

Jussi Koskinen

AMMATTISUKELTAJIEN KOULUTUS JA KÄYTTÖ LAIVALLA

Opinnäytetyö
Merenkulku

Huhtikuu 2017



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Jussi Koskinen	Insinööri, meren- kulku	Huhtikuu 2017
Opinnäytetyön nimi		57 sivua 4 liitesivua
Ammattisukeltajien koulutus ja käyttö laivalla		
Toimeksiantaja		
Merenkulun TKI		
Ohjaaja		
Luento-opettaja Alexander Shaub		
Tiivistelmä		
<p>Tämä insinööriyön tavoitteena oli tutkia ja perehtyä ammattisukeltajien koulutukseen, työkohteisiin laivalla ja työn turvalliseen toteuttamiseen. Sukellus on välttämätön ja jatkuvasti kehittyvä ala merenkulun turvallisuutta ja ympäristöä silmällä pitäen. Satama-ajat laivoilla ovat lyhentyneet huomattavasti voiton maksimoimiseksi ja kuivatelakointia pyritään harventamaan tulevaisuudessa kustannussyistä. Tästä syystä laivan pohjan huoltotöitä suoritetaan entistä enemmän laivan ollessa vedessä ja samasta syystä sukellustekniikan kehityksen on pysyttävä mukana.</p> <p>Työ suoritettiin kesän 2017 aikana, jolloin sukellustyöt olivat ajankohtaisia. Työssä haastateltiin useampaa ammattisukeltajaa, otettiin valokuvia ja kirjattiin muistiinpanoja eri työmenetelmistä. eniten työssä auttoivat DG-Diving Groupin Marko Haarakangas, Mika Ruohola ja Luksian Jarno Seppänen.</p> <p>Työn alussa kerrotaan ammattisukeltajien koulutuksesta Suomessa ja verrataan sitä muiden maiden koulutukseen. Tämän jälkeen työssä käsitellään sukeltajien työkohteita ja menetelmiä laivan huoltojen toteuttamiseksi. Lopussa keskitytään työturvallisuuteen liittyviin asioihin sekä käydään läpi vaarallisimmat ja yleisimmät sukellussairaudet.</p> <p>Tähän insinööriyöhön materiaalia oli saatavilla paljon, jonka vuoksi tietoja pystyi tarkistamaan useasta eri lähteestä. Suurimmaksi haasteeksi tässä työssä nousi materiaalin kääntäminen, mikä vei myös suurimman osan ajasta. Lähes kaikki lähteet liittyen ammattisukellukseen olivat englanniksi.</p>		
Asiasanat		
Pohjan puhdistus, huolto, NDT, sukeltajan tauti, dekompressio		

Author (authors)	Degree	Time
Jussi Koskinen	Bachelor of Engineering	April 2017
Thesis Title		57 pages 4 pages of appendices
Professional Diver's Education and Duties on Board		
Commissioned by		
Merenkulun TKI		
Supervisor		
Alexander Shaub, Lecturer		
Abstract		
<p>The objective of the thesis was to examine and become acquainted to professional diver's education, duties on board and work safety. Diving is a necessary and constantly evolving area for maritime safety and the environment. Turnaround times of ships have been considerably reduced in order to maximize profits, and aim is to reduce number of dry dock in the future for cost. For this reason, maintenance work on the bottom of the ship is being carried out even more when the ship is in the water, and the development of diving technology must remain intact.</p> <p>The thesis was accomplished during the summer of 2017, at the time when diving work was timely. Several professional divers were interviewed, photos were taken and notes were recorded on different working methods. The significant help in the study were Marko Haarakangas, Mika Ruohola from the DG-Diving Group and Jarno Seppänen from the Luksia</p> <p>The thesis will begin by explaining the training of professional divers in Finland and compare it to other countries. After that, the study will address the diver's work sites and methods for carrying out ship maintenance. The final part is focused on issues related to occupational safety and the most dangerous and most common diving diseases.</p> <p>There was a great amount of material available for this thesis, which made it possible to inspect the data from several sources. The largest challenge in this thesis was material translate. Almost all sources related to professional diving were in English.</p>		
Keywords		
hull cleaning, maintenance, NDT, decompression sickness		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	SUKELTAJIEN KOULUTUS	7
2.1	Koulutus Suomessa	8
2.2	Kurssin sisältö	9
2.3	Mitä sukeltajilta vaaditaan?	12
3	SUKELTAJIEN TYÖKOHTEET LAIVALLA	13
3.1	Ennen töiden aloittamista	14
3.2	Luokitukset ja sertifiointit	15
3.3	Pohjan puhdistus ja huolto	18
3.4	Rikkomaton aineenkoetus (NDT)	25
3.5	Stabilisaattorit	27
3.6	Keulapotkurit	27
3.7	Potkurin ja peräsimen huolto	28
3.8	Stern Tube	32
3.9	Katodisuojaus	34
4	KOMMUNIKOINTI	35
4.1	Radio	37
4.2	Äänimerkit	38
4.3	Käsimerkit	38
4.4	Köysimerkit	40
4.5	Valomerkit	41
4.6	Lippumerkit	42
4.7	Morseaakkoset	43
5	SUKELTAJIEN HSE (HEALTH AND SAFETY)	44
5.1	Sukeltajantauti	44
5.2	Taudin hoito	47
5.3	Muita sukellustauteja	49

6	YHTEENVETO	55
	LÄHTEET.....	56
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön suunnittelu sai alkunsa henkilökohtaisesta kiinnostuksesta ammattisukellusta ja merenkulkua kohtaan. Tässä työssä yhdistyy harrastukseni sukeltaminen ja ammattini merenkulku, jotka olen parhaan kyyni mukaan pyrkinyt yhdistämään tässä työssä ehjäksi ja kattavaksi kokonaisuudeksi. Henkilökohtaisesti työskentelen Finnlinesilla konemestarina, joten olen säännöllisesti tekemisissä sukeltajien kanssa, joko konsultoinnin merkeissä tai muuten korjaustöiden yhteyshenkilönä ja valvojana laivanpäällä. Tätä opinnäytetyötä on mahdollista käyttää muistilistana sukeltajien ja laivan yhteistyössä niin huoltotöiden ja niiden ajoittamisen kuin työturvallisuudenkin osalta.

Tämä opinnäytetyö on osoitettu erityisesti henkilöille, jotka ovat kiinnostuneita laivasukelluksesta, henkilöille, jotka työskentelevät ammattisukeltajina ja niille, jotka työskentelevät sukeltajien kanssa. Työn tarkoituksena on tuoda esille kuinka ja missä kouluttautua laivasukeltajaksi, mitä siihen vaaditaan, mitä työltä voi odottaa, mutta ennen kaikkea tarkoitus on perehtyä turvallisuuden maksimointiin niin laivahenkilöstön kuin sukeltajienkin osalta. Ammattisukellus on erittäin vaarallinen ammatti, johon menehtyy useita ihmisiä vuosittain. Siksi lähdin tekemään työtä turvallisuutta painottaen.

Informaatiota tähän työhän on hankittu internetin välityksellä maailmanlaajuisilta sukellussivuilta, Suomen johtavalta ammattisukeltajien koulutusohjelmalta Luksiasta, sekä kansainvälisestä ammattisukellukseen pohjautuvasta kirjallisuudesta. Tärkeimmät ja arvokkaimmat tiedot on kuitenkin saatu ammatin kautta, jossa työskentely laivasukeltajien kanssa on säännöllistä, sekä ennen kaikkea DG-Diving Groupin ammattisukeltajia haastatellessa. Heiltä saatu, vuosien kokemukseen perustuva tietotaito ja omakohtaiset kokemukset ovat asioita, joita on kirjojen välityksellä mahdotonta saada.

2 SUKELTAJIEN KOULUTUS

Sukellusta on mahdollista harrastaa ympäri maailmaa, mutta sukellusammattilaiseksi tuleminen vaatii paljon. Ammattisukeltajan tutkinto on mahdollista suorittaa useassa eri maassa ja koulutuksen pituudet vaihtelevat koulutusmaasta riippuen. Ammattisukeltajan tutkinnon suosittuja suoritusmaita ovat Thaimaa ja Skotlanti johtuen erinomaisista sukellusympäristöistä ja laadukkaasta koulutuksesta. Suomessa tutkinnon ensimmäisen osan suorittaminen kestää arviolta 5 kk jonka jälkeen toinen ammattiin perehdyttävä osuus 5 kk. Thaimaassa ensimmäisen koulutusosan voi suorittaa 10 viikon kurssilla ja jälkimmäisen ammattisukelluspuolen pituus vaihtelee erikoistumissuuntauksesta riippuen (Bevan 2011).

Ammattisukeltajan tutkinto on jaettu eri osa-alueisiin, joista jokaisen suorituksen jälkeen saa sertifikaatin osoituksena osa-alueen hallitsemisesta. Jokainen osio koostuu muidenkin koulutuksien ohella käytännöstä ja teoriasta, jotka on jaettu painottaen enemmän käytännön puolta. Vaikka koulutuksessa opetetaan paljon työkalujen kuten kaarihitsauslaitteiden ja hiomakoneiden käyttöä, on suurin osa koulutuksesta painottunut turvallisuuteen ja ensiaputoimintaan. Hätätilannetoiminta on jaettu pienemmiksi osiksi, jotka ovat osa koulutusta jokaisessa kurssin osassa. Koulutuksessa edetään vaiheittain, minkä vuoksi edeltävän kurssin tietoutta käytetään seuraavan kurssin pohjana. Tämän vuoksi jokainen osio on suoritettava onnistuneesti ennen seuraavalle siirtymistä. Mikäli jaksoa ei saa suoritettua hyväksytysti, on jokaisella opiskelijalla yksi uusintamahdollisuus. Kirjallisten kokeiden hyväksymispistemäärät ovat ensiapukursseilla 70 % ja Health and Safety Executive kursseilla 80 % (Sepänen 2017; HSE commercial Air Diving 2010).

Sukeltajan työ on hengenvaarallista, minkä vuoksi koulutuksen tavoitteena on tehdä opiskelijoista itsevarmoja ammattisukeltajia. Koulutuksen aikana tavoitteena on luoda sukeltajille rohkeus toimia jokaisessa tilanteessa ilman paniikkiin joutumista. Tämän vuoksi toistojä tehtään mahdollisimman paljon, jotta rohkeus toimia tilanteissa turvallisuus huomioiden tulee muistista ja ongelmatilanteisiin jouduttaessa sukeltaja saadaan turvallisesti pois vedestä. Jokaisella sukelluksella koulutuksen aikana on tarkoitus ja tehtävä, jotka opiskelijan tulee

suorittaa. Jokaisesta suorituksesta saa merkinnän ja se, kuinka hyvin tehtävästä suoriutuu, määrittää lopulta kurssin arvosanan (Seppänen 2017; HSE commercial Air Diving 2010).



Kuva 1. Kypäräsukeltaja nousemassa ylös vedestä tehtävän suoritettuaan (Seppänen 2017).

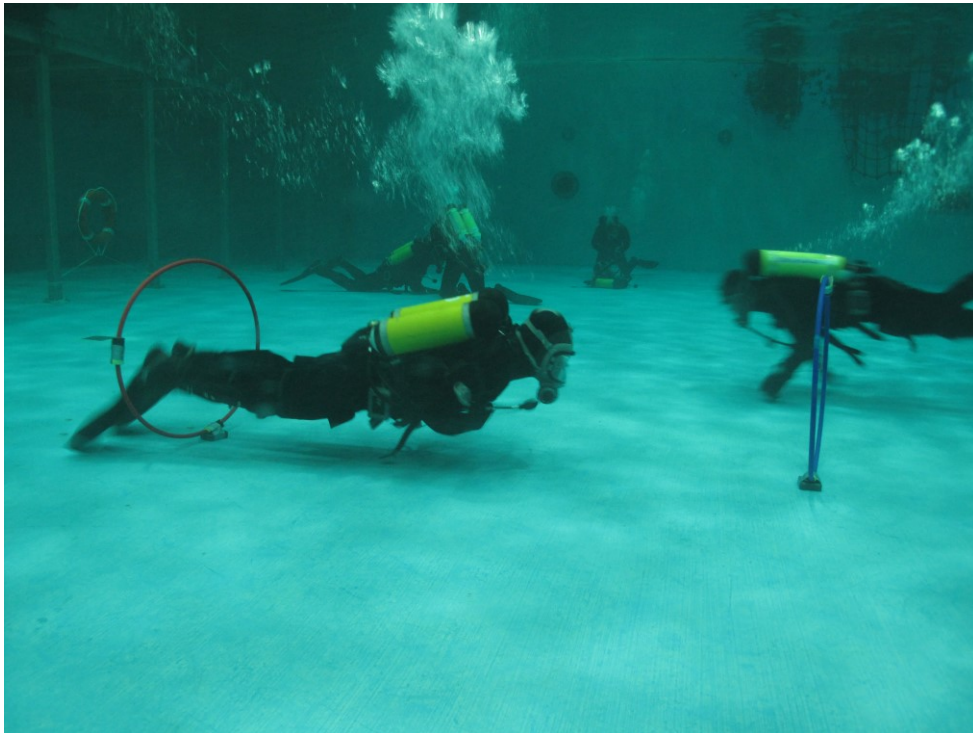
2.1 Koulutus Suomessa

Suomessa sukeltajalla, joka tekee työtä, pitää olla tarkastussukeltajan tai ammattisukeltajan pätevyys. Tarkastussukeltajat tekevät pienimuotoisia tarkastus ja huoltotöitä 0 — 30 metrin syvyydessä yleensä omavaraisilla sukelluslait-

teilla eli happipulloilla. Ammattisukeltajat tekevät yleensä kaikkia tarjolle tulevia sukellustöitä 0 — 50 metrin syvyydessä ja silloin puolestaan käytetään kypärsukelluslaitteita.

Offshore-töihin vaaditaan lisäksi sukellustehtävän mukaan joko märkäkello- tai saturaatiosukelluskoulutus. Lisäksi pitää olla suoritettu offshore-töihin liittyvä lääkärintarkastus, ensiapukoulutus ja HUET-koulutus *Helicopter Underwater Escape Training*. Suomalaisen koulutuksen jälkeen voi jatkaa ulkomailla kouluttautumista offshore-sukeltajaksi.

Ammattisukeltajien kouluttaminen Suomessa tapahtuu Luksian ammattiopistossa Lohjalla. Koulutusohjelmaan valitaan sisään yhteensä 16 opiskelijaa, joiden on täytettävä tarvittavat valintakriteerit ja tutkinnon suorittaminen kestää yhden talven. Koulu alkaa syksyllä ja kestää loppukevääseen saakka, eli sen ajan vuodesta, jolloin sukeltajilla on vähemmän töitä (Seppänen 2017).



Kuva 2. Allasharjoittelua kevytsukeltajakoulutuksessa Lohjalla (Seppänen 2017).

2.2 Kurssin sisältö

Ammattisukeltajan tutkinnon suorittamiseksi jokaisen on suoritettava kuusi eri osa-aluetta. Kuudesta osasta kolme ovat kaikille pakollisia ja kolme valinnaisia.

AMMATTISUKELTAJAN AMMATTITUTKINTO	
Pakolliset osat	Valinnaiset osat, joista on valittava 3 osaa
1 § Sukeltamisen perusosaaminen 2 § Tarkastussukellus 5 § Ammattisukelluksen perusosaaminen	6 § Pohjarakennustyöt 7 § Muottityöt 8 § Betonointi- ja raudoitustyöt 9 § Elementtien ja kasuunien asennus 10 § Putkien ja kaapelien asennus 11 § Teräsrakentaminen 12 § Korjausrakentaminen 13 § Nostotyöt 14 § Yrittäjäys

Kuva 3. Ammattisukeltajan ammattitutkinnon koulutuksen jakautuminen (Ammattisukeltajan ammattitutkinto 2017).

Koulutus aloitetaan sukeltamisen perusosaamisella, jonka jälkeen syyslukukausi perehdytään tarkastussukellukseen paineilmalaitteiden avulla. Tarkastussukellukset syyskaudella suoritetaan syvyydessä välillä 0 — 30 m. Ja totutellaan käyttämään pieniä käsityökaluja. Kurssin ensimmäinen ja kaikille yhteinen osuus kestää n. 5 kk. Jonka jälkeen suoritetaan tarkastussukeltajatutkinto ennen siirtymistä ammattisukeltajatutkinnonpuolelle.

Kevätlukukaudella puolestaan perehdytään ammattisukelluksen perusosaamiseen, jolloin sukellussyvyudet laskevat aina 50 metriin saakka. Kevätkaudella sukellukset suoritetaan täydellä varustuksella kypärän kanssa. Koulutuksen jälkimmäisessä osassa opetellaan käyttämään kaikkia mahdollisia työkaluja kuten paineilma- ja hydraulikoneita (Ammattisukeltajan ammattitutkinto 2017).



Kuva 4. Koulutuksen kevät kaudella harjoitellaan sukellusta kypärän kanssa (Seppänen 2017).

Räjähdiskoulutus suoritetaan kevät puolen lopulla. Koulutukset hoidetaan Ojamon kaivoksessa (kuva 5.) Lohjalla, jotta työympäristöstä saadaan mahdollisimman todenmukainen ja haastava. Ojamon kaivos on vaarallinen ja haastava ympäristö, jossa sukeltajat saavat ensiarvoisen tärkeää kokemusta todellisessa ympäristössä (Seppänen 2017).



Kuva 5. Ojamon kaivoslampi talvella (Seppänen 2017).

2.3 Mitä sukeltajilta vaaditaan?

Kansainvälisten säädösten mukaan sukeltajien on pidettävä henkilökohtaiset tietonsa ajan tasalla ja jokainen yksittäinen sukellus on kirjattava. Tiedoista tulee näkyä nimien ja osoitteiden lisäksi mm. koska ja missä on sukellettu, sukelluksen tarkoitus, veden alla vietetty aika, maksimisyvyys jne. Tehtävän suorituksen jälkeen pöytäkirja luovutetaan esimiehelle, joka arkistoi ja säilyttää ne vähintään kaksi vuotta. Aivan kuten laivallakin, sukellusesimies tai valvoja säilyttää sukelluspöytäkirjojen lisäksi myös muut tärkeät paperit ja sertifikaatit, jotka on uusittava tietyn ajan kuluttua. Näitä ovat mm. tiedot suoritetuista ja voimassaolevista turvallisuusharjoituksista, kuntotestitulokset, tarkastuspöytäkirjat ja yhteenvedot käydyistä kohteista, jokaisen veden alla vietetty aika kokonaisuudessaan, dekompressiotulokset sekä voimassa olevat lääkärintarkastukset. Kaikkia edellä mainittuja tietoja on säilytettävä vähintään vuoden ajan, mutta mikäli henkilölle on sattunut sairaalahoitoa vaatinut tapaturma, on tietoja säilytettävä vähintään 5 vuotta (The Professional Diver's Handbook 2011).

Sukellusesimiehen lisäksi jokaisen sukeltajan on pidettävä itse kirjaa omista sukelluksista. Lokikirjaa edeltäneistä sukelluksista on pidettävä vähintään kaksi vuotta viimeisimmästä sukelluksesta ja se pitää sisällään kaikki samat tiedot, kuin mitä kansainvälinen ohjesääntö määrää. Jokainen kirjallinen raportti allekirjoitetaan itse, minkä lisäksi allekirjoitus vaaditaan myös tilanteessa olleelta sukellusvalvojalta.

Harjoitusvaatimukset sukeltajille vaihtelevat valtiosta riippuen. Esimerkiksi Isossa-Britanniassa jokaisen sukeltajan on pidettävä mukanaan voimassa olevaa pätevyystodistusta sitä tehtävää varten, jota ollaan suorittamassa. Pätevyystodistuksen lisäksi mukana sukelluspaikalla on suotavaa pitää myös alkuperäistä sertifikaattia. Lisäksi mukana on pidettävä voimassa oleva sertifikaatti, joka todistaa henkilön olevan kykenevä sukeltamaan terveytensä pohjalta. Suomesta tai Isosta-Britanniasta hankittu lääkärintodistus toimii useimmissa maissa, mutta ei silti ole 100 % kansainvälinen. Tästä syystä sukeltajien on aina tarkistettava todistuksensa kelpoisuus, mikäli työkohte sijaitsee ulkomailla (The Professional Diver's Handbook 2011).

3 SUKELTAJIEN TYÖKOhteET LAIVALLA

Ammattisukeltajia käytetään laivalla monissa eri tarkoituksissa. Työkohteet määräytyvät laivan aikataulun ja huoltovälien mukaan, jota pidetään yllä vaihtelevalla menestyksellä riippuen varustamosta. Laivan teknisen puolen, kuten pääkoneiden haalausten, merivesipumppujen ja separaattoreiden huollot kirjaetaan laivan tietokonejärjestelmään kuten Amokseen. Huoltoaikatauluja ylläpitäviä ohjelmia löytyy useita, mutta laivan veden pinnan alla olevista osista on vaikeampi pitää säännöllistä huoltokirjaa, koska pohjaosien huollot määräytyvät, kuten useat huollot konehuoneessa, sen hetkisen kunnon mukaan. Tietokoneohjelma voi kertoa sähkömoottorin lakereiden käyttötuntien olevan täynnä seuraava haalausta varten, mutta mikäli pumppu toimii moitteettomasti ilman epänormaalia ääntä ja tärinää, ei moottoria haalata.

Sama koskee huoltojen osalta myös laivan vedenalaisia osia. Mikäli tietokoneohjelma kertoisi huoltotuntien olevan täynnä, tulisi huoltokohde tarkastaa ennen päätöstä mahdollisista huolloista. Tarkastusten tekemistä varten on

paikalle tilattava sukeltajat, koska työtä ei laivan henkilökunta pysty itse tekemään, joten näin ollen tarkempaa huoltoaikataulua on lähes mahdotonta pitää.

Pohjan puhdistuksesta voidaan tehdä sopimus sukellusyrityksen, kuten DG-Diving Groupin, jolloin noudatetaan tiettyä aikataulua puhdistuksen säännöllisessä toteutuksessa. Puhdistustöiden jälkeen pystytään vasta sanomaan, tarvitaanko mahdollisia korjaavia huoltotoimenpiteitä. Sukeltajat tekevät kirjallisen raportin jokaisen suoritettun sukelluksen jälkeen, minkä pohjalta pystytään tekemään päätökset tulevaisuuden huolloista ja aikatauluista.

3.1 Ennen töiden aloittamista

Laivan miehistön tehtävät ennen sukeltajan veteen menemistä:

- Vahdissa oleva konemestari tarkastaa, että kaikki pääkoneet ovat sammutettu ja uudelleen käynnistys estetty manuaalisesti. Vahtipäällikkö asettaa varoituskyttilit konehuoneeseen ja ilmoittaa komentosillalle sukeltajien saapumisesta ja varmistaa, että varoituskyttilit ovat paikallaan myös siellä. Potkureiden pienet liikahtukset ovat mahdollisia koneiden jäähtyessä, etenkin jos kyseessä on höyryturbiinikäyttöiset koneet. Tästä syystä on suotavaa odottaa koneiden jäähtymistä, mikäli se on mahdollista.
- Mikäli työ suoritetaan merivesilinjojen imu- ja tyhjennyslinjojen läheisyydessä, on kiertovesipumput pysäytettävä sekä imu- ja poistolinjoiden pääventtiilit suljettava. Ylilaidan tyhjennykset on varmistettava.
- Kaikuluotainlaitteisto on kytkettävä pois päältä.
- Vahtipäällikkö varmistaa stabilisaattoreiden asennon ja estää niiden käytön työn aikana.
- Mikäli laivaan on asennettu ICCP, pitää varmistaa, että se on kytketty pois päältä.
- Vahdissa oleva perämies varmistaa, että sukeltajalippu on nostettu salkoon. Perämies on myös pidettävä tietoisena sukellustyön etenemisestä.
- Varmistetaan että myös satama on tietoinen aloitettavasta sukellustyöstä.

- Mikäli työ suoritetaan Suomessa, ilmoitetaan Helsinki VTS:lle ennen työn aloittamista. Liitteessä 3. on esitettynä DG-Divingin tarkastuslista, joka täytetään yhteistyössä laivan vahtipäällikön kanssa aina ennen veteen menemistä.

Sukeltajien tehtävät ennen veteen menemistä

- Sukellusvalvojan on oltava tietoinen nousu- ja laskuveden vaiheesta, mikäli alus sijaitsee sellaisella alueella. Etenkin veden syvyys laivan kölin alapuolella on tiedettävä.
- Vedenalaiset työtelineet on asennettu oikein ja turvallisesti.
- Sukelluksen tapahtuessa veneestä on vene ankkuroitava ajalehtimisen estämiseksi sukeltajan ollessa vedessä.
- Sukeltajalle on kerrottu selkeä työnkuva ja hänelle on näytetty kaikki työhön liittyvät manuaalit ja piirustukset. Vanhoja laivan piirustuksia käytettäessä on oltava huolellinen, koska jälkikäteen tehdyt muutokset eivät välttämättä näy piirustuksissa, kuten esimerkiksi merivesilinjojen läpiviennit.
- Kaikki tarvittavat työkalut tulee olla valmiina työpisteellä.
- Sukeltajan on usein vaikea hahmottaa työpisteen tarkkaa sijaintia, varsinkin kun laivan pohjassa saattaa olla useampi samanlainen vierekkäin. Ohjeistamiseen on useita eri tapoja. Esimerkiksi kattilanpohjapuhallusventtiiliä korjattaessa voi ulospuhallusaukosta puhalltaa kuumaa vettä varovasti ulos, ja tämä näkyy veden alla.
- Sukellusvalvojan on oltava koko ajan tietoinen sukeltajan tilasta ja työn etenemisestä.
- Varmistettava kommunikoinnin toimivuus (The Professional Diver's Handbook 2011).

3.2 Luokitukset ja sertifiointit

Offshore-töissä laivat vaativat useissa eri tapauksissa ammattisukeltajien apua. Itämeri on yksi maailman ruuhkaisimmista merialueista ja pelkästään sillä alueella liikennöi joka hetki n. 2000 erikokoista alusta. Arvioiden mukaan 20 vuoden kuluttua Rahtilaivojen, matkustaja-alusten ja öljytankkereiden

määrä Itämeren alueella on jo kaksinkertaistunut. Eli niin kauan, kun laivoja on liikenteessä, sukeltajia tarvitaan.

Yksikään laiva ei ole täysin samanlainen kuin toinen. Tämä johdosta sukeltajat joutuvat konsultoimaan laivahenkilökunnan kanssa aina saapumisen yhteydessä, jotta työkohteen asento, sijainti ja kaikki mahdollinen työtä helpottava tieto saadaan selvitettyä tarkasti ennen töiden aloittamista. Luokituslaitokset, kuten Lloyds Register ja Bureau Veritas (kuva 6.), asettavat omat vaatimuksensa ja säädöksensä veden alla suoritettaville luokituksille ja näissä tarkeissa tutkimuksissa sukeltajien käyttö on usein välttämätöntä (Ruohola 2017).

Fig. 1 Classification Societies

International
International Association of Classification Societies
International Naval Surveys Bureau
American Bureau of Shipping (ABS)
• Bureau Veritas (BV)
• BVQI (Certification Division of BV)
• Det Norske Veritas (DNV)
Lloyd's Register
The Americas
• American Bureau of Shipping, USA
Asia-Pacific
China Classification Society, China
Nippon Kaiji Kyokai, Japan
• Korean Register of Shipping, Korea
• Russian Maritime Register of Shipping, Russia
Europe
Cyprus Bureau of Shipping Classification, Cyprus
Bureau Veritas, France
• Germanischer Lloyd, Germany
Hellenic Register of Shipping, Greece
Hellenic Register of Shipping (Sweden), Sweden
Registro Italiano Navale, Italy
Det Norske Veritas, Norway
Polski Rejestr Statków, Poland
Russian Maritime Register of Shipping, Russia
Turk Loydu, Turkey
• Lloyd's Register United Kingdom

Kuva 6. Maailmanlaajuisesti toimivat luokituslaitokset (The Professional Diver's Handbook 2011).

Luokituslaitosten ja alan viranomaisten tehtävä on tarkastaa, että laiva täyttää kaikki vaadittavat standardit suunnittelun, laivan rakentamisen ja huoltojen

suhteen. Oleellista on myös jatkaa tarkastusten tekemistä ajan kuluessa, jotta laiva säilyttää kuntonsa ja pysyy turvallisena niin henkilökunnalle, kun ympäristöllekin. Laivojen luokittaminen on pitkälle kehittynyttä ja monilla valtioilla on erilliset viranomaiset tätä tehtävää varten. Sertifiointi puolestaan on vasta myöhemmin kehitetty ja on suunnattu pääasiassa offshore-toimintaan ja teollisuuteen. Vaikka osalla valtioista edellä mainitut kaksi tehtävää suorittaa eri viranomainen, on usealla offshore-toimintaa harrastavalla maalla nimitetty organisaatio, joka hoitaa niin Laivojen luokitukset kuin offshore-sertifiointitkin (The Professional Diver's Handbook 2011; Scientific Diver training in Finland).

Puhuttaessa luokitetuista välineistä, suunnitelmien ja piirustusten hyväksynnästä, laivan rakentamisen yhteydessä tehtävistä tarkastuksista ja myöhemmin periodisesti suoritettavista tarkastuksista, olennainen ero luokituksen ja sertifiointin välillä on, että kaikki edellä mainitut suoritetaan Luokituslaitosviranomaisten omien säädösten mukaisesti. Sertifiointit puolestaan suoritetaan lakisääteisten vaatimusten mukaan, jotka on laatinut asiaankuuluva hallitusosasto. Useissa tapauksissa varusteiden sertifiointi on pakollista mutta omistajan päätettävissä, haluaako hän laitteitaan luokitetuksi vai ei.

Kummassakin tapauksessa toimintatavat rakennusprosessin aikana ovat samat. Laivan omistaja toimittaa suunnitelmat, tiedostot, laskelmat jne. vaadittavalle, viranomaiselle joka tarkastaa ne ja mikäli vaatimukset täyttyvät, hyväksyy ne. Tämän jälkeen koneisto rakennetaan viranomaisen valvomana, jotta vaadittavat standardit toteutuvat ja niitä noudatetaan määräysten mukaisesti. Näin ollen myöhemmin ilmeneviltä ongelmilta välttyään. Lopulta koneiston valmistuttua se testataan valvonnan alla ja mikäli standardit täyttyvät, luokitetaan tai sertifioidaan valmiiksi.

Useissa maissa, kuten esimerkiksi Iso-Britanniassa, hallitus vaatii, että kaikilla offshore-käytössä olevilla laitteistoilla on viranomaisen myöntämä reaaliaikainen sertifikaatti niiden kunnosta, jolla voidaan varmistaa välineistön kunto ennen operaatioiden aloittamista. Tällä tavalla pystytään varmistumaan, että laitteistoa on turvallista käyttää ja että säädöksiä noudatetaan. Säännöllisesti toteutettavat huollot on myös suoritettava sertifikaatin voimassa ollessa.

Offshore-toiminnassa olevien alusten ja rakennusten sertifiointi vaatii yleensä vedenalaisia tarkastuksia, joissa apuna käytetään ammattisukeltajia. Heidän tehtävänsä on paikantaa mahdolliset halkeamat ja alkanut korroosio käyttäen useita erilaisia tekniikoita, kuten valokuvausta, TV:tä, NDT:iä, jne. Offshore-toiminnassa sertifikaatin saaminen ei kuitenkaan vaadi sukeltajan käyttöä itse tarkastuksessa, koska kaikki painetestausta ja laitteita ohjataan kaijalta käsin tai laivan takiltä. Sukeltajia voidaan kuitenkin käyttää esimerkiksi seuraavissa kausitarkastuksissa:

- Täydellinen yleistarkastus rakenteille ja putkille.
- Kausittain tehtävät visuaaliset tarkastukset. Suoritetaan n. 10 % kriittisistä paikoista. Sertifiointin mukaiset vaatimukset voivat edellyttää NDT-tarkastusta riippuen rakenteista. Vanhemmissa rakennelmissä kuten laitureissa, laivoissa ja öljynporauslautoilla NDT-tutkimus toteutetaan kriittisille hitsausaumoille, jotta kunto voidaan varmistaa muutenkin kuin visuaalisesti.
- Katoditarkastukset paikkoihin, jonne ne on asennettu, kuten esimerkiksi laivojen peräsin- ja potkurijärjestelmän sinkitykset. Asennettujen katodien tulee kattaa vähintään 80 % alkuperäisestä, jotta tarkastus hyväksytään.
- Merenpohjan kartoituksessa rakennelmia ympäröiviltä alueilta (The Professional Diver's Handbook 2011).

3.3 Pohjan puhdistus ja huolto

Laivan rungon puhdistus suoritetaan yleensä jonkun seuraavaksi mainitun asian johdosta:

1. Rungosta poistetaan siihen kiinni kasvanutta merikasvustoa
2. Runko valmistellaan tarkkaa visuaalista tarkistusta (NDT) varten. Merikasvuston poistaminen tehdään yleensä pinnallisesti mutta kriittinen NDT-tarkistus edellyttää pinnan täydellistä puhdistusta. Maalikin poistetaan pinnasta, jolloin jäljelle jää vain puhdas metallipinta.
3. Merivesijähdytyksen sisääntuloputkisto pysyy auki.

Puhdistusmenetelmät vaihtelevat kohteen vaatimuksen mukaan hiitaasta, yksinkertaisesta ja edullisesta aina nopeaan, kalliiseen ja paljon aikaa vievään. Kuvassa 7. kerrotaan eri puhdistusmenetelmistä (Knut 2016).

Fig. 1 Summary of cleaning methods

CLEANING METHOD		GENERAL MARINE GROWTH REMOVAL	SPECIAL CLEANING FOR CLOSE AND CRITICAL (NDT) INSPECTION		
			AIR RANGE WORK	GAS RANGE WORK	
Hand tools	Wire strops	Excellent, fast, inexpensive.	Not suitable		
	Wire brushes	Not suitable (very slow)	Not suitable (very slow)		
Power mechanical tools	Brushes and grinders Chipping hammers Needle guns	Not suitable (very slow)	Not suitable (makes defect worse, eg peening of its edges)		
LP water jets	HP water (alone)	Flow requirements HP water: to 1030 bars at 45 lpm* (15,000 psi at 12 gpm*)	Excellent, fast and effective, but comparatively very expensive.		
	LP water + grit entrainment	Dry grit	LP water: to 240 bars at 45 lpm (3,500 psi at 12 gpm). Air supply: Approximately: 10 bars at 3.4 m ³ /pm (150 psi at 120 ft ³ /pm).	Effective, very commonly used	Optimum method Fastest and most efficient; lowest (non-manual) cost
		Wet slurry	Slurry: to 310 bars at 30 lpm (4,500 psi at 8 gpm).	Effective, very commonly used.	Adequate (Dry method is much simpler and cheaper) Optimum method Fastest and most efficient; lowest (non-manual) cost.
Air grit-blasting	Air and grit. (Shallow water only)	Effective and inexpensive	Good finish	Not applicable	

Kuva 7. Sukeltajien käytössä olevia puhdistusmenetelmiä ja käyttökohteita (The Professional Diver's Handbook 2011).

Rungon puhtaanaapito edesauttaa laivan liikennöintiä ja vähentää merkittävästi polttoainekustannuksia. Laivan vedenpinnan alla olevaan runkoon alkaa muodostua erilaista merikasvustoa, kuten vesiheinää, näkkiä ja levää. Tämän seurauksena runko muuttuu karkeaksi, vedenvirtausvastus kasvaa, nopeus tippuu ja paino aluksessa kasvaa. Muita rungon pintaa karheuttavia tekijöitä ovat mekaaniset vahingot ja kavitaatiosta muodostuva eroosio.

Yhtiöstä riippuen rungon puhdistukset aloitetaan kevään aikana, viimeistään kesäkuun ensimmäisellä viikolla, aikaisintaan kaksi viikkoa jäiden lähdön jälkeen. Talviaikaan puhdistuksia ei suoriteta, koska jäät hankaavat pinnat puhtaiksi kasvustosta, mutta ilmastomuutoksen seurauksena talvet ja jäiden se-

assa ajettavat ajat lyhentyneet. Tämän seurauksena sukeltajat joutuvat käymään puhdistamassa runkoja pidemmälle syksyllä. Itämeren alueella liikennöiville aluksille normaali puhdistusväli kesäaikana on kuukausi tai viimeistään silloin kun, huomataan normaalissa ajossa ja normaaleilla tehoilla ajonopeuden tippuneen puoli solmua. Itämeren sakeasta vedestä ja Suomen leudomasta kesästä johtuen eliöt kiinnittyvät suurelta osin alusten vesirajan tuntumaan, koska tällä alueella vesi on lämpimintä. Sakeahko merivesi estää suurinta osaa auringon valosta pääsemästä syvemmälle veteen ja näin ollen kasvustoa ei muodostu. Vuoden ensimmäisen puhdistuksen jälkeen laivan kapteeni tekee säännöllisin väliajoin nopeuskokeita, joiden avulla pystytään määrittämään rungon kunto ja mahdollinen puhdistuksen tarve (Haarakangas 2017).

Pohjan puhdistuksen kesto määräytyy rungon pinnan kunnan mukaan. Laivasta pestään vertikaalisivut ja keulabulbi eli ne paikat, jonne aurinko pääsee paistamaan. Laivat, jotka kuuluvat sopimusharjauksen piiriin, harjataan 3-6 viikon välein, jolloin työstä selviydytään mahdollisimman nopeasti koska kiinnittynyttä merikasvustoa ei ole päässyt syntymään vielä kovin paljoa. Siitä hetkestä, kun sukeltajat saapuvat laivaan ja siihen hetkeen, kun he poistuvat menee kaikkiaan noin 8 tuntia ja urakka on valmis. Mikäli työkohteena on laiva, jota syystä tai toisesta ei ole harjattu esimerkiksi vuoteen, voi aika jopa kolminkertaistua. Mikäli laiva puolestaan on seissyt kuukauden tai kaksi alkua tässä kohtaa aluksen tasapohja likaantua, jolloin työn kesto venyy entisestään. Pahin tilanne saadaan aikaan, mikäli laiva on seissyt pohjoisessa hiekan kylmemmillä vesillä, esimerkiksi Norjassa. Tällöin laivan tasapohja on leväkasvuston sijaan näkin peitossa, jolloin pesuaika voi jopa viisinkertaistua. Sukellusfirmat laativat sopimukset eri yhtiöiden mukaan, joten kustannukset rungon puhdistuksesta ovat tapauskohtaisia ja siksi vaikea arvioida. Koska työt suoritetaan säännöllisin ja optimaalisin ajan jaksoin, on työ myös suoritettava laivan normaalia aikataulua häiritsemättä. On kuitenkin mahdollista, että joku puhdistuslaitteistossa hajoaa ja työ pitkittyy, jolloin kustannukset automaattisesti kasvavat (Haarakangas 2017).

Suomen yksi johtavista, laivan vedenalaisiin huoltoihin erikoistuneista yrityksistä, on DG-Diving Group. DG-Divingilla on kymmenien vuosien kokemus alasta ja he ovat kehittäneet, rakentaneet ja patentoineet omat ainutlaatuiset

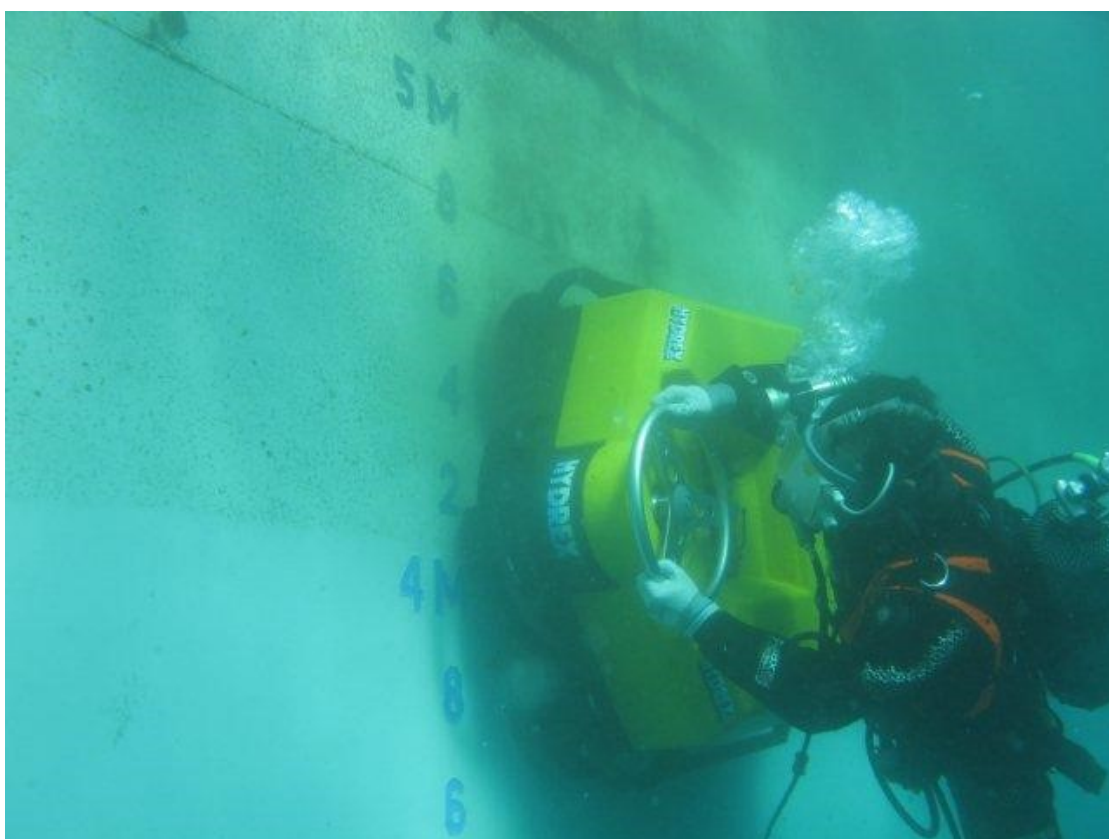
laitteensa jokaista laivan pohjassa tehtävää huoltotyötä varten (kuva 8.). Yritys kehitti vuonna 2012 ainutlaatuisen koneen laivan pohjan puhdistukseen, joka on maailmanlaajuisestikin huomioiden merkittävä ja minkä patentti on maailman laajuinen. Uuden harjamallin koneeseen pystytään liittämään erillinen imulaitteisto, minkä vuoksi koko pohjan puhdistuksesta syntyvä harjausjäte, kuten vanha maali, levä, tummentumat, näkki jne. saadaan imettyä pinnalle talteen erilliseen, sille tarkoitettuun säiliöön. Menetelmä ei ole kuitenkaan vielä Suomessa käytössä, mutta lakialoite on jo vireillä ja lähitulevaisuudessa laki astuu voimaan, mikä kieltää harjauksesta syntyvän jätteen pääsemisen mereen myös Suomen aluevesillä. Ruotsissa laki on ollut voimassa jo jonkin aikaa, eli länsinaapurissa imulaitteiston käyttö on pakollista. Esimerkiksi Silja Line suorittaa harjauksensa Ruotsin puolella ja myös osa Finnlinesin aluksista käy harjattavana Etelä-Ruotsissa. DG-Divingin käy suorittamassa harjaukset, sillä heidän kehittämänsä harjaukone on maailman ainoa, joka pystyy keräämään kaiken harjauksesta syntyvän jätteen talteen (Knut 2016; Haarakangas 2017).



Kuva 8. DG-Diving Groupin kehittämä laite laivan pohjan puhdistukseen.

Harjaukoneen toimintaperiaate on hyvin yksinkertainen. Laitteen pohjassa on kaksi pyöreätä harjaa, halkaisijaltaan n. 30cm, jotka pyöriessään muodostavat koneen pohjan ja laivan rungon väliin imun. Käydessään kone imee laivan runkoon kiinni yli 300 kilon voimalla, minkä seurauksena laite pysyy rungossa kiinni itsestään pelkän imun voimalla. Ominaisuus helpottaa sukeltajan puh-

distustyötä huomattavasti, sillä laite itsessään painaa paljon ja sen liu'uttaminen runkoa pitkin ilman imua olisi lähes mahdotonta. Harjojen yläpuolella on kolmelle renkaalle suunniteltu ajomoottori, jonka ansiosta sukeltajan ei tarvitse kuin "ajaa ja roikkua itse perässä" (kuva 9.). Eteenpäin ajettaessa kone puhdistaa kahden harjan levyisen alueen ja mikäli alus on puhdistussopimuksen alla, kerta puhdistus rungolle riittää saamaan halutun jäljen. Pitkään seisonutta, tai puhdistamatta jätettyä aluksen pohjaa voidaan joutua ajamaan kaksi kertaa, jolloin puhdistuskoneen harjojen pyörimissuunta muuttuu (Haarakan-gas 2017).



Kuva 9. Laivan pohja puhdistetaan kohta kohdalta (DG-Diving Group).

Rungon puhdistuksessa käytetään pääasiassa kolmenlaisia työkaluja, kuonahakkuu, neulakonetta ja korkeapaineistettua vesipuhallinta. Kuonahakkuu voi olla joko ilma- tai hydraulitoiminen ja isompi, kahden käden versio painaa 12 kg ja tuottaa yli 2000 iskua minuutissa. Kahden käden työkalu on ainoastaan hydraulitoiminen, joka vaatii 25 – 30 l/min syöttölähteeltä 105 – 140 Bar paineessa. Pienempää, yhden käden versiota, käytetään yleensä hitsausaumojen avaamiseen ja pienemmissä kohteissa, joihin kahden käden hakulla ei

pääse. Pienempi, pneumaattinen hakku, voi käyttää voimanlähteenään ilmakompressoria, joka tuottaa 280 — 425 l/min (HSE commercial Air Diving. 2010).

Neulakoneet ovat ilmatoimisia ja niitä käytetään metallipintojen puhdistukseen. Koneella ajetaan epäpuhtaudet pois pinnasta, joka on suunniteltu hitsattavaksi tai puhdistetaan kuona-aines hitsaussauman valmiilta pinnalta tarkastusta varten. Neulat voivat olla muodoltaan teräviä, tasaisia tai tylppäpäisiä ja nopeus, koosta riippuen, on yleensä noin 2400 iskua minuutissa. Neulakoneet ovat erittäin tehokkaita kovia pintoja ja korroosiota vastaan, mutta eivät ole tarpeeksi tarkkoja pintojen yksityiskohtaiseen puhdistukseen murtumia etsittäessä, koska neulat muokkaavat metallin pintaa ja näin ollen saattavat piilottaa pienimmät halkeamat näkyvistä (HSE commercial Air Diving. 2010).

Neulakone painaa 1.5 – 6 kg mallista riippuen ja on kokonsa ja laajan muokattavuuden vuoksi paljon käytetty työkalu sukeltajien keskuudessa. Jokainen yksittäinen neula on vaihdettavissa ja saatavilla on myös pitkiä, 1-2m pitkiä päitä. Muokattavuuden vuoksi sitä voidaan käyttää hankalissakin paikoissa ja monissa eri kohteissa (HSE commercial Air Diving. 2010).

Painepesurin avulla saadaan aikaan kaikista tehokkain ja tarkin työnjälki pintoja puhdistettaessa. Laitteen heikkoutena on kuitenkin sen suuri koko ja hinta, joka on suoraan verrannollinen tarvittavan paineen suuruuteen. Kustannuksissa pystytään säästämään suuriakin määriä, mikäli paineesta pystytään tinkimään, tai vaihtoehtoisesti apuna voidaan käyttää kiinteätä materiaalia, kuten hiekkaa tai savea. Ennen kiinteän puhallusmateriaalin käyttöä tulee sukeltajien selvittää, onko niiden käyttö sallittua ympäristömääräysten vuoksi. Eroja löytyy kohdemaasta riippuen (HSE commercial Air Diving. 2010).

Laitetta käytettäessä, veden painetta voidaan vähentää työn aikana, jolloin työstä saadaan kustannustehokkaampaa. Esimerkiksi jos työ aloitetaan 1030 Bar. paineella ja puhdistuksessa käytetään pelkkää vettä, mutta työn aikana huomataankin, että 140 — 420 Bar. paine riittääkin, kun apuna käytetään hiekkaa. Apuna käytettävä kiinteä materiaali puhdistaa myös pinnan nopeammin, jolloin säästyy rahan lisäksi myös aikaa (The Professional Diver's Handbook 2011).

Laivan vedenalainen runko muodostaa ideaalin kasvualusta erilaisille mereneliöille ja kasvustoille. Laivan rungon säännöllinen puhdistamatta jättäminen, on riski laivan turvallisuuden kannalta ja vaikuttaa tämän ohella, myös moneen muuhunkin asiaan, kuten polttoaineen kulutukseen. Vesikasvuston muodostuessa laivan runkoon, kasvaa laivan fyysinen koko sekä paino, mitkä aiheuttavat mm. suuremman aaltopinta-alan, joka taas vaikuttaa runkoon kohdistuvaan rasitukseen. Aluksen turvallisuuden ja kunnan ylläpitämiseksi, tulisi rungon puhdistus suunnitella ja toteuttaa säännöllisin väliajoin ja ennemmin hyvissä ajoin kuin liian myöhään (The Professional Diver's Handbook 2011).

Merikasvustoa voidaan kuvata kahdella eri tavalla, kovana tai pehmeänä. Kova kasvusto pitää sisällään simpukat, merirokot, kalkkeumat, näkit ja kovat korallit (liite 1.). Pehmeä kasvusto puolestaan muodostuu vuokoista, sienistä, pehmeistä koralleista, merileivistä ja meritupeista (liite 2.). Näiden kahden ryhmän erot on tärkeä tunnistaa, koska ne vaikuttavat aluksen suunniteltuun kestävyYTEEN ja myös puhdistuksessa käytettäviin työvälineisiin ja työmenetelmiin (The Professional Diver's Handbook 2011).

Aluksen pohjan maalaus on yksi oleellinen osa sen puhtaana pitoa. Maalipinta kuluu ajan myötä, minkä vuoksi pohjan puhdistuksen yhteydessä tarkistetaan maalipinnan kunto. Mitä suolapitoisemmilla vesillä laiva liikkuu, sitä enemmän ja nopeammin maalipinta kuluu. Laivan runkoa maalatessa, pohja puhdistetaan ensin huolella, minkä jälkeen se ruiskumaalataan useampaan kertaan käyttäen pohja- ja pintamaalia. Aiemmin maalaamiseen on käytetty paljon myrky- eli antifouling-maaleja, mitkä estävät merieliöstöä kiinnittymästä pohjan pintaan. Nykyään antifouling-maalien käyttö on kiellettyä, sillä maalit sisältävät mm. kuparia ja tinaa, mitkä ovat haitallisia ympäristölle. Myrkkymaalien ongelma on, että ajan saatossa ne liukenevat mereen, jolloin haitalliset myrkyt pääsevät leviämään vesistöihin. Nykyisin laivateollisuudessa käytössä on perinteisempi, silikonipohjainen, veteen liukenematon maali, minkä vahvuutena ja myös heikkoutena, on sen rakenne. Kovettuessaan silikonimaali muodostaa kovan pinnan, joka irtoaa pohjasta paloina liukenemisen sijaan. Esimerkiksi Itämeren alueella silikonimaali toimii hyvin aina siihen asti, kun alus siirtyy talviajoon, jolloin paksut jääkerrokset hakkaavat maalia varsinkin keulasta. Tästä

syystä johtuen, keula maalataan aina paksummaksi kuin vertikaalipinnat (Haarakangas 2017).

3.4 Rikkomaton aineenkoetus (NDT)

Haastavat olosuhteet merellä ja laivojen suuret kuormat yhdessä luovat kokonaisuuden, joka pitkällä aikavälillä rasittaa laivan runkoa. Näitä vaikutuksia voi nähdä aluksien runkoihin muodostuvina säröinä, tai jopa halkeamina. Pienistä jäljistä ei vielä muodostu ongelmaa laivalle, eikä se näin ollen vaikuta aluksen liikennöintiin tai ohjattavuuteen. Ongelmia voi alkaa muodostua siinä vaiheessa, jos säännöllistä rungon tarkastusta ei tehdä. Pahimmassa tapauksessa vaurio on tiedossa, mutta ongelmaa vähätellään, sillä ajan saatossa pienestä säröstä voi muodostua kuivatelakan kokoinen ja pituinen murhe. NDT-sukeltajien ja tarkastajien tehtävänä on havaita ajoissa muodostumat rungoissa tai niiden puute, minkä jälkeen he ilmoittavat asiasta laivan konepäällikölle (HSE commercial Air Diving 2010).

NDT-tarkastukseksi luetaan kaikki erilaiset tavat, jotka eivät vahingoita laivan runkoa. Silmämääräiset tarkastukset ja erilaisten kameroiden käyttäminen luetaan NDT-metodeiksi. Kaikki suurelta ongelmat eivät aina ole havaittavissa silmämääräisellä tarkastuksella, vaan tutkimukset on tehtävä tarkemmin. Yksi vanhimmista ja käytetyimmistä metodeista on radiografia, minkä toimintaa voidaan verrata röntgenkuvaukseen. Laitetta voidaan käyttää materiaalista riippumatta ja oikeissa olosuhteissa, saadaan aluksen runko kuvattua ilman sen vaurioittamista (HSE commercial Air Diving 2010).

NDT kehitettiin alun perin maa-asennuksia varten, mutta vedenalaisen NDT-laitteiston käyttöönotto on parantanut laivanrakentajien, asentajien ja hitsaajien työn laatua. Tämä puolestaan on johtunut suurelta osin tekniikan kehittymisen myötä aiheutuneista vaatimustasojen noususta, sekä offshore-asennuksiin nykyisin vaadittavasta sertifikaatista (HSE commercial Air Diving 2010).

NDT-tutkimuksen päätarkoitus on varmistaa, että tutkittava alue ei ole vahingoittunut. Varmuus eheydestä saadaan, kun runko todetaan virheettömäksi,

eikä siitä, kun todetaan rungossa olevan halkeama. Esimerkiksi uusi hitsisauma tarkastetaan radiografisesti, ettei vaurioita ole. Mikäli kuitenkin vaurioita havaitaan, radiografian täytyy pystyä löytämään ongelmakohdat, jotta voidaan estää puutteellisen hitsisauman virheellinen arviointi (HSE commercial Air Diving 2010).

Jokaista NDT-metodia voidaan käyttää väärin niin, että tuloksena on virheellistä dataa, joten on erittäin tärkeää, että ammattilainen määrittää mitä tekniikkaa kussakin tilanteessa käytetään. Tarkastusmenetelmä kohteen tutkimiseen voidaan valita perusteella, joka on huomattu toimivan aikaisemmin vastaavantilaisissa tilanteissa. Väärä tarkastusmenetelmä voi havaita vaurioita kohteessa, mutta jättää suuremmat ja tärkeämmät huomaamatta (HSE commercial Air Diving 2010).

Tekniikka kehittyi jatkuvasti ja niin myös veden alla suoritettavat korjaustyöt. Maailmassa on tällä hetkellä yli 50 erilaista NDT-metodia, joista yhtäkään ei voida käyttää yleispätevänä tutkimuksena, vaan kaikille on oma tarkoitus ja kohde. Kymmenistä tutkimustavoista jokaisella metodilla on omat vahvuudet ja heikkoudet, joten esivalmistelut on tehtävä huolella ennen tutkimustavan valintaa. NDT-tutkimukset jaetaan kahteen pääryhmään, jotka ovat pintatarkastus- ja kriittiset ultraäänitarkastusmenetelmät (The Professional Diver's Handbook 2011).

Pintatarkastusten ryhmään kuuluvat magneettijauhe-, tunkeumaneste- ja pyörrevirtatarkastukset. Vaikka nämä kaikki tavat luetaan "nopeiksi", suurin osa skannauksista voi silti viedä huomattavan paljon aikaa suorittaa. Skannauksiin käytettävä aika on kuitenkin suhteellisen pieni verrattaessa kriittisten tarkastusten viemään aikaan (The Professional Diver's Handbook 2011).

Jälkimäiseen ryhmään kuuluvat puolestaan ultraäänitarkastus sekä radiografia. Nämä tavat antavat erittäin tarkkaa tietoa tutkittavasta kohteesta, kuten vaurion mitat, sijainnin ja laadun. Käytössä olevat tutkimustavat, ovat erittäin hyviä määrittämään pinnan rikkovien vaurioiden pituuden, mutta ovat epätarkkoja ilmoittamaan halkeaman syvyyttä. Nämä kaksi edellä mainittua metodia ovat parhaat käytössä olevat tavat vaurioiden selvittämisessä. Ultraäänitarkastusta käytetään pinnanalaisen vaurion paikan ja syvyyden selvittämiseen,

kun taas radiografian avulla voidaan ehkä saada selvitettyä joidenkin pinnan rikkovien halkeamien syvyys (The Professional Diver's Handbook 2011).

3.5 Stabilisaattorit

Stabilisaattoreiden tehtävä on estää laivaa rullaamasta, eli heilumasta, tuulen ja aallokon mukana. Stabilisaattorit ovat laivan kyljessä sijaitsevat siivekkeet, jotka saadaan ulos hydraulisyliintereiden avulla, mikäli olosuhteet merellä sitä vaativat. Vakaajat ovat yksi sukeltajia eniten työllistäviä huoltokohteita aluksilla. Yleisimmät huoltojen syyt johtuvat vakaajien jumittumisesta joko niin että, stabilisaattoreita ei saada ulos ollenkaan, tai sisään otettaessa ne eivät palaudu täysin. Vakaajaongelmia on etenkin aluksilla, jotka ajavat jäisissä olosuhteissa. Ulkona ollessaan, jäät saattavat hajottaa siipiä, tai jäälohkareita jää vakaajan ja rungon väliin sisäänpäin ajettaessa. Lisähuolta laivoille aiheuttavat saranat, jotka pahimmassa tapauksessa ovat pettäneet kokonaan, mutta useimmissa tapauksissa löystyneet niin, että stabilisaattori ei enää liiku. Itämeren ulkopuolella seilaavat alukset vaativat usein enemmän huolto ja korjaustoimenpiteitä, sillä suurten aallokoiden johdosta, vakaajiin kohdistuvat rasitukset ovat erittäin suuret ja murtumia pääsee ajoittain syntymään (Haarakangas 2017).

3.6 Keulapotkurit

Keulapotkurit, eli thrusterit, ovat laivan liikkumisen ja manoveerauksen kannalta välttämättömät. Keulapotkureita ei tarvitse käyttää normaalin meriajon aikana, koska laivan ohjattavuus on riittävä pelkällä potkurilla ohjattavaksi. Thrusterien välttämättömyys nousee esille nopeuden laskiessa, eli käytännössä saavuttaessa ja lähdetäessä satamasta. Laivan satamaan saapuessa, nopeus täytyy laskea minimiinsä, jolloin peräpotkurin vasteaika ja pyörintänopeus ovat alhaiset ja näin ollen ohjailukyky lähes mahdoton. Ohjattavuuden kannalta ei ole merkitystä sillä, onko aluksella käytössä säätölapapotkurit vai azipodi, molemmissa tapauksissa keulapotkureita on käytettävä. Thrusterit ovat kooltaan pienikokoisia verrattuna varsinaiseen ohjailupotkuriin ja niiden avulla aluksen keulaa pystytään kääntämään haluttuun suuntaan ja näin ollen manoveeraus helpottuu. Etenkin ahtaissa kanavissa ja jokiosuuksille saavutta-

essa, aluksen täytyy pystyä kääntymään ahtaissa tiloissa, josta hyvänä esimerkinä toimii Travemündén satama. Keulapotkureilla varustetut laivat eivät välttämättä tarvitse hinaajia avukseen saavuttaessa, tai poistuttaessa satamasta, mutta sataman käytännöistä riippuen, ovat hinaajat otettava avuksi turvallisuussyistä.

Pohjan tarkastuksen yhteydessä sukeltajat tarkastavat keulapotkurit, mikäli varustamo niin pyytää. Thrusterien perustarkastuksiin kuuluu:

- Lapojen pintapuolinen kunnon tarkastus.
- Lapojen suoruuden mittaaminen.
- Varmistetaan, ettei laakerit vuoda öljyä.
- Lukitusten pitävyys varmistetaan.
- Linereiden kiinnitykset.

Varustamo voi halutessaan pyytää sukellusryhmää hiomaan ja kiillottamaan keulapotkureiden pinnat, jossa käytetään samaa menetelmää kuin peräpotkurissakin. Autolautoille thrusterien kiillotuksia harvemmin tilataan, mutta risteilijöille ja matkustaja-aluksille hionnat ovat yleisiä (Haarakangas 2017).

3.7 Potkurin ja peräsimen huolto

Laivan pohjan tavoin, myös potkurilaitteisto on pidettävä mahdollisimman puhtaana. Etenkin tilanteessa, jossa laiva on seisonut paikallaan pitkään, on potkurin ja peräsimen puhdistus välttämätöntä ennen operoinnin aloittamista. On myös huomioitava, että paikallaan pitkään seisseen laivan potkurilavoista ylöspäin osoittavat ovat aina epäpuhtaimmat. Potkuria huollettaessa, lavat ensin harjataan koneella puhtaksi (kuva 10.) ja mikäli tilataan myös potkurin kiillotus, suoritetaan työ käyttäen hiomakonetta ja useampaa, eri karheuden omaavaa laikkaa. Lopputuloksesta saadaan kiiltävä peilipinta, mutta vain tapauksissa, missä potkurin huolto on ollut säännöllistä. Kuvassa 11. huomataan, kuinka suuri ero saadaan aikaan puhdistetun ja puhdistamatta jätetyn potkurin välillä. Tekemättä jätetyt kausihuollot näkyvät välittömästi lapojen pinnassa, eli jos lähtökohta puhdistusta aloitettaessa on huono, on peilipintaa kiillotuksen jälkeenkään mahdotonta saada (Haarakangas 2017).



Kuva 10. Potkurin puhdistus ja kiillotus (Commercial diving services 2013).



Kuva 11. Tilanne ennen ja jälkeen kiillotuksen (Commercial diving services 2013).

Potkurin ja lapojen ohella suoritetaan myös peräsimen tarkistus ja huolto. Huoltotoimenpiteen eivät eroa muusta puhdistustyöstä juurikaan, vaan puhdistusperiaate on sama kuin pohjaakin työstettäessä. Puhdistuksessa ja kiillotuksessa käytettävät koneet, ovat kokoluokaltaan vain pienempiä sekä manuaalikäyttöisiä, eli erillistä moottoria laitteesta ei löydy vaan niitä liikutetaan käsivoimalla. Käsiteltävä pinta on poikkeuksetta, myös huomattavasti parempi kuntoinen kuin pohja. Puhdistuskoneessa on käytössä kymmenen erilaista ja eri vahvuista harjaa, joiden valinta riippuu peräsimeen kiinnittyneestä kasvustosta. Mitä pehmeämpää kiinnittynyt kasvusto on, sitä pehmeämpiä käytettävät harjat ovat. Näkki on kovinta eliöstöä, joiden irrotukseen käytetään erittäin kovia harjoja (Haarakangas 2017; HSE commercial Air Diving 2010).

Peräsimen kunto on täysin riippuvainen siitä, minkä mallinen perä aluksessa on. Esimerkiksi Finnlinesin Star-luokan alukset ovat peräosastaan massiivisia ja iso osa aluksen pohjasta on kosketuksissa veden kanssa. Tämän mallinen perä suojaa aluksen peräsintä auringon valolta ja siksi merikasvustoa ei pääse kiinnittymään yhtä helpolla kuin esimerkiksi tankkereissa. Tankkereiden perä on malliltaan suippo, minkä johdosta auringonvalolta suojaavaa pintaa on huomattavasti vähemmän, kuin Ropax- aluksilla. Perän muoto päästää auringon valon paistamaan suoraan peräsimeen laivan ollessa redillä, joka edesauttaa merikasvuston kiinnittymistä (Haarakangas 2017).

Tutkimusten mukaan, säännöllinen potkurin kiillottaminen ja huolto pudottavat kustannuksia merkittävän määrän. Vuonna 1991, yhtiö nimeltä "Cunard Company" kertoi, että Laiva nimeltä "Queen Elizabeth 2" oli säästänyt kustannuksissa noin 7000 \$ edestä polttoainetta vuorokautta kohden, pelkästään säännöllisellä potkurin kunnossapidolla. Kiillottamattoman ja karkeapintaisen potkurin seurauksena muodostuu tehohäviö, joka on suuruusluokkaa 6 %. Liitteessä 4. on esitettyä, kuinka potkurin lapojen pinnankarkeus vaikuttaa sen hyötysuhteeseen. Taulukon pohjalta pystytään päättelemään, kuinka tärkeää potkurilaitteiston säännöllinen huolto on. Tämä ei kuulosta suurelta määrältä suhteutettuna esimerkiksi epäpuhtaaseen runkoon., mutta kun huomioidaan potkurin koko suhteessa laivan rungon kokoon, on huoltamattoman potkurin tuottama tehohäviö jo moninkertainen (Psomakara. International diving services).

Potkurin pinnankarkeutta mitataan "Rubert Gaugen" avulla. Mittareita on erilaisia, mutta pääperiaate kaikissa on sama: mittataulukko pitää sisällään vähintään kuusi eri karheuden omaavaa laattaa, joita verrataan kiillotettavan potkurin pintaan. Laattojen karkeudet ovat välillä A-F jossa "A" tarkoittaa uutta ja valmista pintaa, kun taas "F" erittäin karkeaa pintaa. Ennen työn aloittamista, sukeltaja kokeilee potkurilavan pintaa kädellä ja tämän jälkeen vertaa sitä "Rubert Gaugeen" määrittääkseen aloitus karheuden. Mittauskohtia on otettava useita, jotta virheilä vältytään. Mittausten jälkeen potkuri hiotaan varovasti hiomalaikalla. Etenkin johtoreunojen kanssa on oltava tarkkana, ettei potkuri vaurioidu. Potkurin kiillotuksessa kuluu aikaa 1.5 — 2 tuntia, joten kiillotusta ei

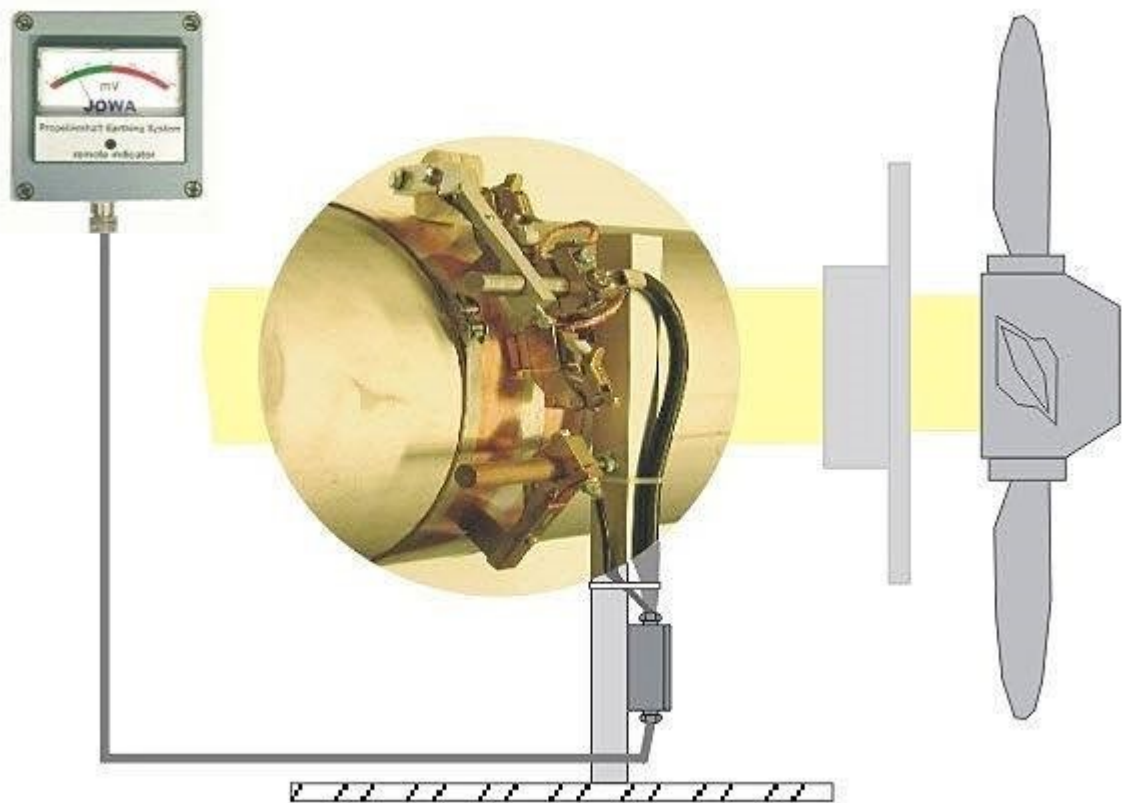
kannata jättää tekemättä. Potkurin säännöllinen huolto ei vaikuta aluksen normaaliin aikatauluun, koska se voidaan suorittaa satamassa ollessa, lastauksen yhteydessä tai rungon puhdistuksen yhteydessä (Haarakangas 2017; HSE commercial Air Diving 2010).

Potkurin lapojen kiillotuksessa paras tulos saadaan, kun lavat kiillotetaan kautaaltaan, mutta mikäli tämä ei ole mahdollista, 75 % hyöty saadaan, kun johtoreunojen ulompi osa puhdistetaan.

Hyödyt:

- Parantaa aluksen suorituskykyä.
- Vähentää polttoaineen kulutusta 6 %.
- Aluksen CO2 päästöt pienenevät.
- Aluksen nopeus kasvaa.
- Kavitoinnista johtuva värinä pienenee.
- Rasitus aluksen potkuriakselia ja koneistoja kohtaan vähenee.
- Aluksen luotettavuus kasvaa.
- Laivan huoltoväli kasvaa.

Rungon suojauksen tavoin, laivojen potkurijärjestelmissä käytetään sähköistä katodisuojausta. Eroosio, tarkemmin pistesyöpyminen, on tyypillistä laivan vedenalaisissa osissa, koska vesi pääsee kosketuksiin paljaan metallin kanssa. Alusten potkureissa ja rungoissa käytetään paljon erilaisia metalleja ja kun kaksi eri metallia pääsee kosketuksiin toistensa kanssa, syntyy kipinä ja kavitointi. Potkurit, runko, pohjalaatat, kampiakseli, laakerit jne. ovat kaikki osia, joissa pistesyöpymistä tapahtuu ja siksi oleellinen paikka katodisuojaukselle (Propeller surface roughness).



Kuva 12. Potkuriakselin sähköinen suojaus (Wankhede, A. Marine insight).

Aluksen potkuriakseli on maadoitettu (kuva 12.), jotta saadaan katkeamaton suojaus ja samalla varmistetaan, ettei toimintahäiriöitä synny. Potkurin ollessa pysähdyksissä, vannasputki, potkuriakseli ja laakerit ovat kosketuksissa toisiinsa, jolloin suojauskierto on toiminnassa. Laivan ollessa liikkeellä, potkurin pyörimisliike ja ohut voiteluöljykerros tekevät akselista osittain sähköisesti eristetyt.

3.8 Stern Tube

Stern tube, eli vannasputki, on putki laivan perän läpiviennin sisällä. Vannasputken ja potkuriakselin välillä kiertää öljy, joka voitelee akselin laakerit ja samalla putkessa kiertävä öljy toimii vedeneristyksenä. Koska laivassa täytyy olla reikä perässä, mistä potkuriakseli pääsee ulos, on reikä eristettävä, jotta vesi ei pääse laivan sisään ajon aikana. Vannasputkessa oleva öljy estää merivettä pääsemästä sisään, mutta vuotaessaan ulospäin, aiheuttaa ympäristölle ongelmia.

Vannasputki huoltoja tehtiin aikoinaan vain kuivatelakoinnin aikana, mutta nykyään tekniikan kehityttyä, pystytään vannasputki ja laakerihuoltoja tehdä laivan ollessa satamassa niin, ettei ajoaikataulua tarvitse muuttaa. Alan yrittäjät, kuten DG-Diving, ovat kehittäneet idean, jonka avulla stern tube huolto saadaan helpoiten hoidettua. Potkuriakselin laakerointia suojaa metallikehä, joka otetaan pois huolto aloittaessa. Tämän jälkeen huollettavan laakerin ympärille asennetaan ontto suojakuori, jonka sisälle muodostetaan ilmatasku. Ilmataskun sisällä sukeltajat eivät tarvitse happilaitteita ja olosuhteista on saatu näin ollen kuivat, jotta laakerihuolto voidaan suorittaa ilman laivan kuivatelakkaan siirtämistä. Huoltotoimenpiteiden jälkeen, suojakuori otetaan pois ja laakerin suojakehikko asennetaan takaisin paikalleen. Tämän tekniikan avulla pystytään vaihtamaan koko propulsio, tai pohjan läpivienti voidaan uusida kokonaan laivan ollessa vedessä. Läpiviennin uusiminen on tosin työläämpi toimenpide, mikä vaatii luokituslaitoksen luvan ja heidän läsnäoloaan työtä suoritettaessa. Ennen työn aloittamista on luokituslaitokselle annettava tarkka toimenpideselostus, kuinka vaihto aiotaan suorittaa ja työhön on varattava aikaa enemmän kuin vuorokausi. Työjärjestys toteutetaan siten, että läpiviennin alue tehdään ensin vesitiiviiksi, minkä jälkeen läpivienti vaihdetaan ja hitsataan kuivana. Kun työ on saatu tehtyä, suoritetaan tarkastus ennen suojarakenteiden purkua, minkä jälkeen läpivienti epoksoidaan ja maalataan (Hydrex, underwater technology; Haarakangas 2017).

Vannasputki muodostaa suojaavan öljykalvon potkurin ulkolaidan läpiviennin ympärille, mikä estää merivettä pääsemästä laivan konehuoneeseen. Mikäli pistekorroosiota pääsee muodostumaan läpiviennin laakerointiin, esimerkiksi tapauksessa, jos merivettä on päässyt voiteluöljyn joukkoon, voivat seuraukset olla vakavat. Pidemmällä aikavälillä, meriveden lisääntyvä määrä öljyn joukossa voi johtaa pääkoneen laakereiden ylikuumenemiseen, puutteellisen voitelun seurauksena, joka puolestaan on seurausta kavitoinnista. Laakereiden kuumeneminen voi johtaa öljysumuun, pääkoneen automaattiseen hätäpysäytukseen ja pahimmassa tapauksessa kampikammioräjähdykseen (Haarakangas 2017).

3.9 Katodisuojaus

Pohjan harjauksen, tai potkurilaitteiston kiillotuksen yhteydessä, sukeltajat tarkastavat automaattisesti sinkkilevyjen kunnon. Sinkkilevyjä on asennettu ympäri laivan pohjaa kaikille metallipinnoille, jotta suojauksesta saadaan mahdollisimman kestävä. Vaikka suojaus on hyvä olla mahdollisimman laaja, on laivakohtaisia eroja levyjen määrässä ja sijoittelussa paljonkin. Osassa aluksista on suojattu pohja, potkuri ja peräsin (kuva 13.), kun taas osassa on peräsin jätetty kokonaan suojaamatta. Katodisuojauksen kunto ilmoitetaan prosenttilukuna, eli kuinka paljon alkuperäisestä katodisuojauksesta on jäljellä. Mikäli joka tarkastuksen yhteydessä sinkkien määrä on vähentynyt, tiedetään että suojaus toimii oikein. Katodisuojausentarkastusta ei tarvitse erikseen laivan puolesta pyytää, vaan kuntoarvio annetaan automaattisesti puhdistusraportin yhteydessä. Sukeltajan kiertäessä alusta, hänen tehtäviinsä kuuluu raportoida kaikki normaalista laivan kunnosta poikkeava. Apunaan sukeltajalla on aina mukana still- sekä videokamera, joiden avulla myös laivan henkilökunta saa mahdollisimman tarkat tiedot tulevista korjaustarpeista. Molempien osapuolien, niin sukeltajien kuin varustamonkin edunmukaista on, että puutteet, kuten korroosiot ja halkeamat paikannetaan ajoissa ennen suurempaa onnettomuutta (Bevan 2011).



Kuva 13. Aluksen pohjan sinkkilevyt (Reid. Sacrificial anodes. 2013).

Sukeltajien saapuessa laivalle, tiedustelevat he aina vastuussa olevalta henkilöltä, onko laivan tarkastuksen suhteen erityistoiveita. Tai onko jotain tiettyä paikkaa, kuten potkurin yksittäistä lapaa, joka haluttaisiin tarkastaa erityisen huolella. Tarkastusta suorittavalla ryhmällä on aina mukaan edellinen raportti kyseisestä laivasta, mikä luetaan läpi ennen sukellusta. Näin ollen sukeltajilla on tiedossa kaikki poikkeamat, jotka on edellisellä kerralla havaittu. Nämä poikkeamat tutkitaan uudestaan ja mikäli kyseessä on halkeama, suoritetaan mittaus, jonka pohjalta saadaan selvitettyä, onko halkeama kasvanut edellisestä kerrasta (Haarakangas 2017).

4 KOMMUNIKOINTI

Sukeltajien kommunikointi veden alla voi olla erittäin haasteellista. Olosuhteilla ja ympäristöllä on suuri vaikutus siihen, kuinka yhteydenpito sukellusparin ja sukellusvalvojan välillä aiotaan toteuttaa. Normaalisti ihminen kommunikoi monella eri tavalla, käyttäen lähes kaikkia aistejaan kuten näköä, kuuloa ja tuntoa, mutta veden alla kommunikointi on huomattavasti vaikeampaa ja aisteihin on turvauduttava entistä enemmän. Sukeltajien välistä yhteydenpitoa vaikeuttaa entisestään heidän varustuksensa, joka heikentää kaikkia aisteja entisestään. Sukelluskypärä sumentaa ja kaventaa näkökenttää, mikä esimerkiksi Itämeren sakeassa vedessä on jo valmiiksi paljon normaalia heikompi. Sukellusmaskin huurtuminen ja stressitila heikentävät näköaistia entisestään.

Yksi erityisen haasteellinen tapa sukeltaa on yöllä. Pimeässä sukeltaminen on hankalaa jo itsessään, mutta kommunikointi säkkipimeässä vedessä voi olla lähes mahdotonta. Koulutuksessa sukeltajat opettelevat morsetuksen taidon, mutta useassa tilanteessa morsettaminen voi osoittautua mahdottomaksi vaihtoehdoksi ja stressitilanteessa tiedon vastaanottaminen hankaloituu entisestään. Paras vaihtoehto pimeässä kommunikointiin on valo. Sukeltajat kantavat mukanaan taskulamppua, jota käyttämällä kommunikointi on mahdollista toteuttaa. Valolla kommunikointi on hyvin rajattua, joten usein sitä käytetään vain hätätilanteessa tai yksinkertaisesti ilmoitetaan parille, että kaikki on "OK". Koodien tulkitseminen voi olla vaikeaa ja saattaa helposti aiheuttaa sekaannusta, siksi käytössä on vain muutama merkki (Ocean reef. 10/2010; Bevan 2011).

Veden äärellä, äänen kantama on huomattavasti pidempi ja voimakkaampi kuin normaaleissa olosuhteissa. Puhuttaessa veden alla on tilanne kuitenkin toinen, vaikka nykyään sukeltajat usein käyttävätkin mikrofoniyhteyttä, mutta kaikissa tilanteissa teknologian käyttö ei ole mahdollista. Tässä tapauksessa sukeltajat käyttävät erilaisia signaaleja apunaan, kuten käsimerkkejä (Ocean reef. 10/2010; Bevan 2011).

Tapauksissa, joissa sukellusparin sijasta käytetään vain yhtä sukeltajaa ja pinnalla olevaa sukellusvalvojaa, käytetään apuna videokameraa. Kamera on sijoitettu kiinni sukelluskypärään, mikä lähettää reaaliaikaista kuvaa pinnalle olevalle näytölle. Pinnalta pystytään näin ollen tarkkailemaan työn etenemistä (kuva 14.) ja valvomaan sukeltajan turvallisuutta. Videokameran avulla sukeltaja pystyy käsimerkkien välityksellä ilmoittamaan työn kulusta ja omasta tilastaan valvojalle, mikäli ääniyhteys katoaa tai sitä ei ole tilanteessa mahdollista käyttää (Ocean reef. 10/2010).



Kuva 14. Sukellusvalvoja tarkkailee pinnalta työn etenemistä (Commercial diving services 2013.).

Tavasta riippuen kommunikoinnin toimiminen sukeltajien ja sukellusvalvojan välillä voi pelastaa hengen, joten laitteiden testaus ja kommunikoinnin säännöllinen harjoittelu, ovat elinehtoja sukeltajien turvallisuutta silmällä pitäen. Ennen veteen menemistä kommunikointimenetelmistä sovitaan sukellusparin

kanssa ja mikrofoneja käytettäessä, ne testataan aina ennen veteen menemistä ja huolletaan ylös noustessa. Sukelluskoulutuksissa opetettavat käsi-merkit ovat kasainvälisiä, jotta esimerkiksi pelastus- ja hätätilanteissa toisilleen tuntemattomat sukeltajat voivat kommunikoida keskenään, vaikka muuta yhteistä kieltä he eivät omaisikaan (Ocean reef. 10/2010).

4.1 Radio

Radiopuhelinta käytetään laivan ja rannan väliseen kommunikointiin. Alus voidaan yhdistää maailman laajuiseen telekommunikaatioverkkoon nimeltä Coast Station Ratio Telephony Service (RT). Menetelmää käytetään laajalti offshore-töissä, jolloin etäisyydet ovat lyhyitä ja näin ollen radioiden kantama ja kuuluvuus parempi (The Professional Diver's Handbook 2011; Ocean reef. 10/2010).

Fig. 1 Phonetic alphabet and numerals

Alphabet					
(place emphasis on emboldened syllables)					
A	Alfa	ALFAH	N	November	NOVEMBER
B	Bravo	BRAHVOH	O	Oscar	OSSKAR
C	Charlie	CHARLEE	P	Papa	PAHPAH
D	Delta	DELLTAH	Q	Quebec	KEHBEK
E	Echo	ECKOH	R	Romeo	ROWMEEOH
F	Foxtrot	FOKSTROT	S	Sierra	SEEAIRRAH
G	Golf	GOLF	T	Tango	TANGO
H	Hotel	HOHTEL	U	Uniform	YOUNEEFORM
I	India	INDEEAH	V	Victor	VIKTAH
J	Juliet	JEWLEEETT	W	Whiskey	WISSKEE
K	Kilo	KEELOH	X	X-ray	ECKSRAY
L	Lima	LEEMAH	Y	Yankee	YANGKEE
M	Mike	MIKE	Z	Zulu	ZOOLoo

Numerals			
(apart from call signs and grid references, all figures should be preceded by the word, "Figures")			
0	ZEERO	5	FIVE-ER
1	WUN	6	SICKSER
2	TOO	7	SEHVEN
3	THUH-REE	8	ATE
4	FOW-ER	9	NINE-ER

Kuva 20. Kansainväliset aakkoset ja numerot (The Professional Diver's Handbook 2011).

Kansainvälisiä aakkosia käytetään laajalti merenkulussa ja myös sen ulkopuolella. Kauppamerenkulussa niiden käyttö on kuitenkin huomattavasti vähäisempää, kuin esimerkiksi merivoimissa ja rannikkovartiostossa. Sukeltajat käyttävät aakkosia hyvin rajoitetusti laivan huoltotöissä, mutta mahdollisissa

vedenalaisissa pelastustehtävissä aakkosten käyttö on välttämätöntä osata (Haarakangas 2017).

4.2 Äänimerkit

Yleisin ja eniten käytetty kommunikointi tapa sukeltajan ja rannan välillä, on vedenalaisen puhelimen välityksellä, minkä tukena käytetään yleensä köysi-merkkejä. Suora kommunikointi kahden sukeltajan välillä on myös mahdollista ilman ylimääräisiä lisälaitteita. Tämä edellyttää kuitenkin, että molemmat sukeltajista käyttävät sukelluskypärää. Kommunikointi tapahtuu siten, että molemmat sukeltajista laittavat kypäränsä yhteen jolloin keskustelu hoituu akustian välityksellä. Toinen mahdollinen tapa vaatii mikrofonin, vahvistimen, voimanlähteen ja muuntajan, jossa muuntaja kuljettaa puheen vedenalaisen kaiuttimen läpi, josta lähtevä akustinen signaali kulkeutuu lähellä oleville sukeltajille (Ocean reef. 10/2010).

4.3 Käsimerkit

Kuvassa 15. esitellään kansainvälisellä sukellusalalla käytettäviä käsimerkkejä. Maailman laajuisesti käytössä on kuitenkin myös erilaisia käsimerkkejä, joten sukeltajien on aina varmistettava ennen sukellusta, että käsimerkit ovat kaikille samat. Sukeltajan tulisi muistaa, että merkit annetaan aina hitaasti, tarkasti, selkeästi ja vastapuolen tulisi aina osoittaa, että on ymmärtänyt viestin. Olosuhteet voivat kuitenkin olla välillä haastavat, kuten yöaikaan, jolloin sukeltajien tulisi pitää soihtua toisessa kädessä ja valaista sillä toinen käsi, jolla merkit on tarkoitus antaa (Ocean reef. 10/2010; Bevan 2011).



Kuva 15. Sukeltajien kansainväliset käsimerkit (The Professional Diver's Handbook 2011).

Kommunikoidessa käsimerkein, tai ylipäättänsä veden alla, etuna on, että sukeltajien ei tarvitse puhua samaa äidinkieltä ymmärtääkseen toisiaan. Kypärän ja painavien varusteiden johdosta käsimerkkien käyttö on helpoin tapa kommunikoida ja lyhyin verbaalinen kanssakäyminen on yleensä myös kaikista selkein tapa ilmaista asiansa. Käsimerkkien antajan vastuulla on oikeiden merkkien lisäksi, myös varmistaa, että vastaanottaja ymmärtää ne oikein ja osaa vastata niihin. Mikäli vastaanottaja ei vahvasta viestiä, lähettäjä toistaa sen. Vastaamatta jätetty viesti voi enteillä keskittymisen puutteesta, mikä voi johtua stressitilasta, sukeltajalla on joku hätänä tai pahimmassa tapauksessa, on merkki alkavasta hypotermiasta (Ocean reef. 10/2010; Bevan 2011).

4.4 Köysimerkit

Sukellusalalla tulee vastaan useita tilanteita, jolloin sukeltajan tulee olla fyysisesti kontaktissa toiseen sukeltajaan tai pinnalla olevaan valvojaan köyden avulla. Tällaiseen tilanteeseen joudutaan esimerkiksi silloin, kun näkyvyys on huono, valonmäärä on vähäinen tai jostain syystä puhelinyhteyttä ei voida muodostaa.

Köyden käytössä on kuitenkin haasteita. Menetelmää käytettäessä on varmistettava aina siitä, että köysi on vapaa kaikesta ylimääräisestä kosketuksesta, joka voi sekoittaa kommunikointia. Köyden jäädessä kiinni laivan tai laiturin rakenteisiin, signaalien läpi saanti voi olla mahdotonta ja pahimmassa tapauksessa vaatia sukeltajan hengen. Kuvassa 16. näkyy eri tilanteisiin tarkoitettuja köysimerkkejä ja niiden tarkoituksia. Merkkien antaminen voi toisinaan kestää muuta yhteydenpitoa kauemmin, vaikean tulkitsemisen johdosta (Ocean reef. 10/2010).

STANDARD LINE SIGNALS
<p>FROM TENDER TO DIVER</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 Pull <i>"Are You All Right?"</i> While moving one pull means <i>"Stop"</i> • 2 Pulls <i>"Going Down"</i> or <i>"Going Out"</i> While ascending or coming in toward shore 2 pulls mean <i>"You Have Moved Too Far, Go back Until I Stop You."</i> • 3 Pulls <i>"Stop and Stand by, Instructions To Follow"</i> • 4 Pulls <i>"Come Up"</i> • 2 Pulls pause 1 Pull <i>"I Understand"</i>
<p>FROM DIVER TO TENDER</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 Pull <i>"I Am All Right"</i> While moving means <i>"I'm Stopping"</i> or <i>"I'm On The Bottom"</i> • 2 Pulls <i>"Give Me Slack"</i> • 3 Pulls <i>"Take Up The Slack"</i> • 4 Pulls <i>"Coming Up"</i> • 2 Pulls pause 1 Pull <i>"I Understand"</i> • 1 Pull pause 2 Pulls <i>"I've Found The Object"</i>
<p>SEARCH SIGNALS</p> <ul style="list-style-type: none"> • 7 Pulls <i>"Go On (or Off) Search Signals"</i> • 1 Pull <i>"Stop"</i> or <i>"Stop and Search Where You Are"</i> • 2 Pulls <i>"Go"</i> • 3 Pulls <i>"Go Right"</i> • 4 Pulls <i>"Go Left"</i>
<p>EMERGENCY SIGNALS FROM DIVER</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 Pulls pause 2 Pulls pause 2 Pulls <i>"I Need Assistance"</i> • 3 Pulls pause 3 Pulls pause 3 Pulls <i>"I Am Fouled But Can Get Out"</i> • 4 Pulls pause 4 Pulls pause 4 Pulls <i>"Haul Me Up Immediately"</i>

Kuva 16. Kansainväliset köysimerkit (The Professional Diver's Handbook 2011).

Köysimerkkien läpi saaminen edellyttää, että sukeltaja tuntee signaalin köyden välityksellä, mikä varmistetaan sillä, että ennen merkin antamista vedetään köydestä kaikki löysä pois tiukasti ja tasaisesti, jolloin merkki saadaan sukeltajalle asti. Signaalin saatuaan sukeltaja kuittaa sen saaduksi toistamalla annetun merkin. Mikäli vastaanottaja jättää merkin toistamatta tai se todetaan vääräksi, lähetetään signaali uudestaan. Käsimerkkien ohella maailmalla on käytössä, myös muita köysimerkkejä joita käyttävät mm. The Royal Navy ja US Navy. Tästä syystä, sukeltajien täytyy varmistaa ennen veteen menemistä käytettävien merkkien määritelmät (Ocean reef. 10/2010; Bevan 2011).

4.5 Valomerkit

Valomerkeillä voi olla sama merkitys, kuin lipuillakin kansainvälisen International Code of Signals (ISC) mukaan, mutta ne lähetetään lampun valolla, käyttäen morsetus koodeja. Viestit voidaan lähettää tavallista puhekieltä käyttäen, mutta on olemassa valikoima valmiita signaaleja, joiden avulla voidaan säästää aikaa. Valomerkkejä käytetään yleensä hätätapauksissa, mutta myös muissa kiireellisissä ja tärkeissä tilanteissa (Ocean reef. 10/2010).

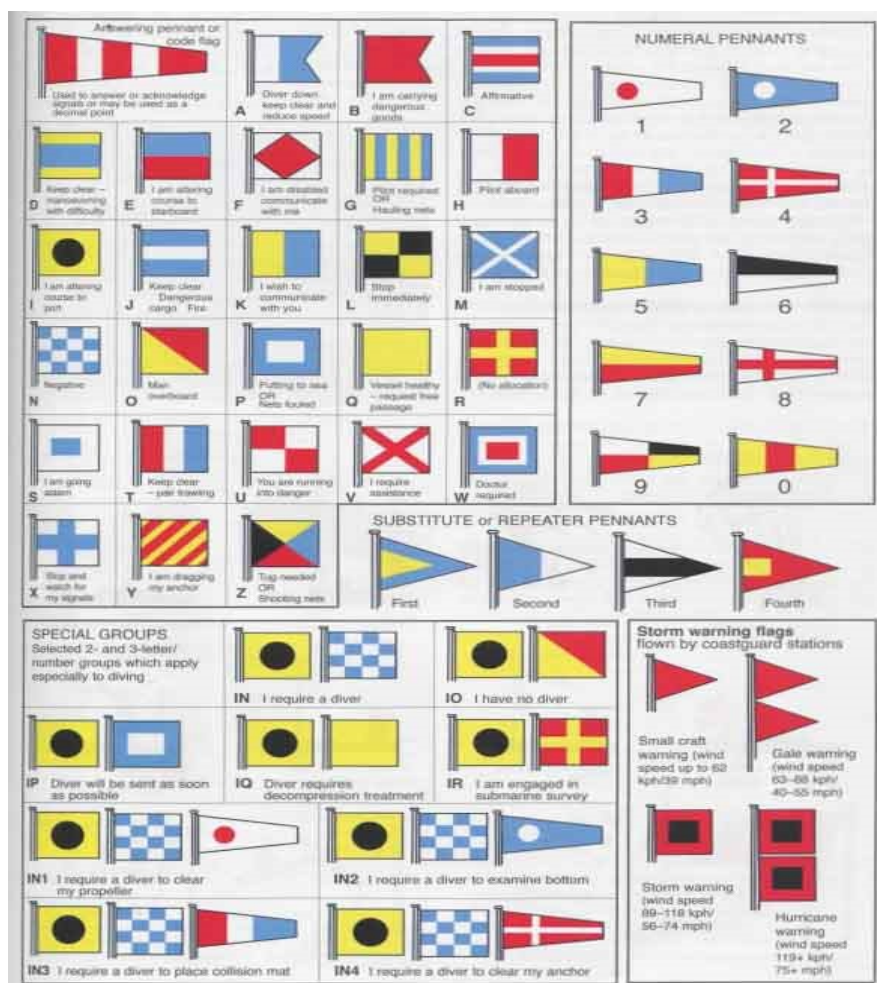
	Sign	Morse symbol	Meaning
Only used when sending Morse by light	AA AA AA repeat until answered	--- --- ---	Call up
	TTTTT repeat until answered	--- --- ---	Answering signal
	T	-	Word received
	AAA	.-. -. .-	Full stop or decimal point
	EEEEEEE	Erase
Used when sending Morse by light or other methods	DE	--- .	From
	RPT	.-. -. .-	Repeat signal
	AA	.-. -.	All after
	AB	--- -. . . .	All before
	WA	.-. -. .-	Word or group after
	WB	.-. -. . . .	Word or group before
	BN	---	Word or group between
	AR	.-. -. . . .	Message ends
	AS	.-. . . .	Waiting signal or period signal
	C	.-. -. .	Affirmative – YES
	R	.-. . . .	Received
	YT4	--- --- ---	I cannot read your morse signalling lamp
	YU	--- --- . . .	Am going to communicate by International Code

Kuva 17. Kansainväliset valomerkit (The Professional Diver's Handbook 2011).

Valomerkit ovat tehokas tapa saada huomiota ja signaalien tehokkuuden vuoksi, ne havaitaan pimeän lisäksi helposti, myös päivän valossa. Yleisesti käytetään kahden kirjaimen koodeja, mitkä näkyvät kuvassa 17. ISC koodi on käännetty yhteensä yhdeksälle eri kielelle (Ocean reef. 10/2010).

4.6 Lippumerkit

Lippumerkit ovat yleisesti käytössä laiva- ja rannikkoviranomaisilla, joiden tarkoitus on lähettää jatkuvaa viestiä muille päiväsaikaan. Kansainvälinen lippukoodi kattaa 26 aakkoslippua, 10 numeraalilippua ja 3 tai 4 vastauslippua (kuva 18.). Jokainen aakkoslippu vastaa yhtä aakkosten kirjainta ja suurimmalla osalla lipuista on myös muu tietty tarkoitus (Ocean reef. 10/2010; Bevan 2011).



Kuva 18. Kansainväliset lippumerkit (The Professional Diver's Handbook 2011).

Vaikka sukeltajien ollessa paikalla, lippuja käytetään niin sukeltajien, kuin laivan puolelta, ei se itsessään vielä takaa turvaa veden alla oleville henkilöille. Samoilla vesialueilla liikkuu yleensä paljon veneilijöitä, joilla ei ole minikäänlaista käsitystä lippujen todellisesta merkityksestä. Tämän vuoksi sukellusvalvojan tehtävä pinnalla, on myös tarkkailla ympäristöä mahdollisten vaaratekijöiden osalta, jotta sukeltajille pystytään varmistamaan mahdollisimman turvallinen työympäristö (Ocean reef. 10/2010).

4.7 Morseakkokset

Vaikka morseaakkokset ovat nykyään harvoin käytössä sukeltajia koulutettaessa, ovat ne yhä osa opetussuunnitelmaa. Koska kyseistä tyyliä käytetään lyhyen ja tarkan viestin kirjoittamiseen nopeasti, joskus pitkienkin välimatkojen päähän, vaatii morsetus teknisesti kaksi erittäin taitavaa henkilöä, lähettäjän ja vastaanottajan. Kuva 19. esittää aakkosten ja numeroiden osalta käytössä olevia morsetuskoodeja. Kuvasta näkyy, kuinka pienet erot kirjainten välillä ovat ja tämän vuoksi, on helppo ymmärtää sekaannuksen mahdollisuus, mikäli viestinvälitys tyyliä ei täysin hallitse (Ocean reef. 10/2010).

ALPHABET			NUMERALS
A -	J ----	S	1 ----
B -	K - -	T -	2 - - -
C - -	L -	U -	3 - -
D -	M - -	V -	4 -
E	N -	W - -	5
F -	O ----	X - - -	6 -
G - -	P - -	Y - - -	7 - -
H .	Q - - -	Z - -	8 - - -
I	R - .		9 - - - -
			0 - - - - -

Kuva 19. Kansainväliset morseaakkokset (The Professional Diver's Handbook 2011).

Morseakkosten käyttö sukelluksessa, on hieman vanhahtava tapa ja sen vuoksi, käyttö ajan saatossa on vähentynyt merkittävästi. Koulutuksessa morsekieltä ei enää opeteta, joten taito on hallussa lähinnä enää vanhemmilla sukeltajilla, joita toki riittää vielä runsaasti. DG-Diving Groupilla yli 50 -vuotiaita sukeltajia on noin 30 % (Haarakangas 2017; Ocean reef. 10/2010).

5 SUKELTAJIEN HSE (HEALTH AND SAFETY)

Ammattisukellusta pidetään erittäin vaarallisena ammattina. Etenkin laiva-sukeltajien työssä, vaaratekijöitä on lukematon määrä ja keskittyminen on oltava parhaimmillaan aina veden alle mentäessä. Vaikka laivalle saavuttaessa, sukeltajat täyttävät laivan vahtipäällikön kanssa tarkastuslistan ennen töiden aloittamista, on inhimillisten erehdysten mahdollisuus aina olemassa.

Ammattisukeltajat harjoittelevat säännöllisesti uransa aikana hätätilanteiden varalta, eikä suotta, sillä hengenvaara on aina olemassa veteen mentäessä. Sukeltajat ovat täysin riippuvaisia hengityslaitteistaan, joiden avulla sukeltaminen on mahdollista, sekä pinnalla olevien henkilöiden valppaudesta ja ammattitaidosta hätätapauksessa. Veden alla suoritetaan paljon samanlaisia korjaus ja huoltotöitä kuin pinnallakin, mutta niiden riski kasvaa aina syvemmälle mentäessä. Vaikka nostot ja työkalujen käyttö ovat monelle itsestäänselvyys pinnalla, luo vesi huomattavasti hankalamman ympäristön. Harkintaa käyttämällä, huolellisella suunnittelulla, varusteiden huollolla ja jatkuvalla harjoittelulla, pystytään kuitenkin takaamaan sukeltajille parhaat mahdolliset edellytykset töiden moitteettomaan suoritukseen, sekä turvallisuuden maksimointiin (Haarakangas 2017).

5.1 Sukeltajantauti

Dekompressiotauti, tai vanhalta nimeltään ”sukeltajantauti”, on toiseksi yleisin sairastumisen syy sukeltajien keskuudessa. Paineilmalaitteita käytettäessä, sukeltaja hengittää pullosta paineilmaa, minkä yhteydessä typen määrä verenkierrrossa kasvaa. Merenpinnan tasolla noin 79 % hengittämästämme ilmasta on typpeä, joten typpi verenkierrrossa ei itsessään aiheuta ongelmia tai sairastumista. Sukellettaessa veden pinnan alle, paine sukeltajan kehon ympärillä kasvaa asteittain, mitä syvemmälle laskeudutaan. Paineen nousun seurauksena, keho alkaa siirtää typpeä verenkierrosta pintakudoksiin, kunnes paine kehon ja ympäristön välillä tasaantuu. Tämä on kehon normaalia toiminta, eikä aiheuta ongelmia sukellettaessa (Thalman 2004).

Ongelmia alkaa syntyä siinä vaiheessa, kun typpi täytyy vapauttaa verenkierrosta. Typpikaasujen poisto kehosta täytyy tehdä hitaasti, jotta veren kiehumalta vältytään. Pintaan noustessaan sukeltaja nousee pintaa kohti, pysähtyen välillä tasaamaan painetta, jotta typpi poistuu verenkierrosta hitaasti. Nopeasti noustessa, typpi alkaa paisua pintakudoksissa muodostaen kuplia verenkiertoon, mitkä tukkivat suonet tai kulkeutuvat sydämeen, josta seurauksena voi olla kuolema (Thalman 2004).

Dekompressiotauti voi olla vaikea havaita, sillä tautiin viittaavat oireet saattavat ilmestyä vasta 36 tuntia sukelluksen jälkeen. Tämän vuoksi sukeltajien elintoiminnot testataan välittömästi vedestä noustessa, jolloin mahdollisesti sairastunut henkilö voidaan pelastaa esimerkiksi painekammion avulla. Painekammion avulla, sairastuneen sukeltajan ympärillä olevaa painetta pystytään nostamaan, millä simuloidaan sukellus tilannetta veden pinnan alapuolella. Kammiota painetta lasketaan asteittain kohti normaalia ilmanpainetta, minkä jälkeen typpi on saatu poistettua kehosta normaalilla tahdilla, ilman kuplien syntymää (Thalman 2004).

Fig. 3 Symptoms of decompression illness				
Symptom	Type	Common and/or Technical name	Urgency	Action
Discomfort or slight pain in a limb.	I	Niggle	Vigilance.	Observe. Possibly recompress.
Rash. Itching.	I	Skin bend. Pruritis. Mild decompression sickness.	Vigilance.	Observe. Possibly recompress.
Deep pain in joint.	I	Bend. Hit. Decompression sickness.	Urgent.	Recompress.
Localised soft swelling.	I	Oedema. Lymphatic bend.	Vigilance.	May need recompression.
Swelling in neck with crackling under the skin.	I	Interstitial emphysema. Surgical emphysema.	Non urgent.	Observe. Do <i>not</i> recompress.
Pins and needles. 'Woolliness' of feet.	II	Bend. Spinal bend. Serious decompression sickness.	Very urgent.	Recompress. Consult nearest diving doctor.
Excessive tiredness. General 'unwellness'	II	Bend. Decompression sickness.	Very urgent.	Probably recompress. Consult nearest diving doctor.
Unconsciousness. Headache. Difficulty with vision or speech.	II	Bend. Cerebral bend. Serious decompression sickness. Air embolism.	Extremely urgent.	Recompress. Send for nearest diving doctor.
Unsteadiness. Dizziness. Nausea. Vomiting.	II	Staggers. Cerebral bend. Vestibular bend/hit. Vertigo. Serious decompression sickness.	Extremely urgent.	Recompress. Send for nearest diving doctor.
Pain in the chest. Difficulty breathing. Shortness of breath. Coughing; Blue colour.	II	Pneumothorax. Chokes.	Extremely urgent.	Give oxygen. Recompress for chokes only. Send for nearest diving doctor

Kuva 21. Dekompressiotaudin tyyppien 1. ja 2. oireet (The Professional Diver's Handbook 2011).

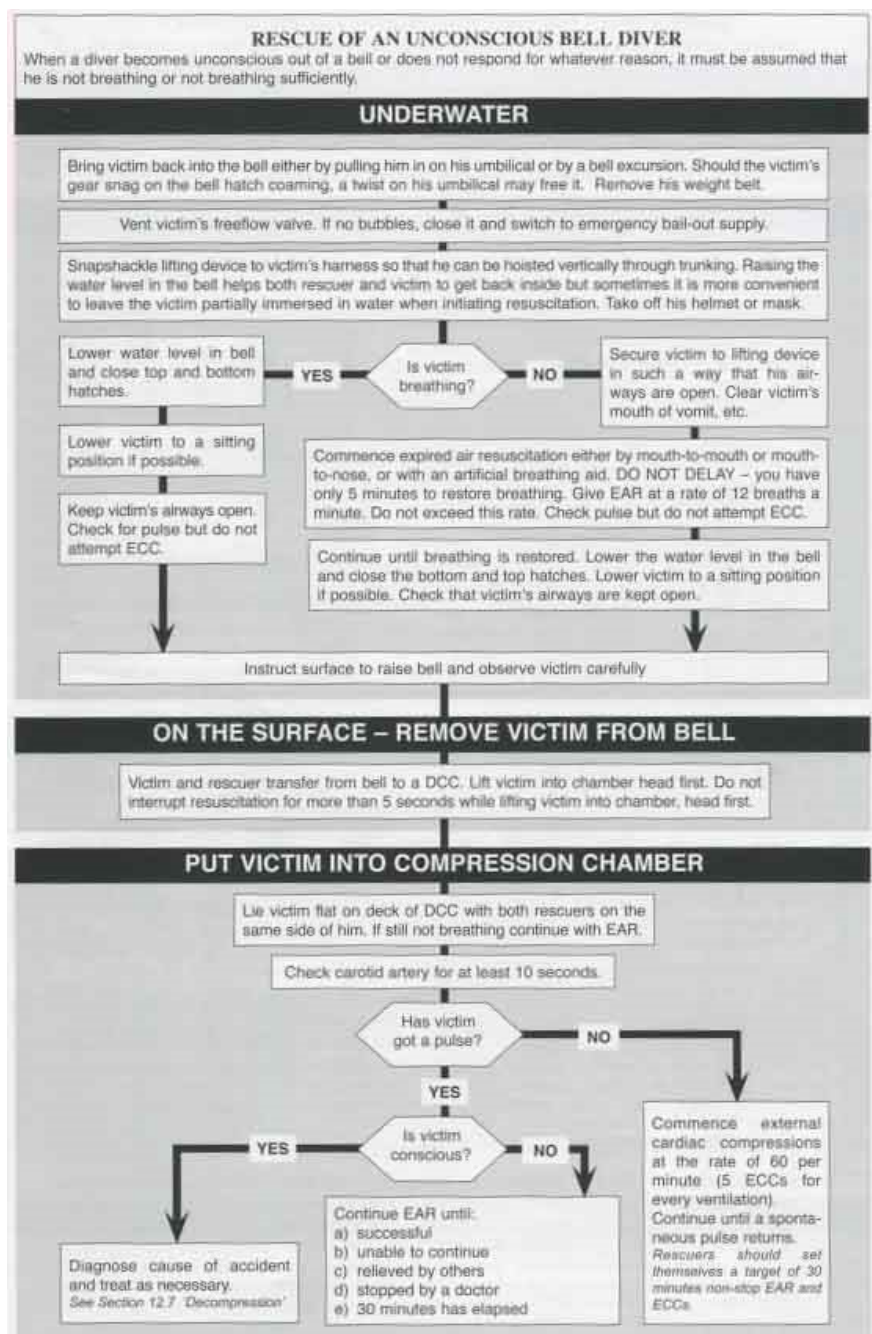
Dekompressiotautia on olemassa kahta tyyppiä. Sukellussyvyydestä ja tarkoituksesta huolimatta, jos jokin yllä olevista oireista (kuva 21.) ilmenee sukeltajalla pinnalle noustessa, on tilanne käsiteltävä aina hengenvaarallisena ja hoitotoimenpiteet on aloitettava välittömästi. Normaalisti oireita alkaa näkyä kuu-den tunnin sisällä sukelluksesta, mutta kuten aikaisemmin mainittu, voi oireita ilmentyä vasta 36 tuntia pinnalle nousun jälkeen.

Tyyppin 1. Dekompressiotauti ilmenee yleensä lihaskipujen ja ihottuman yhdistelmänä, joita kuvataan lievempänä sairastumisena. Tyyppin 2. Dekompressio-tauti puolestaan on vakava ja hengenvaarallinen, mihin usein liittyy joko keskushermoston ongelmat tai keuhkojen vajaatoiminta, kuten ilmarinta. Tämän kaltaisia oireita seuraa korvan kuulo- ja tasapaino-ongelmat, sydämen rytmihäiriöt tai puhjennut keuhko (pulmonary barotrauma), jotka voivat ilmestyä nousun yhteydessä tai välittömästi pinnalle päästyä. Kuvassa 21. on esitelty tarkemmin tyyppin 1. ja 2. oireet, sekä toimintatapa havaitessa jokin näistä.

Suurin ongelma sukeltajien keskuudessa on näkyvien, tyypin 1, oireiden vähättely ja huomiotta jättäminen, joista voi myöhemmin koitua vakavia ongelmia. Tämän vuoksi, väärin diagnosoitu sukeltaja on yleinen ongelma ja syy syntyviin sukellusonnettomuuksiin. Dekompressiotaudin tai kaasuembolian oireiden vähättelyn minimoimiseksi, sukellustauteihin perehtyneen lääkärin tulisi tehdä noin 30min kestävä neurologinen testi sukeltajalle välittömästi pinnalle noustessa. Sukelluslääkärin läsnäolo jokaisen sukelluksen yhteydessä on kuitenkin mahdotonta järjestää, minkä vuoksi sukelluksen valvoja teetättää neljän minuutin pikatestin sukeltajan ylös noustessa. Pikatesti on kehitetty ammattilaisten keskuudessa ja se on maailmanlaajuisesti käytössä, eikä kokeen tekeminen vaadi lääkintäalan koulutusta. Mikäli neurologisia oireita havaitaan, voidaan sukelluslääkəriin olla yhteydessä, joka kertoo tarvittavista jatkotoimenpiteistä. Testin pohjalta sukelluslääkəri pystyy tekemään nopean ja tarkan arvion, vaikka hän ei itse testattavaa henkilöä näkisikään (Thalman 2004).

5.2 Taudin hoito

Paras ja tehokkain tapa hoitaa dekompressiotautia on painekammion avulla, mutta aina kuitenkin painekammiota ei ole saatavilla. Mikäli epäillään, että sukeltaja on saanut dekompressiotaudin, aloitetaan hoito välittömästi lisähapen avulla ja henkilö asetetaan Trendelenburg asentoon, jossa hänet on kuljettava sairaalaan asti. Tämän jälkeen henkilö on saatava mahdollisimman nopeasti painekammioon, jotta typen kuplinta saadaan rauhoittumaan ja sukeltajan tila vakaaksi (Thalman 2004).



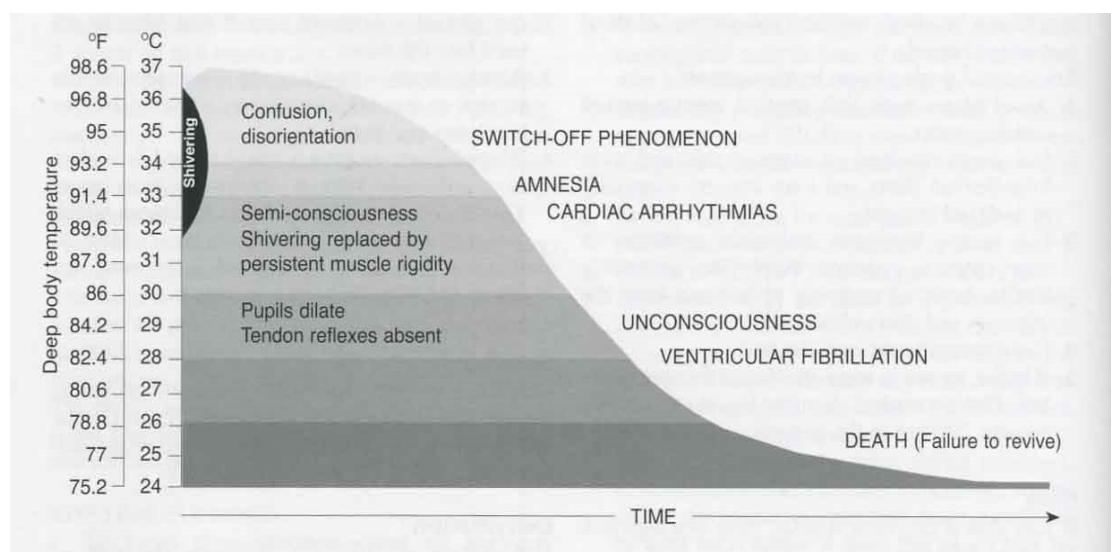
Kuva 22. Tajuttoman sukeltajan pelastaminen (The Professional Diver's Handbook 2011.).

Ambulanssiin saatuaan, sairastuneen henkilön kanssa on aina oltava yksi sukeltaja, yleensä sukelluksen valvoja, joka pystyy kuvaamaan mahdollisimman tarkasti tapahtumien kulun. Mikäli sukelluslääkäri on paikalla tapaturman satuessa, myös hän lähtee valvojan mukana sairaalaan. Sukelluksen valvojan tehtävä tässä kohtaa, on laatia mahdollisimman tarkka kirjallinen raportti, josta selviää, kuinka syvällä sukeltaja on käynyt ja kuinka kauan aikaa syvimmässä kohdassa on vietetty. Raportin pohjalta pystytään määrittämään tarvittavan lisähapen, sekä painekammiossa käytettävän paineen määrä (Thalman 2004).

5.3 Muita sukellustauteja

Sukeltajantaudin lisäksi on olemassa paljon muitakin vakavia, ja pahimmassa tapauksessa, jopa kuolemaan johtavia tauteja. Sukeltajien on erittäin tärkeä pitää itsestään huolta, minkä myötä he voivat ehkäistä, tai ainakin pienentää todennäköisyyttä joidenkin sairauksien saamiseksi. Sukeltajantaudin lisäksi, muita yleisiä terveyttä vaarantavia uhkia ovat hypotermia, hypertermia, pulmonary barotrauma, eli puhjennut keuhko, High pressure nervous syndrome, eli korkean paineen aiheuttama hermostosyndrooma, hypoxia ja anoxia, eli happivajaus ja –kato (Bevan 2011).

Hypotermia on tila, jossa ihmiskehon syvin lämpötila laskee epätavallisen alhaiseksi. Sukeltajilla hypotermia yhdistetään yleensä kylmään veteen, mutta sukeltaja voi saada hypotermia kohtauksen myös hengittäessään kylmää hapen ja heliumin seosta, helioxia, vaikka kehon pinnallinen lämpötila olisikin normaali. Kehon lämpötilan laskiessa alle 37 asteen, elimistö yrittää estää kylmenemisen etenemisen ja alkaa tuottamaan enemmän lämpöä, jotta normaalitila kehossa palautuisi. Ruumiin lämpötilan laskiessa alle 10 asteeseen, joka on mahdollista esimerkiksi pitkän aikaa kylmässä vedessä olevalle sukeltajalle, veren punasolujen liike suonissa pysähtyy, mikä voi aiheuttaa mm. sydämen pysähtymisen (Bevan 2011).



Kuva 23. Akuutin hypotermian oireiden ja merkkien kehittyminen aikaan verrattuna (Bevan 2011).

Heliox-kaasu on hyvä lämmön sitoja. Kaasun lämpökerroin on happeen verrattuna kuusinkertainen ja aineena melko tiivistä. Esimerkiksi syvänmerensukeltajat, menettävät lämpöä kehon pinnalta ja myös hengitettäessä, joten lämpöä sitovaa kaasua on parempi käyttää, koska sitä voidaan lämmittää ennen sukellusta (Bevan 2011).

Hypertermia tunnetaan myös nimellä liikalämpöisyys. Hypertermia iskee, kun keho ei pysty luovuttamaan tuottamaansa lämpöä, tai kun keho on pakotettu vastaanottamaan lisää lämpöä ympäristöstä. Ruumiin lämpötilan nouseminen kaksi astetta normaalia 37 astetta korkeammalle on jo vakavaa ja mikäli lämpö saavuttaa 41 asteen rajan, on kehon lämpötila saatava tippumaan välittömästi, tai muuten seurauksena on pysyvä aivovaurio tai kuolema (Bevan 2011).

Ihmiskeholle hypertermia on vaarallisempi tila, kun hypotermia, sillä elimistömme toimii paremmin lämmittimenä, kuin jäähdyttimenä. Hypertermian seuraukset voivat olla peruuttamattomat, kun taas ruumis toipuu helpommin hypotermian seurauksena saaduista, ruumiin alhaisesta lämpötilasta johtuvista komplikaatioista.

Kuumassa, kosteassa ilmastossa ja etenkin, kun kompressorin happisäiliötä pidetään kannella, auringon tuottama lämpö yhdistettynä paineistuksessa tuotettuun lämpöön, voi johtaa erittäin korkeisiin lämpötiloihin happisäiliön sisällä. Heliox sitoo kuusi kertaa enemmän lämpöä itseensä, kuin happi- ja kosteuspiitoisuudet säiliössä ovat korkeat, yli 85 %, ei sukeltaja menetä lämpöä ollenkaan hikoillessa. Tässä tapauksessa sukeltaja varastoi lämpöä itseensä haihduttamatta sitä ollenkaan ja seurauksena on hypertermia. Ylipainosta kärsiville, riski on entistä suurempi, siksi sukeltajille on ehdottoman tärkeätä pitää kehostaan ja kunnostaan hyvää huolta. Merkkejä hypertermiasta ovat mm. kehon lämpötilan nousu, iho on kuiva ja kuuma, heikkous tai pyörtyminen, kouristukset, todella nopea, mutta heikko pulssi ja hengitysvaikeudet (Bevan 2011).

Pulmonary barotrauma eli puhjennut keuhko on seurasta liian suuresta paine-erosta keuhkon ja sen ympäristön välillä. Paine-eron seurauksena, keuhkoku-

dokset alkavat revetä ja lopulta keuhko puhkeaa. Sukeltajilla, keuhkon puhkeaminen tapahtuu tilanteessa, jossa henkilö nousee pintaan pidättäen hengitystä liian pitkän matkan. Riski on todellinen, mikäli sukeltaja hylkää sukelluksen aikana hengityslaitteensa ja jatkaa pintaan hengitystä pidättäen. Keuhko voi puhjeta myös tilanteessa, jossa sukeltaja pidättää hengitystä käyttäessään sukelluskaasua hapen sijasta. Sisään hengitettäessä kaasu keuhkoissa laajenee ja tuhoaa keuhkokudosta, jolloin kaasua pääsee verenkiertoon ja sitä kautta sydämeen. Tätä kutsutaan Ilmaemboliaksi (Bevan 2011).

Fig.1 Diagnosis of decompression sickness (DCS) and pulmonary barotrauma

Summary of probable meaning of various presentations. Note: any abnormality that occurs after a dive should be treated as DCS unless proved otherwise.

SYMPTOMS and SIGNS	Decompression Sickness				Pulmonary Barotrauma		
	Mild (Type I)		Serious (Type II)		Arterial gas embolism	Pneumothorax	Mediastinal emphysema
	Skin	Pain-only	CNS	Chokes			
Pain back							
neck							
chest							
stomach							
arms/legs							
shoulders							
hips							
Coughing/pain on breathing							
Unconsciousness							
Shock							
Vertigo							
Visual difficulty							
Nausea/vomiting							
Speech difficulty							
Hearing difficulty							
Lack of balance							
Numbness							
Weakness							
Swollen neck							
Shortness of breath							
Cyanosis							
Skin changes							
'Cellophane' crackling under skin							
Bloody, frothy sputum							
Paralysis							
Irregular pulse							

Kuva 24. Decompressiotaudin ja pulmonary barotrauman diagnosointi (The Professional Diver's Handbook 2011).

Ilmaemboliassa, kaasu tunkeutuu tuhoutuneen kudoksen läpi keuhkoverisuoniin ja sieltä verenkiertoon. Kaasukuplien edetessä aivoverenkiertoon, estävät nämä hapen pääsyn aivoihin ja aiheuttavat aivovamman. Joissain tapauk-

sisä, kuplat aiheuttavat yhtäkkisen kouristuksen, minkä seurauksena hengitys pysähtyy aivoilta saadun signaalin seurauksena. Kaasumyrkytys on yleisin sukeltajien kuolemaan johtava tauti. Ilman ammattilaisen avustusta, voidaan sairaus sekoittaa oireiden perusteella helposti ”sukeltajantautiin” (decompression sickness) (Bevan 2011).

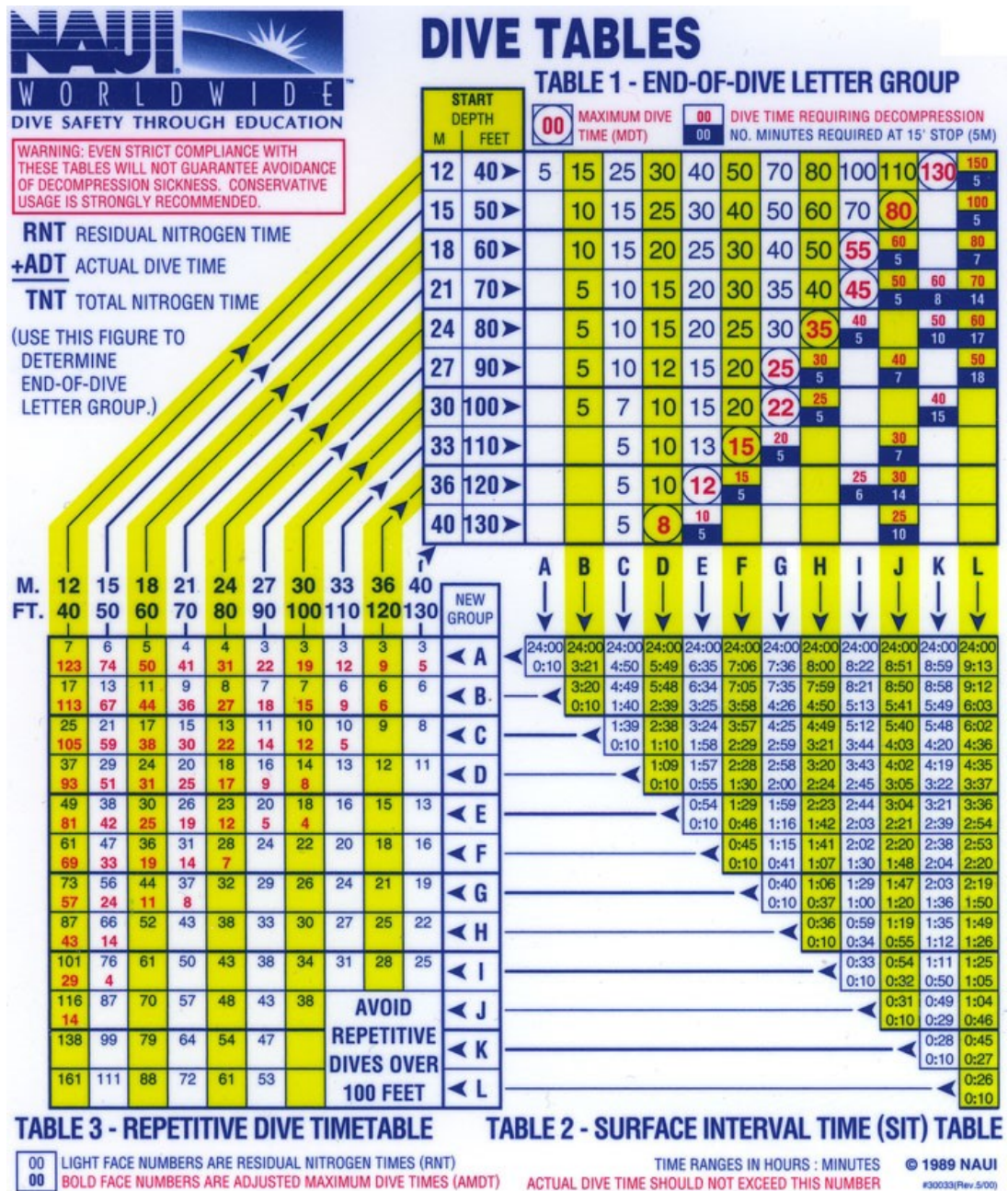
Korkean paineen aiheuttama hermosyndrooma, HPNS on tauti, joka saadaan, kun sukellaan yli 200 m. syvyydessä, hengittäen heliumin ja hapen sekoitusta. Taudin syntymisestä eivät asiantuntijat ole täysin yhtä mieltä, mutta suurin osa uskoo sairastumisen johtuvan korkeasta paineesta, ei hengitettävästä kaasusta. HPNS on suurin rajoittava tekijä erittäin syvissä sukelluksissa. Suurin saavutettu syvyys 670m (Bevan 2011).

Merkkejä HPNS:sta, ovat ensimmäisenä käsien tärinä. Tutkimukset ovat osoittaneet, että jos sairaus huomataan tärinä vaiheessa, sitä voidaan hoitaa paineen alentamiseen tarkoitetulla laitteistolla, kuten paineenalennuskammiossa. Tärinää seuraa kouristukset, koomatila ja kuolema. Mikäli tauti etenee kouristuksiin asti, edes välitön kehon paineen alentaminen ei välttämättä enää auta, vaan seurauksena on kuolema. Muita merkkejä taudin saamisesta, ovat raajojen jäykät liikkeet, huimaus, pahoinvointi, tietoisuustason aleneminen, taipumus uneliaisuuteen, sekä aivotoiminnan heikkeneminen (Bevan 2011).

HPNS pystytään välttämään oikeita sukellusproseduureja ja ohjeita noudattaen. Sairastumisen välttämiseksi, lasketaan nousunopeus, johon vaikuttavat fyysinen kunto, paino, hengitettävä kaasu ja aloitus syvyys. Taudin saantia pystytään myös välttämään, jos hengitettävän kaasun sekaan laitetaan pieninä annoksina typpeä (Bevan 2011).

Kaikkien sukellussairauksien välttämiseksi, pintaan nousun ajoittaminen on yksi tärkeimmistä asioista. Syvyydestä ja käytettävästä hengityskaasusta riippuen, noustava metrimäärä aikaan nähden vaihtelee merkittävästi, mutta niiden suhde on erittäin tärkeä tietää jo ennen veteen menemistä. Sukeltajat käyttävät matemaattista taulukkoa apuna, joista nähdään suoraan, kuinka kauan esimerkiksi 200 m. pintaan nouseminen kestää ja missä kohtaa nousua, täytyy pysähtyä paineen tasaamiseksi ja kuinka kauna tähän täytyy käyt-

tää aikaa. Koska pintaan nousussa ei voida kiirehtiä, on erityisen tärkeää jättää nousemiselle tarpeeksi aikaa. Hyvänä nyrkkisääntönä sukeltajat ovat käyttäneet "ei yli 50"-sääntöä, minkä mukaan sukellusaika, sekä syvyys, eivät saa ylittää lukua 50, eli 30 m – 20 min, 20 m 30 min jne. Ammattilaisten keskuudessa tätä sääntöä ei kuitenkaan ole varaa käyttää, vaan laskennat suoritetaan tarkasti ennen sukellusta ja tähän käytetään asiaan kuuluvaa sukellustaulukkoa (Dive Tables Explained; PADI Americas 2006).



Kuva 25. Sukeltajan taulukko (Dive Tables Explained).

Kuvassa 25. on taulukko, jota sukeltajat käyttävät maailmanlaajuisesti. Taulukotyllejä on erilaisia riippuen siitä, onko kyseessä harrastesukeltaja, ammattisukeltaja vai taistelusukeltaja, mutta taulukko on pätevä kaikissa näissä

kolmessa. Kuvassa on kolme eri taulukkoa, joista ensimmäisenä sukeltaja katsoo taulukkoa "Table 1. End Of Dive Letter Group". Otetaan esimerkki: Tankkeri on rannikolla ankkurissa, koska on saanut pohjakosketuksen ja se täytyy korjata ennen liikkeelle lähtöä. Sukeltajat tilataan paikalle ja heille ilmoitetaan pienen vaurion olevan kölin pohjassa 18 m. syvyydessä. Tällä tiedolla sukeltaja katsoo taulukkoa yksi ja kohtaa "start depth", joka on tässä tapauksessa 18 metriä. Siirryttäessä sarakkeessa oikeaan laitaan, tarkistetaan sukelluksen maksimikesto. Aika, 18 metrin syvyydessä, ilman dekompressiopysähdyksiä, on 55 min. Huomioitavaa on kuitenkin, että turvallisuussyistä, ei koskaan ole järkevää sukeltaa täyttä aikaa. Sukeltaja viipyy ensimmäisellä sukelluksellaan 35min, jolloin siirytään 40min kohdalta kohtisuoran alas taulukkoon 2. Surface Interval Time Table, jossa päädytään kirjainluokkaan "G". Luokasta "G" löytyy eri lokeroita, joissa on kaksi lukemaa, ylempi aika kuvastaa pinnalla oloa aikaa edellisen sukelluksen päättymisestä siihen asti, kun seuraava sukellus alkaa ja alempi lukema kertoo sukelluksen maksimikesto, suhteutettuna pinnalla oloa aikaan.

Sukellusajat määrittyvät kehossa olevien typpioksidien määrän mukaan, eli mitä kauemmin sukellus on kestänyt, sitä enemmän typpeä kehosta löytyy ja mitä enemmän typpeä kehossa on jäljellä, sitä lyhyempi on seuraava sukellus. Seuraavaksi sukeltaja on ollut pinnalla 2 tuntia edellisen sukelluksen päättymisestä. Sarakkeesta "G" siirytään alaspäin kohtaan, jossa lukee ajaksi 2 tuntia ja tästä siirytään vasemmalle taulukkoon 3. Repetitive Dive Timetable. Päädytään sarakkeeseen "E" ja koska työ jatkuu samassa syvyydessä kuin aieminkin, siirytään kohtaan 18 metriä. Nämä kaksi kohtaavat ruudussa, jossa on kaksi eri aikaa. Ylempi aika kuvastaa seuraavan sukelluksen maksimipituutta siinä syvyydessä ja alempi lukema kuvastaa, kuinka paljon lyhyempi ajallisesti sukellus on normaaliin verrattuna. Lyhyempi sukellusaika johtuu typenoksideista kehossa. Toisen sukelluksen päättymisestä päädytään takaisin taulukkoon 1. josta syvyys ja aika määritetään jälleen uudestaan (Dive Tables Explained; PADI Americas 2006).

6 YHTEENVETO

Ammattisukellus on jatkuvassa kehityksessä. Tekniikat ja työvälineet parantuvat sitä mukaan, kun kilpailu ja kysyntä maailmalla kasvaa. Viimeisten kymmenen vuoden aikana, sukellustekniikka on ottanut aimo harppauksen eteenpäin. Entistä enemmän kehitetään laitteita, jotka eivät ainoastaan ole tehokkaita, vaan myös kooltaan pienempiä ja joiden käyttö on edullisempaa aiempaa verrattuna.

Ammattisukeltajia on Suomessa vähän, minkä vuoksi kilpailu on entistä tiukempaa, josta johtuen kustannusten leikkaaminen ja ajan säästäminen ovat varustamoille entistä suurempi tekijä. Laivat on tehty liikkumaan ja kun satama-ajat ovat lyhentyneet, on työn oltava tehokasta. Tehokkuuden lisäksi varustamoiden on punnittava vaihtoehtoja, aiotaanko mahdolliset korjaustyöt suorittaa kuivatelakan aikana, vai voitaisiinko ne suorittaa vedessä ollessa. Tekniikan kehittymisen johdosta, työt kestävät lyhyemmän aikaa ja kivatelakointi ei isossa osassa töistä ole enää välttämätöntä, mikä edesauttaa laivan aikataulussa pysymistä ja rahaa säästyä entisestään.

2010 vuoden jälkeen, polttoainepesureiden määrä merenkulussa on lisääntynyt räjähdysmäisesti, tiukentuneiden ympäristömääräysten suhteen. Tulevaisuudessa on turha odottaa määräysten ainakaan vähenevän ja tämän johdosta, myös laivan pohjatöihin on kiinnitettävä entistä enemmän huomiota myös ympäristön suojelemisen kannalta. Suomessa pohjan puhdistuksesta tulevat jätteet saadaan vielä toistaiseksi laskea mereen, mutta lakialoite tästä on jo vireillä ja astunee voimaan lähitulevaisuudessa. Tämän seurauksena sukellusyritysten täytyy kehittää laitteistoaan entistä enemmän, kuten DG-Diving on pohjanpuhdistuslaitteen kanssa jo tehnyt. Vaikka laitteet kehittyvät, on muistettava, että kustannuksissa on turha säästää, mikäli turvallisuus ei ole prioriteetti numero yksi, joka näin vaarallisessa ammatissa on aina oltava tärkein tekijä.

LÄHTEET

Ammattisukeltajan ammattitutkinto. Luksia, Länsi-Uudenmaan koulutuskunta-yhtymä. Luksian internetsivut. 2017. Saatavissa: <https://www.luksia.fi/koulutustarjonta/koulutusalat/tekniikan-ja-liikenteen-ala/tutkinnot/ammattisukeltajan-ammattitutkinto> [viitattu 12.8.2017].

Bevan, J. 2011. The Professional Diver's Handbook. Third edition. Hampshire: Submex Limited.

Commercial diving services. Underwater photos. 2013. Saatavissa: <http://www.commercialdiving.com.au/commercial-diving-photo-underwater.html> [viitattu 12.8.2017].

Dive Tables Explained. NAUI and PADI. Saatavissa: http://www.scubadiver-info.com/2_divetables.html [viitattu 3.8.2017].

Diving industry strategy 2015 to 2018. Health & safety executive. 2015. Saatavissa: <http://www.hse.gov.uk/diving/divingstrategy-2015-18.pdf> [viitattu 6.5.2017].

Diving at Work Regulations 1997 List of Approved Diving Qualifications. Health & safety executive. 2017. Saatavissa: <http://www.hse.gov.uk/diving/qualifications/approved-list.pdf> [viitattu 4.5.2017].

Haarakangas, M. 01.08.2017. DG-Diving Group. Haastattelu.

HSE commercial Air Diving. 2010. Course Notes. The Underwater centre. Scotland.

Hydrex, underwater technology. Underwater shaft seal repairs around the globe in record time. 2017. Saatavissa: <http://www.hydrex.be/case-story/250> [viitattu 27.5.2017].

Knut, M. 2016. Laivan pohja puhtaaksi. Saatavissa: <http://tallinksilja-fi.clubonesocial.com/laivalla/pohja-puhtaaksi> [viitattu 10.8.2017].

Marine insight. Guidelines. What is Extended Dry-Docking of Ships?. 2017. Saatavissa: <http://www.marineinsight.com/guidelines/what-is-extended-dry-docking-of-ships/> [viitattu 16.8.2017].

Nakasima. 2010. Propeller polishing for fuel saving. Saatavissa: <http://www.nakashima.co.jp/eng/service/polish.html> [viitattu 3.8.2017].

Ocean reef. 10/2010. Underwater communication, skills for a new of diving. Saatavissa: http://diving.oceanreefgroup.com/wp-content/uploads/2016/06/OCEANREEF_UNDERWATER_WEB_LOW.pdf [viitattu 3.5.2017].

Propeller surface roughness. Saatavissa: <http://smpropulsion.com/technical/pdfs/Propeller%20surface%20roughness%20NL.pdf> [viitattu 29.7.2017].

Recreational Dive Planner. Instructions for use. PADI Americas. 2006. Saatavissa: <http://elearning.padi.com/company0/tools/RDP%20Info-UseMet.pdf> [viitattu 12.6.2017].

Reid. Sacrificial anodes. 2013. Saatavissa: <http://word-press.mrreid.org/2013/06/03/sacrificial-anodes/> [viitattu 10.8.2017].

Ruohola, M. 25.07.2017. DG-Diving Group. Haastattelu.

Scientific Diver training in Finland. Suomen tutkimussukelluksen ohjausyhdistys. Suomen tutkimussukelluksen ohjausyhdistyksen internetsivut. Saatavissa: http://www.diving.eu/showpage-finland-diving_courses.html [viitattu 30.7.2017].

Seppänen, J. 26.07.2017. Luksia, Länsi-Uudenmaan koulutuskuntayhtymä. Haastattelu.

Sigurd. Underwater propeller polishing. 2015-2017. Saatavissa: <http://sigurdshipping.com/services/underwater-services-to-vessels/underwater-propeller-polishing/> [viitattu 27.5.2017].

Thalmann, E.D. 2004. Decompression Illness: What Is It and What Is The Treatment?. Alert Diver. Saatavissa: http://www.diversalertnetwork.org/medical/articles/Decompression_Illness_What_Is_It_and_What_Is_The_Treatment [viitattu 3.5.2017].

The Maritime Executive. Hydrex's Practical Guide to Industrial Underwater Ship Hull Cleaning. 2017. Saatavissa: <http://maritime-executive.com/article/hydrex-s-practical-guide-to-industrial-underwater-ship-hull-cleaning> [viitattu: 25.7.2017].

Underwater propeller polishing services. Psomakara. International diving services. Saatavissa: <https://psomakara.com/underwater-maintenance-services/underwater-propeller-polishing/> [viitattu 3.8.2017]

Wankhede, A. Marine insight. How Spark Erosion Can Damage the Main Propulsion Engine of a Ship?. 2017. Saatavissa: <http://www.marineinsight.com/tech/how-spark-erosion-can-damage-the-main-propulsion-engine-of-a-ship/> [viitattu 18.8.2017].

Fig. 1 Seaweeds

Seaweeds are present on most structures on sunlit surfaces less than 15m (50 ft) deep. Annual species such as the green ribbon-like and dull, feathery seaweeds (Fig. 1a) may grow up to 15cm (6 in) in length during the summer months. Perennial (living for more than 2 years) seaweeds, such as kelp (Fig. 1b) are slower to colonise but may grow to 50–150cm (1½–5 ft).

1a) *Ulva lactuca* (green); *Polysiphonia* (dull red)1b) Kelp: *Laminaria hyperborea*

Fig. 2 Mussels

Mussels grow most densely on the upper surfaces of horizontal members of the structures in the 0–20m (0–65 ft) depth range. Mussel shells on offshore structures are smooth, glossy, brown or black in contrast to the abraded blue-black shells of inshore mussels (Fig. 2a). In sunlit areas mussels themselves bear an overgrowth of filamentous red and green seaweeds up to 15cm (6 in) long like those in Fig. 2b. Fig. 2c shows a typical mussel bed about 4cm (1½ in) thick composed of mussels up to 5cm (2 in) long.

2a) Mussels: *Mytilus edulis*2b) with seaweeds: *Polysiphonia*; *Ectocarpus*2c) with kelp: *Laminaria digitata*

Fig. 3 Tubeworms

Fig. 3a shows a dense cover of solitary tubeworms forming a brittle, calcareous (chalky) layer 0.5–1.5cm (½ in) thick. The colonial tubeworms shown in Fig. 3b are often present at depths greater than 50m (165 ft). Individual tubes are only 0.5mm wide and 4–7mm long but colonies form dense cone-shaped growths. They form colonies up to 50cm (20 in) in diameter and 20cm (8 in) high. Another form is a thin, spreading, disc-shaped colony. Discs may be 10–40cm (4–15 in) in diameter. In Fig. 3c they have almost joined together to form a layer approximately 1cm (½ in) thick.

3a) Tubeworm: *Pomatoceros triqueter*3b) Colonial tubeworm: *Filograna implexa*3c) Colonial tubeworm: *Filograna implexa*

Fig. 4 Soft coral
Often found over the initial hard fouling layer of tubeworms or barnacles. These individuals are 3–12 cm (1–5 in) high and range in colour from white to pale yellow or deep orange.



Dead men's fingers: *Alcyonium digitatum*

Fig. 5 Anemones
Present on most structures, particularly deeper than 30m (100 ft) Fig. 5 shows a typical dense cluster of individuals 8–15cm (3–6 in) long. Colour ranges from palest yellow through orange to reddish brown.

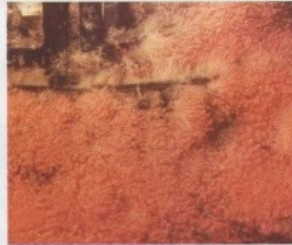


Plumose anemones: *Medridium senile*

Fig. 6 Hydroids
These plant-like, colonial organisms called hydroids are the principal members of the layer of soft growth found on most structures offshore. Many, like those in Fig. 6a are often confused with seaweed, but individuals such as those in Fig. 6b are more easily recognised by their large pink 'heads'. These varieties are typically 4–6cm (1½–2 in) long.



6a) Hydroids: *Bougainvillia Ramosa*



6b) Hydroids: *Tubularia larynx*

Fig. 7 Barnacles
Various species of barnacles are found at different depths. A typical cluster is shown below. These are 2–3cm (1 in) in diameter and 3–4cm (1½ in) long.

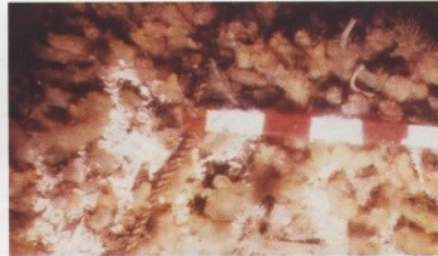


Deep water barnacle: *Balanus hameri*

Fig. 8 Sponges
Encrusting sponges may be recognised on some structures. Size and shape are variable. The surface pattern and holes of the breadcrumb sponge, shown below, are readily recognisable.



Fig. 9 Sea squirts
Sea squirts are abundant in regions free from silt. These individuals are 4–6 cm (1½–2 in) long growing over a background of solitary tubeworms.



DG-Diving Group Oy



Diving operation check list

Date: _____ Vessel / Installation: _____

Diving operation: _____

Visibility: _____ meters

Class / Representative: _____ / _____

	OK / NA	Comments:
1. Propeller shaft locked:	_____	_____
2. Rudder not to move:	_____	_____
3. Sea suction:	_____	_____
4. U/W electrical equipments:	_____	_____
5. Flag-A raised:	_____	_____
6. Signs on bridge and ECR:	_____	_____
7. Anchor secured, and not to be lowered:	_____	_____
8. Echo sounder transducer:	_____	_____
9. Radio in use and channels:	_____	_____
10. Announcement to VTS / port authority	_____	_____
11. _____:	_____	_____
12. _____:	_____	_____

Tel. No. to the tender: _____

Tel. No. to the ship or installation: _____

Representative of DG: _____

Representative of the customer:
(Start of the work) _____

DVD or other data handed over: _____

Representative of the customer:
(End of the work) _____

Car registration plate: _____



Itäinen Rantakatu 40A, FIN-20810
Turku, Finland

www.dg-divinggroup.com

Tel./Fax +358 2 2354795, Mob. +358 400 522 020, Y-Tunnus

Germanische

ESTIMATE CURVE OF PROPELLER EFFICIENCY DUE TO PROPELLER BLADE ROUGHNESS

