

SINIVETIKATE PINNAÕITSENGUTE KIRJELDAMISE ÕPPEMATERJAL

PROJEKTI FP-CUP TEGEVUS 2021-2-11 “KALDAPIIRKONNA JA SISEVETE JÄLGIMISEKS
KOHANDATUD PRODUKTID JA RAKENDUSED COPERNICUSELT”

TARTU ÜLIKOOLI TARTU OBSERVATOORIUM
KERSTI KANGRO, KRISTA ALIKAS, MIRJAM UUSÕUE

10-14- 2024

Kokkuvõte

Õppematerjal koosneb harjutustest fütoplanktoni pinnaõitsengute kohta, kasutades kaugseire meetoditega saadud infot klorofüll a (Chl a) kohta suures madalas Peipsi järves (Eesti/Venemaa), kasutades Maa-ameti satelliidiandmete töötlemise portaali ESTHub ja rakendusprogrammi SNAP. Peamine eesmärk on pilditöötlus ESTHUB-is ja SNAP-is (võttes aluseks versiooni 9.0.0), maskide rakendamine õitsenguala arvutamiseks ja 3. taseme töötlemisvõimaluste kasutamine ruumilisteks ja ajalisteks analüüsideks. Lisaks antakse lühitutvustus sinivetikate e. tsüanobakterite õitsengutest, Peipsi peamistest õitsengu tekitajatest ja levinumate õitsengutega seotud probleemidest.

Tänuavaldused

Oleme tänulikud ESA Copernicuse programmile ja EUMETSATile satelliidiandmete eest, Maa-ametile portaali ESTHubi töötlemisvõimaluste eest ning Brockmann Consult'ile SNAP programmi eest.

Selle õppematerjali valmistamist toetas projekt FPCUP, mida rahastas Euroopa Komisjon (FPA no.: 275/G/GRO/COPE/17/10042, Action No.: 2021-2-11 Tailored downstream applications/products—from Copernicus to coastal and inland water monitoring).

Contents

Kokkuvõte	2
Tänuavaldused	2
Sissejuhatus.....	3
Õitsengu definitsioon.....	3
Tavalised õitsengu tekitajad	4
1. Õitsenguala otsimine 1 valitud pildilt	7
2. Graph Builder ning Batch Processing Tool SNAPis.....	17
3. Level 3 töötlus ESTHubis	28
Lisalugemine	33
Kasutatud kirjandus	33

Sissejuhatus

Fütoplanktoni esinemine järvedes on loomulik nähtus ja fütoplankton moodustab veekogude toiduahela aluse. Järvesid ja veehoidlaid kasutatakse sageli joogiveevarudena ning need on olulised puhkamise kohad, turismiobjektid ja vajalikud tarbevee võtmiseks. Probleemid tekivad siis, kui liigsed toitained ja soe ilm toetavad tsüanobakterite massilist arengut ning õitsengud häirivad veekogu tavapärasest kasutamist, nt. kui pinnaõitseng koondub madalasse kaldavette, ei ole tark ujuma minna. Sinivetikate mass toodab päeval hapnikku ja tarbib seda öösel, ka põhjustab setetes anaeroobseid tingimusi vetikamassi hilisem lagunemine. Hapnikusisalduse kõikumine vees põhjustab kaladele stressi, ning soojade ilmadega võib esineda kalade massiline suremine. Mürgiste õitsengute esinemine võib viia tõsise joogiveekriisini (Backer, 2002, Steffen et al., 2017).

Õitsengute intensiivistumine on eriti murettekitav siseveekogudes (Brooks et al., 2017, Malthus et al., 2019), kuna puhta magevee puudusega seotud probleemid kipuvad suurenema kogu maailmas (WHO, 2022). Muutuva kliima ja temperatuuri tõustes kasvab sinivetikate õitsemise sagedus, ulatus ja kestus globaalses mastaabis (Taranu et al., 2015, Huisman et al., 2018, Paerl et al., 2020).

Õitsengu definitsioon

Alati pole lihtne eristada, mida õitsengu all mõeldakse. Üldiselt on õitseng:

- fütoplanktoni kontsentratsiooni kiire ja märkimisväärne tõus
- fütoplanktoni biomass, mis on antud veekogu jaoks ebatavaliselt kõrge
- vee värvuse muutus
- nähtav heljum veepinnal

- vetikate suur biomass, mis on üle antud järve tavapärase fütoplanktoni biomassi, mis häirib selle järve ökosüsteemi teenuseid ja toimimist.

Ibelings jt.(2016) märkisid, et õitsengu määramisel ei ole oluline mitte sinivetikate esinemine koosluses, vaid nende hulk. Näiteks WHO (2021) soovitude järgi kui sinivetikad domineerivad vetikakoosluses ja klorofüll a kontsentratsioon on $> 12 \mu\text{g/l}$, peaks olukorda pidama ohtlikuks ning tuleks anda hoiatus. Peipsi jaoks on WHO pakutud väärtus liiga madal, seega arvutati õitsengu iseloomustamiseks iga eraldiseisva järveosa mediaanväärtus ja õitsemise alguse tähistamiseks valiti 5% võrra ületatud mediaanväärtus (tabel 1). See meetod eeldab pikaajalise andmestiku olemasolu, mis Peipsi puhul pole takistuseks.

Tabel 1. Õitsengu läviväärtus Peipsi järve erinevate osade jaoks.

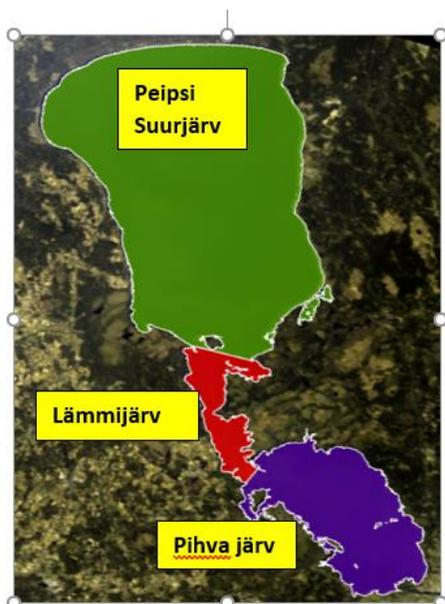
Järveosa	Pikaajaline keskmine	+ 5%
Peipsi Suurjärv	17,1 $\mu\text{g/L}$	18 $\mu\text{g/L}$
Lämmijärv	34 $\mu\text{g/L}$	35,7 $\mu\text{g/L}$
Pihkva järv	44,4 $\mu\text{g/L}$	46,6 $\mu\text{g/L}$

Tavalised õitsengu tekitajad

Peamised planktonis laialdaselt levinud ja toksiine tootvad õitsengutekitajad on N_2 fikseerivad perekonnad *Dolichospermum* (endine *Anabaena*), *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*, *Nodularia*, N_2 mittefikseerivad perekonnad *Microcystis* ja *Planktothrix* (Paerl & Paul, 2012). Sinivetikad on võimelised veesambas väga kiiresti paljunema ja on gaasivakuolide tõttu võimelised vertikaalselt liikuma, mille tulemusel moodustub veepinnale vaikse ilmaga vetikamassi kiht (Paerl & Huisman, 2009, Vaičiūtė et al., 2021, Wynne et al., 2013). Pinnaõitsenguid on nende ebaühtluse tõttu regulaarse seire raames raske uurida, sest laeva või paadiga liikumine põhjustab õitsengumassis muutusi. Kaugseire võimaldab õitsemist kvantifitseerida, leida alguse kuupäeva ja jälgida õitsengu horisontaalset liikumist.

Peipsi järv – uuritav ala

Peipsi järv on suur piiriülene veekogu (pindala 3555 km^2), mis jaguneb Eesti (44%) ja Venemaa (56%) vahel. Järv koosneb kolmest osast – põhjapoolsest ja suurimast Peipsi Suurjärvest (Peipsi sensu stricto (s.s.)), lõunapoolsest Pihkva järvest ja Lämmijärvest, mis neid kahte ühendab (Joonis 1, Tabel 2). Peipsi järvel on 240 sissevoolu, neist suurim on Velikaja jõgi (Peipsi, 2008), ainsaks väljavooluks on Narva jõgi.



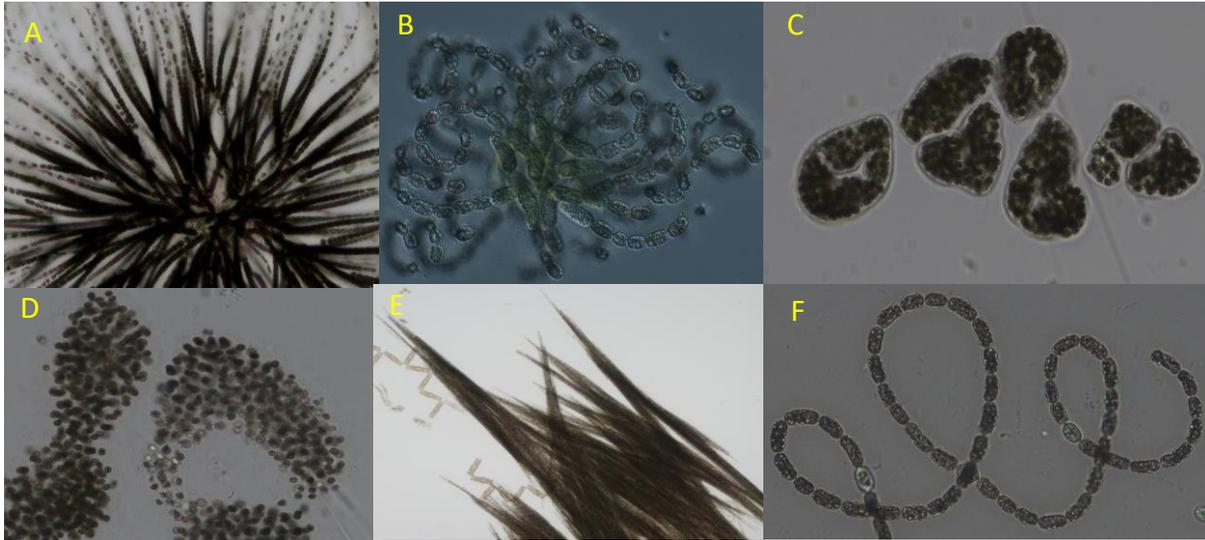
Joonis 1. Peipsi järveosade kujufailid.

Tabel 2. Peamised järveosade omadused.

	Peipsi s.s.	Lämmijärv	Pihva järv
Pindala (km ²)	2611	236	708
Ruumala (km ³)	21,79	0,6	2,68
Keskmine sügavus (m)	8,3	2,5	3,8
Suurim sügavus (m)	12,9	16,3	5,3
Troofsus	Mesotroofne	Eutroofne	Eutroofne

Peipsi järves esinevad tavalised sinivetikad on nähtavad joonisel 2. Peipsis on sinivetikaõitsengud tavaline nähtus juba alates esimestest kirjalikest märkustest järve vetikakoosluste kohta, aga domineerivaid õitsengu tekitajaid on aastate jooksul muutunud. Algul mainiti perekonda *Aphanizomenon*, seejärel põhjustas tugevat õitsengut koloniaalne tsüanobakter *Gloeotrichia echinulata* (mesotroofsete eelistustega liik (Laugaste et al., 2013)) ning viimastel aastatel on levinumad *Dolichospermum lemmermannii* ja vett sinakasrohelisteks värvivad sinivetikaliigid perekonnast *Microcystis*.

Näiteks (<https://www.terviseamet.ee/et/uudised/peipsi-jarves-vohab-sinivetikas>). Osa tsüanobakterite populatsioonist on võimeline siduma õhulämmastikku heterotsüstide kaudu, sõltudes ainult fosforist ja lisades oma elutegevusega vette täiendavat lämmastikku.



Joonis 2. Tavalisemad sinivetikad Peipsi järves: A- *Gloeotrichia echinulata*, B- *Dolichospermum lemmermannii*, C- *Microcystis wesenbergii*, D- *Microcystis flos-aquae*, E- *Aphanizomenon* sp., F- *Dolichospermum* sp. Fotode autor K. Maileht.

Enne õppematerjali läbimist:

- 1) ESTHubi konto loomine (vajalik riiklik ID number). Rohkem infot <https://geoportaal.maaamet.ee/eng/Spatial-Data/National-Satellite-Data-Centre-ESTHub-p654.html>
- 2) SNAP programmi allalaadimine

See õppematerjal kasutab ESTHubi töötlemisplatvormi (sisselogimine:

<https://ehcalvalus.maaamet.ee/calest/calvalus.jsp>) ja programmi Sentinel Application Platvormi (SNAP).

ESTHub on satelliidipiltide töötlemisplatvorm, mida haldab Maa-amet ja mis hõlmab Eesti territooriumi ja selle ümbrust. Sentinel rakendusplatvorm (SNAP) 9.0.0. on programm Maa vaatluste töötlemiseks ja analüüsimiseks, allalaaditav aadressilt <https://eo4society.esa.int/resources/snap/>.

Ülesanded selles õppematerjalis:

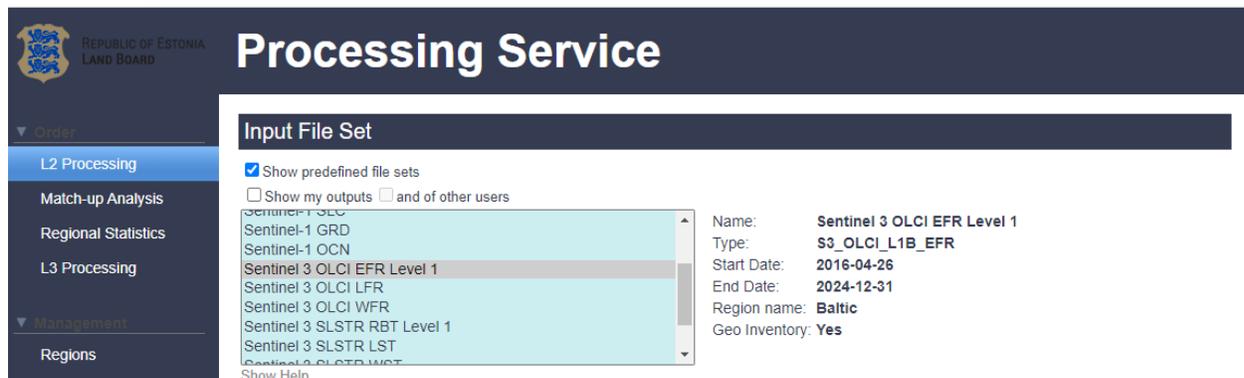
- 1) ESTHubi kasutamine Chl a arvutamiseks ühelt satelliidipildilt, seejärel õitsengumaski loomine ja õitsenguala leidke SNAP-tarkvara abil.
- 2) Mitmelt pildilt õitsenguteabe hankimine SNAP-is pakett-töötlust kasutades.

3) ESTHubis 3. taseme arvutused ruumilis-ajaliste analüüside jaoks (valitud ajaperioodi keskmine).

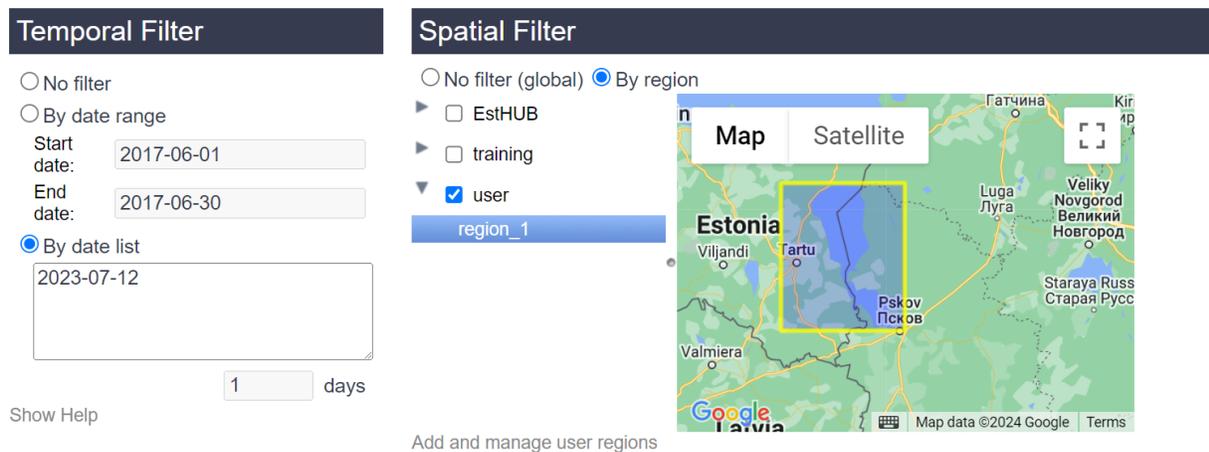
1. Õitsenguala otsimine 1 valitud pildilt

Esimene harjutus käsitleb 1. taseme andmete kasutamist ja klorofüll a kontsentratsiooni leidmist maksimaalse klorofüllini indeksi ja regionaalsete koefitsientide abil üle Peipsi järve, et saada järveosa-spetsiifilist õitsenguala.

ESTHubis valige vasakpoolselt paanilt „**L2 Processing**“ ja **Input File Set** „Sentinel 3 OLCI EFR Level 1“.



Temporal filter: vali näiteks kuupäev 12.07.2023. **Spatial filter** võib olla “global” või midagi spetsiifilisemat. Regiooni saab ise valida “**Add and manage user regions**”, suumige huvipakkuvasse piirkonda, joonistage uus hulknurk ja salvestage see uue kasutajapiirkonnana. Tagasi **L2 Processing** ja ruumilise valiku **Spatial filter** all saab valida enda poolt defineeritud ala või joonistada uue piirkonna ja salvestada selle uue alana.



Valikust **Level-2 Processor** vali Maksimaalse klorofüllini indeks (Maximum chlorophyll index (MCI)):

Level-2 Processor

- My processors Processors of other users Highest version
 System processors Matching input type

<none>
 Case 2R/CoastColour Processor for OLCI with Idepix v1.91
 Case 2R/CoastColour Processor for OLCI with Idepix v1.91
 Case 2R/CoastColour Processor for S3 OLCI v1.91
 Case 2R/CoastColour Processor for S3 OLCI v1.91
 Cloud screening with SNAP Idepix for OLCI v7.0.0
 iCOR atmospheric correction processor for S3 OLCI v3.0
Maximum chlorophyll index (MCI) from EFR v7.0.0
 Polymer L2 v4.16.1.forscientificuse
 SNAP generic BandMaths v1.1
 SNAP generic Subset v1.2

Input Types: S3_OLCI_L1B_EFR
 Bundle: s3tbx-fihmci v7.0.0
 Owner: System

► [Processor description](#)

Show Help

Level-2 Parameters

```
<parameters>
<lowerBaselineBandName>Oa12_radiance</lowerBaselineBandName>
<upperBaselineBandName>Oa10_radiance</upperBaselineBandName>
<signalBandName>Oa11_radiance</signalBandName>
<maskExpression>(Iquality_flags.land or quality_flags.fresh_inland_water) and I
quality_flags.invalid</maskExpression>
<slope>true</slope>
<slopeBandName>MCI_slope</slopeBandName>
<lineHeightBandName>MCI</lineHeightBandName>
<cloudCorrectionFactor>1.005</cloudCorrectionFactor>
<invalidFihMciValue>NaN</invalidFihMciValue>
</parameters>
```

Choose File No file chosen

Edit Parameters

Good-pixel expression lubab kirjeldada, milliseid pikseid kasutada. Siin saab öelda, et ära kasuta heledaid või vigaseid pikseid **_NOT quality_flags_bright** and **_NOT quality_flags_invalid**

Output Parameters Luba mõningal määral ebaõnnestumist (näiteks 20%), määra nimi, mis töödeldud produktile pannakse ning vali netCDF4 format, seejärel klõpsa **Order Production**.

Output Parameters

Production name:

Provide a name for the production to identify it later on. If left empty, a name will be generated from the given parameters.

- Process to Cluster-Internal-Format
 User product

Product file format:

Note that the available product file formats may depend on the selected processor.

- Perform staging step after successful production

Percentage of allowed failing products:

Request queue:

If you are entitled for several queues select the queue for the project you are processing for.

Show Help

Check Request

Save Request

Order Production

„Productions“ all (ESTHubi vasakpoolsel paanil) on vahekaart, mis näitab töötlemise edenemist (ja vigade olemasolu) ja töödeldud failide loendit, mille saab pärast töötlemise lõpetamist alla laadida.



REPUBLIC OF ESTONIA
LAND BOARD

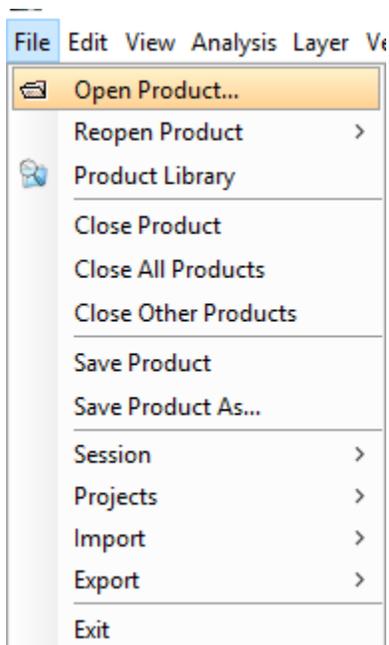
Processing Service

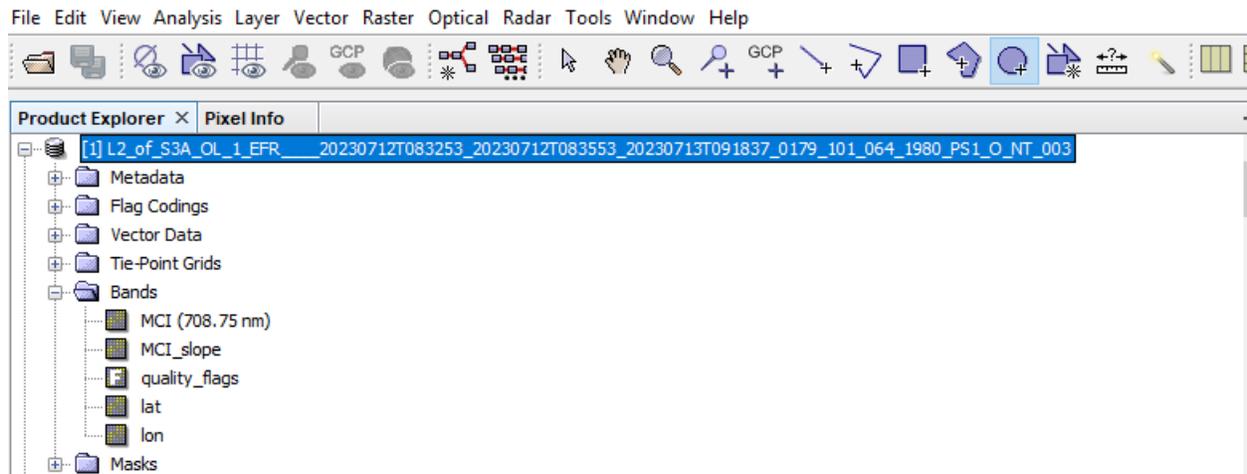
	<input type="checkbox"/>	▼ Production	User	Processing Stati
▼ Order	<input type="checkbox"/>	20240124093307_L3_7a3cb02ecbfec0 2022_average_pe	kersti.kangro	COMPLETED
L2 Processing	<input type="checkbox"/>	20240124085241_L3_7a3cb02ecbfefb 2023_average_pe	kersti.kangro	COMPLETED
Match-up Analysis	<input type="checkbox"/>	20240124084228_L3_7a3cb02ecbfefe 2023_pe	kersti.kangro	COMPLETED
Regional Statistics	<input type="checkbox"/>	20240124083412_L3_7a3cb02ecbfefd 240706082023_pe	kersti.kangro	COMPLETED
L3 Processing	<input type="checkbox"/>	20240123143721_L3_7a3cb02ecbfefc juuni_1	kersti.kangro	COMPLETED
▼ Management	<input type="checkbox"/>	20240123122538_L2Plus_7a3cb02ecbfefb 1407_regio	kersti.kangro	COMPLETED
Regions	<input type="checkbox"/>	20240123121852_L2Plus_7a3cb02ecbfefa 1307_regio	kersti.kangro	COMPLETED
Requests				
Productions				

Alla saad produkte laadida, klõpsates **Download**. Tulemuseks on mitu faili, laadi alla S3A fail, lõpuga 1980.nc.

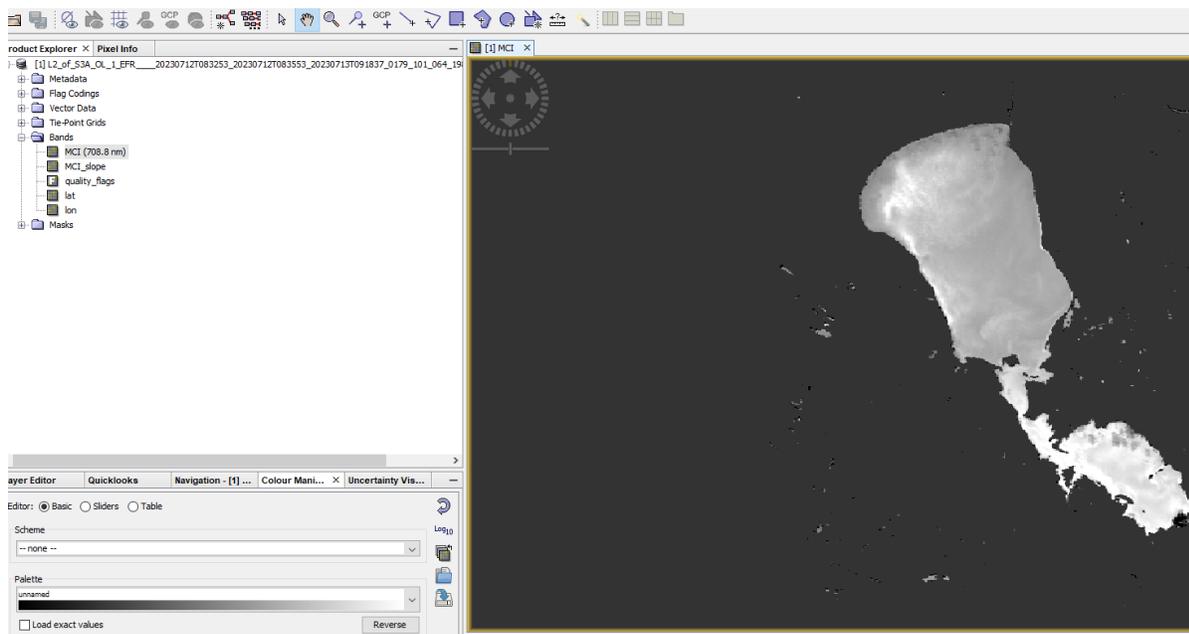
Analüüs jätkub SNAPis.

Ava SNAP ning ava ka allalaaditud fail – kas sikuta produkt vasakule äärde aknasse, või (**File** -> **Open Product** -> otsi sealt, kuhu alla laadisid, üles fail L2_of_S3A....nc)

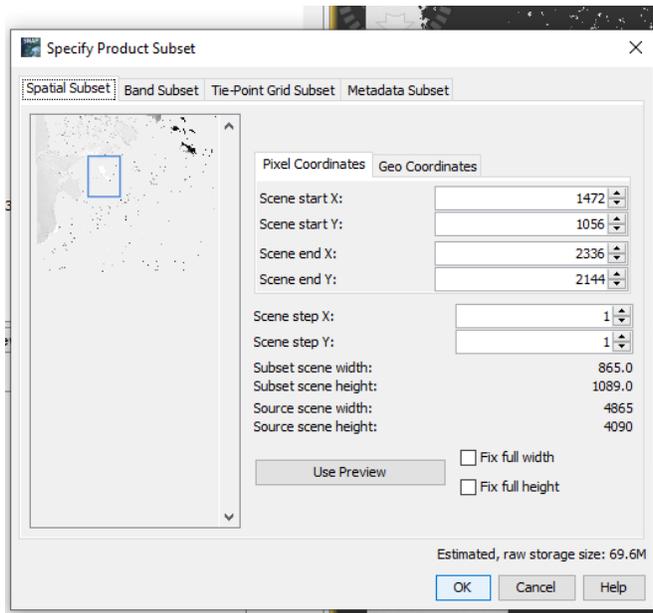




Vali **MCI band** (Valiku **Bands** all, klõpsa +, topeltklõps MCI (708.8 nm)) ja ava pildiaken.

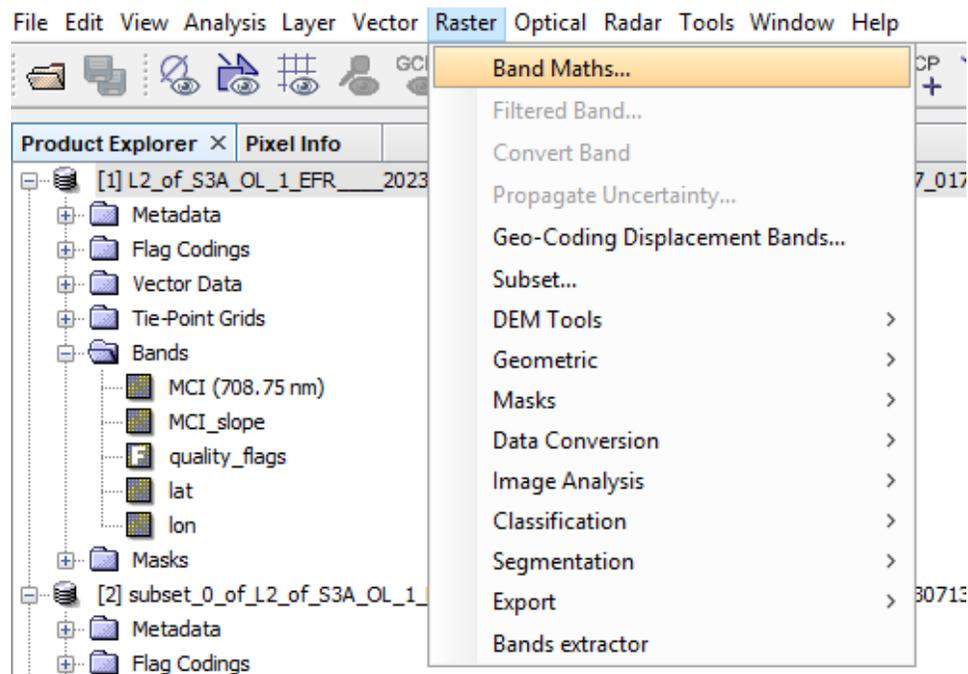


Kui pildiala on liiga suur, saab tekitada väiksema pildi valikust “subset” – parema klahviga klõps pildi peal ja tekkinud valikust valida “**Spatial subset from View**”, mis laseb pildi peal vähendada suuruse ainult Peipsi järveni, vajuta OK. See vähendab töödeldava faili suurust ning lisab töötlemiskiirust.

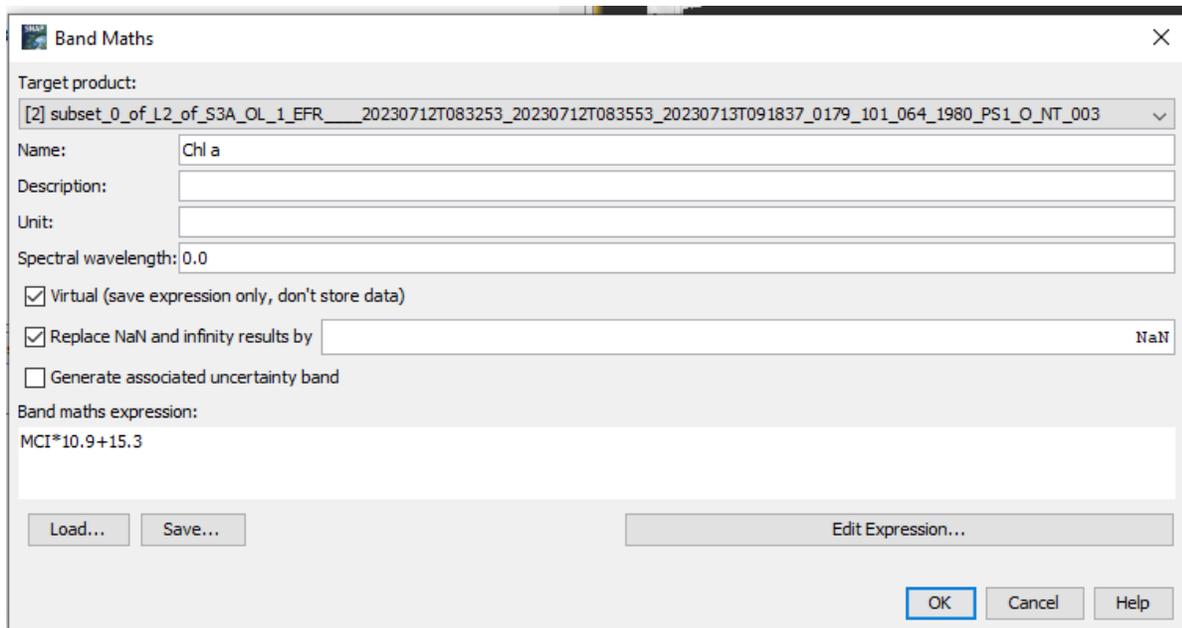


Pilditükk avaneb uue failina originaalfaili alla. Vali **väiksem fail (subset 0 of ...)** ja ava selle MCI pildiaken.

Arvuta klorofüll a sisaldus MCI abil (Alikas et al. 2010), kasutades ülalt valikut **Raster ->Band Maths**:



Raster -> **Band Maths** -> avaneb dialoogiaken. Seal saab anda uuele kanalile nime, valikus **Name** näiteks Chl a. Valemit saab kirjutada **Edit Expression** -> **Expression** aknas-> sinna saab sisestada valemi. Trüki valem $MCI*10.9+15.3$ ja vajuta OK.



Band Maths

Target product:
[2] subset_0_of_L2_of_S3A_OL_1_EFR____20230712T083253_20230712T083553_20230713T091837_0179_101_064_1980_PS1_O_NT_003

Name: Chl a

Description:

Unit:

Spectral wavelength: 0.0

Virtual (save expression only, don't store data)

Replace NaN and infinity results by NaN

Generate associated uncertainty band

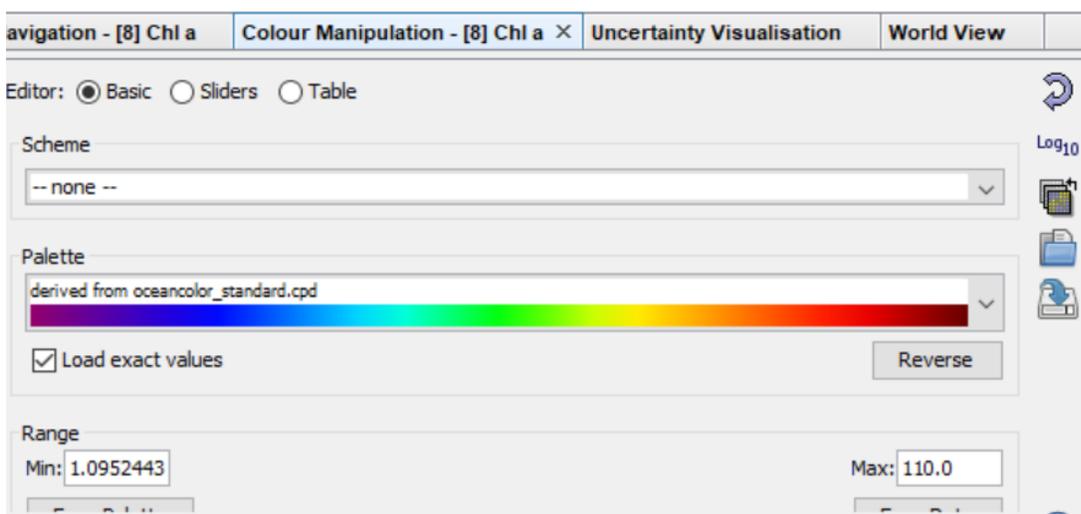
Band maths expression:
MCI*10.9+15.3

Load... Save... Edit Expression...

OK Cancel Help

Klorofüll a pilt ilmub ekraanile. Kui ei ilmu, siis klõpsa **Bands** alt viimasele kanalile **Chl a** ja **Open Image Window**.

Kasuta **Colour Manipulation** akent, et Chl a produktile värve lisada. Valikus **Palette** võib valida näiteks "oceancolour_standard.cpd", kus värvidel on pidev üleminek. Valiku „**More options**“ alt võib valida ka „**discrete colours**“, mis võimaldab määrata kindlad väärtused, millest alates värvi vahetatakse. Väärtusvahemik võib olla kas andmepõhine või paletipõhine, ning värvid muutuvad olenevalt valikust.



avigation - [8] Chl a Colour Manipulation - [8] Chl a X Uncertainty Visualisation World View

Editor: Basic Sliders Table

Scheme
-- none --

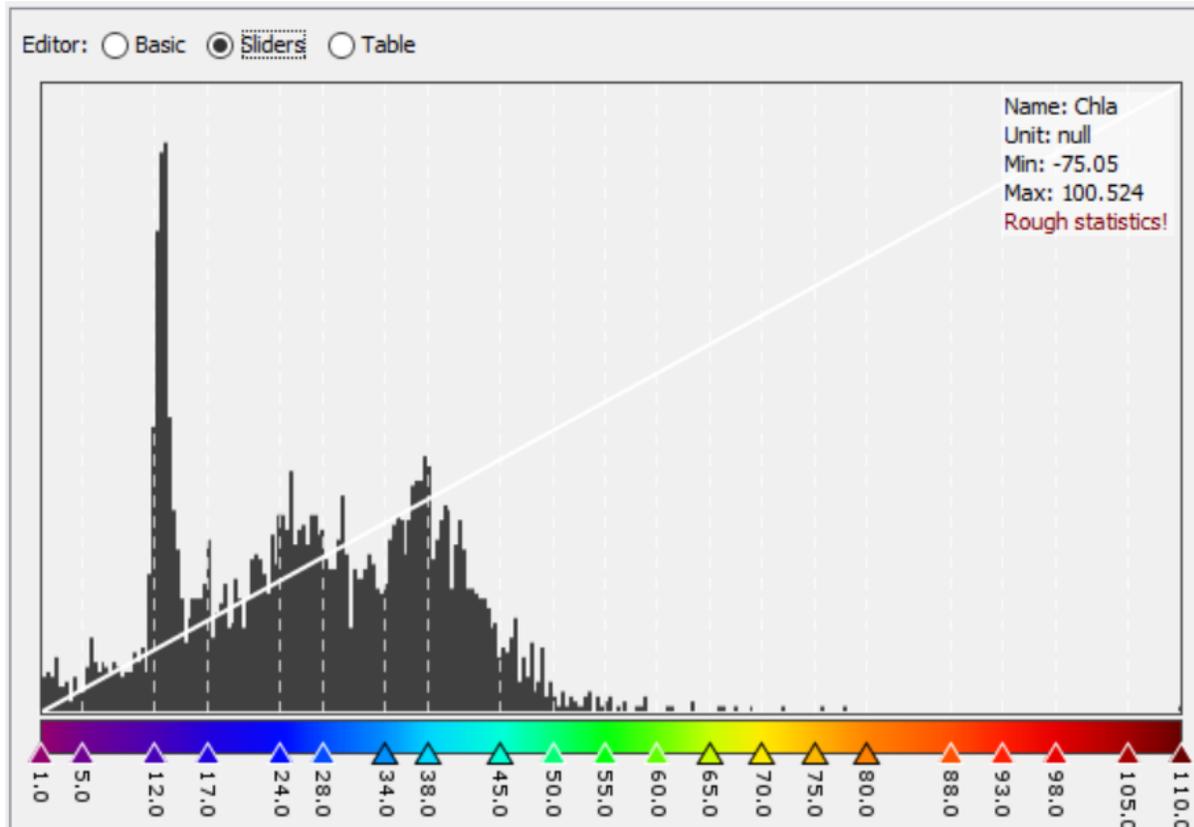
Palette
derived from oceancolor_standard.cpd

Load exact values Reverse

Range
Min: 1.0952443 Max: 110.0

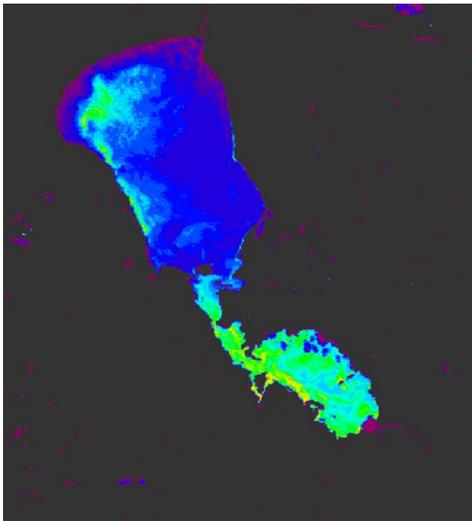
Log₁₀

Väärtustele saab värve valida kas tabelipõhiselt või mööda skaalat libistades, tehes soovitud kohas topeltklõpsu. Arvesta, et klorofüllisisaldus saab varieeruda alates nullist.



Muudetud värvipaletti saab salvestada uueks cpd failiks  ning kasutada edaspidi samal kujul teiste failide puhul, valides soovitud faili "Import colour palette" 

Tulemus sellise värvipaletti puhul:

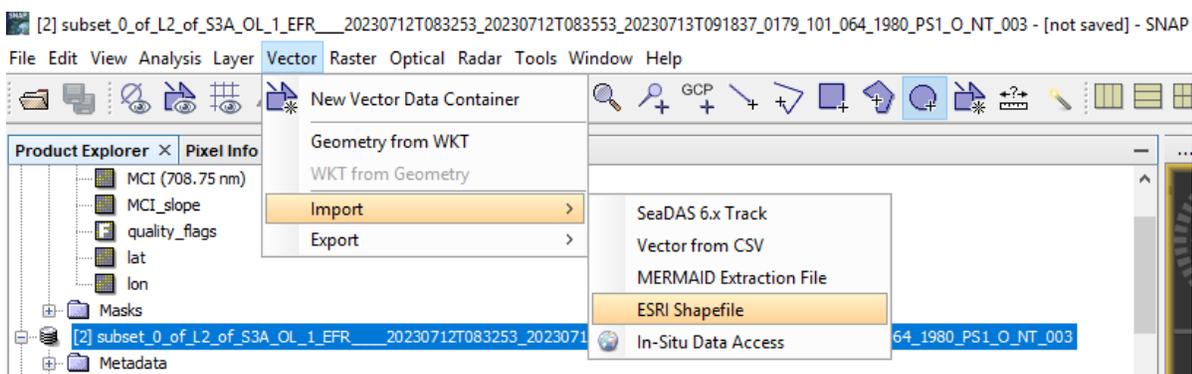


Värvilegendi saab eksportida kas nagu faili (Fail) või nagu pilti (Image). Klõpsa pildil ja vali **Export Colour Legend as Image**. Valides **Properties**, saab värvilegendi infot muuta (pealkirja teksti, paigutust jmt.)

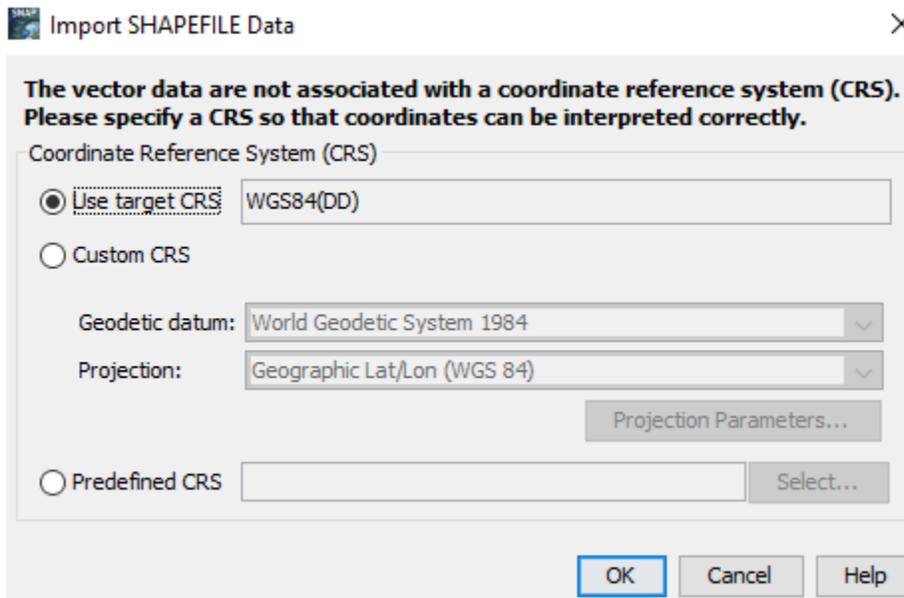
Vaata saadud klorotüllikaarti – kus on madalamad klorofülliväärtused? Kas klorofüll on Peipsi järves ühtlaselt jaotunud? Saad kasutada Colour manipulation võimalusi ja muuta värve.

Õitsengu kirjeldamine:

Impordi Peipsi järve kolm kontuurfaili (faili nimi tuleb valida Product explorer aknas) **Vector-> Import -> ESRI shapefile** (enne peab kaust olema lahti pakitud) -> vali kõik kolm kontuurfaili -> vali koordinaatide süsteem Use target CRS -> WGS84.

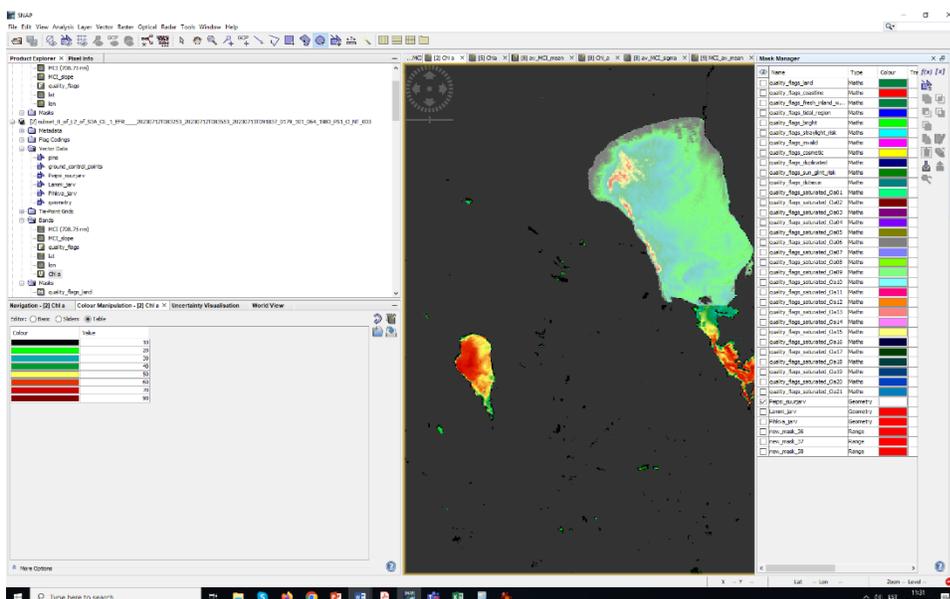


Küsida võidakse Coordinate Reference System i täpsustusi, sinna võib jääda esialgne valik (default).



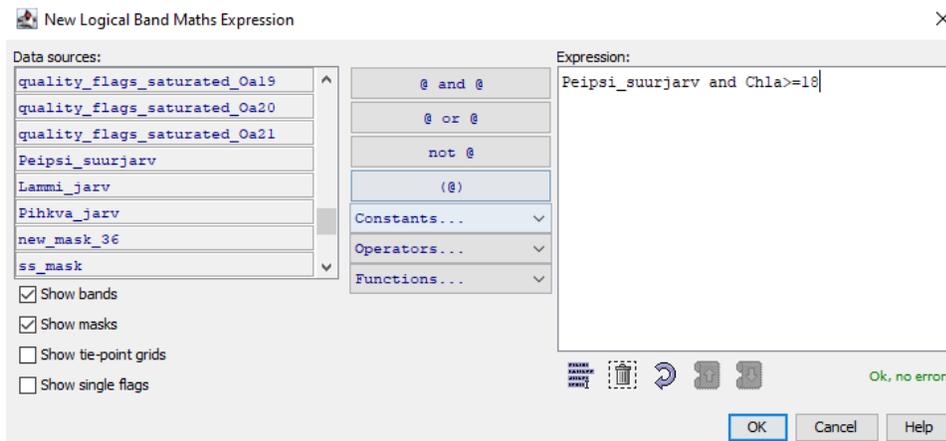
Kujufailid ilmuvad nagu maskid: **Mask Manager (View-> Tool Windows->Mask Manager)**. Maskitüüp: **Type** on Geometry. Nii kihi nimi, värv, kui läbipaistvus on muudetavad vastavalt soovile.

Tee kujufaili ette linnuke, kui tahad, et see nähtav oleks.



Õitsenguala kirjeldamiseks tuleks luua uus mask klorofüll a sisalduse piirmäärade (Tabel 1 sisejuhatuses) järgi.

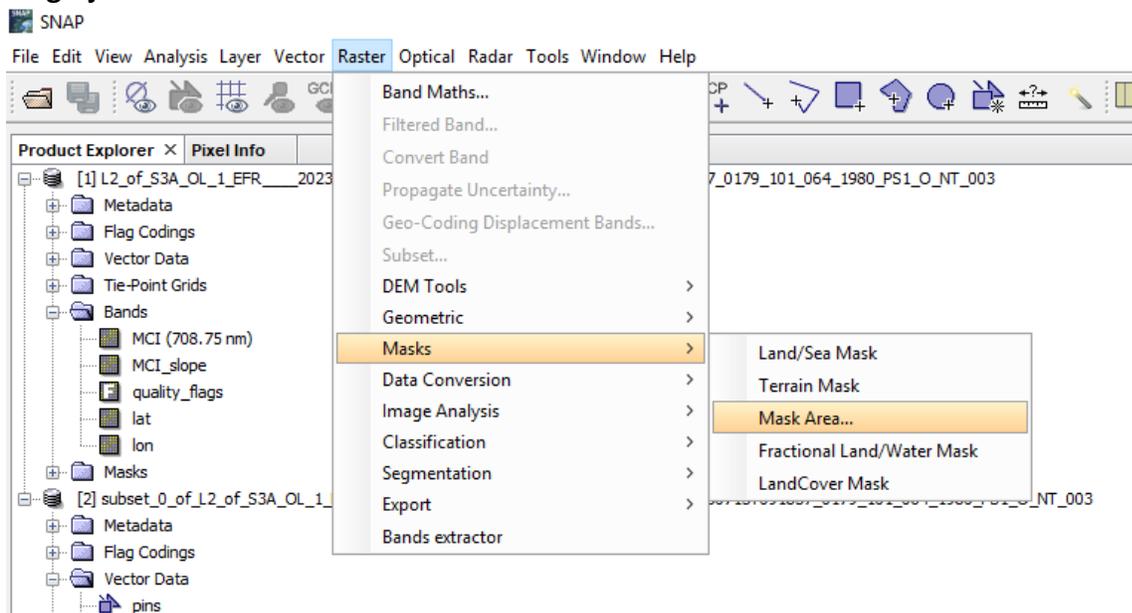
Arvutame uue maski esmalt Peipsi Suurjärve jaoks – vali **Mask Manager**, klõpsa , et võrrandit sisestada. Klõpsa valikud **Show masks** ja **Show bands**. Vali Peipsi_suurjarv mask, kirjuta "and" ja vali Chl a kanal, ning lisa piirväärtus Tabelist 1.



Pane uuele loodud maskile nimi, ning korda sama Lämmijärve ja Pihkva järvega, vaadates piirmäärasid tabelist 1.

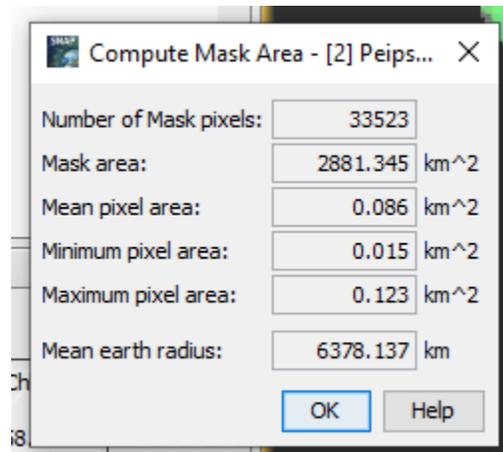
Ühenda 3 maskitud ala – vali kolme ala õitsengumaskid ja klõpsa , et maske ühendada.

Maske saab eksportida  ja hiljem importida . Vali välja mask, sellele klõpsates. Ekspordi kombineeritud õitsengumask terve Peipsi järve kohta. **Kui suur on õitsengu alune pindala kõigis järveosades?**

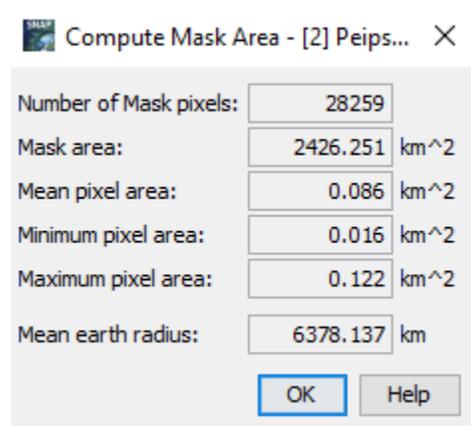


Seda saab teha **Raster -> Masks -> Mask area**. Vali nimekirjast välja sobiv mask ja leia pindala km².

Peipsi Suurjärve maski pindala (Peipsi_suurjarv) on 2881.3 km².



Õitsengu maski pindala on (geometry mask Peipsi_suurjarv and Chl a ≥ 18 µg/L) 2426 km².



Kui suur on õitsengu pindala a) Lämmijärves b) Pihkva järves c) terves Peipsi järves?

Sulge produkt ja salvesta fail.

Valikülesanne: tee sarnane protsess läbi Soome lahe kohta, võttes aluselt sama päeva pildi. Arvuta klorofüll a MCI-st, pane peale oma värviskeem ja vaata Soome lahe ala. Kas ka seal on õitsengut näha?

2. Graph Builder ning Batch Processing Tool SNAPis

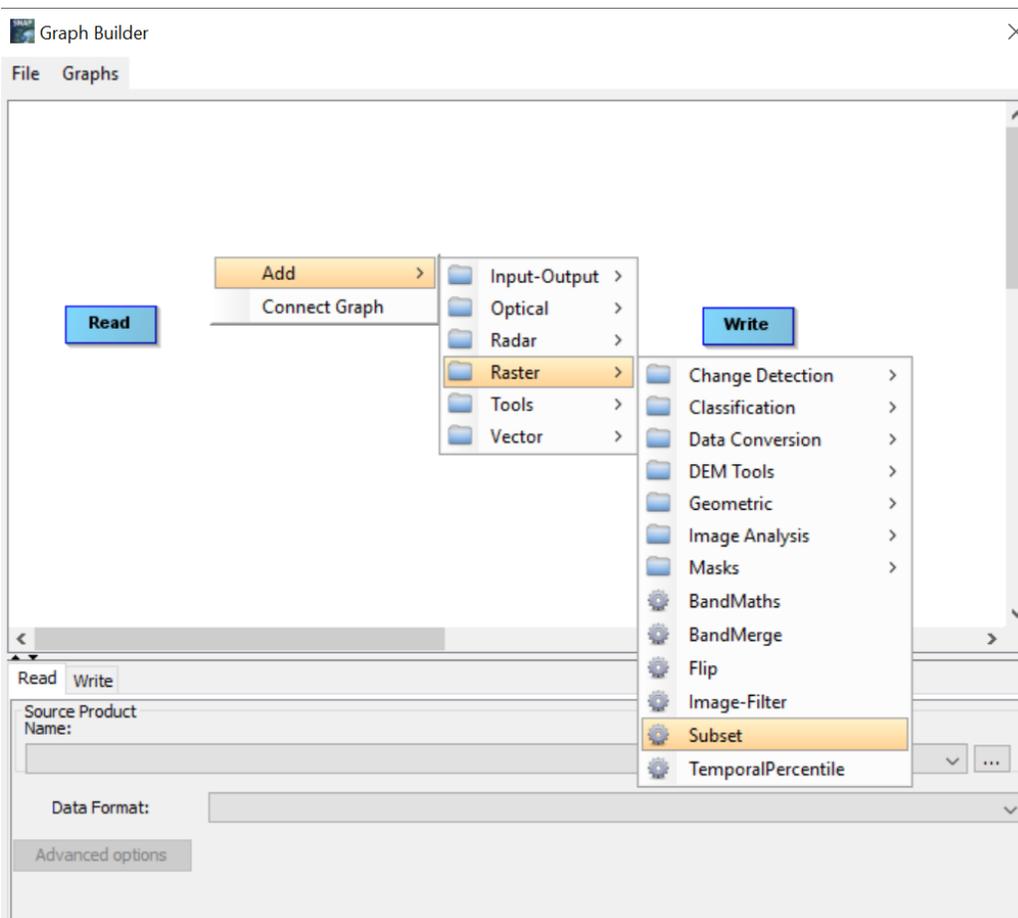
See ülesanne õpetab töötleva SNAPis mitmeid pilte korraga. Lisaks on näidatud ära võimalus, kuidas luua ajaliste keskmiste väärtustega pilte, kasutades L3 Binning võimalust ESTHubis.

Kasutage ESTHubi, valige **L2 Processing**, Sentinel 3 OLCI EFR pilte koos MCIga, järgides esimese ülesande juhiseid, aga seekord valides 3 päeva pildid (näiteks 15., 16. ja 22. september 2023). Vali User -> region 1, mis hõlmab Peipsi järve. Laadi alla üks S3A pilt igast kuupäevast, vali lõpuga _1980.nc

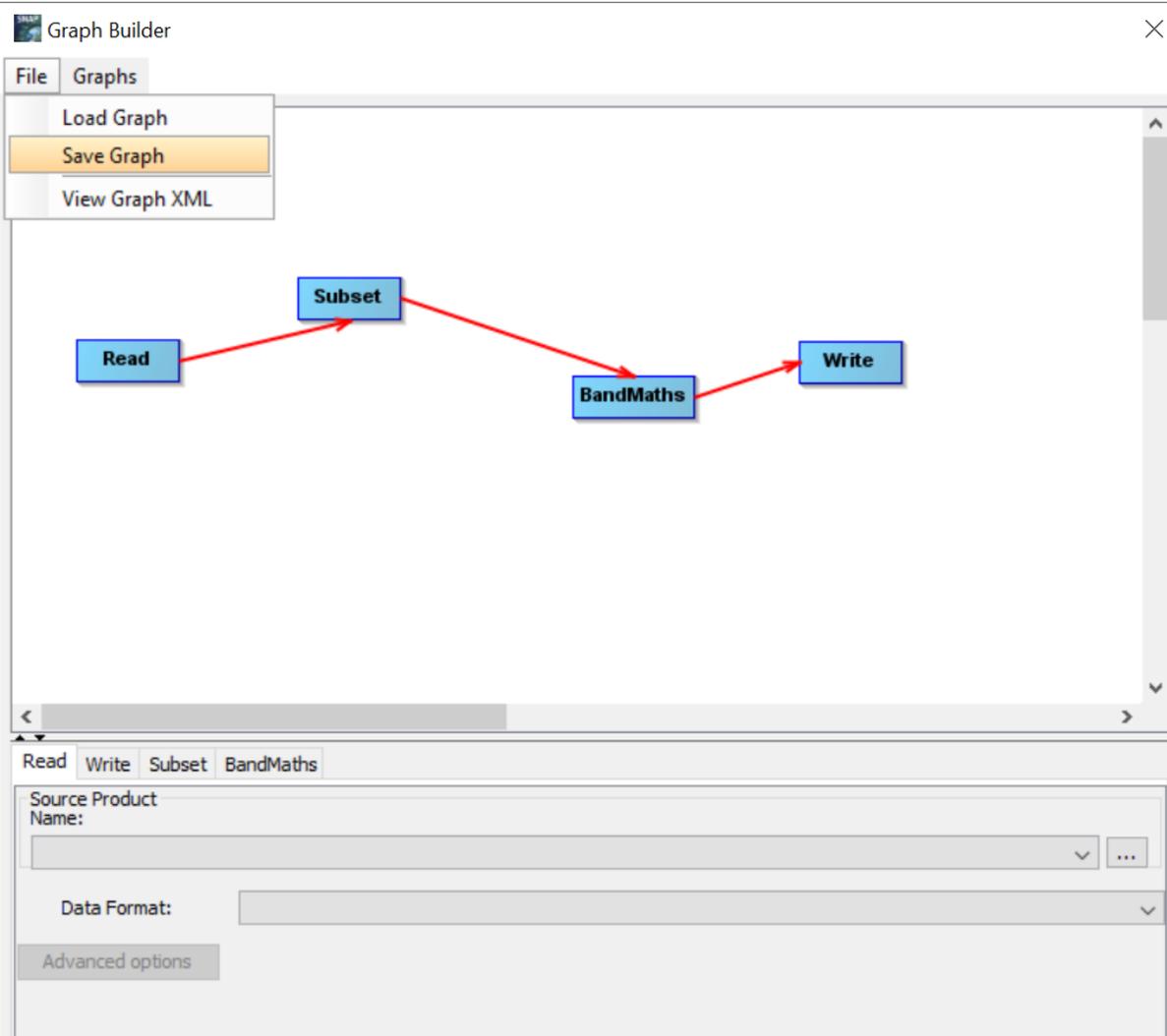
SNAPis saab mitmeid pilte panna paraleelselt töötleva, kasutades Graph Builder  ja Batch

Processing Tool  võimalusi. Graph Builder lubab panna järjekorda tegevused, mida soovime kõigile piltidele rakendada.

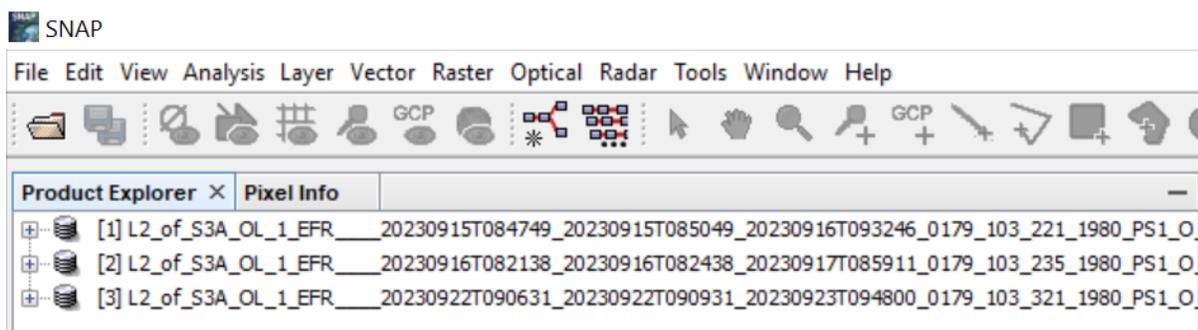
Ava SNAP ja loo **Graph Builder** skeem edasiseks töötamiseks. Parem klõps ekraanil, ning vali **processing tool**. Esmalt lisa **Subseti** tegemine (Add-> Raster->Subset), et paremini Peipsi järvele keskenduda.

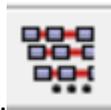


Siis lisa **BandMath** abil klorofüll a kivi arvutamine Chl a (Add-> Raster-> Band Maths). Siis parem klikk ja vali **Connect graph**. Ilmuvad ühendavad jooned. Salvesta valmis skeem, näiteks MyGraph.xml



Product Explorer: ava kolm septembrikuist L2 produkti SNAPis.





Vali **Batch processing**. Kasuta , et kõik 3 faili sinna laadida. Laadi varasemalt salvestatud skeemifail, kasutades nuppu **Load Graph**.

Batch Processing ×

File Graphs

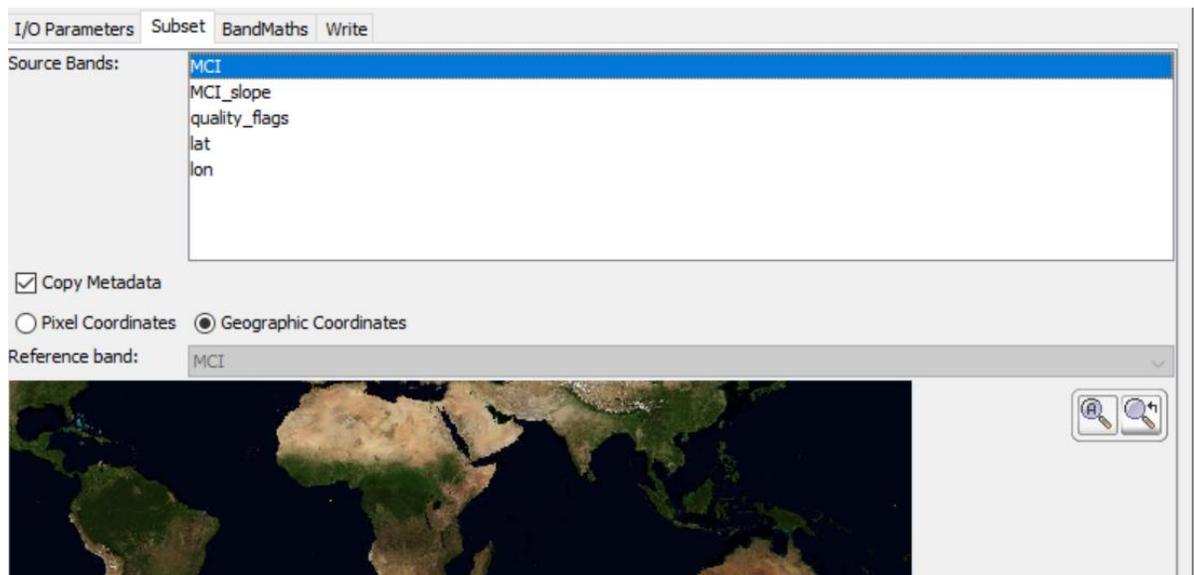
I/O Parameters

File Name	Type	Acquisition	Track	Orbit
L2_of_S3A_OL_1_EFR___2...	org.esa.s3tbx....			
L2_of_S3A_OL_1_EFR___2...	org.esa.s3tbx....			
L2_of_S3A_OL_1_EFR___2...	org.esa.s3tbx....			

3 Products

Run remote Load Graph Run Close Help

Valikud ilmuvad I/O Parameters kõrvale, ning neid saab täiendada ja muuta. **Subset** valiku all vali **MCI** kui kasutatav kanal ning märgi ära ka **Geographic Coordinates**.



Kasuta ikooni , et märgistada hiirega ära huvipakkuv ala – ilmub kollane kast punase polügoni sees. Vajuta Update. Nii toimub uue ala valimine. Kuna see võib võtta pikemalt aega, täida vahepeal ära **Band Math** saki alune osa.



Band Math valiku all märgi ära **Target Band**, milleks on **Chl a** ja lisa valem Chl a arvutamiseks.

I/O Parameters Subset BandMaths Write

Target Band: Chla

Target Band Type: float32

Band Unit:

No-Data Value: 0.0

Expression: $MCI * 10.9 + 15.3$

Edit Expression...

WRITE saki all märgi ära kaust, kuhu productid tekitatakse ning salvesta need **NETCDF4-CF** failina.

File Graphs

I/O Parameters Subset BandMaths Write

Target Product

Name:

Subset_L2_of_S3A_OL_1_EFR____20230915T084749_20230915T085049_20230916T093246_0179_103_221_1980_PS1_O_NT_003_BandMath

Save as: NetCDF4-CF

Directory: C:\Users\kiti\3_subsetist

Siis vajuta **RUN**.

Batch Processing : myGraph3.xml

File Graphs

Processing 2 of 3 L2_of_S3A_OL_1_EFR____20230916T082138_20230916T082438_20230917T085911_0179_103_235_1980_PS1_O_NT_003.nc

I/O Parameters Subset BandMaths Write

Target Product

Name:
Subset_L2_of_S3A_OL_1_EFR____20230916T082138_20230916T082438_20230917T085911_0179_103_235_1980_PS1_O_NT_003_BandMath

Save as: NetCDF4-CF

Directory:
C:\Users\kiti\3_subsetist

Computing raster data... 67%

Estimated 2 seconds remaining

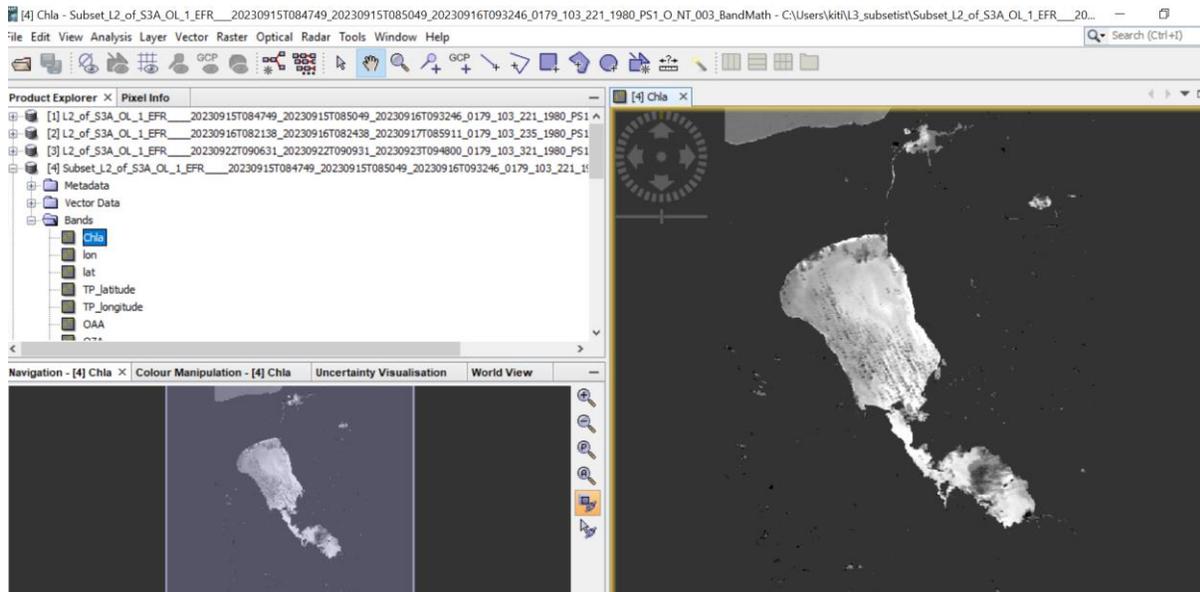
Run remote Load Graph Run Close Help

Luuakse 3 uut faili.

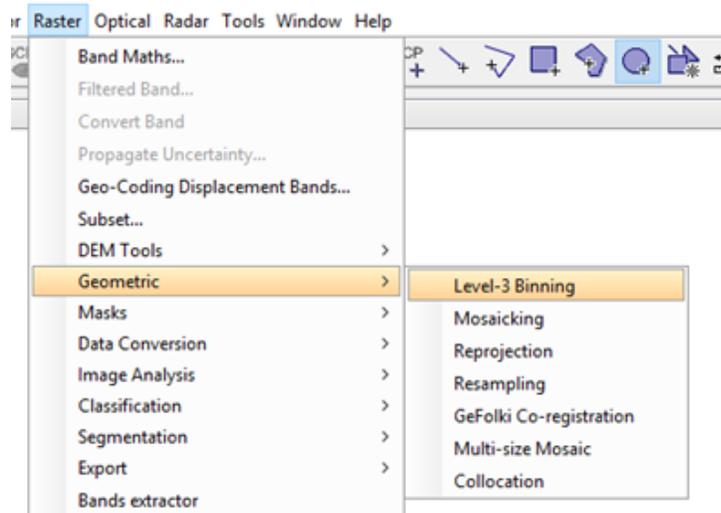
Product Explorer X Pixel Info

[1]	L2_of_S3A_OL_1_EFR____20230915T084749_20230915T085049_20230916T093246_0179_103_221_1980_PS1_O
[2]	L2_of_S3A_OL_1_EFR____20230916T082138_20230916T082438_20230917T085911_0179_103_235_1980_PS1_O
[3]	L2_of_S3A_OL_1_EFR____20230922T090631_20230922T090931_20230923T094800_0179_103_321_1980_PS1_O
[4]	Subset_L2_of_S3A_OL_1_EFR____20230915T084749_20230915T085049_20230916T093246_0179_103_221_1980
[5]	Subset_L2_of_S3A_OL_1_EFR____20230916T082138_20230916T082438_20230917T085911_0179_103_235_1980
[6]	Subset_L2_of_S3A_OL_1_EFR____20230922T090631_20230922T090931_20230923T094800_0179_103_321_1980

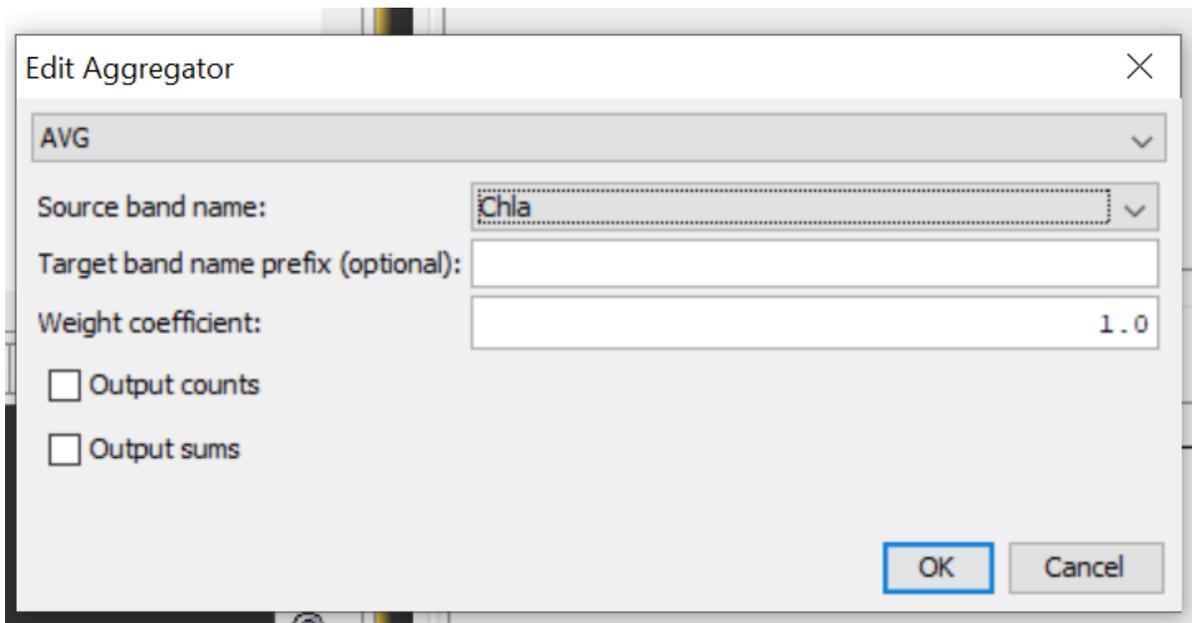
Product explorer -> ava ühe subseti Chl a kanal.



Kasutades **L3 binning** töötlust (Raster->Geometric -> Level 3 Binning), et leida keskmine klorofülliväärtus kolme septembrikuu pildi alusel.

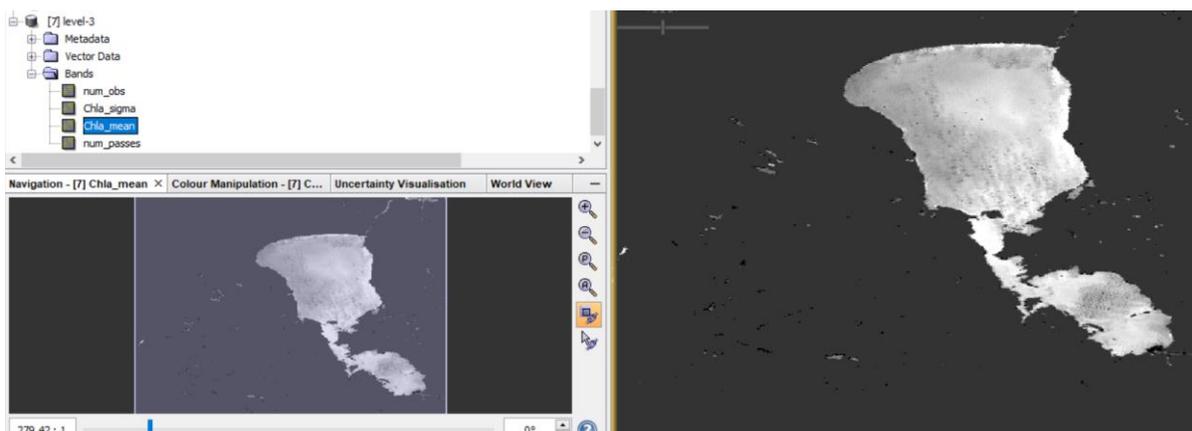


Uus aken avaneb. Klõpsa , **Add product(s)** ning vali 3 subset produkti -> OK. **Configuration** valiku all klõpsa  -> **Edit Aggregator** vali Chl a kui **Source band name** ning AVG (keskmine) kui editing aggregator. Klõpsa OK.

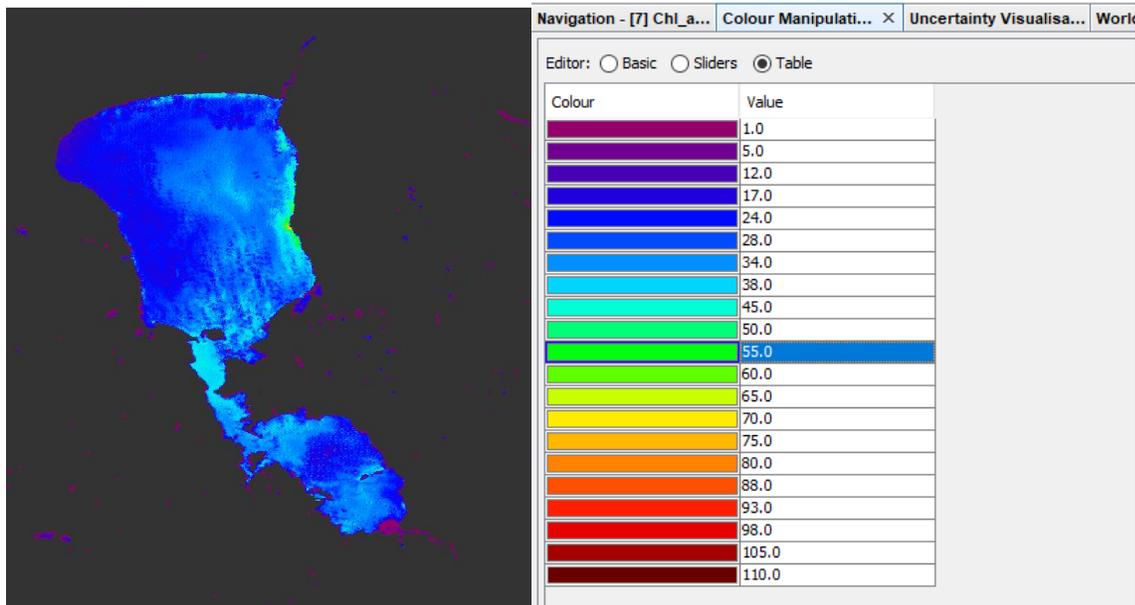


Muuda ruumiline lahutus **Spatial resolution (km/px)** 0.3. Klõpsa **RUN**. Kolmanda taseme produkt ilmub **Product Exploreri aknas. Vali** Bands, tee topeltklõps Chla_mean peal ning keskmistatud väärtuste pilt ilmub paremal aknas.

Vaata seda pilti:



Laadi varasemalt tehtud värviskeemi fail -> vali Range, From Palette, ja siis saad vaadata värvilist pilti.



Leia, kui suurel alal oli kogu Peipsi järvest Chl a >46.6 µg/L? (mask Chl a >= 46.6). See on õitsengu läviväärtus Pihkva järves – kui kõrged on väärtused teistes järve osades?

Lisaülesanne:

Arvuta keskmine Chl a sisaldus Peipsi järves, kasutades SNAPi L3 binning protsessorit 3 juulikuu pildi jaoks (12., 13., 14. juuli, 2023). Selleks töötle 2 lisakuupäeva L2 töötusega vastavalt skeemile esimeses ülesandes. Good-pixel expression valikus trüki: NOT quality_flags_bright and NOT quality_flags_invalid.

Processing Service

Input File Set

- Show predefined file sets
 Show my outputs and of other users

Sentinel 3 OLCI EFR Level 1
Sentinel 3 OLCI LFR
Sentinel 3 OLCI WFR
Sentinel 3 SLSTR RBT Level 1
Sentinel 3 SLSTR LST
Sentinel 3 SLSTR WST
ENVISAT MERIS FSG L1B (Examples)
ENVISAT MERIS RR L1B (Examples)

Show Help

Name: Sentinel 3 OLCI EFR Level 1
 Type: S3_OLCI_L1B_EFR
 Start Date: 2016-04-26
 End Date: 2024-12-31
 Region name: Baltic
 Geo Inventory: Yes

Temporal Filter

No filter
 By date range
 Start date:
 End date:
 By date list

 days

Show Help

Spatial Filter

No filter (global) By region
 EstHUB
 training
 user



Add and manage user regions

SNAPis kasuta L3 Binningut ning vali 3 produkti juulikuust, anna produktile uus nimi ning salvesta kui netCDF4 enda poolt määratud kohta.

Binning

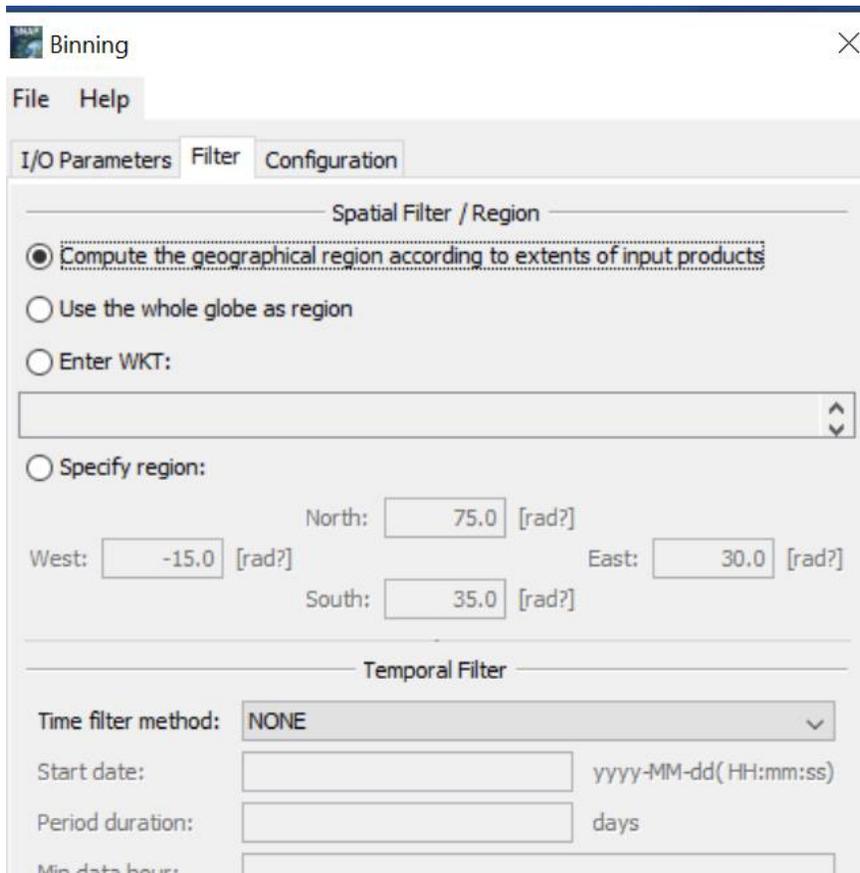
File Help

I/O Parameters Filter Configuration

Source Products

```
[3] L2_of_S3A_OL_1_EFR____20230714T074031_20230714T074331_20230715T082513_0179_101_092_19
[5] L2_of_S3A_OL_1_EFR____20230712T083253_20230712T083553_20230713T091837_0179_101_064_19
[6] L2_of_S3A_OL_1_EFR____20230713T080642_20230713T080942_20230714T085100_0179_101_078_19
```

Binning window Filtreerimist saab teha koordinaatide järgi - **Filter** > märgi **Specify region** või kasuta tervet sisendfaili.



Binning [Close]

File Help

I/O Parameters **Filter** Configuration

Spatial Filter / Region

Compute the geographical region according to extents of input products

Use the whole globe as region

Enter WKT:

Specify region:

North: [rad?]

West: [rad?] East: [rad?]

South: [rad?]

Temporal Filter

Time filter method: [v]

Start date: yyyy-MM-dd(HH:mm:ss)

Period duration: days

Min data hour:

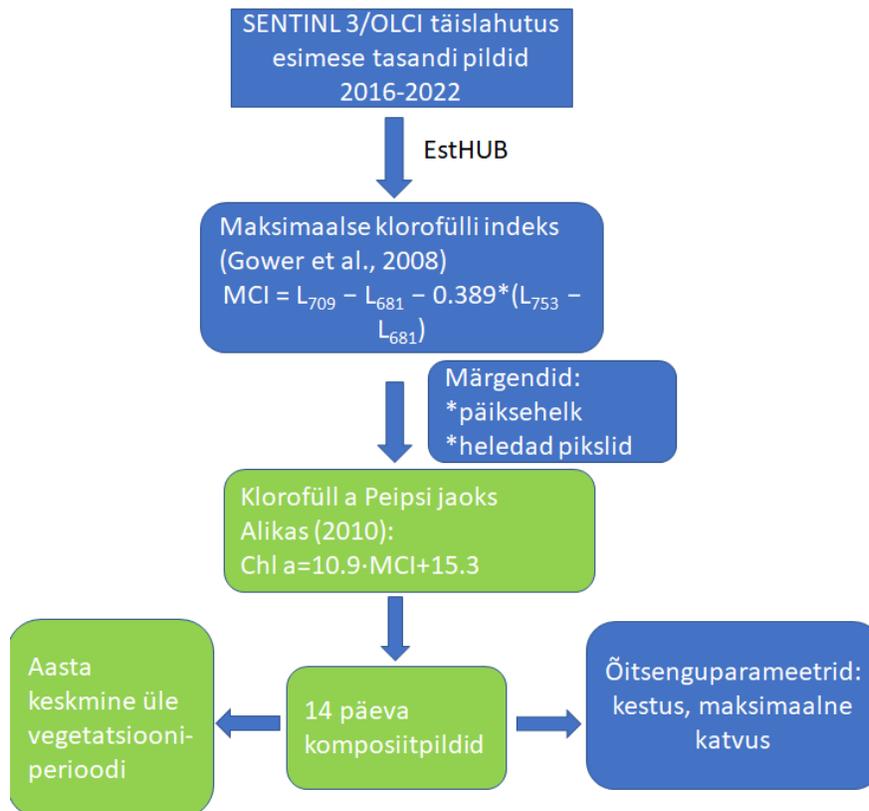
Kui valid koordinaatide järgi, **Filter** > märgi **Specify region** ning lisa koordinaadid (North 59.271, West 26.085 South 57.721, East 28.31); valikus **Configuration**, vali +, ja keskmistamine (AVG) ning aluskanaliks MCI. Muuda **Spatial resolution** 0.3 km/px ja vajuta **RUN**.

Target product – genereeritakse kombineeritud L3 produkt. Ava see, arvuta MCIst klorofüll a sisaldus kasutades **Band Math** (Raster->BandMaths) ($MCI_mean * 10.9 + 15.3$).

Määra värvikombinatsioon ja vaata saadud klorfülliväärtusi – **Millises järveosas on juulikuus klorfüll madalaim? Kas klorfüllisisaldus on kõrgem kui septembrikuus?**

3. Kolmanda taseme (L3) töötlus ESTHubis

See harjutus õpetab, kuidas ESTHubis valitud ajaperioodi keskmistatud pilti saada. Näiteks 14-päeva keskmised pildid on aluseks õitsengu hindamisel (Joonis 3).



Joonis 3. Skeem pinnaõitsengute kirjeldamiseks satelliidiandmetest.

ESTHubis, vali **L3 processing** ja pildiks Sentinel 3 OLCI EFR Level 1. Siis vali **Temporal Filter** ja **By date range** vali 14 päevane periood, näiteks 24.07 - 06.08.23. Vali **Spatial filter**, sealt kasutaja user alt region 1, kus on ka Peipsi järv.

Temporal Filter

No filter

By date range

Start date:

End date:

By date list

2017-06-01
2017-06-02
2017-06-03

days

Show Help

Spatial Filter

No filter (global) By region

EstHUB

training

user

region_1

region_2



Add and manage user regions

Siis vali **Level-2 Processor** Maximal Chlorophyll Index (MCI).

Level-3 Parameters, klõpsa **Add**, Variable Name on **MCI**.

Level-3 Parameters

Variable Name		Expression
MCI	=	

Please define either variables by a band arithmetic expression or declare band names that already exist in the product. These variables can be used in the aggregator definitions below.

Add
Remove

Aggregator parameters AVG, siis vajuta Edit – aggregator parameters, määra varName = MCI, targetName MCI_ave; teised väljad võivad jääda muutmata. Siis vajuta OK.

Edit 'AVG' aggregator parameters

varName:	<input type="text" value="MCI"/>	The source band used for aggregation.
targetName:	<input type="text" value="MCI_ave"/>	The name prefix for the resulting bands. If empty, the source band name is used.
weightCoeff:	<input type="text" value="0"/>	The number of spatial observations to the power of this value will define the value for weighting the sums. Zero means observation count weighting is disabled.
outputCounts:	<input type="checkbox"/>	If true, the result will include the count of all valid values
outputSums:	<input type="checkbox"/>	If true, the result will include the sum of all values.

An aggregator that computes an average.

OK
Cancel

Aggregator sakil ilmub parameetrite kohta info **Parameters** all.

Level-3 Parameters

Variable Name		Expression
MCI	=	

Please define either variables by a band arithmetic expression or declare band names that already exist in the product. These variables can be used in the aggregator definitions below.

Add
Remove

Aggregator	Parameters
<div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;"> ▼ Edit </div>	varName=MCI; targetName=MCI_ave

Add
Remove

Good-pixel expression all trüki NOT quality_flags_bright and NOT quality_flags_invalid.

Muuda Stepping period 1 päevaks ning Compositing period 14 päevaks. Vali Binning kui Compositing, ja vali ruumiline lahutus 0.3, sest Sentinel 3 piksel on 300x300 m.

Aggregator		Parameters	
AVG	Edit	varName=MCI; targetName=MCI_av	
Add	Remove		
Good-pixel expression: NOT quality_flags_bright and NOT quality_flags_invalid			
Stepping period:	1 days	Compositing:	BINNING
Compositing period:	14 days	Spatial resolution:	0.3 km/pixel
Number of periods:	0	Supersampling:	1 pixels
		Target width:	1,406 pixels
		Target height:	702 pixels

Show Help

Output parameters: Vali ja trüki Production name, muuda failiformaat NetCDF4, luba 20% ebaõnnestumisi ja siis telli töötlus (**order the production**).

Output Parameters	
Production name:	240706082023_pe
Provide a name for the production to identify it later on. If left empty, a name will be generated from the given parameters.	
<input type="radio"/> Process to Cluster-Internal-Format <input checked="" type="radio"/> User product	
Product file format:	NetCDF4
Note that the available product file formats may depend on the selected processor.	
<input checked="" type="checkbox"/> Perform staging step after successful production	
Percentage of allowed failing products:	20
Request queue:	ut
If you are entitled for several queues select the queue for the project you are processing for.	

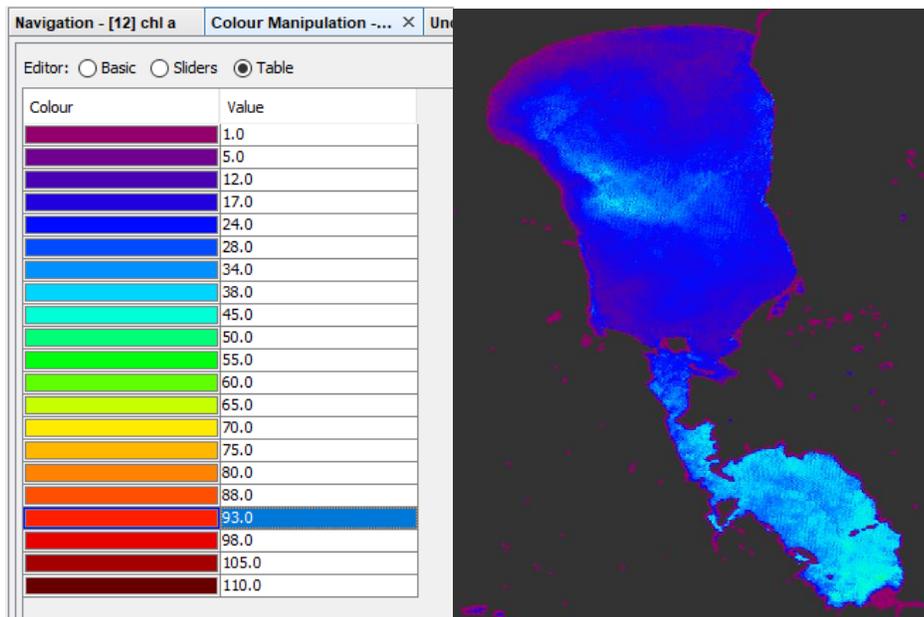
Show Help

Check Request Save Request Order Production

Töötuse edenemist on näha **Productions** sakil (vali vasakult paanilt EstHubis). **Laadi** genereeritud .nc fail **alla, paki lahti ja ava SNAPis**.

Ave pilt MCI_ave_mean: Klõpsa **Bands**->topeltklõps MCI_ave_mean -> avaneb pilt paremal aknas. Kasuta **Raster** -> **Band Maths** ja arvuta Chl a hulk MCI_ave_mean, Alikas et al. (2010) valemi järgi: $MCI_ave_mean * 10.9 + 15.3$. Kasuta **Colour Manipulation Scheme** Chl a sisalduse

vaatamiseks – võta sobiv palett, näiteks enda poolt varem salvestatud  . Kui kasutad sama värviskeemi, saad järgmise klorofüll a pildi.



Lisa õitsengu mask (nii kujufail kui Chl a läviväärtuste maskid tuleks uuesti luua) – Kui suur on keskmine õitsenguala pindala eri järveosades selle 2 nädalase perioodi jooksul?

Lisaülesanne

Arvuta vegetatsiooniperioodi keskmine klorofüllipilt maist oktoobrini 2023 aasta jaoks ja võrdle seda 2022 aasta vegetatsiooniperioodi keskmisega.

Seda saab jällegi teha, kasutades **L3 Processing** töötlust ESTHubis, esmalt 2022 ja siis 2023 aasta vegetatsiooniperioodide jaoks. Seega nüüd on ajaperiood (**time period**) töötluse jaoks 01.05-30.10 mõlemal korral, aga aastad on erinevad. **stepping period** on 14, ja **compositing period** is 184. Kasuta saadud faile L3_2023-05-01_2023-10-30.nc and L3_2022-05-01_2022-10-30.nc for

comparison.

Aggregator		Parameters	
AVG	<input type="button" value="Edit"/>	varName=MCI; targetName=MCI_av	
<input type="button" value="Add"/>	<input type="button" value="Remove"/>		
Good-pixel expression:	<input type="text" value="NOT quality_flags_bright and NOT quality_flags_invalid"/>		
Stepping period:	<input type="text" value="14"/>	days	Compositing: <input type="text" value="BINNING"/>
Compositing period:	<input type="text" value="184"/>	days	Spatial resolution: <input type="text" value="0.3"/> km/pixel
Number of periods:	<input type="text" value="1"/>		Supersampling: <input type="text" value="1"/> pixels
			Target width: <input type="text" value="1,406"/> pixels
			Target height: <input type="text" value="702"/> pixels
Show Help			

Millisel aastal oli keskmine õitsengu pindala suurem? Kui suur % järvest oli keskmiselt õitsengust mõjutatud?

Lisalugemine

Ibelings, B. W., R. Kurmayer, S. M. F. O. Azevedo, S. A. Wood, I. Chorus & M. Welker, 2021. Understanding the occurrence of cyanobacteria and cyanotoxins. In: I. Chorus & M. Welker (eds) Toxic Cyanobacteria in Water. A guide to their public health consequences, monitoring and management. Second edition. World Health Organization, pgs. 213-294.
<https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water---second-edition>, accessed 11 September, 2023.

Kasutatud kirjandus

Alikas, K., K. Kangro & A. Reinart, 2010. Detecting cyanobacterial blooms in large North European lakes using the Maximum Chlorophyll Index. *Oceanologia* 52: 237–257.

Backer L. C. 2002. Cyanobacterial Harmful Algal Blooms (CyanoHABs): Developing a Public Health Response. *Lake and Reservoir Management* 18: 20–31. <https://doi.org/10.1080/07438140209353926>.

Brooks, B. W., J. M. Lazorchak, M. D. A. Howard, M.-V. V. Johnson, S. L. Morton, D. A. K. Perkins, E. D. Reavie, G. I. Scott, S. A. Smith & J. A. Stevens, 2017. In some places, in some cases, and at some times, harmful algal blooms are the greatest threat to inland water quality. *Environmental Toxicology and Chemistry* 36: 1125-1127. <https://doi.org/10.1002/etc.3801>

- Huisman, J., G. A., Codd, H. W. Paerl, B. W. Ibelings, J. M. H. Verspagen & P. M. Visser, 2018. Cyanobacterial blooms. *Nature Reviews Microbiology* 16: 471–483. <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0040-1>
- Ibelings, B. W., M. Bormans, J. Fastner & P. M. Visser, 2016. CYANOCOST special issue on cyanobacterial blooms: synopsis—a critical review of the management options for their prevention, control and mitigation. *Aquatic Ecology* 50: 595–605. <https://doi.org/10.1007/s10452-016-9596-x>
- Malthus, T. J., E. Lehmann, X. Ho, E. Botha & J. Anstee, 2019. Implementation of a Satellite Based Inland Water Algal Bloom Alerting System Using Analysis Ready Data. *Remote Sensing* 11: 2954. <https://doi.org/10.3390/rs11242954>
- Paerl, H. W. & J. Huisman, 2009. Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms *Environmental Microbiology Reports* 1: 27-37. <https://doi.org/10.1111/j.1758-2229.2008.00004.x>
- Paerl, H. W. & V. J. Paul, 2012. Climate change: Links to global expansion of harmful cyanobacteria. *Water Research* 46: 1349-1363. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.08.002>.
- Paerl, H. W., K. E. Havens, H. Xu, G. Zhu, M. J. McCarthy, S. E. Newell, J. T. Scott, N. S. Hall, T. G. Otten & B. Qin, 2020. Mitigating eutrophication and toxic cyanobacterial blooms in large lakes: The evolution of a dual nutrient (N and P) reduction paradigm. *Hydrobiologia* 847: 4359–4375. <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04087-y>
- Steffen, M. M., T. W. Davis, R. M. L. McKay, et al. & S. W. Wilhelm, 2017. Ecophysiological Examination of the Lake Erie *Microcystis* Bloom in 2014: Linkages between Biology and the Water Supply Shutdown of Toledo, OH. *Environmental Science and Technology* 51: 6745–6755. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00856>
- Taranu, Z. E., I. Gregory-Eaves, P. R. Leavitt, L. Bunting, T. Buchaca, J. Catalan, I. Domaizon, P. Guilizzoni, A. Lami, S. McGowan, H. Moorhouse, G. Morabito, F. R. Pick, M. A. Stevenson, P. L. Thompson, R. D. Vinebrooke, 2015. Acceleration of cyanobacterial dominance in north temperate-subarctic lakes during the Anthropocene. *Ecol. Lett.* 18: 375–384. <https://doi.org/10.1111/ele.12420>
- Vaičiūtė, D., M. Bučas, M. Bresciani, T. Dabulevičienė, J. Gintauskas, J. Mėžinė, E. Tiškus, G. Umgiesser, J. Morkūnas, F. De Santi & M. Bartoli, 2021. Hot moments and hotspots of cyanobacteria hyperblooms in the Curonian Lagoon (SE Baltic Sea) revealed via remote sensing-based retrospective analysis. *Science of The Total Environment* 769: 145053. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145053>.
- WHO, 2021. Guidelines on recreational water quality: Volume 1 coastal and fresh waters, 164 pg. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240031302>
- WHO, 2022. State of the world’s drinking water: an urgent call to action to accelerate progress on ensuring safe drinking water for all. Geneva: World Health Organization, UNICEF, World Bank. 114 pg.

Wynne, T. T., R. P. Stumpf, M. C. Tomlinson, G. L. Fahnenstiel, J. Dyle, D. J. Schwab & S. J. Joshi, 2013. Evolution of a cyanobacterial bloom forecast system in western Lake Erie: Development and initial evaluation. *Journal of Great Lakes Research* 39, Supplement 1: 90-99.
<https://doi.org/10.1016/j.jglr.2012.10.003>.