



Tartu Ülikool
Eesti Mereinstituut

Pärnu- ja Liivi lahe kirdeosa töönduskalade noorjärkude uuring

Töövõtuleping nr 4-1/20/3 lõpparuanne 2021 aasta kohta

Pärnu 2022

SISUKORD

| | |
|---|-----------|
| Sissejuhatus | 3 |
| 1. Töö täitjad | 4 |
| 2. Materjal ja Metoodika | 4 |
| 2.1. Välitööde aeg, maht ja iseloom | 4 |
| 2.2. Andmetöötlus..... | 7 |
| 3. Tulemused | 8 |
| 3.1. Eluta veekeskonna tegurite sesoonne dünaamika Liivi lahe kirdeosas | 8 |
| 3.2. Eluta veekeskonna dünaamika Pärnu jões meritindi koelmuualadel..... | 15 |
| 3.3. Pikaajaline dünaamika | 17 |
| 3.4. Kalavastsete liigiline koosseis | 19 |
| 3.5. Meritindi vastsed Pärnu jões..... | 19 |
| 3.6. Meritindi saakide prognoosimine vastsete arvukuse ja veetemperatuuride alusel. | 21 |
| 3.6. Mudila noorjäreude esmase ilmumise ja arvukuse pikaajaline dünaamika | 23 |
| 3.7. Räämevastsete esmase ilmumise ja arvukuse pikaajaline dünaamika | 25 |
| 3.8. Räämevastsete arvukuse dünaamika erinevates arengustaadiumites ja seos täiendiga | 27 |
| 4. Kokkuvõte | 31 |
| 5. Kasutatud kirjandus | 33 |
| 6. LISA | 34 |

Sissejuhatus

Keskkonnatingimused kalade kude- ja turgutusalaadel, sh temperatuur, soolsus, hapnik, esmaproduksioon ning toidu ja vaenlaste olemasolu/puudumine, on olulised tegurid mis määravad tekkiva kalapõlvkonna suuruse. Kalavastsete ja neile sobivate toiduobjektide ajalis-ruumilise leviku kattumine ja vajaliku toidubaasi olemasolu panevad aluse arvukale kala järglaskonnale. Sel juhul on kalavastsete kasv kiirem ning nende looduslik suremus jällegi väiksem. Seevastu halvad toitumistingimused vastestaadiumis, ja sellest tingitud suur looduslik suremus, on kesise täiendi tekke põhjuseks.

Kalavarude täiend varieerub suurel skaalal aastate vahel. Täiendi arvukuse korrektne prognoosimine nõuab iga-aastaseid katkematud ökosüsteemi erinevate komponentide uuringuid. Sealjuures peab arvestama, et varasemalt leitud seosed on ajas muutuvad, sõltudes täiendit mõjutavate faktorite dünaamikast. Kalavarude suuruse ja saakide prognoosimine omab seega fundamentaalset tähtsust kalavarude pikaajalise säästliku haldamise korraldamisel. Selle esimeseks etapiks on just kalavastsete ja nende elukeskkonna tingimuste uuringud koos vastavate seaduspärasuste ja omavaheliste suhete selgitamise ja mõistmisega. Saadav teave moodustab ühe osa kalavarude ökosüsteemipõhisest majandamisest.

Pärnu laht ning sellega külgnevad alad on ajalooliselt olnud mitmetele Liivi lahe töönduskalade, nagu näiteks kevadkuduräim, meritint, koha ja ahven, väga oluline paljunemis- ja noorjarkude turgutusala. Uuringuid kalavastsete ja nende toiduobjektide leviku, arvukuse dünaamika ja seoste kohta ümbritsevate keskkonnatingimustega alustati juba 1940-ndate aastate lõpul. Sellised unikaalsed pikaajalised andmed on aluseks mõistmaks ökoloogilisi mehhanisme, mis struktureerivad reproduktsiooni edukust. Põhirõhk on olnud Liivi lahe olulisimal ja rahvusvaheliselt majandataval töönduskalal – räimel. Samas hõlmasid uuringud ka teisi, nii tööndus- (meritint, ahvenlased) kui ka mittetöönduskalu (nt mudilad ja väike tobias). Käesolev aruanne (i) selgitab räimevastsete ajalis-ruumilist levikut ja arvukuse dünaamikat, (ii) uurib meritindi vastsete arvukust Pärnu jões, (iii) võrdleb saadud tulemusi varasematega ja selgitab võimalike muutuste põhjusi arvestades nii elus- (toidubaas) kui ka eluta keskkonna olulisimaid parameetreid, (iv) hindab toimunud muutuste mõju töönduslike kalavarude seisundile.

1. Töö täitjad

Timo Arula, PhD

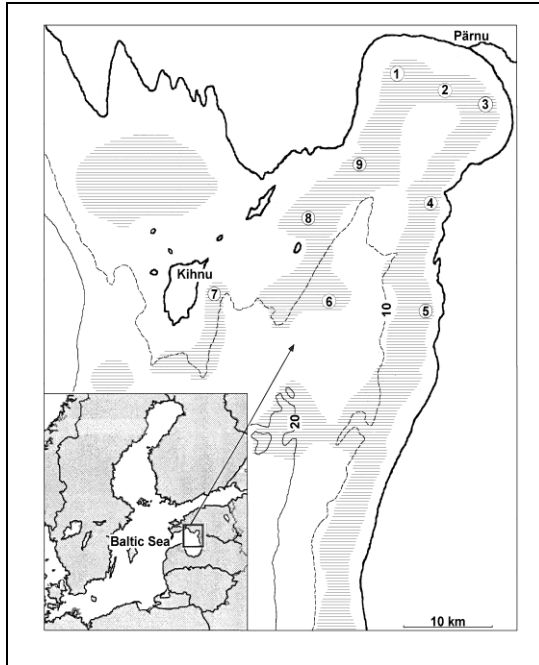
Viktor Kajalainen, MSc

2. Materjal ja Metoodika

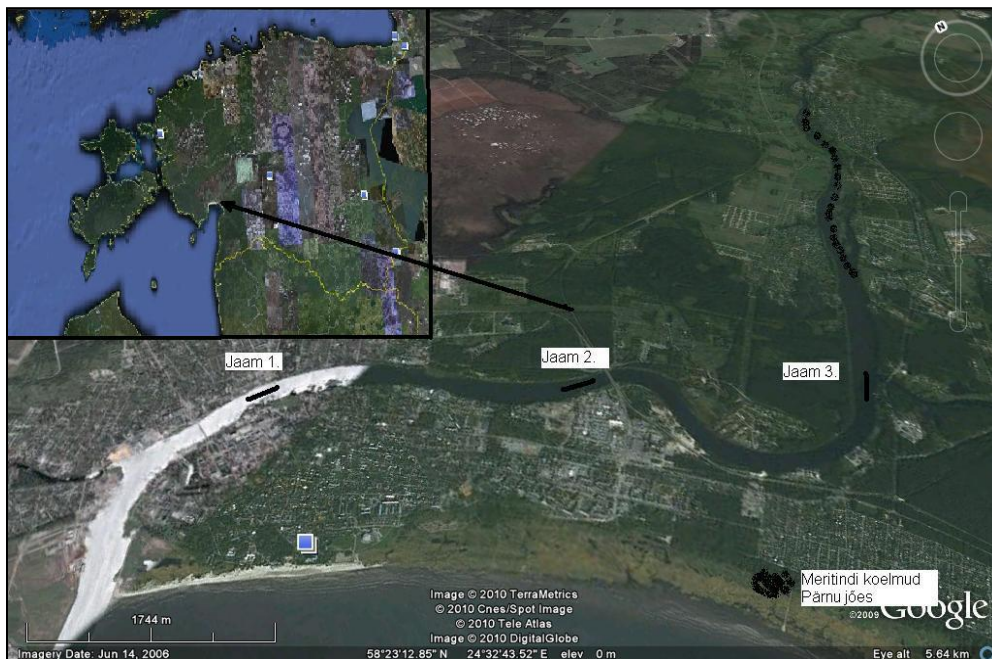
2.1. Välitööde aeg, maht ja iseloom

Kalavastsete püük 2021. aastal toimus maist juulini Liivi lahe kirdeosa 9. jaamas (77 traalimist) ning mais Pärnu jõel kolmes jaamas (12 traalimist) (joonised 1 ja 2; tabel 1, lisa 1 ja 2). Tööde ajalisel planeerimisel võeti aluseks räimevastsete esinemine Liivi lahe kirdeosas ja meritindi vastsete esinemine Pärnu jões asuvates statsionaarsetes seirejaamades. Töid tehti laevaga 'Fortuuna'. Igal reisil mõõdeti tuule suund, hinnati selle tugevust ning mõõdeti/määrati merekeskkonna seisundit iseloomustavad olulisemad näitajad (vt. allpool). Kalavastseid püüti vee pinnakihist Henseni traaliga (traali suuava läbimõõt 80 cm, traalimise aeg 10 minutit ja laeva kiirus ca 2 sõlme). Proovid fikseeriti 4 % formaliinilahuses.

Eluta keskkonna parameetritest mõõdeti igal nädalal vähemalt kolmes punktis merevee soolsus (‰), veetemperatuur (°C), hapniku sisaldus (mg/l) ja klorofüll a (chl_a, µg/l) kontsentratsioon. Mõõtmised toimusid CTD sondi vertikaalsel sukeldamisel pinnast põhjani ning väärtused salvestati kahesekundilise intervalliga.



Joonis 1. Kalavastsete püügi asukohad Pärnu lahel ja Liivi lahe kirdeosas: 1 – Audru, 2 – Pärnu poi, 3 – Uulu, 4 – Tahku, 5 – Timmkanal, 6 – Palva poi, 7 – Kihnu, 8 – Sorgu ja 9 – Liu. Viirutatud alad tähistavad räime koelmualasi.



Joonis 2. Meritindivastsete püügi asukohad Pärnu jões.

Tabel 1. Kalavastsete püügi asukohtade koordinaadid Liivi lahes.

| Jaam | Koordinaadid | |
|-----------|--------------|---------|
| Pärnu poi | 58° 20' | 24° 26' |
| Audru | 58° 22' | 24° 22' |
| Liu | 58° 16' | 24° 19' |
| Sorgu | 58° 13' | 24° 13' |
| Kihnu | 58° 08' | 24° 05' |
| Palva poi | 58° 07' | 24° 14' |
| Timmkanal | 58° 08' | 24° 24' |
| Tahku | 58° 15' | 24° 27' |
| Uulu | 58° 19' | 24° 31' |

2.2. Andmetöötlus

Räime-, meritindi ja mudilavastsete pikaajalise arvukuse (isendeid 10 minutilises püügis) väärtused on arvatud reise kohta kui kalavastseid esines püükides arvukamalt (>5 isendit püügis) vähemalt ühes jaamas. Väärtus on toodud kas püügiperioodi aritmeetilise keskmisena või mediaanina. Mediaani kasutati juhul kui arvukuse sesoonne dünaamika ei olnud normaaljaotusega ning väärtuste jaotus oli olulise vasak- või parempoolse asümmeetriaga. Vajadusel, st kui üksiku punkti hajuvus on erakordselt suur, on kasutatud naturaali-logaritmilist teisendust uuritava parameetri kirjeldamiseks.

Aastatel 2004-2014 kogutud räimevastsete skaneeriti ZooScan (<http://www.hydroptic.com/zooscan.html>) abil ning hiljem loodi räimevastsetest arvutis elektroonilised kataloogid, kus iga indiviidi kehapikkus pildilt mõõdeti. Aastatel 2015-2021 mõõdeti räimevastsete binokulaariga Stemi 2000-CS. Igast püügist mõõdeti 200 räimevastset või kõik püütud isendid, kui neid oli vähem kui 200. Räimevastsete kehapikkus mõõdeti ninaotsast kuni kehaosa lõpuni ($SL \pm 0.1$ mm) kasutades vabavaralist tarkvara 'Image J'.

Tulenevalt räimevastsete arengust ja seetõttu suurel skaalal varieeruvast suremuse määra, jagati vastsed pikkusrühmadesse N10, N15 ja N20. Iga pikkusrühma indeks tähistab räimevastsete summaarset arvukust vastavas pikkusrühmas, mis realiseerus kalendrinädalatel 18-32, ehk ajavahemikul, kui räimevastseid traaliti. Indeks tähistab vastava pikkuseni ellu jäänud räimevastsete koguhulka ruutmeetri kohta (N10 tähistab räimevastsete pikkusrühma <10.0 mm, N15: 10.1-15.0 mm ja N20: 15.1 mm >). Indeksi arvutamisel on lähtutud räimevastse keskmisest päevasest kasvust (mm/päevas) kohordis kahe reisi vahel (detailne meetodika kirjeldus on toodud Oeberst jt. 2009). Kasutatav meetodika on välja töötatud ICES HAWG (Herring Assessment Working Group) poolt ja rakendatud alates 2008. aastast Greifswaldi lahes Läänemere lääneosa kevadkuderäime varude suuruse hindamiseks. Liivi lahe kevadräime täiendi, st 1-aastaste räime arvukus (edaspidi: täiend) on võetud ICES WGBFAS 2021 aruandest (ICES 2021). WGBFAS 2021 aasta aruandes on kajastatud 2020 aastal 1-aastaste räime arvukust, mida võrreldakse räimevastsete (N20) arvukusega aastal 2019, kui samad kalad olid 0-aastased. Selleks, et prognoosida 1-aastaste räime arvukust räimevastsete arvukuse alusel, on täiendi arvukus

nihutatud üks aasta varasemaks ehk täiendi koorumise aastale. See info on sisendiks aastate 2020 ja 2021 täiendi prognoosimiseks.

3. Tulemused

3.1. Eluta veekeskonna tegurite sesoonne dünaamika Liivi lahe kirdeosas

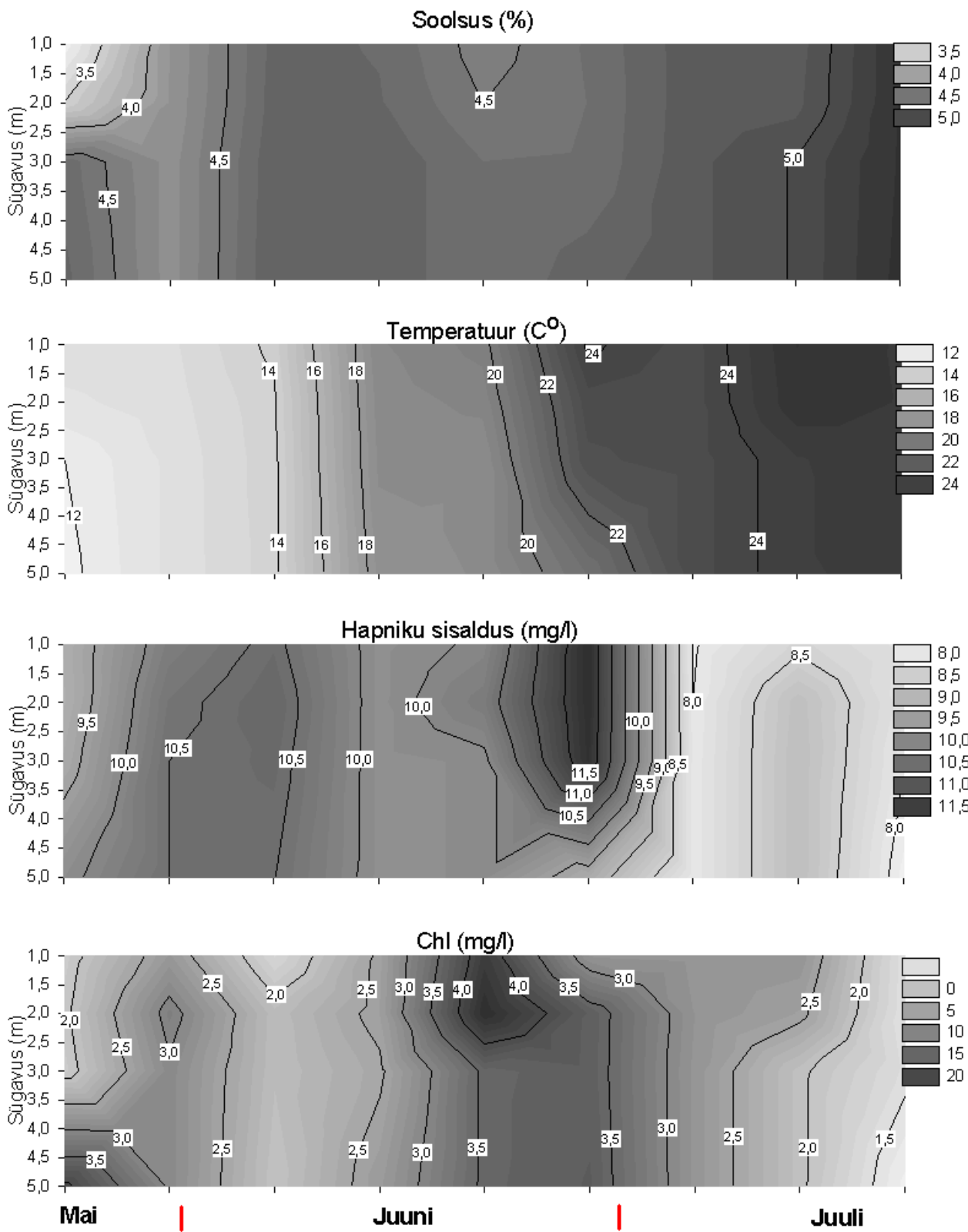
Pärnu lahe ja Liivi lahe kirdeosas mõõdeti 2021. a. vee soolsust, temperatuuri, hapniku sisaldust, chl *a* sisaldust igal reisil kolmel transektil lähtudes erinevustest hüdroloogias suunal Pärnu lahe sopp → lahe keskosa → lahe välisosas.

Soolsus varieerus uurimisperioodil vahemikus 3.2-6.0 PSU, sealjuures madalaimad soolsuse väärtused registreeriti lahe soppis esimestel reisidel mai keskpaigas ning kõrgeimad lahe välisosas viimastel reisidel (joonis 3a-c). Kõigis kolmes piirkonnas võib täheldada kasvutrendi soolsuse väärtustes maist juulini. Samuti on täheldatavad soolsuse mõnevõrra kõrgemad väärtused sügavamates veekihtides.

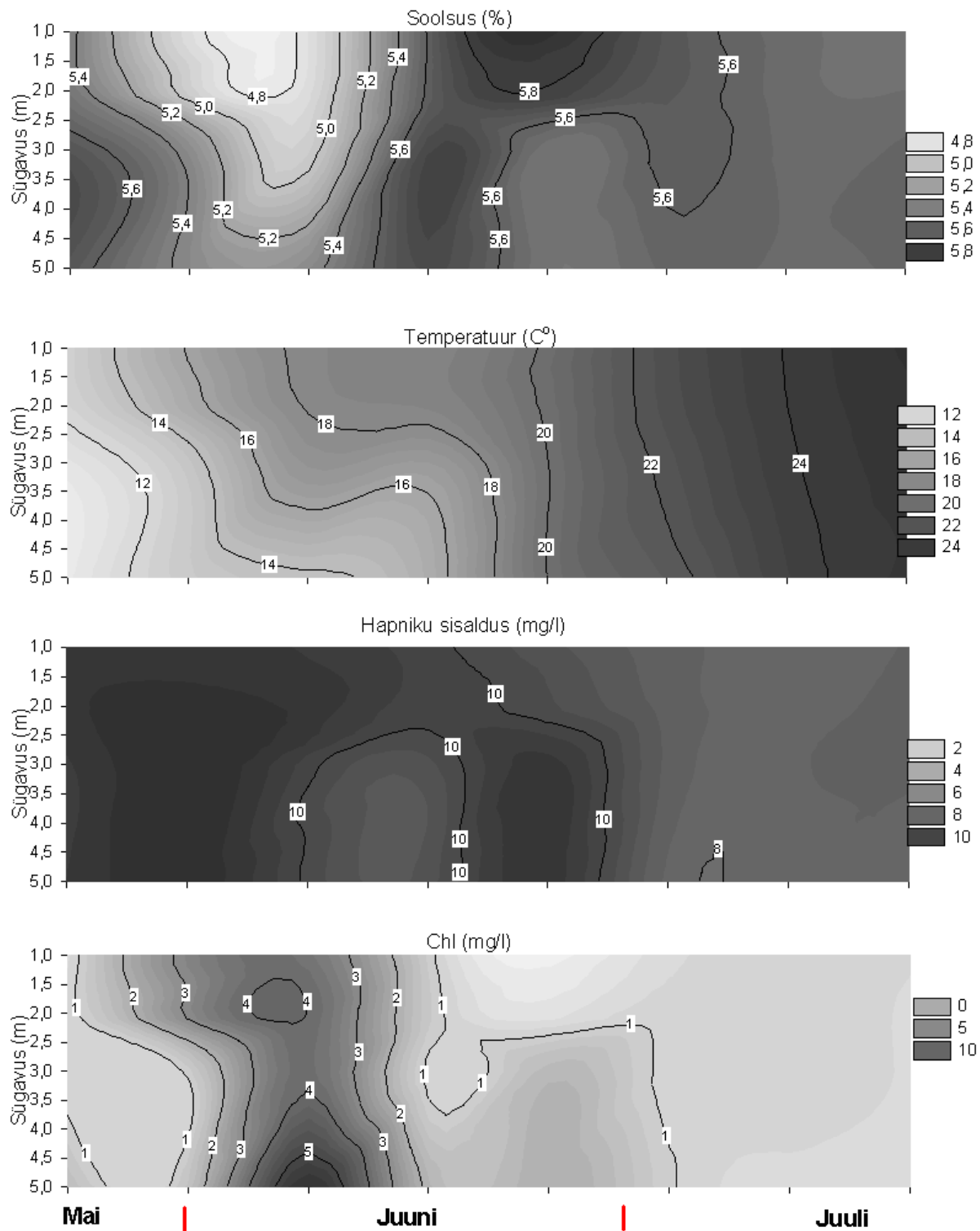
Veetemperatuur tõusis mai keskpaigast kuni juuli keskpaigani ühtlaselt. Mai keskel olid veetemperatuurid ca 10 kraadi ja juuli alguses >25 kraadi (joonis 3a-c). Palva mõõtmispunkt, kus vee sügavus ulatub 10. meetrini oli veetemperatuur juulis pinnalähedastes kihtides kaks korda soojem, kui põhjalähedastes veekihtides.

Hapnikusisaldus varieerus vahemikus 5.8-13.0 mg/l ning tunduvalt kõrgemad väärtused registreeriti esimestel reisidel (joonis 3a-c). Kuna tegemist on suhteliselt madala rannikumere piirkonnaga, kus veekihid on veepinnast põhjani hästi läbi segatud, siis selgelt välja joonistuvat hapniku hüppelist muutust vertikaalsel skaalal ei täheldatud.

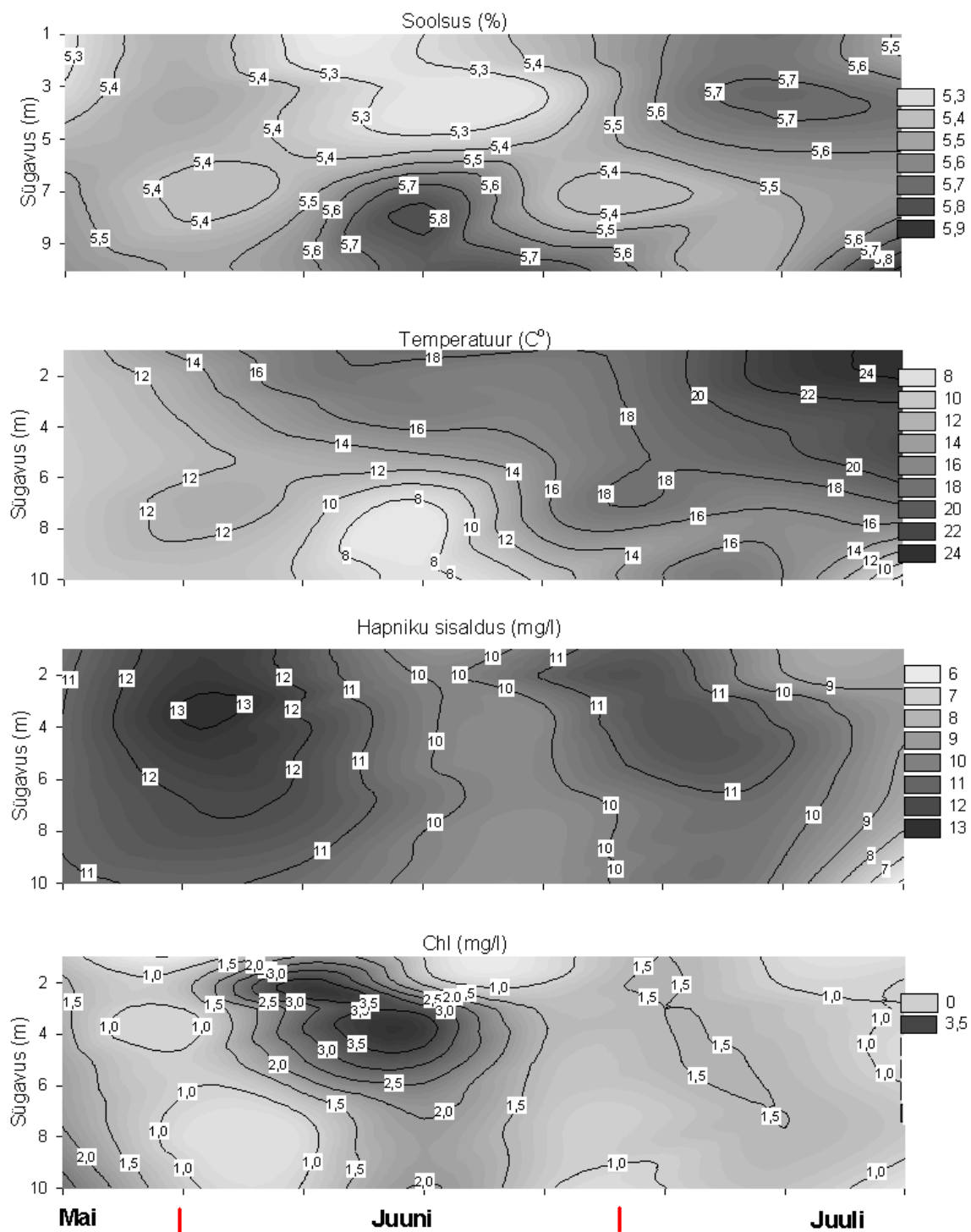
Chl *a* kontsentratsioon varieerus vahemikus 0.5-5.6 µg/l. Kui võrrelda Chl *a* väärtusi vertikaalsel skaalal, siis selgeid mustreid välja ei joonistunud ning selgesuunalist tendentsi Chl *a* kontsentratsioonides pinna ja põhja vahel ei ilmnenud (joonis 3a-c). Mõnevõrra suuremad Chl *a* väärtused ilmsid juuni lõpus lahe välisosas, võrrelduna lahe kesk- ja välisosaga.



Joonis 3a. CTD sondiga mõõdetud soolsuse, temperatuuri, hapnikusalduse ja klorofüll *a* sesoonse dünaamika vertikaalne profiil pinnast põhjani (0-5 m) Pärnu lahe põhjapoolses osas (Poi jaam) 2021.a.

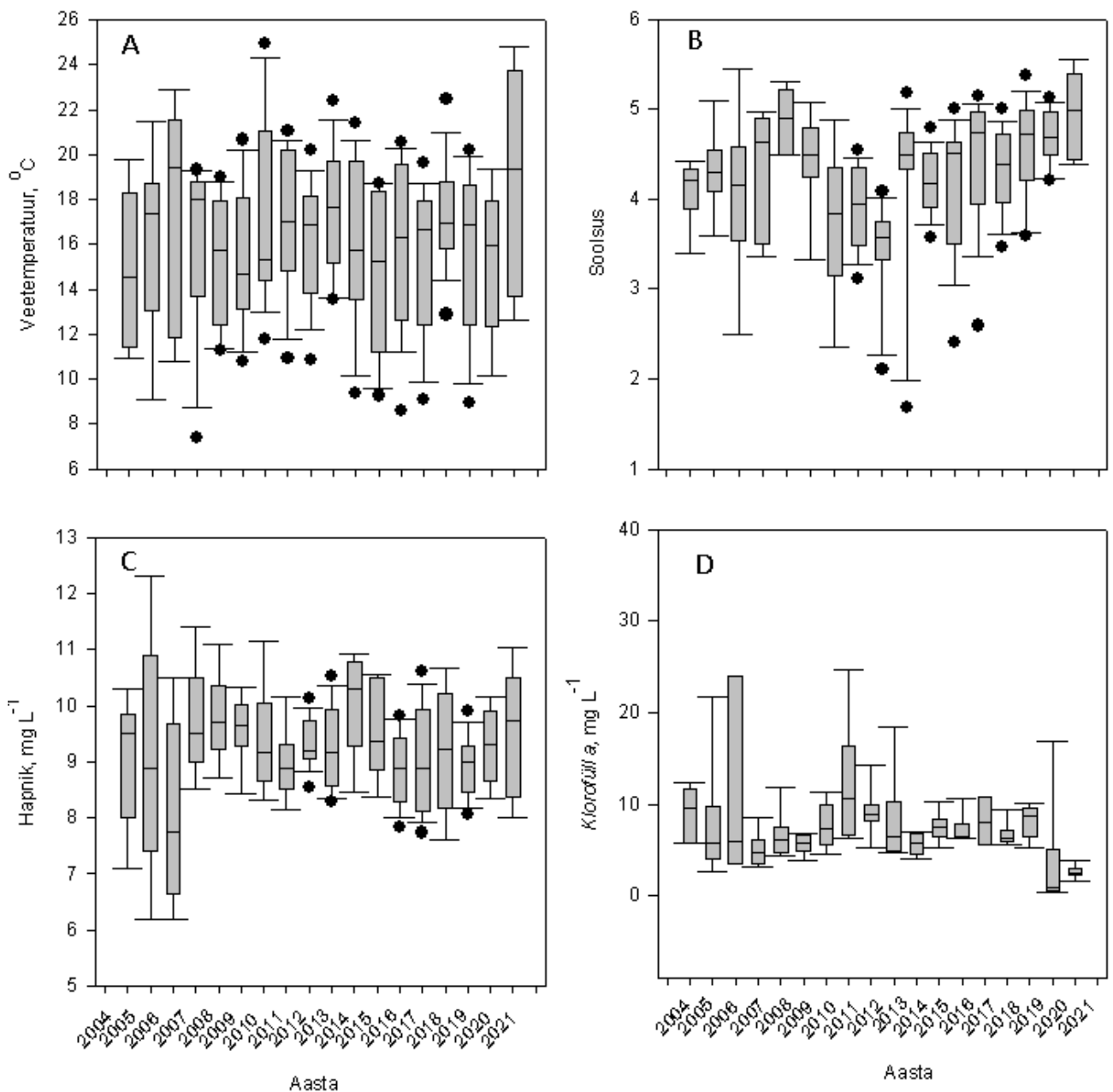


Joonis 3b. CTD sondiga mõõdetud soolsuse, temperatuuri, hapnikusisalduse ja klorofüll *a* sesoone dünaamika vertikaalne profiil pinnast põhjani (0-5 m) Pärnu lahes Sorgu jaamas 2021.a.



Joonis 3c. CTD sondiga mõõdetud sooluse, temperatuuri, hapnikusisalduse ja klorofüll *a* sesoonse dünaamika vertikaalne profiil pinnast põhjani (1-10 m) Pärnu lahes Palva jaamas 2021.a.

Pikaajalisel skaalal (2004-2021 a) toimunud muutusi iseloomustab ulatuslik aastatevaheline varieeruvus Poi jaamas (joonis 4A-D). Kõrgeim veetemperatuur registreeriti 2006. a (20.6 kraadi) ja jahedaim 2015. a (14.9 kraadi). Käesoleval, 2021. a oli veetemperatuur sarnane 2006. a. Perioodi kõige soolasem vesi kalavastsete arengu ajal registreeriti käesoleval, 2021. a (5.0) ja madalaim väärtus 2012. a (3.5). Hapniku sisaldus vees varieerus 7.7-10.3 mg L⁻¹ (2006. ja 2014. a, vastavalt). Klorofüll *a* mediaanväärtused kalendrinädalatel 18-30 varieerusid 1-11 mg L⁻¹, kus kõrgeim väärtus registreeriti 2011. a. ja madalaim käesoleval, 2021 a.

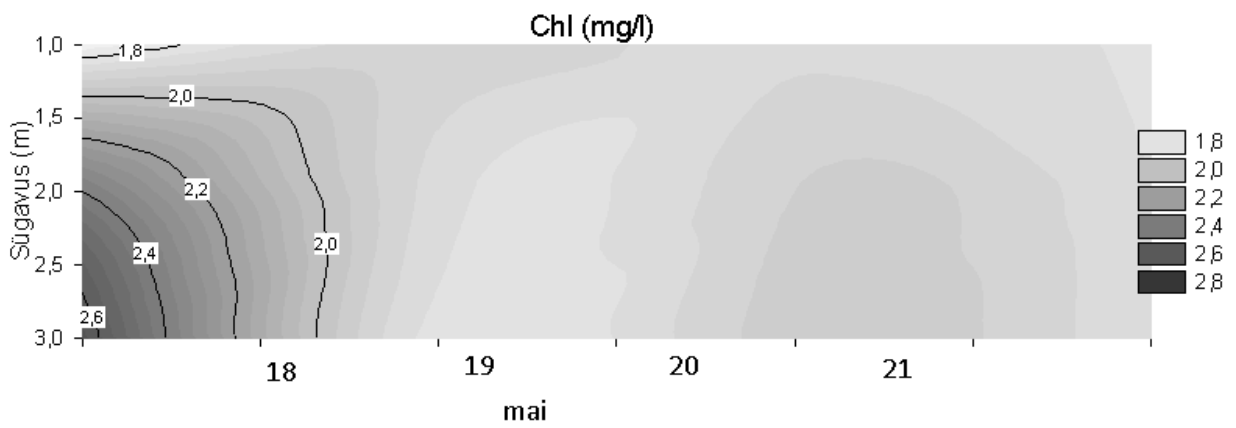
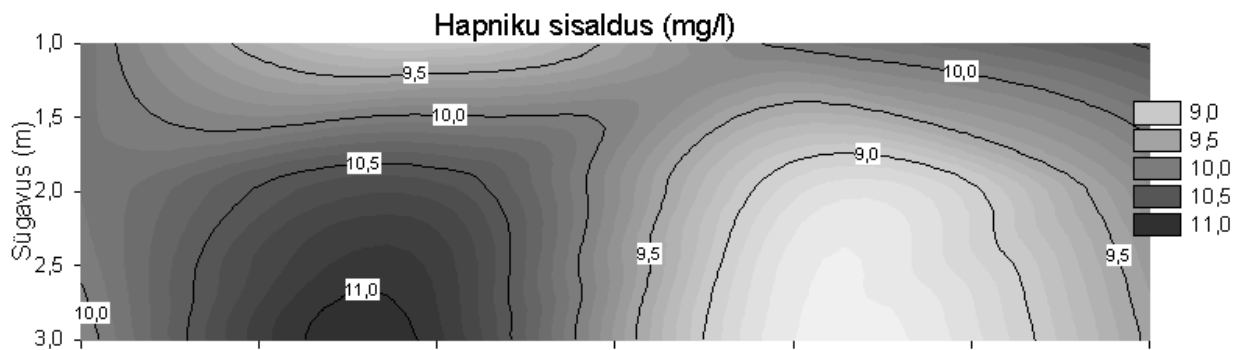
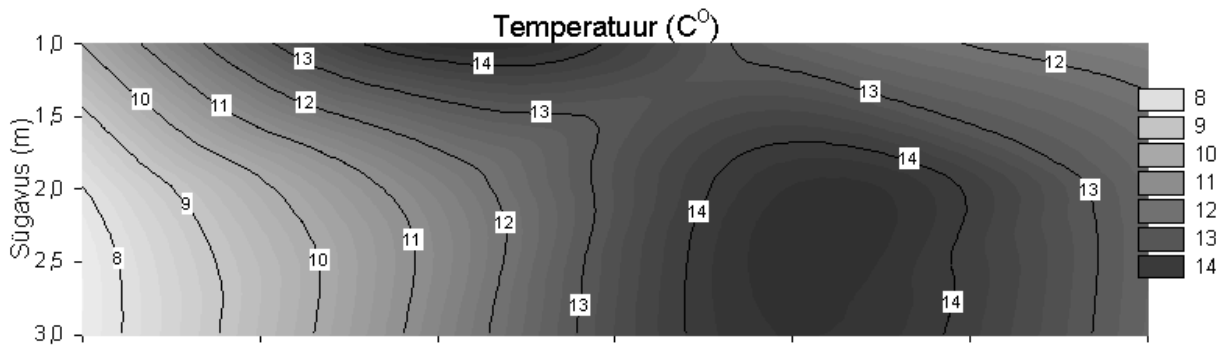
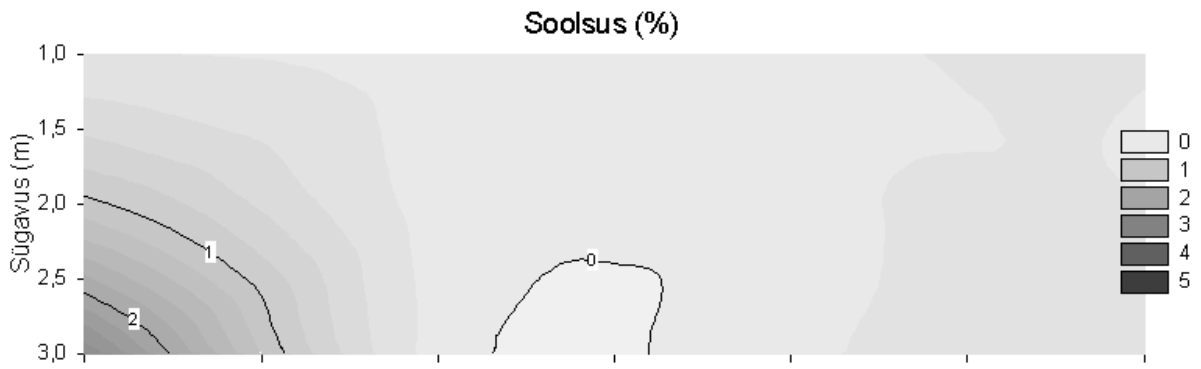


Joonis 4. CTD sondiga mõõdetud veetemperatuuri (A), soolsuse (B), hapniku (C) ja klorofüll *a* (D) mediaanväärtuste dünaamika 2004-2021 a. Pärnu lahe sopis (Poi mõõtmispunkt; vt palun joonis 1). Joonisel on mediaanväärtus kalendrinädalatel 18-30 koos 25- ja 75% persentilidega (hallid tulbad), 5-95 % usalduspiiridega (vuntsid) ja eksteemväärtustega (mustad täpid).

3.2. Eluta veekeskkonna dünaamika Pärnu jões meritindi koelmualadel

Meritindi vastsete turgutusaladel Pärnu jões mõõdeti kõikidel reisidel vee läbipaistvust ning jõevee pinnatemperatuuri, samuti sukeldati jaamas nr 2. CTD sondi (joonis 5).

Jõevee läbipaistvus oli 0.6-1.0 meetrit, mis on sarnane Pärnu lahesopile. Vee soolsus oli jõeale omaselt väga madal ning varieerus 0.1-2.7, sealjuures kõrgeim näit registreeriti 5 m sügavusel. Vee temperatuur meritindi vastsete esinemise ajal kasvas 7.6-14.4 °C ning hapniku sisaldus varieerus mõõtmisperioodil 8.6-10.9 mg/l. Chl *a* sisaldus varieerus jões vahemikus 1.7-2.7 µg/l.

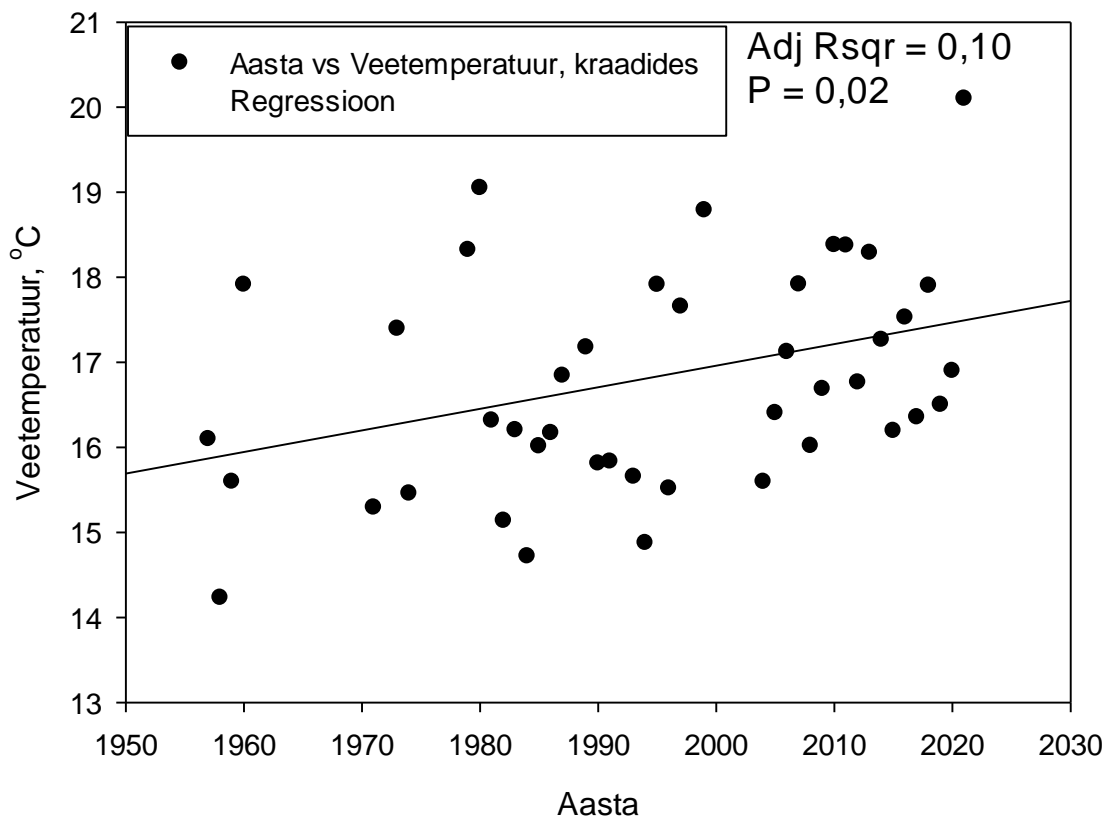
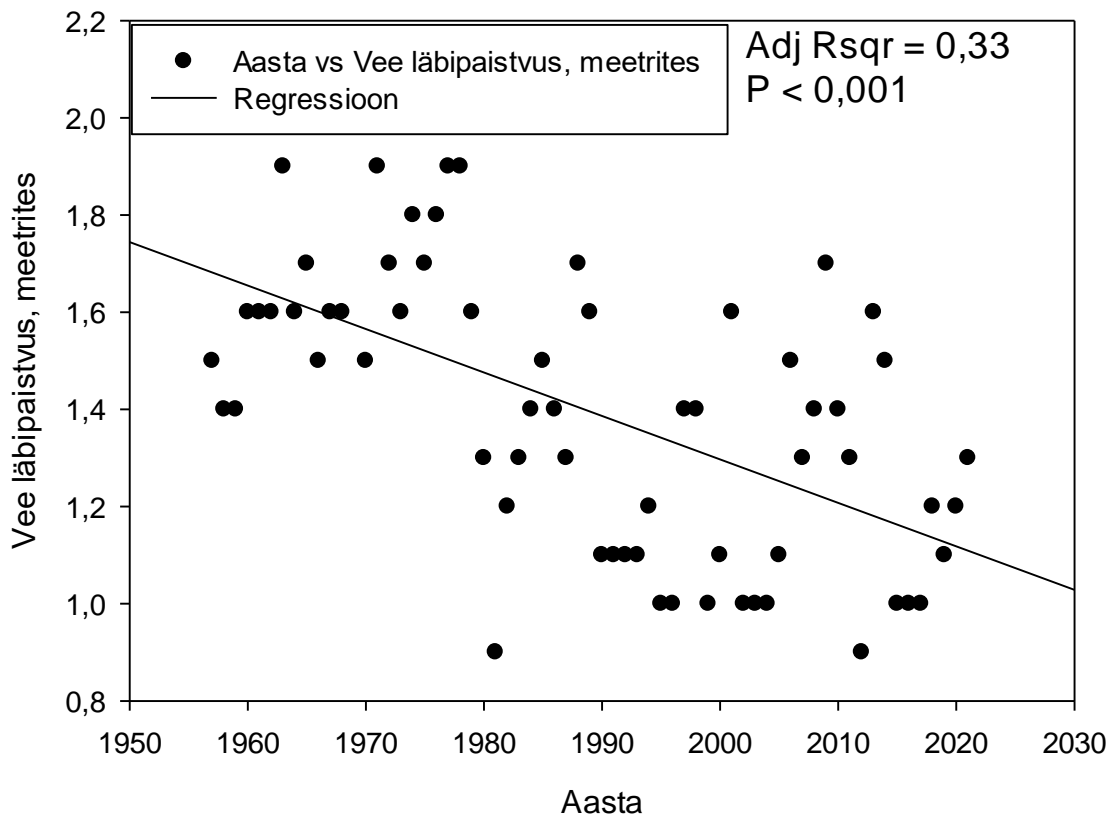


Joonis 5. CTD sondiga mõõdetud eluta keskkonna (soolsus, temperatuur, hapnik ja klorofüll a) sesoonne dünaamika nädalatel 18-21 (mai) Pärnu jões jaamas nr. 2 (vt. joonis 2) 2021. aastal.

3.3. Pikaajaline dünaamika

Pärnu lahe pinnavee läbipaistvus on pikaajalisel skaalal oluliselt varieerunud (0.9-2.1 m, pikaajaline keskmine 1.4 m), ning selles võib välja tuua järgnevad olulisemad muutused: (i) pikaajalisest keskmisest kõrgemad väärtused 1950-ndate aastate lõpust kuni 1970-ndate lõpuni, (ii) domineerivalt pikaajalisest keskmisest madalamad vee läbipaistvused alates 1980-ndatest tänapäevani, (iii) keskmisest oluliselt madalamad läbipaistvused viimasel seitsmel aastal, (iv) statistiliselt usaldusväärne langustrend alates 1957-2021 (joonis 6, ülemine).

Merevee pinnakihi keskmine temperatuur varieerus räimevastsete esinemise perioodil vahemikus 14.2-20.1 °C perioodil 1957-2021, kusjuures pikaajaline keskmine oli 16.7 °C. Veepinna temperatuur oli rekordiliselt kõrge 2021. a, mis mõjus negatiivselt räime kudemisele ja eelvastsete arengule.



Joonis 6. Pinnavee läbipaistvuse (mõõdetuna Secchi kettaga, ülemine joonis) ja veetemperatuur (alumine joonis) pikaajaline dünaamika ja lineaarne regressioon (regressioonikordaja Adj Rsqr ja usaldusnivoo P) Pärnu lahe viies mõõtmispunktis (Audru, Uulu, Poi, Tahku ja Liu) aastatel 1957-2021.

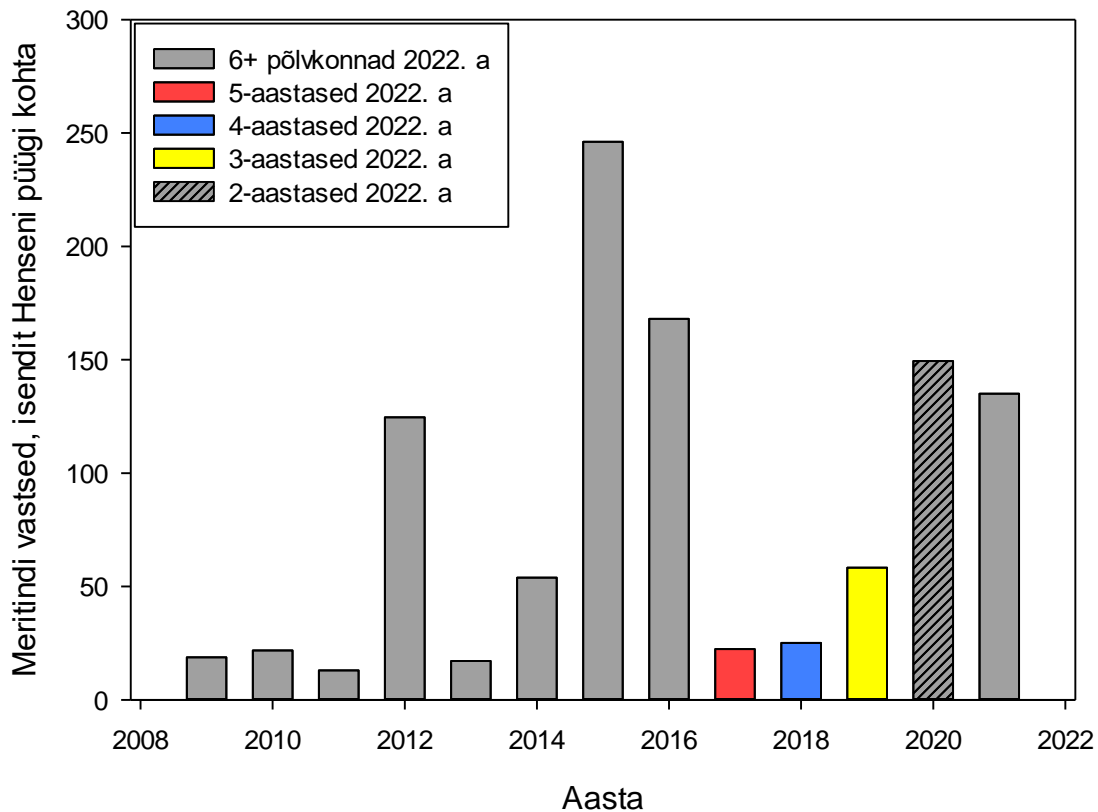
3.4. Kalavastsete liigiline koosseis

Henseni traalimistes esines 2021. a. järgmisi liike/taksoneid: räim (*Clupea harengus membras*), ahvenlased (koha *Sander lucioperca*, ahven *Perca fluviatilis* ja kiisk *Gymnocephalus cernuus*), mudil (*Pomatoschistus* spp.), väike tobias (*Ammodytes tobianus*), madunõel (*Nerophis ophidion*), meritint (*Osmerus eperlanus*). Arvukaim liik oli räim, sealjuures mudil oli mitmendat aastat järjest vähearvukas. Esimesel nädalal esines püügis räime ja meritindi vastseid, teisel reisil ilmusid püükidesse mudilad ja kolmandal nädalal ahvenlased. Ahvenlaste esinemine oli endiselt vähearvukas võrrelduna 2016. a eelneva perioodiga.

3.5. Meritindi vastsed Pärnu jões

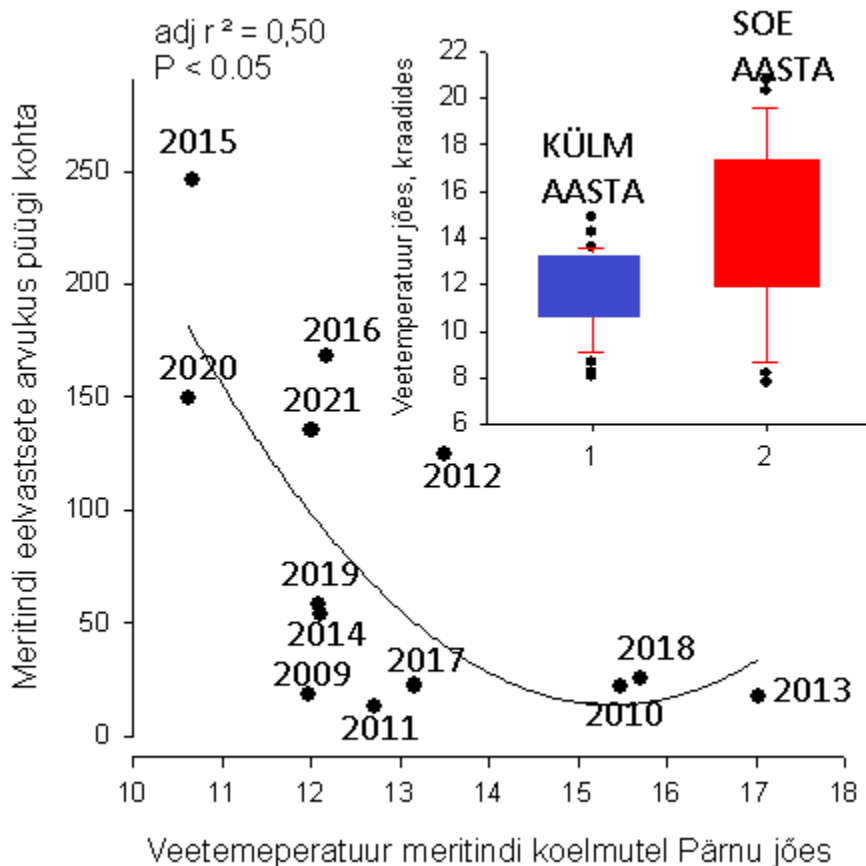
Alates 2009. a on meritindi eelvastsete arvukus varieerunud suurusjärgu võrra. Viimasel, 2021. a, oli meritindi vastsete arvukus kõrge ja võrreldav 2016. a koorunud põlvkonnaga, mis koos 2015. a. arvuka põlvkonnaga on toetanud viimasel neljal aastal suurenenud meritindi saake (joonis 7).

Viimasel viiel aastal koorunud põlvkondadest on vähearvukad 2017-18 a. Seevastu 2019. a alates on meritindi vastsete arvukused taas kasvanud, kuna veetemperatuur soojenes aeglaselt varakevadel ja soosis normaalset embrüonaalset arengut (joonis 8). Kui võrd 2022. a. meritindi saagid toetuvad tõenäoliselt valdavalt 2017-2019 a koorunud isenditel, tuleb arvestada, et nimetatud perioodil koorunud põlvkonnad on tõenäoliselt vähearvukad.



Joonis 7. Meritindi vastsete keskmine arvukus Pärnu jõe kolmes püügipunktis aastatel 2009-2021. Värvitud tulbad tähistavad 2022. a püükides esinevaid põlvkondi.

Veetemperatuuri ja meritindi eelvastsete arvukuse vahel ilmnes negatiivne mittelineaarne seos (joonis 8). Arvukamalt on eelvastseid esinenud püükides aastatel, kui veetemperatuur oli jahedam (nt 2015-2016 ja 2020-2021) ja vesi soojenes aeglasemalt koorumise ja eelvastsete leviku perioodil kalendrinädalatel 16-22. Madalama veetemperatuuriga aastatel oli eelvastsete merre kandumise ajal vesi statistiliselt usaldusväärsest külmem: mediaanväärtused 11.7 ja 14.3 kraadi (One-way ANOVA, $p < 0.01$, joonis 8). Välja saab tuua veel märkimisväärse suurema eelvastsete arvukuse ja selle kiire languse temperatuuridel 10-13 kraadi, misjärel on arvukus ühtlaselt madal temperatuuridel 13-17 kraadi.

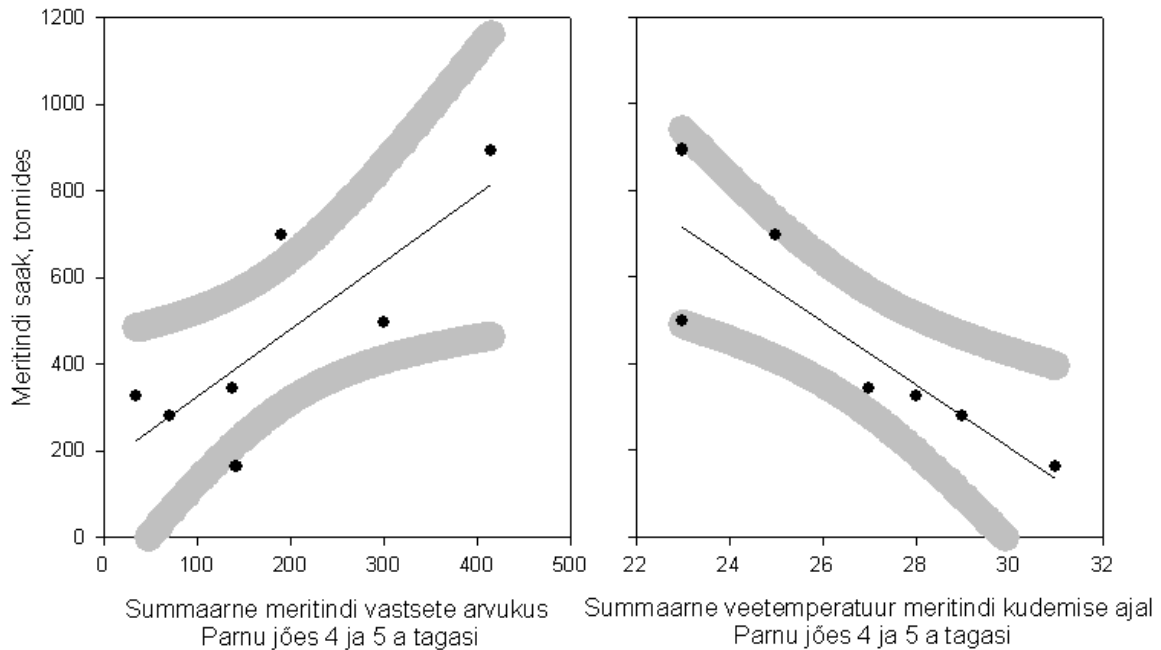


Joonis 8. Meritindi eelvastsete arvukuse ja veetemperatuuri vaheline mittelineaarne seos Pärnu jões 2009-2021. Väiksem paneel joonisel tähistab jahedama (sinine tulp) ja soojema (punane tulp) veetemperatuuriga aastaid meritindi eelvastsete arengu ajal. Sooja ja külma aasta piir jookseb 12-13 kraadi vahelt.

3.6. Meritindi saakide prognoosimine vastsete arvukuse ja veetemperatuuride alusel

Meritindi saakide suuruse ja Pärnu jõe koelmu- ja vastsete turgutusosaladelt 4. ja 5. a varem kogutud andmete vahel ilmnis kaks tugevat statistiliselt usaldusväärset seost (joonis 9). Neid seoseid rakendades saame anda esialgseid hinnanguid milliseks võiks kujuneda optimaalsed meritindi saagid, mis ei ohusta populatsiooni jätkusuutlikust. Eeldusel, et meritindi saakides domineerivad 4- ja 5-aastased isendid, leidsime, et meritindi kudemise ajal koelmutel mõõdetud veetemperatuuride keskmiste summa seostus negatiivselt meritindi saakide suurusega. Mida madalam oli veetemperatuur 4 ja 5. a tagasi, seda suuremad oli meritindi saagid (($n=7$, $Adj\ Rsqr=0.687$, $P<0.05$; $saak = 2384.583 - (72.535 * \text{veetemperatuur } 4 \text{ ja } 5 \text{ a tagasi})$). Teine tugev seos ilmnis meritindi vastsete arvukuse 4.

ja 5. a tagasi ning meritindi saakide vahel. Mida rohkem oli meritindi vastseid, seda suuremad olid meritindi saagid ($n=7$, $Adj\ Rsq=0.568$, $P<0.05$; $saak = 171.051 + (1.553 * vastsed\ 4\ ja\ 5\ a\ tagasi)$).

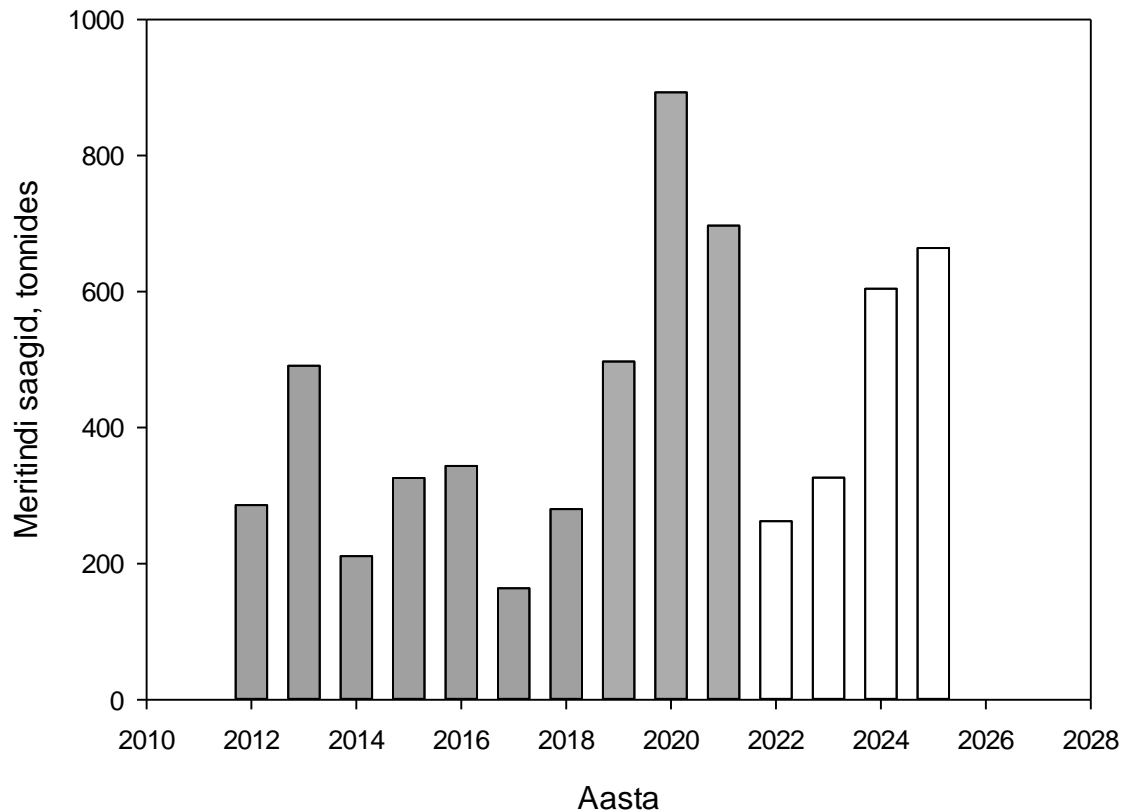


Joonis 9. Veetemperatuuri, meritindi vastsete arvukuse ja meritindi saakide vahelised seosed. Joonisel on lineaarne regressioon koos 95 % usalduspiiridega.

Rakendades kahte ülal toodud lineaarset seost, saame prognoosida meritindi saake järgnevatel aastatel kasutades statistiliselt usaldusväärseid regressiooni võrrandeid. Arvestada tuleb, et tegemist on prognoosiga, mis toetub kalandusest sõltumatutel indikaatoritel ja näitab, milline on parim jätkusuutlik ja teaduslikult põhjendatud saakide suurus aga mitte seda, kui suureks realselt saagid kujunevad. Arvestades meritindi püügis rakenduvat praktikat, sõltub saakide suurus lisaks varule ka ilmastikuoludest, so jää sulamisest ja triivjää liikumisest. Seega, tegelike, realiseeruvate saakide märkimisväärselt suuremaks kujunemine 2022-23 a ei pruugi teenida jätkusuutliku meritindi varude haldamise eesmärki ning märkimisväärselt suuremad saagid võivad viia varu vanustruktuuri seisule, kus see ei anna ökosüsteemi kandevõimet arvestavat maksimaalset võimalikku saaki.

Meritindi saake analüüvides näeme, et saagid on suurenenud ja püsinud kõrgena, kuid lähtuvalt 2017. ja 2018. a valitsenud ebasoodsatest kudetingimustest (vt palun joonis

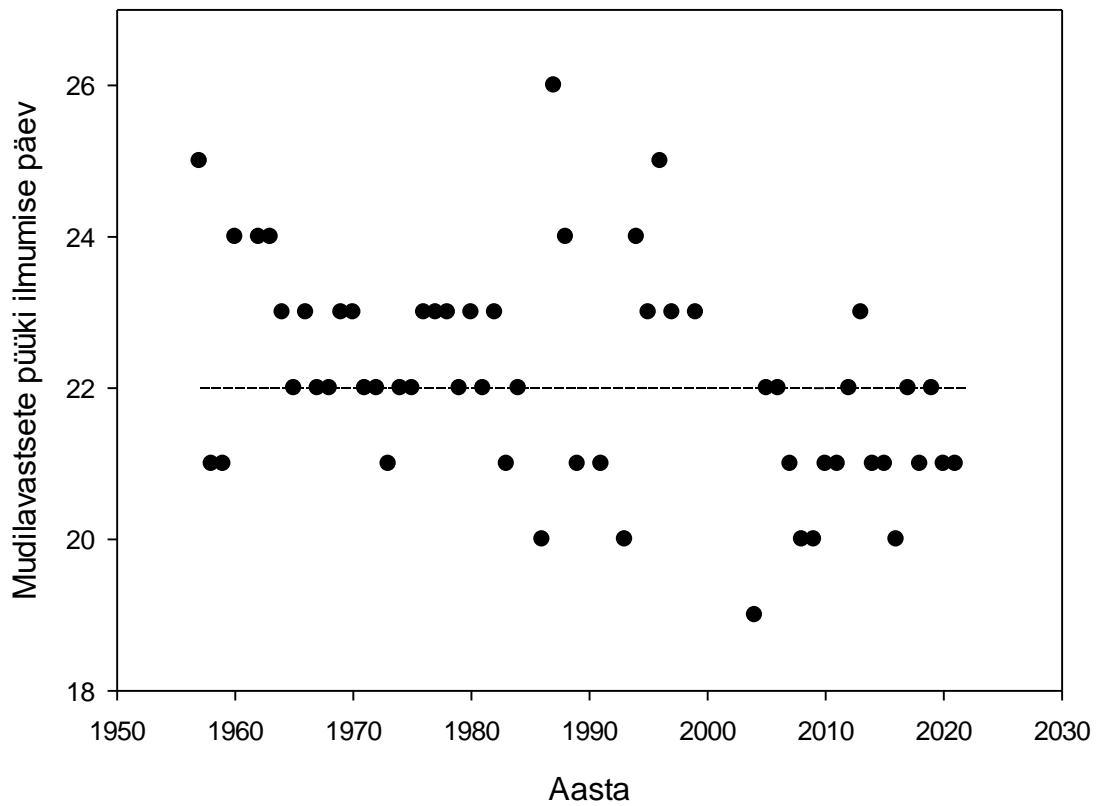
9) on tõenäoline saakide märkimisväärne langus, misjärel 2024. ja 2025. saagid taas suurenevad (joonis 10). Rakendades maksimaalset püügi intensiivsust 2022. ja 2023. a, nähtav varu taastumine ja saakide suurenemine 2024-25 aset ei leia.



Joonis 10. Meritindi saakide dünaamika 2012-2025. Tühjad tulbad on saakide prognoos 2022-2025 a, mis toetub meritindi kudemise (veetemperatuur ja vastsete arvukus) ja saakide vahelisel seosel perioodil 2010-2021 (vt joonis 9).

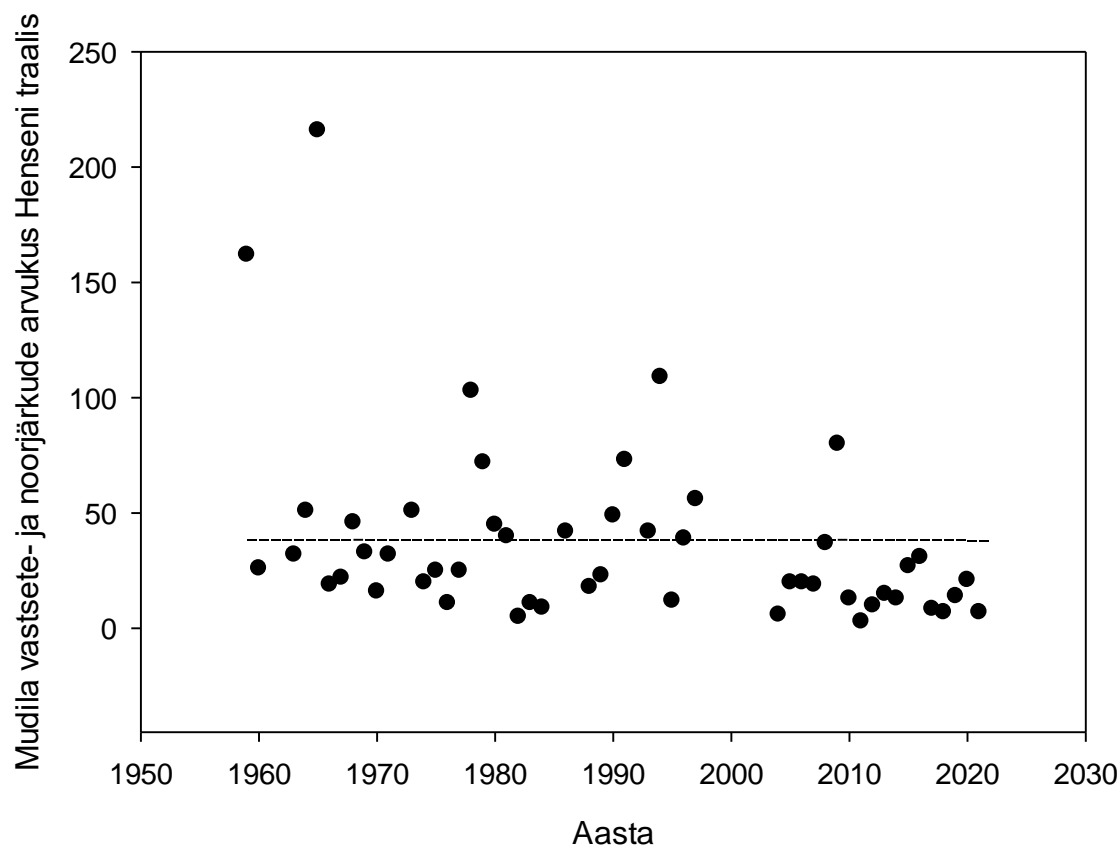
3.6. Mudila noorjärkude esmase ilmumise ja arvukuse pikaajaline dünaamika

Mudila vastsete koorumine ning esmane ilmumine Henseni traali püükidesse oli varaseim 2005. aastal (kalendri nädal 19) ning hilisem 1987. aastal (kalendri nädal 26), mis tähendab enam kui 1.5 kuu pikkust erinevust kudemises ja vastsete koorumises. Käesoleval aastal ilmusid mudila vastsed püükides 21. kalendri nädalal, mis on nädal varasem, kui pikaajaline keskmine (22. nädal, joonis 11).



Joonis 11. Mudila vastsete esmailmumise nädala pikaajaline dünaamika (must punkt) Henseni traali püükides Liivi lahe kirdeosas 1957-2021 koos pikajalise keskväärtusega (must punktiirjoon).

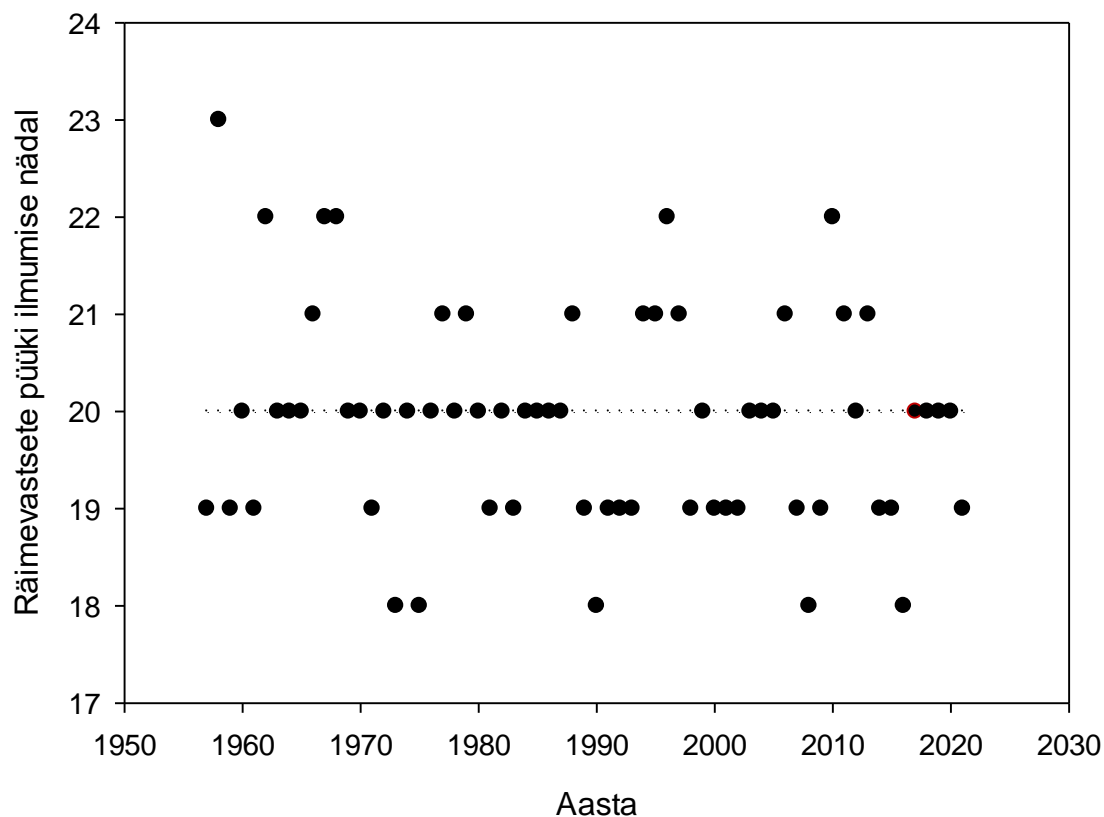
Mudilavastsete arvukus on pikaajalisel skaalal olnud väga varieeruv (joonis 12). Viimase kümne aastaga on arvukused olnud pikaajalisest keskmisest madalamad. Vaatamata eelmiste aastatega võrrelduna on mudilavastsete arvukus 2021. a. sarnases suurusjärgus.



Joonis 12. Mudila vastsete ja noorjärkude arvukuse mediaan-väärtuse (must punkt) pikaajaline dünaamika Pärnu lahes ja Liivi lahe kirdeosas aastatel 1959-2021 koos pikaajalise keskvaertusega (must punktiirjoon).

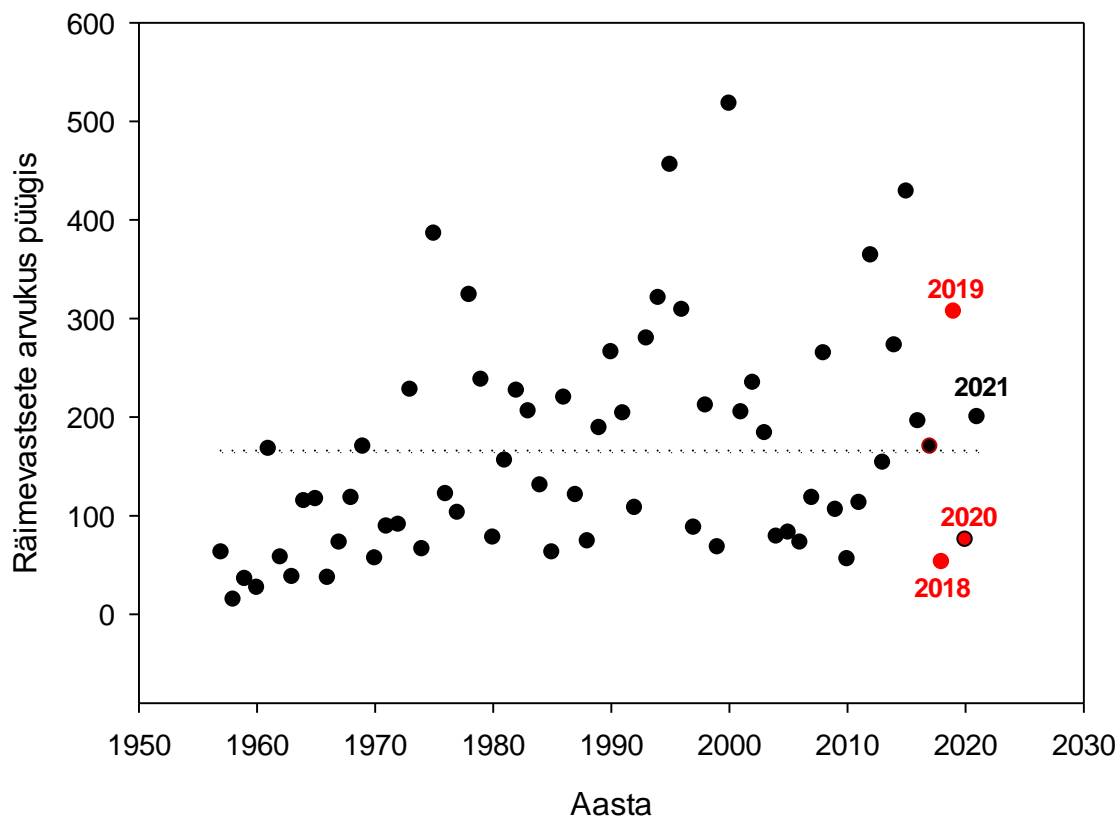
3.7. Räimevastsete esmase ilmumise ja arvukuse pikaajaline dünaamika

Räime kudumine ja -vastsete esmane ilmumine Henseni traali püükidesse varieerus enam kui kuu aega perioodil 1957-2021 (joonis 13). Kõige varasem vastsete koorumine leidis aset mai alguses, so 18. kalendri nädalal (1973, 1990, 2008, 2016) ning hilisem alles juuni alguses, so 23. kalendrinädal. Räimevastsetes ilmusid Henseni traali püüki 2021. a mai keskel, so 19. nädalal.



Joonis 13. Räimevastsete esmailumise (must ring) nädala dünaamika Henseni traali püükides Liivi lahe kirdeosas 1957-2021 koos pikajalise keskmisega (must punktiirjoon).

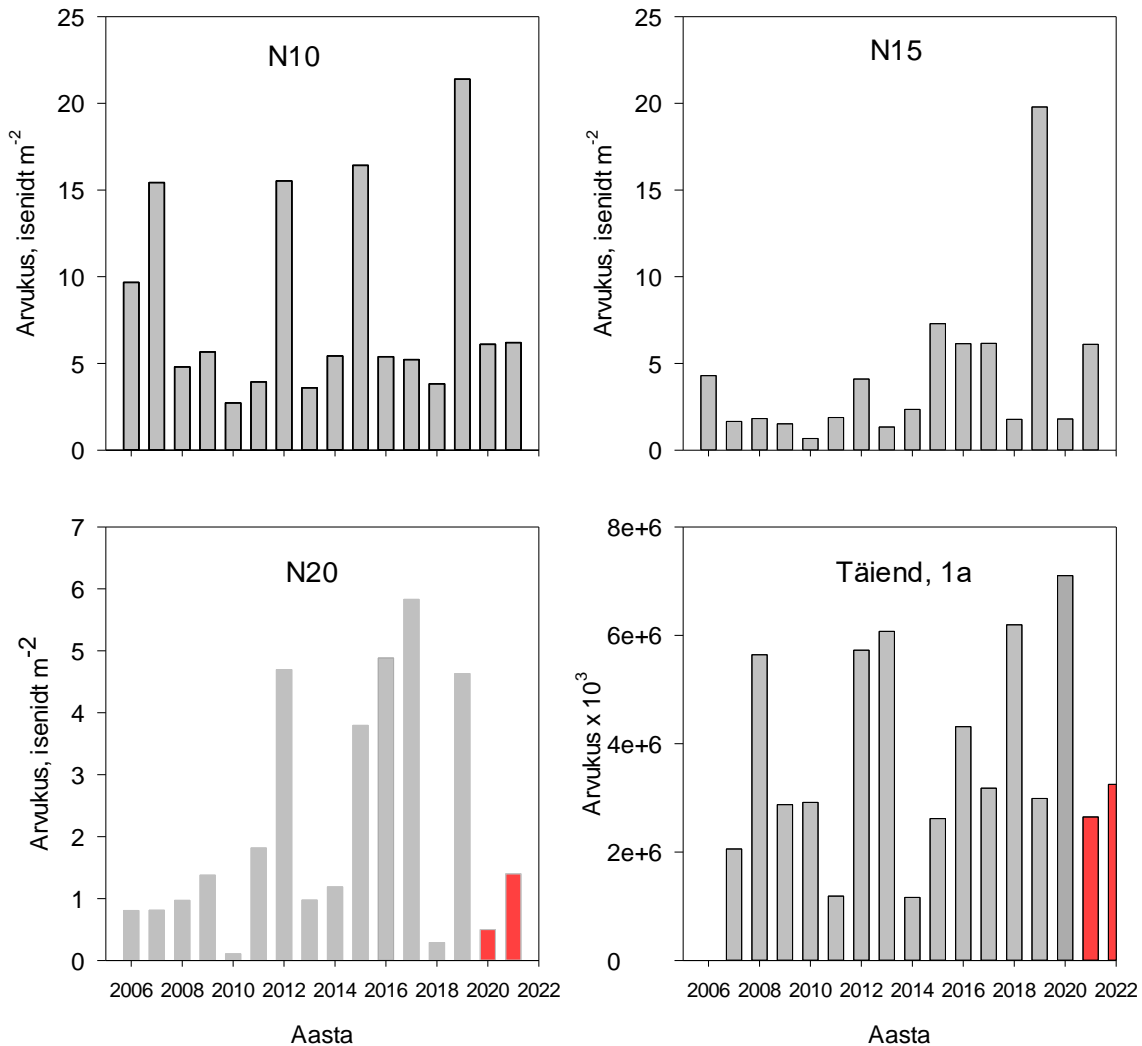
Räimevastsete arvukus oli pikaajalisel skaalal suhteliselt madalam 1950- ja 1960-ndatel, millele järgnes arvukuse varieeruvuse suurenemine ja pikaajalisest keskmisest kõrgemate arvukuste sagedam esinemine 1970-ndail aastail (joonisel 14). Käesoleval, 2022. aastal hakkavad Liivi lahe kevadkuderäime saagid tõenäoliselt baseeruma 2-5 aastastel isenditel, st põlvkonnad mis koorusid vastavalt 2017-2020 aastal. Möödunud, 2021. a, oli räimevastsete arvukus keskmisest pisut kõrgem, kuid arvestades varajast temperatuuri tõusu ja kõrgeid veetemperatuuri väärtusi, siis arvukat põlvkonda sealt areneda ei pruugi.



Joonis 14. Räimevastsete arvukuse dünaamika aastatel 1957-2021 (must punkt) koos pikaajalise keskmisega (must punktiirjoon). Punased täpid tähistavad käesoleval, 2022. aastal Liivi lahe räimesaakides domineerivaid põlvkondi (2-4 aastased isendid).

3.8. Räimevastsete arvukuse dünaamika erinevates arengustaadiumites ja seos täiendiga

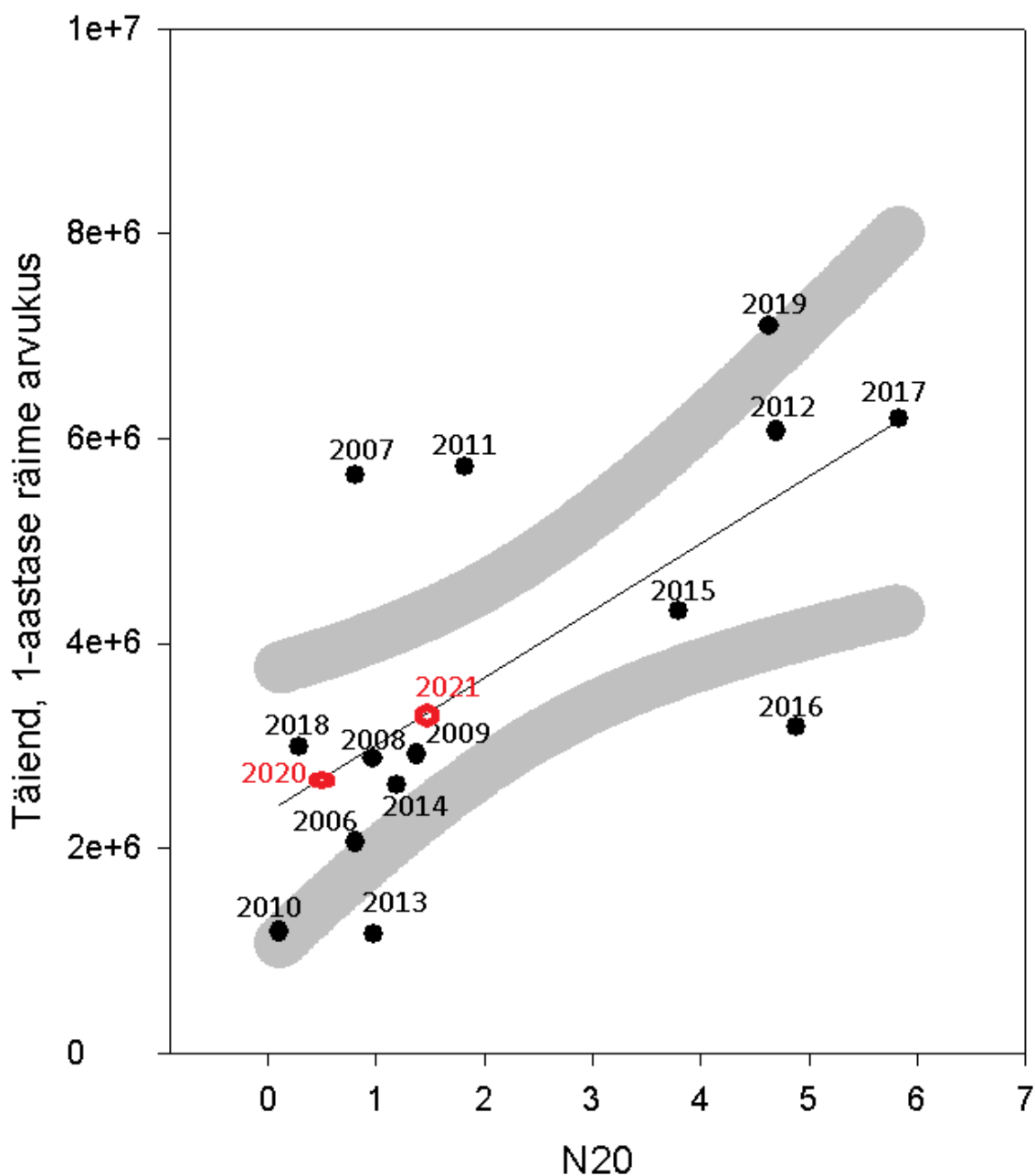
Räime põlvkonna arvukuse kujunemise seisukohalt on oluline vaadelda suurte (N20), st kriitilise, aktiivsele toitumisele ülemineku etapi läbinud räimevastsete arvukuse dünaamikat (joonis 15). Suurte räimevastsete arvukus oli madalam 2020. a võrrelduna 2021. a. Seevastu 2019. a oli suuri räimevastseid arvukalt, mis realiseerus räimesaakides juba 1-aastaste kaladena 2020. ja 2-aastaste isenditena 2021. a.



Joonis 15. Erinevas arengustaadiumis räimevastsete arvukuse indeks (2006-2021) ruutmeetri kohta ja Liivi lahe kevadräime räime täiendi (1-aastaste kalade) arvukus 2007-22 aastal. Punased tulbad (N20) tähistavad räimevastsete arvukusi, millelt on prognoositud käesoleva aastal realiseeruv täiendi arvukus (punasega).

Nagu möödunud ja ülemöödunud aasta aruandes kirjutasime, viitab 2019. a kõrge N20 väärtus väga arvukale kevadräime põlvkonnale (joonis 15, 16), mis realiseerus vastavalt prognoosidele 2020. ja 2021 a Liivi lahe suurenenud räimesaakides. Realiseerunud 2019. a koorunud räimevastsete moodustasid 2021. a Liivi lahe kevadräime traalpüügi saakides 40.7 % 2-aastaste isenditena. Seevastu 1- ja 3-aastaseid räimi oli Liivi lahe traalpüügi saakides 2021. a vähe (12-13 %), mis seostub samuti kenasti räimevastsete arvukusega ja

selle põhjal antud prognoosiga. N20 ja Liivi lahe kevadräime täiendi vahel oli statistiliselt usaldusväärne seos ($n=14$, $Adj\ R_{sqr}=0.399$, $F=9.613$, $P<0.01$; $HA1 = 2351836.833 + (655796.575 * N20)$). Liivi lahe räime täiend 2021. a, N20 pikkusrühma kuuluvate räimevastsete arvukuse alusel prognoosides, on 2679735×10^3 isendit (joonis 16) ehk keskmine põlvkond. Seega on oodata, et on kujunemas kaks järjestikust vähearvukat põlvkonda (2020 ja 2021), mille kõrval 2019. a põlvkond 2022. a saakides domineerib. Liivi lahe räime saakide potentsiaal 2022-23 a, kus 2019. a väga arvukas põlvkond hakkab ammenduma ja 2020. a ja 2021. a koorunud põlvkonnad võivad sõltuvalt talve karmusest kujuneda keskmiseks või vähearvukaks, on tõenäoline Liivi lahe kevadkuderäime kudekarja biomassi ja saakide stabiliseerumine või koguni langus.



Joonis 16. Kriitilise eluetapi läbinud räimevastsete (N20) seos Liivi lahe kevadkuderäime täiendi arvukusega (1-aastased kalad, nihutatud aasta ettepoole kattumaks räimevastsete koorumise ajaga) vaheline seos 2006-2019 a. Punasega on tähistatud Liivi lahe kevadräime põlvkonnad, mis koorusid 2020. ja 2021. a ja on 1-aastased 2021 ja 2022 a, vastavalt. Nendel aastatel realiseerunud 1-aastaste räimede arvukust aruande esitamise hetkeks veel teada ei ole ja on arvatud statistiliselt usaldusväärsest seose regressioonilt. Arvud

punktide kohal tähistavad põlvkonna koorumise aastat (nö vastse aastat). Joonisel on toodud lineaarne regressioon koos 95 % usaldusnivooga (hallid jooned).

4. Kokkuvõte

Keskkonningimused Pärnu lahes olid 2021. a erakordsed. Pinnalähedaste veekihtide temperatuur räimevastsete esinemise ajal kerkis rekordiliselt kõrgeks, mis muutis räimevastsete leviku perioodi rekordiliselt lühikeseks – räimevastsete kadusid püükidest juuli alguses. Vesi oli samuti rekordiliselt kõrge oma soolsuse poolest ja madal oma algproduktiooni (chl a) näitajalt. Seevastu kevadised hüdrooloogilised olud meritindi kudemise ja vastsete leviku ajal olid liigile taas soodsad, st vesi piisavalt jahe ja vastseid arvukalt, mis tähendab et 3-4 a pärast võiks meritindi saagid taas suurened.

Räime varu täiendi (1-aastaste isendite arvukus) seisukohast peetakse oluliseks vaid suurte (N20), st kriitilise elustaadiumi läbinud vastsete arvukust. Selliste räimevastsete arvukus oli 2020. a väga madal ja 2021. a alla keskmise. Prognoosi realiseerumine tähendaks, et käesoleval aastal ja tuleval aastal lisandub Liivi lahe räime kudekarja ja saakidesse keskmise või madala arvukusega põlvkonnad. See omakorda tähendab viimastel aastatel suurenenud kudekarja ja saakide pidurdumist ja liigintensiivse püügisurve korral, kudekarja vähenemist. Seevastu, erakordselt arvukas 2019. a koorunud põlvkond sarnases mahus, kui varasematel aastatel, 2022. a saakides ei kontributeeri. Kuna N20 seostub statistiliselt usaldusväärsest räime täiendiga järgneval aastal, siis on see hetkel meie ainus teadmine 2022. a räime saakides esinevate 1-aastaste kalade kohta. Meenutades 2020. ja 2021. a räimesaake Liivi lahes, siis sellest ligemale poole moodustasid 2019. a koorunud 1-aastased räimed, mis vastas ka väga arvukale N20 väärtusele.

Meritindi saagid suurenesid järk-järgult perioodil 2016-2020 ja olid kõrged ka 2021. a. Eelduse meritindi saakide suurenemiseks löid soodsad kudemise- ja embrüonaalse arengu tingimused 2015-16 a, kui vesi oli piisavalt jahe ja koorus arvukalt meritindi vastseid. Rakendades kahte lineaarset seost saame prognoosida meritindi saake järgnevatel aastatel. Arvestada tuleb, et tegemist on prognoosiga, mis toetub kalandusest sõltumatutel indikaatoritel ja näitab, milline on parim jätkusuutlik ja teaduslikult põhjendatud saakide

suurus ja mitte seda, kui suureks saagid tegelikult kujunevad. Arvestades meritindi püügi eripäraga, sõltub saakide suurus lisaks varule ka ilmastikuoludest, *so jää sulamisest ja triivjää liikumisest*. Seega, tegelike, realiseeruvate saakide prognoosist märkimisväärselt suuremaks kujunemine 2022-23 a ei pruugi teenida jätkusuutliku meritindi varude haldamise eesmärki ning märkimisväärselt suuremad saagid võivad viia varu vanustruktuuri seisuga, kus see ei anna ökosüsteemi kandevõimet arvestavat maksimaalset võimalikku täiendit ja saaki.

Meritindi saake analüüsid näeme, et saagid on suurenenud ja püsinud kõrgena, kuid lähtuvalt 2017. ja 2018. a valitsenud ebasoodsatest kudetingimustest (vt palun joonis 9) on tõenäoline saakide märkimisväärne langus, misjärel 2024. ja 2025. saagid taas suurenevad (joonis 10). Rakendades maksimaalset püügi intensiivsust soodsates jääoludes järgneval kahel aastal, toimub nähtav varu langus ja prognoositud saakide suurenemine 2024-25 aset ei leia.

Pärnu lahe 1- ja 2-aastasele kohale oluliseks toiduobjektiks olevate mudilavastsete ja -noorjarkude arvukus oli taas 2021. a pikaajalisest keskmisest tunduvalt madalam ja ilmumine püükidesse varasem, mis loob kasinad tingimused arvuka koha järglaskonna tekkel. Mudilavastsete esmailmumine püükidesse on kogu uurimisperioodi vältel varieerunud enam kui kuu aega (4 nädalat), kusjuures 2020. aastal oli mudila vastsete püükidesse ilmumise nädal varasem pikaajalisest keskmisest.

5. Kasutatud kirjandus

Oeberst, R., Klenz, B., Grohsler, T., Dickey-Collas, M., Nash, R. D. M., Zimmermann, C. 2009. When is year-class strength determined in western Baltic herring? *ICES Journal of Marine Science*, 66: 1667–1672.

ICES. 2021. Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS). *ICES Scientific Reports*. 3:53. 717 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.8187>

6. LISA

Lisa 1. Merereiside toimumise aeg ning registreeritud andmestik 2021. a.

| Kpv | Jaam | Tuul:tug m/s. & suund | Secchi (m) | Temp °C pind | Hensen (H) kellaeg |
|-----------|-----------|-----------------------------|---------------|-----------------|--------------------------|
| 20.5.2021 | Audru | 6-8NW | 1.2 | 12.5 | 8:51 |
| 20.5.2021 | Liu | 6-8NW | 1.6 | 12.5 | 9:43 |
| 20.5.2021 | Tahku | 6-8NW | 1.8 | 12.0 | 10:29 |
| 20.5.2021 | Uulu | 6-8NW | 1.6 | 12.6 | 11:40 |
| 25.5.2021 | Poi | 6-8NW | 1.6 | 12.4 | 11:10 |
| 25.5.2021 | Audru | 3SE | 0.9 | 12.6 | 9:18 |
| 25.5.2021 | Liu | 3SE | 1.6 | 12.5 | 9:56 |
| 25.5.2021 | Sorgu | 3SE | 2.4 | 11.5 | 10:27 |
| 25.5.2021 | Kihnu | 3SE | 2.2 | 9.8 | 11:08 |
| 25.5.2021 | Palva | 3SE | 2.0 | 11.2 | 11:39 |
| 25.5.2021 | Timmkanal | 3SE | 0.7 | 12.5 | 12:18 |
| 25.5.2021 | Tahku | 3SE | 1.4 | 12.6 | 12:57 |
| 25.5.2021 | Uulu | 3SE | 1.2 | 12.8 | 13:29 |
| 3.6.2021 | Poi | 3SE | 0.8 | 13.2 | 13:50 |
| 3.6.2021 | Audru | 2N | 1.0 | 14.0 | 10:55 |
| 3.6.2021 | Liu | 2N | 1.4 | 14.0 | 11:31 |
| 3.6.2021 | Sorgu | 2N | 1.6 | 13.0 | 12:00 |
| 3.6.2021 | Kihnu | 2N | 1.9 | 13.6 | 12:34 |
| 3.6.2021 | Palva | 2N | 1.8 | 12.4 | 13:03 |
| 3.6.2021 | Timmkanal | 2N | - | 12.6 | 13:37 |
| 3.6.2021 | Tahku | 2N | - | 13.8 | 14:21 |
| 3.6.2021 | Uulu | 2N | - | 16.2 | 14:52 |
| 7.6.2021 | Poi | 2N | - | 16.0 | 15:11 |
| 7.6.2021 | Audru | 4-6NW | 1.4 | 19.5 | 12:22 |
| 7.6.2021 | Liu | 4-6NW | 1.6 | 20.1 | 12:54 |
| 7.6.2021 | Sorgu | 4-6NW | 2.0 | 19.6 | 13:22 |
| 7.6.2021 | Kihnu | 6NW | 2.8 | 18.8 | 13:57 |
| 7.6.2021 | Palva | 6NW | 2.5 | 18.2 | 14:26 |
| 7.6.2021 | Timmkanal | 6-8NW | 2.0 | 17.6 | 14:58 |
| 7.6.2021 | Tahku | 6-8NW | 1.6 | 19.4 | 15:45 |
| 7.6.2021 | Uulu | 6-8NW | 1.2 | 19.4 | 16:10 |
| 17.6.2021 | Poi | 6-8NW | 1.2 | 19.2 | 16:29 |
| 17.6.2021 | Audru | 2-4S | 0.5 | 18.6 | 8:47 |
| 17.6.2021 | Liu | 2-4S | 1.1 | 17.5 | 9:25 |
| 17.6.2021 | Sorgu | 2-4S | 1.9 | 17.5 | 9:53 |
| 17.6.2021 | Kihnu | 2-4S | 2.0 | 16.1 | 10:30 |
| 17.6.2021 | Palva | 2-4S | 2.0 | 18.1 | 10:58 |

| Kpv | Jaam | Tuul:tug m/s. & suund | Secchi (m) | Temp °C pind | Hensen (H) kellaaeg |
|-----------|-----------|-----------------------------|---------------|-----------------|---------------------------|
| 17.6.2021 | Timmkanal | 2-4S | 1.4 | 18.6 | 11:34 |
| 17.6.2021 | Tahku | 2-4S | 1.1 | 18.8 | 12:17 |
| 17.6.2021 | Uulu | 2-4S | 0.6 | 19.8 | 12:45 |
| 22.6.2021 | Poi | 2-4S | 0.5 | 19.8 | 13:04 |
| 22.6.2021 | Audru | 4-6SW | 1.0 | 25.2 | 11:42 |
| 22.6.2021 | Liu | 4-6SW | 1.0 | 25.5 | 12:13 |
| 22.6.2021 | Sorgu | 4-6SW | 1.2 | 24.7 | 12:42 |
| 22.6.2021 | Kihnu | 2-4SW | 2.0 | 24.4 | 13:16 |
| 22.6.2021 | Palva | 2-4SW | 2.2 | 23.6 | 13:44 |
| 22.6.2021 | Timmkanal | 2-4SW | 1.6 | 24.6 | 14:26 |
| 22.6.2021 | Tahku | 2-4SW | 1.6 | 24.8 | 15:09 |
| 22.6.2021 | Uulu | 2-4SW | 1.0 | 25.6 | 15:35 |
| 30.6.2021 | Poi | 2-4SW | 1.0 | 25.7 | 16:09 |
| 30.6.2021 | Audru | 2-4S | 1.2 | 24.2 | 12:26 |
| 30.6.2021 | Liu | 2-4S | 2.2 | 23.5 | 12:54 |
| 30.6.2021 | Sorgu | 2-4S | 2.2 | 23.3 | 23:24 |
| 30.6.2021 | Kihnu | 2-4SW | 2.0 | 23.6 | 14:01 |
| 30.6.2021 | Palva | 2-4SW | 2.0 | 23.6 | 14:27 |
| 30.6.2021 | Timmkanal | 2-4SW | 1.6 | 23.9 | 15:08 |
| 30.6.2021 | Tahku | 4-6SW | 1.0 | 24.0 | 15:47 |
| 30.6.2021 | Uulu | 4-6SW | 1.0 | 24.2 | 16:14 |
| 7.7.2021 | Poi | 4-6SW | 0.8 | 24.1 | 16:32 |
| 7.7.2021 | Audru | 5-6SW | 0.7 | 24.9 | 12:13 |
| 7.7.2021 | Liu | 5-6SW | 1.4 | 24.8 | 12:43 |
| 7.7.2021 | Sorgu | 5-6SW | 1.7 | 24.7 | 13:14 |
| 7.7.2021 | Kihnu | 5-6SW | 2.0 | 24.7 | 13:58 |
| 7.7.2021 | Palva | 5-6SW | 2.2 | 24.7 | 14:27 |
| 7.7.2021 | Timmkanal | 5-6SW | 1.6 | 24.8 | 15:03 |
| 7.7.2021 | Tahku | 5-6SW | 1.0 | 24.9 | 15:40 |
| 7.7.2021 | Uulu | 5-6SW | 0.9 | 25.3 | 16:08 |
| 14.7.2021 | Poi | 5-6SW | 0.7 | 25.5 | 16:29 |
| 14.7.2021 | Audru | 2-4N | 0.8 | 28.1 | 13:11 |
| 14.7.2021 | Liu | 2-4N | 1.8 | 28.4 | 13:40 |
| 14.7.2021 | Sorgu | 2-4N | 1.8 | 27.7 | 14:09 |
| 14.7.2021 | Kihnu | 2-4N | 2.4 | 27.2 | 14:45 |
| 14.7.2021 | Palva | 2-4N | 2.9 | 27.0 | 15:15 |
| 14.7.2021 | Timmkanal | 2-4N | 2.5 | 27.0 | 15:54 |
| 14.7.2021 | Tahku | 2-4N | 1.3 | 27.1 | 16:33 |
| 14.7.2021 | Uulu | 2-4NE | 1.0 | 27.9 | 17:02 |
| 14.7.2021 | Poi | 2-4NE | 1.1 | 28.8 | 17:22 |

Tabel 3. Pärnu jõel teostatud meritindi vastsete püükide kuupäevad koos taustainfoga.

| Kuupäev | Jaam | Tuul:tug m/s. & suund | Hensen (H) kellaeg | Secchi (m) | Temp °C pind |
|----------------|-------------|--|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 5.5.2021 | Lihakas | 7-9SE | 11:48 | 0.8 | 8.0 |
| 5.5.2021 | Sild | 7-9SE | 12:09 | 1 | 8.0 |
| 5.5.2021 | Reiu | 7-9SE | 12:32 | 1 | 8.2 |
| 11.5.2021 | Lihakas | 4-6S | 13:05 | 0.6 | 13.0 |
| 11.5.2021 | Sild | 4-6S | 13:24 | 0.6 | 13.2 |
| 11.5.2021 | Reiu | 4-6S | 13:49 | 0.8 | 13.6 |
| 20.5.2021 | Lihakas | 6-8NW | 12:21 | 1 | 13.6 |
| 20.5.2021 | Sild | 6-8NW | 12:41 | 0.8 | 14.6 |
| 20.5.2021 | Reiu | 6-8NW | 13:03 | 0.8 | 14.6 |
| 27.5.2021 | Lihakas | 7-9S | 13:13 | 0.8 | 12.5 |
| 27.5.2021 | Sild | 7-9S | 13:35 | 0.9 | 12.2 |
| 27.5.2021 | Reiu | 7-9S | 13:55 | 0.8 | 12.2 |
| 5.5.2021 | Lihakas | 7-9SE | 11:48 | 0.8 | 8.0 |
| 5.5.2021 | Sild | 7-9SE | 12:09 | 1 | 8.0 |
| 5.5.2021 | Reiu | 7-9SE | 12:32 | 1 | 8.2 |