

Itsas ingurumen iraunkorraren bidean: ia emisiorik gabeko ikerketa ontzi hibridoak

(Towards a sustainable marine environment: near-zero emission hybrid research vessels)

Manu Soto*¹, Iratxe Olabarri², Gorka Gabiña³

¹ Plentziako Itsas Estazioa. UPV/EHU

² Ingeteam Power Technology

³ AZTI. Arrantza Teknologia Iraunkorrek

LABURPENA: Itsas ingurunearen ezagutzak garrantzi handia hartu du azken urteotan, izan ere, bere iraunkortasuna bermatzea jakintza honen konpromezu nagusia bilakatu da. Euskal Autonomi Erkidegoan itsas ingurunearen oinarriko ikerketa eta ikerketa aplikatua egiten duten zenbait erakunde daude. Ikerketa taldeek itsasoa dituzte euren ikerkuntza iturri nagusiak. Mota desberdinetako lagin biotiko eta abiotikoak lortzeko, arrantza ontzietan edota ikerketa ontzi ozeanografikoetan itsasoratzea ezinbestekoa izaten dute askotan. Ikerketa egiten duten ontziek garrantzi handiko eginkizuna izaten dute beti, eta egin behar den azterketaren neurrikoa izan behar du behintzat, lanen beharrianak asetzeko. Ideia honi helduz, Euskal Herriko kostaldean jarduteko balio anitzeko ontzi baten transformazioa izango da artikulua honen lehen nagusia; goi mailako ikerkuntza eta irakaskuntza jasoko dituena. Horretarako, Ingeteam Power Technology enpresak lidertzen duen partzuergo mistoa eratu zen, erakunde pribatu zein publikoekin batera. Helburua, efizientzia energetiko altu eta emisio murriztzak bermatuko dituen ikerketa eta irakaskuntza ontzi baten transformazioa da. Pasaiaiko Blas de Lezo Itsas Arrantza eskolako Orte ontzia eraldatuko da, hain zuzen, propulzio sistema diesel mekaniko konbentzionaletik propulzio sistema diesel -elektrikora (hibridoa) pasatuz. Proiektua zero-emisio, ekonomia urdin eta garapen iraunkorra jasotzen duen esparruan gauzatzen da. Garapen teknologiko berritzaile honen aurrean, hainbat erabilpen aurreikusten dira: kostaldetik gertu eta ingurune babestuetan zero emisio eta baldintza akustiko baxuetan ikerketa lanak, arrantza alorreko lanbide hezkuntza, propulzio sistema berritzaileaz baliatuz goi mailako graduondoko zein doktorego ikasketak, edota nazioarteko ikerketa taldeen saretea, besteak beste.

HITZ GAKOAK: ikerketa eta arrantza ontzia, zero emisioak, iraunkortasuna, ekonomia urdina, propulzio sistema diesel-elektrikoa (hibridoa), goi mailako irakaskuntza.

ABSTRACT: In recent times, marine environment knowledge is taking further concern, focusing all the efforts in guaranteeing its sustainability. The Basque Country has prestigious entities which are involved in elemental and sophisticated applied marine environment research works. The sea is the main source of datum and knowledge for these research teams. For example, all kind of biotic and abiotic sampling are usually extracted by using fishing vessels and oceanographic research vessels, becoming their frequent working platforms. Therefore, research vessels are nearly essential for those works, needed to be at least well dimensioned and prepared for their purposes. In that sense, this article addresses principally the retrofit of a coastal vessel engine propulsion system for high value coastal and near-shore marine research, training and education in the Basque Country. Thus, Ingeteam Power Technology company leads a private and public entities consortium which aims the retrofit, which will improve the vessel's energy efficiency, the manoeuvrability, security and emissions and noise reduction. The vessel, named ORTZE, belongs to the Basque Government, being one of the facilities of the Blas de Lezo, Marine and Fishing School of Pasaia. The retrofit consists of the replacement of the recent diesel mechanic propulsion system for an electric-hybrid propulsion system. The project is placed in a zero-emission, blue economy and sustainability development context. Some purposes are expected in a medium - short term, such as, coastal non-noise and zero-emission research studies, marine and fishing technologies lectures and developments, basic research and master studies and PhD careers on electric propulsion systems, international networking, etc.

KEYWORDS: research and fishing vessels, zero-emissions, sustainability, blue economy, electric-hybrid propulsion system, high level education.

* **Harremanetan jartzeko / Corresponding author:** Manu Soto, ZBIT ikerketa taldea, Zoologia & Animalia Zelulen Biologia Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea, UPV/EHU, Sarriena s/n, E-48940 Leioa; Plentziako Itsas Estazioa. UPV/EHU. Areatza, 48620 Plentzia, Bizkaia. Euskal Herria. – manu.soto@ehu.eus – https://orcid.org/0000-0002-4541-8182.

Nola aipatu / How to cite: Soto, Manu; Olabarri, Iratxe; Gabiña, Gorka (2020). «Itsas-ingurumen iraunkorraren bidean: ia emisiorik gabeko ikerketa ontzi hibridoak»; *Ekaia*, ale berezia 2020, 57-78. (https://doi.org/10.1387/ekaia.21209).

Jasoa: 31 urria, 2019; Onartua: 12 abendua, 2019

ISSN 0214-9001 - eISSN 2444-3255 / © 2020 UPV/EHU



Obra hau Creative Commons Atribución 4.0 Internacional-en lizentziapean dago

1. SARRERA

Ozeanoek lurrazalaren % 70 estaltzen dute, baina bakarrik haien % 5 aztertu da xeheki. Itsas esplorazio sakonak XVIII. mendean hasi ziren. Horretarako, oso ospetsuak izan ziren itsasontziak erabili ziren, *Endeavour*, *Beagle*, *Endurance*, *Albatross*, *Challenger*, besteak beste [1-7]. XX. mendearen erditik aurrera, aurrerapen teknologikoei esker mundu berri horren inguruko jakintza zabaltzen hasi zen. Gaur egun, ozeanoei esker lurreko bizitza posible dela jakinik, lehentasun zientifikoa bihurtu da ozeanoen ikerketa eta bertan gertatzen diren fenomeno eta baliabideen funtzionamenduari ulermena, bai eta haien iraunkortasuna ere.

Ikerketa-itsasontziak, edo zentzu zabalagoan itsasontzi ozeanografiakoak, funtsezko azpiegituratzat jo daitezke, itsasoak eta haien baliabideak aztertu ahal izateko eta haien kontserbazioa bermatzeko. Plataforma teknologiko konplexuak eta berritzaileak dira, eta ekipamendu eta teknologia sofisticatuz hornituta daude. Adibidez, ezinbestekoak dira datu biologikoak (espezieen banaketa, horien biomasa eta ugaritasuna, tamainaren banaketa) eskuratzeko, heldutasun-egoerak zehazteko, itsas hondoen jarraipena eta haien osasuna ebaluatzeko, bai eta kutsatzaileen ondorioak aztertze ere, besteak beste. Horretaz gainera, itsas ekosistemak beren osotasunean aztertzea, hau da, aldagai abiotikoak (pH-a, gazitasuna, sakonera, dentsitatea, tenperatura, etab.) eta haien arteko eta aldagai biologikoen loturak ikeretzea ezinbestekoa suertatzen da kontserbaziorako eta kudeaketa egoki baterako.

Itsas ikerketak ozeanoen eta haien eratorrien iraunkortasuna du jomuga. Horretarako, teknologia berritzaileak erabiltzen ditu bai instrumentazioari bai azpiegiturari dagokienez. Azken horri helduz, itsas ikerketako eta arrantza-irakaskuntzako ontzi baten transformazioa izango da artikulu honen ardatz nagusia.

Hurrengo ataletan, itsas ikerketako ontzien bilakaera, ontzien eraginkortasun energetikoa eta *Ortze* itsas ikerketa eta arrantza-eskolako ontziaren propulzio eraldaketa aztertuko dira (propulzio sistema diesel konbentzionaletik propulzio diesel-elektrikorako (hibridorako) transformazioa, hain zuzen).

2. IKERKETA-ONTZIAK

2.1. Ikerketa-itsasontzien hastapenak: lehenengo itsas espedizioak

XV. eta XVII. mendeen bitartean, kolonialismoari eta merkantilismoari estuki lotuta, European, esplorazioaren garaia izan zen. Besteak beste, aipagarriak dira Portugaleko koroak Ozeano Atlantikora, Indiarra eta Afrikako

kostaldeetara egindako bidaiak, bai eta Gaztelak Ameriketara egindako bidaiak eta munduko birak ere (Juan Sebastian Elkano eta Magalhaes [8]). Hau da, itsasontzien diseinua eta erabilera inperioak hedatzeko eta lurralde berriekin harreman komertzialak ezartzeko bidea zen (1. irudia). Esplorazio zientifikoaren garaia ondoren etorri zen, eta Ilustrazioaren aroan koka daiteke. Aldi horretan, zientzia eta arrazoiaren kontzeptu berritzaileak ezarri ziren, eta jakin-min zientifikoa ekarri zuen, bide batez espedizio horien bitartez animalia eta landare exotikoak ekartzeko Europara.



1. irudia. (A) Portugaleko «aurkitzaileak» eta (B) munduan barreneko haien ibilbideak (Belem). (C) Juan Sebastian Elkanoen lehen mundu birako oroitzapena. Ikus Vasco de Gama (*) eta Fernando Magalhaes (#).

Baina, garai horretan *sensu stricto*n ezin da ikerketa-ontziez hitz egin. Zergatik? Ikerketa-ontzia (ingelesetik *research vessel*, «RV») itsasoan egindako ikerketarako espresuki diseinatu, aldatu edo hornitutako itsasontzia delako, eta espedizioetan erabiltzen zirenak ez zeudelako helburu horrekin pentsatuta. Arestian aipatu bezala, ikerketa-ontziaren jatorria XVII. mendean izan zen, eta lehenengo esplorazio edo bidaiaria horietan

ia itsasontzi guztiak egurrezkoak ziren (2. irudia). Adibidez, James Cooken garaian, 1766. urtean, Royal Societyk *Endeavour* ontzia uretaratu zuen Ozeano Barean zehar bidaiatzeko eta Artizarraren ibilbidea eguzkian zehar aztertzeko [2]. Itsasontzi horren eraikuntza eta hornikuntza oso modu egokian diseinatu ziren, bidaiaria luze eta zail batean gerta zitezkeen arazoei aurre egin ahal izateko. Joseph Banks botanikoak hainbat espedizio burutu zituen *Endeavour* erabiliz. Horri esker 30.000 espezimen bildu zituen, horietatik 1.400 landare espezie berri. Joseph Banks Ingalaterrako Royal Societyko presidentea izan zen 41 urtez (1778-1819) [2].

2.2. XIX. eta xx. mendeko aurrerapenak

Beste itsasontzi ospetsua *HMS Challenger*¹ (2. irudia) baporez lagundutako korbata bat zen [7], eta, gerra-kanpainetan parte hartzeaz gain, lehenengo itsas espedizioa burutu zuen, 68.890 itsas miliako ibilbidea (127.580 km) eginez (1873-1876) [1]. Dena den, *USS Albatross* (2. irudia) jo daiteke lehenengo ikerketa-itsasontzizat, ikerketarako espresuki diseinatutako lehenengoa izan baitzen (1882) [6]. Haren lehenengo zeregine-tako bat izan zen AEBko ekialdeko kostaldeko berdeleki eta beste espezie migratzaile batzuei buruzko azterketak egitea, bai eta Golkoko korronteak sedimentuetako faunan zer eragin duen aztertzea ere [9]. 1914ko Trans-Antartikako Espedizio Inperialean, sir Henry Ernest Shackletonek hiru mastako *Endurance* ('erresistentzia' ingelesez, 2. irudia) bergantina gidatu zuen [5, 10]. Espedizio hori 1912an Sandefjorden (Norvegia) hasi zen, eta itsasontzia hiru urte geroago Weddell itsasoan (Antartika) izotzak xehatu eta hondoratu egin zen. Tripulazioaren barruan biologoak, fisikariak, geologoak, metereologian adituak, ingeniariak eta argazkilariak zeuden [10]. Garai berean, (1910) Antartikako Espedizio Britaniarrean *Terra Nova* itsasontzia erabili zen, Robert F. Scott-en gidaritzapean, eta Hego Polora 1912ko urtarrilaren 17an heldu zen. Han, Roald Amundsenen espedizioa haiek baino 34 egun lehenago heldu zela ikusi zuten [11].

Britainiar armadako *HMS Calypso* (2. irudia) itsasontzia zena Thomas Guinness dirudunak Jacques-Yves Cousteau ikertzaile ozeanografi-koari 1950ean alokatu zion (urteko libera baten truke). Hortik aurrera ikerketa-itsasontzi ospetsuenetako bat bihurtu zen [12, 13]. Cousteauk urpeko ikerketarako laborategiz hornitu zuen, eta urpekaritza, filmaketa eta oinarritzko ikerketak egin zituen 50 urtez. 1996an istripu baten ondorioz hondoratu zen, eta 1997an (Cousteau zendu zen urtean) hondotik atera zuten, eta oraindik ere jardunean dabil.

¹ 1983 eta 1986 bitartean jardunean aritu zen Estatu Batuetako espaziontzi batek izen bera eduki zuen (*Space Shuttle Challenger*).



2. irudia. XVII. mendetik xx. mendera, espedizioen edo ikerketarako itsasontzien eboluzioa. Egurrezko itsasontziak (A-F) eta altzairuzkoak (G): (A) *Endeavour* [3], (B) *Beagle* [4], (C) *Endurance* [5], (D) *Albatross* [6], (E) *Challenger* [7]. (F) *Calypso* [13], (G) *Skagerak* [14].

Gaur egungo ikerketa-ontzi aurreratuenak ikerkuntza doi eta zehatzak egiteko diseinatzen dira espresuki, baina beti funtzio aniztasuna biltuz [14]. Gehienak erakunde publikoek bultzatutako proiektuen bitartez sortuak dira, ikerkuntza zentroak eta unibertsitateko ikertzaileak erabiltzeko. Adibide batzuk 1. taulan laburbildu dira.

1. taula. Ikerketa-ontzien (RV) adibide batzuk, zer erakundek operatzen dituzten eta zein helburu betetzen dituzten adierazita.

Izena	Urtea	Erakundeak edota erabileak	Helburua
<i>RV Lura</i>	1981	IEO (Espainiako Ozeanografia Institutua) ²	Kostaldeko ekologiako kanpainak (Galizian)
<i>RV Francisco de Paula Navarro</i> ³	1987		Laginketak: ura eta sedimentuak; itsasoko uraren aldagai fisiko eta kimikoen azterketa, itsas flora eta faunaren inguruko ikerketa lanak.
<i>RV Ramón Margalef</i> ³	2011		
<i>RV Ángeles Alvariño</i>	2012		
<i>Thalassa</i>	1996	IEO eta IFREMER	Arrantza ikerketa Ipar Itsasoan
<i>Hesperides</i>	1991	CSIC	Ikerketa polarra
<i>Vizconde de Eza</i>	2000	MAPAMA Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente	Arrantza ikerketa
<i>RV Emma Bardan</i> ⁵	2006		Itsas hondoen kartografiak, ozeanografia eta arrantzako datuen jasotze lanak.
<i>RV Socib</i>	2012	SOCIB. Balearic Islands Coastal Observing and Forecasting System (MICyU, Spain)	Prozesu ozeaniko globalen ikerketa
<i>RV Investigator</i>	2014	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Australia's Marine National Facility	Ikerketa polarra
<i>RV Neil Armstrong</i>	2015	Woods Hole Oceanographic Institution	Ikerketa ozeanografiko arreratu ozeano tropikal eta epeletan
<i>RV Havfisken</i>	2015	DTU Aqua (Denmark) ⁴	Arrantza, ozeanografia eta ingurumen monitorizazioa, akustika, urpeko filmazioa ROVekin, laginketak, etab.

² Espainiako Ozeanografia Institutua (IEO): <http://www.ieo.es/es/web/ieo/flota>

³ MAPAMA; Emma Bardan itsasontzi ozeanografikoa: <https://preservicio.mapama.gob.es/es/pesca/temas/proteccion-recursos-pesqueros/buques-secretaria-general/investigacion-pesquera-oceanografica/emma-bardan/>

⁴ DTU Aqua: <https://www.aqua.dtu.dk/english/about/facilities/smaller-research-vessels>

*Itsas ingurumen iraunkorraren bidean:
ia emisiorik gabeko ikerketa ontzi hibridoak*

Izena	Urtea	Erakundeak edota erabileak	Helburua
<i>RV Dr Fridtjof Nansen</i>	2016	Norwegian Agency for Development Cooperation (NORAD), Inst Marine Research (IMR), Bergen University	Garapen bidean dauden herrialdeei beren arrantza kudeatzen laguntzeko
<i>RV Kronprins Haakon</i>	2018	University of Tromsø (50%), Norwegian Polar Institute (30%) Norwegian Institute of Marine Research (20%)	Ontzi izotz-hausle, ozeanografia Zirkulu Artikoan
<i>RV Electra Af Asko</i>	2016	Stockholm University Baltic Sea centre	Ontzi izotz-hausle, ikerketa Itsaso Baltikoan
<i>B.A.P. Carrasco</i>	2017	Peruvian Navy	Ikerketa ozeanografikoa, Peruko uretan eta Antartikan zehar
<i>RV Skagerak</i> ⁵ [14]	2017	University of Gothenburg	Ikerketa: biologia, ozeanografia, geologia, kimika, arrantza
<i>RV Tidewater</i>	2019	Virginia Institute of Marine Science – VIMS ⁶ – (USA)	Funtzio anitzeko ontzia; estuarioetan eta kostaldeetan jardutekoa.

Hala ere, itsasontzi aurreratuenek ere iraunkortasuna dute helburu, beren operazio lanak ahalik eta aztarna ekologiko murriztena izan dezaten. Hurrengo atalean adieraziko den bezala, energiaren erabilera murriztea da gaur egungo ontzien erronka nagusienetakoa. Horretan ere ikerketa ontziak sartzen dira.

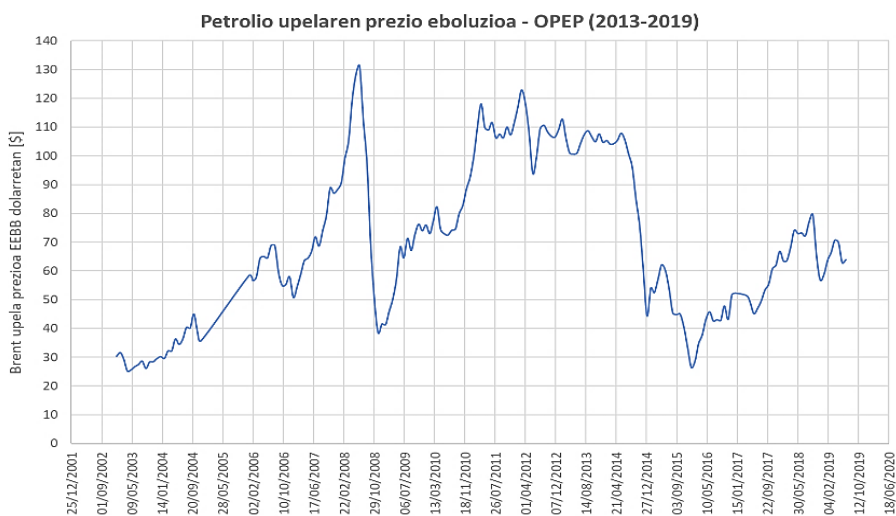
3. ENERGIA ETA IRAUNKORTASUNA ITSASONTZIETAN

Itsasontzi batek behar duen energia, kasu gehienetan, motor termikoen bidez hornitzen da. Horiek, era berean, petroliotik eratorritako erregai fosilekin elikatzen dira. Erregai fosilak, munduan erabiltzen diren energia iturri ugarietak dira; energia iturri ez berriztagarriak, alegia.

⁵ <https://www.eurofleets.eu/vessel/rv-skagerak/>

⁶ Virginia Institute of Marine Science (VIMS): http://www.vims.edu/intranet/operations/vessel_operations/index.php

Petrolioaren prezioaren bilakaera ezegonkorra da. Joera horretan, hainbat faktorek dute eragina, hala nola produkzio kostuak, herrialde produktoretan gertatzen diren egoera geopolitiko edo estrukturalak, zein momentuko merkatu baldintzak, besteak beste [15, 16]. Hurrengo irudian, petrolio upelaren azken hamabost urteetako prezioaren bilakaera ezegonkorra adierazten da (3. irudia) [17]. Itsas industriaren kezka nagusietako bat erregai gastua da. Izan ere, itsasontzi batek duen erregai kontsumoa bere operazio gastuen parte handi bat izaten da (% 60-70 ere bai) [18]. Arrantzan diharduten ontzien kasuan, adibidez, erregai kontsumoa haien operazio gastuen % 50 gorakoa ere izan daiteke [19].



3. irudia. Petrolio upelaren prezioaren bilakaera (grafikoa egiteko datu iturria [17])

Hasieran aipatu bezala, itsasontzien energia hornitzea makina eta motor termikoen bidez egiten da. Makina horien artean ohikoenak diesel motorrak dira. Urtean, itsasoan erabiltzen diren diesel motorren kontsumoa mundu mailan oso altua da, ia 60 milioi upel [20]. Horrek emisio kopuru hauek dakartza urtean: 961 milioi tona CO₂, 21 milioi tona NO_x, 11,3 milioi tona SO_x eta 1,4 milioi tona partikula isurketa atmosferara [21].

IMO (*International Maritime Organization*) erakundeak, 2015az geoztik, ingurumenaren gaineko politika murriztaile eta zorrotzagoak ezarri ditu. Besteak beste, erregaiaren sufre kantitateak ezin izango du % 0,1eko muga gainditu ECA (*Emission Control Area*) guneeetan (Ipar Ameri-

kako kostaldea, Ipar Itsasoa eta Itsaso Baltikoa), eta gainontzeko zonetan % 0,5eko muga ezarriko da 2020. urterako [22]. NO_x emisioei dagokienez, TIER erregulazioa (IMO) sartzen da, motorrei aplikatutako erregulazioa, alegia. Jada 2016. urtetik, TIER III abian jarri da, NO_x gabeko ECA zonetan, non NO_x emisioen murrizpena, TIER II-rekin konparatuz, % 75ekoa den [23]. CO₂ emisioei dagokienez, kontrol berriak jarri ziren martxan 2016an, batez ere itsasontzi handietarako (>400 GT), non eraginkortasun energetikoan oinarritutako indize eta indikatzaile batzuk ezarri ziren (EEOI - *Energy Efficiency Operational Indicator*, EEDI - *Energy Efficiency Design Index*) eta SEEMP (*Energy Efficiency Management Plan*) itsasontziaren eraginkortasun energetikoa kudeatzeko plana ere jarri zen martxan.

Beraz, azken urteotan, itsasontzien eraginkortasun energetikoak erabateko garrantzia hartu du. Izan ere, bai energiaren kostua bai ingurumenaren aldeko konpromisoak direla eta, operazio eta prozesuen eraginkortasun energetikoa aukera bat izatetik beharrian bat izatera igaro da [24]. Hori dela eta, azken urteotan, itsas sektoreko agente desberdinak neurriak diseinatzen eta garatzen hasi dira berriki aipatutako muga barruan [25]. Ontzi barruko energia-kontsumo aurrezpen estrategiak ondo definitu behar dira. Horretarako, auditoretza energetiko sakon bat egin behar da ontzi barruan, energia kontsumoko patroiak ondo definituz eta horrekin neurriak eta estrategiak diseinatuz.

Estrategia horiek ontziaren dimentsio osoan diseinatzen dira, hau da, makineriaren, operazioen, erregaiaren zein ontzia beraren ezaugarri estrukturalen ikuspegitik. Bestetik, ontziaren diseinuaren hastapenetan proiektatzen diren neurriak errazago ezartzen dira. Aurrerantzean neurri interesgarriak ezar daitezke, baina betiere zailtasun handiagoarekin, bai teknikoki, bai ekonomikoki.

Ontzi barruko energia-kontsumoa kudeatzeko sistemak, hala nola propulzio motorren aldiuneko erregai kontsumoaren adierazgailuak, eragin handia izan dezakete operazioaren kontsumo eredian. Arrantza ontzietan, adibidez, % 10-25eko aurrezpenak ekar ditzakete, arrantza motaren arabera [19].

Propulzio sistemaren operazio moduarekin jarraituz, nabigazio motelak edo geldoak (*slow steaming* deiturikoa) aztertu izan dira, batez ere ibilbide luzeetako itsas garraiorako. Neurri honek erregai aurrezpena ekar dezake, baina era berean zerbitzu denbora luzatu, eta produktu edo zerbitzuaren kalitatea mugatzen du. Hori dela eta, tokian tokiko azterketa behartzen duen soluzioa da, hain zuzen [26]. Aurreko kasuan, neurria ezartzea errazago izan daiteke, beste soluzio berritzaile batzuekin alderatuta, hala nola haize-energiako propulzio sistemak. Oraindik teknologiarren ezarketaren ikuspuntutik heldutasuna behar du, batik bat azterketa eta

proba kopuru aldetik, adibidez *slow steaming* operazio moduarekin alde-
ratuz gero [27].

Aurreikusitako operazio-baldintzak kontuan hartuz motorren mantenu
(CBM - *Condition Based Engine Maintenance*) egoki batek erregai kon-
sumoaren murrizketa ere ekar dezake. Ikerketa lanetan berrets den bezala,
hainbat faktorek eragina izan dezakete motorren funtzionamendu desegoki
batean, hala nola buxadurak turbokonpresorean zein aire hozte sisteman,
injekzio ponpatze txarra, etab. [28].

Beste teknika berritzaile batzuk aztertuta, egun, aurrerapausoak ema-
ten ari dira ORC motako (*Organic Rankine Cycle*) teknologiarekin; moto-
rren bero galerak berreskuratzean datza, bero-galera horietatik energia sor-
tuz [29].

Erregaiaren gaineko ikerketak egin dira, polarizadore magnetikoak az-
tertuz, aurrezpen nabarmenak aurkituz [30] edota ez hain nabariak [31].
Erregai alternatiboan kasuan, ikerketa lan anitz aurki daitezke bibliografian
bai biodieselen kasuan [32, 33], bai, neurri murriztagoan, mineral jatorriko
erregai alternatiboetan non eragin positiboak ondoriozta daitezkeen, kon-
sumo eta emisio aldetik [34].

Beste neurri batzuen artean, propulsio sistema berritzaileak aurkitzen
dira, belaunaldi berriko sistema elektrikoetan oinarritzen direnak hain zu-
zen. Hainbat ikerketa lan egiten ari dira ontzien elektrifikazioaren espar-
ruan; propulsio elektrikoaren garapenak etorkizun hurbileko Karbono Ba-
xuko Ekonomiako inguru baten etorrera bultzatuko du [35, 36]. Artikulu
honen gai nagusiak azken neurri horren ildoari jarraitzen dio, hurrengo ata-
letan zehatzago adieraziko den bezala.

4. ITSASONTZIAREN AUKERAKETA

Aurretik aipatu diren gaiei helduz, ardatz trinko bat azpimarratu dai-
teke: ikerketa ontzi efizienteak. Kasu honetan, ikerketarako eta ikaskuntza-
rako bideratuko den ontzi baten propulsio sistemaren eraldaketa aukeratu
da. Ontzi berri baten fabrikazioa inbertsio handia da. Beraz, egungo ontzi
baten birmoldaketa planteatu da teknologia berritzaile bat instalatzeko. Au-
keratutako itsasontzia Pasaiaiko Blas de Lezo Itsas Arrantza BHIk (Biga-
rren Hezkuntza Institutua) duen ORTZE ontzia izan da, zein Eusko Jaurla-
ritzaren ontzi flotako parte den.



4. irudia. ORTZE itsasontzia.

ORTZE itsasontzia, arrantzaren ikuspuntutik, arrasteko operazioan eta arrantza mota estatikoekin aritzeko prestatuta dagoen arrantzarako eskola-ontzia da. Burdinazko xaflaz fabrikatu zen 1996. urtean Astilleros Ascorreta ontziolan. Kubieta edo ontzigaina zabala du eta brankan (aurrealdean) ainguratzeko sistemak (makina birakor edo gindax bi) ditu. Kubiartaren erdian zubia dago, estruktura handi batez osatua. Zubitik popara (atzealdea), goiko kubiartaren erdian garabia eta albo bakoitzean (ezkerraldean eta eskuinaldean) arrantza makina birakorrek daude, arrasteko operazioetarako (kablea erriatzeko edo jasotzeko) erabiltzen direnak. Popan, beheko ontzigaina edo arrantza kubieta dago. Bertan, popan portiko etzangarri bat dago, gailu ozeanografikoak jaurti eta jasotzeko, hala nola buiak, CTDak (eroangarritasuna, sakonera eta tenperatura neurtzeko zunda), itsas hondoko filmaziorako ROV (*Remote Operated Vehicle*), eta abar. ORTZE ontziaren neurri orokorrak 2. taulan adierazten dira.

2. taula. ORTZE ontziaren neurri orokorrak.

Ezaugarriak	Neurria (m)
Esloi totala (luzera)	19,02
Perpendikularren arteko esloia	16,00
Manga (zabalera)	6,00
Puntala goiko kubiartara (sakonera)	3,15

Horrelako ezaugarriak kontuan hartuta, gaur egun ORTZE itsasontziak hainbat arrantza-operazio egiten ditu: hondoko arrastea, tretta, berdeletarako linea bertikala eta hegaluzetarako kaza arrantza mota, besteak beste. Kostaldeko nabigazioa, maniobra lanak eta makinako zaintzak ere irakasten dira ontzi honetan. Hogei bat metro luzerako itsasontzi honen egungo propulzio sistema motor diesel konbentzionala da (800 cv); hori dela eta, isurketak (bai gas kutsakorrei bai akustikari dagokienez) nahiko handiak dira. Azterketa sakon baten ostean, *Ortzeren* propulzio sistema konbentzionaletik berritzaileara igarotzea aukera egokia dela ondorioztatu da, betiere ingurumenaren iraunkortasuna jomugatzat harturik. Ontzi hau helburu zientifikoetarako erabat erabilgarria bihur daiteke eraldaketa sakon bat jasoz gero, ikerketa-itsasontzi gisa erabiltzeko, alegia.

5. **ORTZE ONTZIAREN ERALDAKETA: PROPULSIO SISTEMA DIESEL-ELEKTRIKOA (HIBRIDOA)**

Eraldaketa honen helburu nagusia ontziak egingo dituen jardueren azarna ekologikoa ahalik eta gehien murriztea da, teknologia berritzaile baten bidez. Hain zuzen ere, zero emisioko egoera lortu nahi da portuetan (itsasoratze eta lehorreratze ibilbideetan) eta babestutako inguruneetan edo jendarretetik gertuko gunetan [37]. Oro har, aurreikusita dago isurketak % 25 baino gehiago murriztuko direla egungo sistemarekin konparatuta. Horrekin batera, erregaien kontsumoa ere murriztuko da neurri berdinean. Eraldaketa honen puntu esanguratsu bat ontziak izango duen nabigazio isila da, zeinak ingurumena babestu, inguruko itsas sistema eta animaliei kalterik egin gabe, eta kalitatezko ikerketa jarduera konplexuak ahalbidetuko dituen.

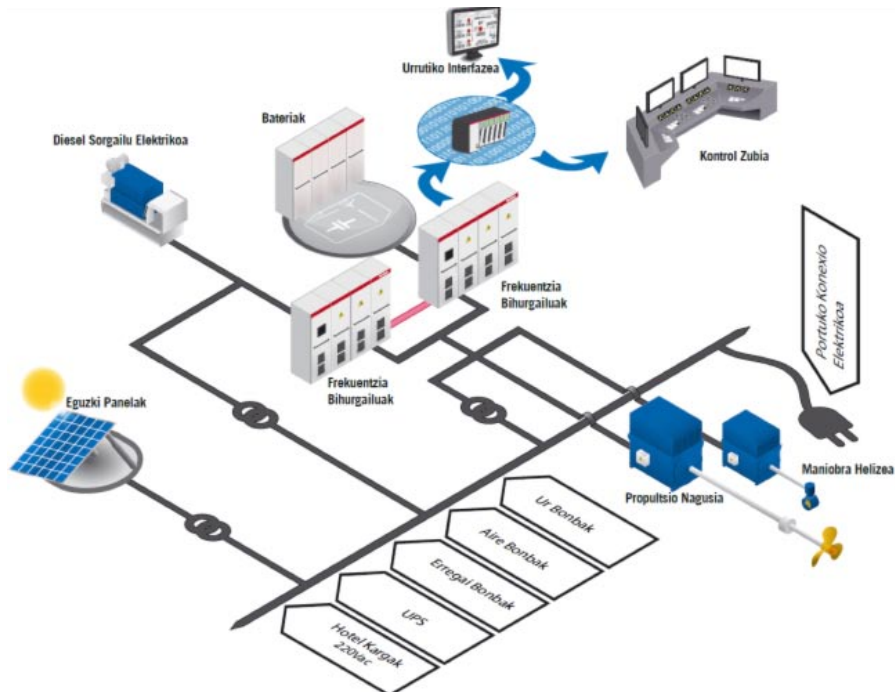
Propulzio sistemaren eraldaketa propulzio motor elektrikoa ezarri eta planta diesel-elektroko (hibridoa) lortzean datza. Proposatutako irtenbideek egungo joerak gainditzen dituzten eta gertuko etorkizunean eskatuko diren berrikuntza teknologikoak eskaintzen dituzte. Egungo *Ortze* ontziko helizea diesel motorrak birarazten du, baina, eraldaketaren ostean, helizea biraraziko duen motorra elektrikoa izango da. Motor elektrikoa biratzeko behar den energia iturri desberdinetatik etorriko da (eguzki panelak, diesel sorgailu elektrikoa eta bateriak). Ontziak modu diesel-elektrokoan (diesel sorgailu batek hornituko luke motor elektrokoak behar duen energia) edo modu guztiz elektrokoan (bateriek eta eguzki panelek hornituko lukete motor elektrokoak behar duen energia) egin dezake lan. Modu guztiz elektrokoan, zero emisio lortuko da, 2 orduz gutxienez, portutik irteteen edo portura heltzean, babestutako inguruneetan, eta abiadura txikian egin behar diren operazio zehatz eta isiletan.

Frekuentzia bihurgailuek energia iturri desberdinek sortutako potentzia elektrokoaren konbertsio eta egokitzapena bideratzen dute, itsasontziko karga desberdinek eskatzen dituzten uhin formetara moldatuz.

Propultsio nagusiko motorrek eta maniobra helizeek uhin forma alda-korra behar dute, bai tamainan bai maiztasunean, haien abiadura kontrolatu ahal izateko, bai eta estatoretik zirkulatzen duten korronteen kontrol zehatza bermatzeko ere. Beste karga batzuek, hala nola hotel motatakoak, elektroponpa laguntzaileek, tentsio alerno konstantea behar dute (Vac), bai tamainan bai maiztasunean.

Baterien kasuan, zeinek energia iturri zein karga gisa funtziona dezaketen, frekuentzia bihurgailuak baterien karga eta deskarga kontrolatzeko beharrezkoak dira. Tentsioak egokitu eta korronteak kontrolatzen dituzte, bateriek kalterik jaso ez dezaten eta haien bizialdia ahalik eta luzeena izan dadin. Gainera, frekuentzia bihurgailuek potentzia fluxua, bai eta sorrera eta eskaeraren arteko banaketa eta balantzea ere kontrolatzen dituzte, energia kudeaketa medio, itsasontziaren operazio modu desberdinetan sistema-ren efizientzia energetiko orokorra maximizatuz.

5. irudian ikusten dugun propultsio nagusiko motor elektrikoa korronte alternokoa da, trifasikoa, iman iraunkorretako sinkronoa, eta bere estatorean debanatu bikoitzekoa da. Bere abiadura eta potentzia nominalak 1.800 rpm eta 500 KW dira, hurrenez hurren.



5. irudia. ORTZE ontziko energiaren banaketaren eskema orokorra.

Maniobra helizeko motorra, 1.500 rpm eta 20 kW-koa da. Karga elektriko laguntzaileek, hala ur gazi zein gezako zirkuituetan, nola aire, olio edo erregai zirkuituetan, hotel motako kargekin batera, 40 kVA inguru gehitzen dituzte, eta tentsio eta maiztasun konstanteetan dihardute (3×220 Vac, 50 Hz).

Bateriek 200 kWh arteko energia pila dezakete, eta 400 kW arteko potentzia elektrikoa jaso edo emateko gai dira. 40 minutuan erabat kargatuta egon daitezke, eta haien tentsio nominala 850 Vdc-koa da. Diesel sorgailu elektrikoak 325 kVA arteko potentzia sor dezake, 400 Vac-ko tentsio trifasikoan eta 60 Hz-eko maiztasunean.

Eguzki paneletan oinarritutako energia berriztagarriko iturriek dagoenez, potentzia elektrikoa sortzeko gaitasuna 5 kW-ekoa da. Energia iturri horrek bere bihurgailua darama barruan, sortutako potentzia elektrikoak 220 V-eko korrante alferno trifasikoa, 50 Hz-ean, izan dezan.

Ortze ontzian ezarriko diren teknologia eta sistemak potentzia sistema bateratu baten inguruan arituko dira, eta haien ezaugarri nagusiak, laburrean, ondokoak dira:

1. Motor elektriko bidezko propulzio hibridoa. Motor hau goi efizientzia energetikokoa eta operazio isilekoa da.
2. Korrante zuzen bitarteko potentzia banaketa.
3. Ontzi barruko segurtasun eta erredundantzia maila altua.
4. Neurritzko hasierako kostua eta operazio kostu murriztuak.
5. Urrutitik mantendu eta gainbegiratu daiteke, jarraitze eta mantentze prebentibo eta prediktiboko sistemak barneratuz.
6. Sortutako, gordetako eta kontsumitutako potentzia eta energia optimizatzen da, «burmuin elektroniko» bitartez kudeatuz.
7. Itsasontziak behar duen energia elektrikoa iturri batetik baino gehiagotatik sortzen da:
 - a) Diesel sorgailu elektriko bitartez, energia elektrikoa maiztasun aldakorrean sortuz.
 - b) Eguzki panelak, energia fotovoltaiakoa dela medio.
 - c) Baterien bidez. Bateriak itsasontzia portuan geldi dagoenean energia berriztagarriak erabiliz kargatu daitezke, portutik irteetan modu elektriko bermatzeko. Ontzia itsasoan dagoenean ere bateriak sorgailu elektrikoaren nahiz eguzki panelen bidez kargatu daitezke. Horrela itsasontzia portura bueltatzean bateriak kargatuta egongo dira, eta itsasontzia modu guztiz elektrikoan sartu ahalko da portuan.

Energia efizientzia handiko frekuentzia bihurgailuen erabilera. *ORTZE* itsasontzi berriztatuak ondoko operazio moduak lortuko ditu:

- Portuan dagoenean, **lurrera konektatutako modua:** diesel sorgailu elektrikoa itzalita dago, energia iturria portuko sare elektrikoa izanik. Portuan bateriak kargatzeko aukera dugu, energia berriztagarriak soilik erabiliz.
- **Nabigazio modu guztiz elektrikoa.** Kasu honetan, sorgailu elektrikoa guztiz itzalita dago. Eta energia iturri gisa bateriak eta eguzki panelak erabiliko ditugu. Eskuragarri dugun potentzia maximoa 350 kW da. Energia maximo eskuragarria 200 kWh da. Portuetako sarrera eta irteeretan, bai eta babestutako inguruneetan erabiliko da, eta modu horretan isurpen maila zero da. Kasu honetan, haren autonomia 23 mn 6 kn-koa da.
- **Nabigazio modu diesel elektrikoa.** Sorgailu elektrikoa piztuta dago, bateriak deskonektatuta daude, eta energia iturriak sorgailu elektrikoa eta eguzki panelak dira. Potentzia maximo eskuragarria 320 kW da.
- **Nabigazio modu hibridoa.** Sorgailu elektrikoa piztuta dago, bateriak konektatuta daude, eta energia iturriak, beraz, sorgailu elektrikoa, bateriak eta eguzki panelak dira. Potentzia maximo eskuragarria 600 kW da, baterien karga % 50 baino handiagoa den egoerentzat. Modu hibridoan sortutako energia bateriak berriro ere kargatzeko erabil daiteke. Modu hori kostaldetik urrunago dauden lekuetan erabiltzen da.

6. PROIEKTUAREN KIDEAK

Arestian esan bezala kostaldeko eta kabotajeko itsasontzietan ezarriko diren efizientzia energetiko altuko eta isurpen murrizteko (bai gas kutsagarriari eta bai eta akustikoei dagokienez ere, eta zero isurpen inguru babestuetan) irtenbideak ikertzeko eta garatzeko funtsezko xedearekin sortu da ORTZE-CV (*Research & Development of Technologies towards Zero Emission Coastal Vessels*) proiektua.

Aurreikusita dauden I+G (Ikerkuntza eta Garapena) ekintzei esker, itsasontziek inguruko ekosistemetan ahalik eta inpakturik txikiena sortuz gauzatu ahal izango dituzte kostaldeko jarduerak. Makina gelaren eraldaketa honek ere propulzio sistema berritzailea ekarri du, eta itsas eta arrantza irakaskuntzaren ikuspegitik posizio ezin hobean utziko du arrantza eskola, erreferentzia zentro bihurturik. Eraldaketa osteko *Ortze* ontzia, eskola itsasontzia izateaz gainera, itsasoari eta ingurumenari buruzko ikerketa lanak egiteko ere erabiliko da. Lehen aipatu bezala, erreferentzia bilakatuko da tokian tokiko eremuan zein nazioartekoan, bai instalatuko diren teknologien-gatik baita beteko diren jarduerengatik ere. Proiektu hori aurrera ateratzeko Euskal Autonomia Erkidegoko zenbait enpresa eta erakundek osatutako partzuergoa sortu da (3. taula), Ingeteam enpresa proiektuaren liderra izanik.

3. taula. ORTZE proiektuko partzuergoko kideak.

Kideak	Zeregina
INGETEAM	Proiektu burua. Potentzia eta kontroleko elektronikaren, sistema bateratzearen, kudeaketa energetiko optimoaren, energia berriztagarrien bateratzearen, automatizazio eta kontrolaren, urrutiko eragiketen eta mantentze lanen I+G (Ikerkuntza eta Garapena).
INDAR	Propultsoarearen eragintza zuzenaren, hariltze bikoitzeko makina elektrikoaren, teknologia isilaren, iman iraunkorren teknologien, hozketa-sistemen optimizazioaren I+G.
SKV	Sorgailu elektrikoaren, abiadura aldakor bidezko sorkuntzaren, instrumentazio eta monitorizazio aurreratuaren, efizientzia eta igorpen optimizazioaren I+G.
ORMAZABAL	Ontziaren eta portuaren arteko konexio elektrikoaren, araudiaren analisiaren, portuko azpiegitura elektrikoaren, behe eta erdi tentsioko konexioaren I+G.
Lasa Naval	Ontzi-ingeniaritzaren I+G, egonkortasun azterketak eta analisiak, araudiaren analisia, egituren analisia
Euskal Herriko Itsas Foroa	Proiektua hedatzeko ekintzak, enpresen ordezkartza, dibulgazio ekintzak, ekitaldien antolaketa
AZTI	Ontziko ikuskaritza energetikoko sistemen I+G, ORTZE itsasontzi berriko kudeaketa eta operazio ereduak, goi mailako eskakizunak, dibulgazio zientifikoa
PIE-UPV/EHU	Kudeaketa eta operazio ereduak, zientzia dibulgazioa, goi mailako erabiltzaile-eskakizunak
Ingeniaritza eskola EHU	Barne errekuntzako sorgailu elektrikoaren I+G, monitorizazio aurreratua, mantentze lan prebentiboak eta CMS (<i>Content Management System</i>) teknikak, hedatze eta trebakuntza ekintzak
Mondragon Unibertsitatea	Potentzia eta kontroleko elektronikaren I+G, sareko ikerketak, distribuzio sistemaren babesa, egonkortasun elektrikoaren analisia, hedatze eta trebatze ekintzak
Blas de Lezo Pasaiaiko Itsas Arrantzako BHI	Goi-mailako eskakizunak, ORTZE itsasontzi berriaren kudeaketa eta operazio ereduak, operazio profilak, diseinua eta oinarritzko ingeniaritza, dibulgazioko eta lanbide hezkuntzako ekintzak, ORTZE itsasontziaren bulegoa/tripulazio nagusia
Tknika	Lanbide Heziketari aplikatutako Ikerketa eta Berrikuntzako Euskal Autonomia Erkidegoko zentroa

7. ONDORIOAK

Industria, ikerketa eta hezkuntza izan dira proiektu honen funtsezko zutabeak (5. irudia). Lehenengoz, **INDUSTRIA** posizionamendua bultzatuko du, partzuergoko enpresei itsas garraioaren elektrifikazioaren merkatu berria hazten lagunduko dielako. Parte hartutako enpresa bakoitzak puntako teknologia propioa eta ezagutza erantsi dizkio garapen teknologiko honi. Bigarrenez, itsasontziko azken erabiltzaileak puntan kokatzea ere bilatuko du, **IKERKUNTZA** ardatza bermatuz. Izan ere, *Ortze* ontziak itsasoko eta gure kostaldeko ekosistemen ikerketarako ozeanografia ikertzea, gure kostaldeko ekosistemak eta ingurumena ezagutzea eta ingurumenarekiko konpromisoa eta sentsibilizazio urdina garatuko ditu. Gaur egun, itsas ikerketak lan konplexu eta askotarikoak eskatzen ditu, eta oinarritzko ekipamendua ere beharrezkoa da. Besteak beste, 4. taulan, arrantzarako eta itsas ikerketarako kubiartako ekipamendu minimoa adierazten da.

4. taula. Arrantzarako eta ikerketarako oinarritzko ekipamendua.

Gailua	Kokapena	Funtzioa
Garabia	Ontziaren erdialdean, kubiartan edo zubi gaineko kubiartan	Karga lanak, buien ainguraketak, itsas ikerketarako aparatuen erriatzea edo jasotzea (CTD — <i>Conductivity, Temperature Depth</i> —, ROV — <i>Remote Operated Vehicle</i> —, dragak, etab.)
Arrantzarako makina birakorrak	Kubiartan zubitik popara (istriborrear eta ababorrear)	Arrasteroek arrantza operazioan kableak erriatzea eta jasotzea. Itsas ikerketarako aparatuen erriatzea edo jasotzea (CTD, ROV, etab.)
Garabi edo puntala + txirrika	Popan (istriborrear eta ababorrear)	Arraste operazioan kableak gidatzeko eta erriatzeko edo jasotzeko maniobrak ahalbidetzea
Karretela edo danborra	Arrantza kubiarta gainean (airean)	Sarea estibatzea, kubiarta lanerako libre utziz
Bestelako arrantza tresneria (polipastoa)	Kubiartan albo batean	Arrantza mota estatikoak erabiltzea, tertzia, linea bertikala, etab.
Arrain sailkatzeko mahaia (desmuntagarria)	Kubiartan	Arrain sailkatzeko lanak egitea

Ekipamendu espezifikoa ikerketa taldeek adierazi behar dute, eta ontziaren hurrengo erronka izango da. Adibidez, ikerketa ontzi ozeanografikoek uraren, atmosferaren eta klimaren ezaugarri fisiko, kimiko eta biologikoei buruzko ikerketak egiten dituzte. Horretarako, sakonera desberdinetako ur-laginak biltzeko ekipoa garraiatu behar dute, eta itsas honddoa aztertzeko sentso mota ugari eta beharrezko azpiegitura ere izan behar ditu, besteak beste, urpekaritza zientifikoko jarduerak garatzeko.



6. irudia. ORTZE-CV proiektuaren ardatz nagusiak.

Hirugarrenez, **HEZKUNTZA**ri dagokionez, *Ortze* berriztatuak itsaso eta arrantza alorretan etorkizuneko profesionali, bai eta itsas ingeniariari ere, praktikak eta prestakuntza egitea eskainiko die. Pasaiako Blas de Lezo Itsas Arrantzako BHIko ikasleek teknologia elektriko eta energetiko berrietan oinarritutako praktikak burutzeko aukera izango dute, eta teknologia horiek posible egiten dituzten operazio modu berrietan trebatuko dira. *Ortze* ontziak masterrak eta doktoregoko ikastaroak bertan irakastea ahalbidetuko du. Adibidez, itsas ingurumenarekin edo ingurumenaren osasunarekin eta biodibertsitatearekin zerikusia daukaten EHUko hainbat masterretako ariketa praktikoak han egin daitezke. Ez graduondoko ikasleek soilik, baita graduetako ikasleek ere (fisikariak, ingeniariak, biologoak, kimikariak, Nautikako ikasleak, etab.) han emenda dezakete itsasoaren eta propulsioko makina berritzaile honen inguruko ezaguera.

Noizko eskuragarri? 2020ko erdialdetik aurrera, *Ortze* ontziak gure kostaldeko ingurumena eta ozeanografia ikertzeko operazioak hasiko ditu, bai eta trebakuntza, dibulgazio eta kontzientziazio jarduerak ere. Propultsio sistema eta planta elektriko berriak gure kostaldetik ibilbide garrantzitsuak egitea ahalbidetuko du, osasunerako eta ingurugirorako kaltegarriak diren isurketak murriztuz. Hain zuzen ere, portu sarrera eta irteeretan, kostaldetik hurbil, bai eta inguru babestuetan ere, gas eta soinu emisioak zero izango dira.

Laburbilduz, *Ortze* ontziak gaur egun itsas munduan eta, oro har, garraioan indartsu sartzen ari diren teknologia garbi berrietan sakontzeko eta trebatzeko aukera eskainiko du. *Ortze* itsasontzi berriak Euskadin garatu da, eta gure lurraldean arituko den era honetako lehenengo itsasontzia izango da. Energia berriztagarrien munduan nazioarteko erreferente bilakatu nahi da, goi-mailako ikerkuntzan eta hezkuntzan lor daitezkeen emaitza posibleak ahaztu gabe.

8. ESKER ONAK

Lehenik eta behin esker onak eman Eusko Jaurlaritzaren Garapen Ekonomiko eta Azpiegitura Sailari, HAZITEK 2017 programaren bitartez, ZE-2017/0005 espediente zenbakidun ORTZE-CV proiektua finantzatzeari. Era berean, FEDER 201-2020 programaren barruan Europar Batasuneko kofinantzaketa posiblea egin duen Euskal Programa Eragileari gure esker onak.

Eta azkenik, eskerrik asko proiektu honetako partzuergo osatzen duten enpresa eta entitate orori, bereziki Pasaiako Blas de Lezo Itsas Arrantzako BHI Institutuari.

9. BIBLIOGRAFIA

- [1] CORFIELD R. 2003. *The Silent Landscape: The Scientific Voyage of HMS Challenger*. Int Edition. Joseph Henry Press. 300 or. ISBN-10: 0309095093.
- [2] RIGBY N, VAN DER MERWE, P, WILLIAMS, G. 2018. *Pacific Exploration: Voyages of Discovery from Captain Cook's Endeavour to the Beagle*. Adlar Coles. Edk. 256 or.
- [3] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/32/HMS_Endeavour_off_the_coast_of_New_Holland%2C_by_Samuel_Atkins_c.1794.jpg. Endeavour. Webgunea, eguneratze-data: 2019-12-02.
- [4] <https://hmsbeagleproject.org/rebuild/>. HMS Beagle Project. Webgunea, eguneratze-data: 2019-12-02.
- [5] [https://en.wikipedia.org/wiki/Endurance_\(1912_ship\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Endurance_(1912_ship)). Endurance (1912 ship). Webgunea, eguneratze-data: 2019-12-02.

- [6] <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=21322316>. Albatross. Webgunea, eguneratze-data: 2019-12-02.
- [7] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HMS_challenger_William_Frederick_Mitchell.jpg. HMS Challenger. Webgunea, eguneratze-data: 2019-12-02.
- [8] OLAIZOLA SARRIA, JL. 2018. *Juan Sebastián Elcano: la mayor travesía de la historia*. Biblioteca Online SL Ed. 168 or. ISBN: 8415998953.
- [9] SMITH DG.; WILLIAMS JT. 1999. «The Great Albatross Philippine Expedition and Its Fishes». *Marine Fisheries Review*, **61(4)**, pp. 31-41.
- [10] LANSING A. 2015. *Endurance: Shackleton's Incredible Voyage*. Basic Books Publ. 3257 or. ISBN. 9780465058785.
- [11] VAN DER MERWE, P; MICHELL J. 2018. *South: The Race to the Pole*. Pieter van der Merwe (Editor), Jeremy Michell (Editor). National Maritime Museum, Greenwich. 208 or. ISBN-10: 1844864863.
- [12] MATSEN B. 2010. *Jacques Cousteau: The Sea King*. Vintage Publ. 320 or. ISBN: 0307275426.
- [13] https://en.wikipedia.org/wiki/RV_Calypso. RV Calypso. Webgunea, eguneratze-data: 2019-12-02.
- [14] <https://www.eurofleets.eu/vessel/rv-skagerak/>. Eurofleets, RV Skagerak. Webgunea, eguneratze-data
- [15] KHAN, M. I. (2017). «Falling oil prices: Causes, consequences and policy implications». *Journal of Petroleum Science and Engineering*, **149**, 409-427. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.petrol.2016.10.048>.
- [16] LETTIERI, S. (2015). *El precio del petróleo: La geopolítica en movimiento*. Centro de Capitanes de Ultramar y Oficiales de la Marina Mercante. www.capitanes.org.
- [17] <https://www.oil-price.net/>. Oil Price. Webgunea, eguneratze-data: 2019-12-09.
- [18] ROJON, I., eta SMITH, T. (2014). *On the attitudes and opportunities of fuel consumption monitoring and measurement within the shipping industry and the identification and validation of energy efficiency and performance interventions*. UCL Energy Institute: University College London.
- [19] BASURKO, O. C., GABIÑA, G., eta URIONDO, Z. (2013). «Energy performance of fishing vessels and potential savings». *Journal of Cleaner Production*, **54**, 30-40. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.05.024
- [20] REITZ, R. D. (2013). «Directions in internal combustion engine research». *Combustion and Flame*, **160(1)**, 1-8. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.combustflame.2012.11.002>
- [21] IMO. (2014). *Third IMO Greenhouse Gas Study*: International Maritime Organization.
- [22] FAGERHOLT, K., GAUSEL, N. T., RAKKE, J. G., eta PSARAFTIS, H. N. (2015). «Maritime routing and speed optimization with emission control areas». *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, **52**, 57-73. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2014.12.010>

- [23] CUMMINS (2009). *Meeting the Next Challenge: IMO Tier II and III*.
- [24] ANG, B. W., MU, A. R., eta ZHOU, P. (2010). «Accounting frameworks for tracking energy efficiency trends». *Energy Economics*, **32(5)**, 1209-1219. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2010.03.011>
- [25] BOWS-LARKIN, A., SMITH, T., eta WROBEL, P. (2016). «Shipping in changing climates». *Marine Policy*. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2016.05.033>
- [26] LEE, C.-Y., LEE, H. L., eta ZHANG, J. (2015). «The impact of slow ocean steaming on delivery reliability and fuel consumption». *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **76**, 176-190. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tre.2015.02.004>
- [27] MANDER, S. (2016). «Slow steaming and a new dawn for wind propulsion: A multi-level analysis of two low carbon shipping transitions». *Marine Policy*. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2016.03.018>
- [28] BASURKO, O. C., eta URIONDO, Z. (2015). «Condition-Based Maintenance for medium speed diesel engines used in vessels in operation». *Applied Thermal Engineering*, **80**, 404-412. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.01.075>
- [29] SUÁREZ DE LA FUENTE, S., ROBERGE, D., eta GREIG, A. R. (2016). «Safety and CO₂ emissions: Implications of using organic fluids in a ship's waste heat recovery system». *Marine Policy*. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2016.02.008>
- [30] JAIN, S., eta DESHMUKH, S. (2012). «Experimental Investigation of Magnetic Fuel Conditioner (M.F.C) in I.C. engine». *Journal of Engineering*, **2(7)**, 27-31.
- [31] GABIÑA, G., BASURKO, O. C., NOTTI, E., SALA, A., ALDEKOA, S., CLEMENTE, M., eta URIONDO, Z. (2016). «Energy efficiency in fishing: Are magnetic devices useful for use in fishing vessels?». *Applied Thermal Engineering*, **94**, 670-678. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.10.161>
- [32] ALPTEKIN, E. (2017). «Emission, injection and combustion characteristics of biodiesel and oxygenated fuel blends in a common rail diesel engine». *Energy*, **119**, 44-52. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.12.069>
- [33] MEHER, L. C., VIDYA SAGAR, D., eta NAIK, S. N. (2006). «Technical aspects of biodiesel production by transesterification—a review». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **10(3)**, 248-268. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2004.09.002>
- [34] GABIÑA, G., MARTIN, L., BASURKO, O. C., CLEMENTE, M., ALDEKOA, S., eta URIONDO, Z. (2019). «Performance of marine diesel engine in propulsion mode with a waste oil-based alternative fuel». *Fuel*, **235**, 259-268.
- [35] BUCKINGHAM, J. (2014). *Mapping the Hybrid Solution Space*. Shipping in Changing Climates Conference.

- [36] WHITELEGG, I., eta BUCKNALLA, R. (2013). *Electrical Propulsion in the Low Carbon Economy*. Low Carbon Shipping Conference.
- [37] https://www.ortze-cv.com/wp-content/uploads/2018/04/Resumen-ORTZE-CV-Completo_v10.pdf. ORTZE-CV Proyecto estratégico 2017-2020. Webgunea, eguneratze-data: 2019-12-2.