

## ATT5: Pregled razpoložljivih tehničnih lastnosti sond za potrebe spremljanja kakovosti morske vode ob podvodnem čiščenju biološke obrasti s trupa ladij

### Uvod – pravni okvir za izbiro multiparametrične sonde med čiščenjem ladijskega trupa

V predhodnem opisu pravnih temeljev za uporabo tehnologije pri spremljanju okoljskega stanja v morskem prostoru smo opisali dve ključni evropski direktivi, ki se nanašata na ekološko/okoljsko stanje v morskem prostoru. Na tem mestu ju moramo zgoščeno ponoviti, saj pomeni osnovo za izbiro multiparametrične sonde za 'on-line' spremljanje stanja v morskem okolju med samim čiščenjem trupa plovila. Gre za 'Vodno direktivo' (Water Framework Directive, ali WFD, 2000/60/EC), ki obravnava tudi morske obrežne vode [1] in [2]. Za projekt čiščenja ladijskega trupa je videti pomemben dokument o močno preoblikovanih naravnih in umetnih vodnih telesih [3], med katere sodijo tudi pristanišča/marine. Z določevanjem Dobrega ekološkega potenciala (GEP) opredelimo stanje v takih vodnih telesih, jedro so hidromorfološke spremembe okolja, ki ne smejo poslabšati obstoječega stanja. Osnovni dokument za monitoring voda po WFD je [4]. Za prehodne vode (somorico), je v dokumentu zbrana izbira elementov kvalitete voda (biološki elementi, hidromorfološki, fizikalno-kemijski ter specifični elementi, pri čemer so za čiščenje trupa plovil pomembni specifični sintetični polutanti. V tabeli 3.7 (biološki elementi kakovosti) so pri fitoplanktonu navedeni tudi podporni fizikalno-kemijski elementi, kot so prozornost, temperatura, slanost, chl-a, za ribjo favno pa raztopljeni kisik, pH (slednjega s čiščenjem trupa ne spreminjamo). Med fizikalno-kemijskimi elementi (tabela 3.9) so navedeni prozornost (se spremlja s primitivno belo Secchi-ploščo), pa tudi lahko s fotometri (ter merilniki motnosti), kisik ter hranila (oboje ne spreminjamo s čiščenjem trupa plovil), kar velja tudi za obalne vode. Zelo podobno se nahaja v Tabeli 6 v [3]. Na koncentracijo hranil čiščenje ladijskega trupa nima večjega vpliva, kovine pa je potrebno določiti z analizo vzorcev morske vode.

Drugi pravni okvir Evropske unije pa je 'Morska Strategija' (Marine Strategy Framework Directive', ali MSFD, 2008/56/EC) [5], njen cilj je postavitvev 'Dobrega okoljskega stanja' (Good Enviromental Status ali GES) [6]. V tej luči tudi mora biti izveden razvoj prototipne naprave za čiščenje trupa plovil. Evropska zakonodaja, ki pokriva problem anti-vegetativnih premazov, je na strani Evropske kemične agencije (ECHA), pod naslovom 'Biocidal products regulation' (BPR, Regulation (EU), 528/2012) [7]. V smislu zmanjševanja tveganja za okolje je bila opravljena raziskava [8], v kateri so proučevali koncentracije biocidov vodnem (morskem) okolju s pomočjo izračunov (t.im. Marine Antifouling Model to predict Environmental Concentrations, ali MAMPEC program). Gre za laboratorijske analize, spoznanja so navedena na spletni strani Evropske unije [9], kar ne moremo spremljati s sondo.

Tujerodni organizmi so sicer pomemben vidik čiščenja trupov plovil. MSFD, deskriptor D2 Neavtohtone vrste), ki so posledica človekovih dejavnosti, obrast na plovilih poleg balastnih voda eden izmed glavnih vektorjev vnosa tujerodnih vrst [10]. Tudi prisotnosti teh organizmov ni mogoče spremljati s sondo.

Tako povzamemo, kaj bi lahko s sondo, instalirano na ROV za čiščenje trupa plovila, in za kar niso potrebne laboratorijske biološke in kemične analize: temperatura, slanost, motnost, intenziteta (fotosintetične) svetlobe (PAR), koncentracija kisika in 'in-situ' fluorometrično določen chl-a. Globino izmerimo z meritvami tlaka. To so bistvene količine (parametri) za izbiro multiparametrične sonde.

Kriteriji za izbiro multiparametrične sonde med čiščenjem ladijskega trupa

Poleg osnovnih parametrov (temperatura, slanost, motnost, intenziteta PAR svetlobe, koncentracija kisika, 'in-situ' fluorometrično določen chl- $\alpha$  in tlak), katere naj bi spremljali z multiparametrično sondo med čiščenjem ladijskega trupa, pa zaradi specifičnosti uporabe take sonde na ROV mora sonda izpolnjevati še dodatne tehnične zahteve. Te lahko tako strnemo:

1. Preprosta namestitvev 'dodatnih' senzorjev na običajne sonde (npr. senzor za kisik, ali PAR), ki so v rabi v obalni oceanografiji, s katerimi se običajno merijo zgolj temperatura, slanost in tlak. Pogosto so dodatno nameščeni senzorji proizvod drugih proizvajalcev in je kalibracija vseh senzorjev hkrati zato časovno zamudnejša.
2. Majhne mase ('lightweight'), da je prenosljiva, tako za potapljača, kot za ROV napravo, za katero je pomembna nosilnost ('payload'). Večino slednje mora biti porabljene za priklop čistilnega sklopa na ROV, ne pa za multiparametrično sondo
3. Preprosta instalacija na ROV in hkrati robustnost
4. Prožna (prilagodljiva) komunikacija med sondo in sprejemno napravo, ki je najpogosteje prenosni računalnik, lahko pa je tudi mobilni telefon pri specifičnih hitrih aplikacijah (npr. testiranje odpadne vode, ali neonesnažene morske vode, destilirane vode)
5. Optični senzorji v kar največji možni meri – optični senzorji so (običajno) najmanj zahtevni glede umerjanja (kalibracije) in so tudi običajno najbolj robustni in imajo najmanjše drsenje vrednosti ob primerni uporabi (npr. z uporabo brisalcev za odstranjevanje obrasti iz občutljivih delov senzorjev)
6. Preprosto umerjanje senzorjev na sondi

Uporaba sonde na ROV ni dolgotrajna, predvidevamo dela v trajanju enega delovnega dne, največ dveh. Poleg tega spremembe v okolju med čiščenjem niso izjemno hitre, zato je lahko perioda vzorčenja relativno velika, nekaj sekund, frekvenca vzorčenja vrednosti parametrov torej ni ključna. Tudi visoka natančnost ni pomembna, je pa pomembna robustnost, tako fizične izdelave sonde, kot tudi stabilnost vrednosti parametrov. Slednje se lahko zagotovi tudi s pomočjo enostavnega postopka umerjanja, če je to mogoče. Cena je gotovo tudi pomemben element pri izbiri sonde, vendar se bomo zaenkrat omejili le na tehnične lastnosti sond proizvajalcev, pri čemer se zanesemo na to, da seveda obstaja tudi več ponudnikov/prodajalcev enake sonde in je cenovni izbor izveden na osnovi njihovih ponudb. To ni namen tega poročila, pri katerem se omejimo na tehnične lastnosti sond, ki so dostopne na svetovnem trgu. Seveda imajo proizvajalci sond običajno na voljo več modelov sond. Od vsakega proizvajalca bomo izbrali zato le eden, za našo aplikacijo najustreznejši model.

Tako smo med ponudniki opreme prišli do proizvajalcev Sea-Bird Scientific [11] z modelom SBE 52 MP [12], Valeport [13] z modelom SWiFT CTD plus turbidity [14], Idronaut [15] z modelom Ocean Seven 308 CTD logger [16], OTT Hydromet (Hydrolab) [17] z modelom Hydrolab HL7 [18], AML Oceanographic [19] z modelom AML-6 RT CTD [20], Sea&Sun Technologies [21] z modelom CTD 90M [22] in NKE Instrumentation [23] z modelom WiMO Plus 7 [24].

V spodnji tabeli naredimo primerjavo med najprimernejšimi modeli sond.

Primerjalna tabela izbranih modelov sond. CTD = 'prevodnost/slanost, temperatura, globina; 'Tu' = motnost, 'Chl' = chl-*a*, 'DO' = raztopljeni kisik, 'PAR' = fotosintetično aktivna svetloba

Proizvajalec	Model sonde	Masa v zraku/vodi (kg)	Komunikacija/povezljivost	Osnovni nabor potrebnih parametrov	Optični senzorji, razen CTD	Enostavna kalibracija
* Sea-Bird Sci.	SBE 52-MP Moored Profiler CTD & (optional) DO Sensor	5,3/3,7	RS232	CTD, DO	NE	NE
Valeport	SWiFT CTD plus turb.	2,7/1,65	USB serial, Bluetooth	CTD, Tu	DA	NE
Idronaut	Ocean Seven 308	1,1/0,65	RS232C/RS485; WiFi/Bluetooth	CTD	NE	NE
OTT Hydromet	Hydrolab HL7	4,5/	USB, SDI-12, RS232/485 Modbus	CTD, Tu, Chl, DO	DA	NE
AML	AML-6 RT CTD	4,0/2,1	WiFi, USB-C/MCBH, RS232	CTD, Tu, Chl, DO	DA	NE
Sea&Sun	CTD 90M	6,0/	USB; RS 232	CTD, Tu, Chl, DO, PAR	NE	NE
NKE	WiMO 7 Plus	3,05/	WiFi, ModBus RTU	CTD, Tu, Chl, DO	DA	DA **

\*Dodajmo, da ima podjetje SeaBird Sci. tudi model 49 FastCat CTD, ki ima maso komaj 1,8 kg/0,5 kg v vodi, gre pa za osnovno CTD sondo, ki je instalirana na 'glider'-jih in ROV-ih, kateri se dodajajo drugi senzorji drugih proizvajalcev. Kalibracija zahteva pošiljanje v ustrezno institucijo.

\*\* Podjetje NKE zagotavlja tudi t.im 'kalibracijski kit', ki omogoča umerjanje vseh parametrov na WiMO 7 Plus, ali WiMO 4 Plus.

Zavedati se moramo, da bi lahko bili v primerjalni tabeli pač drugi modeli izbranih proizvajalcev, kar bi lahko spremenilo vrednosti v tabeli. Vendar hiter pregled na tabelo pove, da:

- Je sonda CTD 90 od Sea&Sun najtežja, ampak resda vsebuje vse potrebne senzorje za meritve željenih parametrov, kot edina vsebuje tudi PAR.
- Je najlažji poseben model od Idrponaut proizvajalca, vendar ta vsebuje zgolj CTD senzorje, nič okoljskih parametrov ne moremo v osnovni konfiguraciji izmeriti.
- Druga najlažja je sonda od Valeport proizvajalca, ki ima zgolj še merilnik motnosti (turbidnosti) poleg CTD senzorjev
- Tretja najlažja je WiMO sonda proizvajalca NKE, kki vsebuje skoraj vse potrebne parametre, omogoča širok nabor drugih okoljskih parametrov (npr: nitrate, pH, Phycocyanin CDOM), pri

čemer smo poslednja dva od naštetih tudi vključili v 'on.-line' meritve. Montaža ion demontaža vseh posameznih senzorjev je izjemno enostavna in hitra.

- Brežična komunikacija s sondo (WiFi ali Bluetooth) in hkrati žična, je omogočena pri Valeport, Idronaut, AML in NKE.
- Preprost kalibracijski postopek senzorjev paje možen zgolj pri NKE sondi WiMO. Z njihovim 'calibration kit' lahko posamezen senzor postavimo v okolje z znano koncentracijo snovi, ki jo opazujemo (npr. znana koncentracija kisika, ali pa chl-a) in dopolnimo umerjanje senzorjqa z dodatnimi meritvami, ki smo jih sami pripravili. Ni potrebno pošiljati sonde (niti senzorjev) v kalibracijski center.

Poslednja lastnost je bila ena od odločujočih, da smo izbrali WiMO sondo proizvajalca NKE, čeprav smo prepričani, da so druge sonde izredno kvalitetne. PAR senzor smo namestili ločeno od WiMO sonde in bodo meritve PAR svetlobe potekale v ROV po ločenem vhodnem kanalu podatkov.

## VIRI

[1], WFD Guidance Documents, [https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/facts\\_figures/guidance\\_docs\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/facts_figures/guidance_docs_en.htm), obiskano 16. junija 2022.

[2] Quevauviller P.e., B. Ulrich, T. Clive, S.T.e. al, *The water framework directive : ecological and chemical status monitoring*, Wiley, Chichester, 2008.

[3] Anon. Steps for defining and assessing ecological potential for improving comparability of Heavily Modified Water Bodies. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). European Commission; 2019 26 November 2019. 134 pp., Contract No.: 37, <https://www.ecologic.eu/17302>.

[4] Anon. Monitoring under the Water Framework Directive. Guidance document no. 7. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). European Commission; 2003. 153 pp., Contract No.: 7, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/95072480-dbe7-46cb-9d4f-d3e6e559ed87/language-en>.

[5], Our Oceans, Seas and Coasts, The Marine Strategy Framework Directive, [https://ec.europa.eu/environment/marine/eu-coast-and-marine-policy/marine-strategy-framework-directive/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/marine/eu-coast-and-marine-policy/marine-strategy-framework-directive/index_en.htm), obiskano 17. junija 2022, obiskano 16. junija 2022.

[6], Supporting the Marine Strategy Framework Directive MSFD, <https://www.msfd.eu/knowseas/msfd.html>, obiskano 16. junija 2022, obiskano 16. junija 2022.

[7], Understanding BPR, <https://echa.europa.eu/regulations/biocidal-products-regulation/understanding-bpr>, obiskano 16. junija 2022, obiskano 16. junija 2022.

[8] Ytreberg E., M. Lagerström, S. Nöu, A.-K.E. Wiklund, *Environmental risk assessment of using antifouling paints on pleasure crafts in European Union waters*, Journal of Environmental Management. **281** (2021), št., 111846.

[9], Science for Environment Policy. Biocide release from antifouling paints may be higher than reported, finds Swedish study, [https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/560na1\\_en-biocide-release-from-antifouling-paints-may-be-higher-than-reported-finds-swedish-study.pdf](https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/560na1_en-biocide-release-from-antifouling-paints-may-be-higher-than-reported-finds-swedish-study.pdf), obiskano 16. junija 2022, obiskano 16. junija 2022.

[10], European code of conduct on recreational boating and invasive alien species, <https://rm.coe.int/1680746815>, obiskano 16. junija 2022, obiskano 16. junija 2022.

- [11], Accelerating the understanding of natural waters, <https://www.seabird.com>, obiskano 20. julija 2022, obiskano 16. junija 2022.
- [12], SBE 52-MP Moored Profiler CTD and optional DO Sensor, <https://www.seabird.com/sbe-52-mp-moored-profiler-ctd-and-optional-do-sensor/product-downloads?id=60762467706>, obiskano 20. julija 2022, obiskano 16. junija 2022.
- [13], Oceanographic and hydrographic instruments from Valeport, technology you can trust, <https://www.valeport.co.uk/>, obiskano 20. julija 2022, obiskano 16. junija 2022.
- [14], SWiFT CTDplus Turbidity, <https://www.valeport.co.uk/products/swift-ctdplus-turbidity/>, obiskano 20. julija 2022, obiskano 16. junija 2022.
- [15], Technology in search of new depth, <https://www.idronaut.it/>, obiskano 20. julija 2022, obiskano 16. junija 2022.
- [16], Ocean Seven 308 CTD Logger, <https://www.idronaut.it/multiparameter-ctds/oceanographic-ctds/os308-oceanographic-ctd/>, obiskano 20. julija 2022, obiskano 16. junija 2022.
- [17], Hydrolab HL series, water quality monitoring instruments, <https://www.hydrolab.com/>, obiskano 20. julija 2022, obiskano 16. junija 2022.
- [18], Hydrolab HL7, [https://www.otthydromet.com/en/p-hydrolab-hl7-sonde-temperature-internal-battery-power-other-integrated-sensors/HL7TABATT?utm\\_source=eb1%0Aast%2Fnewsletter&utm\\_medium=hlmicrosite&utm\\_campaign=hl7launch\\_08-2017&utm\\_content=hydro&\\_ga=2.194774314.624323224.1529601094-733975793.1528924187](https://www.otthydromet.com/en/p-hydrolab-hl7-sonde-temperature-internal-battery-power-other-integrated-sensors/HL7TABATT?utm_source=eb1%0Aast%2Fnewsletter&utm_medium=hlmicrosite&utm_campaign=hl7launch_08-2017&utm_content=hydro&_ga=2.194774314.624323224.1529601094-733975793.1528924187), obiskano 20. julija 2022, obiskano 16. junija 2022.
- [19], Oceanographic equipment that lets you focus on the job, not the equipment, <https://amloceanographic.com/>, obiskano 20. julija 2022, obiskano 16. junija 2022.
- [20], AML-6 RT CTD+Tu+Chl+DO+pH 500m, <https://amloceanographic.com/aml-6-rt-ctd-tu-chl-do-ph-500m.html>, obiskano 20. julija 2022, obiskano 16. junija 2022.
- [21], Sea&Sun Technologies offers high-tech system solutions for water measurement, <https://www.sea-sun-tech.com/>, obiskano 20. julija 2022, obiskano 16. junija 2022.
- [22], CTD 90M, <https://www.sea-sun-tech.com/product/multiparameter-probe-ctd-90-memory/>, obiskano 20. julija 2022, obiskano 16. junija 2022.
- [23], We come from the ocean, <https://nke-instrumentation.com/>, obiskano 20. julija 2022, obiskano 16. junija 2022.
- [24], WiMO Plus, <https://nke-instrumentation.com/produit/wimo-plus>, obiskano 20. julija 2022, obiskano 16. junija 2022.