

VAHEARUANNE

Mikroorganismide roll Eesti rannikumere ökoloogilise seisundi, aineringe tüübi ning isepuhastumisvõime määratlemisel Leping 4-1/18/27; 23.03.2018

2018. aasta

Projekti läbiviiv organisatsioon: TTÜ Loodusteaduskonna meresüsteemide instituut
Vastutav täitja: Dr. Inga Lips
E-mail: inga.lips@taltech.ee
Tel.: 6 204 306

1. Ülevaade III aruandlusperioodi töödest

Kolmandal aruandlusperioodil lõpetati 2018. aastal kogutud veekeemia, bakter- ja fütoplanktoni proovide analüüs, alustati veeliikumise modelleerimisega ning metagenoomika proovide sekveneerimiseks ettevalmistamise ja sekveneerimisega. Samuti koostati ülevaade projekti esimesel aastal saadud tulemustest.

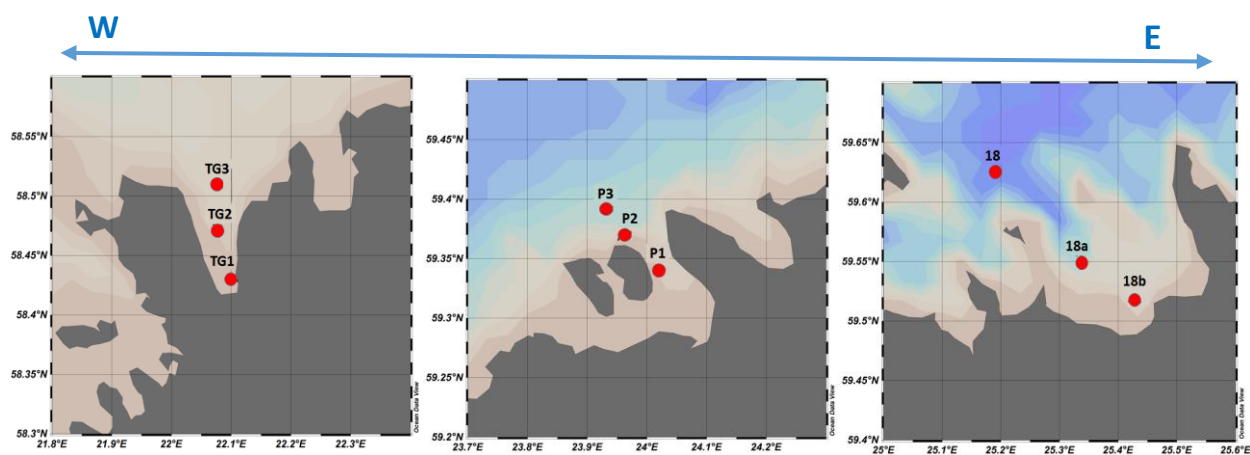
2. Proovid ja analüüsid 2018. aastal

Projekti eesmärgiks on mikroorganismide arvukuse, mitmekesisuse ja funktsionaalse jaotuse ning ajalis-ruumilise muutlikkuse alusel kindlaks teha mere-vesiviljeluseks potentsiaalselt sobilike merealade mikroobikooslused ja aineringluse eripärad. 2018. aastal teostati vaatlusi ja koguti veeproove vastavalt planeeritule aprillist oktoobrini iga kuu vähemalt ühel korral varasema teabe alusel kõige suurema vesiviljeluse potentsiaaliga piirkondadest (igast lahest kolmest punktist) Kolga lahes, Paldiski lahes ja Tagalahes (joonis 1). Veekeemia ja bakterkoosluse proovid koguti igast proovipunktist läbi kogu veesamba veepinnalt kuni põhjani vastavalt proovikoha sügavusele ja vee kihistusele 5-10 m intervalliga. Kõigist proovivõtupunktidest analüüsiti veeproov 5 m sügavuselt kogu mikroobikoosluse metagenoomiliseks määratlemiseks ja iga piirkonna ühest jaamast fütoplanktoni koosluse, arvukuse ja biomassi määramiseks valgusmikroskoobi abil. Sügavamatest jaamadest – TG3, P2, P3, 18 ja 18a koguti proovid metagenoomilisteks analüüsideks ka põhjalähedasest kihist. Tagalahe kõige rannapoolsemast madalast proovivõtupunktist (TG1), mille sügavus on 5 m, koguti proovid vaid 2,5 m sügavuselt.

Kokku analüüsiti 308 keemiaproovi (Si, NH₄, NO₂+NO₃, PO₄, N_{tot}, P_{tot}), 57 klorofüllü proovi, 22 fütoplanktoni proovi, 287 mikrobioloogilist proovi ja koguti 104 metagenoomika proovi. Metagenoomika proovidest teostatakse prokarüootide ja eukarüootide koosluse analüüs kasutades DNA sekveneerimist MiSeq platvormil. Proovid on osaliselt sekveneeritud ja bioinformaatilise analüüsimeetodi järgus.

Fütoplanktoni proovid analüüsiti vastavalt HELCOM (2017) juhendmaterjalidele ja asjakohastele rahvusvahelistele standarditele (EVS-EN 15204:2006, EVS-EN 15972:2011). Fütoplanktoni proovide analüüsimiseks kasutati invertmikroskoopi Leica DMI IL BIO ning proovid analüüsiti kasutades faaskontrastobjektiive suurendusega 20x ja 40x ning okulaaridega 10x. Biomassi määramiseks kasutada tarkvarafirma Software Kahma Ky loendusprogrammi AlgaPhyto.

Mikrobioloogilised veeproovid jaotati vahetult peale proovi võtmist kaheks: voolutsütomeetriliseks (Accuri C6) loenduseks ja epifluorestsentsmikroskoopiliseks (Olympus IX51) analüüsiks. Viimased on abiks nii voolutsütomeetriliste loendustulemuste kui ka metagenoomika analüüsi tulemuste täpsemaks interpreteerimiseks ning erinevaid veemasse/keskkonnatingimusi markeeriva mikroobikoosluse visuaalse nn sõrmejälje väljatöötamiseks. Mikroobikoosluste muutumise/vaheldumise põhjal tehakse kindlaks võimaliku anaeroobsuse mõju ning hinnatakse mikrotoiduahela (bakteri-viburloomad-ripsloomad) kujunemist ja aktiivsust. Mikrotoiduahel (mikroobne ling) on klassikalise toiduahela fütoplankton-zooplankton-karbid/kalad-veeimetajad/linnud esmaseks lüliks.



Joonis 1. Uuringualad ja jaamad – Saaremaa Tagalaht (TG1, TG2, TG3), Paldiski laht (P1, P2, P3) ja Kolga laht (18b, 18a, 18).

3. Tulemused

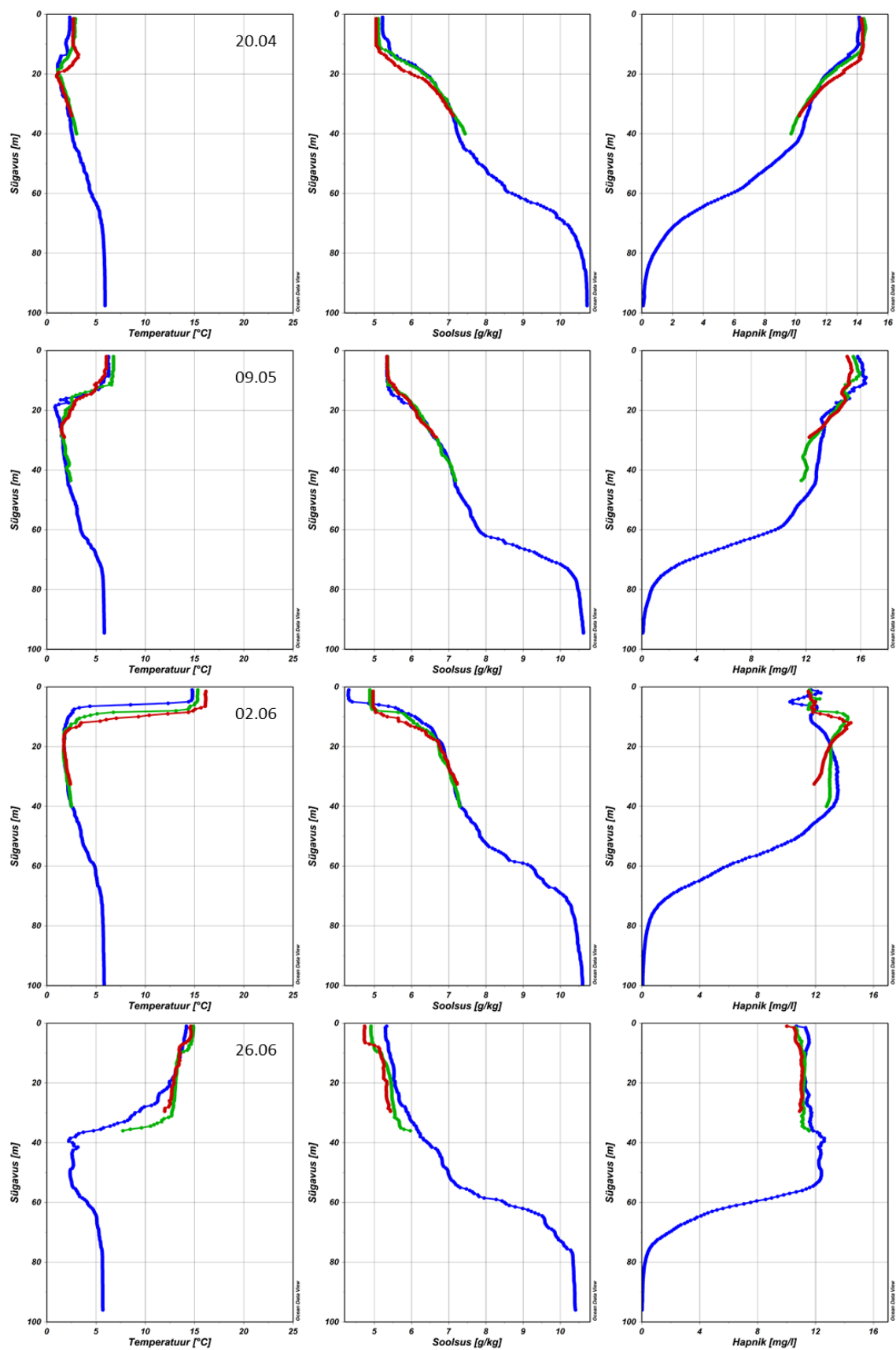
3.1 Temperatuur, soolsus ja hapnikusisaldus

Merevee temperatuur ja soolsus on põhiparameetrid, mis määravad paljude veenäitajate jaotuse ja dünaamika veesambas. Läänemere sügavamatele piirkondadele on iseloomulik püsiva soolsuse hüppekihi esinemine allpool 60 m sügavust. Käesoleva projekti uuringu aladest oli 50 m sügavam jaam vaid Kolga lahes (jaam 18). Kolga lahe jaamades on veesammas soolsuse järgi kihistunud juba aprilli keskel, sealjuures permanentne halokliin on selgelt näha lahe avamere poolses sügavaimas jaamas 18 (joonis 2, jaam 18, 20.04.2018). Temperatuuri järgi kihistus (sesoonne termokliin) tekkis mais ja termokliin oli tugev läbi kogu suveperioodi. Ülemise, sooja segunenud kihi paksus oli mõõtmisperioodil väga varieeruv – 2018. a juuni alguses ja juulis oli termokliin tavapärasest tunduvalt õhem. Soolsuse järgi oli vertikaalne kihistus tugev kogu kevade-suve perioodi ja nõrgenes alles septembris-oktoobris – jaamas 18 Kolga lahes langes põhjalähedase kihi soolsus väärtustelt 10.5 g kg⁻¹ kuni väärtuseni 8 g kg⁻¹ oktoobri lõpus. Paldiski lahe jaamadele oli

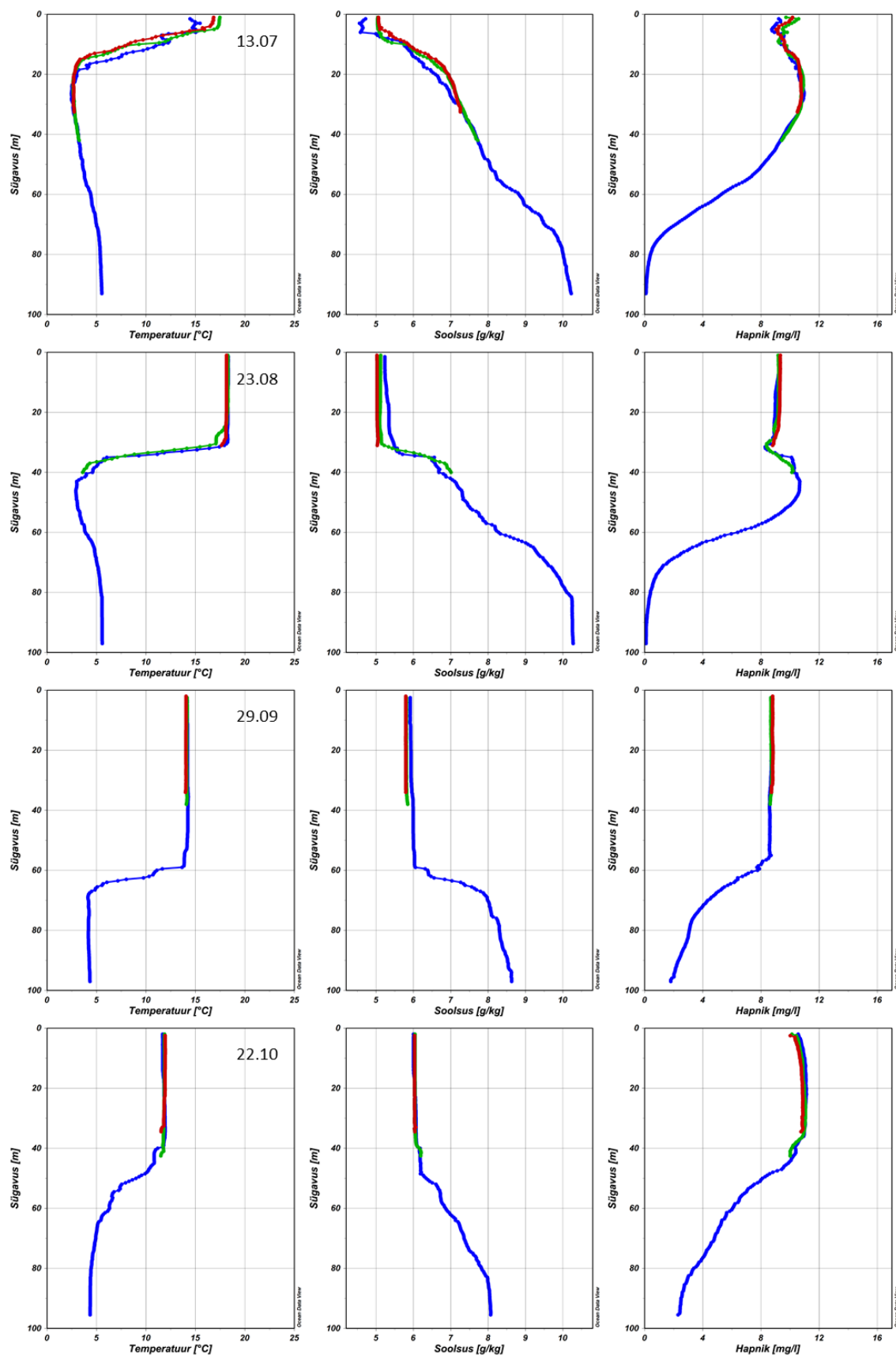
iseloomulik veesamba täielik segunemine alates septembrist. Tagalahes esines veesamba kihistus ainult temperatuuri järgi, kusjuures suve jooksul vaheldusid kihistunud ja vertikaalselt peaaegu segunenud tingimused. Maksimaalne pinnakihi temperatuur mõõdeti augusti alguses Tagalahes, kus temperatuur ulatus kuni 24 °C. Soome lahe jaamades (Kolga ja Paldiski piirkonnad) nii kõrgeid temperatuure ei registreeritud.

Hapniku olemasolu veesambas, sh põhjalähedases veekihis on hädavajalik nii põhjaloomastiku kui kalade eluks. Vees lahustuva hapniku vaegus on enamasti tingitud mikrobioloogilistest protsessidest millede käigus lagundatakse orgaanilist ainet. Mida enam on veesambas või veekogu põhjas orgaanilist substraati ja mida tugevam on veesamba kihistus, seda suurema tõenäosusega võib põhjalähedases vees kujuneda hapnikuvaegus. Kuna tugev soolsuslik kihistumine takistab veemasside vahelist vertikaalset segunemist, siis kujuneb hapnikuvaegus välja eeskätt sügavamatel merealadel allpool halokliini. Samas võib hapnikuvaegus tekkida ka madalamas vees suure hulga orgaanilise aine esinemisel ja bakterite intensiivseks elutegevuseks sobilike temperatuuritingimuste olemasolul.

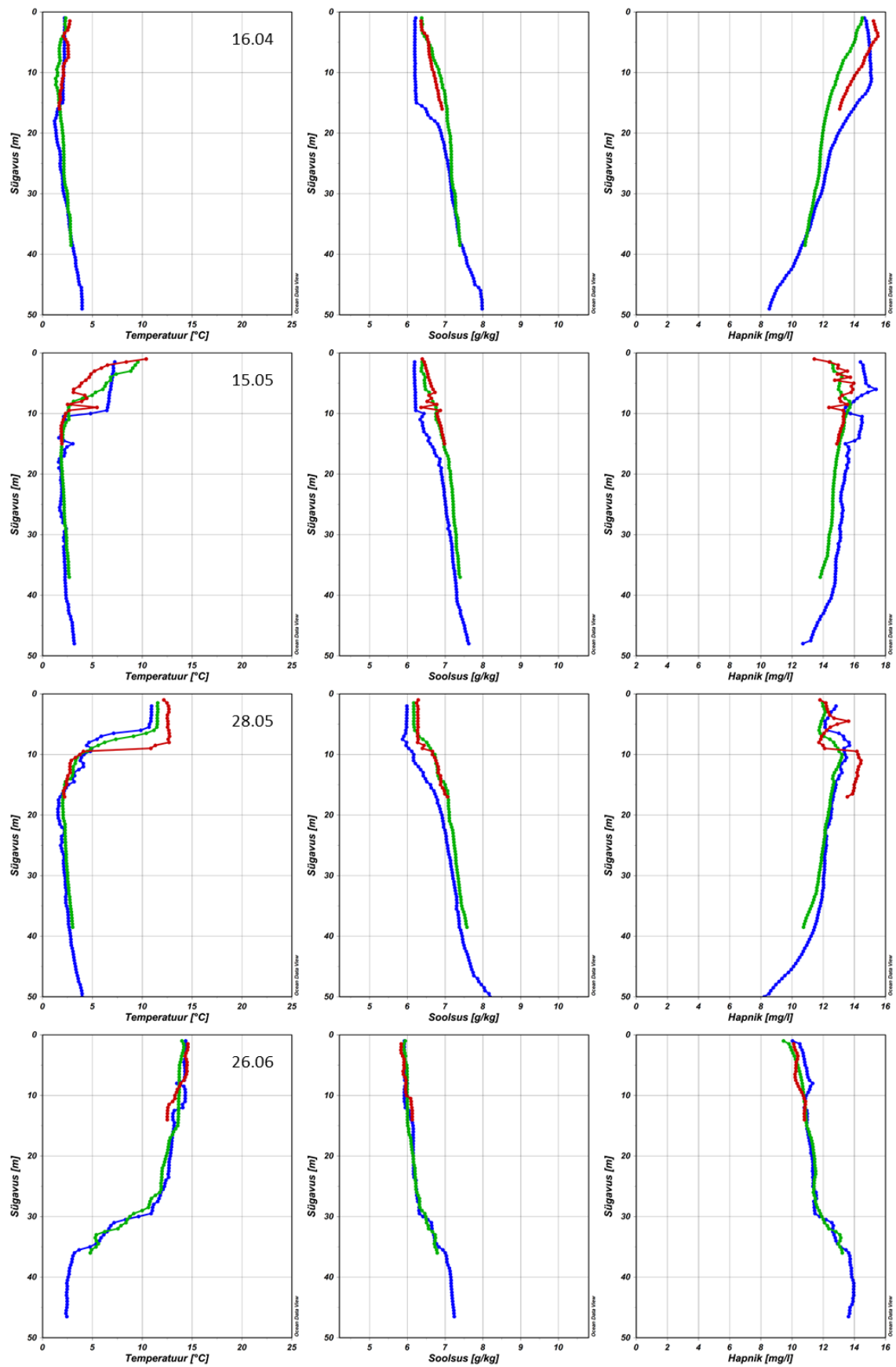
Hapniku sisalduse sesoonne dünaamika pinnakihis oli kõikides piirkondades sarnane – maksimaalsed sisaldused esinesid varakevadel, kui vesi oli veel suhteliselt külm ja toimus kevadõitseng (fütoplanktoni massvohamine) ning madalamad sisaldused suvel, kui vee temperatuur oli kõrge (hapniku küllastuse sisaldus vastavalt madal). Hapniku sisalduse vertikaalne jaotus jaamas 18 oli iseloomulik viimastele aastatele, kui suvel on Soome lahe sügava mereala põhjalähedases kihis hapnikuvaegus. Hapniku sisaldus hakkas jaamas 18 sügavusega langema alates 40 m sügavuselt ja hapnik praktiliselt puudus veekihis 80 m kuni põhjani. Sama seis jätkus kuni juulini, misjärel hapnikuvaegus põhjalähedases veekihis süvenes ja hapnikuta kiht ulatus põhjast juba sügavuseni 70 m, mis tähendab, et selles piirkonnas oli 30 meetrine põhjalähedane veekiht bakteritest kõrgematele elusorganismidele sisuliselt elukõlbmatu. Oktoobri lõpuks oli hapniku sisaldus, tänu põhjalähedase soolase vee väljavoolule lahest ja selle asendumisele veidi magedama ning hapnikku sisaldava veemassiga, põhjalähedases veekihis paranenud (~ 2-3 mg l⁻¹). Kolga lahe siseosa jaamades, 18a ja 18b, hapnikuvaegust põhjalähedases vees uurimisperioodi vältel ei täheldatud (vt joonis 2, jaamad 18a ja 18b). Samuti ei esinenud hapnikupuudust Paldiski lahes ja Tagalahes põhjalähedases veekihis (joonised 3 ja 4).



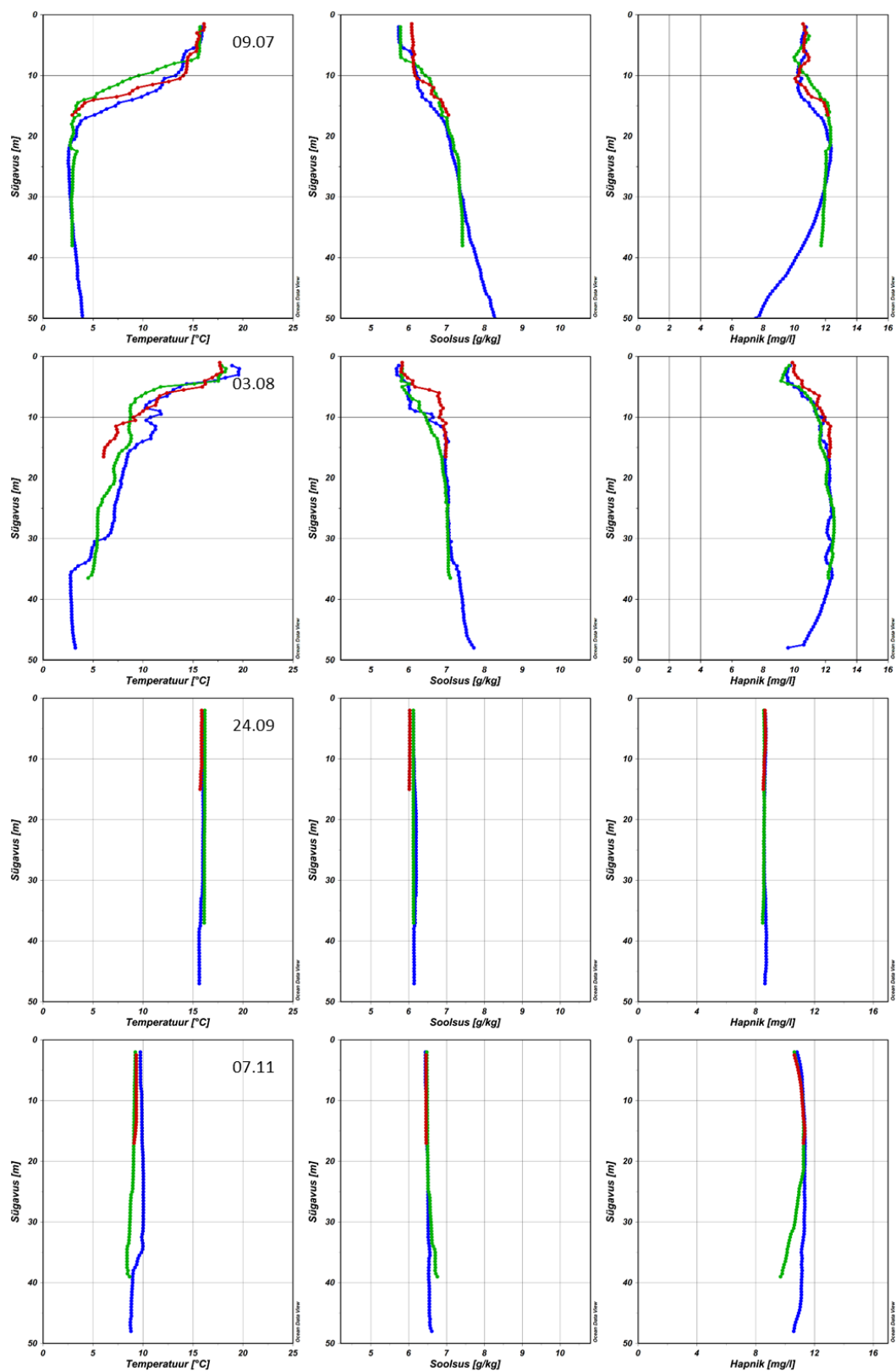
jät kub...



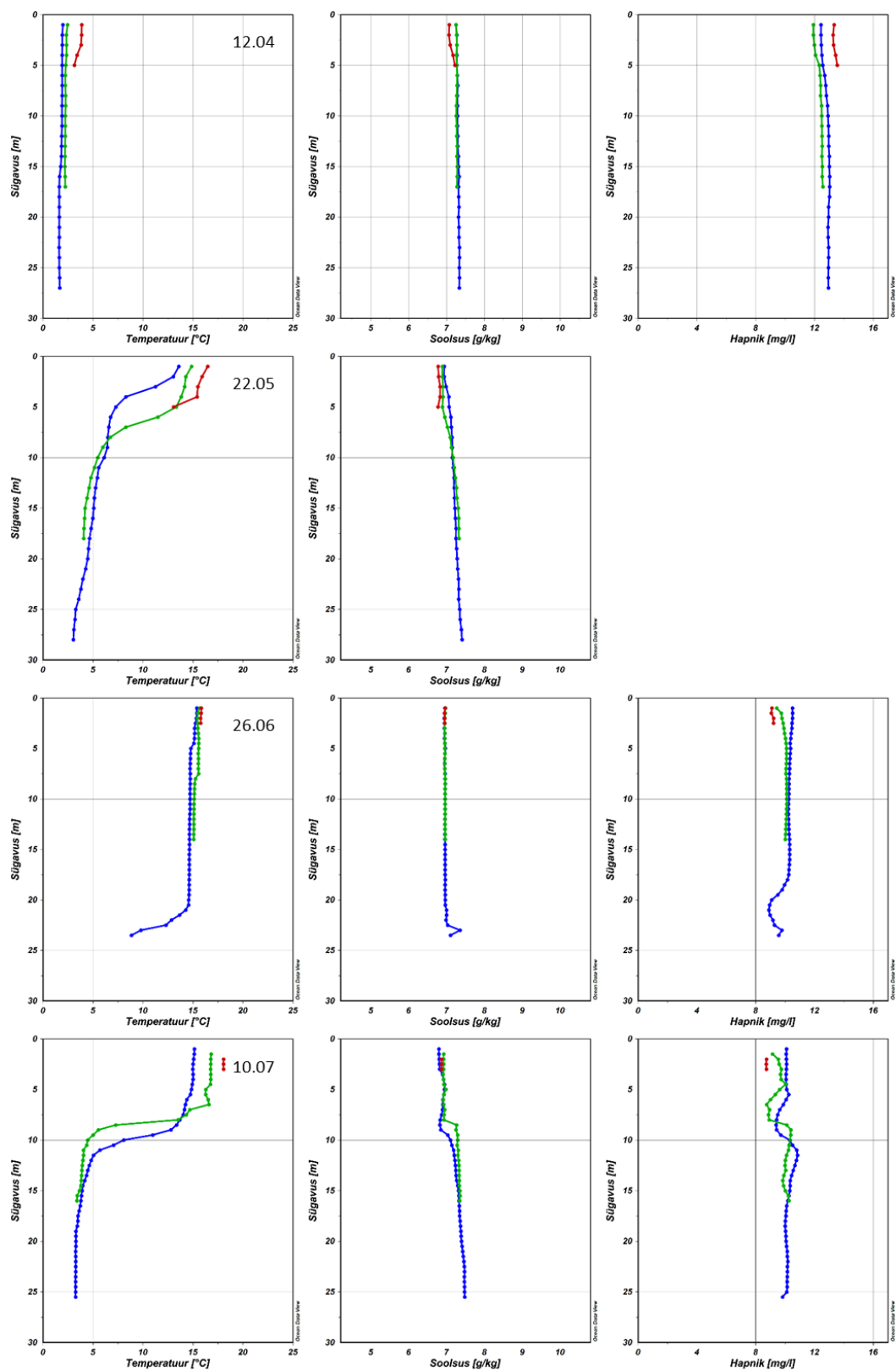
Joonis 2. Temperatuuri, soolsuse ja hapniku vertikaalse jaotuse dünaamika Kolga, lahes. Jaam 18b – punane, 18a – roheline, 18 – sinine.



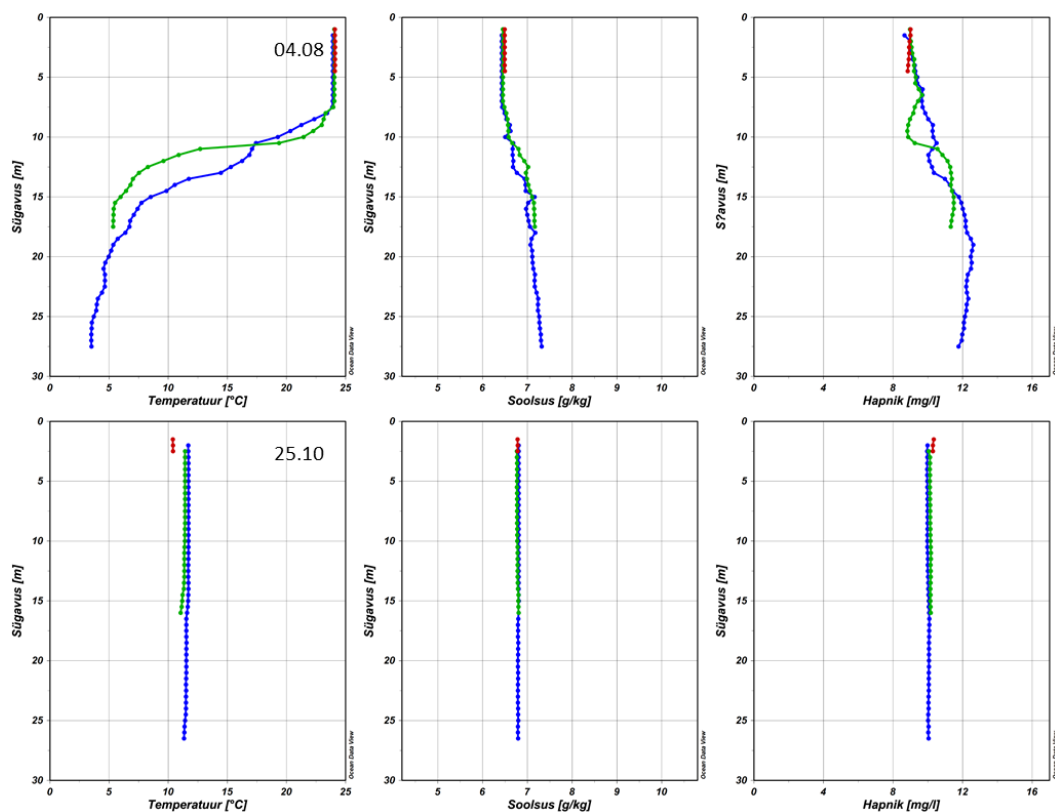
jät kub...



Joonis 3. Temperatuuri, soolsuse ja hapniku vertikaalse jaotuse dünaamika Paldiski lahes. Jaam P1 – punane, P2 – roheline, P3 – sinine.



jät kub...



Joonis 4. Temperatuuri, soolsuse ja hapniku vertikaalse jaotuse dünaamika Tagalahes. TG1 – punane, TG2 – roheline, TG3 – sinine.

3.2 Keemiliste parameetrite dünaamika

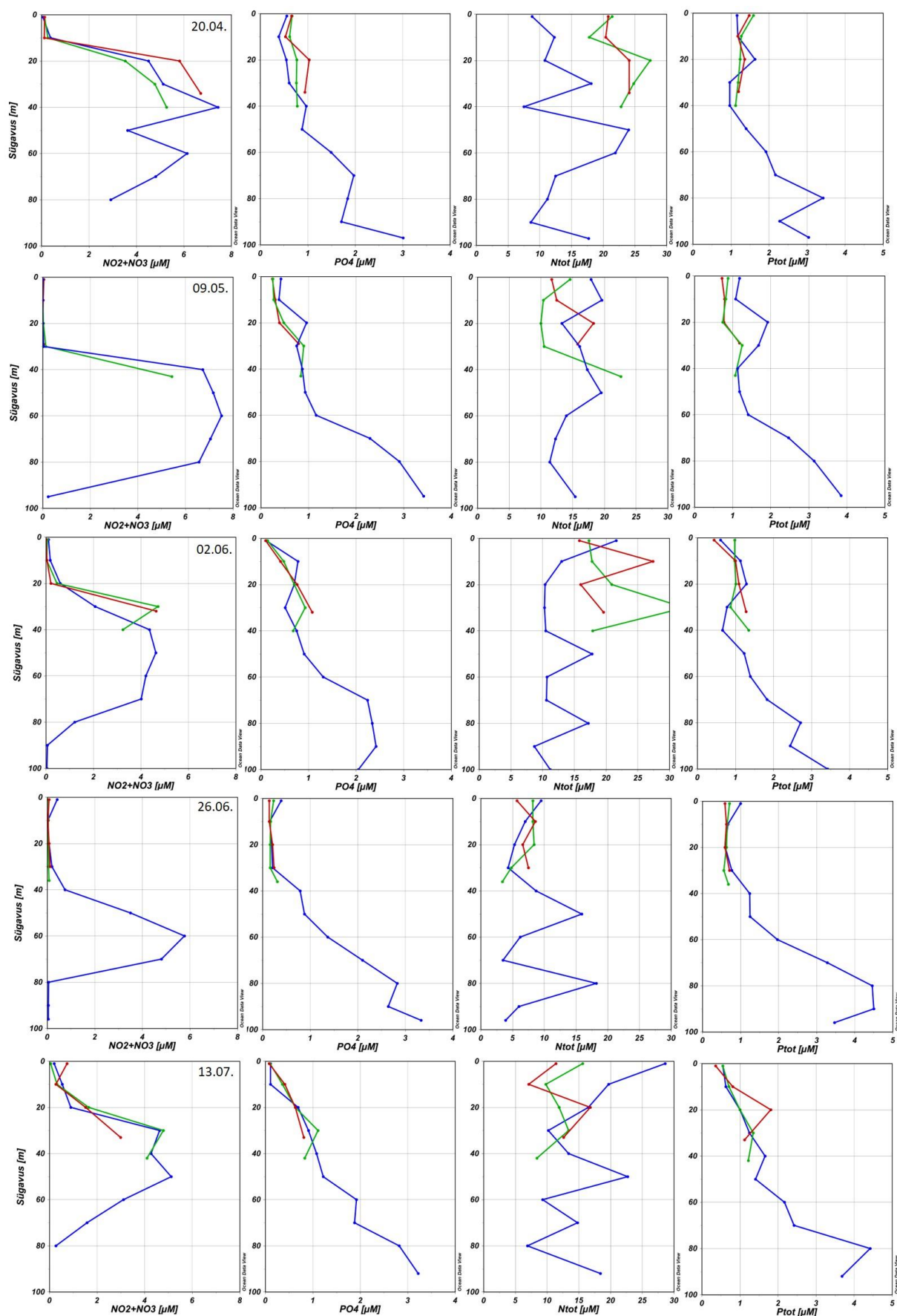
Vee keemilistest parameetritest analüüsiti kõigis kogutud proovides lahustunud toitainete – nitritite-nitraatide ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3$), ammooniumi (NH_4), fosfaatide (PO_4) ja silikaatide (Si) – sisaldused ning üldlämmastiku (N_{tot}) ja üldfosfori (P_{tot}) sisaldused. Vees lahustunud toitained määravad algproduktsiooni määra ning üldfosfori ja üldlämmastiku sisalduste dünaamika iseloomustab nii elusorganismide kui surnud orgaanilise aine (detriidi) sisaldusi vees. Vesikultuuride seisukohalt tuleks tähelepanu pöörata eelkõige ammooniumi ja fosfaatide sisaldusele kihistunud mere põhjalähedases veekihi, kuna nende sisalduse tõus viitab anaeroobsetele tingimustele setetes ja sette kohal olevas veekihi.

Nitritite-nitraatide sisaldused olid aprilli teiseks pooleks Kolga lahe pindmisest veekihi ammendatud, kuid väga kõrged sisaldused esinesid kõigis jaamades juba allpool 10 m (joonis 5). Hiljem jäi nitrakliini sügavus 30 m allapoole ning nitritite-nitraatide kõrgemad sisaldused esinesid pinnakihi järele vegetatsiooniperioodi lõpus oktoobris. Kolga lahe sügavaimas jaamas 18 jäid sügavamates veemassides nitritite-nitraatide sisaldused alla määramispiiri allpool 80 m sügavust kuni hapnikutingimuste paranemiseni septembri lõpus. Samal ajal olid fosfaatide sisaldused põhjalähedases hapnikuvaeses veemassis kõrged. Fosfaatide sisaldused jõudsid mere pinnakihi määramispiiri lähedasele tasemele juuni alguseks ning suvisel perioodil langes ka fosfakliin kohati 30 m allapoole.

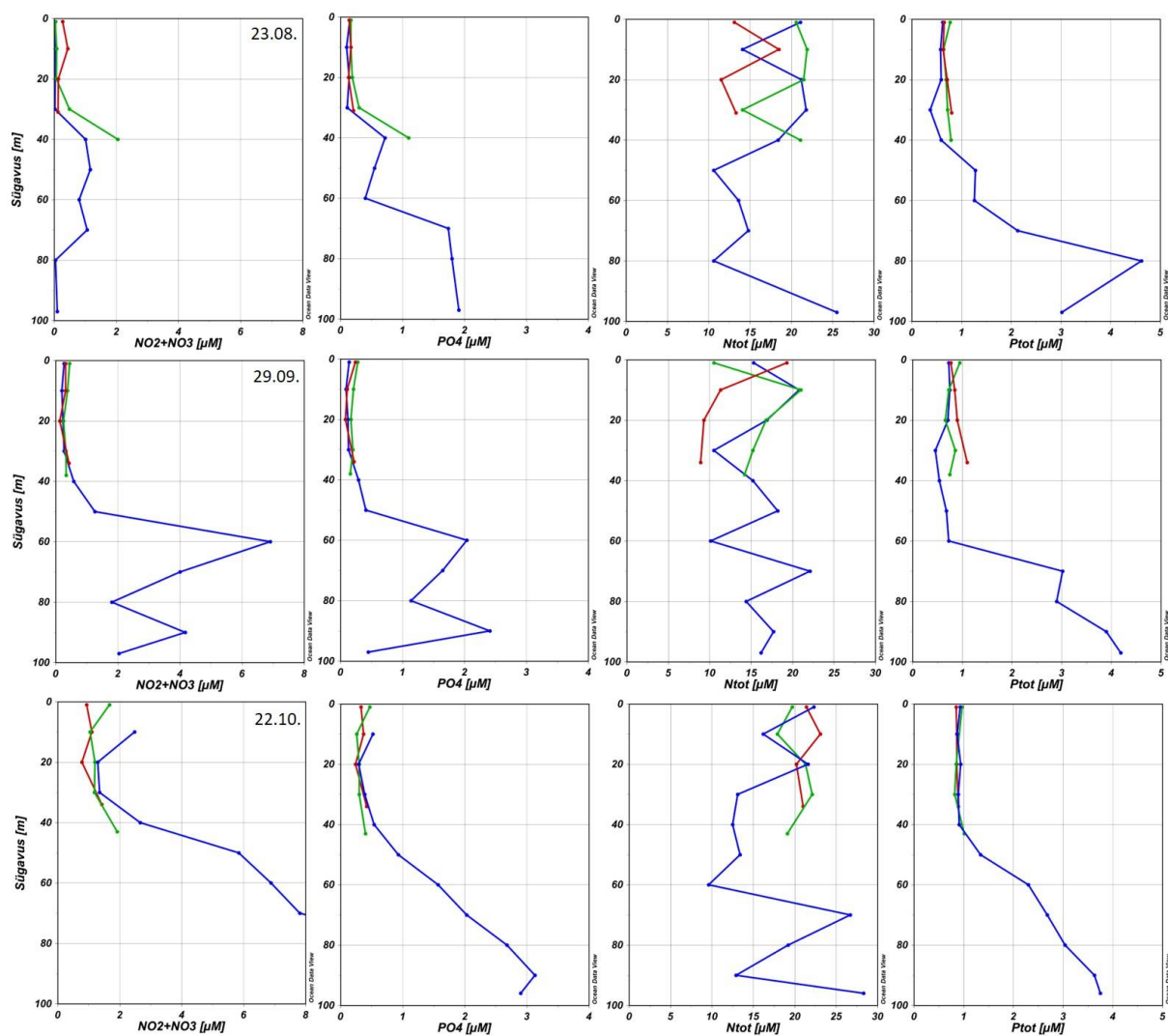
Paldiski lahes olid nitritid-nitraadid aprilli keskpaigaks mere pinnakihi juba ammendatud ning nitrakliin jäi suure osa uuringuperioodist umbes 20 m sügavusele (joonis 6). Erakordselt madalad

nitritite-nitraatide sisaldused 26. juunil läbi kogu veesamba olid tingitud sel perioodil valitsenud meteoroloogilistest tingimustest ja daunvellingu sündmusest uuringu piirkonnas.

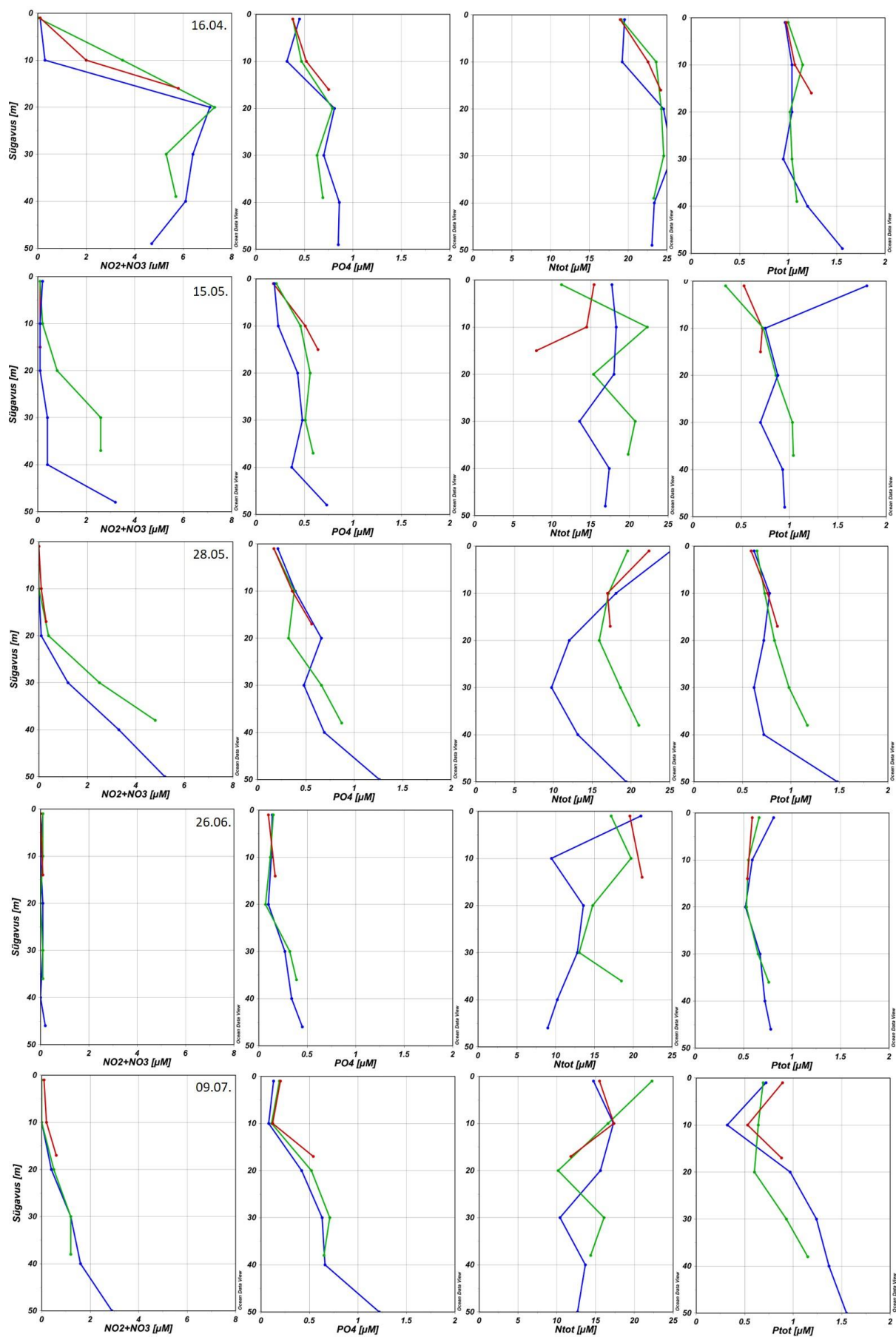
Tagalahes olid nitritite-nitraatide sisaldused pinnakihis aprilli keskpaigas veel märkimisväärselt kõrged, kuid ülejäänud uuringu perioodi iseloomustasid määramispiiri lähedased sisaldused ülemises 20 m paksuses veekihis. Kohati oli veesammas kuni põhjani läbi segunenud ning sisaldused läbi veesamba ühtlaselt madalad. Fosfaate leidis mõningal määral kogu uuringuperioodi vältel ka ülemistes veekihtides.



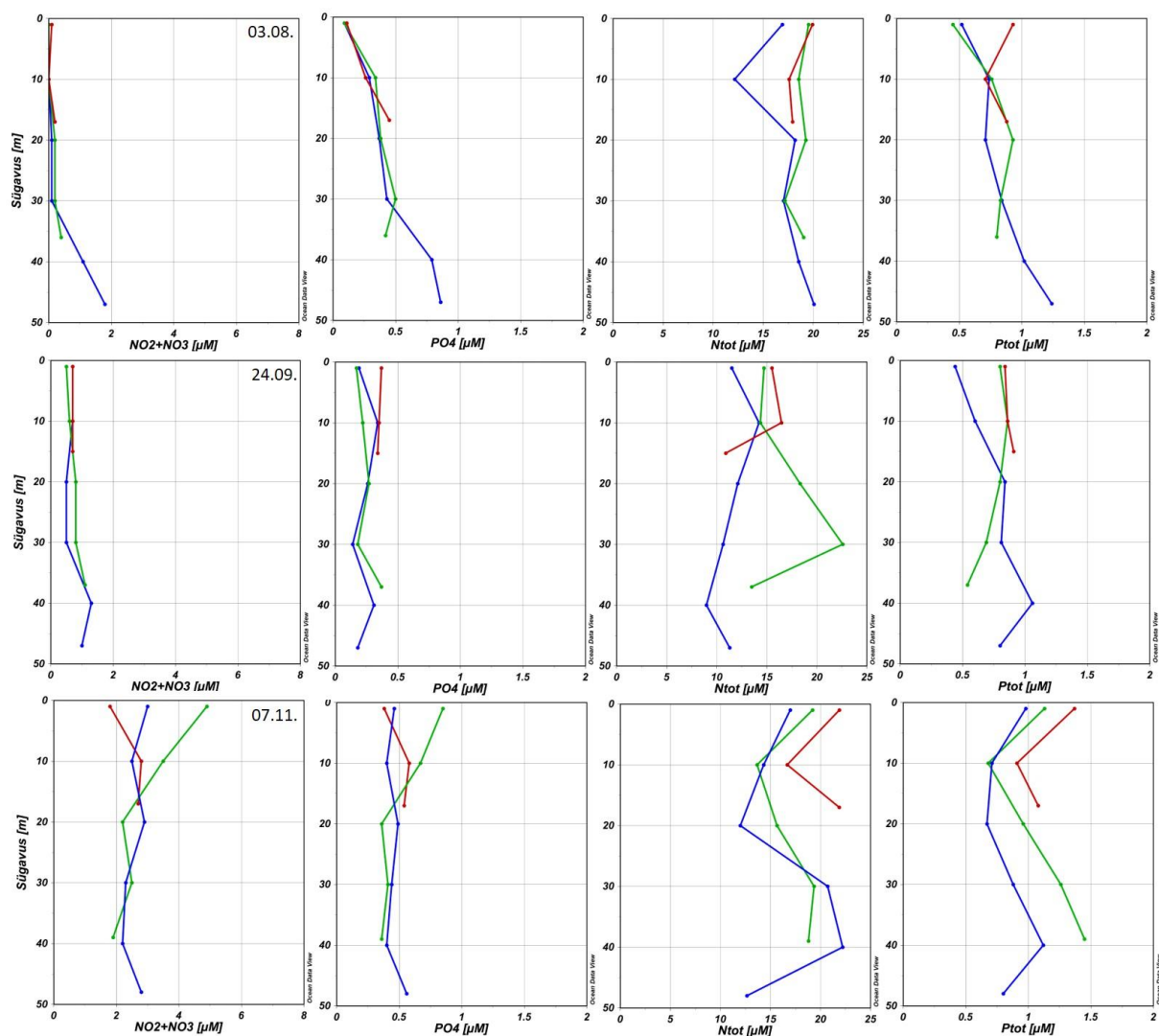
jät kub...



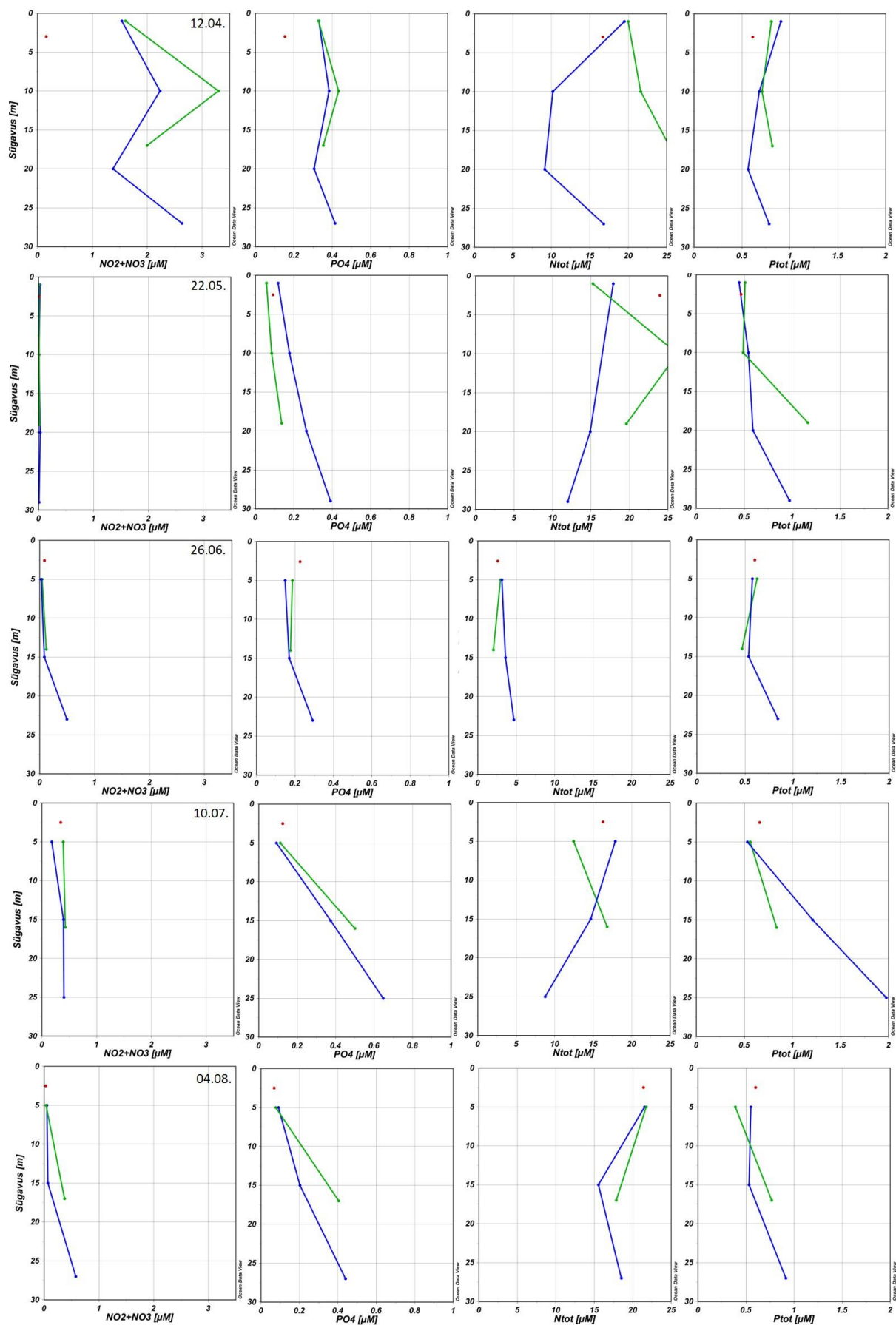
Joonis 5. Nitritite-nitraatide, fosfaatide, üldlämmastiku ja üldfosfori vertikaalse jaotuse dünaamika Kolga lahes. Jaam 18b – punane, 18a – roheline, 18 – sinine.



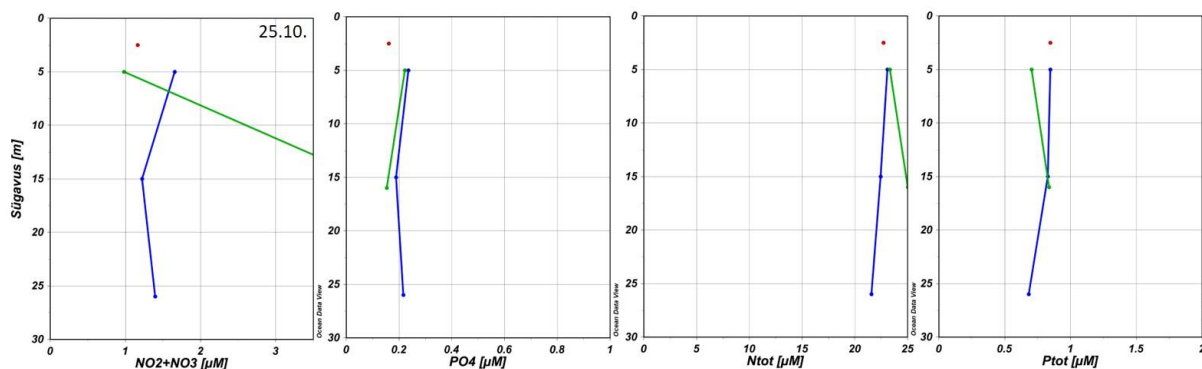
jätkeb...



Joonis 6. Nitritite-nitraatide, fosfaatide, üldlämmastiku ja üldfosfori vertikaalse jaotuse dünaamika Paldiski lahes. Jaam P1 – punane, P2 – roheline, P3 – sinine.



jätkeb...



Joonis 7. Nitritite-nitraatide, fosfaatide, üldlämmastiku ja üldfosfori vertikaalse jaotuse dünaamika Tagalahes. TG1 – punane, TG2 – roheline, TG3 – sinine.

3.3 Bakterikoosluste dünaamika

Bakterite üldarvukus on ühelt poolt vee troofsuse, teiselt poolt vee isepuhastusvõime iseloomustaja. Bakteritel on meres ka kolmas oluline roll, olla toiduahela esimeseks lüliks. Kõik need aspektid on väga olulised mere ökosüsteemi toimimiseks. Tasakaalus produktiivsed (põhitegijad fototroofid – vetikad) ja destruktiivsed (põhitegijad bakterid) protsessid tagavad mere jätkusuutliku isepuhastumise seal tekkivast ja sinna sattuvast orgaanilisest ainest. Kui produktsioon/orgaanika lisandumine (sh antropogeene orgaaniline reostus, näiteks reoveega sisse kantav orgaanika või kalakasvatustest lisanduv orgaaniline reostus) ületab vees leiduvate bakterite lagundamise võime, hakkab üleliigne orgaanika setetesse kuhjuma, kus see esialgu aeroobsete bakterite poolt lagundades kogu hapniku ära kulutab, misjärel lagundamist jätkavad juba anaeroobsed bakterid. Üleminek aeroobselt anaeroobseks lagundamiseks (destruktsiooniks) toimub veesambas järk-järgult ja muutub oluliseks koos eutrofeerumise suurenemisega. Veekogu/laht, kus anaeroobsed bakteriaalsed protsessid saavad ülekaalu, võib muutuda kõrgemate organismide jaoks elukõlbmatuks, kuna anaeroobsete bakterite poolt tekitatud mürgised gaasilised ainevahetusproduktid (H_2S , NH_3) tapavad nii põhjaelustiku kui põhjalähedases vees elutsevad mereloomad, põhjustades surnud orgaanilise aine koguste suurenemisel hapniku veelgi suuremat ära tarbimist ja sellega kaasneva surnud tsooni horisontaalse ja vertikaalse laienemise. Meie kliimavööndis tekib selline olukord suvel-varasügisel, kevadel ja sügisel toimub temperatuurist tingitud veesamba läbisegunemine, mis üldjuhul (sõltuvalt mereala sügavusest ja püsiva halokliini tugevusest) rikastab põhjalähedast veekihti hapnikuga.

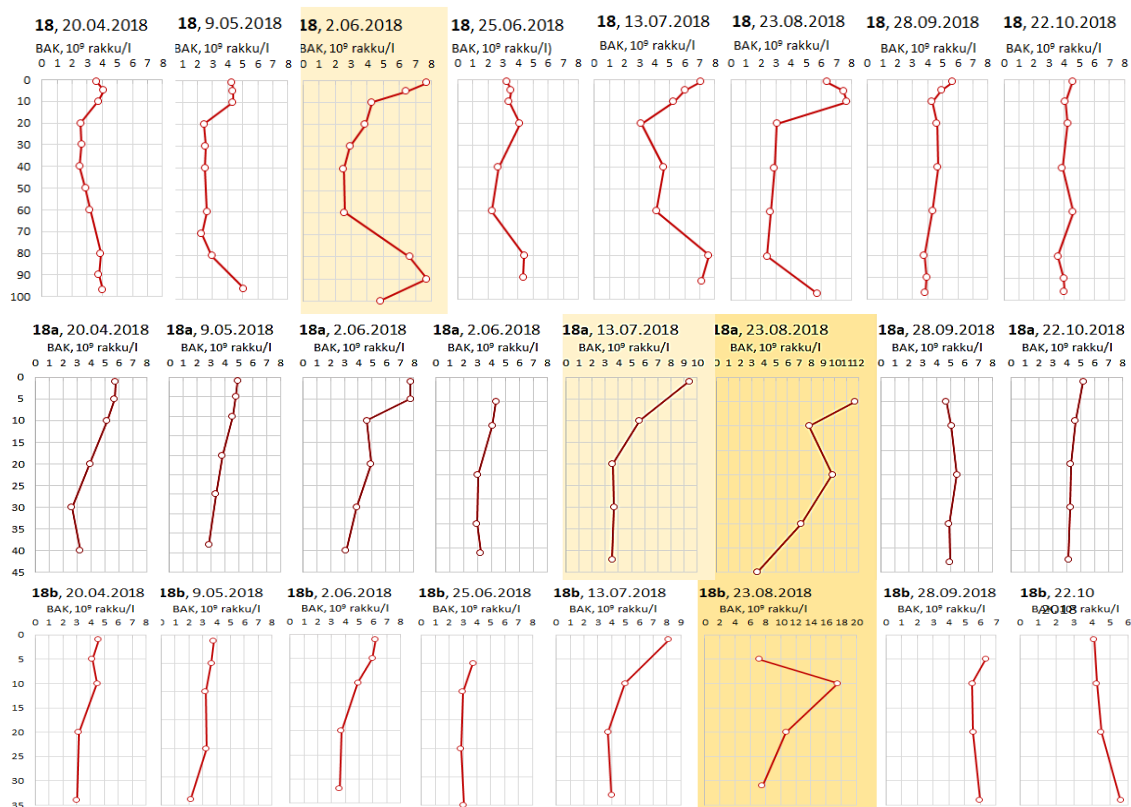
Reeglina kannab põhjalähedane soolasem vesi endaga kaasa ka pindmisest, mageda pinnavee poolt mõjutatud, veekihi erinevat mikroobikooslust. Heterotroofseid baktereid leidub kogu veesamba ulatuses ja nende hulk sõltub lisaks orgaanilise substraadi olemasolule ka vee temperatuurist. Vee temperatuuri ja bakterite arvukuse vaheline positiivne korrelatsioon on üldteada ning autotroofsetest bakteritest väljendub see hästi tsüanobakteritel, kelle massesinemine on suuresti pindmise veekihi temperatuurist. Kuna Läänemere, kaasa arvatud Soome lahe, pindmise veekihi temperatuur on kõrgeim juulis-augustis, siis on sel perioodil reeglina maksimaalsed ka potentsiaalselt toksiliste tsüanobakterite õitsengud.

Visuaalselt (epifluorestsentsmikroskoopiline uuring) on aeroobne ja anaeroobne mikroobikooslus väga erinev. Kõige suurem erinevus on bakterirakkude suuruses, mis anaeroobidel on kümme või enam korda suurem kui aeroobidel. Teiseks oluliseks erinevuseks on koosluse liigiline koosseis ja

tüüpiliste markerliikide esinemine. Markerliikide tuvastamine ning epifluorestsentsmikroskoopia teel tuvastatud tüüp-fenotüüpide ja metagenoomika analüüsil saadud genotüüpide kokku viimine võimaldab saada rohkem informatsiooni nii bakterite kui ka nende poolt läbiviidavate protsesside kohta mere ökosüsteemis.

Järgnevalt on esitatud voolutsütomeetrilisel analüüsil saadud bakterite üldarvukused kõigil proovivõtu kordadel uuritud lahtedes 2018. aastal. Proovivõtu ajad ja kohad, kus bakterite arvukused olid uuringuala fooniga võrreldes kõrged või väga kõrged, on märgistatud roosakalt (kõrged) või kollakalt (väga kõrged).

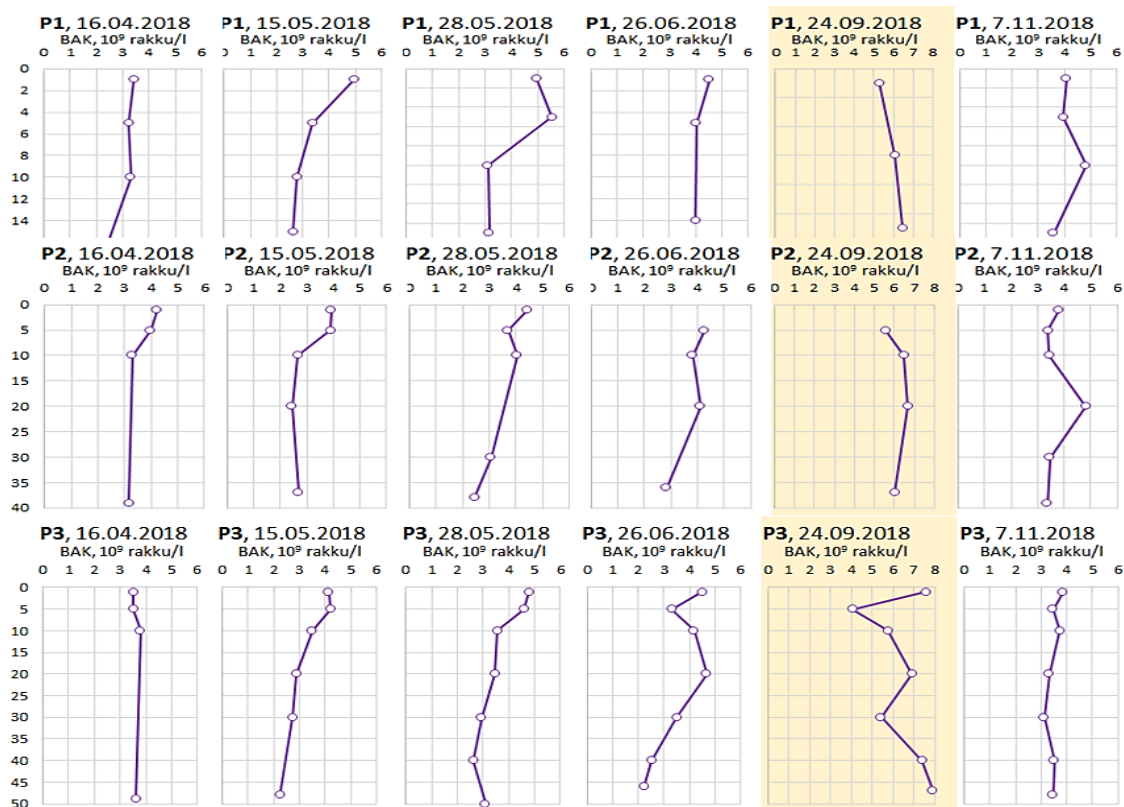
Olemasoleva uuringumaterjali põhjal on kõige keerulisemad hüdrofüüsikalised tingimused Kolga lahes, eriti selle avaosas (jaam 18). Kolga lahe avaosas iseloomustab veesamba varajane kihistus ja põhjalähedases veekihis sageli esinev hapnikuvaegus. Hapnikupuudus põhjakihis tingib anaeroobsete bakterite arengu ning toksiliste gaaside produktsiooni. Erinevalt Paldiski ja Tagalahest ei toimu Kolga lahes mikroorganismide koosluse sujuvat muutumist rannikulähedalt avamere suunas. Siiski, olenevat proovide kogumise ajast, täheldati Kolga lahe keskosa (18a) mikroobikoosluse erinevusi siselahest (18b) ja lahe avaosast (18) kogutud veeproovidega võrreldes. Kolga lahe puhul on bakterite arvukused juuni alguses võrdselt suhteliselt kõrged avamerepoolse jaama 18 pinna- ja põhjakihis ($7,7 \cdot 10^9$ rakku l⁻¹), juulis lahe keskosas paiknevas jaama 18a pinnakihis ($9,4 \cdot 10^9$ rakku l⁻¹), väga kõrged augusti lõpus jaamas 18a 5 m sügavusel ($11,7 \cdot 10^9$ rakku l⁻¹) ja lahe siseosas asuvas jaamas 18b 10 m sügavusel ($17,6 \cdot 10^9$ rakku l⁻¹). Anaeroobsete bakterite arvukuse tõus põhjalähedases veekihis esineb vaid Kolga lahe kõige sügavamas jaamas 18 maist kuni septembrini (joonis 8) ja kinnitab seal suveperioodil anaeroobsete keskkonnatingimuste olemasolu. Kõrged bakterite sisaldused Kolga lahe kesk- ja siseosas viitava Soome lahe eutrofeerumisele ja sellest tulenevale ebastabiilsusele hapnikusisalduse ja muude vee keemiliste parameetrite osas.



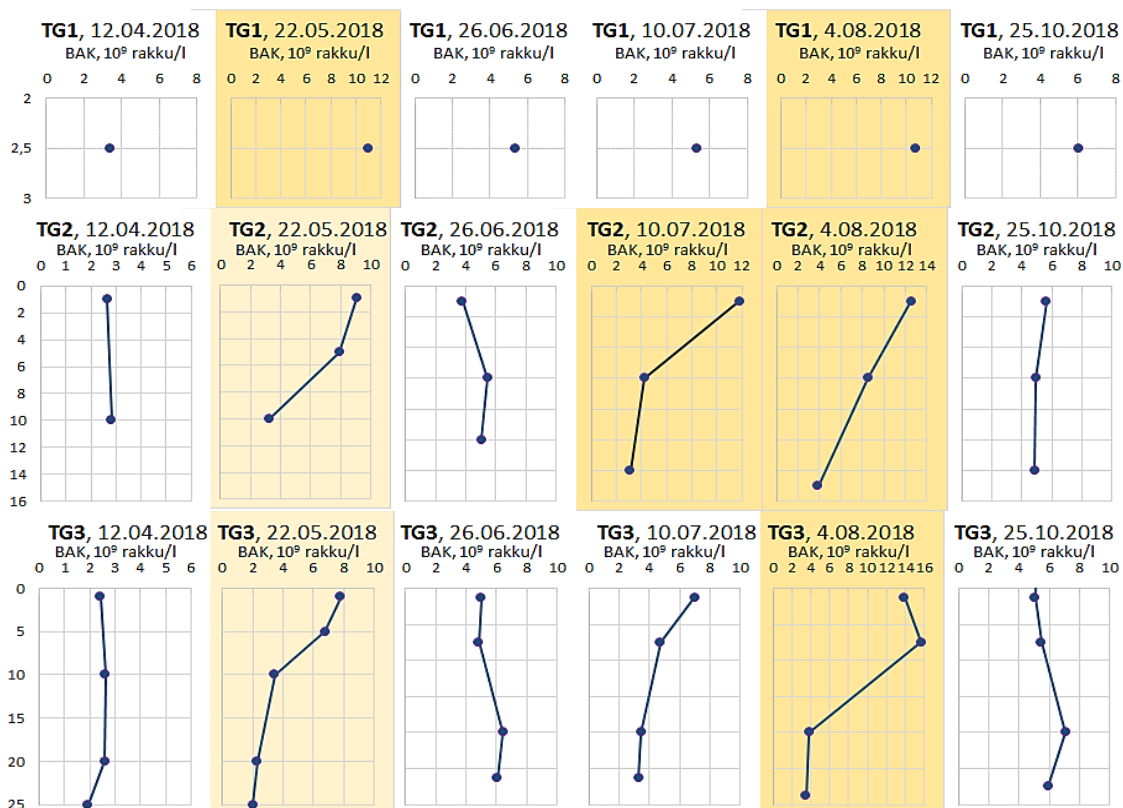
Joonis 8. Bakteritite üldarvukuse (rakku l⁻¹) vertikaalne jaotus Kolga lahe avaosast ranna suunas, jaamad 18, 18a ja 18b vt. 2018. aasta aprillist novembrini.

Nii hürdofüüsikaliste, keemiliste kui ka bakteriaalsete parameetrite järgi osutus kõige stabiilsemaks Paldiski laht. Paldiski lahe vesi on suhteliselt bakterivaene kogu veesamba ulatuses (joonis 9), hapnikuvaegust põhjalähedases veekihi ei esine ja veesammas seguneb sügisel täielikult. Erinevalt Kolga lahest, kus arvukused saavutasid maksimumi augustis, mis on Soome lahe puhul reeglipärane, olid bakterite arvukused Paldiski lahes maksimaalsed septembri lõpus ja seda kogu veesamba ulatuses. Huvitavaks nähtuseks on Paldiski lahe avaosas asuva jaama P3 bakterite suhteliselt suur arvukus septembris lisaks pindmisele veekihiile ka 20 m sügavusel, mis üldjuhul on Soome lahes vähese bakterite arvukusega. See viitab võimalikule teiste omadustega veemassi liikumisele veesamba selles kihis.

Tagalaht on võrreldes Paldiski ja Kolga lahega oluliselt madalam ja sellest tulenevalt ka bakteririkkam. Samas on Tagalahe vesi kuni põhjani aeroobne ja toitainetevaene. Tagalahe siseosas jaamas TG1, kust võeti proove vaid 2,5 m sügavuselt, olid bakterite arvukused kõrged nii mai lõpus ($11,0 \cdot 10^9$ rakku l⁻¹) kui ka augusti alguses ($14,2 \cdot 10^9$ rakku l⁻¹). Lahe keskel paiknevas jaamas TG2 oli bakterite arvukus kõrge pinnakihi, 1-5 m sügavusel, juulis ($11,8 \cdot 10^9$ rakku l⁻¹) ja 1-10 m sügavusel augustis ($8,5$ - $12,6 \cdot 10^9$ rakku l⁻¹). Augustis olid bakterite arvukused uuritava perioodi kõrgeimad ka lahe avamerepoolsemas jaamas TG3 (5m sügavusel - $13,9 \cdot 10^9$ rakku l⁻¹ ja 10 m sügavusel - $15,7 \cdot 10^9$ rakku l⁻¹) (joonis 10). Anaeroobsuse teket Tagalahes ei täheldatud.



Joonis 9. Bakteritite üldarvukuse (rakku l^{-1}) vertikaalne jaotus Paldiski lahes jaamades P1, P2 ja P3 2018. aasta aprillist novembrini.



Joonis10. Bakteritite üldarvukuse (rakku l^{-1}) vertikaalne jaotus Saaremaa Tagalahes jaamades TG1, TG2 ja TG3 2018. aasta aprillist novembrini.

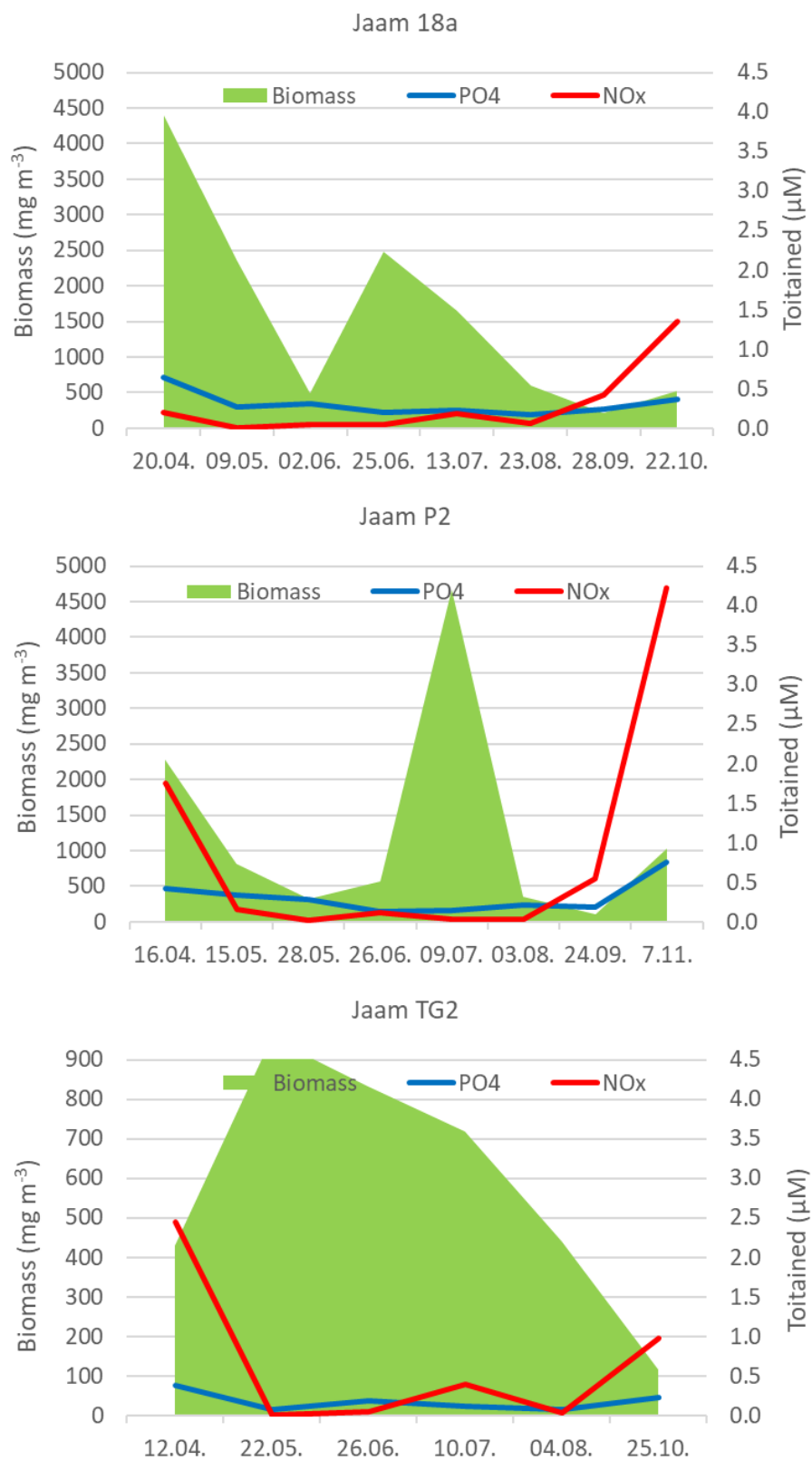
3.4 Fütoplanktoni dünaamika

Kolga lahes oli aprilli proovivõtu ajal kevadõitseng täies hoos (4384 mg m^{-3} ; joonis 11). Koosluses domineerisid ränivetikad, moodustades kolmveerandi kogu biomassist (joonis 12). Suurima arvukuse ja biomassiga oli väikesemõõtmeline *Thalassiosira levanderi* (vastavalt $7,9$ miljonit rakku l^{-1} ja 1825 mg m^{-3}). Järgnesid *Pauliella taeniata* ja *Thalassiosira baltica*. Dinoflagellaatidest domineeris *Peridiniella catenata*. Mõõdukalt leidis ka fotosünteesilist ripslooma *Mesodinium rubrum* (300 mg m^{-3}). Mai alguseks oli biomass vähenenud kaks korda ja koosluses domineerisid biomassilt dinoflagellaat *P. catenata* (1280 mg m^{-3}) ja arvukuselt ränivetikas *Skeletonema marinoi* ($1,7$ miljonit rakku l^{-1} ja 105 mg m^{-3}). Ripslooma *M. rubrum* biomass oli enam kui kahekordistunud. Juuni alguses oli üldbiomass langenud alla 500 mg m^{-3} ning koosluses esines võrreldaval määral ränivetikaid ja ripslooma *M. rubrum*. Juuni teises pooles registreeriti antud piirkonna suvine biomass maksimum (2500 mg m^{-3}). Poole üldbiomassist andsid tsüanobakterid, peamiselt *Aphanizomenon* sp. (1010 mg m^{-3}). Olulisel määral leidis ka ripslooma *M. rubrum* ja dinoflagellaati *Dinophysis acuminata* kellede omavahelist toitumisseost toetas ka neelvetikate suur arvukus ($454\,000$ rakku l^{-1}). Juuli keskpaigaks oli fütoplanktoni üldbiomass mõnevõrra langenud (1650 mg m^{-3}) ning koosluses domineerisid niitjad lämmastikku fikseerivad tsüanobakterid *Aphanizomenon* sp. Augusti lõpu suhteliselt madalast biomassist (600 mg m^{-3}) moodustas kolmandiku potentsiaalselt toksiline tsüanobakter *Nodularia spumigena*. Väga arvukalt esines ka väikesemõõtmelist ränivetikat *Cyclotella choctawhatcheeana* ($1,54$ miljonit rakku l^{-1}). Septembri lõpus oli üldbiomass langenud väga madalale tasemele (210 mg m^{-3}) ning ligi poole biomassist moodustasid niitjad tsüanobakterid. Pindmist veekihti iseloomustasid kõrged nitritite-nitraatide sisaldused. Fotosünteesilise planktoni üldbiomass jäi madalale tasemele ka oktoobris ning vähesest primaarproduktisioonist ja suurenenud veesegunemisest tingituna olid anorgaanilise lämmastiku sisaldused pindmises veekihis suhteliselt kõrged. Koosluses esines arvukalt neelvetikaid ning suurima biomassi andsid ränivetikad ja *M. rubrum* (vastavalt 295 ja 170 mg m^{-3}).

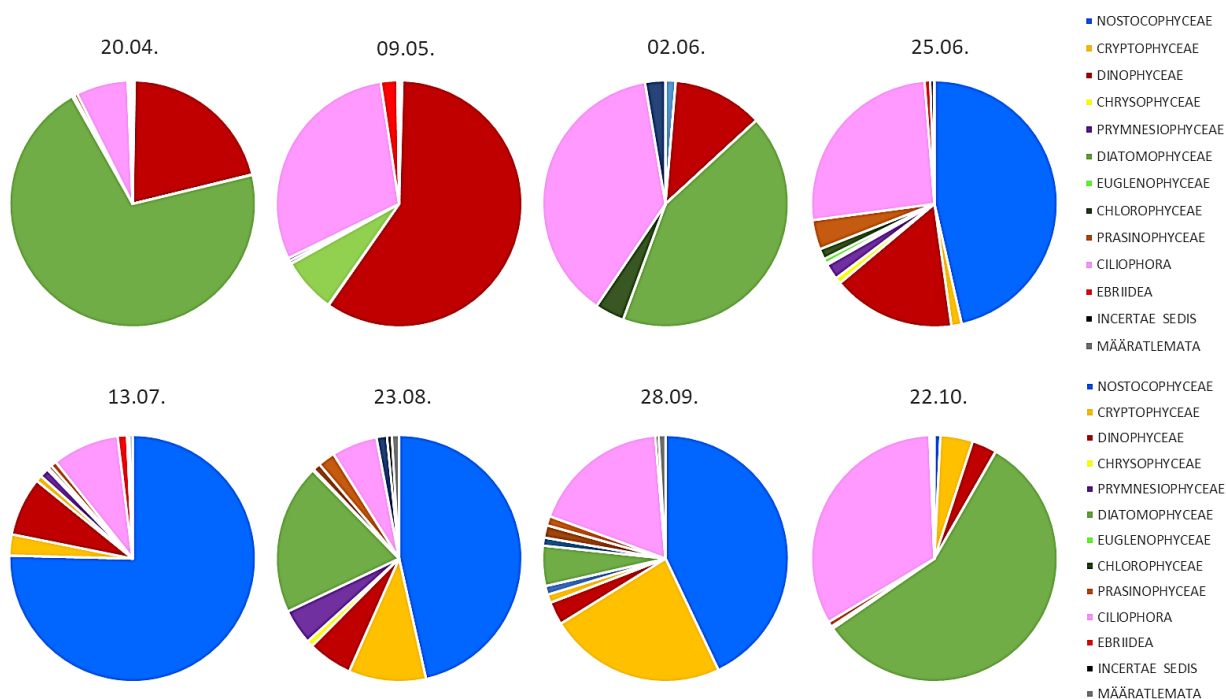
Suhteliselt kõrged anorgaanilise lämmastiku sisaldused ja mõõdukas kevadõitsengu biomass Paldiski lahe jaama P2 pindmises kihis lubavad arvata, et kevadõitseng ei olnud proovi kogumise ajaks veel oma maksimumi saavutanud (joonis 11). Koguni 98% ulatuses moodustasid fütoplanktoni biomassi erinevad ränivetikad ($6,2$ miljonit rakku l^{-1} , 2250 mg m^{-3} ; joonis 13), milledest kõige arvukam ($4,67$ miljonit rakku l^{-1}) ja suurima biomassiga (1200 mg m^{-3}) oli *T. levanderi*. Mai keskpaigaks oli üldbiomass veidi alla kolme korra langenud ning koosluses domineerisid antud perioodile iseloomulikult dinoflagellaadid *Gymnodinium* spp. ja *P. catenata*. Mõõdukalt leidis ka ripslooma *M. rubrum*. Mai lõpus oli üldbiomass langenud väga madalale tasemele (300 mg m^{-3}). Ka juuni lõpus jäi üldbiomass sesooni arvestades suhteliselt madalaks (570 mg m^{-3}). Koosluses suurenes niitjate tsüanobakterite (220 mg m^{-3}), ripsloom *M. rubrum* (170 mg m^{-3}) ja mikstroofsete prümnesiofüütide ($444\,000$ rakku l^{-1}) osatähtsus. Juuli alguses esines jaama P2 pinnakihis väga tugev niitjate tsüanobakterite massvohamine – üldbiomass oli 4670 mg m^{-3} , millest 3340 mg m^{-3} moodustas *Aphanizomenon* sp. Mõõdukalt esines ka potentsiaalselt toksilisi liike *Dolichospermum* spp. (190 mg m^{-3}) ja *N. spumigena* (280 mg m^{-3}). Dinoflagellaatidest esines suurima biomassiga mikstroofne liik *D. acuminata* (160 mg m^{-3}). Väga arvukalt esinesid vees ka mikstroofsed ja potentsiaalselt toksilised prümnesiofüüdid *Chrysochromulina* spp. ($591\,000$ rakku l^{-1}) ja prasinofüüdid *Pyramimonas* spp. ($467\,500$ rakku l^{-1}). Augusti alguses oli biomass langenud mai lõpuga samale tasemele ning septembri lõpuks veelgi madalamale. Septembri teise

poole madalat fotosünteesilist algproduktiooni ilmestavad ka suurenenud anorgaanilise lämmastiku sisaldused pinnakihi. Oktoobris ei õnnestunud proovivõtt ja mõõtmised halbade ilmastikutingimuste tõttu ning seetõttu teostati mõõtmisi ja proovikogumisi ka novembri alguses. Novembris registreeriti suhteliselt kõrge üldbiomassi väärtus (1000 mg m^{-3}), mis tulenes ränivetikate suurest osatähtsusest koosluses (82%). Samas on nii kõrge biomassi väärtus kui ränivetikate domineerimine veidi kallutatud suure rakumahuga (biomassiga) liigi *Coscinodiscus granii* esinemisest. Teiseks dominandiks oli koosluses ripsloom *M. rubrum* (120 mg m^{-3}).

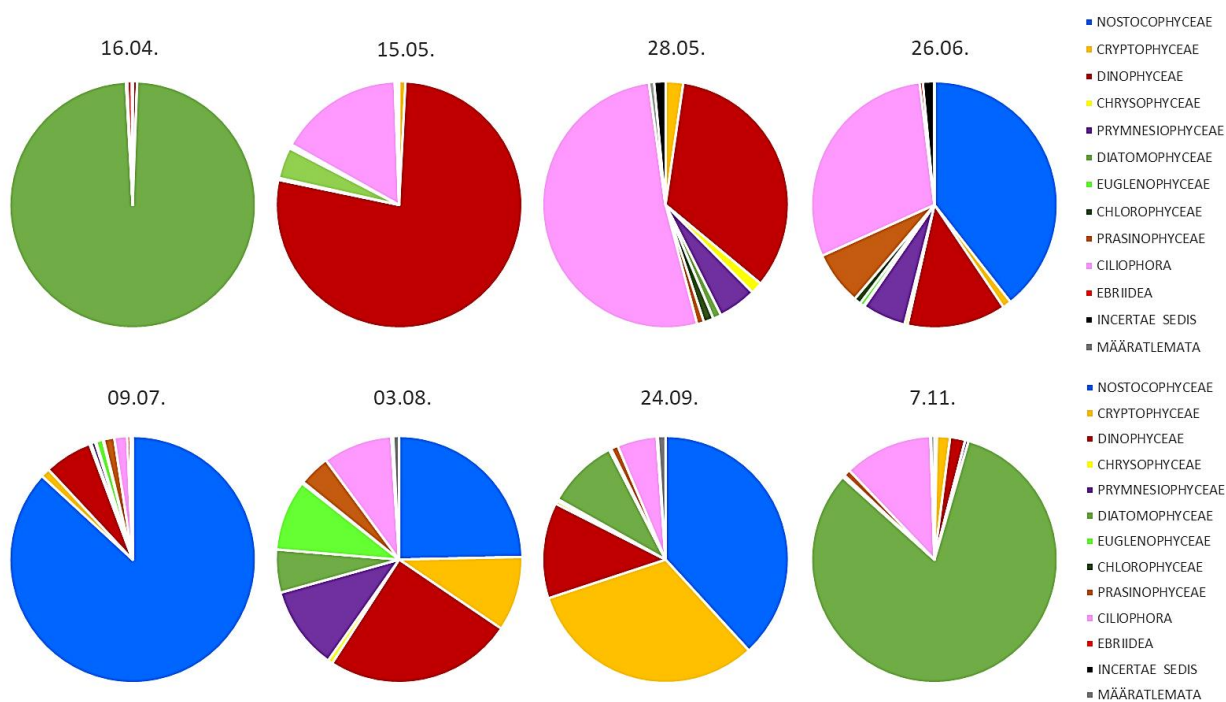
Tagalahe fütoplanktoni biomass jäi kogu uuringu perioodil mõõdukale kuni madalale tasemele. Aprilli proovivõtu ajal ei olnud fütoplanktoni kevadõitseng veel alanud – fütoplanktoni biomass oli madalal tasemel ning pinnalähedases veekihis esines veel suures kontsentratsioonis nitriteid-nitrate (joonia 11). Suurima biomassiga domineerisid liikidest ränivetikad *T. levanderi* ja *T. baltica*, arvukaim oli ränivetikas *S. marinoi*. Suurim üldbiomass Tagalahe jaamas TG2 registreeriti mai teises pooles (960 mg m^{-3}). Koosluses domineeris fotosünteesiline ripsloom *M. rubrum*, moodustades poole kogu analüüsitud biomassist (joonis 14). Ränivetikate suur osatähtsus on veidi näiline, sest suur biomass tulenes vähese arvukusega, kuid suure raku mahuga liigi *Cosinodiscus granii* esinemisest. Juuni lõpus oli koosluse struktuur mitmekesisem. Suurima biomassi moodustas tsüanobakter *Aphanizomenon* sp. (310 mg m^{-3}) ning märgatavalt oli tõusnud väikesemõõtmeliste auto- (neelvetikad, prasinofüüdid) ja miksotroofsete (prümnesiofüüdid) rühmade osatähtsus. Juuni tulemustega sarnane koosluse koosseis ja üldbiomass iseloomustas antud piirkonda ka juuli esimeses pooles. Augusti alguseks oli biomass kahanenud poole võrra ning koosluses domineeris potentsiaalselt toksiline tsüanobakter *Dolichospermum* sp., moodustades pea poole kogu üldbiomassist. Septembris ei õnnestunud mitmel korral proovivõtt antud piirkonnas halbade ilmastikuolude tõttu. Oktoobris oli biomass langenud väga madalale tasemele (120 mg m^{-3}), kooslus oli muutunud mitmekesisemaks ja anorgaanilise lämmastiku sisaldused iseloomustasid fütoplanktoni madalat produktiooni.



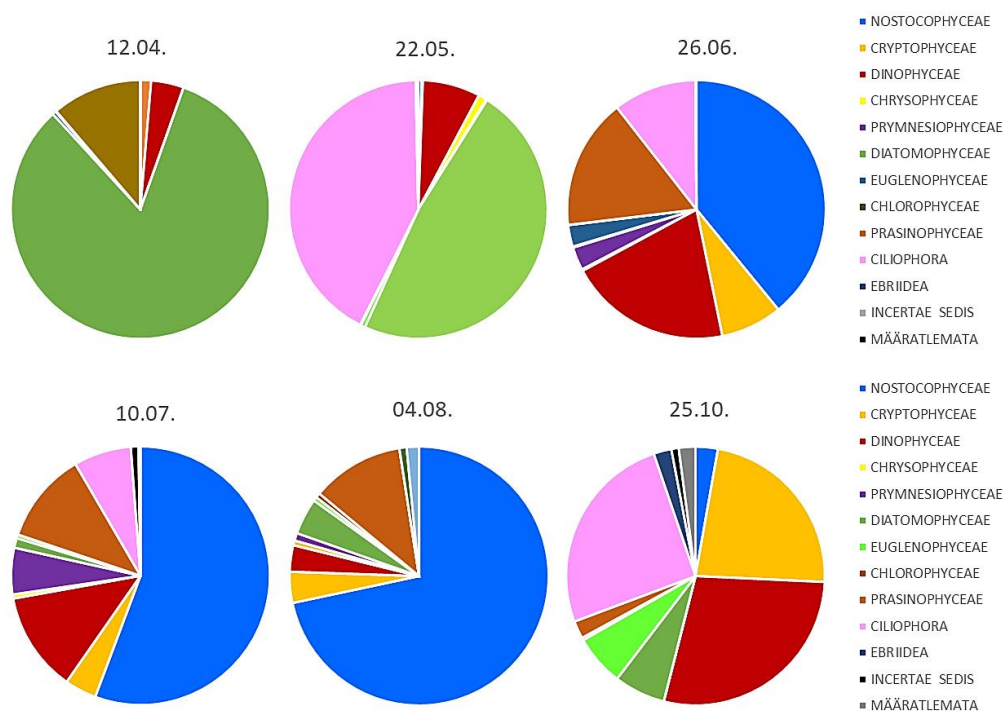
Joonis 11. Fütoplanktoni üldbiomassi ja toitainete sesoonne muutlikkus pinnakihi (fütoplankton 5 m; toitained 1 ja 10 m keskmine, v.a. TG2 alates juuni – 5 m) uuringupiirkondade keskmistes jaamades vastavalt 18a – Kolga laht, P2 – Paldiski laht ja TG2 – Tagalaht.



Joonis 12. Erinevate rühmade sesoonne osatähtsus kogu fütoplanktoni biomassist Kolga lahe jaamas 18a.



Joonis 13. Erinevate rühmade sesoonne osatähtsus kogu fütoplanktoni biomassist Paldiski lahe jaamas P2.



Joonis 14. Erinevate rühmade sesoonne osatähtsus kogu fütoplanktoni biomassist Tagalahe jaamas TG2.

4. Järgmiseks aruandlusperioodiks kavandatud tegevused

Proovivõtt uuringualadel jätkub 2019. aastal sarnaselt esimese projektiaasta tegevustele, v.a. metagenoomika – neid proove enam juurde ei koguta. Samuti jätkatakse juba kogutud proovide analüüsiga (metagenoomika, epifluorestsentsmikroskoopia), pikoautotroofide analüüsitulemuste korrastamisega ja 2018. aasta veeliikumise modelleerimise lõpetamisega.

5. Katkestused ja häiringud tavapärasel tööl

Seoses keeruliste ilmastikuoludega ei olnud võimalik septembris proove koguda Tagalahes. Samal põhjusel nihkus ka proovivõtt Paldiski lahes oktoobri asemel novembri algusesse.

6. Võimalikud riskid ja tegevused riskide maandamiseks

2019. aastal on suurimaks riskiks seoses tehniliste probleemidega uurimislaua Salme olemasolu proovide kogumiseks alates augustist. Kui proove ei ole võimalik koguda uurimislauaga Salme, siis renditakse proovikogumiseks alternatiivseid aluseid.

7. Asjaolud, millega pole arvestatud lepingu sõlmimisel ja ettepanekud nende lahendamiseks

Hetkel puuduvad.

Kasutatud kirjandus

Burchard, H. and K. Bolding, "GETM – a general estuarine transport model. Scientific Documentation". Technical report EUR 20253 en. In: Tech. Rep. European Commission, Ispra, Italy, 2002

HELCOM 2017 Monitoring of phytoplankton species composition, abundance and biomass. (<http://www.helcom.fi/Lists/Publications/Guidelines%20for%20monitoring%20phytoplankton%20species%20composition,%20abundance%20and%20biomass.pdf>)

Janssen, F., Schrum, C., & Backhaus, J. O. (1999). A climatological data set of temperature and salinity for the Baltic Sea and the North Sea. Deutsche Hydrographische Zeitschrift, 51(S9), 5–245. doi:10.1007/bf02933676

Aruande koostajad: Inga Lips, Kai Künnis-Beres
Esitamise kuupäev: 20.05.2019