

Syyskutuisen silakan kutualueiden kartoitus ja seuranta Tahkoluodon merituulipuiston laajennushankkeen alueella Porissa 2020

Elli Leinikki
Jouni Leinikki



MARINE BIOLOGICAL AND LIMNOLOGICAL CONSULTANTS

Veneentekijäntie 4

FI-00210 Helsinki, Finland

Tel. +358 (0)45 679 0300

OTSIKKO: Syyskutuisen silakan kutualueiden kartoitus ja seuranta Tahkoluodon merituulipuiston laajennushankkeen alueella Porissa 2020

PÄIVÄMÄÄRÄ: 9.12.2020

TEKIJÄ(T): Elli Leinikki, Jouni Leinikki

JULKAISU: Alleco Oy raportti n:o 24/2020

JULKAISIJA: Alleco Oy, Veneentekijäntie 4, 00210 Helsinki, <http://www.alleco.fi>

VIITTAUSOHJE: Leinikki, E. ja Leinikki, J. 2020: Syyskutuisen silakan kutualueiden kartoitus ja seuranta Tahkoluodon merituulipuiston laajennushankkeen alueella Porissa 2020. Alleco Oy raportti n:o 24/2020. Alleco Oy 9.12.2020.

Kansikuva: Silakan mätimunia purppuraluulevällä © Alleco Oy 2020

Raportti sisältää Maanmittauslaitoksen kartta-aineistoa 12/2020

Tutkimusaineiston ja raportin käyttöoikeudet: Suomen Hyötytuuli Oy

Sisältö

Johdanto	4
Tutkimusalue ja menetelmät.....	4
Tulokset	8
Silakan kutu – syvyys ja veden lämpötila	9
ROV kutukartoituksessa	10
Kalastajahaastattelu	11
Tulosten tarkastelu.....	12
Kirjallisuus.....	13
Liite 1. Silakan mätimunien kehitysvaiheet Klinkhard & Biester 1984 mukaan	14
Liite 2: Havaintoaineisto	16

Johdanto

Suomen Hyötytuuli Oy suunnittelee Porin edustalla sijaitsevan merituulipuiston laajentamista merelle päin. Yhteysviranomaisen on velvoittanut yhtiön selvittävän mm. hankkeen vaikutukset silakan kutuun. Alueella on tutkittu silakan kutua mm. teollisuuspäästöjen vaikutuksiin liittyen (Leinikki & Oulasvirta 1994, Oulasvirta & Rissanen 1990). Alueella on kartoitettu silakan kutua aiemmin samana vuonna huhti-kesäkuun välisenä aikana (Leinikki 2020). Porin edustalla luotettavin tapa havaita silakan mätimunat on sukeltaa kutualueilla säännöllisin väliajoin, mutta sukeltamisen ohessa haluttiin kokeilla myös ROVin (remotely operated underwater vehicle, suom. kauko-ohjattu vedenalainen ajoneuvo) käyttöä. Tutkimuksessa käytettävä ROV (Gladius mini) ei kuitenkaan sovellu näytteiden keräämiseen, joten kudun kuolleisuutta ja tarkkaa määrää on mahdotonta arvioida tällä menetelmällä.

Kutuaikaan silakkaparvet vaeltavat rannikon läheisyydessä, jolloin niitä myös kalastetaan verkoilla, nuotalla ja rysillä. Silakoiden uskotaan palaavan kutemaan samoille alueille, joilla ovat aikanaan kuoriutuneet. Niinpä silakoiden kutupaikat säilyvät vuodesta toiseen samoina ja ovat yleensä tunnettuja apajia. Kutu alkaa veden saavutettua riittävän korkean lämpötilan, joka on erilainen eri alueilla. Kevään kartoituksissa kutua löydettiin, kun pohjan lämpötila oli noussut yli 8 asteeseen. Silakat laskevat mätimunansa yleensä levien päälle, mihin ne kiinnittyvät.

Selkämerellä silakan tiedetään kutevan keväällä, kesällä ja syksyllä. Ammattikalastajien mukaan ne eivät myöskään ole kutupaikkauskollisia samaan tapaan kuin Suomenlahdella tai Saaristomerellä. Vuoden ensimmäiset kudut tapahtuvat rannikon tuntumassa juuri jäiden lähdettyä. Ne jatkuvat kesällä heinäkuun loppuun saakka ja alkavat uudelleen syyskuussa. Myöhäisimmillään kalastajat ovat havainneet silakan kutua marraskuussa (Heikki Salokangas, suullinen tiedonanto).

Tässä työssä haluttiin selvittää, kuteeko silakka tuulipuiston laajennusalueen riutoilla syys-marraskuussa 2020. Työn tilasi Allecolta Juho Lappalainen / Suomen Hyötytuuli Oy 24.7.2020.

Tutkimusalue ja menetelmät

Tutkimuskohde sijaitsee Selkämerellä Porin edustalla. Havaintopisteet sijoitettiin Suomen Hyötytuuli Oy:n suunnitellulle merituulipuiston laajennusalueelle (kuva 1). Karttatarkastelun perusteella pyrittiin löytämään riuttakohteita vaihtelevilla syvyyksillä. Valituissa kohteissa syvyydet vaihtelivat 3,5 ja 16,5 metrin välillä.

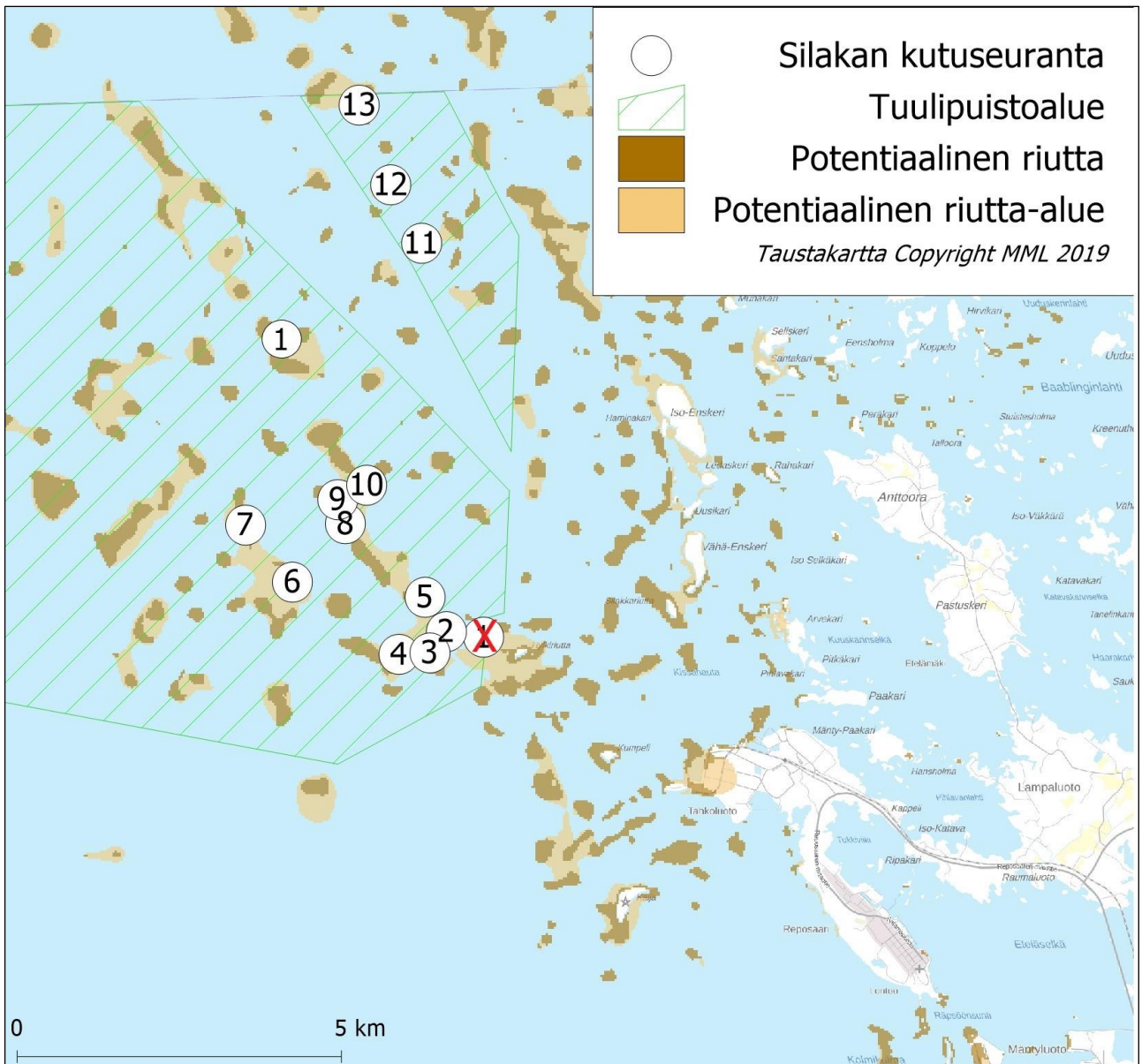
Taulukko 1. Seurantapisteiden koordinaatit (WGS 84)

Piste	Latitudi	Longitudi	Piste	Latitudi	Longitudi
1	61.684189	21.254431	8	61.662737	21.274844
2	61.649093	21.306751	9	61.666001	21.271966
3	61.646002	21.302552	10	61.668355	21.280014
4	61.645378	21.293659	11	61.702298	21.289649
5	61.653624	21.299706	12	61.709979	21.279306
6	61.654090	21.261002	13	61.720619	21.268034
7	61.661374	21.245861			

Seurattavia kohteita on yhteensä 13 kappaletta (kuva 1, taulukko 1). Pisteet olivat samat kuin kevään ja kesän kartoituksessa, lukuunottamatta pistettä 1, joka siirrettiin syvemmälle riutalle. Kartoituskertoja oli kaikkiaan 7 kpl. Ensimmäinen käynti tehtiin 15.9. ja viimeinen 29.11.2020. Kaikilla pisteillä ei kyetty sukeltamaan 13.10., jolloin voimakas maininki ja nouseva aallokko estivät työn, eikä 29.11., jolloin molempien sukeltajien varusteisiin ilmaantui työaikaa lyhentäviä vikoja (taulukko 2). 13.10. Pisteitä oli sukeltu pohjoisesta etelää kohti, jolloin pisteet 7 – 2 jäivät sukeltamatta. Teknisten ongelmien ilmettyä 29.11. päätettiin sukeltaa pisteet, joilla on pariton numero. Tällöin sukeltamatta jäivät pisteet 8,7,6,5,4 ja 2. Gladius mini -ROVia kokeiltiin 28.9. pisteellä 13, jolla kutua esiintyi niin runsaasti, että sitä olisi ollut vaikea olla havaitsematta.

Taulukko 2. Kartoituskerrat ja sukellussyvyudet havainnointipisteillä syksyllä 2020. Oranssilla maalatut solut viittaavat kutuhavaintoihin ja niissä oleva lihavoitu numero kudun esiintymissyvyyteen. Harmaat solut = ei tutkittu.

	Kartoituskerta						
Piste	15.9.	28.9.	13.10.	20.10.	20.10.	10.11.	29.11.
1	8,5 – 9; 9	8 – 9,1	8 – 9	7,8 – 8,8	8,7 – 9,7	8,4 – 9,1	8,6 – 9,7
2	8 – 9,1	6 – 7,8		6,6 – 7,9	6,3 – 7,2	7 – 7,4	
3	4,6 – 5,4	4 – 5,4		3,6 – 4,5	4 – 4,8	5,1 – 6,4	5 – 5,8
4	8,1 – 9,3	8 – 8,6		7,1 – 8,1	8 – 8,6	7,5 – 8,7	
5	9,2 – 10	7 – 8,6		6,8 – 7,5	7,2 – 7,7	6,5 – 8,6	
6	8,4 – 8,9	4,5 – 5,4		5 – 5,7	5,3 – 6,5	4,9 – 6,3	
7	9,4 – 10,3	8 – 8,7		7,8 – 8,8	8,3 – 8,7	8,2 – 9,1	
8	9,9 – 10,6	7 – 7,4	9 – 10,5	7,5 – 8,8	8,4 – 8,7	7,4 – 8,8	
9	8 – 8,4	6 – 7,4	6,5 – 7,1	6,5 – 7,9	6,7 – 7,3	6,4 – 7,4	6,8 – 7,1
10	8,6 – 9,6	4,6 – 6,4	4,5 – 5,7	7 – 7,9	5,4 – 6,1	6,5 – 7,9	
11	13,5 – 14	11,6 – 13,6	12,4 – 13,4	13 – 13,7	13,3 – 14,3	13 – 13,6	13,6 – 14
12	16 – 16,5	12,5 – 13,5	11,6 – 13,2	12,8 – 13,6	13 – 13,7	13 – 13	
13	10,5 – 11,5; 11	9,1 – 9,6	9,3 – 9,7	9,2 – 10,2	8,7 – 10,9	9,4 – 9,9	9,3 – 9,6



Kuva 1. Seurantakohteet kartalla; pisteet ovat samat kuin kevään ja kesän kartoituksissa (Leinikki 2020) lukuunottamatta pistettä 1, joka on siirretty syvemmälle riutalle. Käytännössä kaikki kartassa ruskealla ja vaaleanruskealla merkityt alueet ovat mahdollisia silakan kutupaikkoja. Habitaattimalli: VELMU karttapalvelu 2020. Taustakartta: Väylä 2020

Tutkimusryhmään kuului kaksi sukeltajaa (kuva 2), joista vuorotellen toinen toimi pinta-avustajana. Vene ankkuroitiin ennalta määrätyn koordinaattipisteen kohdalle, minkä jälkeen sukeltaja laskeutui pohjalle. Sukeltaja etsi kutua muutamien neliömetrien alueelta noin 3-5 minuutin ajan, ja otti kutua havaitessaan siitä näytteitä. Mikäli kohteen sukellussyvyys ylitti 10 metriä, pysähtyi sukeltaja nousun aikana kolmeksi minuutiksi 3-5 metrin syvyyteen välttääkseen typpikaasun aiheuttamaa sukeltajantautia. Sukeltajien terveyden suojelemiseksi useiden yli 10 m syvisten sukellusten tekemistä päivittäin pyrittiin välttämään jakamalla työ kahdelle sukeltajalle.



Kuva 2. Sukeltaja marraskuussa pisteellä 3.

Veneessä avustaja kirjasi sukelluspaikan toteutuneen sijainnin, mittasi jokaiselta alueelta näkösyvyyden Secchi-menetelmällä, kirjasi pintaveden lämpötilan. Sukeltajan noustua ylös hän säilöi mahdolliset näytteet ja haastatteli sukeltajaa kysyen:

- Suurimman ja pienimmän sukellussyvyyden (pohja)
- Veden lämpötilan pohjalla
- Irtonaisen sedimentin määrän
- Esiintyikö kutua
- Mädin suurimman ja pienimmän esiintymissyvyyden
- Kutualustan laajuuden ja laadun

Mätinäytteet tutkittiin laboratoriossa (kuva 3). Näytteiden tavoitekoko oli 100 munaa. Kahdesta näytteestä löytyi vain yksittäisiä munia, ja ainoasta runsaasta näytteestä munia laskettiin 150 kpl, joista arvioitiin mätimunien kehitysvaihe (Klinkhard & Biester 1984) ja laskettiin kuolleisuus (liite 1).



Kuva 3. Pisteeltä 13 28.9. kerätyn näytteen mätimunia mikroskoopin avulla kuvattuna. Mätimunien kehitysvaihe on 6 (Klinkhard & Biester 1984).

Työhön osallistuivat seuraavat henkilöt: Jouni Leinikki (hankevastaava), Elli Leinikki, Pauliina Saarman ja Visa Tolonen. Sukeltajilla oli voimassa tutkimussukeltajan ammatillinen tutkinto.

Tulokset

Meren pohja oli kaikissa pisteissä kovaa. Se muodostui erikokoisista kivistä ja lohkareista, joiden väleissä oli välillä hieman hiekkaa tai soraa. Matalammissa kohteissa lohkareet olivat pääsääntöisesti suurempia kuin syvemmissä. Sinisimpukkaa esiintyi kaikissa syvyyksissä, mutta erityisesti yli 5 metrin syvyyksissä laji oli runsas. Leviä esiintyi syvimmillään yli 10 metrin syvyyteen asti. Syvimmällä kasvoi ruskokivitupsu (*Battersia arctica*), mutta myös haarukkalevä (*Furcellaria lumbricalis*) ja mustaluulevä (*Polysiphonia fucoides*) esiintyivät jopa 10 metrin syvyydessä. Alle 6 metrin syvyydessä kasvoi myös yksivuotisia rihmaleviä, kuten punahelmilevä (*Ceramium tenuicorne*). Levien määrä väheni syksyn edetessä.

Kutua havaittiin ainoastaan syyskuussa (taulukko 3); 15.9. pisteiltä 1 ja 13 löydettiin yksittäisiä mätimunia, joista osa oli jo kuoriutuneita. Pisteeltä 13 löydettiin 28.9. runsaasti kutua, josta pystyttiin määrittämään kehitysvaiheet ja kuolleisuus (taulukko 3).

Taulukko 3. Mätinäytteiden tiedot ja analyysit

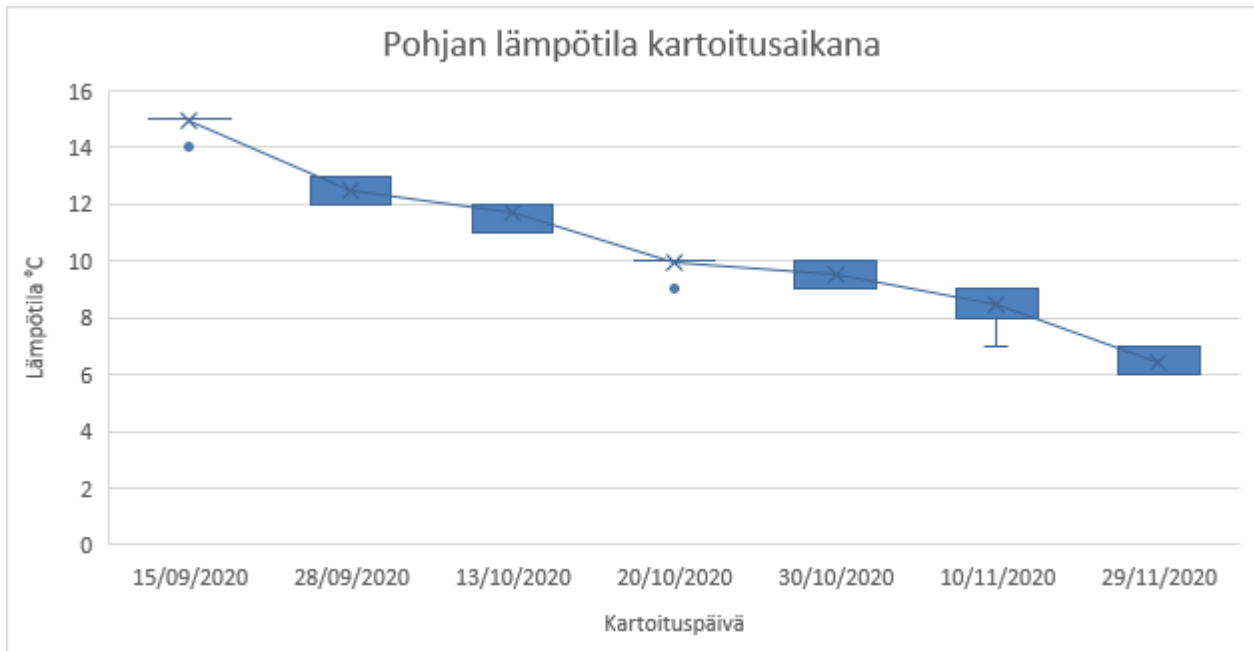
Näytteen päivä-määrä	15.9.2020	15.9.2020	28.9.2020
Näytepiste	13	1	13
Kutu-alueen laajuus	1 m ²	1 m ²	20 m ²
Kutualusta	Haarukkalevä	Haarukkalevä	Simpukat, punalevät – pohja lähes täysin kudun peitossa
Mädin kuolleisuus (M %)	-	-	2
Laskettujen munien lukumäärä	20	1	150
Munien kehitysvaihe	12	2	6
Muistiinpanoja	Munista kuoret jäljellä, kuolleisuutta ei voitu määrittää	Yksittäisiä munia, kuolleisuutta ei voitu määrittää	

Silakan kutu – syvyys ja veden lämpötila

Lämpötilan todettiin vaikuttaneen silakan kutuun keväällä ja kesällä 2020 (Leinikki 2020). Tällöin kutua havaittiin, kun veden lämpötila oli 6 – 19 °C. 28.9., kun kutua havaittiin suurin määrä, veden lämpötila oli pohjalla 13 °C.

Tutkittujen kohteiden syvyys vaihteli 3,6 ja 16,5 metrin välillä. Syvyydet vaihtelivat myös käyntikerroittain, sillä lopullinen sukelluspaikan sijainti kullakin pisteellä vaihteli noin 20 metriä. Kutua havaittiin 9 ja 11 metrin välillä. Kevään ja kesän kutukartoituksissa kutua esiintyi tyypillisesti syvemmällä, juuri lämpötilan harppauskerroksen alapuolella (Leinikki 2020). Vaikka syksyllä lämpötilakerrostumista ei havaittu, kutua oletettiin löytyvän kevään ja kesän kartoituksia syvemmältä, johtuen syksyn myrskyisämmistä sääolosuhteista ja lämpimästä vedestä.

Syyskuussa kutua havaittiin molemmilla käyntikerroilla, 15. ja 28.9.2020. Veden lämpötila kutupaikoilla 15.9. oli 15 astetta (kuva 4) ja kudun löytösyvyydet 9 ja 11 metriä. kaksi viikkoa myöhemmin 28.9. kutua löydettiin runsaasti 10,5–11,5 metrin syvyydeltä pisteeltä 13. Veden lämpötila pohjalla oli 13 astetta. Mäti oli takertunut leviin ja sinisimpukoiden kuoriin.



Kuva 4. Pohjan lämpötilan vaihtelu kartoitusaikana. Lämpötilakerrostuneisuutta ei havaittu, lämpötilaero pinnan ja pohjan välillä oli enimmillään noin 1 °C. Kutua havaittiin vain syyskuussa, jolloin veden lämpötila oli selkeästi yli 10 °C.

ROV kutukartoituksessa

ROVin käyttöä kokeiltiin kerran kartoituksissa, kun kutua oli tarpeeksi runsaasti, että sen esiintyminen olisi ollut mahdotonta olla havaitsematta. Videolta ei pystytty luotettavasti erottamaan kutua esimerkiksi pienistä kotiloista tai pintasedimentistä, vaikka kutua oli kartoituskerralla runsaasti ainakin 20 m² alueella (kuva 5). Kuvausyrityksen perusteella todettiin, että kudun löytäminen ROVilla on epätodennäköistä, varsinkin jos paikalla esiintyy vain yksittäisiä munia. Erityisesti negatiivinen tulos on mahdotonta todeta videokuvan perusteella.



Kuva 5. Kuvankaappaus Gladus mini -ROVilla kuvatulta videolta. Pisteellä 13 kutua oli kuvauspäivänä ainakin 20 m² alueella. Videolta on mahdoton havaita yksittäisiä mätimunia, vaikka tietäisi niitä olevan runsaasti. Kuvattu 28.9.2020.

Kalastajahaastattelu

Kalastaja Heikki Salokangasta haastateltiin myös kevään ja kesän kartoituksiin liittyen, jolloin hän mainitsi että silakan tärkein kutuaika alueella olisi syksy ja erityisesti syyskuu. Tänä syksynä hän ei kuitenkaan ole käynyt alueella kalastamassa, mutta kertoi veljensä, joka myös on ammatiltaan kalastaja, kertoneen vuoden 2020 olleen harvinaisen heikon kutusilakan suhteen. ”Syyskutuja on ollut kolme vuotta huonosti. Edeltävät kaksi vuotta jonkin verran. Hyvästä kuusi vuotta”, Salokangas kertoi. Syyksi veljekset arvelevat vuodenaikaan nähden harvinaisen korkeaa veden lämpötilaa. Syyskutuisen silakan ihannelämpötila on 7–8 °C. Vuonna 2020 syyskuussa vesi oli 5–7 °C lämpimämpää. Taulukossa 4 on esitetty alueen meriveden lämpötilojen tunnuslukuja syyskuussa viiden vuoden ajalta. Ilmatieteen laitoksen mittauksen perusteella vuoden 2020 syyskuussa merivesi ei ollut keskiarvoltaan erityisen lämmintä. Alin syyskuussa mitattu lämpötila sen sijaan oli noin asteen korkeampi kuin vuosina 2017–2019.

Taulukko 4. Meriveden syyskuun lämpötila-arvot mitattuna Ilmatieteenlaitoksen merihavaintopojilla numero 104600 Tahkoluodon ja Kaijan välillä. Kyseisen poijun tietoja on saatavilla vain vuodesta 2016 alkaen.

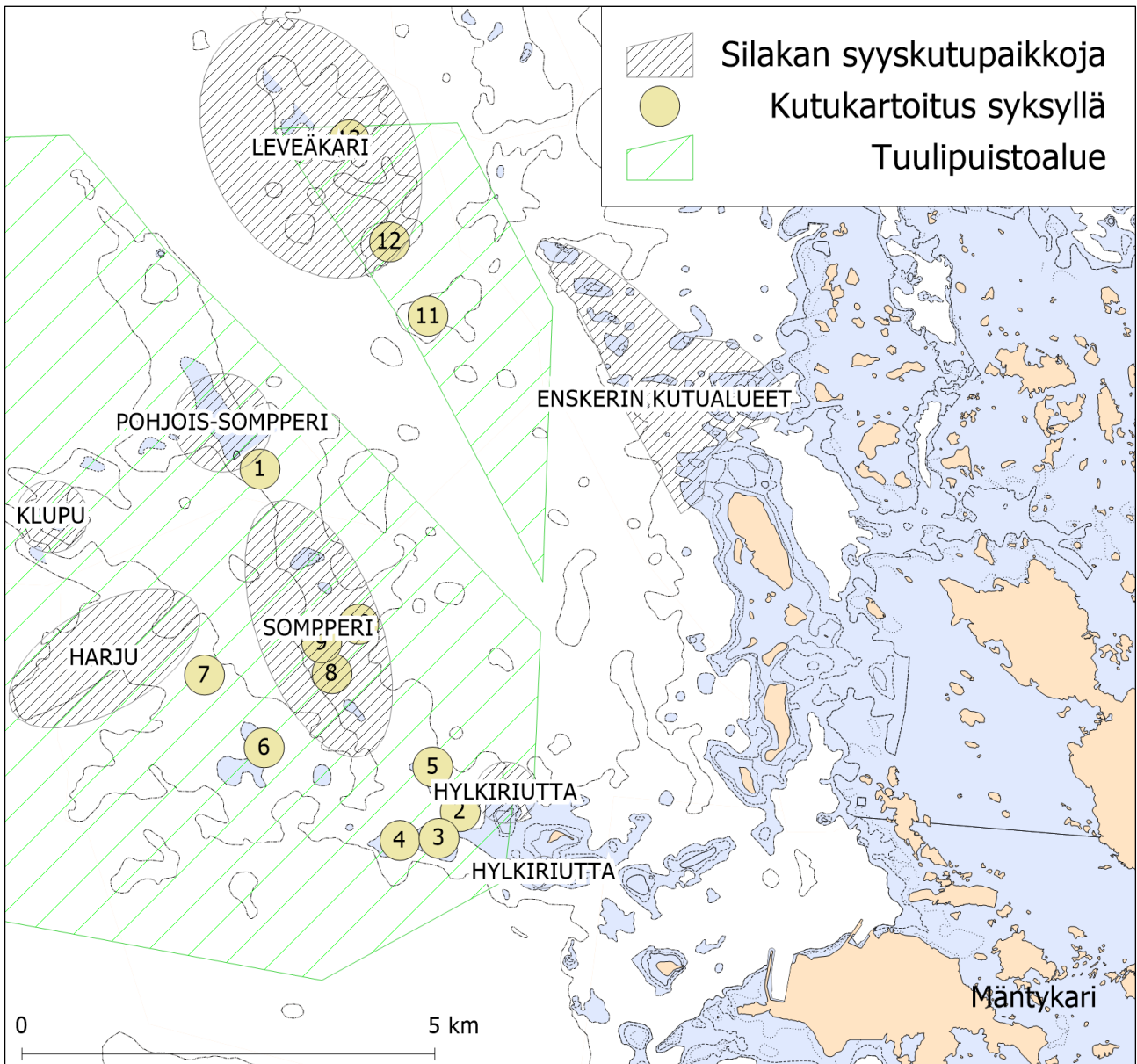
Vuosi	Keskiarvo	Korkein	Alin	Keskihajonta
2016	14,32	16,9	12,7	0,76
2017	13,38	15,0	11,6	0,81
2018	15,45	19,4	11,3	2,08
2019	15,05	18,1	11,3	1,93
2020	14,39	17,0	12,4	1,44

Aiempien vuosien perusteella Salokangas kuitenkin kertoo syyskutuisen silakan kutevan yleensä runsaasti tutkimusalueen riutoille, tosin satunnaisesti paikkoihin. Kutua voi esiintyä jopa lähes 20 metrissä, mutta sitä esiintyy tällöin myös matalammalla. Kalastajan mukaan silakan kudun vaihteleva menestys saattaa liittyä mädin takertuvuuden aiheuttaman ”liiman” määrän vaihteluun, mikä vaikuttaa kudun herkkyyteen irrota kutualustasta. Vaihtelua tapahtuu myös pitkässä syklissä, esimerkiksi 70-luvulla liimaa oli enemmän kuin 80-luvulla. Mädin liimaisuus seuraa mahdollisesti myös silakoiden yleiskuntoa – tosin 80-luvulla silakka oli hyväkuntoista. Liimaisuus on kasvanut jälleen 2000-luvulla.

Juhannuksen aikaan kutee pienempi silakka kuin heinäkuussa. Elokuun alussa kutu loppuu, mutta syyskuussa alkaa uudelleen. Kalastaja miettii, voisivatko kevät- ja syyskutuiset kannat erota geneettisesti toisistaan. Jokivesi voi myös vaikuttaa kutukäyttäytymiseen. Keväällä jokivesi lämmittää vettä Porin edustalla, kun taas syksyllä se jäädyttää. Vaihtelu sademäärissä voi näin vaikuttaa kutuolosuhteisiin. Salokankaan mukaan Selkämerellä silakka ei välttämättä pala synnyinriutalleen kutemaan, vaan valitsee kutupaikkansa olosuhteiden mukaan hieman laajemmalla alueella. Silakkaparvi saattaa sääolosuhteiden perusteella jopa valita kutupaikakseen joko Suomen tai Ruotsin rannikon.

Heikki Salokangas myös kertoi, missä syyskutuista silakkaa on perinteisesti kalastettu (kuva 6). Tärkeimmät apajat sijaitsevat tuulipuiston suunnitellulla laajennusalueella. Kalastusalueet ovat verrattain laajoja ja silakan kutu vaihtelee niiden sisällä vuodesta toiseen sekä määrän että sijainnin suhteen. Tämän tutkimuksen seurantakohteista kuusi sijaitti Salokankaan osoittamilla alueilla ja muut niiden tuntumassa. Kutua löydettiin pisteiltä 13 ja 1 (kuva 6). Pyydyksinä on käytetty lähinnä verkkoja. Aiempiä vuosikymmeniä on käytetty

myös jonkin verran rysiä, mutta ne eivät kestäneet syysmyrskyjä riittävän hyvin, jotta niiden käyttö olisi ollut taloudellisesti mielekästä.



Kuva 6. Kalastaja Heikki Salokankaan nimeämät perinteiset syyskutuisen silakan pyyntipaikat sekä Allecon sukelluskohteet. Taustakartta: Väylä 2020.

Tulosten tarkastelu

Silakka kutee monenlaisilla pohjilla, yleensä kovalle pohjille alle 10 metrin syvyydessä (Aneer 1989). Se suosii kasveja kutualustanaan, mutta kutee joskus myös paljaalle pohjalle. Kudun kuolleisuus on kuitenkin pienempää monimuotoisella kutualustalla (von Nordheim ym. 2018). Tässä tutkimuksessa silakan kutua löytyi muun muassa sinisimpukoiden muodostamien riuttojen päältä (taulukko 3). Silakan kudulle sopivia, riittamaisia pohjia esiintyy alueella laajalti, ja on mahdollista että syyskutuinen silakka kutee tutkimuspisteiden länsipuolelle jäävillä, ulommilla riutoilla (kuva 6). Pisteet olivat suurilta osin samat, kuin

kevään ja kesän kartoituksissa, jolloin mätiä löytyi melko usein. Ammattikalastaja Heikki Salokankaan mukaan näin ulkona merellä silakan kevätkutuu on vaatimatonta, kun taas syksyisin kutuu on täällä voimakkaampaa kuin rannikon tuntumassa.

Syksyn kutukartoitukset aloitettiin 13.9., jolloin pintaveden lämpötila oli noin 15 asteista. Suurin määrä kutua löydettiin syyskuun lopulla, kun veden lämpötila oli laskenut 12 asteeseen – tämän jälkeen kutua ei havaittu. Kudun vähäisyyteen on saattanut vaikuttaa myös syksyn myrskyisyys (Moll 2018).

Käytetty sukellusmenetelmä mahdollistaa kudun havaitsemisen luotettavasti, mutta sen alueellinen kattavuus on melko vähäinen suhteessa koko tarkasteltavaan alueeseen. Menetelmän toinen vahvuus on, että se mahdollistaa näytteenoton mädistä, jolloin voidaan arvioida mädin kuolleisuus ja kehitysvaihe. ROVilla olisi teoriassa mahdollista kattaa suurempi alue, mutta Gladius mini -ROVilla kuvatulta videolta ei voinut luotettavasti erottaa yksittäisiä mätimunia.

Kirjallisuus

Aneer, G. 1989: Herring (*Clupea harengus* L.) spawning and spawning ground characteristics in the Baltic Sea. Fisheries Research 8/2. pp. 169-195.

Klinkhard, M.B. & Biester, E. 1984: A simple method for estimating the age of herring eggs. ICES C.M. 1984 / J:35.

Leinikki, J. & Oulasvirta, P. 1994: Silakan kutualueet Porin edustalla 1994. Alleco ky raportti 3/1994. 9 s.

Leinikki, J. 2020: Silakan kutualueiden kartoitus ja seuranta Tahkoluodon merituulipuiston laajennushankkeen alueella Porissa 2020. Alleco Oy raportti n:o 14/2020. Alleco Oy 8.9.2020

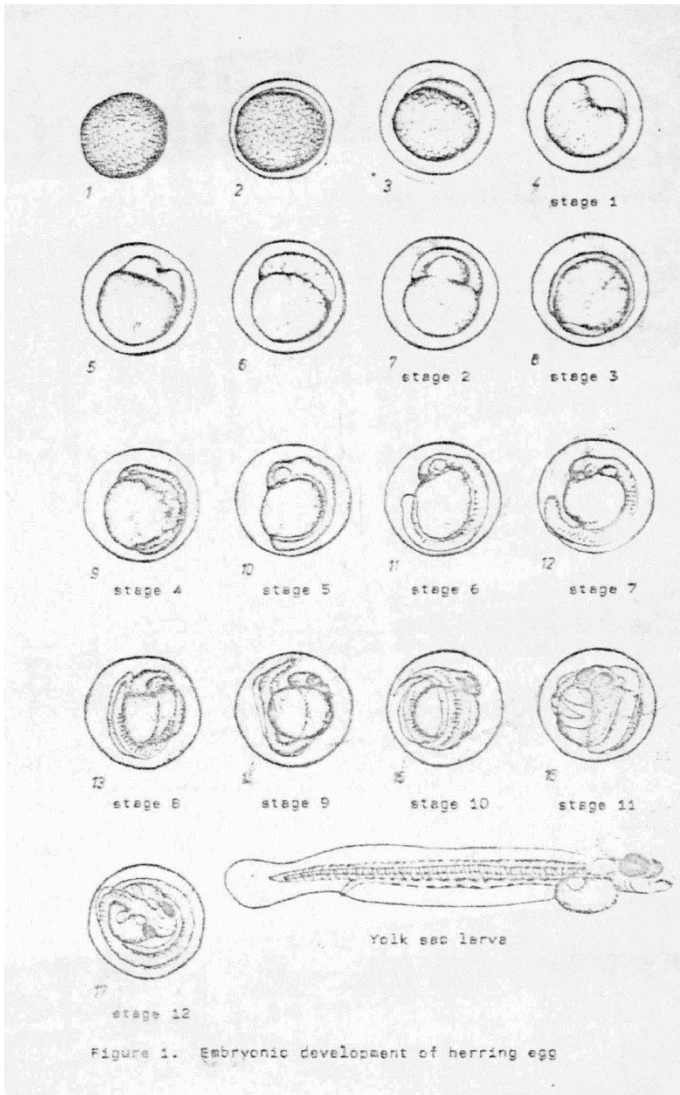
Moll, Dorothee. 2018. "Storm-Induced Atlantic Herring (*Clupea harengus*) Egg Mortality in Baltic Sea Inshore Spawning Areas". *Estuaries and Coasts*, 12.

Oulasvirta, P. & Rissanen, J. 1990. Vuorikemian tehtaiden jätevesien vaikutuksista silakan alkionkehitykseen ja poikasten elinkykyyn. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia 6. s. 75-108.

Von Nordheim, Lena, Paul Kotterba, Dorothee Moll, ja Patrick Polte. 2018. "Impact of Spawning Substrate Complexity on Egg Survival of Atlantic Herring (*Clupea Harengus*, L.) in the Baltic Sea". *Estuaries and Coasts* 41 (2): 549–59. <https://doi.org/10.1007/s12237-017-0283-5>.

Liite 1. Silakan mätimunien kehitysvaiheet Klinkhard & Biester 1984 mukaan

Stage	Characteristic egg state	Picture (Fig.1)
1	Cytoplasmatic condensation (bipolar differentiation), formation of the perivitelline space	4
2	Animal-vegetal axis distinctly longer than equatorial diameter	7
3	Epiboly passes the equator of the yolk	8
4	Germ of the embryo is clearly discernible on the yolk	9
5	Ectodermal folding	10
6	Ca. 10 myomeres can be counted, ear plaques visible	11
7	Caudal part of the trunk detached from yolk for about 1/5 of embryo length	12
8	Caudal part of trunk detached from yolk for about 1/2 of embryo length	13
9	Onset of eye pigmentation	14
10	Primordial fin edge fully developed	15
11	Pigmentation of embryo completed	16
12	ready to hatch	17



Liite 2: Havaintoaineisto

Piste	Pvm	Sukeitaja	Syvyys max (m)	Syvyys min (m)	Secchi (m)	Pinta-veden lämpötila (C)	Lämpötila pohjalla (C)	Sedimentin määrä (1-3)	Kutua esiintyy	Mädin suurin esiintymissyvyys (m)	Mädin pienin esiintymissyvyys (m)	Mädin runsaus (1-5)	Kutualueen laajuus	Muistiinpanoja
13	15.9.	EL	11,5	10,5			15	2	K	11	11	1	1x1m	Flum kutualustana
12	15.9.	EL	16,5	16			15	2						
11	15.9.	EL	14	13,5			14	3						
1	15.9.	EL	9	8,5			15	1	K	9	9	1	1x1m	Kutualusta Pfuc
10	15.9.	EL	9,6	8,6			15	2						
9	15.9.	EL	8,4	8			15	2						
8	15.9.	JL	10,6	9,9			15	1						
7	15.9.	JL	10,3	9,4			15	0						
6	15.9.	JL	8,9	8,4			15	1						
5	15.9.	JL	10	9,2			15	1						
4	15.9.	JL	9,3	89,1			15	1						
3	15.9.	JL	5,4	4,6			15	1						

Piste	Pvm	Sukeltaja	Syvyys max (m)	Syvyys min (m)	Secchi (m)	Pinta-veden lämpötila (C)	Lämpötila pohjalla (C)	Sedimentin määrä (1-3)	Kutua esiintyy	Mädin suurin esiintymissyvyys (m)	Mädin pienin esiintymissyvyys (m)	Mädin runsaus (1-5)	Kutualan laajuus	Muistiinpanoja
2	15.9.	JL	9,1	8			15	1						
11	28.9.	PS	13,6	11,6		13,7	12	1						
12	28.9.	PS	13,5	12,5		13,7	13	1						
13	28.9.	PS	9,6	9,1	3,8	14,1	13	1	K	9,6	9,1	5	5*4	simpukat, rov 2 videota
1	28.9.	PS	9,1	8		13,7	12	1						
10	28.9.	PS	6,4	4,6		13,7	12	0						
9	28.9.	PS	7,4	6		13,7	12	0						
8	28.9.	PS	8,4	7		13,7	12	0						
7	28.9.	PS	8,7	8		13,7	12	0						
6	28.9.	EL	5,4	4,5	3,8	14	13	0	K	5,4	4,5	1	1 x 1 m	Ei mätää näytteissä
5	28.9.	EL	8,6	7		14	12	1						
4	28.9.	EL	8,6	8		14	13	1						
3	28.9.	EL	5,4	4		14	13	1						

Piste	Pvm	Sukeltaja	Syvyys max (m)	Syvyys min (m)	Secchi (m)	Pinta-veden lämpötila (C)	Lämpötila pohjalla (C)	Sedimentin määrä (1-3)	Kutua esiintyvyys	Mädin suurin esiintymissyvyys (m)	Mädin pienin esiintymissyvyys (m)	Mädin runsaus (1-5)	Kutualueen laajuus	Muistiinpanoja
2	28.9.	EL	7,8	6		14	13	1						
13	13.10.	EL	9,7	9,3		13	12	1						
12	13.10.	EL	13,2	11,6		13	11	2						huono näkyvyys
11	13.10.	EL	13,4	12,4		13	12	1						
1	13.10.	EL	9	8		13	12	1						
10	13.10.	EL	5,9	4,5		13	11	0						
9	13.10.	EL	7,1	6,5		13	12	0						
8	13.10.	EL	10,5	9		13	12	0						
13	20.10.	PS	10,2	9,2		10,9	10	1						
12	20.10.	PS	13,6	12,8		10,9	10	1						
11	20.10.	PS	13,7	13		10,9	10	1						
1	20.10.	PS	8,8	7,8		10,9	10	1						
10	20.10.	PS	7,9	7		10,9	10	1						
9	20.10.	PS	7,9	6,5		10,9	10	1						
8	20.10.	PS	8,8	7,5		10,9	10	1						

Piste	Pvm	Sukeltaja	Syvyys max (m)	Syvyys min (m)	Secchi (m)	Pinta-veden lämpötila (C)	Lämpötila pohjalla (C)	Sedimentin määrä (1-3)	Kutua esiintyy	Mädin suurin esiintymissyvyys (m)	Mädin pienin esiintymissyvyys (m)	Mädin runsaus (1-5)	Kutualan laajuus	Muistiinpanoja
7	20.10.	EL	8,8	7,8	3,5	11	10	1						
6	20.10.	EL	5,7	5	3,5	11	10	1						
5	20.10.	EL	7,5	6,8		11	10	1						
4	20.10.	EL	8,1	7,1	3,5	11	10	1						
3	20.10.	EL	4,5	3,6	3,5	11	9	1						
2	20.10.	EL	7,9	6,6		11	10	1						
13	30.10.	VT	10,9	8,7		10,3	10	1						
12	30.10.	VT	13,7	13	5,4	10,3	9	1						
11	30.10.	VT	14,3	13,3		10	9	1						
1	30.10.	VT	9,7	8,7		10	10	0						
10	30.10.	VT	6,1	5,4		10	10	0						
9	30.10.	VT	7,3	6,7		10	10	1						
8	30.10.	VT	8,7	8,4		10	10	1						
7	30.10.	EL	8,7	8,3		10,4	10	1						
6	30.10.	EL	6,5	5,3		10,4	10	1						

Piste	Pvm	Sukeltaja	Sy- vyys max (m)	Sy- vyys min (m)	Secc hi (m)	Pinta- veden lämpö- tila (C)	Lämpö- tila pohjalla (C)	Sedimen- tin määrä (1-3)	Kutua esiint- yy	Mädin suurin esiinty- missyvy- ys (m)	Mädin pienin esiintymi- ssyvyys (m)	Mädin runsaus (1-5)	Kutualu- een laajuus	Muistiinpanoja
5	30.10.	EL	7,7	7,2		10,4	9	1						
4	30.10.	EL	8,6	8		10,2	9	1						
3	30.10.	EL	4,8	4		10,2	9	1						
2	30.10.	EL	7,2	6,3			9	1						
13	10.11.	EL	9,9	9,4		9,5	9	1						
12	10.11.	EL	13	13	4,7	9,3	9	1						
11	10.11.	EL	13,6	13	4,7	9	9	1						
1	10.11.	EL	9,1	8,4		9,3	9	1						
10	10.11.	EL	7,9	6,5		9,6	9	1						
9	10.11.	EL	7,4	6,4		9,5	9	1						
8	10.11.	EL	8,8	7,4		9,5	9	1						
7	10.11.	PS	9,1	8,2		8,8	8	2						
6	10.11.	PS	6,3	4,9		8,8	8	1						
5	10.11.	PS	8,6	6,5		8,8	8	1						
4	10.11.	PS	8,7	7,5		8,8	8	1						

Piste	Pvm	Sukeltaja	Syvyys max (m)	Syvyys min (m)	Secchi (m)	Pinta-veden lämpötila (C)	Lämpötila pohjalla (C)	Sedimentin määrä (1-3)	Kutua esiintyvyys	Mädin suurin esiintymissyvyys (m)	Mädin pienin esiintymissyvyys (m)	Mädin runsaus (1-5)	Kutualueen laajuus	Muistiinpanoja
3	10.11.	PS	6,4	5,1		8,8	7	1						
2	10.11.	PS	7,4	7		8	8	1						
13	29.11.	JL	9,6	9,3	2,5	6,7	7	2						
11	29.11.	JL	14	13,6		6,7	7	2						
1	29.11.	JL	9,7	8,6		6,5	6	1						
9	29.11.	JL	7,1	6,8		6,4	6	1						
3	29.11.	JL	5,8	5	2,2	6,8	6	1						