erityisen suurta ohjailuvoimaa valjastetuksi käyttöön. Crabbing modessa peräsinkulmia voidaan käyttää jopa 80 % kääntöasetuksilla, jolloin ohjailupotkurin tarve voidaan joissain tapauksissa korvata tällä peräsintyyppillä.



KUVA 5. Gate Rudder peräsimen eri käyttöasentoja. (Wärtsilä, 2023)

3.6 Wärtsilä Energoflow



KUVA 6. Wärtsilä Energoflow

Wärtsilä Energoflow KUVA 6. lisälaitteen tarkoituksena on kääntää potkurille päätyviä vesivirtauksia sen toiminnalle suotuisampaan suuntaan. EnergoFlow koostuu useista kaarevista evistä, jotka on yhdistetty toisiinsa rengasmaisella yhdyskappaleella ja se on kiinnitetty runkoon estämään tehohäviöitä, joita tyyppillisesti esiintyy potkurin liukuvirtauksessa, sekä potkurin kärkipöörteissä. (Wärtsilä, 2023)

Lavat parantavat potkurin tehokkuutta alustyyppin mukaan 2–6 % ja mikäli Energoflow yhdistetään uudelleen suunniteltuun potkuriin, niin jopa 10 % prosentin säästö olisi mahdollista, Wärtsilän omien laskelmien mukaan.

3.7 Potkurioptimointi

Potkurioptimoinnilla tarkoitetaan juuri tietyille alukselle ja käyttötarpeille optimoitua potkuria, joka parhaimmillaan toimiessaan voisi tuoda polttoainesäästöjä myös osatehoilla ajettaessa.

Vertaan tässä potkurioptimointia pienvenepuoleen, koska ajatus potkurioptimoinnilla isommillakin laivoilla on hyvin samankaltainen kuin veneissä ja näistä pienemmistä aluksista on aiheesta itselläni käytännön tuomaa kokemusta lähes 30 vuoden ajalta.

Pienveneiden perämoottorithan toimitetaan tehtaalta lähtiessä sellaisella yleisillä potkurilla, joka useimmissa vene+kone yhdistelmissä toimii jollain tavalla kelvollisesti lähes kaikissa käyttötarpeissa.

Silloin kuin halutaan saada moottorilla tuotettu energia paremmin valjastettua palvelemaan kutakin käyttötarkoitusta, aletaan hakemaan halkaisijaltaan, nousultaan ja muotoilultaan sopivampaa potkuria.

Esimerkiksi jos pienveneellä on tarkoitus hinata hitaalla vauhdilla suuria kuormia, niin silloin valitsemalla suurempi potkurinhalkaisija ja loivempi nousu, potkurilla saavutetaan suurempi vetokyky. Vastaavasti jos samalla veneellä on tarkoitus ajaa kevyellä kuormalla mahdollisimman kovaa, valitaan pienempi halkaisija ja suurempi nousu.

Nämä huomiot perustuvat omiin kokemuksiini pienveneiden potkureiden optimoinnista.

Potkurin valinta on pienveneissäkin vähintäänkin haastavaa ja parhaaseen lopputulokseen päästäänkin valitsemalla valmistajien taulukoista eniten oletettua käyttötarvetta vastaava potkuri, jonka jälkeen suoritetaan koeajoja kyseiset mitat täyttävillä potkuriehdokkailla. Koeajoja suoritetaan tasaisissa koeajo-olosuhteissa, jolloin mittaustulokset olisivat keskenään vertailukelpoisia. Tämän jälkeen vene nostetaan ylös ja vaihdetaan tilalla seuraava potkuriehdokas ja jatketaan koeajoja.

Koeajojen jälkeen voidaan sitten valita käyttöön juuri se potkuri, joka on osoittautunut tehokkaimmaksi kyseistä käyttöä ajatellen. Tätä mahdollisimman hyvää potkuria voidaan potkuripajalla sitten vielä hienosäätää tarvittaessa lähentelemään täydellisyyttä.

Pienveneissä tämä potkurien kokeilu käytännössä on vielä melko helppoa ja edullista toteuttaa. Laivoissa potkurien vaihtaminen mittauksia varten ei tule välttämättä kyseeseen, johtuen potkurien huomattavan kalliista hinnasta sekä mahdollisesta telakointitarpeesta aina potkurinvaihdon yhteydessä. Aika on rahaa merenkulussa ja telakalla aluksen makuuttaminen on poissa siitä ajasta, jolloin alus voisi olla ajossa tienaamassa. Pieneksi jäädessään polttoaineen säästövaikutushan rahassa laskettuna sulaisi olemattomiin, mikäli ilmenisi tarvetta useamman potkurin kokeiluun ennen parhaan vaihtoehdon löytymistä.

Potkurioptimointi on selvitysteni mukaan vielä verrattain vähäistä merenkulun saralla juuri kustannusten vuoksi, mutta viime aikoina on alettu näitä optimointejakin tekemään, koska tietokonemallinnukset ja tietotaito ovat kehittyneet huimaa vauhtia.

Mallinuksilla ja pienoismalleilla suoritetuilla tankkitesteillä on ollut jo jonkin aikaa ollut mahdollista löytää mahdollisimman sopiva potkuri kuhunkin käyttötarpeeseen ilman että kalliita potkureita tarvitsisi fyysisesti ylen määrin vaihdella merikokeita varten.

Eli aiemmin mainittu ensiasennuspotkuri koskettaa myös laivoja siinä mielessä, että laivaa tilattaessa tilaaja on määritellyt mitä nopeutta on päästävä valmiilla aluksella ajamaan ja laivaa valmistava taho on asentanut alukseen

sellaiset potkurit, joilla nämä toiveet täyttyvät. Polttoainetaloudellisuus ei ole ollut aiemmin se tärkein kriteeri näissä mitoituslaskelmissa vaan alukselle luvattu nopeus tietyllä teholla.

Nykyisin kiinnitetään enemmän jo huomiota siihen, että kyseinen potkuri tulisi olemaan lähtökohtaisesti myös polttoainetaloudellisuutta ajatellen optimaalinen. Suurimpana innoittajana tähänkin muutokseen on toki raha, mutta välillisesti ympäristökin hyötyy optimoinneista polttoainetaloudellisuuden parantuessa.

Uudisrakennetta suunniteltaessa on verrattain helppoa vaikuttaa potkurin valintaan koska potkuria ei ole vielä asennettu paikoilleen, mutta jälkikäteen suoritettavissa muutostöissä on aluksen telakointi ja potkurin vaihtaminen toisen tyyppiseen aina väistämättä edessä.

Wärtsilä on ratkaissut asiaa tällä tavoin, josta vapaasti käännetty lainaus kuuluu: Wärtsilällä on tarjota potkurioptimoiteja kaikkien kokoluokkien aluksiin ja propulsioyksiköille, mukaan luettuna kiinteän nousun potkurit, säädettävän nousun potkurit ja thrusterit. Potkureihin voidaan toimittaa tarvittava määrä laipoja aina 12. metrin halkaisijaan asti. Wärtsilällä on käytettävissään maailmanluokan tietotaitoa ja vuosikymmenten kokemus hydrodynamiikan saralta, jota tukee syvä alusjärjestelmien tuntemus sekä uusimmat tekniset tietokonemallinnusjärjestelmät. Wärtsilän maailmanlaajuisen huoltoverkon asiantuntemuksen vuoksi potkurien vaihtoon kuluva aika on siten saatu minimoitua. (wärtsilä, 2023)

Potkurioptimoitien osalta on mahdotonta esittää yleispätevää arviota saavutetuista polttoainesäästöistä, koska jokaisella aluksella lähtökohdat vaihtelevat valtavasti. Mikäli suunnitteluvaiheessa on panostettu hyötysuhteen optimoimiseen riittävästi resursseja, on potkuri lähtökohtaisesti jo mahdollisimman hyvä kyseiseen alukseen, jolloin luonnollisesti sitä on vaikeaa alkaa enää parantamaan nykytiedon valossa.

Toisessa aluksessa taas, johon on telakalla asennettu edullinen peruspotkuri minkä hyötysuhde ei yllä kovin korkealle, taikka se on jo alunperinkin mitoitukseltaan ja muotoilultaan vääränlainen kyseisen aluksen ajotapoja ajatellen, on lähtökohdat optimoimiselle huomattavasti paremmat.

Karkeasti voitaisiin sanoa hyvin suunnitellun aluksen potkurille saavutettavan edun optimoimisen jälkeen olevan hyvin pientä, mutta vastaavasti aivan vääräntyyppisen ensiasennuspotkurin optimoimisella voidaan päästä suuriinkin säästöihin, mikäli lähtökohdat ovat olleet riittävän huonot.

4 ENERGOPROFIN

4.1 Wärtsilä-EnergoPac System



KUVA 7. Wärtsilä EnergoProFin lisäpotkuri ja Becker peräsin. (A. Österman, 2023)

KUVA7:ssä, pääpotkurin keskellä näkyvä tummempi lisäpotkuri: EnergoProFin on kuvattu Naantalin korjaustelakalla keväällä 2023 aluksemme ollessa huoltokäynnillä. Samaisessa kuvassa näkyy myös kappaleessa 2.3 mainittu Becker peräsin.

Potkurinnapaan kiinnitettävä lisäpotkuri ei ole keksintönä perusperiaatteeltaan aivan uusi, sillä potkurin napapyörrettä muokkaavaa teknologiaa on kehitelty jo vuodesta 1983 alkaen, jolloin ensimmäinen PBCF= Propeller Boss Cap Fins, Mitsui O.S.K Lines Co.,Ltd:n toimesta esiteltiin. (MOL-service. 2023)

Vakiintuneeksi käytännöksi näyttäisi tulleen sellainen ratkaisu, jossa lisäpotkurin lapamäärä on sama kuin pääpotkurin lapamäärä. (Marinepropulsors, 2023)

Wärtsilä alkoi kehittämään PBCF:n pohjalta omaa parannettua versiotaan, josta muodostui lopulta tuotekehityksen tuloksena EnergoProFin lisäpotkuri, joka joidenkin muiden valmistajien lisäpotkureista poiketen pääsee vapaasti pyörimään potkurivirran mukana.

Asian selkeyttämiseksi kutsun näitä kaikkia napapyörrettä eliminoivia potkuriratkaisuja yksinkertaisesti nimellä- Lisäpotkuri.

Arviot toimitetuista, alkujaan PBCF:n perustuviin lisäpotkureihin liikkunee jossain 2000–3800 kappaleen välillä. Tarkkaa määrää tätä teknologiaa käyttävien alusten määrästä on melko mahdotonta tarkkaan sanoa, koska potkurinvalmistajat eivät mielellään myymiään kappalemääriä julkaise kilpailuteknisistä syistä.

Osa näistä laitteista on ollut kiinteitä ja osa vapaasti mukana pyöriviä lisäpotkureita, kuten Wärtsilän EnergoProFin ratkaisussa, jolta osin se eroaakin toisten valmistajien tuotteista.

Riippumatta valmistajasta, näille lisäpotkureille on laskettu tietokonemallinnuksissa aluksesta riippuen ainakin 1–2 % polttoainesäästöjä verrattuna perinteiseen sileään potkurinnaan, jossa ei ole minkäänlaisia evämaisia ohjureita.

Huomionarvoista on se, että vaikka nykyaikaisilla tietokonemallinuksilla päästäänkin varsin tarkkoihin arvioihin tulevista säästöistä, niin käytännössä tosielämän testeissä meriajossa ovat säästöt olleet yleensä jopa ennustettua suurempia. Jopa 3–5 % säästöjä näkee raportoidun laivoilta. (Marinepropulsors, 2023)

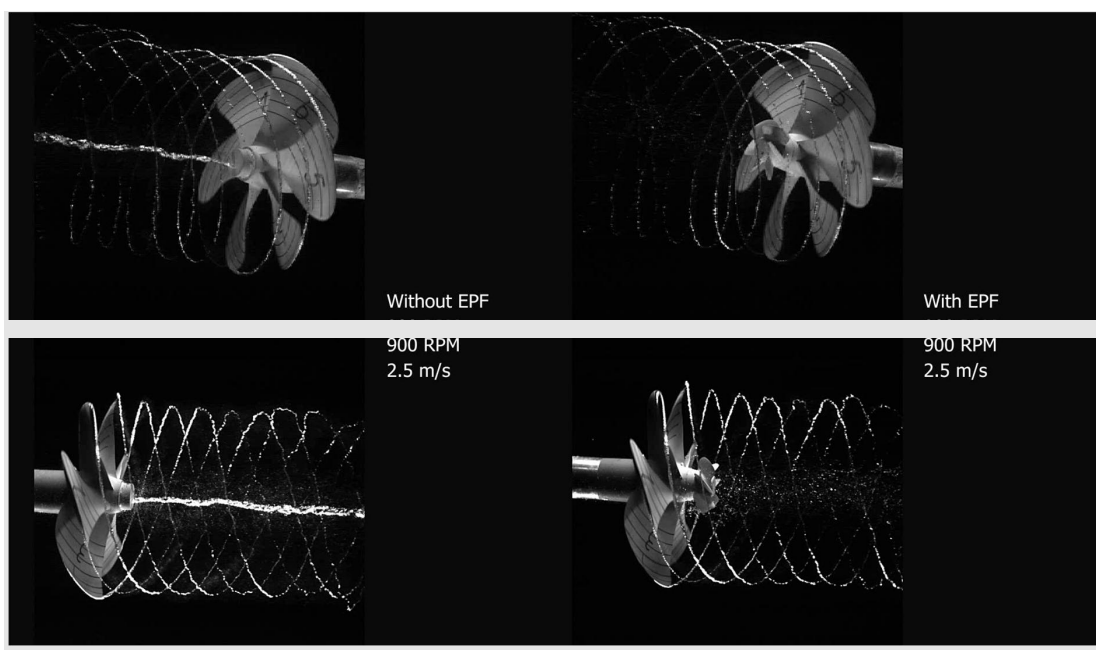
Wärtsilä kertoo omassa potkuriesitteessään EnergoProFin lisäpotkurin polttoainesäästöjen olevan noin 2 % ja jopa 5 % säästöihin olisi joillain laivoilla päästy.

Tällainen hajonta laskelmissa selittyy sillä, että potkurien ja peräsimien suunnittelu on lajina erittäin haastavaa ja koska verrattain pienetkin muutokset aluksen vedenalaisissa osissa saattavat vaikuttaa lopulta kaikkeen tehokkuuteen. Näissä lisäpotkuritapauksissa yllätys on lähes järjestäen ollut positiivinen, sillä tietokoneen mallintamat säästöt ovat toteutuneet ainakin siinä määrin mitä valmistaja on niille alkujaan luvannutkin, eli vähintään 2 %, investoinnin takaisinmaksuajan ollessa noin yksi vuosi.

Baltic Prinsessin tapauksessa toteutuneiden säästöjen osuutta on vaikea tarkoin määritellä, koska kuten monilla muillakin tiettyä aikataulutettua linjaa ajavilla aluksilla, ei laivalla yksinkertaisesti ole aikaa alkaa ajamaan varsinaisia merikokeita kesken ajokauden. Pelkästään testiajojen suorittaminen mittaus-tarkoituksessa ei olisi erityisen kannattavaa liiketoimintaa, koska tällöinhän oltaisiin poissa varsinaisesta leipätyöstä tienaamasta aluksella rahaa.

Normaalijossa taas sääolosuhteiden vaihtelut ja reitillä olevat nopeusrajoitukset tuovat muutoksia mitattaviin kulutuslukemiin siten, että täysin aukottomasti on vaikeaa todentaa toteutuneita säästöjä kulutuksen osalta.

Suuntaa antavista laskelmista ja Baltic Prinsessin konepäälliköiden mukaan ”arvioista päätellen polttoainesäästöistä liikuttaisiin ilmeisesti 2–4 % lukemissa”. (Baltic Prinsessin konepäälliköiden haastattelu, 2023)



KUVA 8. ProEnergyFin/napavirtaus (Wärtsilä, 2023)

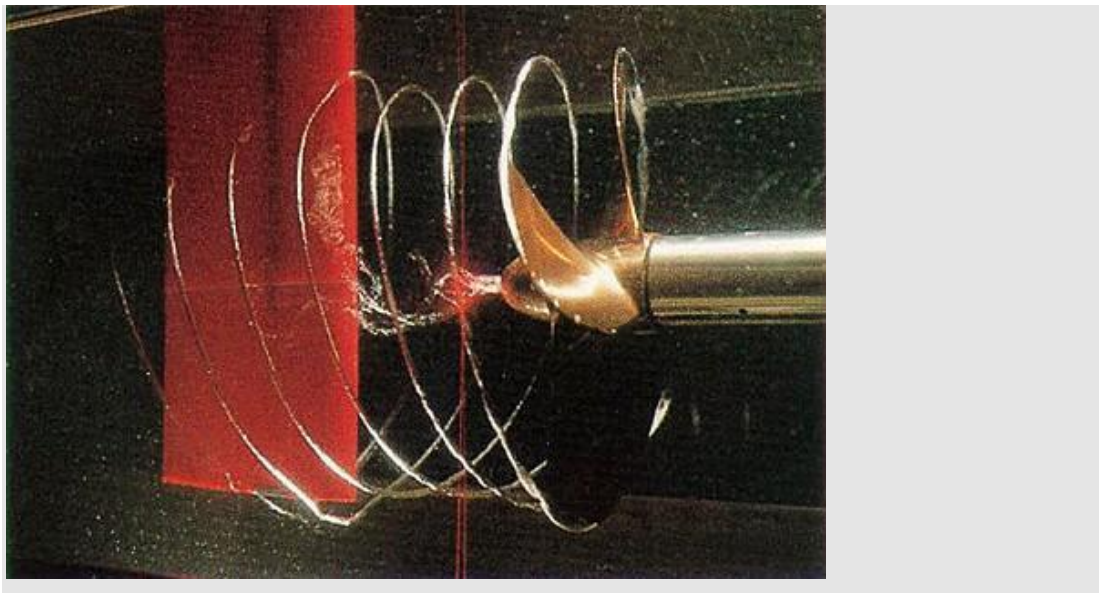
Napavirtauksella tarkoitetaan potkurin navalta purkautuvaa putkimaista virtausta, joka on mahdollista havaita tietokonemallinnuksilla sekä tankkitestikuvilla.

Napavirtausten ohjausta hallitummaksi on mahdollista parantaa lisäpotkurin asentamisella pääpotkurin yhteyteen, jonka vuoksi otamme tarkasteluun EnergoProFin tankkitestikuvan, josta ilmenee selkeästi lisäpotkurin vaikutus potkurin napavirtaukseen.

Kuten KUVA 8:sta huomataan, niin potkurin navan aiheuttamat veden pyörteilyä saadaan hallitummaksi silloin kun potkuriin on asennettu EnergoProFin li-

säpotkuri. Tämän napapyörteen muokkaamisen tarkoituksena on saada vähennettyä potkurin vastusta vedessä, joka ilmenee lisääntyneenä työntövoimana.

”Lisäpotkurin navan korkki vähentää napapyörrettä, jolloin evät tarttuvat paremmin kiinni ja vaimentavat pyörivän veden voiman, eliminoivat pyörteen ja syöttävät energiaa takaisin pääpotkurille.” (Wärtsilä, 2023)



KUVA 9. Potkuripyörteet ilman lisäpotkuria. (wärttilä, 2023)

KUVA 9:stä näemme miten tavallisen potkurin aiheuttamat pyörteilyt osuvat peräsimeen kuluttaen sitä. Tätä kuvassa potkurin keskellä esiintyvää napa-

pyörrettä pystytään eliminoimaan EnergoProFin lisäpotkurilla, jolloin saavutetaan myös pienempää kulumaa peräsimissä, pistemäisen napapyörteen selkeästi vähentyessä.

Viimeisimmässä telakoinnissa päädyttiin pinnoittamaan Baltic Prinsessin peräsin RST-levyllä, jolloin potkurivirran kuluttavan vaikutuksen tulisi oletettavasti olla entistäkin pienempää erilaisen pintamateriaalin takia.

4.2 EnergoProFin lisäpotkurin asennus

Kyseisen lisäpotkurin huomattaviin etuihin kuuluu sen asennuksen helppous, sillä lisäpotkuri korvaa potkurin alkuperäisen navan ja sen asennus on mahdollista suorittaa verrattain helposti aluksen ollessa muutenkin telakkakäynnillä.

Koska kyseinen lisäpotkuri asennetaan yksinkertaisesti aluksen alkuperäisen potkurinnavan tilalle, ei muita muutostöitä yleensä tarvita ja se pystytään tarvittaessa asentamaan paikoilleen jopa sukeltajien toimesta aluksen ollessa vedessä. (Wärtsilä, 2023)

4.3 EnergoProFin melu ja resonanssit

Wärtsilä kertoo ProEnergyFin lisäpotkurin vähentävän melua ja resonansseja heidän omista mittauksistaan.

Baltic Prinsessillä lisäpotkurin vaikutusta aluksen meluun taikka resonansseihin ei ole voitu todentaa tarpeeksi, jotta siitä voitaisiin vetää juuri minkäänlaisia

johtopäätöksiä, koska kyseisen laivan peräpäässä on muitakin melun- ja resonanssin lähteitä, kuten mm. aina käynnissä olevat apukoneet. Tässä melunlähteiden sekamelskassa on korvakuulolla melko mahdotonta sanoa, onko lisäpotkurilla ollut vaikutusta juuri potkurimelun taikka resonanssien vähentymiseen, koska nekin osaltaan sekoittuvat tähän vallitsevaan yleiseen meluun ja resonointiin.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimustyöni tuloksena olen päätenyt johtopäätökseen, että nykyinen ratkaisu Baltic Princess aluksella, jossa päädyttiin EnergoProFin potkurien asentamiseen, on ollut tässä kyseisessä tapauksessa kustannustehokkain toimenpide polttoainesäästöjen saavuttamiseksi verrattain helposti ja edullisesti.

Jälkikäteen suoritettuna pääkoneiden vaihto voisi olla jopa lähes mahdoton tehtävä tai ainakin valtavan suuritöinen ja siten erittäin kallis projekti.

Tästä syystä vertailen pelkästään potkurien ja peräsimien muokkausten vaikutusta polttoainesäästöön, jättäen pois laskuista mahdollisen pääkoneiden vaihtotyön, koska se ei tulisi olemaan realistista kustannustehokkuuden kannalta.

Potkurien ja peräsimien muutostöissä työskennellään useimmiten aluksen ulkopuolella kuivatelakalla, jolloin työssä voidaan käyttää tavanomaisia nostokoneita osien siirtelyyn, toisin kuin ahtaassa konehuoneessa, johon pääkoneet on asennettu usein jo rakennusvaiheessa ja muu laiva on rakennettu sitten siihen koneiden ympärille.

Aineistomateriaalin niukkuuden vuoksi olen pohjannut näkemyksiäni osittain myös omiin henkilökohtaisiin kokemuksiini ammattimaisena veneenveistäjänä ja käytännön kokemuksiini ajamissani aluksissa.

Vertaillen erillisiä vaihtoehtoja otan tarkasteluun yhden vaihtoehdon kerrallaan siinä järjestyksessä, jossa ne esiintyvät empiria osiossa.

Ruoripotkurit:

Ruoripotkurit ovat yleistymässä useissa aluksissa niiden hyvien käyttöominaisuuksien vuoksi, mutta Baltic Princessille en näkisi tämän ratkaisun olevan ensisijainen sijoitus, koska niiden vaatimat muutostyöt ovat varsin suuritöisiä. Tilanne on aivan toinen uusissa aluksissa valmistettaessa, silloin kun laiva on jo alkujaankin suunniteltu toimimaan ruoripotkureilla.

Wärtsilä-EnergoPac System:

Tätä ratkaisua en näkisi välttämättä olevan tulossa Baltic Princessille, koska se vaatisi mittavampia muutostöitä aluksen rakenteisiin verrattuna lisäpotkurin asennustyöhön. Ohjailukyvyyn lisääntyminenäkään ei juuri tässä tapauksessa ja juuri tällä linjalla ole ehkä halutuin ominaisuus, koska nykyisellään laivaa osataan kokempohjaisesti ohjailla tiukoissa kurveissa saaristossa. Ohjailukyvyyn muutokset vaikuttaisivat totuttuihin ajolinjoihin, joissa käännöksiä ennakoidaan aiempien kokemusten pohjalta.

High Performance Nozzle/Wärtsilä-tunneliperäsini:

Tunneliperäsimen hyödyt tulevat parhaiten esiin alle 14 solmun nopeuksissa, joten Baltic Princessillä en koe olevan tarvetta tunneliperäsimele aluksen ajotavan enkä reitin vuoksi.

Wärtsilä Gate rudder:

Kyseistä peräsintyyppiä on ajateltu ensisijaisesti käytettävän yksipotkurisissa laivoissa, joissa siitä saadaan suurin hyöty. Baltic Princessillä on kaksi potkuria käytössään, joiden perässä on Becker peräsimet, jonka vuoksi tätä vaihtoehtoa en näe tarpeelliseksi kokeilla.

Wärtsilä Energo Flow:

Baltic Princessille ei ole ryhdytty tämän lisälaitteen asennukseen, koska sen asennuksessa olisi mitä ilmeisimmin Energoprofin lisäpotkuria suurempi työ määrä.

Ratkaisuna varsin mielenkiintoinen ja varsinkin uuden potkurin tilaamisen yhteyteen asennettuna mahdolliset säästöt voisivat olla tuntuvia.

Potkurioptimointi:

Baltic Princessillä on herännyt mielenkiintoa potkurioptimointeja kohtaan, mutta vielä toistaiseksi se ei liene ajankohtaista kustannusten ja kyseisen linjan erityispiirteiden vuoksi.

Wärtsilä- Energoprofin:

Tämä ratkaisu on Baltic Princessillä parasta aikaa käytössä ja toteutuneet polttoainesäästöt ovat kokemusten perusteella olleet vähintäänkin valmistajan lupamien suuruisia.

Eri laivoilta olen lisäksi saanut kuulla kokemuksia lisäpotkurien vaikutuksesta peräsिमien kulumiseen olleen suotuisia. Varsinaisia tieteellisiä mittauksia ei ole meidän laivallamme aiheen tiimoilta suoritettu, mutta silmämääräinen tarkastelu pidemmällä aikavälillä on luonut käsityksen, että virtaukset ovat muodostuneet peräsिनystävällisemmiseksi ja peräsिमien kulumat ovat täten merkittävästi pienentyneet kyseisen lisäpotkurin asentamisen jälkeen. Peräsिमien korjaustarve on vähentynyt verrattuna aikaan ennen lisäpotkurien asennusta. Täältä osin voidaan olla valmistajan kanssa samoilla linjoilla kulumisen vähentymisen suhteen.

6 YHTEENVETO

Tutkimukseni perustuessa pääasiassa laitevalmistajan omiin mittaustuloksiin en voi täysin aukottomasti todentaa kaikkia väittämiä, vaan joudun muodostamaan käsitykseni saavutetuista polttoainesäästöistä lähinnä näiden väittämien pohjalta.

Tämän takia en ota kantaa erilaisten potkuri/peräsin muokkausten mahdollisista vaikutuksista muiden kuin Baltic Princessin polttoainetaloudellisuuteen, vaan ne pitää laivakohtaisesti käydä lävitse, jolloin mahdollisesti löytyisi jokaiselle alukselle sopivin ratkaisu.

Tutkimuksessa päädyttiin jo aiemmin suoritettujen lisäpotkurien asentamisen olleen Baltic Princessin tapauksessa kokonaistaloudellisesti kannattavin ja yksinkertaisin vaihtoehto tässä vaiheessa, jolloin potkurioptimoinnista taikka muista suuremmista potkurin ja peräsimen muokkauksista ei ole julkisesti juurikaan saatavilla puolueettomia tutkimustuloksia vastaavilla alustyypeillä.

Poikkeuksena muista edellä esitellyistä vaihtoehtoista, EnergyProFin lisäpotkurista on kertynyt kokemusta Silja linen laivoilla muutaman vuoden verran, jolloin voidaan tarkastella toteutuneita polttoainesäästöjä käytännössä.

Mielestäni voitaisiin sanoa, että laivallamme on oltu varsin tyytyväisiä EnergyProFin lisäpotkurin tuomiin säästöihin polttoainetaloudessa-mutta vielä toistaiseksi seurataan tilanteiden kehittymistä muidenkin matkustaja-alusten mitapuulla, ennen kuin alettaisiin suorittamaan nykyistä suurempia potkureiden taikka peräsimien muutoksia juuri kyseisellä aluksella.

Näkisin asian siten, että jatkossa tähän asiaan voisi tulla muutoksia, mikäli lisätutkimuksia ja kokemuksia aiheesta kertyy enemmän.

Huomionarvoista on sekin, että EnergyProFin lisäpotkurin vaikutukset peräsimien kulumisen vähenemiseen ovat olleet suotuisia, koska napavirtauksen

syntymistä on mitä ilmeisimmin saatu tällä lisäpotkurilla huomattavasti vähentynyt. EnergoProFin on täyttänyt siltakin osin odotukset kiitettävästi aluksellamme, jo mainittujen polttoainesäästöjen lisäksi.

7 KEHITYSIDEOITA

Jokainen alushan on rakennettu sen hetkisen parhaan tiedon varassa, jota kulloinkin on ollut käytettävissä. Nykyisin on mahdollista hyödyntää pitkälle viettyjä tietokonemallinnuksia, sekä korkean luokan insinööriosaaamista, joten mahdollisuudet ovat menneitä aikoja huomattavasti paremmat rakentaa jo lähitökohtaisesti polttoainetaloudellisempia ja ympäristöystävällisempiä aluksia.

Jos nyt hieman kärjistän ja yksinkertaistan tätä potkuri/peräsin asiaa niin voisin verrata tilannetta siihen, että ostaessa uuden auton, on siinä sellaiset renkaat alla, että lakipykälät täyttyvät ja että autolla voidaan ajaa. Mutta mikäli omistaja haluaa omaan ajotarpeeseensa sopivammat, yleismallisia ensiasennusrenkaita paremmat renkaat, niin asiaan tarkemmin perehtymällä löytynee ominaisuuksiltaan parempiakin vaihtoehtoja.

Jos ajatellaan sellaista tilannetta, jossa laivaan laitetaan edullinen perusperäsin ja potkuri vs. tilanne, jossa panostetaan enemmän sellaisiin ratkaisuihin, joissa polttoainetta kuluisikin vaikka 2 % prosenttia vähemmän, niin monissa tapauksissa investointien takaisinmaksuajaksi on laskettu jatkuvassa ajossa vain yksi vuosi, tai korkeintaan muutamia vuosia, jolloin laivan ollessa ajossa tätä aikamäärää pidempään alkaa säästöjä syntymään.

Laivan keskimääräisen käyttöiän ollessa 25–30 vuotta (Liikenne- ja viestintävirasto, 2022), on hieman suuremmat investoinnit kuolettaneet itsensä jo alkuvuosina ja aluksen elinikäisten kustannusten kokonaisuutta tarkastellessa

säästöä alkaa syntyään kyseisen ajanjakson jälkeen-tämän hieman kalliimman alkuinvestoinnin maksettua itsensä takaisin polttoainesäästöjen muodossa.

Oli sitten aluksien käyttövoimana tulevaisuudessa sitten mikä hyvänsä energianlähde, niin näkisin järkevänä ja ympäristönkin kannalta vastuullisena vaihtoehtona sen, että laivoihin pyrittäisiin lähtökohtaisesti asentamaan jo uutena sellainen propulsiojärjestelmä, ettei energiaa kulutettaisi merikuljetuksissa yhtään sen enempää kuin on pakollista aikataulut huomioiden.

Jälkikäteen suoritettavat muokkaukset tulee taas laskea aina tapauskohtaisesti kunkin aluksen tarpeiden mukaan sen perusteella, mikä olisi järkevä sijoitus investoinnin takaisinmaksuaikaa ajatellen.

Baltic Prinsess aluksella ajamamme reitin erityispiirteitäkään ei voida poissulkea, kun mietitään mahdollisten investointien takaisinmaksuaikoja.

Turku-Maarianhamina-Tukholma reitillä ei tule pitkiä matkoja sellaista tasaista meriajoa, joissa joidenkin muiden edellä esitettyjen muutostöiden edut tulisivat välttämättä täysimääräisesti hyödynnetyksi. Useimmat laskelmat muutostöiden vaikutuksista koskevat lähinnä niiden tuomia säästöjä tasaisella matkanopeudella ajettaessa ja meillä ei tätä tasaista matka-ajoa tule laisinkaan siinä määrin kuin pidempää merimatkaa taittavissa aluksissa.

Näistä muista läpikäymistäni vaihtoehtoista suurimman kiinnostuksen herätti kuitenkin sellainen vaihtoehto, että alettaisiin harkitsemaan esimerkiksi juuri potkurioptimoinnin mahdollisuutta varustamomme niillä laivoilla, joissa ajotapa olisi enemmän suoraviivaista meriajoa, ilman tätä jatkuvaa tehontarpeen muutosta ja aikataulun kiinni kirimistä.

Potkurioptimoinnin tuomat säästöt voisivat parhaimmillaan ja hyvin onnistuessaan olla siinä määrin merkittäviä, että voitaisiin alkaa puhumaan varsin suurista polttoaineen säästöistä, päästöjen vähenemisestä ja käyttömukavuuden lisääntymisestä.

Haluaisin mielelläni olla näkemässä jatkotutkimuksia tästä aiheesta, koska potkurioptimointi olisi varmasti erittäin mielenkiintoinen ja antoisa aihe tutkittavaksi jollekin potkuriasioista kiinnostuneelle henkilölle. Suurimpana esteenä lisätutkimuksille näkisin materiaalin melko rajatun saatavuuden varsinkin silloin kun ollaan tekemisissä suurien yritysten kanssa. Ymmärrettävästi valmistajat eivät kilpailuteknisistä syistä ole kovin innokkaita jakamaan tutkimustietoaan eteenpäin kilpailijoiden mahdolliseksi eduksi, jolloin osa väittämistä jää väkisin laitevalmistajien omien mittaustulosten varaan.

Jonkun riippumattoman tutkimuslaitoksen kanssa tehdyissä tutkimuksissa potkurioptimointiin liittyen, voitaisiin varmistua mittaustulosten aukottomasta puolueettomuudesta. Mikäli tällaisista tutkimustuloksista pääsisivät hyötymään kaupallisetkin tahot, niin potkurioptimointia voitaisiin tulla näkemään jatkossa suuremmassakin mittakaavassa maailman merillä. Silloin vaikutukset voisivat olla huomattaviakin meriliikenteen kokonaispäästöihin, mikäli optimointia alettaisiin toteuttaa nykyistä enemmän kaiken tyyppisissä aluksissa.

Tutustuttuani tarkemmin näihin innovatiivisiin ratkaisuihin, joita Wärtsilällä on tarjota propulsiolaitteistojensa osalta, aloin myös miettimään lähinnä villinä visiona mahdollisuutta useampien eri ratkaisujen yhdistämistä koemielessä toisiinsa. Tietysti alkuun lähinnä tietokonemallinnusten ja pienoismallien osalta kustannusteknisistä syistä.

Omissa vesikulkuneuvoissani olen varsin estottomasti yhdistellyt erilaisia yksittäisiä omatekoisia ja kaupallisiakin ratkaisuja toisiinsa yrityksen ja erehdyksen kautta ja hyvin onnistuessaan on niiden yhteisvaikutukset polttoainesäätöihin olleet huomattavia.

Laivoissa tosin toimitaan isommassa mittakaavassa kuin veneissä, vaikka peruseriaate molemmissa onkin samankaltainen. Yhtä lailla laivoissakin on vielä parantamisen varaa alun alkujaan toimitettuihin perusratkaisuihin verrattuna. Tämä tuli selkeästi ilmi tutkimustyötä tehdessäni, kun vertailin toteutuneita polttoainesäätöjä eri alustyypeillä erilaisilla potkuri/peräsin vaihtoehdoilla.

Tutkimusta tehdessäni hämmästyin suuresti, miten vähäisesti polttoainetaloudellisuuteen on aiempina aikoina paneuduttu, koska onhan polttoaineenkulutus varustamoille valtava kuluerä, josta olisi mahdollisuutta leikata.

7 JÄLKISANAT

Tässä vaiheessa työtäni olen päätenyt pohtimaan polttoainetaloudellisuutta niin monelta kantilta, että en voi olla sivuamatta aluksemme ajaman linjan vaikutusta polttoaineenkulutukseen. Yleensä ajamme linjaa Turku-Maarianhamina-Tukholma, jota koko opinnäytetyönikin koskee. Edellisenä talvikautena olemme poikkeuksellisesti ajaneet Suomen ja Ruotsin väliä reitillä Turku-Kapellskär-Långnäs.

Tällä poikkeuksellisella linjallakin rahti ja matkustajat ovat päässeet maasta toiseen kuten ennenkin, mutta erotuksena tällä linjalla normaaliin on se, että sokkeloisen Tukholman saariston ja Maarianhaminan korvaaminen hieman syrjäisemmillä laituripaikoilla voidaan aluksellamme ajaa siinä määrin järkevämmillä nopeuksilla, että polttoaineen säästö on niin suurta, että vastaavansiin lukemiin ei normaalilla linjallamme ja aikataululla tulla nähdäkseni pääsemään, vaikka vaihdettaisiin laivasta kaikki potkurien ja peräsimien osat nykyistä tehokkaampiin.

Niin kauan kuin ajetaan tätä perinteistä nopeusrajoitettua Tukholman reittiä, jossa joudutaan saaristossa menetettyä aikaa ajamaan avomerellä kiinni aikataulun vuoksi, on lisäsäästöjen löytäminen suuren työn takana ja siltikin määrältään pienehköä tuohon rauhallisempaan linjaan verrattuna.

Ajotavan- ja reittimuutoksilla päästäisiin suurempiin polttoainesäästöihin, verrattuna muihin teknisiin toimiin, juuri tällä kyseisellä liikennöintireitillä.

Tämän takia näkisin yksinkertaisimpana ratkaisuna polttoaineen säästöön tällä Suomi-Ruotsi reitillä sen, että jäisimme pysyvämmiin ajamaan tätä rauhallisempaa väliä, jolloin luonto ja lompakko kiittäisivät, sekä mahdollisesti myös konehuoneen väki, jolle jäisi vähemmän korjattavaa silloin kun laivaa ajetaan rauhallisemmin. Tuota samaa Turku-Tukholma väliähän ajaa myös Viking Line aluksillaan, joten herää kysymys siitä, että onko todellista tarvetta useamman yhtiön suorittamalle liikennöinnille kyseisellä linjalla ja riittääkö maksavia asiakkaita kaikille näille laivoille myös kesäajan ulkopuolella?

Mikäli yhtiö näkee strategisesti tärkeänä ajamamme linjan ulottamiseen jatkossakin Tukholmaan saakka, niin voitaisiinko yhtiössä mahdollisesti harkita aikataulumuutoksia siten, että lähtö tapahtuisi Turusta esimerkiksi joka toinen päivä, jolloin asiakkailta jäisi aikaa kaupunkikierrukseen ruhtinaallisesti Tukholmassa? Tällöin merimatkat voitaisiin ajaa hiljaisella vauhdilla ilman aikataulun kiinniajamisesta johtuvaa suurta polttoainekulutusta sekä kehittää yhteistyötä matkailu- ja ohjelmapalveluyritysten kanssa mahdollisesti eri laajuudella kuin nykyisessä konseptissa.

Oman näkemykseni mukaan Finnlinesin uudet laivat, jotka alkavat liikennöimään mahdollisesti jo syksyllä 2023 Naantali-Kapellskär linjalla, tulevat saamaan rahtiliikenteestä, sekä ylimenevistä reittimatkustajista melko varmasti osansa, koska uusi laivahan totutusti vetää asiakkaita puoleensa ainakin uutuudenviehätyksen ajan.

Vuodenvaihteessa voimaanastuvat päästömaksut ovat myös sellainen aihe, joka tulee koskettamaan eritoten näitä vanhempia perinteistä dieseltekniikkaa käyttäviä aluksia.

Baltic Princessin mahdollisesti tarjoama hitaampi, ekologisempi, matkailuystävällisempi aikataulutus ja mahdolliset huippuartistit esiintymässä, tulisivat palvelemaan selkeästi paremmin juuri risteilymatkustajien tarpeita, kilpailijoiden kosiskellessa enemmänkin reittimatkustajia?

Nämä ovat toki vain yksittäisen konemiehen mietteitä oman aluksemme liiketoimintamallin kehittämiseen kiristyvässä kilpailussa risteilymatkustamisen saralla.

LÄHTEET

Azipod-ruoripotkuri. Viitattu 10.5.2023 osoitteesta: [Wikipedia.org](https://www.wikipedia.org) / Maailman ensimmäinen sähköinen Azipod-ruoripotkuriyksikkö. Forum marinum, Turku

BP:n konepäälliköiden suullinen haastattelu, 24.4.2023

Liikenne- ja viestintävirasto, Meriliikenteen vaihtoehtoiset käyttövoimat. Viitattu 9.5.2023 osoitteesta: [Julkaisut, valtioneuvosto.fi-meriliikenteen vaihtoehtoiset käyttövoimat](https://www.julkaisut.valtioneuvosto.fi/meriliikenteen-vaihtoehtoiset-kayttövoimat)

Marinepropulsors, www-sivut, 2023. Viitattu 8.5.2023 osoitteesta: [Marinepropulsors.com](https://www.marinepropulsors.com)

Moottorit. Viitattu 6.7.2023 osoitteesta: [Engineeringlearn.com/how ship`s engine works](https://www.engineeringlearn.com/how-ship-s-engine-works).

PBCF-potkurin esittely. Viitattu 10.5.2023 osoitteesta: [Mol-service.com/project story](https://www.mol-service.com/project-story)

Peräsin. Viitattu 6.6.2023 osoitteesta: [wikipedia.org/peräsin](https://www.wikipedia.org/peräsin)

Potkuri. Viitattu 6.7.2023 osoitteesta: [Marineinsight.com/propeller](https://www.marineinsight.com/propeller)

Proenergyfin lisäpotkurin kuva2. Antti Österman, 2023

Ruoripotkuri. Viitattu 6.6.2023 osoitteesta: [Wikipedia.org/ruoripotkuri](https://www.wikipedia.org/ruoripotkuri)

Vaihteisto. Viitattu 6.7.2023 osoitteesta: [marinedieselspecialists.com/how-marine-transmission-works.html](https://www.marinedieselspecialists.com/how-marine-transmission-works.html)

Tallink Silja oy. Yritysesittely. Viitattu 3.4.2023 osoitteesta:
<https://fi.tallink.com/tietoa-tallink-siljasta>

Wärtsilä EnergoPac esittely. Viitattu 28.4.2023 osoitteesta: [Wartsila.com](https://www.wartsila.com)