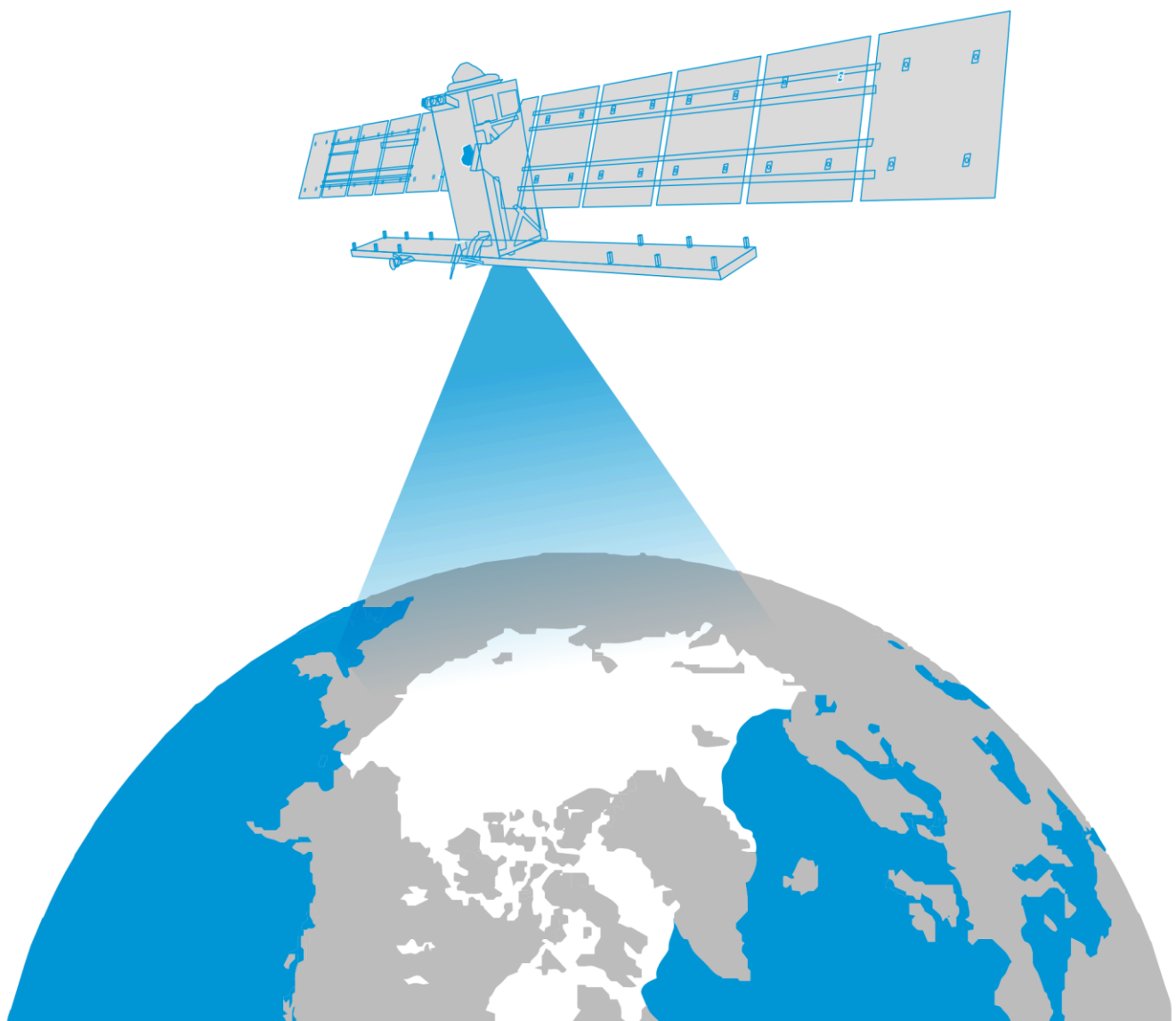
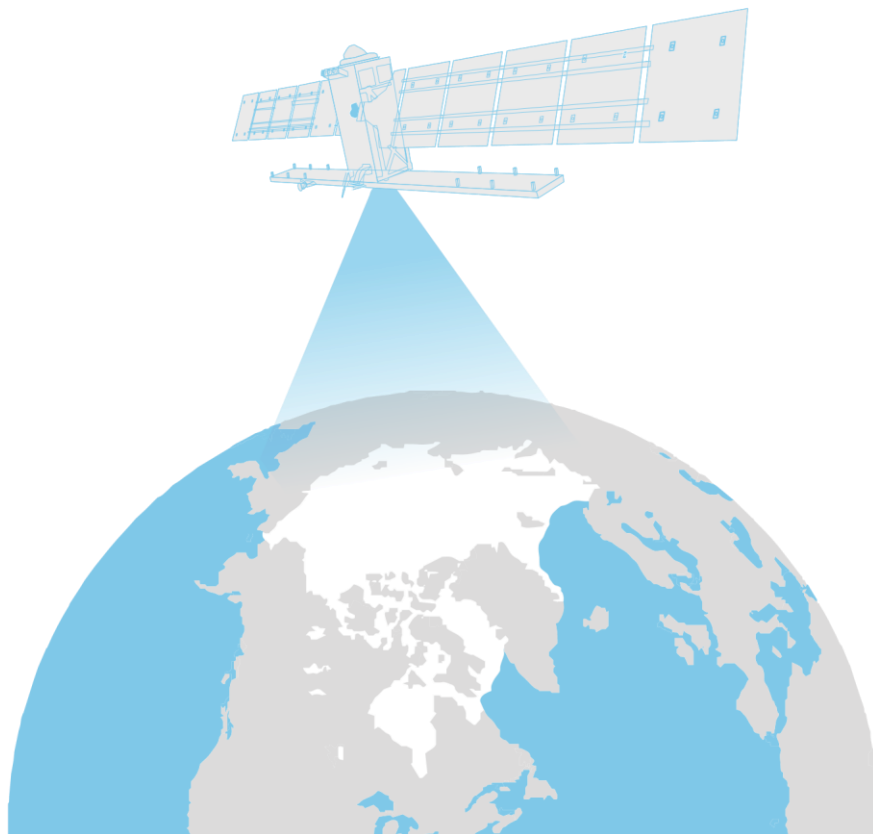


# Kosmos on õpetlik

## → MEREJÄÄ KOSMOSEST VAADATUNA

Arktika merejää uurimine ning selle seos kliimaga





## Juhendmaterjal õpetajale

Merejää kosmosest vaadatuna	lk 3
Tegevuste ülevaade	lk 4
Sissejuhatus	lk 5
Taustainfo	lk 6
Tegevus 1. Kui ookean jäätub	lk 8
Tegevus 2. Merejää tänapäeval	lk 10
Tegevus 3. Merejää aasta ringi	lk 11
Õpilase tööleht	lk 12
Lisamaterjal	lk 19
Lisa 1	lk 20

**Kosmos on õpetlik** – merejää kosmosest vaadatuna

Kommentaare ja tagasisidet võib saata ESA Hariduskontori e-posti aadressile [teachers@esa.int](mailto:teachers@esa.int) (inglise keeles) või [esero@ut.ee](mailto:esero@ut.ee) (eesti keeles).

Selle õppetmaterjali on koostanud ESA Education production koostöös Nordic ESEROGa.

Copyright 2020 © European Space Agency

# → MEREJÄÄ KOSMOSEST VAADATUNA

## Arktika merejää uurimine ning selle seos kliimaga

### Lühiülevaade

**Teema:** geograafia, teadus

**Vanuserühm:** 13 kuni 17 aastat

**Tüüp:** praktiline tegevus

**Raskusaste:** kerge

**Vajalik aeg:** 30 minutit iga tegevuse (3) jaoks

**Maksumus:** madal (0–10 eurot)

**Toimumiskoht:** siseruumid

**Vajalikud vahendid:** jää, arvuti, internet

**Märksõnad:** Maa kaugseire, merejää, Arktika, kliima, kliimamuutus, geograafia, teadus

### Kirjeldus

Erinevate tegevuste käigus uurivad õpilased Arktika merejääd. Esmalt kogevad nad vahetult, mis juhtub, „kui ookean jäätub“. Seejärel kasutavad nad satelliidipilte, et analüüsida merejää kontsentratsiooni ja ulatust ning nende parameetrite muutumist viimaste aastakümnete jooksul. Nad õpivad, millistes maailma paikades võib leida merejääd ning analüüsivad värsked ning pikemaajalisi satelliidiandmeid Arktika merejää kontsentratsiooni kohta. See tegevus puudutab ühte olulisemat indikaatorit, mis on teadlastel olemas kliimamuutuste ning selle võimalike tagajärgede uurimiseks.

### Õpieesmärgid

- Saada teada, mis on merejää ning kus seda Maal leidub.
- Mõista merejää olulisust ning selle seost Maa kliimaga.
- Mõista, kuidas inimtegevuse ja füüsikaliste protsesside omavaheline suhe mõjutab ning muudab maastikke, keskkondi/elustikke ja kliimat.
- Kasutada internetis leiduvaid vahendeid satelliidiandmete kogumiseks ja analüüsimiseks.
- Mõista, kuidas Maa kaugseiresatelliite saab kasutada merejää kirjeldamiseks ja jälgimiseks.

## → Tegevuste ülevaade

Tegevuste ülevaade					
	Pealkiri	Kirjeldus	Tulemus	Eeldused	Ajakulu
1	Kui ookean jäätub	Eksperiment, et võrrelda mageveejääd mereveejääga.	Õpilane mõistab, mis juhtub, kui soolane vesi jäätub; merejää tähtsuse mõistmine.	Puuduvad	30 minutit
2	Merejää tänapäeval	Merejää maailmas. Satelliidiandmete analüüs Arktika merejää kohta.	Teadmine, kus leidub Maal merejääd ning kuidas analüüsida satelliidiandmeid merejää kontsentratsiooni kohta.	Soovitav: teadmised ookeanihoovustest	30 minutit
3	Merejää aasta ringi	Merejää pikaajaliste andmete analüüs.	Tuvastab lühi- ja pikaajalisi trende, mille abil merejääd iseloomustada ja jälgida.	Tegevuse 2 eelnev läbimine	30 minutit

# → MEREJÄÄ KOSMOSEST VAADATUNA

## Arktika merejää uurimine ning selle seos kliimaga

### → Sissejuhatus

Igal aastal toimub polaarookeanides tohutu hulga merejää moodustumine ning hilisem sulamine. See hooajaline merejää tsükkel on üks Maa kliimasüsteemi dünaamilisemaid osasid.

Vaatamata sellele, et merejääd leidub peamiselt polaaraladel, mõjutab see kogu maailma kliimat. Merejää muudab ookeani peegeldusvõimet ning toimib ookeani ja atmosfääri vahelisel kuumuse ja niiskuse vahetusel barjäärina. Polaarmerejää hooajalised muutused mängivad olulist rolli ka globaalses ookeanivee ringluses. Jää vormudes suureneb pinnalähedase vee soolasus ja tihedus. Külma ja tiheda polaarvesi vajub alla ning liigub mööda ookeanipõhja ekvaatori poole, samal ajal rändab soe vesi ekvaatorilt pooluste suunas. Jää sulades voogab ookeani ülaosasse värsket vett; see vähendab vee soolasust ja tihedust ning see kergem ja hõredam vesi moodustab pinnal värsket kihi.

Hooajaline merejää tsükkel ei mõjuta mitte ainult kliimat, vaid ka inimtegevust, nagu kaupade merevedu, ning elupaiku. Arktika ökosüsteem on koduks paljudele organismidele alates mikrokoopilistest bakteritest, fütoplanktonist ja vetikaist kuni suurte imetajateni, nagu näiteks jääkarud ja hülged, kes kõik sõltuvad oma ellujäämisel merejääd.

Satelliidid annavad meile polaaraladest ainulaadse ülevaate, võimaldades mõõtmisi, mida varasemalt ei suudetud sedavõrd karmide tingimustega ning kaugetes piirkondades teha. Merejää vaatlemiseks ja jälgimiseks saab kasutada mitmesugust tüüpi sensoreid, alates optilistest kuni passivsete mikrolaine- või infrapunasensoriteni. Mitmed Euroopa Kosmoseagentuuri (ESA) missioonid on uurinud või uurivad Maa merejääd. Nende seast võib välja tuua ESA CryoSati satelliidi, mis on Earth Exploreri sarja missioon, ning Copernicuse programmi Sentinelid: satelliidid-pere, mis on loodud jälgimaks meie õrna planeeti.



Pilt 1

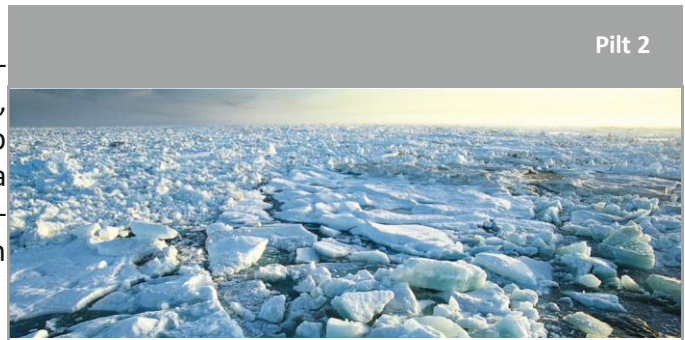
↑ ESA CryoSati satelliit on pühendatud polaarmererejää paksuse mõõtmisele ning Gröönimaad ja Antarktikat katvate jääkilpide muutuste jälgimisele

Siin toodud tegevused ning Arktika merejää kontsentratsiooni satelliidiandmete analüüs ärgitab õpilasi mõtlema, milles seisneb merejää tähtsus ning miks teadlased antud teemat uurivad. Õpilased mõistavad, et isegi kui merejää ei pruugi igapäevast meid otseselt mõjutada, on selle mõju Maale globaalne.

## → Taustainfo

### Mis on merejää?

Merejää on külmunud merevesi. Erinevalt jäämägedest või liustikest, mis saavad alguse maa pealt, vormub merejää ookeanis ning ka kasvab ja sulab seal. Merejää teke on keerukas protsess, mida mõjutavad vee ja jää põhiomadused. Vee soolasisaldus mõjutab külmumispunkti: mida kõrgem soolasisaldus, seda madalam külmumispunkt.

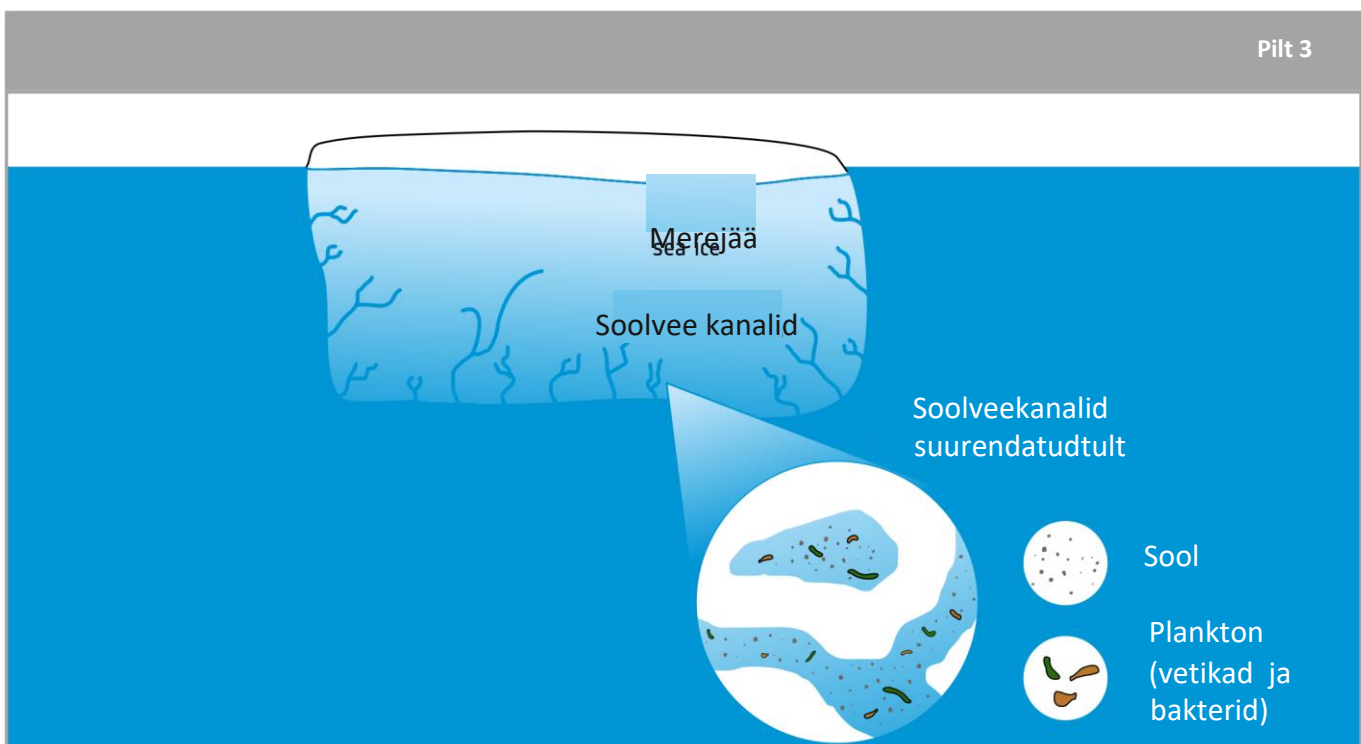


↑ Igal aastal toimub Põhja-Jäämeres ulatuslik jäätumine ja sulamine.

### Mikroskoopiliste eluvormide elupaik

Merejääs on vähe soola, kuna enamus soolast tõugatakse jäätumise käigus välja. Soola ioonid ei sobitu veejää kristallstruktuuri ning seetõttu sool väljutatakse. Väljatõugatud sool surutakse ümbritsevasse vette või jääb lõksu pisikestesse tasku- või kanalitaolistesse õõnsustesse jääkristallide vahel. Neid kutsutakse soolvee kanaliteks. Kõrge soolasisaldus takistab soolvee kanalite külmumist.

Merejää soolvee kanalid ei koosne mitte ainult soolast, vaid peidavad endas ka mikroorganisme nagu plankton. Soolvett uhutakse mitmesuguste protsesside mõjul välja, mis omakorda võimaldab fotosünteesivatel vetikatel merejää alaküljel kasvada. Need vetikad on toiduks väikestele ookeaniloomadele ning isegi vaaladele. Talvel, kui Arktikas pole päikesevalgust, ei ole need organismid aktiivsed. Kevadel, kui fotosünteesiks vajalik valgus on jälle saadaval, ning suvel, kui veed soojenevad, merejää sulab ning vabastab vetikarakud ja pisikesed loomad tagasi merre, misjärel neist saab suuremate loomade toid.






↑ Soolvee kanalid merejääs koosnevad väga soolasest vedelikust ning on mikroelupaigaks jäävetikatele.

## Merejää mõõtmised

Alates 1979. aastast on erinevad satelliidid pakkunud Maa merejääkattest pidevat ülevaadet. Satelliidiinstrumentide poolt kogutud andmed töödeldakse tavaliselt digitaalseteks pildielementideks ehk piksliteks. Üks piksel võib katta 25 km x 25 km suurust või väiksemat ala. Teadlased arvutavad välja merejää koguse igas pikslis.

Merejää andmete analüüsimisel on oluline mõista, milliseid mõõtmisväärtusi kasutatakse. **Merejää pindala** on ühes pikslis mõõdetud merejää pindala. **Merejää kontsentratsioon** näitab, mitu protsenti pikslit on jääga kaetud. Seda saab arvutada, jagades merejää pindala piksli pindalaga. Näiteks kui 625 km<sup>2</sup> suurusest pikslit 62,5 km<sup>2</sup> oleks jääga kaetud, oleks merejää kontsentratsioon 10%. Paljud teadlased kasutavad veel üht väärtust nimega **merejää ulatus**. Ulatus määrab ära, kas antud piksli puhul tervikuna esineb jääkatet või mitte, rakendades järgnevat reeglit: kui merejää kontsentratsioon on kõrgem kui 15%, siis loetakse piksli ala jääga kaetuks.

Tabel 1			
Merejää mõõtmised 25 km x 25 km piksli kohta			
<b>Merejää pindala</b>	12,5 km <sup>2</sup>	100 km <sup>2</sup>	562,5 km <sup>2</sup>
<b>Merejää kontsentratsioon</b>	2%	16%	90%
<b>Merejää ulatus</b>	Merejääd ei esine, kuna merejää kontsentratsioon on vähem kui 15%.	625 km <sup>2</sup>	625 km <sup>2</sup>

↑ Tabel 1: Kokkuvõtte erinevatest merejää mõõtmistest pikslil, mis tähistab 25 km x 25 km suurust ala. Sinine ala tähistab vett ning valge ala merejää.

Kui teadlased otsustavad kasutada ühte neist mõõtmistest, peavad nad arvesse võtma mitmeid aspekte. Isegi kui pindala võib paista nõ kõige õigema mõõtmisena, on asjakohane jälgida, kuidas need andmed hangiti. Suurem osa satelliidiandmetest annab teadlastele informatsiooni antud pikslil leiduvate pinnaolude segu kohta. Neil kuudel, kui jää sulab, võidakse jää pinnale tekkivat sulamisvett segi ajada jäävaba veega. See tähendab, et merejää kontsentratsiooni ja merejääga kaetud ookeani osakaalu võidakse alahinnata. Talvekuudel võidakse jää kontsentratsiooni üle hinnata, kuna sensorid ei suuda eristada väikseid lõhesid paakjää kogumis.

## → Tegevus 1 – Kui ookean jäätub

Selle tegevuse käigus mõistavad õpilased mõningaid merejää omadusi, võrreldes omavahel mageveest ja soolveest tehtud jääkuubikuid.

See tegevus tuleb jagada kahele päevale, kuna vesi vajab külmumiseks aega.

### Vahendid

- Õpilase tööleht igale grupile
- Kaks 250 ml purki või topsi
- Teelusikas
- Kandik
- Mõõteanum
- Söögisool
- Toiduvärv

### Ülesanne

Alusta tegevust, küsides õpilastelt, kas nad teavad, mis on merejää ning miks on nende meelest oluline seda uurida. Seda küsitakse õpilastelt tegevuse aruteluosas uuesti.

Õpilased uurivad kahte erinevat jääd – üks mageveest ning teine soolveest. Nad võrdlevad erinevusi tavalise mageveejää ning soolveejää vahel, tilgutades mõlemat tüüpi jääle paar tilka toiduvärvi.




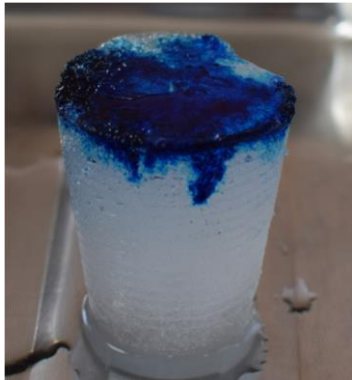
Juhised ülesande ettevalmistuseks ja läbiviimiseks asuvad õpilase töölehel. Õpetaja võib otsustada, et teevad tegevused 2 ja 3 samal päeval, mil jääproove valmistatakse, ning arutavad tegevust 1 teisel päeval. Tegevust 1 võib läbi viia ka demonstratsioonina.

Lihtsam on kasutada plastiktopse, sest siis saavad õpilased topsi jää eemaldamiseks katki lõigata. Kui kasutada taaskasutatavaid plastikpurke või peekreid, siis võib need asetada mõneks ajaks sooja vette, et jää anumast lahti tuleks. Jää tuleks paigutada kandikutele, et koguda sulavett.

Siin toodud tegevust võib laiendada, lisades ühe proovi, mis on tehtud vähemalt viiest teelusikatäiest soolast lahustatuna 200 ml magevees. Kõrge soolakontsentratsiooni tõttu ei külmu see täielikult ning näitlikustab, miks soolvee kanalid ei külmu.



## Tulemused

	Mageveejää	Soolveejää
Enne toiduvärvi lisamist	Selge ja enamasti läbipaistev. 	Udune ja poorne struktuur. 
Pärast toiduvärvi lisamist	Toiduvärv ei imbu jää sisse ning voolab mööda jää külge alla või koguneb jää pinnale. 	Toiduvärv imbib jääkuubiku sisse ning kanalid muutuvad nähtavaks. 

↑Tabel 2: Tulemuste kokkuvõte

## Arutelu

Õpilased peaksid märkama, et soolveejää paistab udusena, samas kui mageveejää on üldiselt selge. Pärast toiduvärvi lisamist peaksid õpilased suutma tuvastada soolveejääs moodustunud soolvee kanaleid.

Mageveejääl ja soolase vee jääl on väga erinevad struktuurid. Kui magevesi jäätub, moodustavad veemolekulid heksagonaalse kristallstruktuuri. Kui vees on aga soola, siis soola ioonid ei sobitu veejää kristallstruktuuri ning seetõttu sool paisatakse välja ning see kontsentreerub pisikestesse taskutesse või kanalitesse.

Õpilased peaksid suutma järeldada, et merejääl on polaarökosüsteemis kandev roll, kuna see on elupaigaks paljudele organismidele, alates mikroorganismidest kuni suurte loomadeni. Olenevalt õpilaste teadmiste tasemest, võivad nad lisaks uurida, kuidas merejää moodustumine võib muuta ümbritseva vee soolasust, mis omakorda võib mõjutada ookeanihoovusi.

## → Tegevus 2 – Tänapäeva merejää

Selles tegevuses hangivad õpilased teadmisi merejää globaalse jaotuse kohta. Lisaks analüüsivad nad värsked satelliidiandmeid Arktika merejää kontsentratsiooni kohta.

### Vahendid

- Arvuti ja internetiühendus
- Õpilase tööleht igale grupile

### Ülesanne

Enne tegelike andmete analüüsi arutlevad õpilased, kus võiks põhjapoolkeral leida merejääd. Selleks analüüsivad õpilased põhjapoolkera kaarti ning näitavad seal alasid, kus nad eeldavad leida merejääd (Pilt A2 õpilase töölehel). Õiged alad on 1, 3, 4 ja 8. Ülejäänud piirkondi mõjutab Golfi hoovus – Atlandi ookeani hoovus, mis kannab sooja vett põhjakaare suunas, hoides seeläbi ära vee jäätumise. Õpilaste teadmistest olenevalt võib selle küsimuse vastamist toetada „Ookeanide kiirteed“ õppematerjal (vaata lisamaterjalide osast). Lõunapoolkeral võib merejääd leida Antarktika ümbruses.

Bremeni Ülikooli (Saksamaa) veebilehel (<https://seaice.uni-bremen.de/sea-ice-concentration>) leiavad õpilased värsket infot Arktika merejää kontsentratsiooni kohta. Andmed on saadud JAXA (Jaapani Kosmoseagentuur) Advanced Microwave Scanning Radiometer 2 instrumendilt GCOM-W satelliidi pardalt.

Õpilased peaksid merejää kontsentratsiooni kirjeldamise käigus aru saama, et 0%-line kontsentratsioon tähistab külmumata vett (avaookean). Põhjapooluse ümber on ala, mida satelliit ei pildista, ning pole mingit võimalust teada selle piirkonna tegelikku kontsentratsiooni, seetõttu on antud ala tähistatud tumehalli ringiga. Õpilased peaksid kaardil näitama, kus merejääd leidub, ning lugema legendilt, kuidas ning milliste erinevustega on merejää kontsentratsioon jaotunud.

Lisamaterjalide osas on rohkem viiteid veebiplatvormidele, mis pakuvad ligipääsu merejääandmetele, kaasa arvatud mõningaid andmeid ESA satelliitidelt. Hetkel arendatakse uut Copernicus *Imaging Microwave Radiometer* (CIMR) kandidaatmissiooni, et tagada tulevikus jätkuvad merejää kontsentratsiooni mõõtmised Põhja-Jäämeres ja Antarktika ümbruses Lõuna-Jäämeres.

Õpilased peaksid järeldama, et satelliidid on ülimalt kasulikud jälgimaks raskesti ligipääsetavaid asukohti, kus tavapäraselt merejääd leida võib. Õpetajad võivad vanemate õpilastega arutada mõningaid elektromagnetspektri omadusi ning erinevaid sensoreid ja tehnikaid, mida satelliidid kasutavad. Näiteks radaritehnoloogia lubab satelliitidel „näha“ nii öösel kui läbi pilvede. See võimekus on merejää jälgimisel väga oluline, võttes arvesse polaarpimedust (pikki talvi) ja polaaralade pilviseid ilmastikutingimusi.

## → Tegevus 3 – Merejää aasta ringi

Selle tegevuse käigus arutavad õpilased oma ettekujutusi seoses merejää hooajaliste muutustega ning analüüsivad pikaajalisi andmeid merejää ulatuse kohta.

### Vahendid

- Õpilase tööleht igale grupile

### Ülesanne

Enne tegelike andmete analüüsi arutlevad õpilased antud teemal. Nad peaksid jõudma järelduseni, et merejää ulatuses on aastaajalised muutused ning et tõusva globaalse temperatuuri tõttu võib oodata merejää ulatuse vähenemist.

Pärast merejää väärtuste värske andmete analüüsi tegemist (tegevus 2) uurivad õpilased esmalt, kuidas merejää ulatus muutub ühe aasta jooksul ning seejärel mitme aasta jooksul. Õpetajad leiavad igakuiseid merejää kaarte, mille algseid kujutisi saab alla laadida aadressil <https://climate.copernicus.eu/sea-ice>.

Euroopa Liidu Copernicuse merekeskkonna seire teenus (<http://marine.copernicus.eu/science-learning/ocean-monitoring-indicators/catalogue/>) pakub samuti graafikuid ja andmeid põhjapoolkera merejää ulatuse kohta erinevate aastate jooksul. Õpetajatel on soovitatav laadida alla kõige värskemad saadaolevad andmed.

Lisas olevad (Lisa 1) graafikud Euroopa Liidu Copernicuse merekeskkonna seireteenuse infost näitavad põhjapoolkera merejää ulatuse aritmeetilist keskmist ning trendi aastail 1993–2017 ning põhjapoolkera merejää aritmeetilist keskmist aastatel 2012, 2014 ning perioodil 1993–2017.

Lisas olevate (Lisa 1) graafikute analüüsi käigus peaksid õpilased järeldama, et Arktika merejää ulatus jõuab suvise miinimumini septembris ja talvise maksimumini märtsis. Õpilased peaksid samuti järeldama, et pikaajaline trend (aasta aritmeetiline keskmine) aastateks 1993–2017 näitab, et Arktika merejää ulatus on kahanenud tempoga ligikaudu 6% kümnendis.

Lisaks on oluline mõista kliimasoojenemise ja mere- ning maismaajää sulamise suhet ning tagajärgi. See on üheks eesmärgiks tegevustesarjas „Kasvuhooneefekt ja selle tagajärjed“, mis uurib põhjalikult kliimasoojenemist ning sulava mere- ja maismaajää mõju merepinna tasemele ning albeedole (vaata linkide osa).

### Teema arendus. Väitlus: jäävaba Arktika tagajärjed

Selle tegevuse arenduseks võivad õpilased pidada väitluse, et arutada jäävaba Põhja-Jäämere tagajärgi Maa kliimale ja inimtegevustele (nt ülemaailmsetele kaubaveomarsruutidele). Nad arutlevad erinevaid vaatepunkte majanduse ja keskkonna seisukohast.

Võimalik kaubaveomarsruut läbi Põhja-Jäämere annaks tulemuseks kiirema kaubaveo Euroopa ja Kagu-Aasia vahel. Sellel on mitu mõju: lühemat marsruuti võib lugeda kestlikumaks, kuna kulub vähem kütust. Samas tähendab tihedam laevaliiklus rohkem laevamüra ning õlilekete ohtu, mis võivad omakorda mõjutada Arktika keskkonda. Kuigi suvel on veomarsruudid tihti võimalikud, ei saa Arktika aastaringsete muutuste tõttu neid usaldusväärsete ette planeerida.

Need on ainult mõned argumendid, mida õpilastega arutada. Üldiselt tuleb silmas pidada, et merejää on võtmeroll Maa kliima seisukohalt.

## → MEREJÄÄ KOSMOSEST VAADATUNA

### Arktika merejää uurimine ning selle seos kliimaga

Arktika on maakera kõige põhjapoolsem ala. Põhja-Jäämeres asuvad enamiku aastast kas täielikult või osaliselt jääga kaetud alad, mistõttu on teadlastel raske sellele piirkonnale uurimistöökdeks ligi pääseda. Alates 1979. aastast on merejääd jälginud satelliidid. Selleks on kasutatud mitmesuguseid tehnoloogiaid. Arktika jälgimine kosmosest annab meile võimaluse koguda mõõtmistulemusi ja hoida silma peal muutustel piirkondades, mis seni olid kättesaamatud.

Selles tegevuses kasutad sa satelliidiandmeid, et analüüsida merejää kontsentratsiooni ja ulatust ning seda, kuidas need parameetrid on viimaste aastaümnete jooksul tohutult muutunud. Sel moel analüüsid sa ühte kõige olulisemat indikaatorit, mis teadlastel kliimamuutuse ning selle võimalike tagajärgede uurimiseks olemas on. Sa töötad kui tõeline kliimateadlane!

Pilt A1



↑ Arktika õhuke merejää

### Kas teadsid?

Umbes 12% maailma ookeanidest on kaetud merejääga. Kuigi merejääd esineb põhiliselt polaaraladel, mõjutab see kogu maailma kliimat. Merejää muudab ookeani peegeldusvõimet ning toimib ookeani ja atmosfääri vahelisel kuumuse ja niiskuse vahetusel barjäärina. Merejää on oluline roll ka globaalses ookeanivee ringluses. Maa kliima muutumist ette näha üritavatele teadlastele on arusaamine merejää muutustest suureks väljakutseks.



## → Tegevus 1 – Kui ookean jäätub

Selle tegevuse käigus uurid sa mõningaid merejää omadusi, võrreldes omavahel mageveest ja soolveest tehtud jääkuubikuid. Lisaks arutled sa merejää tähtsuse üle.

### Vahendid

- Kaks 250 ml purki või topsi
- Söögisool
- Teelusikas
- Toiduvärv
- Mõõteanum
- Kandik

### Ülesanne

**Soovitus:** Tee sammud 1–4 üks päev varem.

1. Täida mõlemad purgid umbes 200 ml kraaniveega.
2. Ühte purki lisa 1,5 teelusikatäit soola ning sega, kuni kogu sool on lahustunud.
3. Märgista anumad.
4. Jäta need kogu ööks sügavkülma.
5. Võta mõlemad jäätükid purkidest välja ning aseta need kandikule samal viisil nagu topsis olles.
6. Kirjelda tabelis 1, kuidas nad välja näevad.
7. Mis sinu arvates juhtub, kui tilgutad jäätükidele toiduvärvi? Kas toiduvärv käitub mõlemal tükil samasuguselt? Kirjuta oma ennustus siia.

8. Lisa mageveest jäätükile mõned tilgad toiduvärvi ning vaatle, mis juhtub. Kirjuta oma vaatlustulemused tabelisse 1.
9. Lisa soolveest jäätükile mõned tilgad toiduvärvi ning vaatle, mis juhtub. Kirjuta oma vaatlustulemused tabelisse 1.

### Tulemused

	Mageveejää	Soolveejää
Enne toiduvärvi lisamist		
Pärast toiduvärvi lisamist		

↑ Tabel 1: Tulemuste kokkuvõte

## Arutelu

1. Kirjelda ja selgita erinevusi kahe jäätüki vahel enne toiduvärvi lisamist.

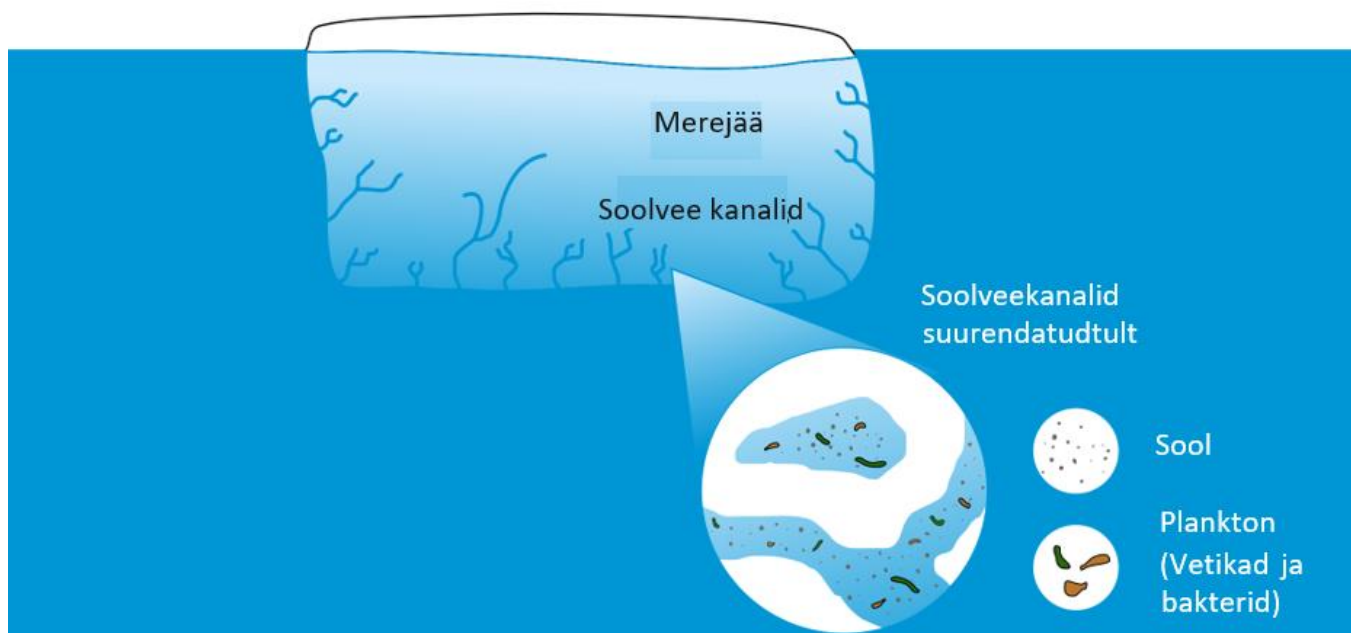
2. Kirjelda erinevusi kahe jäätüki vahel pärast seda, kui lisasid toiduvärvi.  
Kas tulemused vastavad su ennustusele?

3. Arutle oma grupis, milliseid erinevusi märkasite pärast toiduvärvi lisamist.

4. Miks on sinu arvates oluline uurida merejääd?

## Kas teadsid?

Ookeanides lahustunud sool koguneb vee jäätumisel taskutesse või kanalitesse. Neid kutsutakse soolvee kanaliteks ning need koosnevad sedavõrd kõrge soolasusega veest, mis ei külmugi. Soolvee kanalid ei sisalda mitte ainult soola, vaid ka eluvorme! Merejääs elavad mikroorganismid nagu vetikad või ussikesed ning nad on mere toiduahela väga tähtsad osad. Teadlased uurivad, kuidas eluvormid sellistes ekstreemsetes keskkondades ellu jäävad. See on oluline, et otsida eluks sobilikke paiku väljaspool Maad.



## → Tegevus 2. Merejää tänapäeval

Selles tegevuses õpid sa, kus esineb maailmas merejääd. Lisaks analüüsid sa värsked satelliidiandmeid Arktika merejää kontsentratsiooni kohta.

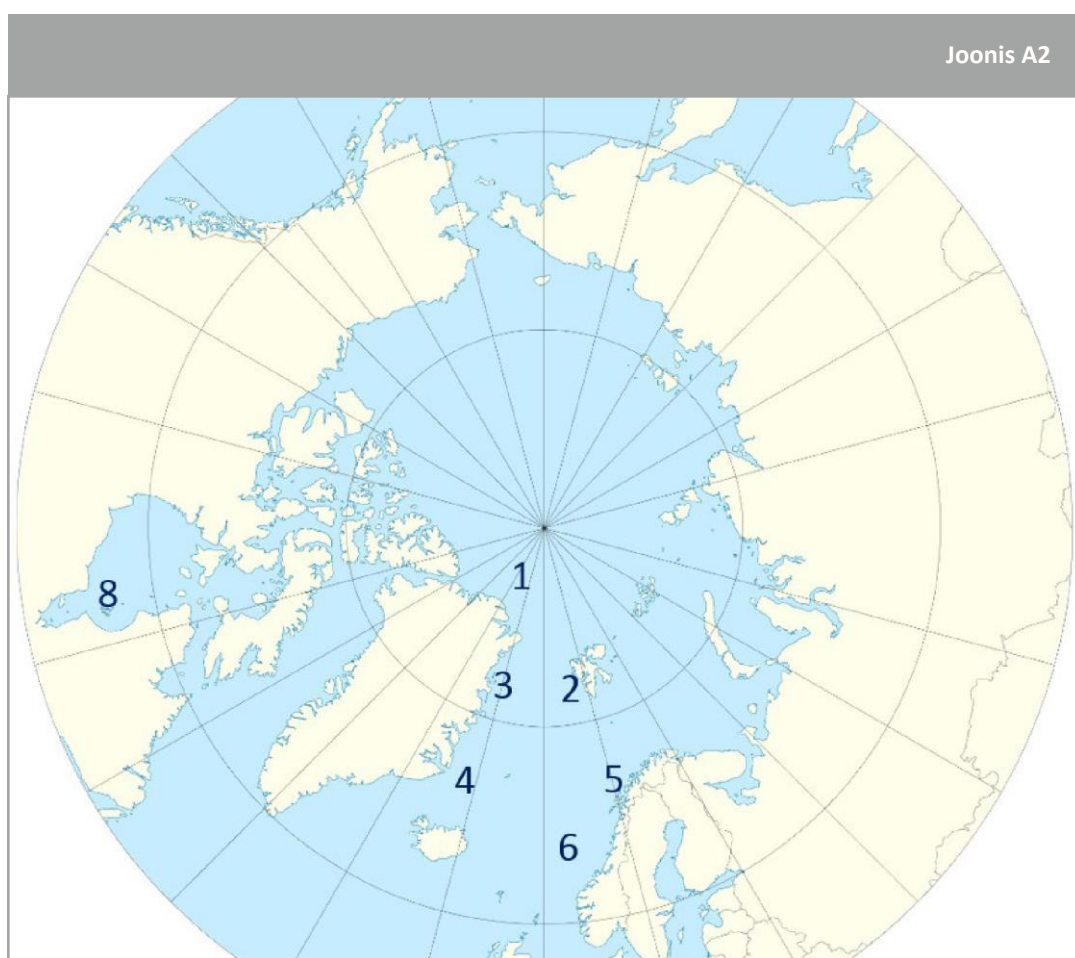
### Ülesanne

1. Joonis A2 näitab osa põhjapoolkerast. Vali ja märgista alad (numbrid 1–8), kus sinu arvates võib leiduda merejääd. Selgita.

---

---

---



↑ Vali alad, kus arvad leiduvat merejääd.

2. Merejää on külmunud ookeanivesi. Kas sinu arvates võib merejääd leiduda ka lõunapoolkeral? Kui jah, siis kus?

---

---

---

3. Sa asud nüüd satelliidiandmete abil analüüsima Arktika käesoleva hetke merejää kontsentratsiooni. Mine Saksamaa Bremeni Ülikooli kodulehel järgnevale aadressile: <https://seaice.uni-bremen.de/sea-ice-concentration/>

Klõpsa vasakpoolsel pildil, et seda suurendada. Erinevad värvid tähistavad erinevaid kontsentratsioone.

**Märkus:** 100%-line kontsentratsioon (valged alad) tähendab, et ala on täielikult jääga kaetud. Ookeani jäätumata osa on 0%-lise kontsentratsiooniga (lillad alad).

a. Tuvasta alad, kus leidub merejääd, ning kirjelda merejää kontsentratsiooni.

---



---



---

b. Tuvasta alad 2 ja 3 joonisel A2. Need alad on põhjapoolusest ligikaudu sama kaugel. Kas merejää kontsentratsioon neis alades on sarnane? Kui mitte, siis selgita, miks.

---



---



---

c. Võrdle oma küsimuses 1 väljendatud arvamust küsimuses 3 tehtud merejää hetkekonsentratsiooni analüüsiga. Kas sa leidsid jääd nendes alades, mida olid arvanud?

---



---



---

4. Miks on sinu arvates oluline kasutada merejää uurimiseks satelliite?

---



---



---

## Kas teadsid?

Selleks, et tagada satelliidiandmete täpsus, teevad teadlased välitöödena mõõtmisi maal, merel või õhus. Sellised välitööde mõõtmised kinnitavad satelliidiandmete õigsust ning neid viiakse läbi üle kogu maailma, alates troopilistest vihmametsadest kuni jäise Arktika ja Antarktikani. Lisaks on satelliitide pardale mõeldud instrumentide välja arendamise käigus vaja uusi tehnikaid testida. Aadressil <http://blogs.esa.int/campaignearth> võid sa jälgida, kuidas mitmed ESA välitööde meeskonnad teostavad eksperimente, et toetada ESA Maa vaatluse missioonide ning uute instrumentide väljatöötamist.





## → Tegevus 3. Merejää aasta ringi

Satelliidid on merejääd vaadelnud enam kui kolm aastakümnet. Teadlased analüüsivad neid andmeid, et välja selgitada lühi- ja pikaajalised trendid, mis aitavad merejääd iseloomustada ning jälgida. Selles tegevuses analüüsivad sa pikaajalisi andmeid merejää ulatuse kohta ning arutate merejää aastaajalisi muutusi.

### Ülesanne

1. Enne merejää andmete analüüsi aruta väikeses grupis oma ootusi.

a. Kas sa arvad, et merejää ulatus muutub aasta jooksul? Miks?

---

---

---

b. Millis(t)el kuu(de)l leidub sinu arvates kõige vähem ja kõige rohkem merejääd?

---

---

---

c. Kas sa arvad, et merejää ulatus muutub läbi aastate? Miks?

---

---

---

2. Sa asud nüüd analüüsima ja võrdlema merejää variatsioone ühe aasta erinevatel kuudel. Kirjelda merejää muutust ühe aasta jooksul. Millis(t)el kuu(de)l täheldad sa kõige vähem ja kõige rohkem merejääd?

---

---

---

3. Sa hakkad nüüd analüüsima ja võrdlema aasta keskmist merejää ulatust erinevatel aastatel. Kirjelda aasta keskmist jää ulatust erinevatel aastatel ning võrdle seda üleüldise trendiga.

---

---

---

4. Kas su analüüs aastaajalistest muutustest ning erinevate aastate lõikes näha olevad muutused sarnanevad su ootustele, mida pakkusid vastuseks küsimusele 1? Püüa selgitada võimalikke erinevusi.

---

---

---

### Kas teadsid?

Merejää tase on kliimamuutuste ülimalt tundlik indeks. Jää näol loetakse merejää maht osaks ookeanide mahust. Seega ei suurene ookeanide maht merejää sulades. Samas muudab sulav merejää ookeani soolasust, avaldades nii mõju ookeanihoovustele ning seeläbi kogu globaalsele kliimasüsteemile. Sulav maapealne jää nagu näiteks liustikud ja lumised määtipud seevastu suurendavad ookeanite mahtu ning see aitab kaasa veetaseme tõusule. Copernicuse Sentinel-3 satelliit keskendub ookeanidele ning suudab mõõta ja jälgida mereveetaseme muutust. See teave on ülitähtis, et mõista meie kliimat ning tõusva veetaseme suhtes haavatavatel rannikualadel varitsevaid ohte.



Satelliit jälgib mereveetaseme muutusi.

## → Lisamaterjal

### ESA materjalid

ESA õppematerjal – Ookeanide kiirteed (inglise keeles)

[esa.int/Education/Teachers\\_Corner/Highways\\_of\\_the\\_Oceans\\_-\\_Sea\\_currents\\_and\\_the\\_connection\\_to\\_climate\\_TEACH\\_WITH\\_SPACE\\_G02](https://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Highways_of_the_Oceans_-_Sea_currents_and_the_connection_to_climate_TEACH_WITH_SPACE_G02)

### ESA kosmoseprojektid

CryoSati missioon

[https://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/CryoSat](https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/CryoSat)

Copernicus Sentinel-1

[https://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-1](https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-1)

Copernicus Sentinel-3

[https://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-3](https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-3)

### Muu

ESA mobiilirakendus „Kliima kosmosest vaadatuna“

[https://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/Space\\_for\\_our\\_climate/Climate\\_at\\_your\\_fingertips](https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate/Climate_at_your_fingertips)

Merejääandmed ESA SMOSi satelliidilt jm allikatest

<http://data.seaiceportal.de/>

Copernicuse merekeskkonna seireteenus

<http://marine.copernicus.eu/>

Igakused merejää kaardid Copernicuse kliimamuutusteenuselt

<https://climate.copernicus.eu/sea-ice>

Merejää: ülevaade

<https://www.metoffice.gov.uk/research/climate/cryosphere-oceans/sea-ice/overview>

## → Lisa 1

Põhjapoolkera merejää ulatus

### Northern Hemisphere Sea Ice Extent

