

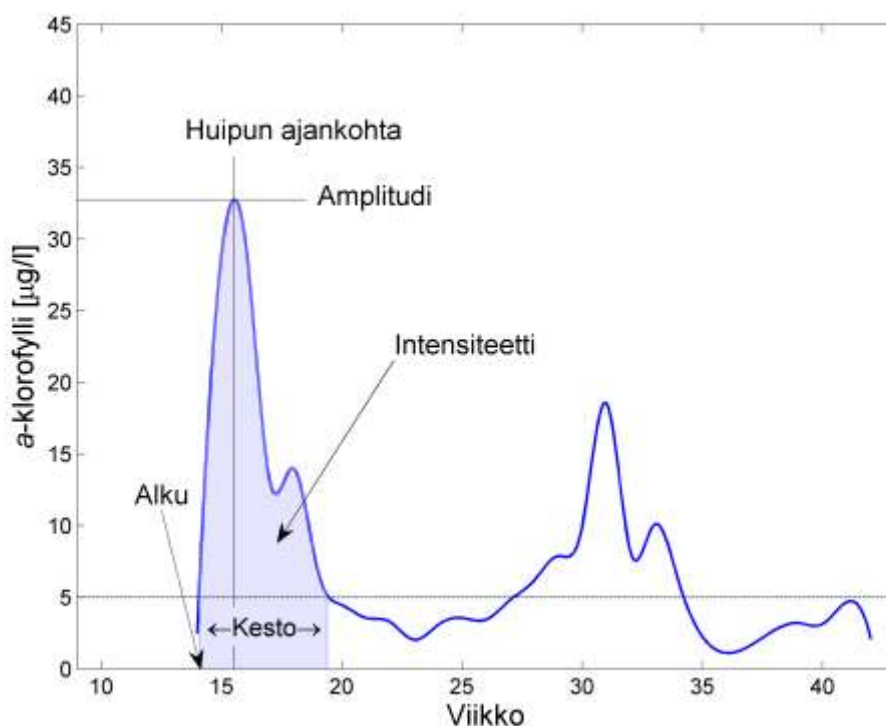
## Kevätkukintojen määrä ja laajuus



**Meren tilan indikaattori** Yhteyshenkilöt: Jenni Attila (SYKE), Sofia Junttila (SYKE) ja Vivi Fleming-Lehtinen (SYKE)

### Tiivistelmä

Kevätleväindikaattori kuvaa kevätajan leväpitoisuuksien ajallista ja alueellista vaihtelua, sekä kukinnan voimakkuutta (intensiteettiä). Indikaattori lasketaan alue- ja vuosikohtaisesti *a*-klorofyllipitoisuuden aikasarjasta. Klorofylli-*a* -pitoisuuksista voidaan määrittää kevätlevän alku-, loppu- ja huipun ajankohdat, sekä kevätlevän intensiteetti-indeksi, joka kuvaa kevätlevän voimakkuutta laskenta-alueella. Aikasarjat voidaan tehdä satelliittiaineistoja, havaintoasemahavaintoja ja Alg@line-havaintoja yhdistämällä. Aikasarjat saadaan pääasiassa satelliittiaineistoista, mutta myös havaintoasemahavaintoja ja Alg@line-havaintoja voidaan hyödyntää silloin kun niitä on saatavilla. Tulokset osoittavat, että indikaattorilla voidaan seurata kevätajan levämääriä erityisesti isoimmilla rannikon vesimuodostumilla ja avomerialueilla (kuten HELCOM-alueet).



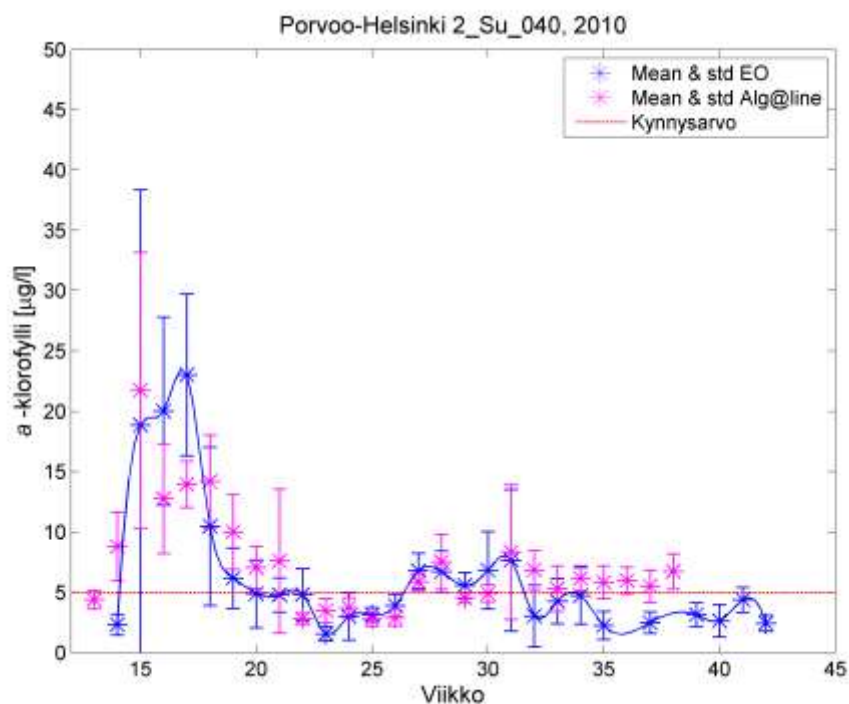
#### Kuva 1

*Kevätlevän intensiteetti ja muut piirteet määriteltynä a-klorofyllin aikasarjasta. Vaaleansininen alue kuvaa kevätlevän ajanjaksoa. Kevätlevän kynnysarvo (5 µg/l) on esitetty katkoviivalla.*

### Indikaattorin tulokset

Indikaattorissa seurataan intensiteetin kehittymistä ja sen kasvu voi ilmentää heikentynyttä meriympäristön tilaa.

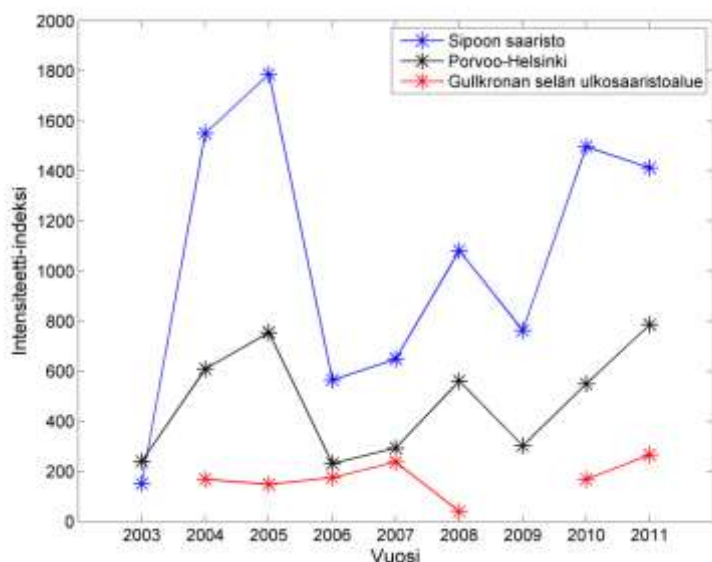
Indikaattorituloksia on määritetty toistaiseksi Suomenlahden rannikon vesimuodostumille ja kahdelle MARMONI-projektin koealueelle (Suomenlahdella ja Saaristomerellä) vuosien 2003–2011 satelliittidatan aikasarjalle. Tulokset näyttävät, että alueilla indikaattorituloksilla on suurta alueellista ja vuosittaista vaihtelua (Taulukko 1). Kuvassa 2 on esimerkki satelliittiaineistoista ja Alg@line-aineistoista lasketuista *a*-klorofylliaikasarjoista Porvoo-Helsinki -vesimuodostumalla vuoden 2010 osalta. Koska kuvassa on kyse yksittäisestä vuodesta, tästä tuloksesta ei voida arvioida meren tilaa.

**Kuva 2**

a-klorofyllin viikkokeskiarvo ja hajonta Porvoo-Helsinki – vesimuodostumassa vuonna 2010. MERIS-aineistosta (EO) lasketut arvot on kuvattu sinisellä värillä ja Alg@line-havainnoista lasketut vaaleanpunaisella. Kevätlevän kynnysarvo (5 µg/l) on esitetty punaisella katkoviivalla.

Kuvaan 3 on koottu esimerkkejä intensiteetin käyttäytymisestä muutamalla rannikon vesimuodostumalla vuosina 2003–2011. Tulokset osoittavat, että kevätukinnan intensiteetti vaihtelee moninkertaisesti tämän jakson aikana ja yksiselitteistä intensiteetin trendiä ei ole havaittavissa. Kuvaan 4 on koottu Saaristomerен kevätukinnan intensiteettituloksia vuosilta 1999–2011. Näissä tuloksissa on havaittavissa laskeva trendi, mikä osoittaisi parantuvaa meriympäristön tilaa. Tulokset sekä indikaattorin menetelmäkuvaus löytyy Sofia Junttilan pro gradu -työstä muutaman rannikon vesimuodostuman sekä MARMONI-alueiden osalta (Junttila S, 2014).

Indikaattorin tulokset osoittavat, että menetelmää voidaan hyödyntää kevätlevän määrän ja ajankohdan vertailuun eri alueilla ja vuosina.

**Kuva 3**

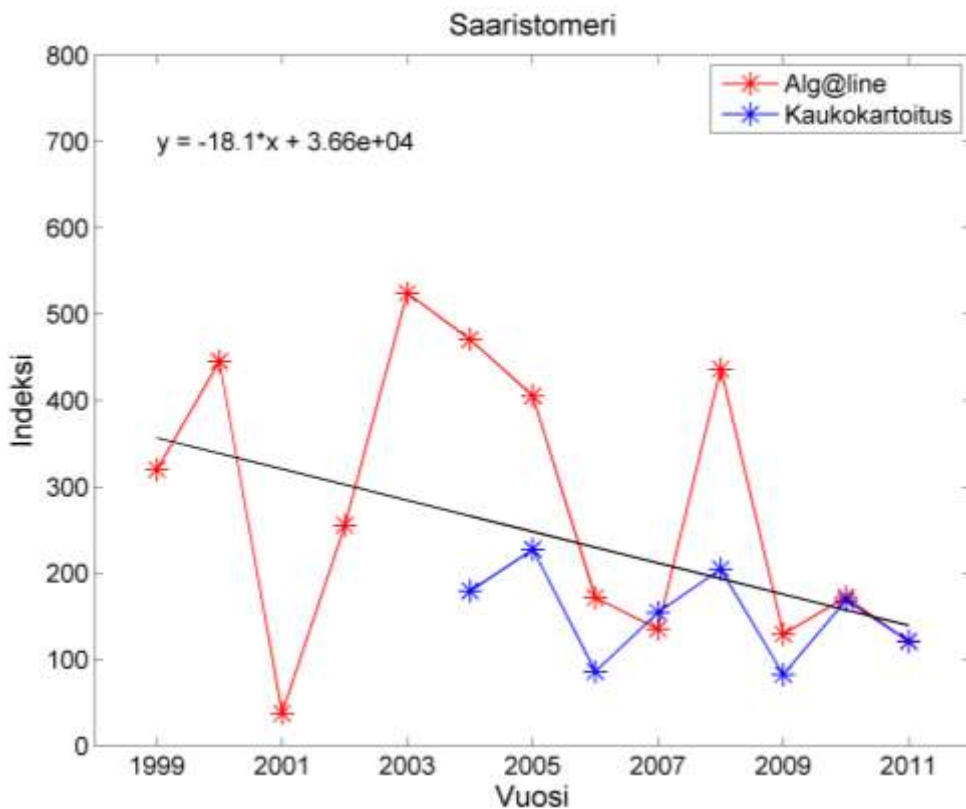
Intensiteetti-indeksit vuosina 2003–2011 Sipoon saaristossa (siniset merkit ja viiva) ja Porvoo-Helsinki -alueella (musta) ja Gullkronan selän ulkosaaristoalueella (punainen).

**Taulukko 1**

Taulukon lähde: Sofia Junttila.

**Taulukko 5.1:** Kevätkukinnan indikaattorit (intensiteetti-indeksi, huipun arvo, huipun ajan-kohta, huipun maksimiarvo, alkuviikko ja kesto) MARMONI-projektin tutkimusalueella Suomenlahdella vuosina 2003–2011.

Vuosi	Intensiteetti-indeksi	Huippu ( $\mu\text{g/l}$ )	Huipun viikko	Suurin arvo ( $\mu\text{g/l}$ )	Alkuviikko	Kesto (vko)	Kesto (d)
2003	38	5,4	19	39,5	19	1	7
2004	176	7,6	16	61,9	15	4	28
2005	356	10,7	19	77,6	15	6	42
2006	95	8,4	16	75,9	16	2	14
2007	126	6,9	18	69,0	14	3	21
2008	175	7,8	17	49,9	16	4	28
2009	135	7,6	16	82,7	16	3	21
2010	152	7,5	17	58,2	15	3	21
2011	153	7,7	16	88,8	16	3	21



**Kuva 4**  
Kevätlevän intensiteetti MARMONI-tutkimusalueella Saaristomerellä. MERIS-aineistosta laskettu indeksi on esitetty sinisellä ja Alg@line-havainnoista laskettu punaisella värillä.

## Indikaattorin yleinen kuvaus

Kevätleväindikaattori kuvaa kevään a-klorofyllipitoisuutta. Indikaattori määrittää kevätleväajankohdan: alku, loppu, kesto ja huippuajankohdan sekä vuotuisen intensiteetin. Intensiteetin avulla voidaan myöhemmin kehittää kukinnan vuotuinen kokonaisbiomassan määrittystä.

Indikaattori kuvaa a-klorofyllipitoisuutta, joka kertoo meren rehevöitymisen tasosta. Kevätleväindikaattoria voidaan hyödyntää a-klorofyllipitoisuuden määrän ja laajuuden sekä kukinnan keston määrittämiseen, mutta lajistoa ei voida erotella. a-klorofyllipitoisuus määritellään pääasiassa satelliittiaineistosta. Indikaattoria varten huomioidaan kaikki laskentayksikön (kuten yksittäisen vesimuodostuman) satelliittihavainnot koko vesimuodostuman alueelta kevätleväajalta.

Tarvittaessa satelliittiaineistoja voidaan täydentää havaintoasema- ja Alg@line- havainnoilla, jos niitä on saatavilla alueelta, jolle indikaattoria lasketaan. Pilvisyyden tai jääolojen takia erityisesti kevätlevän alkuajankohdasta ei aina pystytä täysin määrittämään satelliittiaineistoista. Silloin esimerkiksi Alg@line-aineistoista voi olla hyötyä. Havaintoasemilta kerätään kevätleväaikaan

suhteellisen vähän näytteitä, joten niiden hyödynnettävyys on vähäisempi. Niitä voidaan kuitenkin käyttää täydentävinä tietoina sekä vertailuaineistona.

## Indikaattori osana lainsäädäntöä

Kevätajan a-klorofyllipitoisuuksia ei tällä hetkellä huomioida indikaattorina Suomen vesienhoidossa, mutta vesipuitedirektiivissä on kuitenkin maininta kevätkukinnasta eikä sitä ole erikseen rajattu pois. Satelliittiaineistoista tehty kevätlevämääritys mahdollistaa kevätlevän huomioimisen direktiiviraportoinnissa jatkossa. Indikaattoria voidaan lisäksi hyödyntää Meristrategiadirektiivissä rehevöitymisen (kuvaaja 5) suorien vaikutuksien indikaattorina (477/2010/EU). Satelliittipohjainen leväseuranta on osana valtioneuvoston hyväksymää merenhoitosuunnitelman seurantaohjelmaa.

## Miten indikaattori kuvaa ekosysteemiä?

Indikaattori kuvaa kasviplanktonin määrää ja kukinnan alueellista ja ajallista laajuutta kevätkukinnan aikana. Suurin osa kasviplanktonin vuosittaisesta tuotannosta tapahtuu kevätkukinnan aikana. Kevätkukinta on tärkeä ravinnonlähde eläinplanktonille ja sitä kautta myös korkeammille ravintoketjun tasoille. Kukinnan päätyttyä levämassa vajoaa pohjaan, jolloin se on ravinnonlähde pohjan eliöille, mutta pohjalla hajoava levä saattaa lisätä happikatoa kerrostuneilla alueilla.

a-klorofylli on kasviplanktonin pääasiallinen yhteyttämispigmenti, ja veden a-klorofyllipitoisuus kuvaa hyvin kasviplanktonin määrää vedessä.

## Miten ihmispaineet vaikuttavat indikaattoriin?

Kevätkukinnan intensiteetti määräytyy vedessä olevien ravinteiden määrän perusteella. Typen, fosforin ja silikaatin kuormitus Itämeressä on osittain ihmisen aiheuttamaa ulkoista kuormitusta. Maatalous ja teollisuus aiheuttavat ravinteiden kulkeutumista Itämereen jokivirtaamien mukana.

## Tekninen kuvaus

### 1. Lähdemateriaali / aineisto

Indikaattorin kehittämisessä käytettiin satelliittiaineistoja, Alg@line-havaintoja sekä havaintoasemahavaintoja. Satelliittiaineistot koostuvat MERIS-instrumentin havainnoista vuosilta 2003–2011. Vastaavaa aineistoa saadaan Sentinel 3A-satelliitin OLCI-instrumentista, joka laukaistaan arviolta vuonna 2015.

### 2. Indikaattorin edustavuus eri merialueilla

Menetelmä on kehitetty rannikon VPD-vesimuodostumille sekä MARMONI-projektin koealueille (mm. osa Suomenlahtea sekä Saaristomeri). Menetelmä toimii parhaiten isoimmilla vesimuodostumilla, menetelmää ei kannata hyödyntää pienille sisemmille VPD-alueille, jotka ovat kokonsa ja rannikon läheisyyden takia mahdottomia nykyinstrumenteille.

### 3. Ajallinen edustavuus

Satelliittiaineistoa hyödynnettiin vuosilta 2003–2011. Alg@line-aineistosta on Suomenlahden alueen osalta hyödynnetty vuodet 1999–2010.

### 4. Aineiston keruun ja analyysin menetelmät

Kuvattu MARMONI-projektin dokumentissa sekä Sofia Junntilan gradussa.

### 5. Hyvän tilan raja-arvon määrittäminen

Tällä hetkellä trendipohjainen, eli oletetaan että kevätleväindeksi on joko laskeva tai pysyy samana. Rannikon osalta historiallista havaintoasema-aineistoa on kevätajalta hyvin vähän, joten raja-arvon määrittäminen havaintoasema-aikasarjasta on käytännössä mahdotonta eri vesimuodostumille. Tietyiltä intensiiviasemilta voi ottaa keskiarvon, jota voi harmonisoida viereisille rannikkoalueille. GES- rajan määrittämistä tarkemmin on testattu alustavasti avomerimallinnuksen avulla (Bärbel Müller-Karolis), mutta työ on alkuvaiheessa.

Rannikolla raja-arvon voidaan olettaa oleva suhteessa avomerialueille, suhteessa hapen kulutukseen pohjassa.

### 6. Tila-arvion maantieteellinen yksikkö

Voidaan määrittää tarpeen mukaan. Nyt mahdollista laskea rannikon (uloimmille) vesimuodostumille sekä esim HELCOM-alueille. Olisi tarkoituksenmukaista miettiä, voidaananko lähekkäisiä alueita yhdistää isommiksi kokonaisuuksiksi. Kevätlevä kannattaa arvioida erikseen rannikolle ja avomerelle (esim. HELCOM-alueille), koska kevätlevä on rannikolla intensiivisempää kuin avomerellä.

## 7. Indikaattorin luotettavuus

GES-rajoja ei ole vielä määritetty rannikon vesimuodostumille – Tällä hetkellä on käynnissä yhteistyö, jossa Baltsem –mallilla mallinnetaan vastaavaa intensiteetti-indeksiä kuin (Fleming-Kaitala, 2006).

### LÄHDELUETTELO

Fleming & Kaitala, 2006. Phytoplankton spring bloom intensity index for the Baltic Sea estimated for the years 1992 to 2004. *Hydrobiologia* 554:57-65.

Gohin, F., Saulquin, B., Oger-Jeanneret, H., Lozac'h, L., Lampert, L., Lefebvre, A., Riou, P., Bruchon, F., 2008. Towards a better assessment of the ecological status of coastal waters using satellite-derived chlorophyll-a concentrations. *Remote Sensing of Environment* 112 (2008), 3329-3340.

Junttila S. Kasviplanktonin kevätukinnan indikaattorit. Pro gradu-työ, Fysiikan laitos (geofysiikka), Helsingin yliopisto, 2014.

Platt T., Sathyendranath S., 2008. Ecological indicators for the pelagic zone of the ocean from remote sensing, *Remote Sensing of Environment* 112 (2008), 3426–3436.

Platt T., Sathyendranath S., Forget M.-H., White III G. N., Caverhill C., Bouman H., Devred E., Son SH., 2008. Operational estimation of primary production at large geographical scales, *Remote Sensing of Environment* 112 (2008), 3437–3448.

Schroeder T.H., Schaale M., Fisher J., (2007). Retrieval of atmospheric and oceanic properties from MERIS measurements: A new Case-2 water processor for BEAM. *International Journal of Remote Sensing*, 28, 5627–5632.

Lorenzen, C.J. 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.* 12: 343-356.