

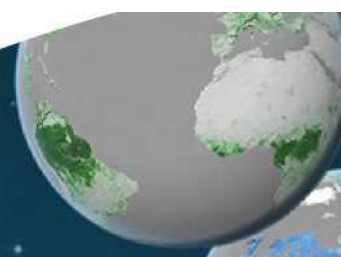
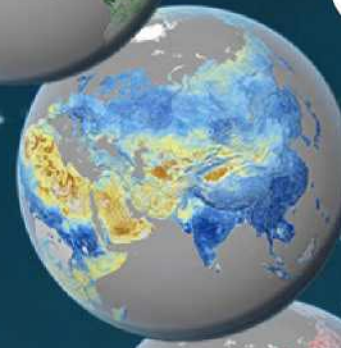
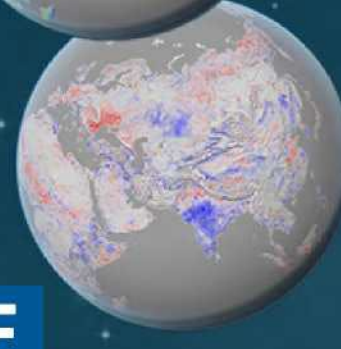
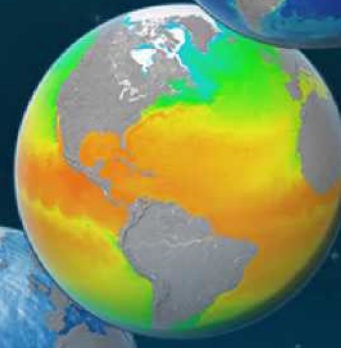
Secondary  
**11-14**



education resource pack

# TAKING THE PULSE OF THE PLANET

Teacher guide and student worksheets



Ülevaade	lk 3
Tegevuste kokkuvõte	lk 4
Kliima info kosmosest	lk 6
Maa seire: taustainfo	lk 7
Tegevus 1: PLANEEDI PULSI MÕÕTMINE	lk 8
Tegevus 2: UUTMOODI NÄGEMINE	lk 10
Tegevus 3: KLIIMA UURIMINE KOSMOSEST	lk 12
Õpilase tööleht 1	lk 14
Õpilase tööleht 2	lk 15
Õpilase tööleht 3	lk 17
Teabeleht 1	lk 19
Teabeleht 2	lk 21
Lingid	lk 23

Kliimamuutuste algatuse haridusalaste vahendite pakett PLANEEDI PULSI MÕÕTMINE (põhikooli I aste)  
<https://climate.esa.int/en/educate/>

Twente ülikooli (Holland) ja Maa seire keskuse (*National Centre for Earth Observation*) välja töötatud kontseptsioonid

ESA Kliimaosakonnale saab anda tagasisidet siin:

<https://climate.esa.int/helpdesk/>

Koostanud ESA kliimaosakond

Copyright © European Space Agency 2020

# Planeedi pulsi mõõtmine: ülevaade

## Lühike kokkuvõte

**Õppeained:** geograafia, loodusteadus

**Vanus:** 11–14aastased

**Tegevus:** lugemine, arvuti kasutamine

**Raskusaste:** keskmine kuni raske

**Õppetunnile kuluv aeg:** 4 tundi

**Tegevuskoht:** siseruumid

**Vahendid:** Internet, standardtarkvara

**Märksõnad:** elektromagnetspekter, kiirgus, lainepikkus, infrapuna, kanal, spektririba, andur, piksel, satelliit

## Lühikirjeldus

Õppematerjalis tutvustatakse, kuidas kasutatakse meie planeedi jälgimiseks erinevaid elektromagnetkiirguse tüüpe.

Esimeses tegevuses vaadeldakse elektromagnetspektri piirkondi ja kirjeldatakse, kuidas neid Maa seires kasutatakse.

Teises tegevuses tegeletakse valemvärvikujutiste loomisega ja uuritakse, kus selliseid kujutisi kasutatakse.

Viimases tegevuses koostavad õpilased valemvärvipiltide teadmiste põhjal üksikasjaliku ülevaate suure üleujutuse või põua kohta.

## Õpiväljundid

### Õpilased oskavad:

- kirjeldada elektromagnetspektrit;
- seostada Maa seiret ja erinevaid kiirguse tüüpe;
- selgitada, miks on kasulik koguda teavet Maa kohta (erinevates valdkondades);
- kirjeldada, kuidas erinevate andmete kombineerimisel luuakse värvipilte;
- hinnata erinevate valemvärvipiltide rakenduslikkust;
- kasutada satelliitandmeid maapealsete muutuste uurimiseks;
- kasutada veebirakendust „Climate from Space“ mullaniiskuse ja teiste muutujate analüüsimiseks;
- oskus teha usaldusväärsete allikate põhjal ülevaadet looduskatastroofi kohta.

## Tegevuste kokkuvõte

	Pealkiri	Kirjeldus	Tulemus	Eelteadmised	Aeg
1	Planeedi pulsi mõõtmine	Kirjanduse abil tutvutakse erinevate valguse lainepikkuste võimalustega jälgida Maa kliimat	Teadmine erinevate elektromagnetspektri osade kohta ja selle kohta, kuidas eri kiirgusi saab Maa seires kasutada. Samuti mõistavad õpilased, miks on oluline Maad seirata	Õpilased peaksid mõistma, mida tähendab lainepikkus	30 minutit
2	Uutmoodi nägemine	Satelliidiandmetest luuakse valemipilt ja kasutatakse seda piirkonnas toimunud muutuste uurimiseks	Valemipildi tegemise ja selle kasutamise oskus eri valdkondades	Soovitav on eelnevalt läbida 1. tegevus. Õpilased peaksid mõistma valguse põhivärvide segunemise põhimõtteid	1,5 tundi (30–45 minutit sissejuhatavaks tegevuseks)
3	Kliima uurimine kosmosest	Veebirakendusega „Climate from Space“ viiakse läbi uurimus	Oskus uurida veebirakendusega „Climate from Space“ erinevaid parameetreid (nt mullaniiskust). Õpilased oskavad kasutada andmeallikaid ja teha üldistavaid kokkuvõtteid	Soovitav on eelnevalt läbida 2. tegevus	2 tundi (30 minutit sissejuhatavaks tegevuseks)

## Praktilised tähelepanekud õpetajatele

Ajakulu juures on arvestatud sellega, et õpilastel on tõrgeteta ligipääs IT vahenditele ja internetile või jaotmaterjalile. NB! Tulemuste arutelu võib võtta rohkem või vähem aega kui tabelis toodud, see sõltub klassi suurusest ja rühmade arvust.

Iga tegevuse alguses on välja toodud **vajalikud vahendid** ja kommentaarid ettevalmistuse kohta.

Tegevuste jaoks täiendavad materjalid (andmed, tabelid jne) saate alla laadida siit: <https://climate.esa.int/en/educate/climate-for-schools/>

Tegevuste juures on ära toodud ka **edasiarendused** ja erinevad **lahendusvariandid**.

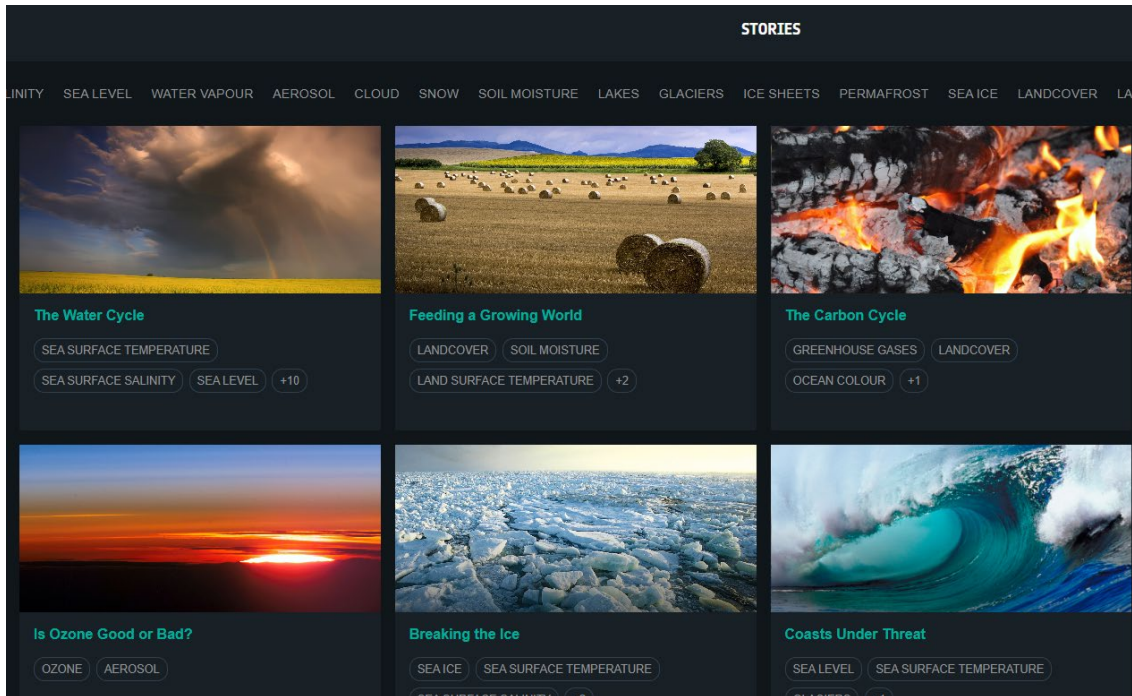
## Tervishoid ja ohutus

Toome riskide all välja ainult konkreetse praktilise tegevusega seotud ohud ning eeldame, et jätkate õpikeskkonnas oma tavapärast ohutut käitumist (elektriseadmed, arvutid, käiguteed, esmaabi jne).

Mõned tegevused kasutavad veebirakendust „Climate from Space“. Siit on võimalik liikuda ESA kliimamuutuste algatuse veebisaidi teistele lehtedele ja sealt edasi välistele veebisaitidele. Kui te ei saa või ei soovi piirata Interneti eri lehekülgede kasutamist, tuletage õpilastele meelde Interneti turvalisuse eeskirju.

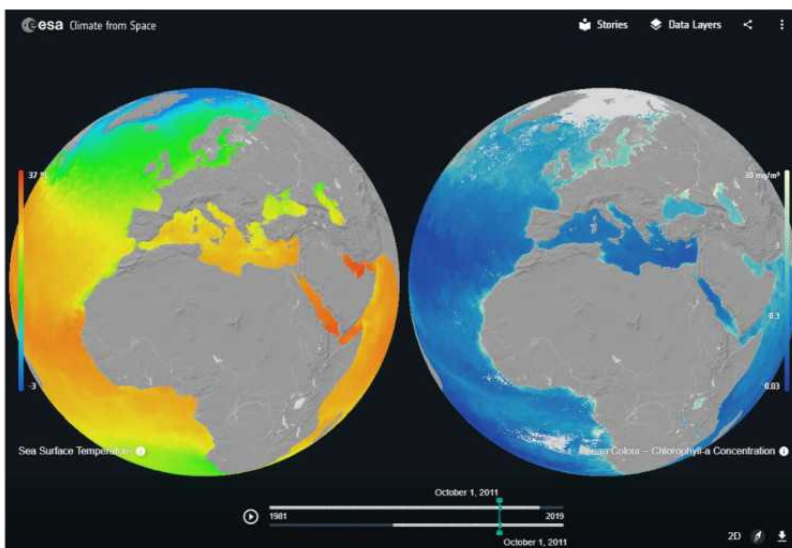
## Kliima info kosmosest

ESA (Euroopa Kosmoseagentuur) satelliitidel on oluline roll kliimamuutuste seires. Veebisait [cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int) kasutab kliimamuutuste ja ESA teadlaste töö edasiandmiseks illustreeritud lugusid.



Joonis 1. Erinevad illustreeritud lood veebisaidil „Climate from space“

ESA kliimamuutuste algatuse veebisaidilt leiab usaldusväärseid ülemaailmseid andmeid oluliste kliimamuutujate (nt õhutemperatuur, lumikate, ookeani temperatuur) kohta. Veebirakendusega „Climate from Space“ saab iseseisvalt uurida kliimamuutusi ja nende mõjusid.



Joonis 2. Merepinna temperatuuri ja ookeani värvuse võrdlemine veebirakenduses „Climate from Space“ (allikas: ESA CCI)

## Maa seire: taustainfo

### Spektri kasutamine

Tänapäeval kasutatakse Maa kliima uurimiseks suurt hulka elektromagnetlainete abiga saadud infot.

Maa orbiidil tiirlevatel satelliitidel on instrumendid, mis suudavad tuvastada peegeldunud päikesevalgust ja näha sarnaselt inimesele. Kuid nii nagu patsiendi tervist jälgiv arst kasutab patsiendi keha eri aspektide uurimiseks mitmesuguseid vahendeid, kasutavad teadlased meie planeedi „pulsi mõõtmiseks“ erinevaid andureid.

Lisaks nähtavale valgusele kasutavad satelliidiinstrumendid ka lühi- ja pikalainelise kiirguse spektrit. Lühilaineline kiirgus annab teavet taimestiku ja pikalaineline kiirgus pindade temperatuuri kohta. Mõnede satelliitide instrumendid jaotavad spektri sadadeks juppideks, milles tehakse eraldi mõõtmisi. See võimaldab meil jälgida atmosfääri muutuvat koostist.

Kuna eri pinnad peegeldavad, neelavad ja kiirgavad eri spektri osi erineval viisil, siis võimaldab satelliidile tagasi jõudva signaali analüüs saada infot üksikasjade kohta, mis on meie silmale nähtamatud. Näiteks on võimalik saada infot mullaniiskuse ja taimede tervise kohta.

Selles õppematerjalis kasutame passiivsete andurite satelliidipilte, aga tegelikult on olemas ka radariseadmed, mis ise signaale välja saadavad. Neid nimetatakse aktiivseteks anduriteks. See toimib samamoodi nagu laeva hüdrolokaator kasutab heli: saadab välja laineimpulsi ja analüüsib tagasitulevat signaali. Aktiivsete andurite abil saame näha läbi pilvede ning näiteks mõõta väga täpselt objektide kõrgust. See tähendab, et neid saab kasutada merepinna ja jääkihtide muutuste jälgimiseks, samuti täpsete kaartide koostamiseks ning maavärinate ja vulkaanide mõju uurimiseks.

### Satelliitide eelis

Vahel viiakse samade instrumentidega mõõtmisi läbi ka Maa peal. Selle eesmärk on satelliidiandmeid analüüsida ja kontrollida. Aga satelliitide eelis on selles, et need võimaldavad meil näha korraga suurt maapinda, sealhulgas kohti, kus on võimatu regulaarseid mõõtmisi teha.

Kuna oleme satelliite kasutanud juba mitukümmend aastat, on meil planeedi tervise näitajate kohta usaldusväärsed ja pikaajalised mõõtmised. Need on hindamatud mitte ainult praegu toimuva kirjeldamiseks, vaid ka tuleviku prognoosimiseks ja meid kõiki mõjutava keerulise kliimasüsteemi mõistmiseks.

## Tegevus 1: PLANEEDI PULSI MÕÕTMINE

See tegevus on hea sissejuhatus elektromagnetspektri teemasse. Õpilased uurivad erinevate lainepikkuste kasutamise võimalusi Maa seires. Selle tegevuse võib anda õpilastele ka iseseisvaks kodutööks.

### Vahendid

- Teabeleht nr 1
- Õpilase tööleht nr 1
- Ingliskeelne lugu planeedi pulsi mõõtmisest (*Taking the Pulse of the Planet*) veebirakenduses „Climate from Space“ (vabatahtlik)
- Internetiühendus uuringuteks (vabatahtlik)

### Ülesanne

1. Laske õpilastel lugeda esimest teabelehte kas rühmades või üle klassi. Teabelehte võite täiendada materjaliga veebirakenduses olevast loost (*Taking the Pulse of the Planet*):
  - slaidil nr 2 on rida kosmosest tehtud ajaloolisi pilte Maast, seal on ka kuulus pilt „Blue Marble“ (olemas ka õpilase töölehel);
  - slaidil nr 4 on näha, kuidas Maa paistab eri lainepikkustel;
  - slaidil nr 7 olev animatsioon annab üksikasjalikumat teavet ookeani värvuse ja kliima seose kohta.
2. Paluge õpilastel täita tööleht nr 1. Esimesele kolmele küsimusele saab vastata loo ja selle illustratsioonide abil, viimasele küsimusele vastamine nõuab täiendavaid uuringuid. Allolevas tabelis olevad vastused näitavad spektriosi jutus mainimise järjekorras. Võite paluda õpilastel järjestada lainepikkused ka suurenemise või kahanemise järjekorras.
3. Soovi korral andke õpilastele lisa- või kodutööks uurida mingit kindlat spektriosa. Seda võivad õpilased teha nii individuaalselt kui rühmades. Nad võiksid uurida, millised satelliidid ja andurid seda mõõdavad ning leida selle kohta tehtud pilte. Abi leiab linkide alt (lk 23) osast „Esa kosmoseprojektid“. Oma tulemuste kohta võiksid õpilased teha kas postri või esitluse (kuni kolm slaidi).



## Töölehe vastused

1.

<b>Elektromagnetkiirgus</b>	<b>Lainepikkus</b>	<b>Valdkond/nähtus, mida saab mõõta</b>
nähtav valgus	380–780 nm	maakate, ookeani värvus (fütoplankton)
röntgenkiirgus gammakiirgus	< 10 nm	(Maa seire rakendusi ei ole, kasutatakse meditsiinis)
ultraviolettkiirgus	10–380 nm	osoon
lähisinfra-puna	~1 µm	taimetervis (põua mõju põllumajanduse tootlikkusele)
termiline infra-puna	~10 µm	temperatuur (maismaal, ookeanis/pilve tipus)
mikrolained	sentimeetrites	vesi (mullaniiskus, jää ja lumi, veeaur atmosfääris)

2. Mikrolained saavad mõõta läbi pilve, nii et vaatlusi saab teha ka pilvise ilmaga ja pimedas.
3. Kommunikatsiooni valdkonnas (raadio ja televisioon).
4. Aktiivsed andurid saadavad välja signaali ja tuvastavad naasmise aja ning muutused signaalis. Samas sõltuvad passiivsed andurid, nagu ka meie silmad, peegeldunud päikesevalgusest (või soojuskiirgusest, mida kiirgavad Maa ja selle objektid).

## Tegevus 2: UUTMOODI NÄGEMINE

Selles tegevuses saavad õpilased teada, kuidas luuakse valevärvipilte ja pilte, mis paistavad meie silmale loomulikud. Uuritakse, milline valevärvikujutis on parim keskkonnamuutuste väljendamiseks. Uurimuse võib läbi viia individuaalselt, paaris- või rühmatööna.

### Vahendid

- Internetiühendusega arvuti
- Õpilase tööleht nr 2
- Õpilase teabeleht nr 2 (esimese lehekülje peaks välja printima värviliselt)
- Esitlus-, pildi- ja/või tekstitöötlustarkvara, millega õpilased on tuttavad
- Plakati loomise materjalid (vabatahtlik)

### Ülesanne

1. Andke õpilastele ülevaade valguse põhivärvide (RGB) segunemisest. Iga õpilane saab seda praktiliselt läbi teha nt arvutis teksti värvi muutmise vahendiga. Selleks valige *Veel värve* → *Kohandatud*. Siin saab anda põhivärvidele (punane, roheline, sinine) erinevaid väärtusi ja vaadata, milline värv kokku tuleb.
2. Vaadake teabelehelt nr 2, kuidas kujutatakse mustvalgeid ja värvilisi pilte. Selgitage seda õpilastele, ärge unustage tutvustamast *kanali* mõistet.
3. Paluge õpilastel lugeda teabelehelt valevärvipiltide kohta ning seejärel vastata töölehe nr 2.1 küsimustele 1–3. Pildi kõrgresolutsiooniga versiooni saate alla laadida siit: [https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2020/05/Southern\\_Ukraine](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/05/Southern_Ukraine).
4. Selgitage õpilastele mõistet *riba* (band) – satelliidiseadmes või kaameras asuva (ühe) anduri poolt tuvastatud elektromagnetspektri osa (vt teabeleht 2.2).
5. Tutvustage õpilastele Sentinelhubi harjutusväljakut (<https://apps.sentinel-hub.com/>), kus nad saavad uurida erinevate ribade kombinatsioone (kirjeldus õpilase töölehel).
6. Õpilased võivad muutuste uurimiseks sobilikku ribade kombinatsiooni uurida individuaalselt või paaridena. Õpilastel tuleb täita tööleht 2.2 ja tulemuste esitlemiseks teha plakati.  
  
Vajadusel võite õpilastele soovitada uurimiseks sobivaid valdkondi/omadusi (vt allpool on toodud mõned mõtted).
7. Õpilased esitavad oma plakateid ülejäänud klassile. Kas rühmad, kellel oli sarnane uurimisobjekt tegid sarnaseid otsuseid ribakombinatsioonide kohta?

### Sentinelhubi harjutusväljak

Laske õpilastel kõigepealt endal programmi katsetada.

Kasutatav aluskaart on OpenStreetMap, st looduslike nähtuste uurimiseks võib olla vajalik teiste allikate kasutamine. Õpilased saavad huvipakkuva valdkonna leidmiseks kasutada näiteks atlast või mõnda muud veebiallikat ja seejärel sirvida seda Sentinelhubi harjutusväljakul. Jälgitavuse huvides võib vahepeal lülituda mõnele teisele andmekihile (nt Voyager).

Andmekogudest (vasakul pool) tuleks valida Sentinel-2 L1C andmestik (vaikimisi valitud), sest muu andmestik on kuni 2017. aastani piiratud katvusega.

## Töölehe vastused

### Valevärvipiltide mõistmine

1. Punane.
2. (Rohe)vetikad.
3. Taimed peegeldavad palju (lähis)infrapunavalgust.
4. Pilt on must-valge, sest see näitab ainult ühe riba teavet.
5. Punane = 4 roheline = 3 sinine = 2

### Ribakombinatsioonide uurimine

Võimalikud uurimisvaldkonnad:

- Hooajalised järved nagu MacLeodi järv Lääne-Austraalias
- Hiina linnad
- Vihmametsad Amazonase äärealadel
- parasvöötme lehtmets (hooajaliste muutuste tõttu)
- kohalik põllumajandusmaa (hooajaliste muutuste tõttu)
- Columbia liustik Alaskal.

Kasulikud ribakombinatsioonid (R|G|B):

- 8|11|4 maa ja vee võrdlemiseks
- 12|11|4 linnapiirkondade jaoks
- 8|4|3, 11|8|2 või 8|11|2 taimestiku/põllumajanduse jaoks
- 12|8|3 lume ja jää jaoks.

## Tegevus 3: KLIIMA UURIMINE KOSMOSEST

Selles tegevuses kasutavad õpilased veebirakendust „Climate from Space“ ja teisi andmeallikaid, et uurida satelliidimõõtmiste abil mullaniiskust, selle äärmuslike olukordi ja muutusi ajas.

### Vahendid

- Internet
- Veebirakendus „Climate from Space“
- Õpilase tööleht nr 3
- Esitlus-, pildi- ja/või tekstitöötlustarkvara, millega õpilased on tuttavad
- Plakati valmistamise materjalid (vabatahtlik)

### Ülesanne

1. Tutvustage õpilastele veebirakendust „Climate from Space“, kus saab vaadata usaldusväärseid kliimaandmeid. Näitena kasutage CO<sub>2</sub> andmekihti. Õpilased märkavad, et võrreldes Sentinelhubi harjutusväljakuga on resolutsioon palju kehvem (mitte kümnetes meetrites nagu Sentinel-2 puhul, vaid sadades kilomeetrites). See erinevus tuleneb andurite tundlikkusest, satelliitide ülelennu sagedusest ja sellest, kui palju andmeid on vaja, et olla kindel, et esitatud arv on usaldusväärne (siin võib tuua näiteks klassi keskmise pikkuse arvutamise – 30 õpilasest koosnev valim annab parema vastuse kui kahest õpilasest koosnev valim).
2. Õpilased võivad veebirakendust uurida kas individuaalselt või paarides. Peale töölehe nr 3 täitmist paluge neil üksteise tööd hinnata. Vajadusel aidake õpilasi (nt skaalade mõistmisel). Soovi korral võite tulemuste üle arutleda ka üle klassi.
3. Arutlege põuaga kaasnevate probleemide üle (nt tõuseb kastmisvajadus ja metsatulekahjude toimumise risk, samuti võib toimuda mulla tuuleerosioon) ja liigniiskuse või üleujutustega kaasnevate probleemide üle (taimede juurte toimimine on takistatud, maalihked, transpordi taristu probleemid, vara hävinemine jne).
4. Paluge õpilastel uurida ühte suurt põuda või üleujutust, mis toimus pärast 2015. aasta lõppu (sellest ajast alates on olemas vajalikud andmed). Otsingut võite alustada nendest Wikipedia loeteludest:

[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_floods#1990%E2%80%932000](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_floods#1990%E2%80%932000)

[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_droughts](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_droughts)

Seda ülesannet võib teha kas individuaalselt, paaride või rühmadena. Mõne tööloigu või terve ülesande võib jätta ka kodutööks (vajalik juurdepääs internetile).

5. Oma tulemusi võiksid õpilased esitleda kas plakati, esitluse või referaadina. Töölehel on antud soovituslik struktuur, kuid see ei piira tulemuse laadi, pikkust ega üksikasjalikkust. Sõltuvalt ajapiirangutest ja õpilaste võimekusest võite soovi korral panna piiri sõnade või slaidide arvule või plakati suurusele.
6. Tulemusi võite hinnata ise või lasta õpilastel hinnata. Hinnangu kriteeriumid võiksite koos klassiga kokku leppida.

## Töölehe vastused

### Mullaniiskuse andmete tõlgendamine

1. Näiteks sellepärast, et andur ei näe läbi vihmametsade puude; maapind võib polaaraladel olla jäädavalt külmunud või mäetippudel on ainult kaljud.
2. Avatud küsimus. Võimalusel võiksid õpilased üksteise vastuseid kontrollida.
3. a. Mullaniiskus on sageli mingil kindlal aastaajal sarnane (eelnevate ja järgnevate aastatega). Sellepärast annab konkreetse aja näitaja oluliselt rohkem teavet kui aasta keskmine. Mõelge näiteks Indiale, kus on september–detsember väga märg ja aprill–juuni palju kuivem.  
b. Taimed on kohandunud mullaniiskuse normaalsele tasemele ja tsüklitele, nii et kuiv või märg muld ei pruugi iseenesest olla probleem. Kui aga koht on tavalisest niiskem, võib see olla üleujutatud; kui see on tavalisest kuivem, võib see kannatada põua käes.
4. Avatud küsimus. Võimalusel võiksid õpilased üksteise vastuseid kontrollida.

## Õpilase tööleht nr 1: PLANEEDI PULSI MÕÕTMINE

1. Kasutage tabeli täitmiseks teabelehte 1.2.

Elektromagnetkiirguse tüüp	Lainepikkus	Valdkond/nähtus, mida saab mõõta

2. Miks on mikrolained Maa jälgimiseks eriti kasulikud?

---



---

3. Väga suurte lainepikkustega elektromagnetkiirgust (meetrites või isegi kilomeetrites) ei kasutata Maa seireks. Milleks seda kasutatakse?

---

### Loe lähemalt

4. Enamik satelliidil olevaid instrumente tuvastab kiirgust samamoodi nagu kaamera tuvastab valguse. Neid nimetatakse passiivseteks sensoriteks. Kuid paljud mikrolaine satelliidid kasutavad aktiivseid andureid. Mille poolest need erinevad passiivsetest anduritest?

---



---

## Õpilase tööleht nr 2: UUTMOODI NÄGEMINE

### Valevärvipildid

Need küsimused käsitlevad satelliidipilti Lõuna-Ukraina piirkonnas, mis on toodud teabelehel 2.1.

1. Mis värvi on satelliidipildil olev erkroheline ala reaalses elus?

2. Mis te arvate, mida tähistavad erksinised keerised all paremal?

---



---

3. Taimestik on seda tüüpi pildil punane.

Mida see meile taimede ja infrapunakiirguse kohta ütleb?

---



---

Sentinelhubi harjutusväljak: [apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground](https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground)

Valige vasakpoolsel paneelil *Custom*

Nüüd saate erinevate piltide loomiseks lohistada kanalitesse eri ribasid.

4. Mis juhtub, kui lohistate sama riba kõigisse kolme kanalisse?

---

5. Kasutage teabelehe 2.2 Sentinel-2 ribade tabelit, et välja mõelda, millised ribad milliste kanalite peale panna, et saada loomulike värvidega kujutis.

Punane \_\_\_\_\_ Sinine \_\_\_\_\_ Roheline \_\_\_\_\_

Proovige järele ja vaadake, kas teil oli õigus.

6. Nüüd saate loomulike värvidega pildi nihutada Ukrainasse, Hersonisse (*Go to Place* paremal üleval). Võrrelge seda Lõuna-Ukraina satelliidipildiga, mis on toodud teabelehel 2.1.

Suhteliselt pilvevaba pildi saamiseks peate võib-olla kasutama lehe ülaosas olevaid võimalusi (nt kuupäeva muutmiseks, piirkonna nihutamiseks jne). Tulemust kasutage oma vastuste kontrollimiseks (küsimused 1 ja 2).

## Ribakombinatsioonide uurimine

Selles ülesandes tuleb leida ribakombinatsioon, mis tõstab maastiku mingi konkreetse tunnuse muutuse hästi esile.

1. Valige uurimiseks välja tunnus (nt teatud tüüpi mets, põllumajanduslikud maad, liustik, järved, linn).

Tunnus: \_\_\_\_\_

2. Leidke piirkond, kus see tunnus on olemas ja aastate jooksul muutunud (kasutage ajaperioodi peale 2015. aastat, sest siis alustas tööd Sentinel-2A). Võite kasutada endale tuttavat ala või uurida mõnda uut piirkonda.

Piirkond: \_\_\_\_\_

3. Loomulike värvidega satelliidipildi uurimiseks minge kõigepealt Sentinelhubi harjutusväljakule ja otsige kõige uuem enam-vähem pilvevaba pilt. Laadige see alla või tehke ekraanipilt.

Pilvevaba pildi kuupäev: \_\_\_\_\_

4. Nüüd proovige erinevaid ribakombinatsioone ja vaadake, kui hästi teie valitud tunnus paistab. Laadige kolm parimat pilti alla või tehke neist ekraanipilt. Pange nende ribakombinatsioonid siia kirja:

kombinatsioon 1: punane \_\_\_\_\_ sinine \_\_\_\_\_ roheline \_\_\_\_\_

kombinatsioon 2: punane \_\_\_\_\_ sinine \_\_\_\_\_ roheline \_\_\_\_\_

kombinatsioon 3: punane \_\_\_\_\_ sinine \_\_\_\_\_ roheline \_\_\_\_\_

5. Valige kuu või aasta, millal oli teie arvates valitud tunnus erinev. Leidke sellest ajast võimalikult pilvevaba pilt. Laadige see pilt alla või tehke ekraanipilt.

Kirjutage valitud kuupäev: \_\_\_\_\_

6. Proovige läbi oma kolm ribakombinatsiooni ja valige välja tulemus, mis näitab erinevusi kõige paremini.

7. Koostage plakat, mis näitab, kuidas teie uuritud ala on muutunud. Pange plakatile vähemalt neli pilti, mis võimalikult hästi näitavad muutusi piirkonnas: kaks valemvärvipilti ja kaks loomulikes värvides pilti. Kirjutage piltide juurde kommentaare.

Võite lisada ka:

- lisapilte samast kohast erinevatel aegadel;
- pilte sarnasest kohast, mis ei ole sama aja jooksul muutunud;
- kasutatud valemvärvikombinatsiooni selgitus;
- teave selle kohta, miks muutused on toimunud ja/või milline on muutuste mõju.



## Õpilase tööleht nr 3: KLIIMA UURIMINE KOSMOSEST

Avage veebirakendus „Climate from Space“ ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int)).

Klõpsake üleval paremal valikule *Data Layers* (andmekihid) ja valige *Soil Moisture* (mullaniiskus).

Katsetage, kuidas saab muuta satelliidipildi aega ja kohta.

### Mullaniiskuse andmete tõlgendamine

- Halli värvi alad pildil näitavad, et satelliit ei saanud selle piirkonna jaoks küsitud kuu kohta andmeid. Otsige piirkondi, mille kohta pole kunagi mullaniiskuse andmeid. Miks see teie arvates nii on? Põhjused võivad olla erinevad.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- Valige mullaniiskuse uurimiseks üks koht – kas eelmise tegevuse uurimispiirkond või mingi kohalik paik. Määrake mullaniiskus selles kohas kolmel erineval kuupäeval.

Valitud koht \_\_\_\_\_

Esimene kuupäev: \_\_\_\_\_ määratud mullaniiskus \_\_\_\_\_  $\text{m}^3/\text{m}^3$

Teine kuupäev: \_\_\_\_\_ määratud mullaniiskus \_\_\_\_\_  $\text{m}^3/\text{m}^3$

Kolmas kuupäev: \_\_\_\_\_ määratud mullaniiskus \_\_\_\_\_  $\text{m}^3/\text{m}^3$

Nüüd valige veebirakenduses andmekihiks *Soil Moisture – Anomalous* (mullaniiskuse anomaaliad/kõrvalekalded).

Satelliidipildil on näha, kui palju vett on mullas võrreldes tavapärasega väärtusega **sellel (aasta)ajal**. Sinised toonid näitavad, et muld on tavapärasest niiskem, punased, et kuivem. Mida tumedam on värv, seda suurem on erinevus.

- a. Miks on poolpaksus kirjas fraas oluline?

Leidke tõendeid, mis toetavad teie vastust.

(VIHJE: vaata veelkord mullaniiskuse andmeid)

- b. Millist uut teavet saame mullaanomaalia pildilt?

- Minge tagasi 1. küsimuse jaoks valitud asukoha juurde. Vaadake iga kuupäeva kohta, kas muld on tavalisest niiskem või kuivem, ja hinnake, kui palju.

Esimene kp \_\_\_\_\_ märjem/niiskem kui tavaliselt \_\_\_\_\_  $\text{l}/\text{m}^3$  võrra.

Teine kp \_\_\_\_\_ märjem/niiskem kui tavaliselt \_\_\_\_\_  $\text{l}/\text{m}^3$  võrra.

Kolmas kp \_\_\_\_\_ märjem/niiskem kui tavaliselt \_\_\_\_\_  $\text{l}/\text{m}^3$  võrra.

Kontrollige ja kommenteerige kaaslasega üksteise vastuseid.

## Uurime põudu ja üleujutusi

Vett peab olema mullas just parasjagu. Kui vett on liiga vähe või liiga palju, tekivad probleemid. Põuad ja üleujutused mõjutavad märkimisväärselt inimesi ja keskkonda.

1. Valige välja üks oluline üleujutus või põud viimase viie aasta jooksul ja vaadake veebirakendusega „Climate from Space“, kas mullaniiskus on sellel ajal tavapärasest erinev.
2. Otsige lisateavet selle sündmuse ja mõjude kohta.
  - Kasutage veebirakenduse teisi olulisi andmekihte ja võrdlusi nendega (nt Land cover, *Fire*, *Clouds*, *Snow*).
  - Vaadake ka satelliidiandmeid Sentinelhubi harjutusväljakul ([apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground](https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground)). Mõelge, millised ribakombinatsioonid võiksid olla muutuste väljatoomiseks kõige sobilikumad.
  - Otsige internetist sündmusega seotud kliimaandmeid, uudiseid jne. Kasutage usaldusväärseid allikaid.
3. Oma tulemuste esitlemiseks tehke referaat, esitlus või plakat. Kasutage selle juures satelliidipilte ja püüdke vastata vähemalt kolmele küsimusele järgnevatest:
  - Üleujutuse või põua üksikasjad: mis, millal, kus?
  - Kas me teame midagi sündmuse põhjus(t)e kohta?
  - Milline oli sündmuse mõju piirkonnale?  
(illustreerimiseks võite lisada pilte, mis on tehtud enne ja pärast sündmust)
  - Kuidas see sündmus mõjutas inimesi? Kui palju? Millise aja jooksul? Millist abi on inimestele osutatud?
  - Kas on tõenäoline, et see juhtub uuesti? Kui jah, siis mida tehakse, et järgmine kord oleks mõju väiksem.

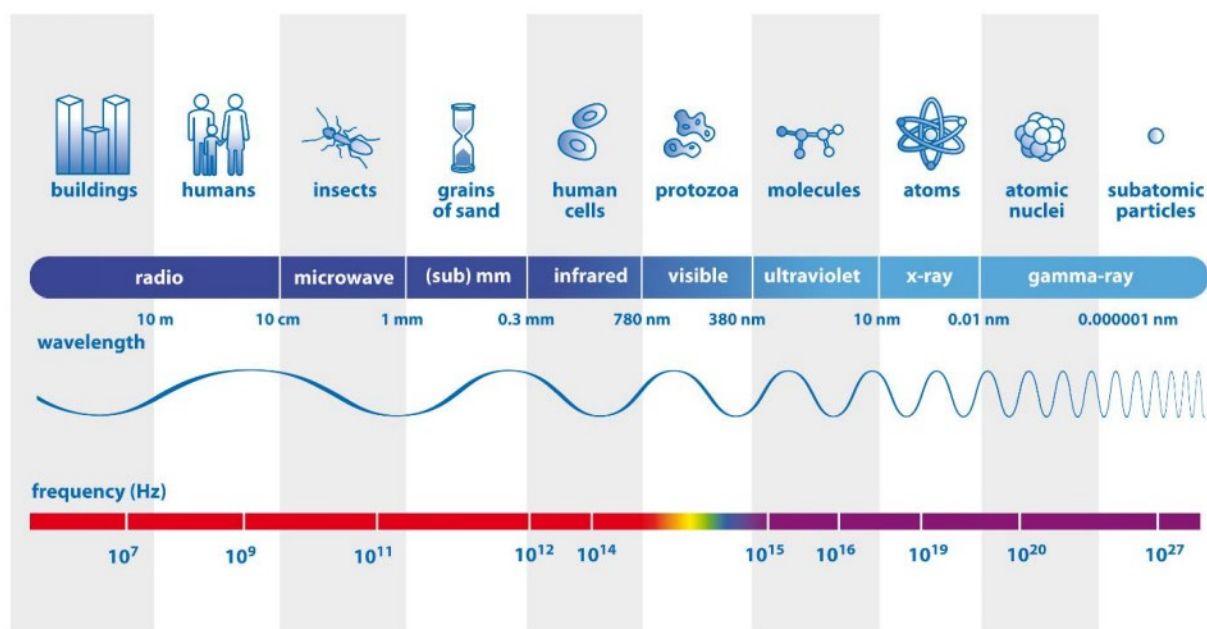
## Teabeleht 1: PLANEEDI PULSI MÕÕTMINE



Kuulus Sinise marmorkuuli kujutis Maast (allikas: NASA)

Sinine marmorkuul (*The Blue Marble*) on pildi nimi, mis on tehtud Apollo 17 meeskonna poolt. See on läbi aegade üks levinumaid fotosid maakera kohta. Pildil domineerib merede ja ookeanide sinine värv, kuid lähemalt vaadates võime eristada veel paljusid värve: kollane Sahara liiv, tumerohelised troopilised vihmametsad, valged pilved ookeanide kohal ning Antarktikat kattev jää ja lumi. Sellised pildid, mis on tehtud tavaliste kaamerateaga, sisaldavad tohutul hulgal teavet. Sarnaseid pilte kasutatakse laialdaselt, nt televisiooni ilmaennustuse osas.

Sinise marmorkuuli pilt näitab Maad nii, nagu me seda palja silmaga näeksime (kui me nii kõrgel oleksime). Tuvastades punast, rohelist ja sinist valgust, näevad inimsilmad kõiki vikerkaare värve. Suurem osa päikesekiirgusest on nähtav valgus. Kuid on veel palju kiirgusi, mida me ei näe. Koos moodustavad need elektromagnetspektri. Erinevatel elektromagnetkiirguse tüüpidel on erinevad lainepikkused.



Elektromagnetspektri osad lainepikkuse järgi.

Ülemine rida näitab objekte, mis on umbes sama suured kui lainepikkus.

Alumine rida näitab sagedust, st laine vibratsioonide arvu sekundis (allikas: ESA/AOES)

Medialab – kohandatud ESA CCI)

## Maa vaatlemine erinevatel lainepikkustel

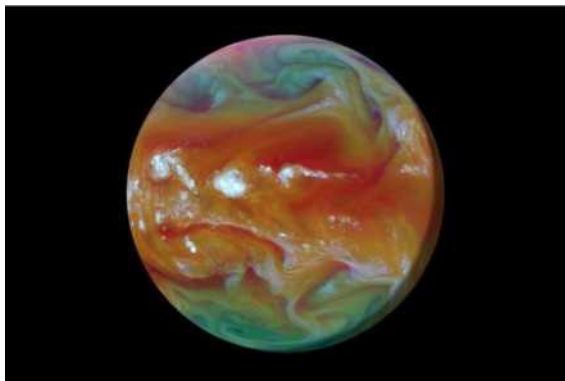
Nähtava valguse lainepikkus on 380 nanomeetrit (violett) kuni 780 nanomeetrit (punane). Nanomeeter (nm) on miljardik meetrist, miljondik millimeetrist. See lainepikkuste vahemik sobib suurepäraselt maakatte tuvastamiseks, muidugi kui pilved ette ei jää! Ookeani värvus annab meile teavet fütoplanktoni kohta. Fütoplankton on väga oluline, sest aitab siduda atmosfäärist süsinikku ning toodab 50% meie hingatavast hapnikust.

Palju lühema lainepikkusega röntgenkiirgust ja gammakiirgust (< 10 nm) kasutatakse meditsiinis ja Maa seires seda ei kasutata. Küll aga kasutatakse ultraviolettkiirgust (10–380 nm), millega jälgitakse osooniaugu muutumist. Ultraviolettkiirguse anduritega avastati kunagi Antarktika kohal asuv atmosfääri osooniauk.

Elektromagnetkiirgus, mille lainepikkused on pikemad kui meie oma silmaga näeme, liigitatakse lähi-infrapuna (lainepikkus umbes 1 µm – miljondik meetrit), termiline infrapuna (u 10 µm) ja mikrolaine (sentimeetrites) -kiirguseks.

Lähi-infrapuna sensoreid saame kasutada taimestiku tervise, põllumajanduse tootlikkuse ja põudade mõju jälgimiseks.

Termilise infrapuna andurid suudavad mõõta Maa temperatuuri. Need töötavad samamoodi nagu lennujaamades COVID-19-ga nakatunud inimeste tuvastamiseks kasutatavad kaamerad. Satelliitandurite kasutamine maa- ja merepinna ning pilvede



*Termilise infrapuna kaamerad näitavad Maa poolt kiiratavat soojust ja räägivad meile energiavahetusest atmosfääris  
(Allikas: Planetary Visions/ESA)*

tippude temperatuuri mõõtmiseks aitab meil hinnata globaalse soojenemise mõju ookeanidele ja atmosfäärile. See annab võimaluse uurida ka väiksemaid temperatuurimuutusi linnades ja ligipääsmatutes piirkondades, sealhulgas Arktikas ja Antarktikas.

Mikrolained sobivad vee mõõtmiseks kõigis selle vormides: vedelikuna mullas, külmununa lumes ja jääs ning auru- ja veepiiskadena atmosfääris. Mikrolained võivad tungida läbi pilvedesse, nii et need andurid suudavad mõõta peaaegu iga

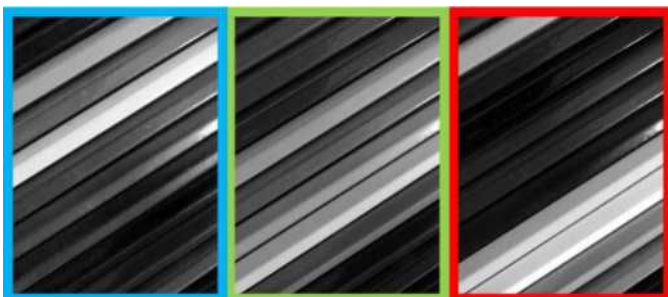
ilmaga ja samuti pikal polaarööl.

Osooni, ookeani värvuse, maakatte, maa- ja merepinna temperatuuri, mullaniiskuse, lume, merejää ja liustike mõõtmine on olulised tükid Maa kliima keeruka mõistatuse mõistmiseks. Satelliitandurid, mis keskenduvad elektromagnetspektri konkreetsetele osadele, aitavad jälgida, kuidas kliima muutub ja seega võimaldavad meil mõõta meie planeedi pulssi.

## Teabeleht 2: UUTMOODI NÄGEMINE

### Värvilise kujutise loomine

(Allikas: Catherine Fitzsimons/NCEO)



Iga pikslit saab kirjeldada ühe numbriga. Valgete pikslite väärtus on 255, mustade pikslite väärtus aga 0.

Iga pilt on andmekogum, kus sees on numbrite väärtused.



Värviline kujutis vajab iga pikslit jaoks kolme numbrit ja selle saab kolme andmekogumi kombineerimise teel:

- esimese kasti numbrid määravad sinise väärtuse;
- teise kasti numbrid määravad rohelse väärtuse;
- kolmanda kasti numbrid määravad punase väärtuse.

Me ütleme, et iga andmekogum läheb erinevasse **kanalisse**: punasesse, rohelisse või sinisesse.

### Nähtamatu valguse nägemine

Ülaltoodud näites saadi igas kanalis kasutatud andmed kaameraanduritelt, mis tuvastasid kanaliga sama värvi valguse.

Kuid kanali värvide määramiseks võib kasutada ka erinevaid andmeid.

Parempoolsel pildil määrab:

- punase kanali väärtuse hoopis infrapunaanduri andmestik;
- rohelse kanali väärtuse hoopis punase valguse andmestik;
- sinise kanali väärtuse hoopis rohelse kanali andmestik.



Valevärvipilt Lõuna-Ukrainast (Allikas: ESA; sisaldab muudetud Copernicus Sentinel andmeid aastast 2019).

Seega saame näha infrapuna kiirgust muutes selle meie pildil punaseks. Selliseid pilte nimetatakse **valevärvipiltideks**.

Teadlased kasutavad valevärvipilte sageli, et uurida või kuvada andmeid elektromagnetspektri osadest, mida me oma silmaga ei näe.

## Spektri tükideks jagamine

Nutitelefone kaameral on kolme tüüpi andureid – üks punase, teine roheline ja kolmas sinise valguse jaoks. Me nimetame iga anduri poolt tuvastatud spektriosa **ribaks**, nii et kaameral on kolm riba.

Satelliidiseadmel võib olla terve hulk andureid elektromagnetspektri erinevate osade tuvastamiseks. Neid võib olla sadu, igaüks tundlik väga väikese lainepikkuste vahemiku suhtes. Me võime määrata mis tahes riba andmed mis tahes kanalile, et toota erinevaid valevärvipilte, kuid mõned neist on kasulikumad kui teised!

Alljärgnevas tabelis on näidatud kahe Sentinel-2 satelliidi mõõteriistade ribad. Nende satelliitide peamine ülesanne on jälgida muutusi maakasutuses ja taimestiku tervises.

Riba number	Riba nimi	Resolutsioon / m	Maksimaalne lainepikkus / nm	Minimaalne lainepikkus / nm
<b>B1</b>	Aerosool	60	443,9	442,3
<b>B2</b>	Sinine	10	496,6	492,1
<b>B3</b>	Roheline	10	560	559
<b>B4</b>	Punane	10	664,5	665
<b>B5</b>	<i>Red edge 1</i> (vahemik punase valguse ja lähi-infrapunase vahel)	20	703,9	703,8
<b>B6</b>	<i>Red edge 2</i>	20	740,2	739,1
<b>B7</b>	<i>Red edge 3</i>	20	782,5	779,7
<b>B8</b>	Lähi-infrapuna	10	835,1	833
<b>B8A</b>	<i>Red edge 4</i>	20	864,8	864
<b>B9</b>	Veeaur	60	945	943,2
<b>B11</b>	SWIR 1 (lühilaineline infrapunapiirkond)	20	1613,7	1610,4
<b>B12</b>	SWIR 2 (lühilaineline infrapunapiirkond)	20	2202,4	2185,7

Eraldusvõime näitab ühe piksli mõlema külje pikkust.  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$



Arvuti loodud kujutis orbiidil olevast Sentinel-2-st (allikas: ESA/ATG meedialabor)

## Lingid

### ESA allikad

Kliima kosmosest:

<https://cfs.climate.esa.int>

Kliima koolidele:

<https://climate.esa.int/en/educate/climate-for-schools/>

Õpetage kosmosega:

[http://www.esa.int/Haridus/Õpetajad\\_Corner/Teach\\_with\\_space3](http://www.esa.int/Haridus/Õpetajad_Corner/Teach_with_space3)

Häkime infrapuna kaamerat:

[https://www.esa.int/Haridus/Õpetajad\\_Corner/Infrared\\_Webcam\\_Hack\\_-\\_Kasutades\\_infrared\\_light\\_to\\_observe\\_the\\_world\\_in\\_a\\_new\\_way](https://www.esa.int/Haridus/Õpetajad_Corner/Infrared_Webcam_Hack_-_Kasutades_infrared_light_to_observe_the_world_in_a_new_way)

### ESA kosmoseprojektid

ESA kliimabüroo:

<https://climate.esa.int/en/>

Kosmos meie kliima jaoks:

[http://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Space\\_for\\_our\\_climate](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate)

ESA Maa seire missioonid:

[www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/ESA\\_for\\_Earth](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ESA_for_Earth)

Maa-uurijad:

[http://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/The\\_Living\\_Planet\\_Programme/Earth\\_Explorers\\_\(inglise\\_keeles\)](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers_(inglise_keeles))

Copernicuse programmi Sentinel satelliidid:

[https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Overview4](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4)

Põuaseire (SMOS)

[https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2020/06/SMOS\\_monitoring\\_droughts#.X57vUlj7nvA.linkMajutusasutused](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/06/SMOS_monitoring_droughts#.X57vUlj7nvA.linkMajutusasutused)

### Lisainformatsioon

Maa kosmosest: Lõuna-Ukraina

[https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2020/04/Earth\\_from\\_Space\\_Southern\\_Ukraine](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/04/Earth_from_Space_Southern_Ukraine)

Maa Kosmosest (videod)

[http://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Sets/Earth\\_from\\_Space\\_programm](http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Sets/Earth_from_Space_programm)

ESA Kids lehekülg:

[https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate\\_change/Climate\\_change](https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate_change/Climate_change)