

A satellite view of the Earth from space, showing the Western Hemisphere. The Americas are visible, with North America in the upper left and South America in the lower left. The Pacific Ocean is on the right. The Earth's atmosphere is a thin blue layer, and the surface shows green landmasses and dark blue oceans. The text is overlaid on the image.

Miten kaukokartoitusta voidaan hyödyntää pintavesien seurannassa ja tilan arvioinnissa?

Suomen Vesiensuojelun Keskusliiton koulutuspäivät, Vantaa 16.-17.11.2023

Hydrobiologi, FT Antti Kanninen, Pohjois-Savon ELY-keskus

Sisältö

1. Johdanto

- Tausta ja muutama sana yleisesti kaukokartoituksesta

2. Operatiiviset vedenlaadun tietotuotteet

- Loppukäyttäjän näkökulma Suomen ympäristökeskuksen kehittämiin palveluihin:
 - Tarkka+
 - STATUS (Pisara)

3. *(Järvien vesikasvillisuuden kaukokartoituksesta*

- *Pohjois-Savon ELY-keskuksen kehittämishankkeet 2018-2023)*



Kuva: Tarkka+

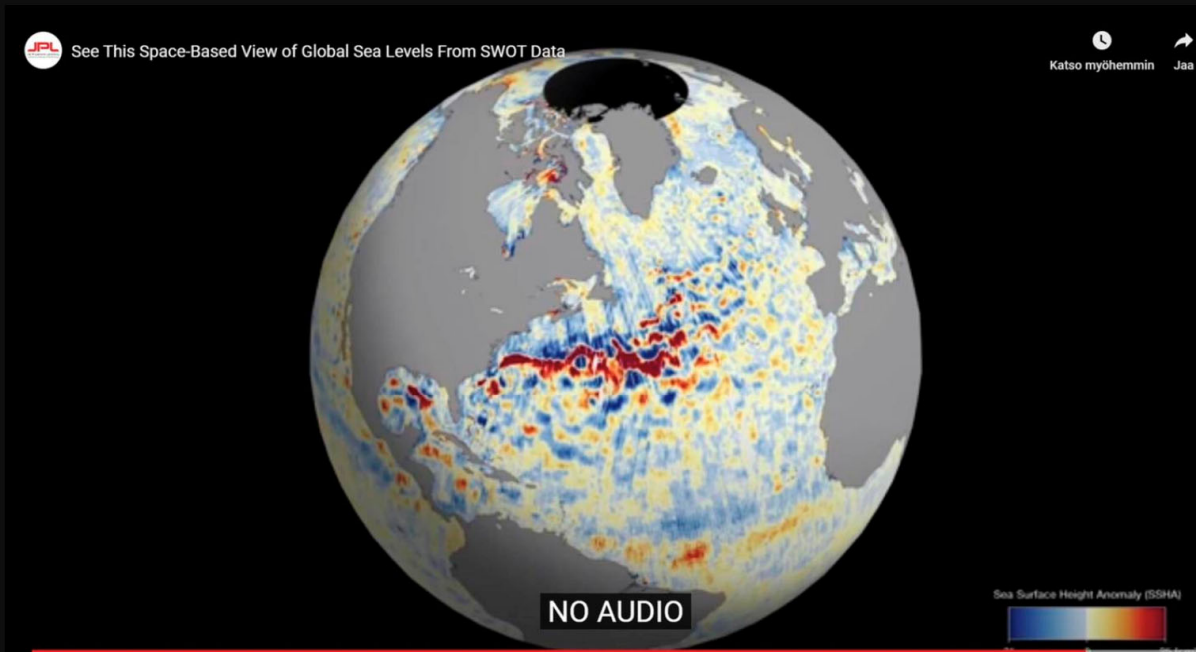
Osa 1. Johdanto

- Paikkatieto- ja kaukokartoitusmenetelmien ja tietotuotteiden kehitys ollut nopeaa viimeisten vuosikymmenten aikana

Tiede | Maapallon merenpinta

Satelliitti Swot kertoo sentilleen, miten paljon merenpinta nousee – ja laskee, jos se laskisi

Nasan satelliitti Swot julkaisi tarkan kartan siitä, miten maapallon merien ja vesistöjen pinnat nousevat. Se mittaa ilmastonmuutoksen vaikutusta paitsi meriin myös makean veteen 2000-luvulla.



See This Space-Based View of Global Sea Levels From SWOT Data

Katso myöhemmin Jaa

NO AUDIO

Sea Surface Height Anomaly (SSHA)

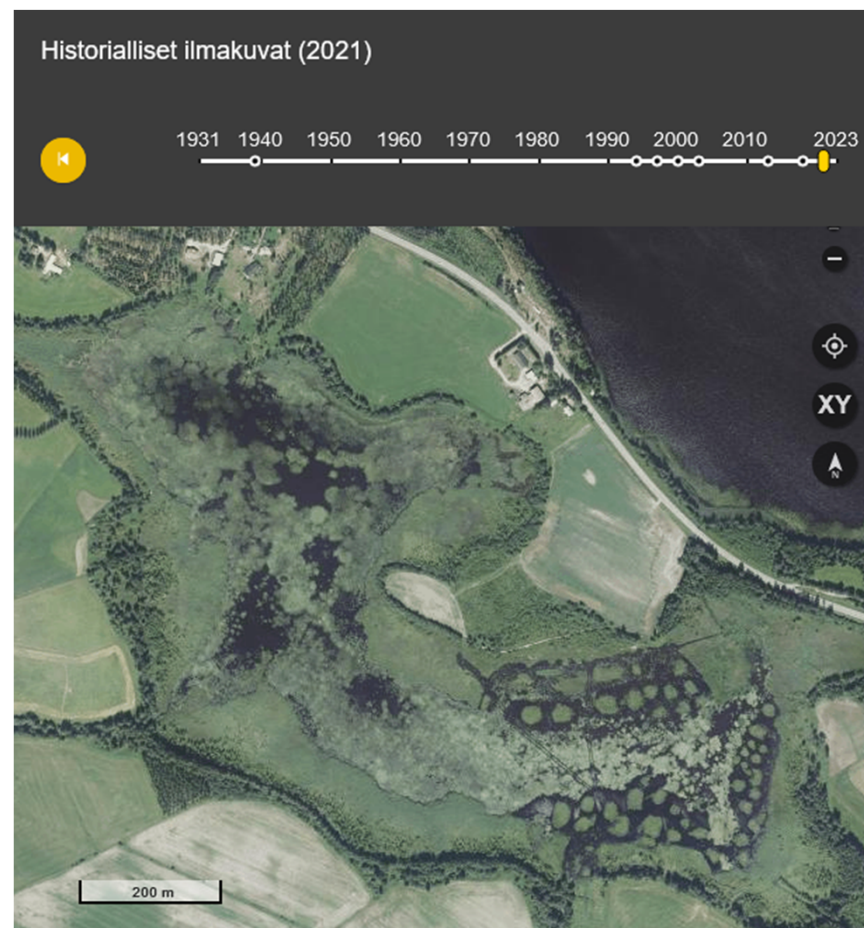
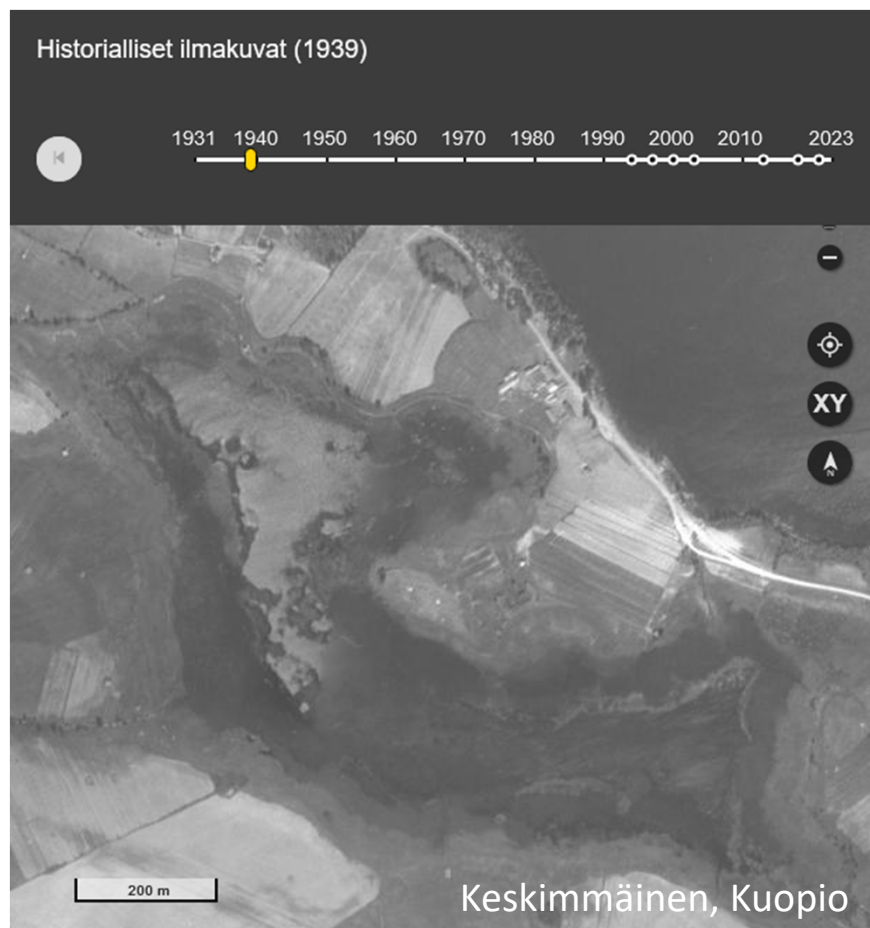
1:27 / 1:38

YouTube

Lämpimät vesialueet erottuvat animaatiossa, joka kuvaa vedenpinnan korkeuksia koko maailmassa. Punaiset alueet ovat yli keskiarvon, siniset alle. Kuva: NASA / JPL-CALTECH

Helsingin Sanomat 16.11.2023

Vesienhoidossa käyttökelpoinen esimerkki uusista tietotuotteista on Maanmittauslaitoksen ilmakeuva-arkiston avautuminen helppokäyttöiseen muotoon



[Maanmittauslaitoksen historialliset ilmakeuvat Paikkatietoikkunassa](#)



Kaukokartoituksen käytön edistäminen osa seurannan kehittämisstrategiaa

- Työryhmät (-31.12.2025) edistävät strategian tavoitteita
 1. Seurantayhteistyö ja seurannan uudet haasteet
 2. Uudet menetelmät, automatisaatio ja laadunvarmistus
 3. Tiedonhallinta
- Pintavesien tilan seuranta osa kokonaisuutta

5 Kehitysnäkymiä	32
5.1 DNA tunnistustekniikat	32
5.2 Passiivikeräimet	33
5.3 Koneoppiminen	34
5.4 Kaukokartoitus	35
5.4.1 Satelliittihavainnot	35
5.4.2 Dronien käyttö	37
5.5 Automaattiset mittarit ja analysaattorit	37
5.6 Monilähteen datan integrointi (Datafuusio)	38

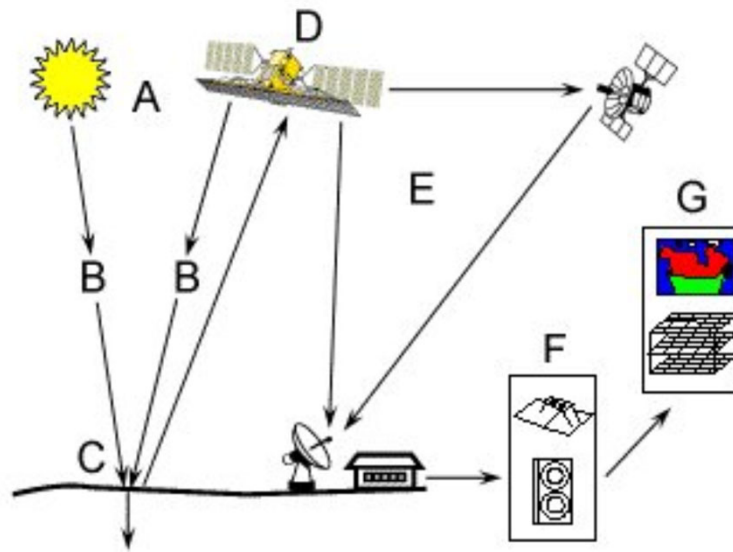
<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164455>

Kaukokartoitus (RS, EO) - etämittausta

Sensorit ja alustat

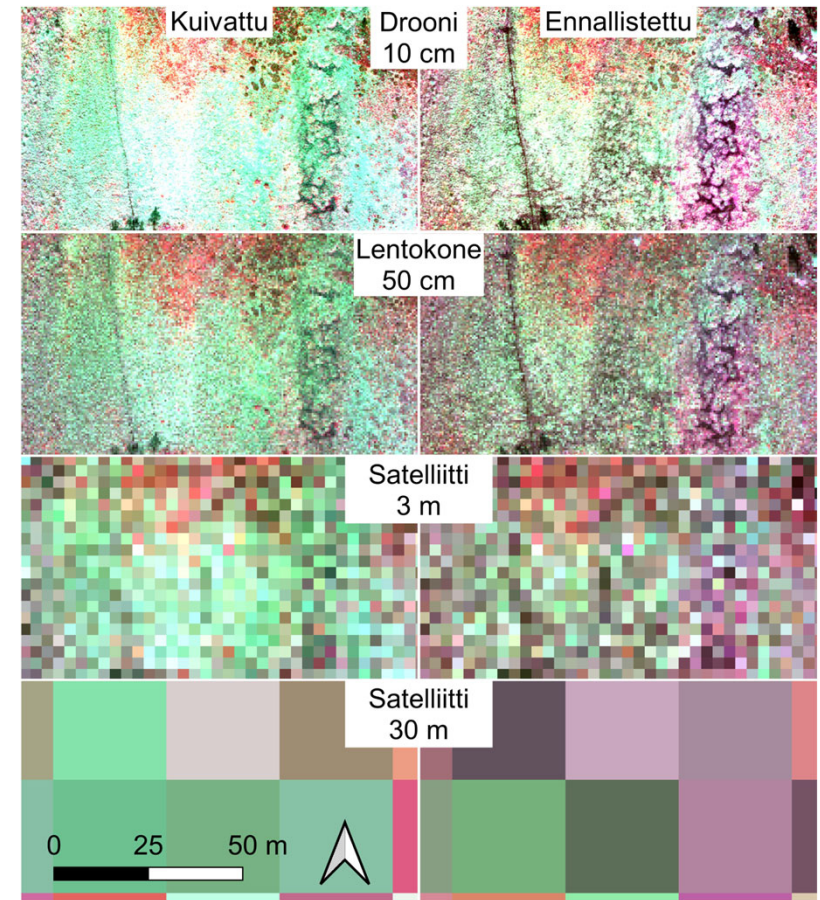


Prosessin vaiheet



Aktiiviset
Passiiviset

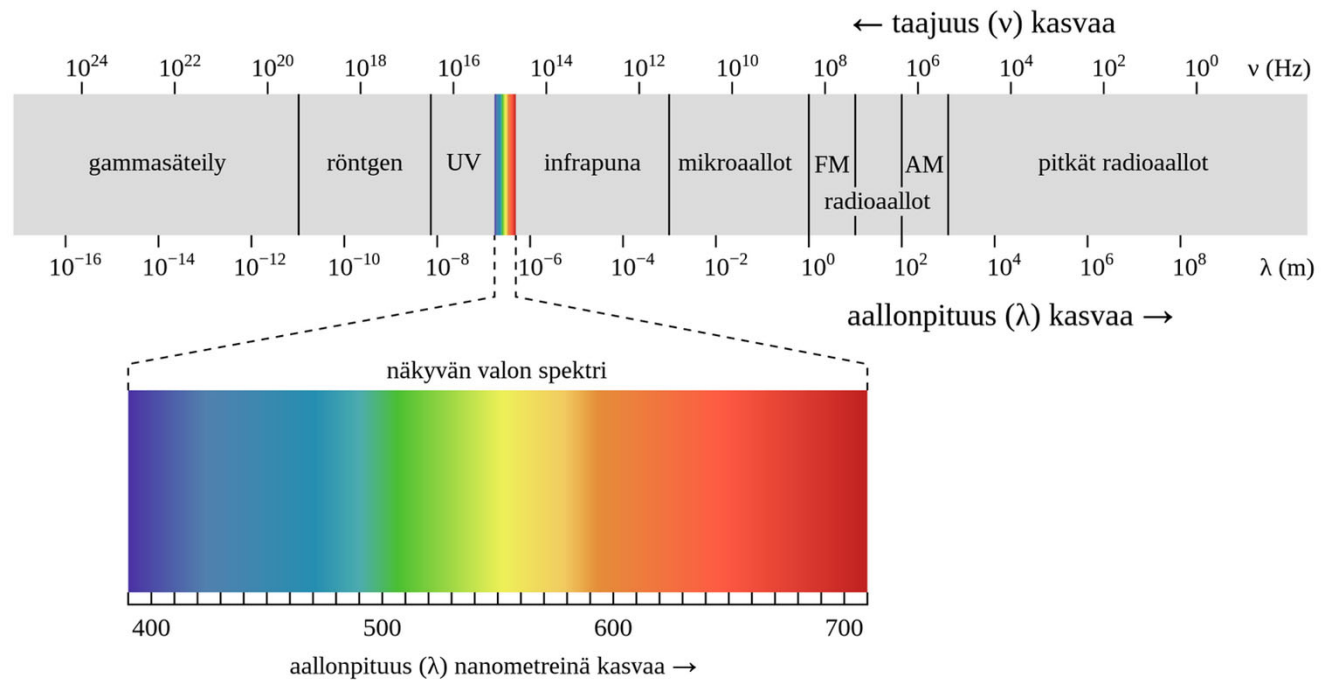
Lopputuotteen maastoresoluutio (GSD)



Kuva: Lauri Ikkala, Oulun yliopisto/Hydrologia LIFE-hanke

Sähkömagneettinen säteily

- Kohteesta heijastuvan säteilyn mittaamista
- Tarkoituksenmukaisen aallonpituusalueen hyödyntäminen
- Visuaalisesti aineisto esitetään useimmiten RGB-kuvina

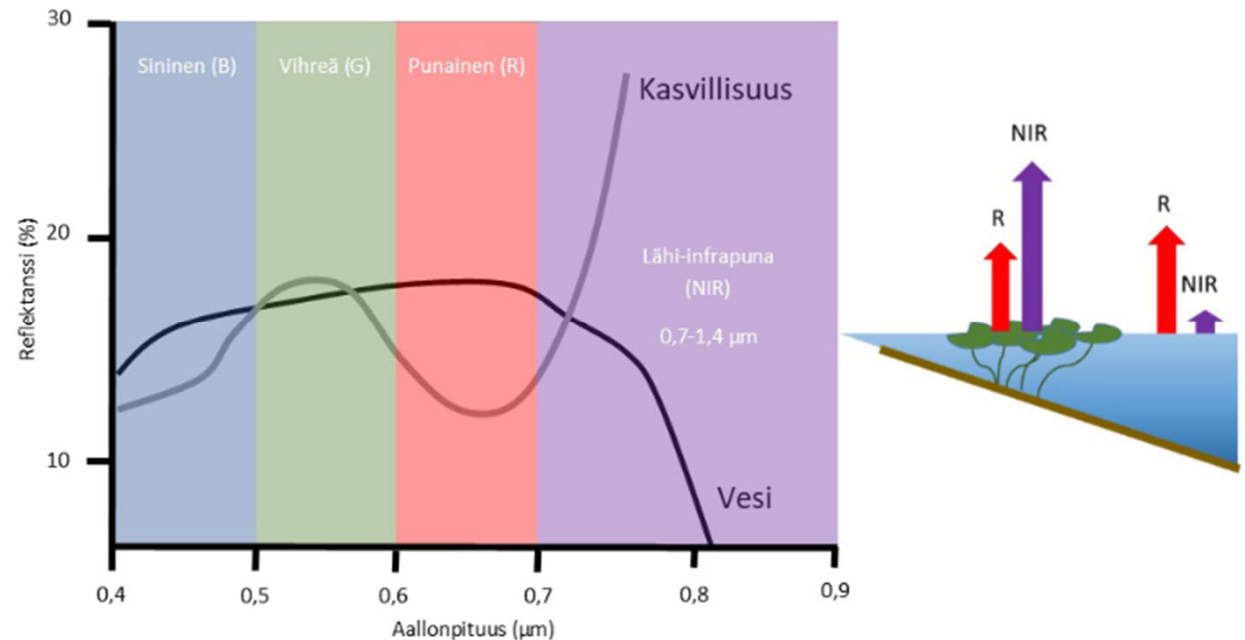


Kuva: Wikipedia

Pikseliarvoista dataksi?

- Erilaisia etämitatun aineiston käsittelymenetelmiä on valtava kirjo
- Yksinkertaisimpia mahdollisuuksia ovat erilaiset aallonpituuskanavien yhdistelmiin perustuvat indeksit
 - Esim. kasvillisuusindeksi NDVI

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Red}}{\text{NIR} + \text{Red}}$$



Osa 2. Syken EO-tietotuotteet – loppukäyttäjän näkökulma

The screenshot displays the Tarkka+ web application interface. The top left features a menu icon and the 'Tarkka+' logo. The top right shows the language 'FI' and a dropdown arrow. The main content area is a satellite map of a lake system, with a coordinate box at the top center showing 'ETRS-TM35FIN: N 7010994 E 521269' and 'WGS84: N 63.22738° E 27.42321°'. A date '2023-08-20' is displayed in the top right of the map area. On the left side, there is a vertical menu with several data layers: 'Vedenlaatu' (Water Quality), 'Tosivärikuvat (1)' (True Color Images), 'Pintalämpötila' (Surface Temperature), 'Sameus' (Turbidity), 'Sinilevä' (Algae), 'Satelliittien havaintoalueet' (Satellite Observation Areas), 'Täydentävät GIS-aineistot' (Supplementary GIS Data), 'Aikasarjahavainnot' (Time Series Observations), and 'Taustakartat (1)' (Background Maps). The SYTYKE logo is visible at the bottom left of the interface. A scale bar at the bottom of the map shows 0, 1 km, and 2 km. A small text box at the bottom right of the map area reads 'Sisältää muokattua Copernicus Sentinel-2 dataa, Syke'. The bottom of the interface has a dark blue bar.

<https://tarkka.syke.fi/>

Esimerkki tosivärikuvista – Juankosken lampien leväkukinnat kesällä 2020

Avovesikaudelta n. 30 kpl ± pilvettä Sentinel 2 –kuvia (10 m GSD)



Pintaveden lämpötila

Tarkka+ Etusivu EO-karttaselain Analyysi Galleria Hankkeet Lisätietoja FI

Vedenlaatu

Tosivärikuvat (1)

Olosuhteet: Optimoitu

Kaikki tosivärikuvat

- Sentinel-2 MSI (10 m)
- Landsat-8/9 OLI (30 m)
- Sentinel-3 OLCI (300 m)
- Envisat MERIS (300 m, 2003-2011)

Pintalämpötila (1)

- Landsat-8/9 TIRS (100 m)
- Sentinel-3 SLSTR (1 km)

Sameus

Sinilevä

Satelliittien havaintoalueet

Täydentävät GIS-aineistot

ETRS-TM35FIN: N 6857676 E 546761
WGS84: N 61.84898° E 27.88839°

Lämpötila

25
23 °C
20 °C
18 °C
15 °C
13 °C
10 °C
10

Lämpötila 20.0 °C
N 63.17615° E 29.92184° (2023-08-20)

Pilvettömät havainnot (S2)

2023-08-20

elokuu 2023

#	ma	ti	ke	to	pe	la	su
31	31	1	2	3	4	5	6
32	7	8	9	10	11	12	13
33	14	15	16	17	18	19	20
34	21	22	23	24	25	26	27
35	28	29	30	31	1	2	3

USGS/NASA Landsat Program

Sameus



Etusivu

EO-karttaselain

Analyysi

Galleria

Hankkeet

Lisätietoja



FI

Vedenlaatu

Tosivärikuvat (2)

Olosuhteet: Optimoitu

Kaikki tosivärikuvat

- Sentinel-2 MSI (10 m)
- Landsat-8/9 OLI (30 m)
- Sentinel-3 OLCI (300 m)
- Envisat MERIS (300 m, 2003-2011)

Pintalämpötila

Sameus (2)

- Sentinel-2 MSI (60 m)
- Landsat-8/9 OLI (60 m)
- Envisat MERIS (300 m, 2011)

Sinilevä

Satelliittien havaintoalueet

ETRS-TM35FIN: N 7188065 E 413374
WGS84: N 64.80585° E 25.17604°

Sameus

50
42 FNU
33 FNU
25 FNU
17 FNU
8 FNU
0 FNU
0

Sameus 2.2 FNU
Sameus Ei havaintoa
N 65.02131° E 25.36576° (2023-05-30)

Pilvettömät havainnot (S2)

2023-05-30

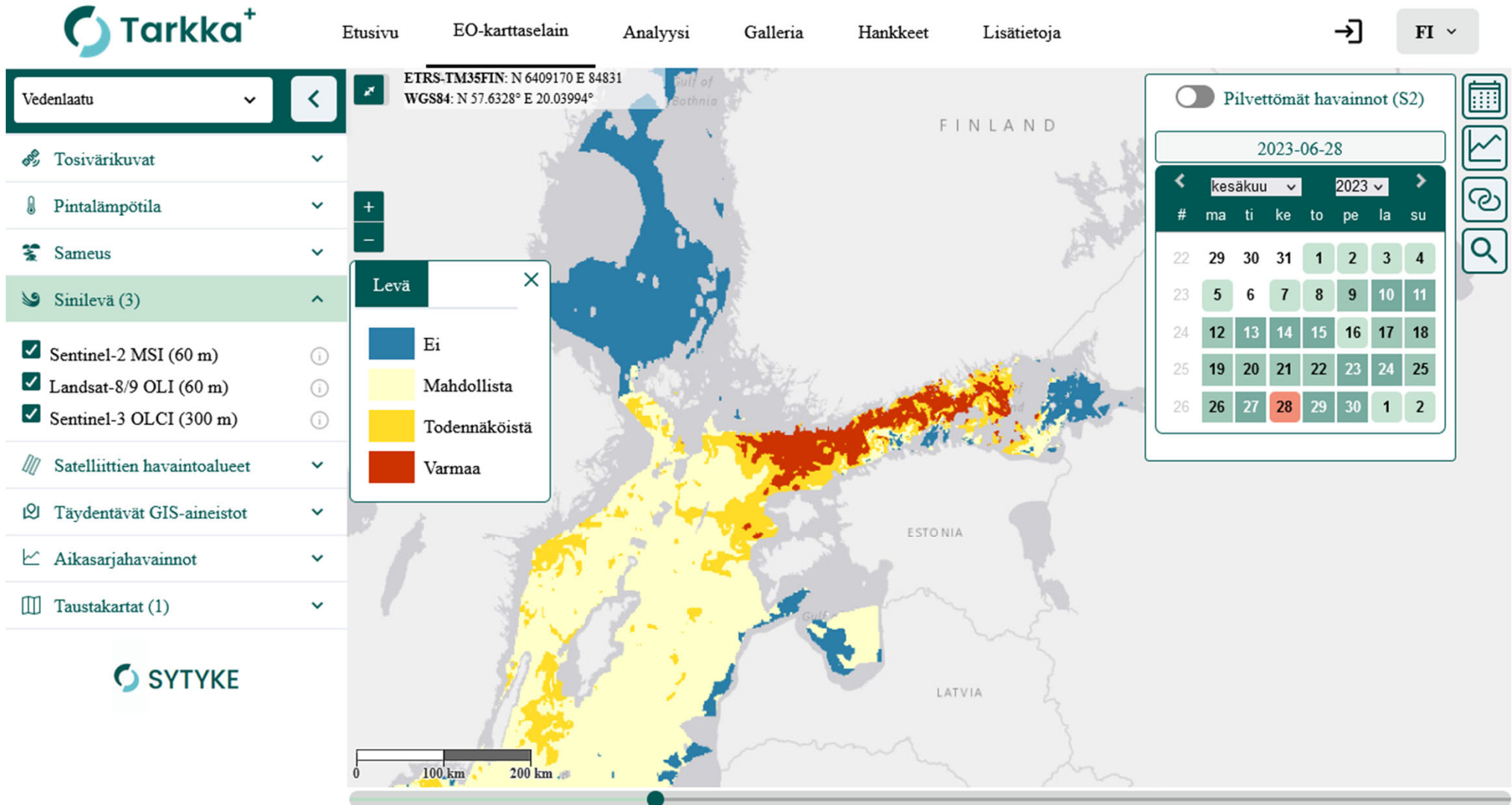
toukokuu 2023

#	ma	ti	ke	to	pe	la	su
18	1	2	3	4	5	6	7
19	8	9	10	11	12	13	14
20	15	16	17	18	19	20	21
21	22	23	24	25	26	27	28
22	29	30	31	1	2	3	4

0 5 km 10 km

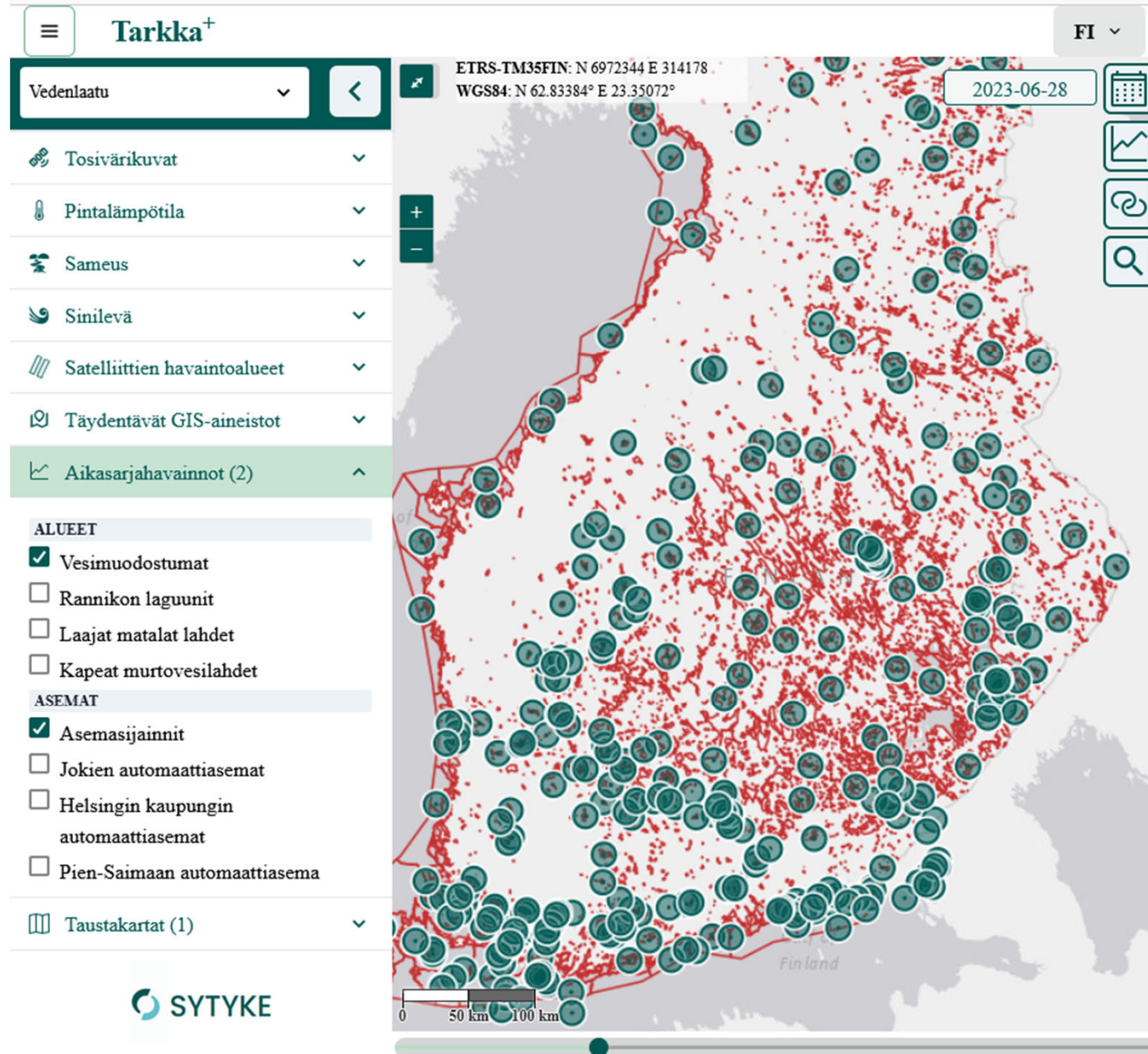
Sisältää muokattua Copernicus Sentinel-2 dataa, Syke USGS/NASA Landsat Program

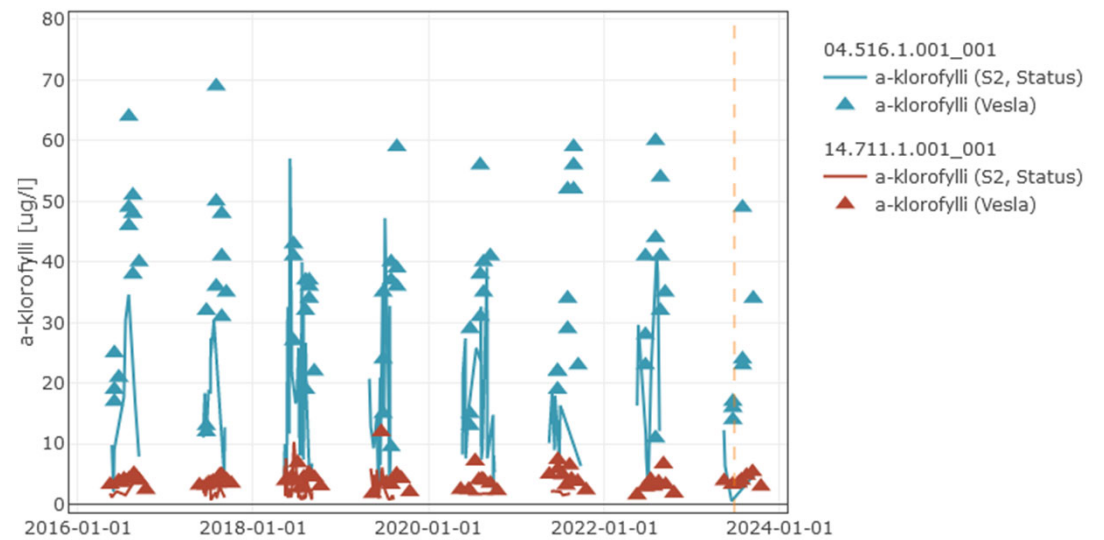
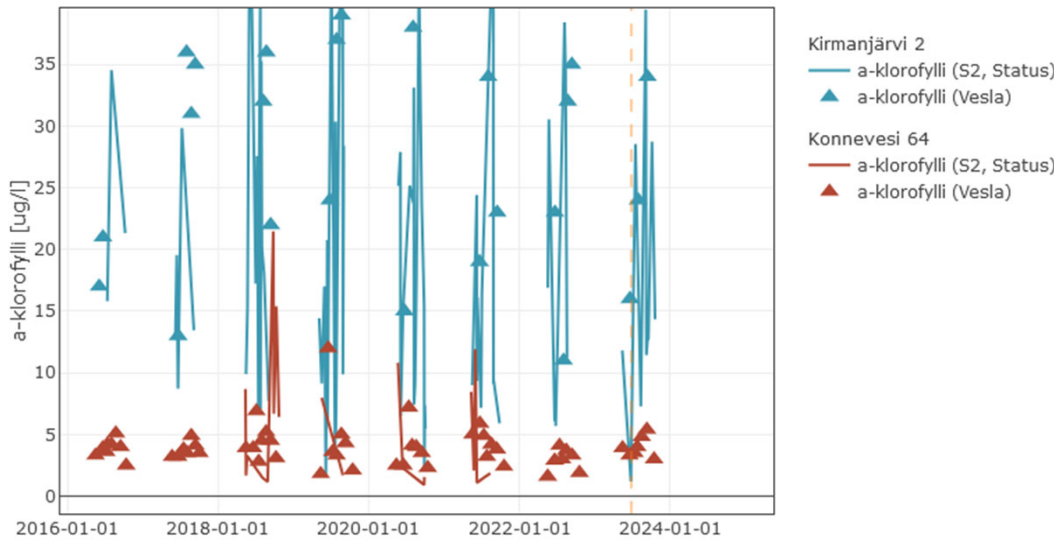
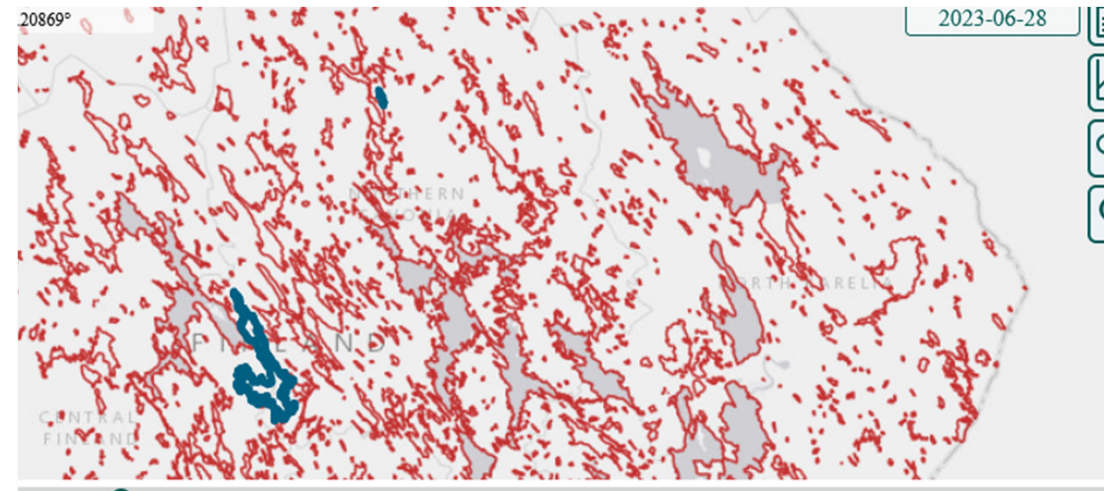
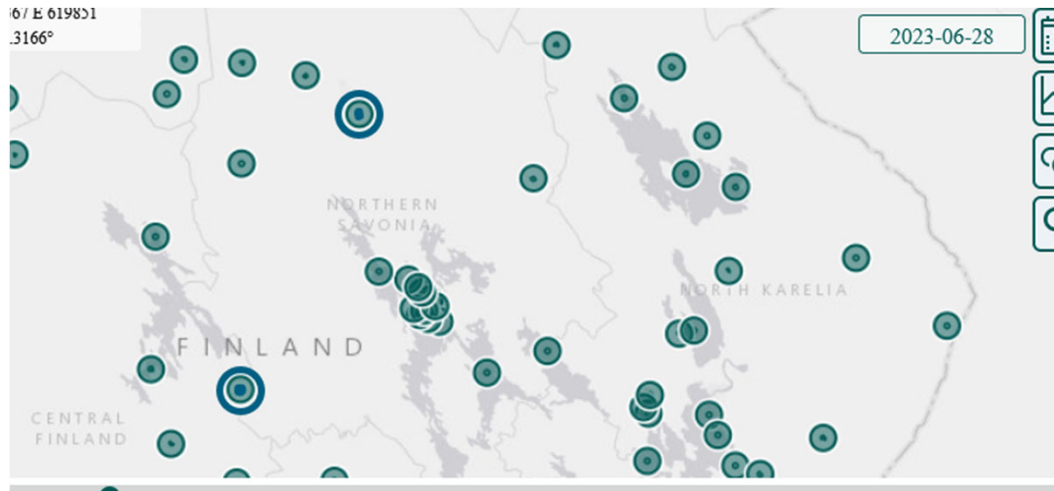
Pintalevien kukintatodennäköisyys



Vedenlaatumuuttujien aikasarjat

- Muuttujat:
 - Lämpötila
 - Sameus
 - **a-klorofylli**
- Alueet ja asemat
- Näytetään yhden tai useamman valitun alueen ja/tai aseman EO-muuttujat + Veslahavainnot aikasarjajagraafina





Havaintopaikat

Vesimuodostumat

[Tarkemmat tiedot a-klorofyllin tulkintamenetelmästä](#)

STATUS-käyttöliittymä

- EO-klorofylli ja asemahavaintojen visualisointi ja tilastoparametrien laskenta
 - EO-havaintoja vuodesta 2015
- Käytössä ensimmäisen kerran vesienhoidon tilaluokittelun kolmannella kierroksella
 - Vuosien 2012-2017 seuranta-aineistot
 - Pääosin tapauksissa, joissa varsinaista *in situ* –mittausaineistoa oli vain vähän
- Erillinen STATUS-käyttöliittymä vain ympäristöhallinnon sisäisessä käytössä

Vesimuodostumat / Vesimuodostuman tiedot Palautte | Ohje

Vesimuodostuman tiedot 1. kausi 2. kausi

Perustiedot Kallavesi (N60 81.70) 04.272.1.001_001 Järvi

Tyyppi Suuret humusjärvet (SH)

Sijainti VHA1

Paineet Pöytäkuormitus Hajakuormitus

Ekologinen tila 1. kausi 2. kausi 3. kausi

Biologinen tila Hyvä -
 KevMo-
 nimeäminen 0 vakiomäärä muutettu

biol. muuttuja Hyvä fys.-kem. muuttuja Hyvä

HyMo-muuttuja Ennenmäinen

Nimi	Lukuarvo	Laatunn.	Arvio
Biologinen		Tyydyttävä	Hyvä
Kevätpienikön	0,51	Tyydyttävä	
klorofylli	10,51 µg/l	Hyvä	Hyvä
Kolikkosidomassa	1,77 mg/l	Tyydyttävä	Tyydyttävä
Kalattilan eväiden prosenttiosuus	0,10 %	Hyvä	Hyvä
TR kasvipehnyksen trofandeksi	1,65 indeksi-arvo	Vastava	Vastava
Muu vesikeuhkavuus - vesikeuhut eli matohyttöt	0,70	Hyvä	Hyvä
Tyyppilajien kuitteinen osuus	0,66 indeksi-arvo		
Prosentoinen malinkiteisyys	0,66 indeksi-arvo	Hyvä	
Rafanessindeksi	22,57 indeksi-arvo	Hyvä	
Muu vesikeuhkavuus - pölytyneet eli perhytön	0,00	Tyydyttävä	
Tyyppiomakset taksonit	14 km	Tyydyttävä	
Prosentoinen malinkiteisyys	0,18 indeksi-arvo	Vastava	
Pohjajalimet - ayyhneosio	0,65	Hyvä	
Syväneohjauksindeksi	0,6 0,5	Hyvä	
Prosentoinen malinkiteisyys	0,22 indeksi-arvo	Hyvä	
Kalut			Hyvä

Kemiallinen tila 1. kausi 2. kausi 3. kausi

Tavoitteet Ekol.tila: Tavoite saavutettu

Hallinta Pohjois-Savon ELY

© 2018 Suomen ympäristökeskus

Kartta Avaa karttapallo

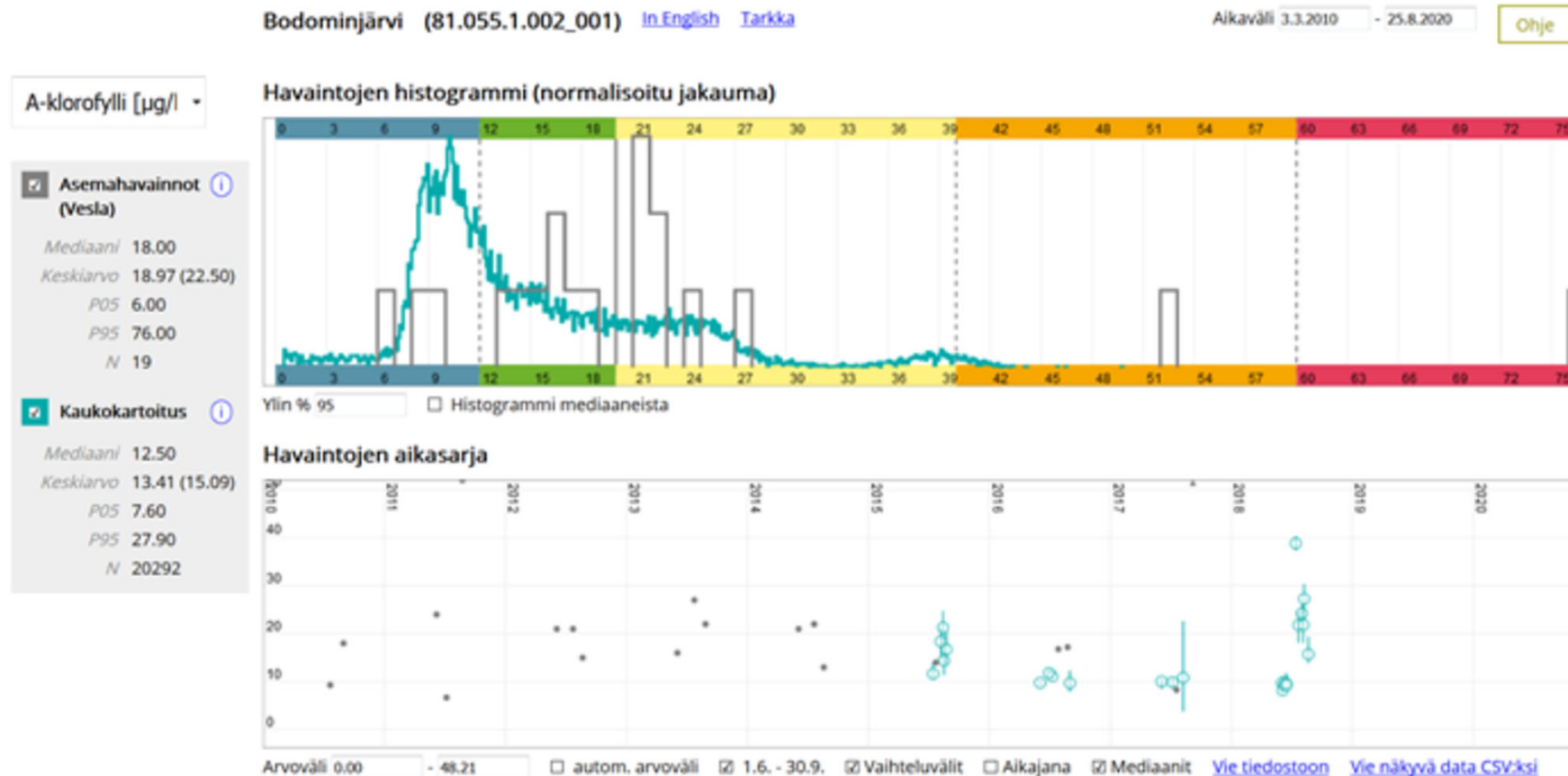
Raportit

- Patoraportti Vesty-tiedoista
- Säännötellyt järvet
- 2. kauden paineet
- VEMALA-kuormitus
- Muuttujien raja-arvot
- Jokien biologisen tilan arviointi
- Järvien biologisen tilan arviointi
- Rannikon biologisen tilan arviointi
- Fys.-kem. vedenlaatu havaintopaikoittain
- Fys.-kem. vedenlaatu, aikasarjat
- Rannikon klorofyllimalli 2017
- KevMo-tila-arviointi
- Tavoitteet ja poikkeamat

Kaukokartoitusaineistot

- STATUS
- TARIKKA

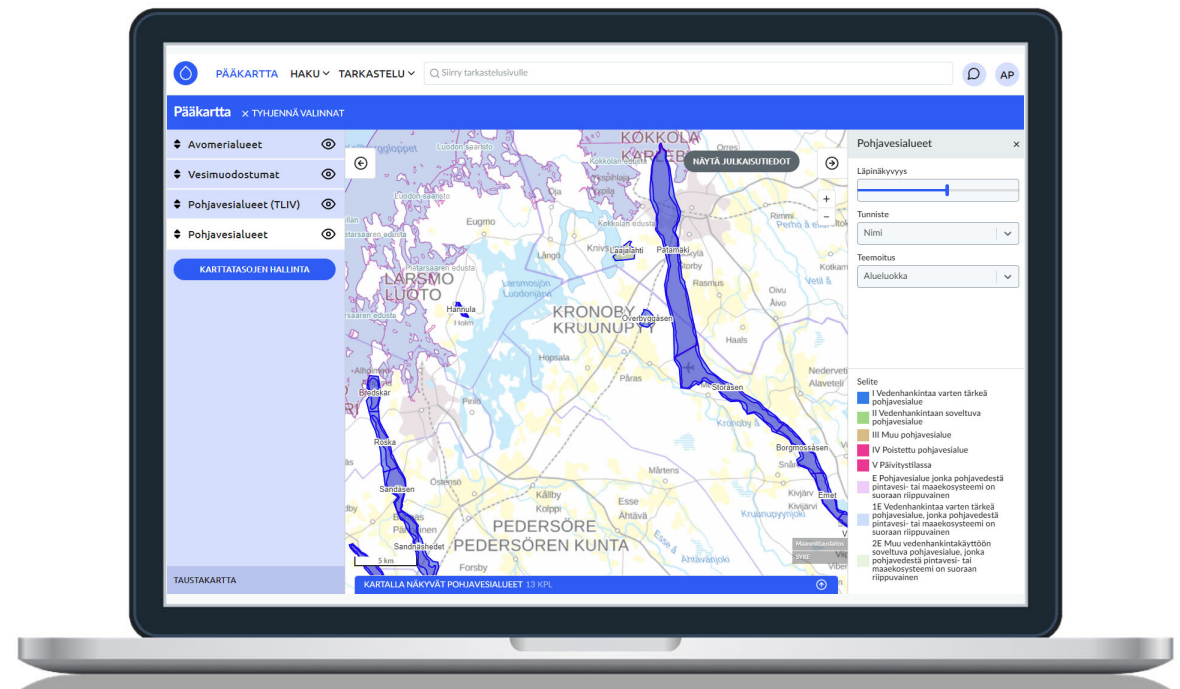
Esimerkki STATUS-käyttöliittymän järvikohtaisista tiedoista



Pisara – vesien ja merenhoidon tietojärjestelmä



- Tukee vesien- ja merenhoidon suunnitteluprosessia mm.
 - tila-arviot
 - seuranta
 - toimenpiteiden suunnittelu
 - vaikuttavuuden arviointi
- Visualisoi ja jakaa tietoa
 - Käyttäjinä asiantuntijat
 - Tietojen julkaisu kansalaisille pääasiassa erillisten verkkopalvelujen kautta





ETUSIVU

PÄÄKARTTA

HAKU

ANALYYSI

Siirry kohdesivulle



Listat 0

AK

TYÖKALUT

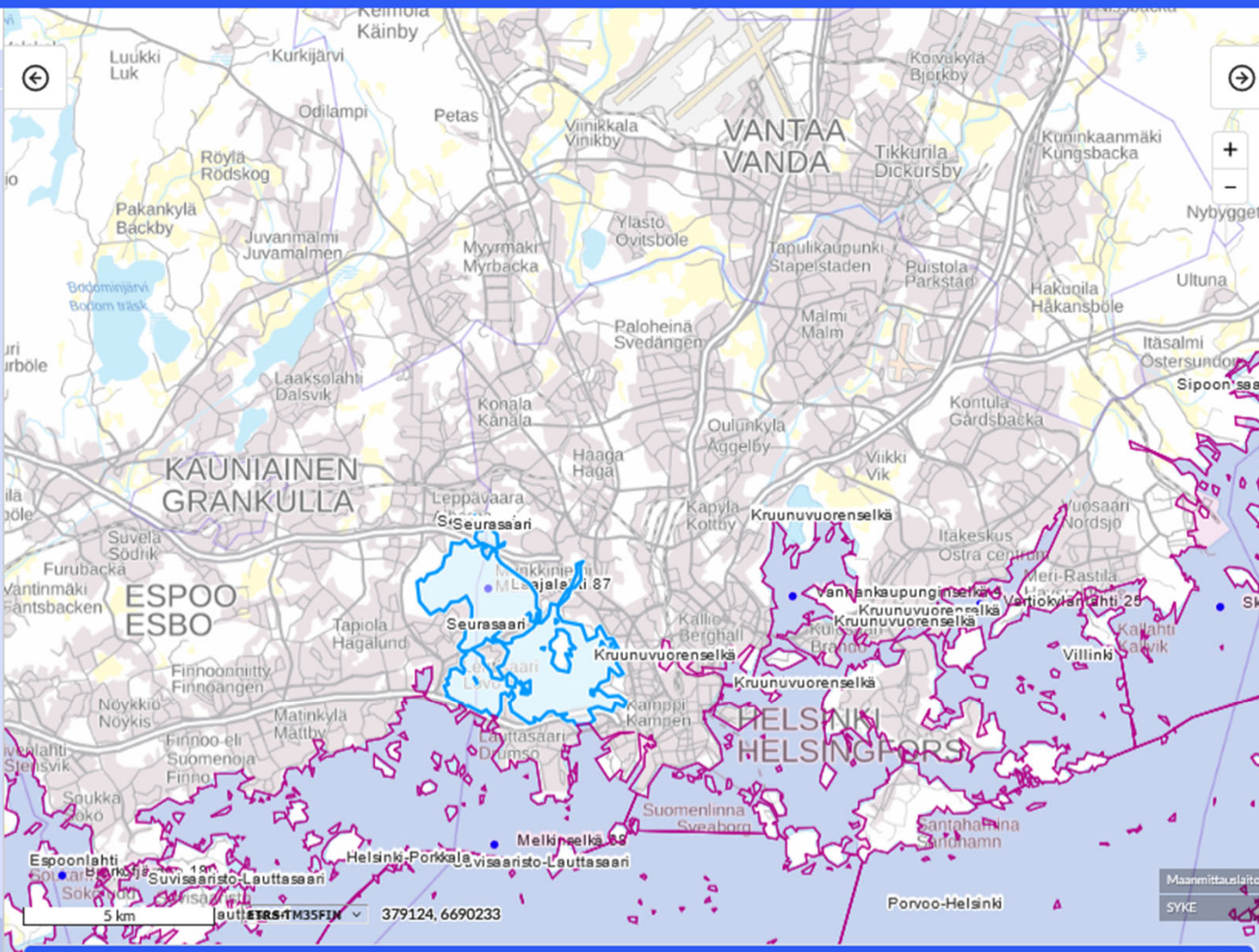
Pääkartta

TYHJENNÄ VALINNAT

Vesimuodostumat

Seurantapaikat

KARTTATASOJEN HALLINTA



Vesimuodostumat

Seurasaari

[Vesimuodostuman kohdesivu](#)

Nimi
Seurasaari

Vesimuodostuman tunnus
2_Ss_028

Vesimuodostuman tunnus EU
FI2_SS_028

Vesimuodostuman nimi
Seurasaari

Pinta-ala (ha)
1286

Lähde: Pisara

TAUSTAKARTTA

KARTALLA NÄKYVÄT VESIMUODOSTUMAT TAULUKOSSA 8 KPL



Kohde / Vesimuodostuma Seuraasaari

KARTTA INDIKAATTORIT

Tiivistelmä

A-klorofylli

Kadmium

Kokonaisfosfori

Kokonaistyyppi

Lyijy

Nikkeli

Näkösyvyys

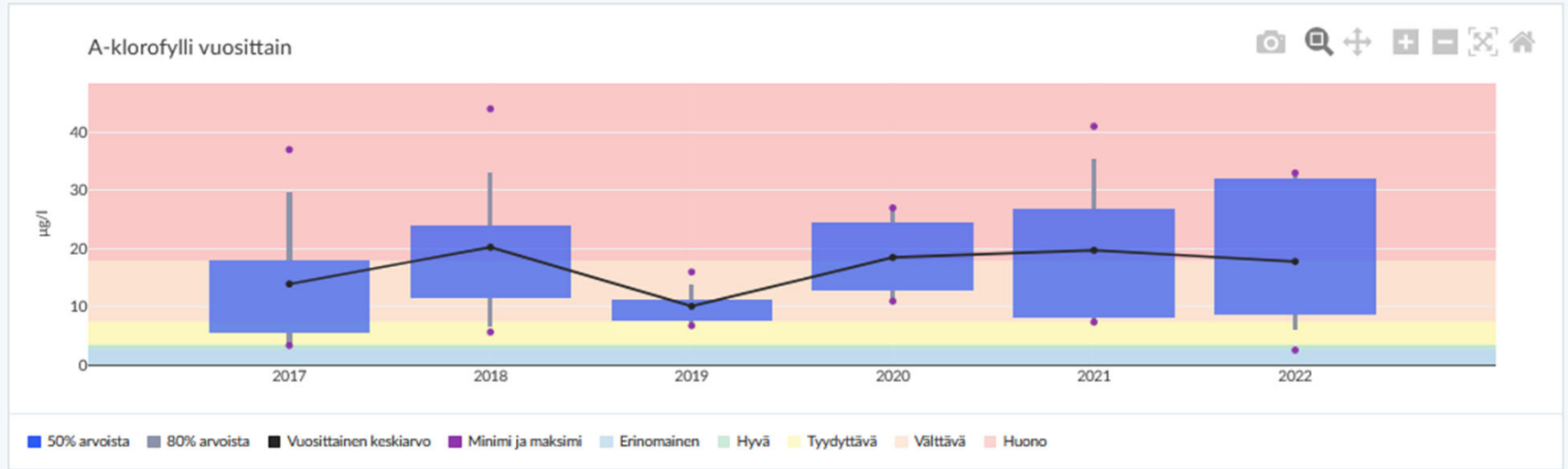
Haitta-aine PCDD/F-PCB ahven

A-klorofylli (satelliitti)

A-klorofylli vuosittain

Laboratoriomittaukset

2017 - 2023



Sarakkeet Näytä suodattimet

Lataa data Lataa raakadata

Vuosi	Rannikovesi... tunnus	Luokittelu keskiarvo*	Luokittelu	Mediaani (µg/l)	Minimi (µg/l)	Maksimi (µg/l)	Keskiahajonta	1.desiili	alakvartiili	yläkvartiili	9.desiili	ELS	Lukumäärä
2017	Ss	13,94	Välttävä	8	3,4	37	12,61	3,64	5,6	18	29,8	0,28	7
2018	Ss	20,25	Huono	17	5,7	44	12,97	6,6	11,6	24	33,2	0,2	7
2019	Ss	10,13	Välttävä	9,4	6,8	16	3,44	7,27	7,75	11,36	13,74	0,35	6
2020	Ss	18,5	Huono	17,5	11	27	6,95	11,5	12,75	24,5	26,5	0,2	6
2021	Ss	19,73	Huono	15,25	7,4	41	15,66	7,73	8,22	26,75	35,3	0,2	4
2022	Ss	17,8	Välttävä	24,5	2,6	33	13,14	5,96	8,75	32	33	0,2	7

Rivejä 25

* Vesienhoidon kolmannen luokittelukauden mukaisesti havaintopaikka, seuranta- ja vesimuodostuma-hierarkialla laskettu keskiarvo.

Lähde: Pisara

Sivu 1/1



Kohde / Vesimuodostuma Seurasaari

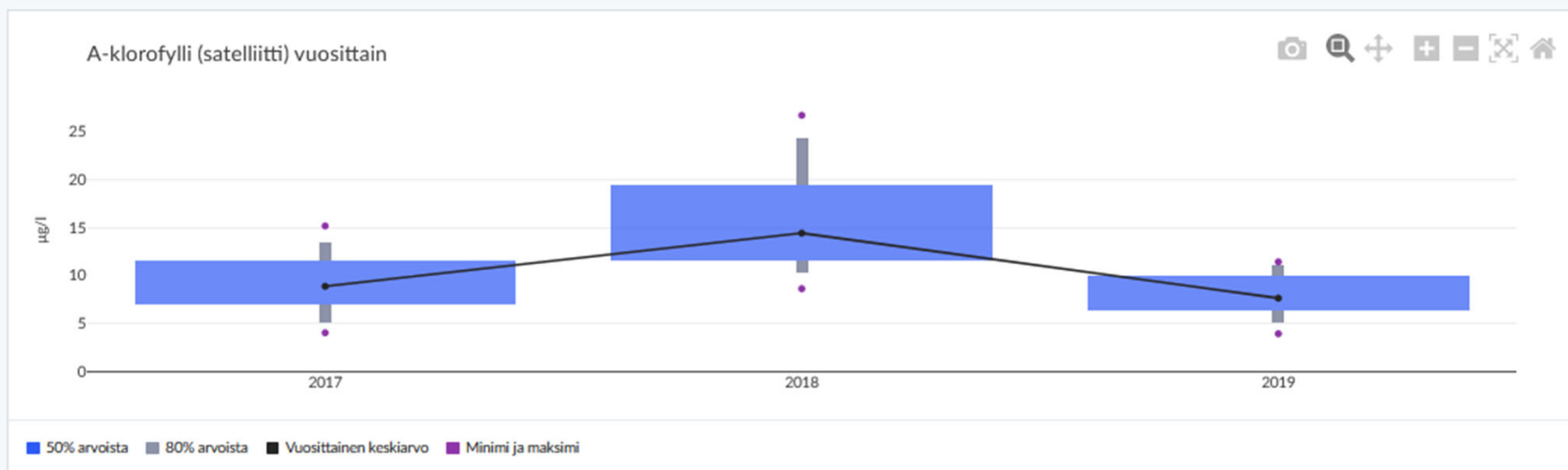
KARTTA INDIKAATTORIT

- Tiivistelmä
- A-klorofylli
- Kadmium
- Kokonaisfosfori
- Kokonaistyyppi
- Lyijy
- Nikkeli
- Näkösyvyys
- Haitta-aine PCDD/F-PCB ahven
- A-klorofylli (satelliitti)

A-klorofylli (satelliitti) vuosittain

Satelliittikuvatulkinta (EO-klorofylli)

2017 - 2023



Sarakkeet Näytä suodattimet

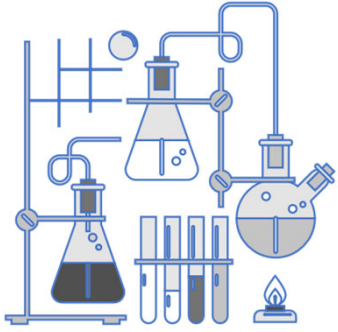
Lataa data Lataa raakadata

Vuosi	Rannikkovesit... tunnus	Keskiarvo (µg/l)	Mediaani (µg/l)	Minimi (µg/l)	Maksimi (µg/l)	Keskiahajonta	1.desiili	alakovartiili	yläkovartiili	9.desiili	Havaintopäivien määrä	Lukumäärä
2017	Ss	8,9	9,8	4,05	15,2	-	5,05	6,95	11,65	13,55	5	1582
2018	Ss	14,45	13,55	8,65	26,75	-	10,25	11,65	19,45	24,45	6	2912
2019	Ss	7,66	8,35	3,95	11,45	-	5,05	6,35	10,05	11,05	6	1703

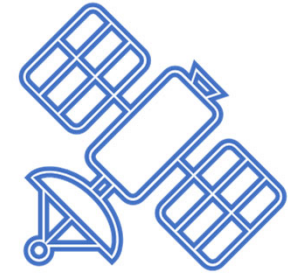
Rivejä 25

Sivu 1/1

Lähde: Pisara



Vertailua ja yhteenvetoa vedenlaadun mittaustapojen eroista



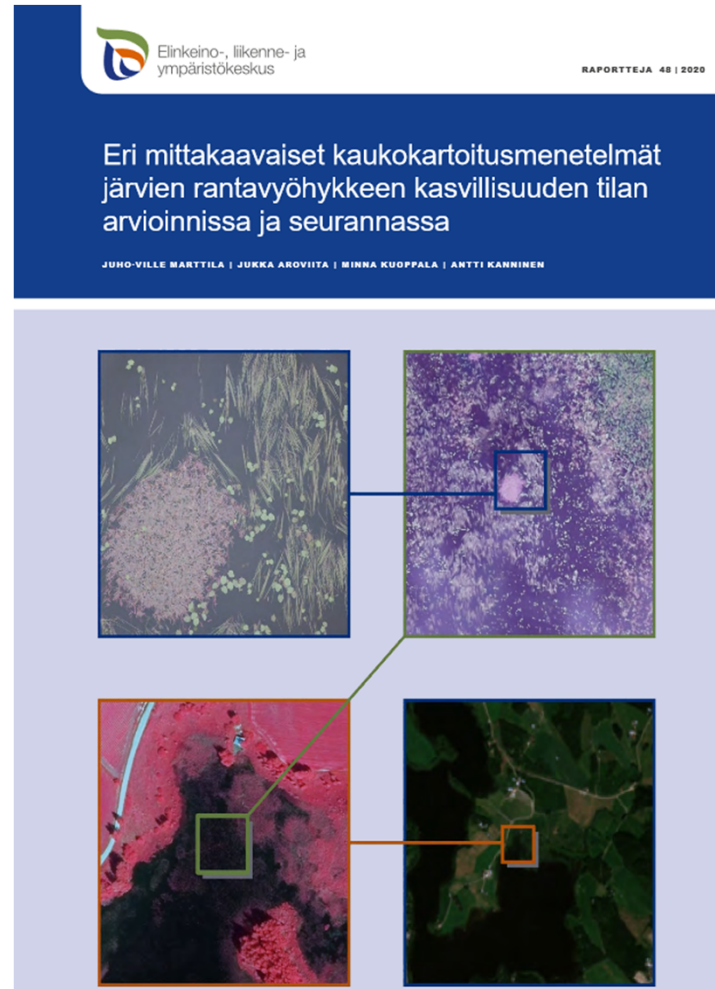
Asemahavainnot ja laboratoriomittaukset	EO-parametrit
Yksittäiset havaintoasemat	Laajat alueet – kokonaiset vesistöt
Pieniäkin vesistöjä voidaan tutkia	Kohteena vain suuremmat vesialueet
Ajallisesti pääosin harvaa	Parhaimmillaan kymmeniä havaintoja vuodessa
Mahdollisuus ajoittaa halutulla tavalla	Havainnon saaminen riippuu satelliittien kiertoradoista sekä valaistus- ja sääolosuhteista
Suuri määrä mahdollisia mitattavia muuttujia	Vain muutama perusmuuttuja voidaan mitata
Tietoa koko vesipatsaasta	Tietoa vain veden pintakerroksesta
Laadunvarmennusprosessit kattavia	Laadunvarmennus tutkimuksellista
Pitkiä aikasarjoja	Pääosin alle 10 vuoden aikasarjoja

- Kaukokartoitus täydentää kuvaa erityisesti alueellisesta ja ajallisesta vaihtelusta vesien tilassa, mutta ei voi korvata perinteisiä mittauksia
- Vasta osa kehitetyistä EO-palveluista julkisesti saatavilla, mutta kehitys on nopeaa

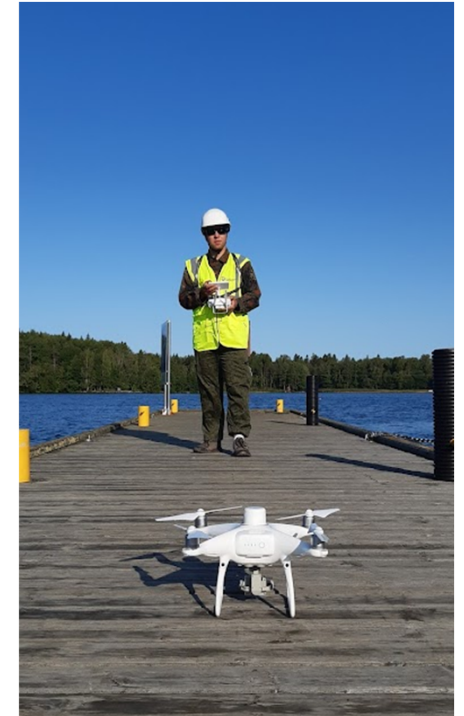
Osa 3: Järvien vesikasvillisuuden ilmakuvatulkitinta



<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-314-750-8>



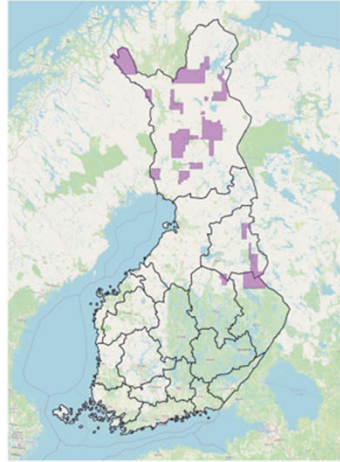
<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-314-901-4>



Juho-Ville Marttila,
Pohjois-Savon ELY-keskus

Kansallinen kuvausohjelma (2016 -) tuottaa tuoreita ilmakuvia vuosittain

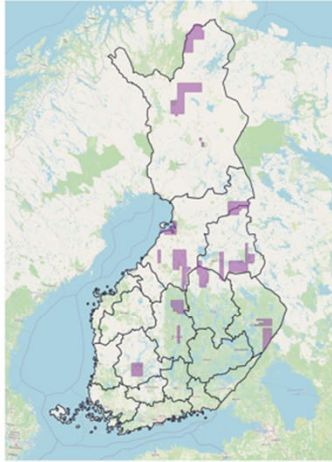
Ilmakuvasaatus 1.7.-10.9.2012



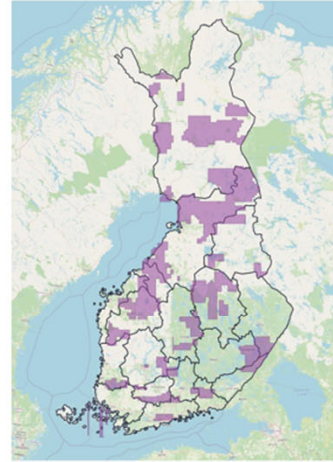
Ilmakuvasaatus 1.7.-10.9.2013



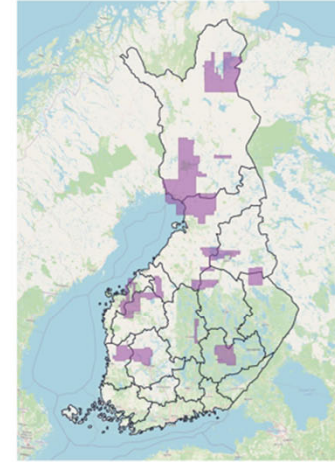
Ilmakuvasaatus 1.7.-10.9.2014



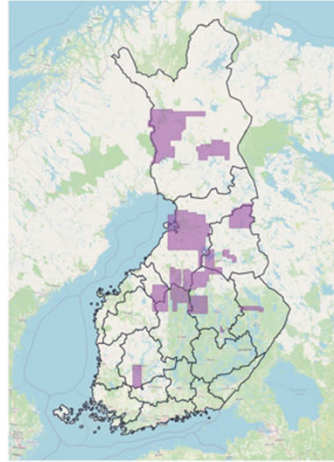
Ilmakuvasaatus 1.7.-10.9.2015



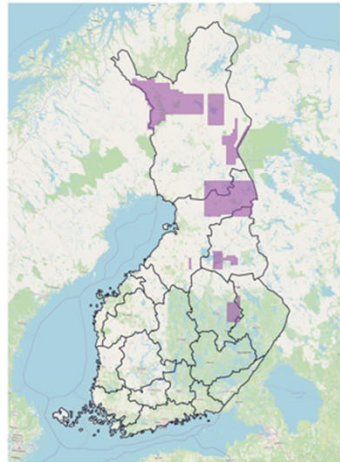
Ilmakuvasaatus 1.7.-10.9.2016



Ilmakuvasaatus 1.7.-10.9.2017



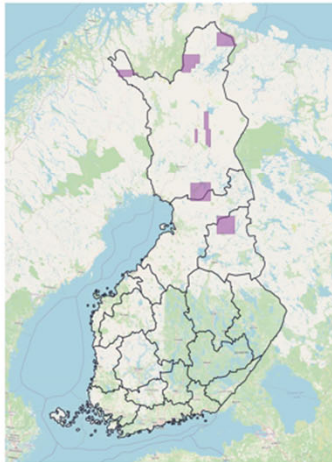
Ilmakuvasaatus 1.7.-10.9.2018



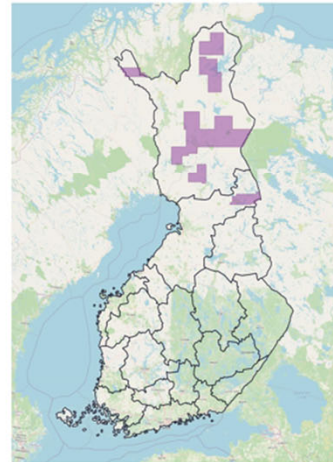
Ilmakuvasaatus 1.7.-10.9.2019



Ilmakuvasaatus 1.7.-10.9.2020



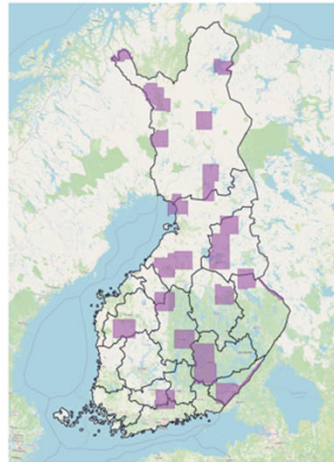
Ilmakuvasaatus 1.7.-10.9.2021



Ilmakuvasaatus 1.7.-10.9.2022



Ilmakuvasaatus 1.7.-10.9.2023



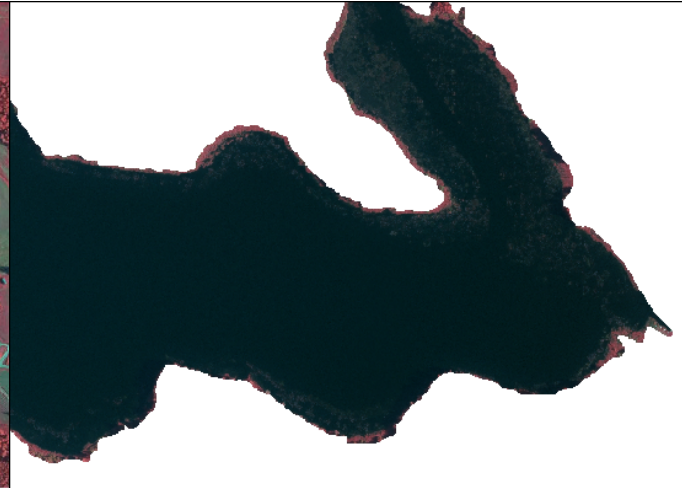
Vesikasvillisuuden tulkintaan soveltuvat loppukesän kuvausalueet vuosina 2012-2023

Kasvillisuusindeksiin perustuvan tulkintamenetelmän päävaiheet

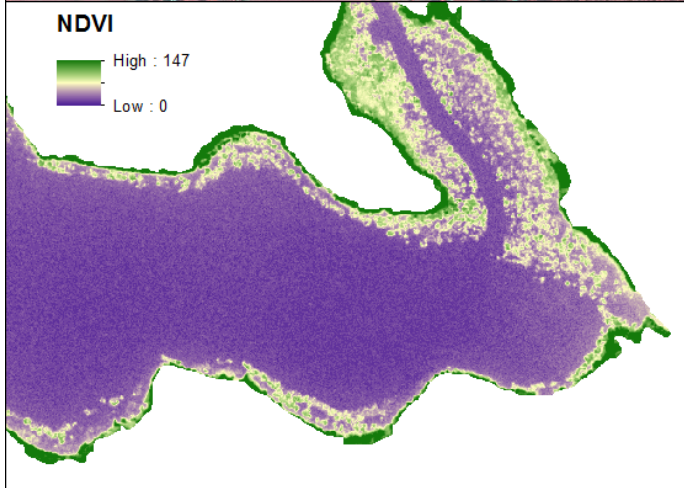
Alkuperäinen
vääräväri-
ilmakuva



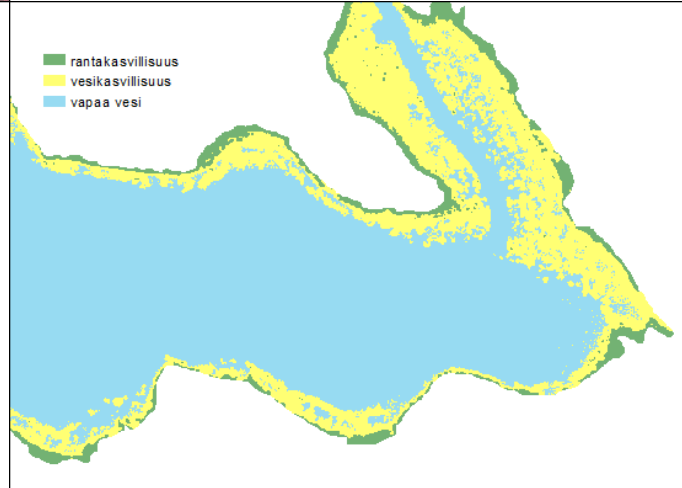
Maa-alueet
poistettu (maski)



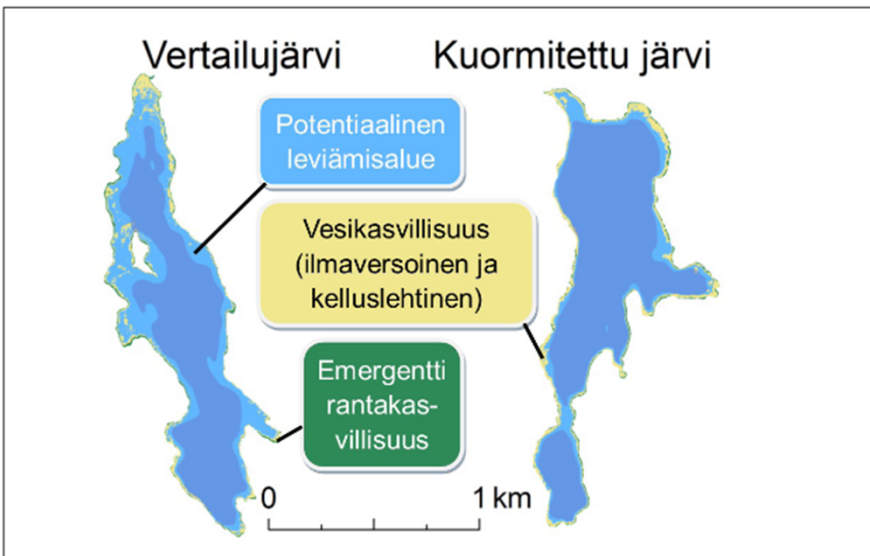
NDV-indeksi



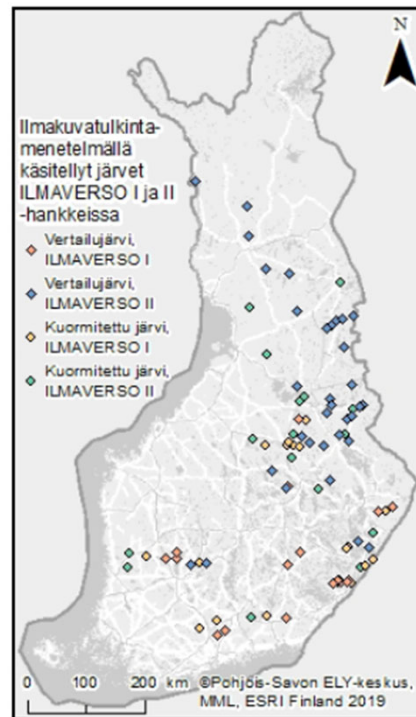
Temaattinen
kartta



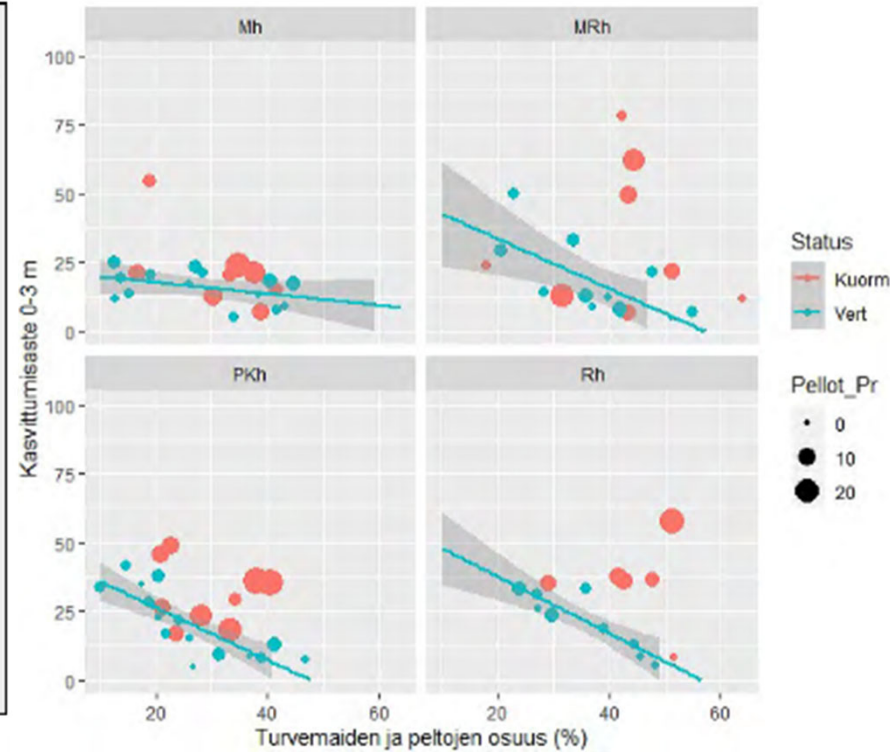
Pinta-alasta tila-arvioinnissa käytettäväksi muuttujaksi



Kasvittumisaste = mitatun kasvillisuuspinta-alan ja syvyyden perusteella mahdollisen kasvillisuuden esiintymisalueen (0-3 m) suhde = kasvittuneen rannan osuus



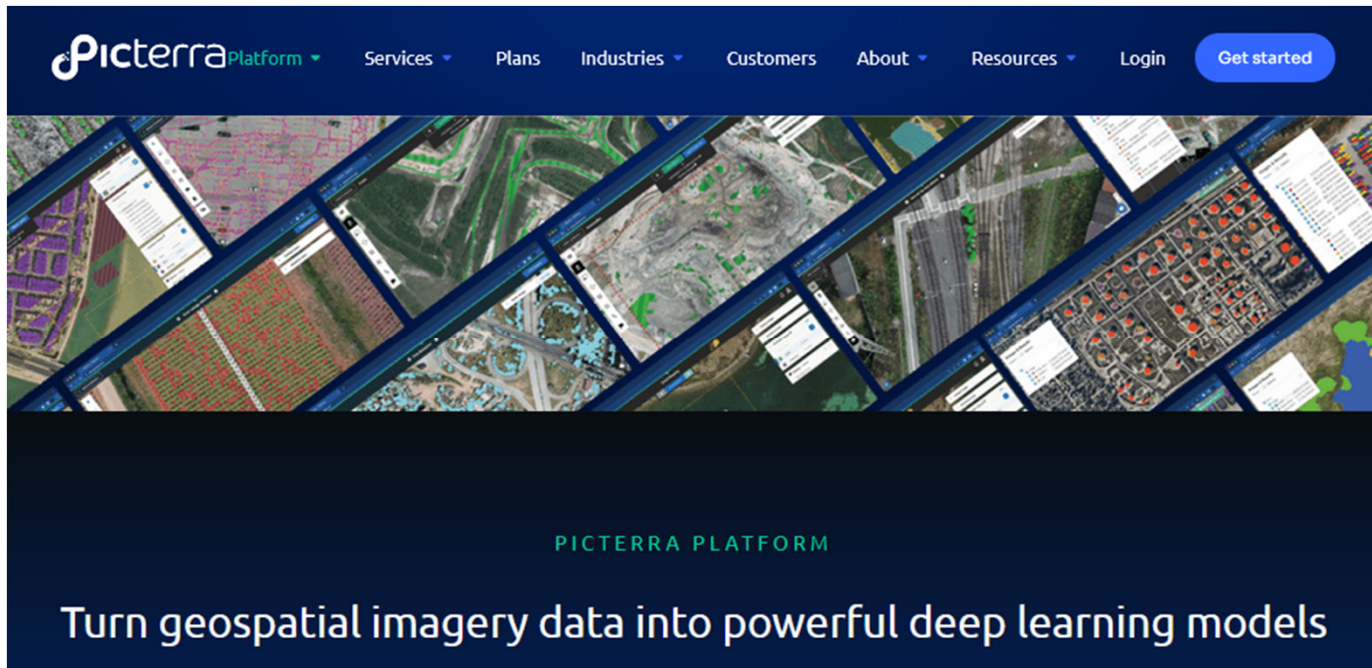
Aineistona vertailuvesiä ja kuormitettuja järviä



Vertailuolosten ennustava mallinnus > tilaluokkaa kuvaava ELS-arvo

Kehittämishankkeen vaihe III

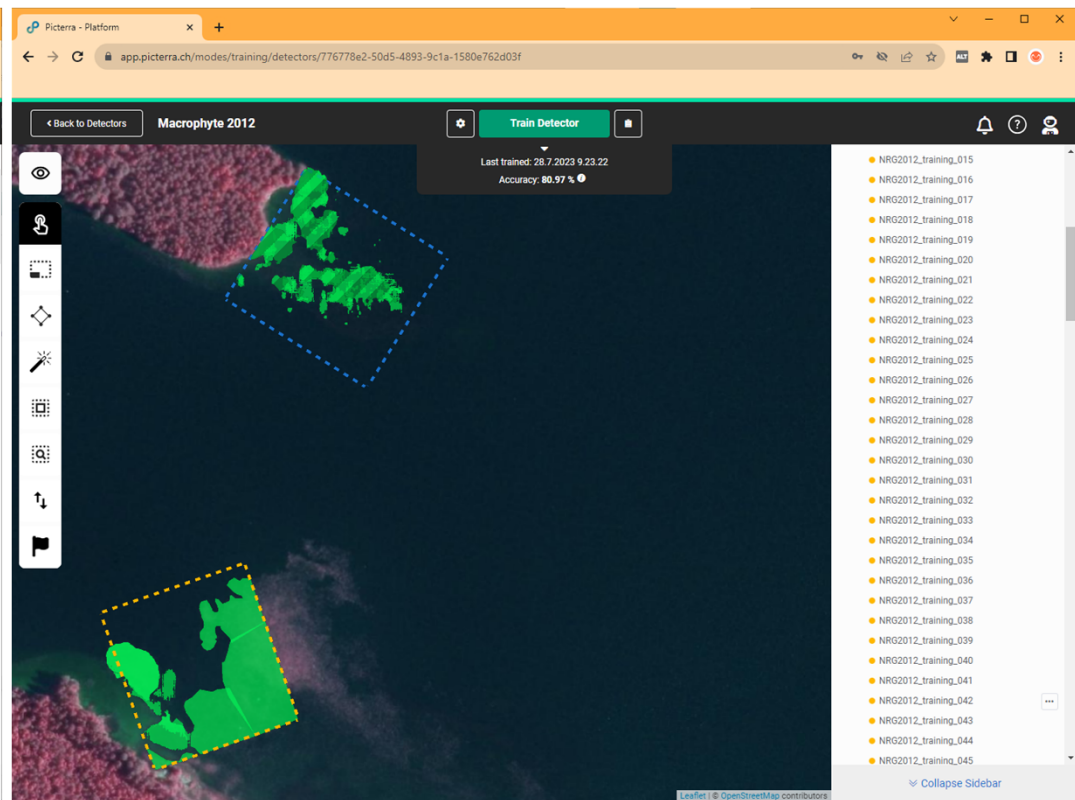
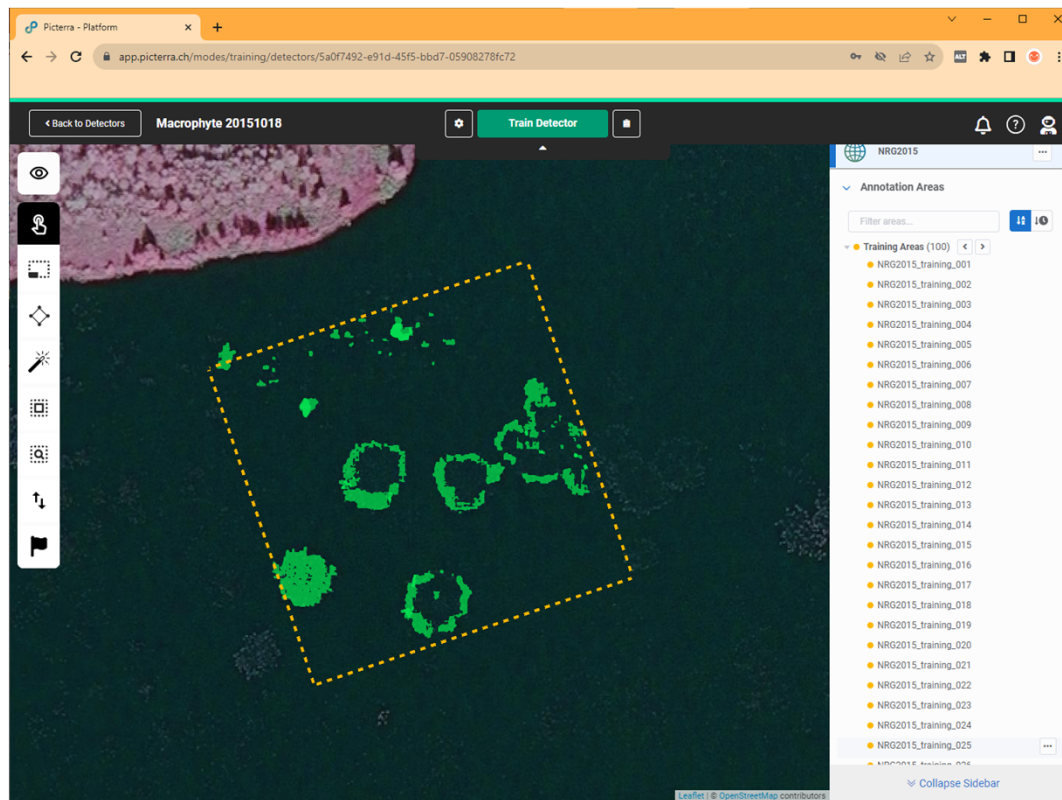
- Kaupallinen Picterra koneoppimismalli ilmakehän kuvien käsittely- ja tulkintamenetelmäksi
- Helppokäyttöinen verkkoyhteys ammattilaisellekin
- Aineistot sisään rajapintojen kautta
- Käytännössä opettaminen ja mallinnus vaatinut kuitenkin paljon käsityötä ja tuotetukea



<https://picterra.ch/>

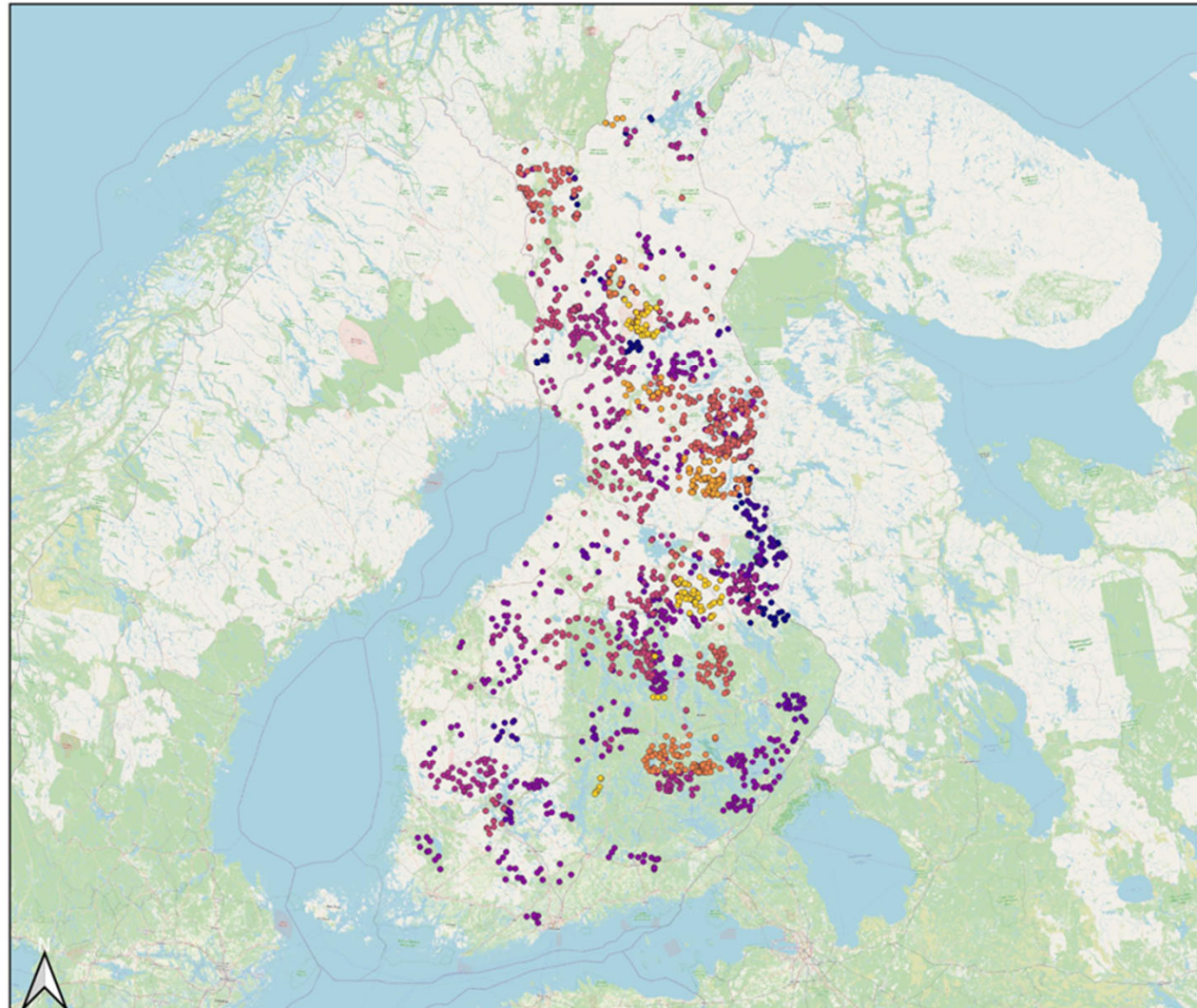
Picterra-mallinnus vesikasvillisuusalueiden tunnistamisessa

- Tunnistusmallin opetus ja validointi - käyttöliittymänäkymä



ILMAVERSO III

- Analysoitu yli 2000 järven vesikasvillisuuspinntala vuosina 2012-2023
- Tilamuuttujan laskenta ja aineiston analysointi käynnissä, valmistuu kevättalvella 2024
- Tavoite: kasvittumisastemuuttuja käytössä tulevassa vesienhoidon tilaluokittelussa



Picterralla mallinnetut humusjärvet 2012-2022

Ilmakuvausvuosi

- 2012
- 2013
- 2014
- 2015
- 2016
- 2017
- 2018
- 2019
- 2020
- 2022

©Juho-Ville Marttila
Pohjois-Savon elinkeino-,
liikenne ja ympäristökeskus
2023

Taustakartta:
©OpenStreetMap

0 100 200 300 400 km



Koordinaattijärjestelmä: EUREF FIN
TM35FIN

Kiitos mielenkiinnosta!



Tarinakartta



Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

Vesikasvillisuuden kaukokartoitus

Kaukokartoituksessa kohteen ominaisuuksia mitataan ilman fyysistä kosketusta kohteeseen. Tietoa kerätään pääasiassa mittalaitteilla ilmasta tai avaruudesta. Myös vedenalainen kaikuluotaus on kaukokartoitusta.

Tämä tarinakartta esittelee satelliitista, lentokoneesta ja miehittämättömästä ilmaluksesta kuvattuja sekä veneestä kaikuluodattuja aineistoa ja niistä tehtyjä vesikasvillisuustulkintoja.

Tarinakartan ovat laatineet:

Juho-Ville Marttila, Pohjois-Savon ELY-keskus

Antti Kanninen, Pohjois-Savon ELY-keskus

Kuva: Antti Kanninen, Pohjois-Savon ELY-keskus, Iisalmen Haapajärvi 10.9.2018

Lisätietoa vesikasvillisuuden kaukokartoituksesta ([linkki yo. tarinakarttaan](#))