õpeta kosmosega

→ UURIME LUND

Lühike juhtumiuuring kliimadetektiividele

→ UURIME LUND

Lühike juhtumiuuring kliimadetektiividele

LÜHIKE KOKKUVÕTE

Õppeained: täppisteadused, bioloogia, keemia, maateadus

Vanusevahemik: 12–17aastased

Tüüp: praktiline tegevus

Märksõnad: lumi, kliimamuutused, krüosfäär, Maa seire, täppisteadused, bioloogia

ÕPIVÄLJUNDID

Õpilased oskavad:

- koguda andmeid, teha täpseid vaatlusi ja leida seaduspärasusi;
- omavad teadmisi lume ja selle omaduste kohta;
- mõistavad seoseid lumikatte ja kliimamuutuste vahel;
- oskavad tuvastada lumikatte muutuste tagajärgi;
- teavad, kuidas saab Maa seire satelliitide abil tuvastada lumesaju ja lumikatte muutusi.

Lühikirjeldus

See juhtumiuuring tegeleb lume ja kliima teemadega. Õpilased uurivad seoseid lumesaju, lumikatte ja kliimamuutuste vahel.

Töölehel on soovitused õpetajale, milliseid andmeid võiksid õpilased koguda ja analüüsida. Lühikese juhtumiuuringu ülesandeid ja soovitusi võib õpetaja vajadusel muuta. Juhtumiuuringu juurde käib õpetajajuhend.

Kliimadetektiivid

See on projekt kooliõpilastele, mille on välja töötanud Euroopa Kosmoseagentuur (ESA) koostöös ESA haridusalaste algatustega (ESERO) üle Euroopa.

Selles projektis saavad õpilased teadmisi keskkonna kohta läbi kliimadetektiivi rolli sisseelamise. Esimeses etapis määratlevad õpilased kohaliku keskkonnaprobleemi; seejärel uurivad seda satelliitandmete või omaenda maapealsete mõõtmiste abil; viimases etapis teevad õpilased ettepanekuid, kuidas probleemi seirata ning mida probleemi vähendamiseks ette võtta.

CLIMATE DETECTIVES

ALUSTA SIIT

Kas küsimus mahub uurimisteema alla?

Jah. Lume ja lumikatte teemad on olulised nii kliima kui ka kliimamuutuste seisukohast.

Kas küsimus keskendub ühele probleemile?

Jah. Selles uuritakse lumikatte ja lumehooaja kestust.

Kas küsimus on liiga lai või liiga kitsas?

Ei, sest uurimisküsimus keskendub lumikatte kestuse võrdlemisele aastate jooksul. Täiendavate uurimisküsimustega saab teemat laiendada.

Kas küsimus on selge ja kompaktne?

Jah, see on selgelt defineeritud, seda saab testida

Kas vastus küsimusele on liiga lihtne?

Ei. See hõlmab andmete otsimist ja tõlgendamist ning seireandmete kasutamist.

Kas vastamine on võimalik (kaaluge ajakava, ressursside kättesaadavust ja õpilaste suutlikkust)?

Jah. Andmed lumikatte kohta on üleilmsel ja riigi tasandil vabalt kättesaadavad. Samuti on võimalik ise andmeid koguda.

Teema: lumi ja kliima

Uurimisküsimus

Kui pikk oli eelmisel aastal lumikatte kestus sinu piirkonnas? Kas see oli keskmisest erinev?

Lisauurimisküsimus noorematele: kui jõuluvanal ei oleks imesaani, siis kui kaugele sinu kodust oleks ta eelmisel talvel jõudnud?

Laiem lisaküsimus: millised on lumevaba talve mõjud (maapinna albeedole, taimestikule, talispordi harrastajatele jne)?

A – Sissejuhatus teemasse (1. ETAPP)

„Hooajaline lumikate on suurim krüosfääri komponent, mis katab kesktalvel põhjapoolkera maismaast 50% ja on oluline kliimasüsteemi osa. (...) Samuti on lumi oluline magevee allikas paljudes mägipiirkondades ja suurtel laiuskraadidel ning tähtis üleilmse veeringe osa."* **ESA CCI Snow Project**

*Krüosfäär on Maa sfäär, kus leidub lund või jääd. Selle osad on lumi, merejää, järve- ja jõejää, liustikud, igikelts, jäämäed jne.

Taustateave

Euroopa Keskkonnaameti andmetel on suurimad muutused lumikatte osas toimunud suvel. Ajavahemikul 1967–2015 vähenes Euroopas lumikatte ulatus märtsis ja aprillis keskmiselt 13% ning juunis 76% (1). Lumikate on temperatuuri ja sademete muutuste suhtes väga tundlik. Lumikate jahutab kliimat, sest lume peegeldusvõime (albeedo) on väga kõrge. Maa kliimale avalduva mõju tõttu on globaalses kliimavaatlussüsteemis (GCOS) määratud lumikate kliima seisukohast oluliseks muutujaks (ECV). Õpetajad saavad albeedo teema tutvustamiseks kasutada seda mängu (loodud ESA kliimamuutuste algatuse CCI poolt). Albeedo teema tutvustamiseks võib kasutada ka järgmisi allikaid:

- The ice is melting (alusharidus, ingliskeelne)
- The greenhouse effect and its consequences: Investigating global warming (põhiharidus, ingliskeelne)

Taustateabe jaoks on huvitavat (ingliskeelset) materjali ka ilma, kliima, kaugseire ning lume ja jää kohta:

- Weather vs climate
- Climate Change: The evidence from space
- Snow and ice
- Snow: why it matters

Õpilaste kaasamine

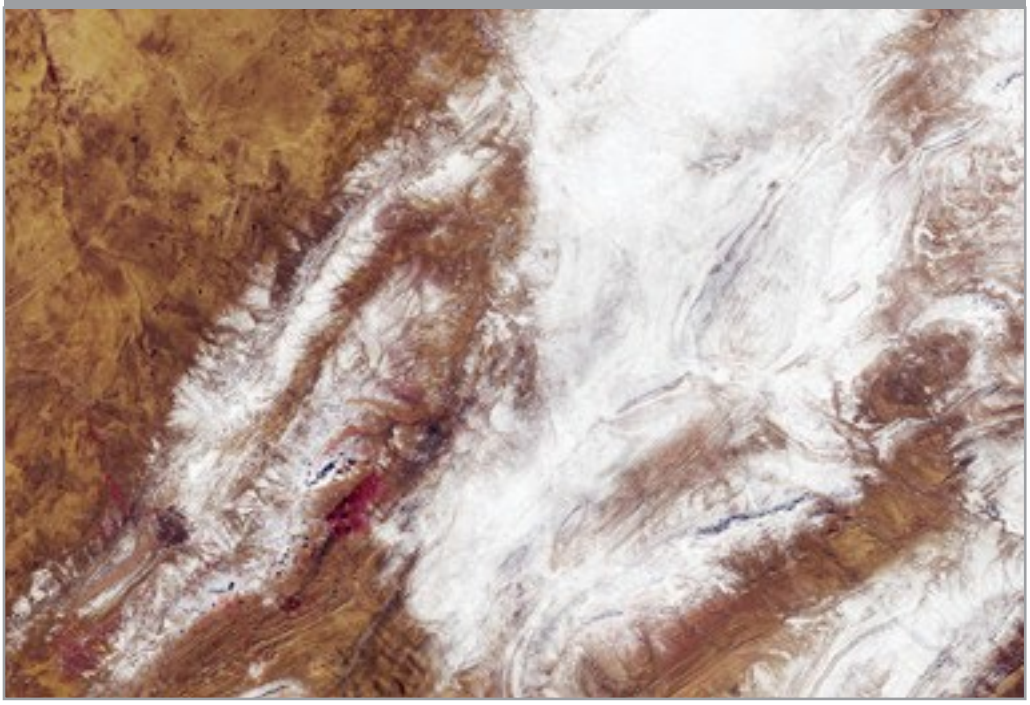
Alustuseks võiks õpilastega arutleda järgnevate põnevate küsimuste üle. See tekitab huvi ja aktiveerib eelnevaid teadmisi.

- **Mis on lumi?**
  Lumi on väikeste jääkristallide kogum, mis langeb sademetena maale siis, kui kristallid on muutunud piisavalt raskeks. Külmunud vihm (nagu lörts) ei ole lumi.
- **Kas see on tõsi, et pole olemas kahte ühesugust lumehelvest?**
  Lumehelveste kuju ja struktuur sõltub erinevatest teguritest (tuule kiirus, õhuniiskus, temperatuur jne), mis lumehelbe teekonnal palju muutuvad. Iga lumehelbe teekond on erinev, seepärast on kahe täiesti ühesuguse helbe leidmine väga vähe tõenäoline. Samas on lumehelbeid lugematu arv ning neid kõiki kontrollida oleks väga keeruline. Füüsik Kenneth Libbrecht California tehnoloogia instituudist näitas, et nö kaksiklumehelbe esinemine on siiski võimalik (loe rohkem siit).
- **Mitu molekuli on lumehelbes?**
  Isegi kui lumehelves saab alguse ainult kuuest veemolekulist, koosneb tüüpiline lumehelves 1 000 000 000 000 000 000 vee molekulist.

(1) https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/snow-cover-3/assessment/#_edn1

- **Milline on lume tihedus?**
  Vee tihedus on 1 kg liitri kohta, aga lume tihedus võib olla väga erinev. Väga külmades ja tuulevaiksetes tingimustes võib lumi olla hästi kohev ja kerge (0,05 kg/liiter), samas suhteliselt soojades ja väga tuulistes tingimustes võib lumi olla niiske ja raske (0,8 kg/liiter).
- **Kus võib lund esineda?**
  Tavapäraselt seostame lund suurte laiuskraadidega, aga lund võib sadada ka ekvaatori lähedal mägedes. Lund leiab isegi Sahara kõrbest.

Joonis 1



↑ Sentinel-2A satelliit juhtus olema õigel ajas õiges kohas, et salvestada haruldast lumesadu Sahara kõrbes. Sellel pildil on Copernicus Sentineli töödeldud andmed aastast 2018 (töödeldud ESA poolt, CC BY-SA 3.0 IGO).

- **Miks on lumi oluline?**

Lumi mängib Maa kliimas suurt rolli. Kuna lumi on valge, peegeldab see peaaegu kogu päikesekiirguse tagasi kosmosesse, takistades planeedi soojenemist. Ilma lumeta neelab maapind umbes neli kuni kuus korda rohkem päikeseenergiat. Kohalikul tasandil on lumikate oluline paljude taimede ja loomade jaoks. Lumi mõjutab ka veevarustust, hüdroenergia tootmist ja kohalikku majandust.

Õpilaste kaasamiseks võib läbi viia ka järgmise praktilise tegevuse:

→ 1. tegevus – tee ise lund

Tegevuskoht: klassiruum
Vahendid: raseerimisvaht, söögisooda, maisijahu või tärklis, kausid, lusikad, toiduvärv (vabatahtlik)

1. Tõsta esimesse kaussi 2 supilusikatäit maisijahu või tärklist. Lisa umbes sama kogus raseerimisvahtu.
2. Tõsta 2 supilusikatäit söögisoodat teise kaussi. Lisa umbes sama kogus raseerimisvahtu.

3. Kui koostisosad on lusikaga läbi segatud, siis katsu segu kätega. Kumb segu tundub rohkem lume moodi?

Lisainfo: On olemas erinevat tüüpi lund. Näiteks võib see olla märg või kuiv. Katses valmistatud segud meenutavad mõlemad märga lund, seejuures tundub maisijahu segu tihedam. Märg lumi tekib siis, kui õhutemperatuur pinna lähedal on null kraadist soojem. See põhjustab lumehelveste osalist sulamist enne pinnale jõudmist. Märg lumi on kleepuvam kui kuiv lumi, nii et sellest on lihtsam lumepalle teha. Kuiv lumi on puuderjas, kohev ja mitte kleepuv ning tekib siis, kui õhutemperatuur on alla null kraadi. Kuiv lumi kaalub vähe ja seda on kerge tee pealt ära lükata, kuid tuulise ilmaga võib see põhjustada halba nähtavust.

Arutleda võiks ka selle üle, et suusakuurordid sõltuvad üha enam kunstlumest ja et muutustel lumikatte kestuses ja paksuses võib olla ka majanduslik mõju. Samuti tuleks mõelda kunstlume ökoloogilise mõju üle. *Kui palju kulub kunstlume tootmiseks energiat ja milline on kunstlume süsinikujalajälg?* Arutelu võiks alustada kaugseirepildiga suusakuurordi lumevabadest nõlvadest.

Kas sa teadsid?

Lapimaa põliselanikel saamidel on erinevat tüüpi lume kvaliteedi ja seisundi kirjeldamiseks üle 200 sõna. Aga neil pole ühtegi sõna kunstlume jaoks.

Uurimiskava

Milliseid andmeid on uurimisküsimusele vastuse leidmiseks vaja koguda? Esimese etapi viimase tegevusena esitavad kliimadetektiivid uurimiskava. Soovitused andmeallikate kohta on toodud järgmises osas.

B – Andmete kogumine ja analüüs (2. ETAPP)

Analüüsitavad andmed

Lume teema uurimiseks saavad õpilased koguda ja analüüsida andmeid mitmest eri allikast. Meeskonnad võivad kasutada ühte või mitut andmeallikat. Lumikatte seireks on kahte tüüpi meetodeid: **kohapealsed mõõtmised (*in situ*)** ja **kaugseire** vaatlused, näiteks satelliitidelt. „In situ“ tähendab „asub algses kohas“. Neid mõõtmisi tehakse piirkondlikul, riiklikul ja ülemaailmsel tasandil. Meeskond võib läbi viia ka oma vaatlusi. Sellisel juhul on tegemist **esmaste andmetega**.

Globaalsed satelliitandmed

Satelliitfotode kasutamine võimaldab lumikatte andmeid saada ka väga ligipääsmatutest kohtadest. Siin on loetelu erinevatest satelliitandmete platvormidest:

- Climate from Space pakub arhiveeritud satelliitandmete graafilist visualiseerimist ja annab ülevaate erinevatest kliimaparameetritest, mida teadlased kasutavad kliimamuutuste uurimiseks. Näiteks leiab siit lumikatte globaalse muutuse aastatel 1979–2017.
- EO Browseris saavad õpilased valida (vasakult paneelilt) teema „lumi ja liustikud“ ning hiljem visualiseerimise all valida ühe võimalustest: *loomulik värv, esile tõstetud optimeeritud loomulik värv, normaliseeritud diferentseeritud lumeindeks (NDSI) või lumeklassifikaator.* Nad saavad muutuste vaatamiseks kasutada *timelapse funktsiooni*. EO Browseri kiirjuhendi leiate siit.
- https://climate.rutgers.edu/snowcover/ sisaldab mitmesuguseid andmeid Rutgersi ülikooli ülemaailmsest lumelaborist. Siit leiab tabeleid, kaarte, graafilisi andmeid ja teavet lumikatte ulatuse kohta päeva, nädala ja kuu sammuga kogu põhjapoolkeral. Siit saab kätte iganädalased lumikatte andmed 1966–2022 perioodi kohta.
- Euroopa Keskkonnaameti lehel on satelliidipõhised lumikatte aegread põhjapoolkera ja Euroopa kohta perioodil 1967–2015.

Joonis 2

↑ See Copernicus Sentinel-3 pilt näitab lumikatet Alpides. Sentinel-3 andmetele saab ligi nt EO Browseri abil. Sellel pildil on Copernicus Sentineli töödeldud andmed aastast 2022 (töödeldud ESA poolt, CC BY-SA 3.0 IGO).

Õpilased võiksid andmeid otsida ka oma riigi tasandil. Samuti on võimalik kasutada mõne rahvusvahelise institutsiooni andmeid, mis kajastab valitud teemat ja riiki.

Esmased andmed / praktilised tegevused

Õpilased saavad koguda lume andmeid ka ise. Lund saab uurida mitmest eri vaatenurgast. Näiteks uurivad teadlased lumekristallide erinevaid struktuure, lume paksust, kihi struktuuri, lume tihedust või isegi lume puhtust. Järgnevalt on toodud mõned mõõtmised, mida õpilased saaksid lume omaduste mõõtmiseks teha.

Joonis 3

↑ Lumeprofiili mõõtmine [välitööde](#) ajal. Maapealsed mõõtmised on väga olulised selleks, et satelliitandmeid mõtestada ja valideerida.

→ 2. tegevus – lumekristallide uurimine

Tegevuskoht: õues kena lumise ilmaga
Vahendid: lumepüüdurid (tumedast papist lõigatud tükid), suurendusklaasid

Õpilased püüavad tumeda papitükiga lumehelbe kinni ning vaatlevad seda läbi suurendusklaasi. Papi tume värvus võimaldab hästi jälgida lumehelbe kuju.

Kas sa teadsid?

Kristall on tahke materjal, millel on organiseeritud struktuur. Kui lumehelves või lumekristall liigub läbi õhu, kogub see enda külge veemolekule ja kasvab. Lumehelbe struktuur annab teadlastele teavet lumehelbe moodustumise aja ilmastikutingimuste kohta.

→ 3. tegevus – lume paksus

Tegevuskoht: õues kena lumise ilmaga
Vahend: mõõtepulk lume paksuse mõõtmiseks

Õpilased mõõdavad lumikatte paksust mitmes kohas ja arvutavad lumikatte keskmise paksuse. Mõõtepulga kasutamisel veenduge, et pulk surutakse lume sisse risti maapinnani välja. Valida tuleks kohad, kus otsene inimtegevus ei ole lume paksust kuidagi muutnud.
Õpilased saavad teha mõõtmisi terve talve jooksul ja uurida, kuidas lumikatte paksus ajas ja ruumis muutub.

→ 4. tegevus – Kui palju lumi kaalub ja kui palju on lumes vett?

Tegevuskoht: klassiruumis ja õues ilusa lumise ilmaga
Vahendid: lumi, kaks ühesuurust klaaspurki või mõõteklaasi, kaal, pastakas

5 sentimeetrit lund ei ole sama, mis 5 sentimeetrit vett. See lihtne katse mõõdab lumes leiduva vee koguse.
Õpilased koguvad kahest eri kohast lumeproovi ning panevad need purkidesse. Purgid kaalutakse. Õpilased oletavad, palju kummastki purgist pärast lume sulamist vett järgi jääb.

Kas sa teadsid?

Märg lumi on palju raskem kui kuiv lumi. Märjas lumes võib võrreles sama koguse kuiva lumega olla mitu korda rohkem vett. Vahel on märg lumi nii raske, et see võib põhjustada katuse sissekukkumise. Looduses võib raske märg lumi kinni vajutada väikeste loomade lume all olevad urud.

→ 5. tegevus – Kui puhas on lumi?

Tegevuskoht: klassiruumis ja õues ilusa lumise ilmaga
Vahendid: lumi, filter, suurendusklaas, kuum vesi

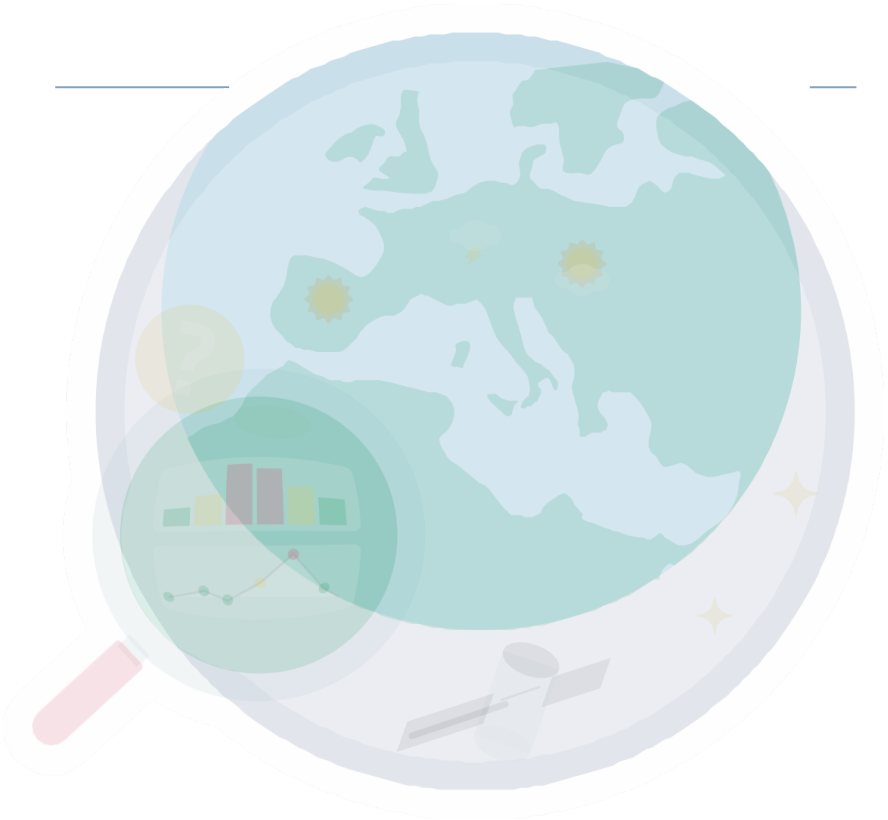
Õpilased koguvad võimalikult puhta ja võimalikult määrdunud lume proovi. Nad panevad proovid filtrisse (soovi korral võib sulatada kuuma veega). Pärast uuritakse filtripaberit suurendusklaasiga (võib lõigata kääridega tükkideks). Seal võib näha tahma, liiva, õietolmu, puulehtede osakesi jne.

Lisainfo: Selleks, et lumehelves saaks üldse tekkida, on vaja kondensatsiooni tuuma. Selleks võivad olla näiteks õhusaasteained, bakterid, meresool või nitraadid. Kui lumi sajab maa peale, siis lisandub sellele võõrkehi näiteks järgmiste tegevuste tagajärjel: linnud keksivad ja söövad lume peal, autod sõidavad mööda, koduloomad ja inimesed viibivad lume peal.
Lumereostusel võib olla negatiivne mõju keskkonnale. Mõnikord näeme määrdunud lund, mis on saastunud selliste ainetega nagu tahm, õli jne. Määrdunud lume albeedo on väiksem ja see lumi sulab kiiremini. Saastunud lumi võib olla kahjulik ka taimedele ja loomadele.

Kas sa teadsid?

Sahara liivatormid võivad mõnikord jõuda ka Euroopasse. Kui samal ajal moodustub lumi, siis kasutatakse kondensatsioonituumadena ka liivaterakesi ning siis võib sadada määrdunud oranži lund. Seda nähtust esineb sagedamini Lõuna-Euroopas, näiteks Alpide lumekuurortides, kuid see nähtus võib esineda pea igal aastal või isegi mitu korda aastas ka Põhja-Euroopas.

Meeskonnad võivad teha koostööd ka Euroopa tasandi teadusasutuste ja teadusprojektidega, näiteks projektiga CHARTER, millel on põhjalik lumeprotokoll.



Andmeanalüüs

Pärast andmete kogumist on oluline neid analüüsida. Selleks võib kasutada järgmisi küsimusi.

- Mida saab andmetest välja lugeda? Kas esile tulevad mingid mustrid/trendid?
- Kas mõned väärtused tunduvad ebaloogilised? Kas neid saaks siiski kuidagi seletada?
- Kas andmete põhjal võib teha mingeid järeldusi? Kas on vaja täiendavaid uuringuid?

C - On aeg midagi muuta (3. ETAPP)

Mida saaksid õpilased ette võtta (üksikisikuna või kogukonnana), et aidata uurimise all olevat probleemi leevendada?
Muutusi saab ellu viia paljudes igapäevaelu valdkondades. Isegi väikesed muutused aitavad probleemi vähendada. Leevendavaid tegevusi võib ellu viia ka väljaspool kooli, nt oma perekonnas või kogukonnas laiemalt. Peale praktiliste tegevuste on väga oluline tõsta ka inimeste teadlikkust.

→ ÜLESANDED KLIIMADETEKTIIVIDELE

Õpilase tööleht

A – Sissejuhatus uuritavasse teemasse (1. ETAPP)

- *Mida sa lume ja lumikatte kohta tead?*
- *Mida sa selle teema kohta tahaksid teada?*
- *Kuidas uuritav teema mõjutab sind, sinu kogukonda või kohalikku keskkonda?*
- *Milline on lume roll maakera kliima juures?*
- *Kirjelda, milliseid andmeid kavatsete analüüsida ning kuidas probleemi uurida (uurimiskava).*

B – Andmete kogumine ja analüüs (2. ETAPP)

- *Uuri satelliitandmete abil, kuidas on lumikatte kestus aja jooksul muutunud. Kasuta õpetaja poolt soovitatud andmeallikaid.*
- *Mida andmed näitavad? Kas andmed erinevatest allikatest on omavahel kooskõlas?*
- *Intervjueeri inimesi uuritavas piirkonnas ja küsi, mis nad arvavad, kas lumikatte kestus on aastate jooksul muutunud.*
- *Milline on kliimamuutuste mõju lumikattele? Milline on lumikatte muutumise mõju kliimamuutustele?*

C – On aeg MIDAGI MUUTA (3. ETAPP)

Oled oma töö kliimadetektiivina lõpuni viinud. Mida oskad soovitada selle teema leevendamiseks üksikisikule ja kogukonnale?

→ Lingid

ESA allikad

Kliimadetektiivide juhend õpetajale
https://climatedetectives.esa.int/wp-content/uploads/2023/09/Climate-detectives_teacher-guide_2023.pdf

Kliimadetektiivide materjalid klassiruumis kasutamiseks
https://climatedetectives.esa.int/resources/?_categories=classroom-resources

Kliima koolidele
https://climate.esa.int/en/educate/climate-for-schools/

Taustateave

Kliimamuutuste ABC (eestikeelne):

https://kliimatarkused.ut.ee/kliimamuutuste-abc/

Mis on kliima ja kliimamuutused?
https://climate.esa.int/en/evidence/what-is-climate-and-climate-change/

ESA CCI Lume projekt
https://climate.esa.int/en/projects/snow/

Lumi ja jää — lumi, jää ja liustikud
https://www.eea.europa.eu/publications/europes-changing-climate-hazards-1/snow-and-ice/snow-and-ice-snow

National Snow and Ice Data Center
https://nsidc.org/learn

Andmete kogumine ja analüüs

EO Browser
https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser

Rakendus „Climate from Space“
https://climate.esa.int/en/explore/climate-from-space/

Rutgersi ülikooli globaalne lumelabor
https://climate.rutgers.edu/snowcover/

Euroope Keskkonnaamet
Data visualisations — European Environment Agency (europa.eu)

CHARTER uurimisprojekt
CHARTER research project homepage: Drivers and Feedbacks of Changes in Arctic Terrestrial Biodiversity (charter-arctic.org)

ESA Haridusosakonnale saab anda tagasisidet siin:
teachers@esa.int

Materjali on välja töötanud ESA Haridus koos Soome ESERO-ga
Copyright 2023 © European Space Agency