

Kaugseire andmete kasutuselevõtt avalike teenuste väljatöötamisel ja arendamisel

Lisa 6

DOI: [10.23673/re-250](https://doi.org/10.23673/re-250)

Kaugseire jätkusuutliku rakendamise kava



Dokumendi koostasid:

Anu Noorma, Mait Lang, Krista Alikas, Liisi Jakobson, Aire Olesk, Tiit Kutser, Piia Post, Velle Toll, Rivo Uiboupin, Liis Sipelgas, Urmas Raudsepp, Sander Rikka, Tõnu Oja, Valentina Sagris, Raido Puust, Aive Liibusk, Kalev Sepp, Mihkel Järveoja, Kaupo Voormansik

Tartu 2020

Sisukord

1. Sissejuhatus.....	1
2. Kaugseire tehnoloogilise arengu suunad.....	3
3. Copernicus programm ja avaandmed.....	9
3.1. Copernicus programm	9
3.2. Eesti riiklik satelliidiandmete keskus ESTHub	12
4. Kaugseire teaduspõhiste rakenduste juurutamine.....	14
5. Kaugseire edasised prioriteetsed uuringusuunad	20
5.1. Keskkonnaministeerium.....	20
5.2. Maaeluministeerium.....	22
5.3. Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium	22
5.4. Siseministeerium.....	23
5.5. Kaitseministeerium	23
5.6. Rahandusministeerium ja Sotsiaalministeerium	24
5.7. Haridus- ja teadusministeerium.....	24
6. Soovitused.....	24
LISAD	27

Dokumendi koostamise rahastamine:

PROGRAMMI VALDKONDLIKU TEADUS- JA ARENDUSTEGEVUSE TUGEVDAMINE (RITA)
TEGEVUSE 1 TEENUSE OSUTAMISE LEPING NR 7.8-3/18/17 „KAUGSEIRE ANDMETE
KASUTUSELEVÖTT AVALIKE TEENUSTE VÄLJATÖÖTAMISEL JA ARENDAMISEL”

Esikaane pilt: Algandmed: ESA Sentinel-2A satelliit (30. mai 2019). Andmetöötlus: TÜ
Tartu observatoorium, K. Alikas



TARTU ÜLIKOOL



www.emu.ee

Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences



Eesti Teadusagentuur
Estonian Research Council



Euroopa Liit
Euroopa
Regionaalarengu Fond



Eesti
tuleviku heaks



SISEMINISTEERIUM



KESKKONNAMINISTEERIUM



MAAELUMINISTEERIUM



MAJANDUS- JA
KOMMUNIKATSIOONI-
MINISTEERIUM

1. Sissejuhatus

Valdkondliku teadus- ja arendustegevuse tugevdamise programmi (RITA) tegevus 1 raames viidi aastatel 2019–2020 ellu projekt „Kaugseire andmete kasutuselevõtt avalike teenuste väljatöötamisel ja arendamisel“ („KAUGSEIRE“, leping nr 7.8-3/18/17). Lisaks konkreetsetele prototüüpidele töötati välja siinne kaugseire jätkusuutliku rakendamise kava. Kava koostamise eesmärk oli pakkuda võimalusi kaugseire andmete kasutamiseks ja uute rakenduste väljatöötamiseks ning aidata avaliku sektori asutuste ees seisvaid ülesandeid efektiivselt lahendada ja asutuste funktsionaalsust tõsta. Enamgi veel, kava koostati eesmärgiga teha ettepanekuid kaugseire süsteemseks rakendamiseks Eestis, toetudes nii saadud tulemustele, pikaajalisele teadus- ja arenduskogemusele kosmose valdkonnas kui ka rahvusvahelisele koostööle Euroopa Kosmoseagentuuri (ESA) ja Euroopa Komisjoniga (EK) Euroopa Liidu (EL) Copernicus programmi raames.

Vajadusest, et ESA liikmelisusest ja ELi 2018. a käivitatud kosmoseprogrammist¹ tõuseks maksimaalne kasu nii Eesti riigile kui ka ettevõttele ja ühiskonnale üldiselt, kinnitati aprillis 2020 Majandus- ja Kommunikatsiooniministri käskkirjaga Eesti kosmosepoliitika ja -programm 2020–2027². See seab sihiks valdkonna tegevused riigis strateegiliselt planeerida ja koordineerida ning on tihedalt seotud Eesti eesmärkidega ESAs ja ELis.

Kaugseirerakenduste väljatöötamisel on Eesti kosmosepoliitikas ja -programmis esile toodud vajadus arendada maapealset taristut, rakendada kaugseiret riigiteenuste osana ja arendada ka kaugseirerakenduste turgu.

Kui kombineerida EL Copernicus programmi kaugseireandmeid riigi avaandmetega ning võtta kasutusele Eesti rahvusvaheliselt tunnustatud IKT-võimekus, nähakse programmis suurt potentsiaali arendada mitmesuguseid tehisintellektisüsteeme, mis tõstavad riigi e-teenuste info ajakohasust ja otsuste kvaliteeti.³ Nende eesmärkide saavutamiseks on vaja lihtsustada ligipääsu andmetele ja teenustele ning toetada kõrge ekspordipotentsiaaliga katseprojektide elluviimist. Riigil on oluline roll olla teenuste esimene rakendaja ja toetada asjakohaste võimaluste väljaarendamisega mitmekülgset ka ettevõtteid. Eesti teaduse, arendustegevuse, innovatsiooni ja ettevõtluse arengukava 2021–2035 (TAIE)⁴ kohaselt on eesmärk Eesti teadmuspõhine areng, mis toetub kõrgetasemelisele teadusele ning ettevõtete teadusmahukatele toodetele ja teenustele.

Eesti kaugseirevaldkonna teaduslik kompetents on rahvusvaheliselt laialdaselt tunnustatud. Et seda ühiskonna hüvanguks kasutada ja ettevõtlusesse kaasata, on vaja lisategevusi, mida saab ellu viia vaid riikliku koordineerimise abil.

Euroopa kaugseire ettevõtete alaliidu EARSC⁵ koostatud 2020. a turuülevaate kohaselt tegutsevad Euroopas ligi 570 satelliitkaugseire ettevõtet (SKE), mis annavad tööd enam kui 9800 inimesele ning

¹ COM/2018/447final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2018%3A447%3AFIN> (21.10.2019)

² <https://adr.rik.ee/mkm/dokument/7208142>

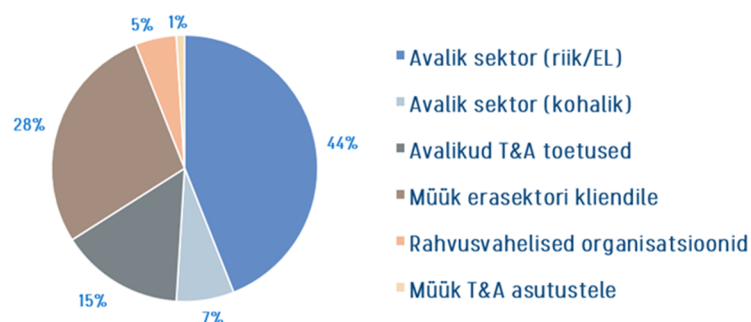
³ https://www.riigikantselei.ee/sites/default/files/riigikantselei/strateegiaburoo/eesti_tehisintellekti_kasutuselevotu_eksp_erdiruhma_aruanne.pdf

⁴ https://www.hm.ee/sites/default/files/taie_arengukava_2035_16.04.2020.pdf

⁵ <http://earsc.org/>

mille kogutulud lähenevad 1,4 miljardile eurole, kasvades 10% aastas. Samas on Euroopa satelliitkaugseire teenuse pakkujad väga fragmenteerunud – 70% ettevõtetest on vähem kui kümne töötajaga mikroettevõtted ning 23% ettevõtetest on väikeettevõtted. Väärrib märkimist, et ELi Copernicus programmi Sentinel satelliitidel ning Copernicus andmepoliitikal (st andmete vaba levitamise põhimõttel) on satelliitkaugseire turu arengule väga oluline mõju. Alates Sentinel-1A orbiidile viimisest 2014. a (andmed satelliitide kohta tabelis 1) on uute ettevõtete arv kiirelt kasvanud. Üle 80% Euroopa SKE-dest kasutab iga päev Sentinel satelliitidelt saadavaid andmeid ja näeb Copernicus programmi mõju oma äritegevusele kas positiivse või väga positiivsena (detailesem ülevaade Tech & Space'i „Teostatavusuuring: kaugseire andmete kasutuselevõtt avalike teenuste väljatöötamisel ja arendamisel“, Tartu 2020)⁶.

Seejuures on SKE-de äritegevus jätkuvalt väga suures sõltuvuses avaliku sektori tellimustest ja finantseerimisinstrumentidest (joonis 1), sest suur osa kaugseirerakendustest on seotud keskkonnaseire ja -uurimisega ning ruumilise planeerimisega. Sellekohase poliitika väljatöötamine ja rahvusvahelistes organisatsioonides osalemine ei hakka tõenäoliselt ka tulevikus realiseeruma erasektori kaudu. Seetõttu tuleb riiklikult leida viise, kuidas teiste sektorite tellijate osatähtsust kasvatada. Ettevõtete kasvu ja arengut aitaks hoogustada parem turu ja kasutajate konstruktiivne tagasiside, sest kasutusjuhud on olemuselt väga teadmistemahukad ning seotud keeruka digitaalse tehnoloogiaga. Riikides, kus kõnealune ettevõtlussektor on veel nõrk (või välja arendamata), teeb avalik sektor riigisiselt mahukaid arendustegevusi, mis võib ettevõtlust selles valdkonnas veelgi pärssida.



Joonis 1. Satelliitkaugseire valdkonna SKEDe äritulude struktuur kliendigruppide arvestuses⁷

Eesti satelliitkaugseire turu areng on väga tugevalt seotud ESA ja ELi liikmelisusega ning Copernicus programmist tulenevate võimalustega. Eesti SKEDe tehniline võimekus on olulisel määral välja arendatud selliste arendusprojektide toel, mida on finantseeritud ESA Euroopa koostööriikide kava (PECS) raames. Pikaajalise kogemuse ning rahvusvaheliselt kõrge tasemega Eesti teadus- ja arendusasutused on olnud selles protsessis SKEDe olulised partnerid. Satelliitkaugseirega seotud uurimigrupid Tartu Ülikoolis (TÜs) ja Tallinna Tehnikaülikoolis (TalTechis) on olnud silmapaistvalt

⁶ Eerme, T. (Tech& Space).Kaugseire andmete kasutuselevõtt avalike teenuste väljatöötamisel ja arendamisel. Teostatavusuuring, 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.23673/re-251>

⁷ Eerme, T. Eesti Euroopa Kosmoseagentuuri liikmelisuse majandusliku mõju analüüs (väikehanke nr HNR180297 raport Ettevõtluse Arendamise Sihtasutuse tellimusel). 2018. Tallinn.

edukad ELi teadusuuringute ja innovatsiooni raamprogrammide projektikonkurssidel, teistes arendustöö edendamiseks loodud piiriülestes meetmetes ning struktuurifondide meetmetes (käimasolevate projektide info tabelis 2).

Eesti satelliitkaugseire valdkonna juhtivad ettevõtted, kes on ellu viinud mitu ESA ja ELi projekti, on AS Reach-U, AS Datel, AS CGI Eesti, OÜ Ruumab ja OÜ KappaZeta. Satelliitkaugseire andmeid teenuste pakkumiseks töötlevad või plaanivad aktiivsesse kasutusse võtta ka AS Proekspert, AS Milrem ja OÜ Krattworks. Satelliitkaugseire väärtusahelas suudavad lisandväärtust pakkuda OÜ Guardtime, rakendades plokiahela tehnoloogiat kaugseireandmete terviklikkuse tagamisel, ja OÜ LDI Innovation veekeskonda iseloomustavate *in situ* andmete kogumisel.

Eesti kaugseireturu arengule on avaldanud positiivset mõju ESA äriinkubaatori (ESA BIC Estonia)⁸ loomine 2017. a Tartu ja Tallinna teadusparkide juures koostöös ülikoolide ning Tartu ja Tallinna linnavalitsustega. ESA BIC Estonia tegevus toetab nii alustavate ettevõtete äriarendustegevust ja finantseerib ettevõtteid kui pakub ka eelinkubatsiooniteenuseid äriideed arendavatele meeskondadele. Lisaks arendab ESA BIC Estonia projektipõhist võrgustikku, mille eesmärk on edendada koostööd teadusrühmadega (nt kaugseirevaldkonnas Interregi „BalticSatApps“ projekt⁹). Uute ideede genereerimiseks ja noorte kaasamiseks on Eestis asendamatud mitmesugune õppetöö ja kraadiõpe kõigis suuremates ülikoolides ning kosmosevaldkonna häkatonide korraldamine, sh regulaarselt toimuvad Garage48 kosmosetehnoloogia häkatonid, rahvusvahelised ActInSpace'i häkatonid ja NASA häkatonide seeria Space Apps Challenge.

2. Kaugseire tehnoloogilise arengu suunad

Kaugseiret võimaldav tehnoloogia ja sellekohane meetodika areneb praegu väga kiiresti. Kaugseire on eri objektide ja nähtuste kohta info hankimine nende objektidega vahetus kontaktis olemata. Kõige sagedamini nimetatakse kaugseireks satelliitidelt või lennukitelt tehtavaid elektromagnetkiirguse mõõtmisi. Tegelikult võib kaugseiret teha väga erinevatelt kandjatelt, nagu droonid, mõõtetornid, (liini)laevad, poisüsteemid, sadamakaid või mobiilimastid. Kaugseire jaguneb passiivseks ja aktiivseks kaugseireks. Passiivsed andurid püüavad looduslikku kiirgust, mis on kiirgunud või peegeldunud uuritavatelt objektidelt või nende lähiümbrusest (nt optiline kaugseire, infrapunakaugseire). Aktiivse kaugseire korral sondeeritakse objekti mõõduriistast (skannerist) välja kiiratava energia (nt lidar ja radar) tagasipeegeldumise abil. Sonar võib olla nii aktiivne kui ka passiivne¹⁰.

Kaugseiresensorite olulisimad omadused on nende ruumiline ja spektraalne lahutusvõime. Ruumiline lahutus näitab, milline on kõige väiksem uuritava objekti element, lähtudes andmete kogumise eesmärgist (näiteks ilmasatelliitidel võib ruumiline lahutus olla väike: 50 × 50 km). Teisalt on võimalik saada pilte ka satelliitidelt, mille ruumiline lahutus on 31 × 31 cm. Lennuvahendite (lennukid, helikopterid, droonid) puhul sõltub ruumiline lahutus lennukõrgusest ja võib olla mõnest sentimeetrist kuini mõne meetrini. Spektraalse lahutusvõime poolest jagatakse sensoreid tihti multispektraalseteks

⁸<https://www.esabic.ee/>

⁹ <https://balticsatapps.eu/>

¹⁰Jensen, John R. 2007 (2000). Remote Sensing of Environment: An Earth Resources Perspective. Prentice Hall Series in Geographic Information Science. 2nd ed. p648

ja hüperspektraalseteks. Multispektraalsed sensorid mõõdavad uuritavaid objekte 3–4 kuni kümnekonnas spektrivahemikus. Hüperspektraalsed sensorid annavad uuritavast objektist oluliselt detailsemat infot, mõõtes mitmekümnes kuni mõnesajas spektrivahemikus.

Kaugseire kasutamise eelis on võimalus saada infot suurtelt aladelt, samal ajal, ühesuguse meetodi ning tiheda ajalise sammuga. Näiteks võib uurimislaeva päev merel maksta kümneid tuhandeid eurosid, päevas saab teha mõne üksiku mõõtmise ja hilisemad veeproovide analüüsid võivad võtta kuid. Satelliidipildilt saab uurida vee parameetreid suurel alal (näiteks kogu Läänemere), samal ajal ning iga päev ja paljudel juhtudel (näiteks Copernicus programm ja Landsat seeria satelliitide andmed). Pilt ei maksa kasutajale midagi. Konkreetse kaugseiresensori valik sõltub eelkõige uuritavast probleemist.

Mõne probleemi lahendamiseks sobivad tasuta kättesaadavad andmed, mõne jaoks on vaja osta suure ruumilise lahutusega kommertsatelliitide pilte. Mõne probleemi lahendamiseks on optimaalne kasutada lennukil paiknevaid sensoreid ning mõne jaoks hoopis droone erinevate sensoritega.

Droonide, lennukite ja suure ruumilise lahutusega kommertsatelliitide piltidelt saab teha palju erinevaid ja väga detailseid mõõtmisi. Samas võib suurte alade uurimisel selliste andmete hind osutuda ebamõistlikult kalliks. Teisalt, nii sensorite kui ka nende kandurite tehnoloogia areneb kiiresti. Seetõttu on väga oluline olla pidevalt kursis, millised tehnoloogilised võimalused avanemas on. Uute meetodite operatiivne kasutuselevõtt võimaldab riigiasutustel säästa aega ja raha ning ettevõtetel hõivata uusi turge. Kuna satelliidimissioonide ettevalmistamine on nii kallis kui ka aeganõudev, siis viiakse ambitsioonikaid projekte ellu suurte rahvusvaheliste ühisprojektide kaudu.

ESA ja EL töötavad ühisalgatuse Copernicus¹¹ arendamisel välja järgmise põlvkonna Maa vaatlusmissioone. Enamik varasemaid satelliite olid ühekordsed teaduslikud eksperimendid. Need võimaldasid katsetada uusi tehnoloogiad ja meetodeid, kuid missiooni lõppedes kadus võimalus neid meetodeid igapäevaelus rakendada, sest järgmise vajalike parameetritega satelliidi üleslennutamine võis aega võtta aastaid või aastakümneid (või üldse mitte juhtuda). Copernicus programmi eesmärk on tagada aastakümneteks kokkulepitud parameetritega satelliidiandmete voog, mis võimaldab nendele andmetele tuginedes seirata erinevaid keskkonnaparameetreid.

Tabel 1. Copernicus programmi Sentinel seeria satelliidid

Satelliit	Kirjeldus	Töötamise algus
Sentinel-1	Teeb päeval ja öösel radarseiret maa- ja ookeaniteenuste osutamiseks (pilvisusest sõltumata)	A: 03.04.2014 B: 21.04.2016 C*: 2022–2032 D*: 2028–2037
Sentinel-2	Suure ruumilise lahutusega multispektraalne pildistamissioon taimestiku, pinnase, sisevete ja rannikualade ning ka hädaabiteenuste jaoks	A: 23.06.2015 B: 07.03.2017 C*: 2022–2032 D*: 2029–2038

¹¹ <https://www.copernicus.eu/>

Sentinel-3	Mitme instrumendiga missioon, et suure usaldusväärsusega mõõta merepinna topograafiat, mere- ja maapinna temperatuuri ning ookeani ja maapinna peegeldustegurit. Toetab ookeani prognoosimissüsteeme ning keskkonna- ja kliimaseiret	A: 16.02.2016 B: 25.04.2018 C*: 2023–2033 D*: 2029–2038
Sentinel-5p	Sentinel-5 eelkäija, et katta EnviSati missiooni katkemisest 2012. a tekkinud lünka õhukvaliteeti ja kliimat mõjutavate kasvuhoonegaaside ja aerosoolide kohta	13.10.2017 kuni 2027*
Sentinel-6	Radaripõhine kõrgusemõõtja, annab andmeid ookeani topograafia kohta üle maailma, peamiselt operatiivse okeanograafia ja kliimauuringute jaoks. Põhineb Jasoni seeria ookeani topograafiasatelliitide ja ESA CryoSati missioonidel. Täiendab Sentinel-3 ookeaniteavet	A: 21.11.2020 B*: 2025–2031
Sentinel-4	Jälgib õhukvaliteeti suure ajalise ja ruumilise lahutusega geostatsionaarselt orbiidilt Meteosat-3 satelliitide pardal (juhib Euroopa Meteoroloogiasatelliitide Kasutamise Organisatsioon (EUMETSAT)). Tagab Maa atmosfääri koostise pideva seire, andmed prognoosimise toetamiseks	A*: 2022–2032 B*: 2032–(2040)
Sentinel-5	Instrument UVNS on spektromeeter, mida kantakse MetOpi teise põlvkonna satelliitide pardal polaarorbiidil (juhib EUMETSAT). Võimaldab saada laiaulatuslikke ja ülemaailmseid levikuandmeid õhukvaliteedi kohta	A*: 2020–2026 B*: 2029–2037 C*: 2036–(2040)

**Satelliitide planeeritud tööperiood*

Copernicus programmi edasiarendamiseks (Copernicus 2.0) on ettevalmistamisel järgmised uued prioriteetsed missioonid koostöös ESAga.

- Antropogeense CO₂ jälgimine (kliimamuutuste põhjused), Sentinel-CO2M
- Polaaralade öö ja lume topograafia, Sentinel-CRYSTAL (kliimamuutuste mõju)
- Passiivne mikrolaine radiomeetria, Sentinel-CIMR (merejää ja hüdroloogia)
- Maapinna temperatuur (põllumajanduse ja linnalise keskkonna haldamine), Sentinel-LSTM
- Hüperspektraalne kujutamine, Sentinel-CHIME (toiduga varustamise turvalisus, mullastik, mineraalid)
- L-riba radar (mullastik, taimestik, pinnanihked), Sentinel-ROSE-L

Tänu ESA ja EUMETSAT koostööle on Euroopal meteoroloogiliste satelliitide võrgustik, mis on kättesaadav ka Eestile. Nendelt satelliitidelt saadud teavet kasutatakse nii igapäevaste ilmaprognooside koostamisel kui ka kliimamuutuste mõistmiseks.

Programmi „Living Planet“ raames on ESA eesmärk tagada Euroopas Maa seire sõltumatus ja jätkusuutlikkus, seda ei suuda paraku tagada ükski riik iseseisvalt.

Euroopa kaugseirevõimekus peab vastama operatiivteenuste nõuetele, mis toetavad nii institutsioonilisi vajadusi kui ka ärilisi algatusi. Kuna kõik liikmesriigid peavad sellesse ühiselt ka panustama, siis on Eesti jaoks kriitilise tähtsusega omada nii põhjalikku teadmist uudsetest tehnoloogivõimalustest kui ka jätkusuutlikku plaani, kuidas neid Eesti heaks kasutada.

Praegu on ESA ehitamas nelja tulevikumissiooni: EarthCARE (pilvede ja aerosoolide mõju Maa kiirgusrežiimile), Biomass (metsa süsinikusiduse mõõtmiseks), FLEX (hüperspektraalne missioon taimede fotosünteesi uurimiseks koostööna Sentinel-3 instrumentidega) ja FORUM (Maa kiiratava infrapunakiirguse mõistmiseks). Lisaks käivad uuringud järgmisteks missioonideks.

Eestis on kiiresti kujunemas erinevate kaamerasüsteemide arendamise võimekus, seda nii tudengisatelliitide baasil (ESTCube-1, Koit, Hämarik) kui ka ESA teadusprogrammi ja tehnoloogia arenduse programmide kaudu (sh ettevõtte CrystalSpace ja ESA Comet Interceptor instrument OPIC TÜ poolt). Siiski pole senini ESA kaugseiresatelliitide loomises otseselt osaletud. Sellegipoolest pakutakse TÜ Tartu observatooriumis rahvusvaheliselt tunnustatud maapealseid tugimõõtmisi (Copernicus satelliitide kalibreerimine ja valideerimine „FRM4SOC“ projektis)¹². TalTechi meresüsteemide instituut on olnud Copernicus mereteenuse arendamisel „MyOcean“ projektide partner alates esimese projekti algusest 2009. aastal, tehes maapealseid mõõtmisi ja mudeleid. Hiljuti, 25.05.2020 avati ametlikult uus konkurss uute missiooniideede pakkumiseks. Missioon on kavandatud käivitada aastatel 2031–2032. Pärast konsultatsioone saavad konsortsiumid esitada lõpliku ettepaneku 2020. a lõpuks. Üheks 16st kandidaatmissioonist on GALENE: siseveekogude ja rannikumere uurimiseks mõeldud satelliit, mille 12ne liikmelises meeskonnas osaleb TÜ Eesti mereinstituut. Seega on Eestis olemas laialdane kompetents, et toetada uute Sentinel põlvkonna satelliitide kiirendatud arengut, mis on vajalik Copernicus programmi edendamiseks. Ruumilise lahtuse suurenemine 5 m peale aitaks kindlasti kaasa klientide rahulolule nende teenustega, mida Eesti ettevõtted juba praegu arendavad.

Ilmselt takistab Eestis uudsete ideede väljatöötamist ja nende elluviimist vähene teadlikkus võimalustest, kuid hoopis olulisem põhjus on, et pikaajaliste probleemide teadusmahukaid arendusi ja uuringuid tehakse lühiajaliste ja suurte bürokratlike projektide kaudu.

Hüperspektraalsete sensorite kasutuselevõtt suurendaks nii parameetrite hulka, mida saab kaugseirega määrata, kui ka info detailsusastet (näiteks erinevate merepõhja taimestiku klasside hulka, tuvastatavaid puuliike metsades või kultuurtaimede kahjustusi põldudel). Teisalt on hüperspektraalsete kaugseireseadmete ehitamine keerukam ja kallim. Lisaks kaasnevad hüperspektraalsete sensoritega ka andmete salvestamise ja edasikandmise probleemid, sest satelliitidelt maajaamadele ülekantava info hulk on piiratud. Hüperspektraalsed sensorid toodavad aga suurusjärgu rohkem infot kui multispektraalsed sensorid. Kogu info allalaadimiseks orbiidilt oleks vaja oluliselt suurendada vastuvõtjamaade hulka Maal. Seegi on keerukas ja kalline. Sama probleem tekib andmete säilitamise ja töötlemisega. Näiteks multispektraalne Sentinel-2 toodab juba praegu 15 TB andmeid päevas. Sellise hulga andmete töötlemine ja säilitamine on omakorda keerukas ja kalline.

Seepärast ei ole üllatav, et kuni 2019. aastani oli ainuke Maa kaugseireks mõeldud hüperspektraalne (tsiviilkasutuses olev) satelliidisensor Hyperion (alustas 2000. a). See oli eksperimentaalne seade, mis võimaldas teha ööpäevas 6 pilti suurusega $7,7 \times 180$ km ehk põhimõtteliselt tehnoloogiaid ja teaduslikke ideid ainult katsetada. Mõnda aega paiknes Rahvusvahelises Kosmosejaamas (ISS) ka

¹² <https://frm4soc.org/>

HICO, aga selle kasutamine oli keerukas veel ka ISS orbiidi tõttu. Paraku ei ulatunud ISS orbiit piisavalt kaugemale põhja, et võimaldada HICOt Eestis katsetada.

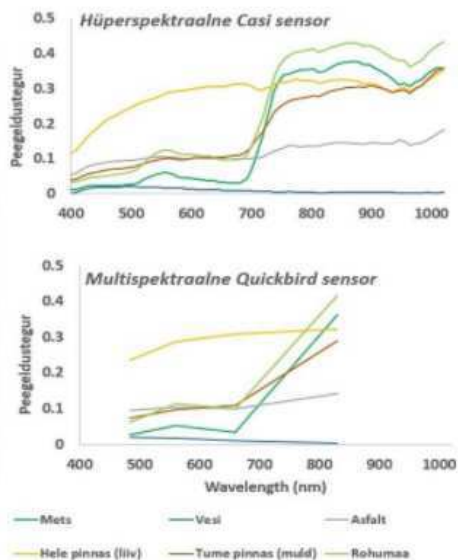
Viimastel aastatel on olukord hakanud muutuma. Nüüd on tehnoloogiline areng teinud hüperspektraalsete satelliitide ehitamise, orbiidile lennutamise ja kasutamise oluliselt lihtsamaks. Seepärast käivad erinevates kosmoseagentuurides ettevalmistused mitme hüperspektraalse sensori (EnMAP, SHALOM, HypIRI, HySI, HYPXIM jne) kasutuselevõtuks. Eraettevõtetel on plaane lasta orbiidile terve parv mikrosatelliite, mille pardal on hüperspektraalsed kaamerad. See võimaldaks koguda suure ruumilise ja spektraalse lahutusega infot Maa pinnast tiheda ajalise sammuga. Lisaks sellele on suur tõenäosus, et Copernicus programmi raames loodav Sentinel-10 saab olema hüperspektraalne satelliit (CHIME, leping ESA ja Thales Alenia Space vahel sõlmitud juunis 2020). Esimese pääsukesena sellest hüperspektraalsete satelliitide kogumist saatis Itaalia Kosmoseagentuur 2019. a orbiidile oma hüperspektraalse sensori PRISMA.

Hüperspektraalsete kaugseiresensorite laialdasem kasutamine annaks olulise lisaväärtuse laias rakenduste skaalas:

- siseveed ja rannikumeri;
- põllumajandus / toidu turvalisus;
- maismaa taimestik (mets, märgalad jms);
- pinnas/mineraloogia;
- õhukvaliteet;
- lumi ja jää;
- linnakeskkond/kultuurimälestised;
- looduslikud ohud.

Lai rakendatavuse tõttu on kiirelt üha enam hakatud arendama hüperspektraalseid sensoreid droonide tarbeks. Kui veel mõni aasta tagasi sai hüperspektraalseid sensoreid paigutada ainult suurtele droonidele (Global Hawk, Raptor ja teised piloodita lennukid) ning tavadroonidel paiknesid põhiliselt videokaamerad (ehk multispektraalsed sensorid kolme spektrikanaliga), siis nüüdseks on olemas ka miniatuurseid hüperspektraalseid kaameraid. Väikseimaid neist kaaluvad umbes 200 g ja on kasutatavad ka laiatarbedroonidel. Lisaks lendavatele platvormidele on võimalik hüperspektraalseid sensoreid paigutada ujvdroonidele, poidele, sadamakaidele ja teistele statsionaarsetele platvormidele. Saadud andmeid saab kasutada mitte ainult selleks, et droonil, lennukil või satelliidil paiknevate sensorite tulemusi valideerida, vaid ka selleks, et keskkonna seisundit jälgida, rakendades andmeid kui autonoomseid mõõtesüsteeme. Ka Eesti teadlased on selliste süsteemide loomisesse aktiivselt kaasatud. Näiteks on TÜ Tartu observatooriumis Horisont 2020 projekti „HYPERNETS“¹³ raames loomisel autonoomne spektraalne instrument, et satelliidiandmeid maapealsete mõõtejaamade abil valideerida.

¹³ https://www.hypernets.eu/from_cms/summary

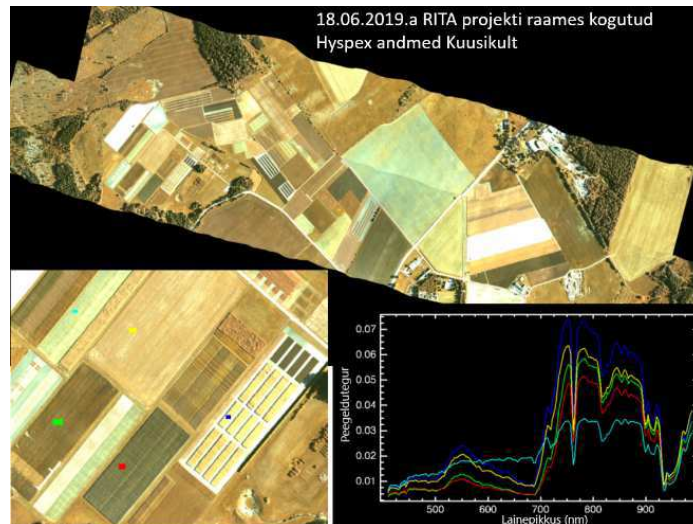


Joonis 2. Multispektraalse ja hüperspektraalse sensori mõõtmiste võrdlus. Erinevate sensorite abil saadud eri maismaa- ja veeobjektide spektraalne signaal Paldiski Põhjasadama ümbruses. CASI on lennukil paiknev hüperspektraalne sensor ja QuickBird on multispektraalne satelliit.

„KAUGSEIRE“ projekti raames kasutati põhiliselt multispektraalseid sensoreid (Sentinel-2, droonivideo) ning radareid. Hüperspektraalseid satelliite ei olnud veel võimalik rakendada ning droonil paiknevaid hüperspektraalseid kaameraid Eestis veel pole. Samas on Eestis (TÜ Eesti mereinstituudis) olemas lennukil kasutatav hüperspektraalne kaamera HySpex, millega tehakse mõõtmisi Maa-ameti lennukilt. „KAUGSEIRE“ raames koguti andmeid ka RITA1 mereprojekti tarbeks ja tehti lennukil Kuusiku katsemajandi põldude kohal, et hinnata hüperspektraalsete sensorite eeliseid multispektraalsete ees, näiteks võimet eristada erinevaid põllukultuure. Laiem eesmärk on olla valmis hüperspektraalsete sensorite laialdaseks kasutuselevõtuks lähitulevikus.

Tulemused näitavad, et erinevate mulla kultiveerimise meetodite kasutamine on drooniandmetest tuvastatav. Teisalt, kui katsesse lisandus erinevate väetiste kasutamine, ei olnud kaugseire abil enam võimalik kõiki kombinatsioone üksteisest eristada. Hüperspektraalsed mõõtmised peaksid suurendama meie võimekust eristada üksteisest kõiki tehtud töös uuritud taimekasvatuse meetodeid (erinevate mullaharimisvõtete ja väetamise kombinatsioonid). Hüperspektraalse kaugseire abil oleks võimalik ka varakult potentsiaalset saaki hinnata, väetiste kasutust optimeerida ning taimekaitsetöid planeerida. See eeldaks hüperspektraalsete andmete kasutamist mitmel korral kasvuperioodi jooksul. Nende meetodite suurematel aladel (kui katsemajandi katsealad) kasutamine eeldaks praegu, et andmeid kogutaks lennukil paikneva spektromeetriga, mis ei pruugi vähese huvitatud põllumeeste arvu puhul olla majanduslikult kasulik.

Samas suureneb hüperspektraalsete sensorite (nii satelliitidel kui ka muudel kandjatel) osakaal kiiresti ning andmed ise võivad varsti muutuda tasuta või väga odavalt kättesaadavateks. Seega on mitmekülgsete oskustega ning erinevas valdkonnas kvalifitseeritud kaugseirespetsialiste järjest rohkem vaja, et neid andmeid töödelda ja interpreteerida.



Joonis 3. „KAUGSEIRE“ raames kogutud HySpexi pildid ning erinevate põllukultuuride spektrid Kuusiku katsemajandi põldudel

3. Copernicus programm ja avaandmed

3.1. Copernicus programm

ELi ja ESA koostööna on alates 2004. a arendatud Maa keskkonna ja turvalisuse programmi, mille nimi on Copernicus. Copernicus on loodud spetsiaalselt kasutajate nõuetest lähtuvalt. Satelliidi- ja maapealsetele vaatlustele tuginedes edastavad Copernicus programmi teenused peaaegu reaajas tulemusi üle kogu maailma ning neid saab kasutada ka selleks, et kohalikke ja piirkondlikke probleeme lahendada. Eesmärk on aidata paremini mõista planeeti ja säästvalt hallata elukeskkonda, tegeleda tulemuslikult uute probleemidega, näiteks kliimamuutused, säästva arengu eesmärgid, piirikontroll, mereseire, ELi kodanike turvalisus, piirkondlik ja kohalik planeerimine ning põllumajandus ja tervishoid¹⁴.

Copernicus programm tagab avatud ja vabalt kättesaadavad operatiivsed andme- ja teabeteenused eri rakendusvaldkondades, kuna kasutab mitmesugust tehnoloogiat alates satelliitidest kosmoses kuni mõõtmisüsteemideni maal, merel ja õhus. Copernicus programm annab kodanikele, riigiasutustele ja poliitikakujundajatele, teadlastele, ettevõtjatele ning ettevõtetele täielikku, tasuta ja avatud teavet meie planeedi kohta. Copernicus teenused muudavad selle satelliidi- ja *in situ* andmete hulga andmetöötluse ja analüüsimise kaudu lisaväärtustebeks. Aastaid ja aastakümneid tagasi ulatuvad andmekogumid muudetakse võrreldavateks ja otsitavateks, st masintöödeldavaks infoks, mitte pelgalt piltideks, mida inimene saab vaadata. Praegu on Copernicus teenused kättesaadavad kuue temaatilise voo kaudu:

- atmosfääriseire,
- merekeskkonna seire,
- maapinna seire,

¹⁴ <https://www.copernicus.eu/>

- kliimamuutused,
- hädaolukordade ohjamine,
- julgeolek.

Teenuseid arendatakse järjepidevalt edasi nii tehnoloogilist võimekust kui ka kasutajate muutuvaid vajadusi silmas pidades. Näiteks on merekeskkonna seires lähiajal plaanis suurendada ruumilist lahutust, et pakkuda paremaid rannikuseire ja ökosüsteemide teenuseid. Lisandumas on eraldi ka Arktika teenuste pakett. Atmosfääriseire suunal ootab ees Sentinel-4 ja -5 andmete kasutuselevõtt (tabel 1), aga ka täpsem saasteainete ning kasvuhoonegaaside määramine. Kõige uuemate, kliimamuutuste teenuste kujundamine veel käib. Kindlasti on siin üks põhiteemasid inimtekkelise CO₂ määramine. ESA on juba hakanud kliimaga seotud andmeid avaldama, mis tagab kõigile võimaluse neid vaadata ja tasuta alla laadida¹⁵. Peale selle on ESA avaldanud interaktiivse veebilehe, mis näitab kliimamuutusi kosmosest, satelliitide vaatenurgast. 3D- ja 2D-kaardikihtide abil on läbi aja võimalik jälgida kasvuhoonegaaside taseme kasvu, liustike taandumist, tulekahjude levikut, merevee taseme kasvu ja palju muud¹⁶. „Destination Earth“ (DestinE) on EK programm, mis uurib samuti kliima ja keskkonnaprobleemide küsimusi ning kasutab kaugseireandmeid muutuste modelleerimiseks¹⁷. Copernicus programmi teenindavad spetsiaalsed satelliidid (Sentinel seeria, tabel 1) ja neid toetavad missioonid (olemasolevad kommerts- ja avalikud satelliidid). Sentinel satelliidid on loodud spetsiaalselt Copernicus teenuste ja nende kasutajate vajaduste jaoks.

Copernicus programmi oluliseks väärtuseks peetakse just avatud andmete poliitikat ning nii kosmoses paikneva taristu kui ka teenuste asjakohasuse pikaajalist jätkusuutlikku planeerimist. Sinna hulka kuulub vajadus siseneda uutesse valdkondadesse (näiteks inimtekkelised süsinikdioksiidihetked, keskkonna- ja kliimanõuete täitmise tagamine, polaaralad, kultuuripärandi kaitse jms), teha asjakohaseid teadusuuringuid ja kasvatada teadlikkust.

Copernicus teenuste peamised kasutajad on poliitikakujundajad ja riigiasutused, kes vajavad infot keskkonnateemaliste õigusaktide ja poliitika väljatöötamiseks või kriitiliste otsuste vastuvõtmiseks hädaolukorras, näiteks loodusõnnetuse või humanitaarkriisi korral. EK korraldab regulaarselt ka analüüse¹⁸ programmi edukuse ja jätkamise kohta ning saab pidevalt tagasisidet üles seatud kasutajafoorumi (*user forum*) kaudu (kuhu kuuluvad kõikide liikmesriikide esindajad). 2017. aasta detsembris viis EK lõpule laiaulatusliku uuringu, milles analüüsiti Copernicus programmi majanduslikke, ühiskondlikke ja keskkonnaalaseid eeliseid sõltuvalt erinevatest arengustsenaariumitest¹⁹. Uuemaid fakte leiab näiteks EARSC veebilehelt²⁰ lingilt Copernicus programmi koordineerib ja haldab EK, kuid kaasatud on kõikide liikmesriikide esindajad, lai ring partnereid ja kasutajaid. Vaatlusinfrastruktuuri kosmosekomponendi osa arendatakse ESA ning *in situ*

¹⁵ <https://climate.esa.int/>

¹⁶ <https://cfs.climate.esa.int>

¹⁷ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/destination-earth-destine>

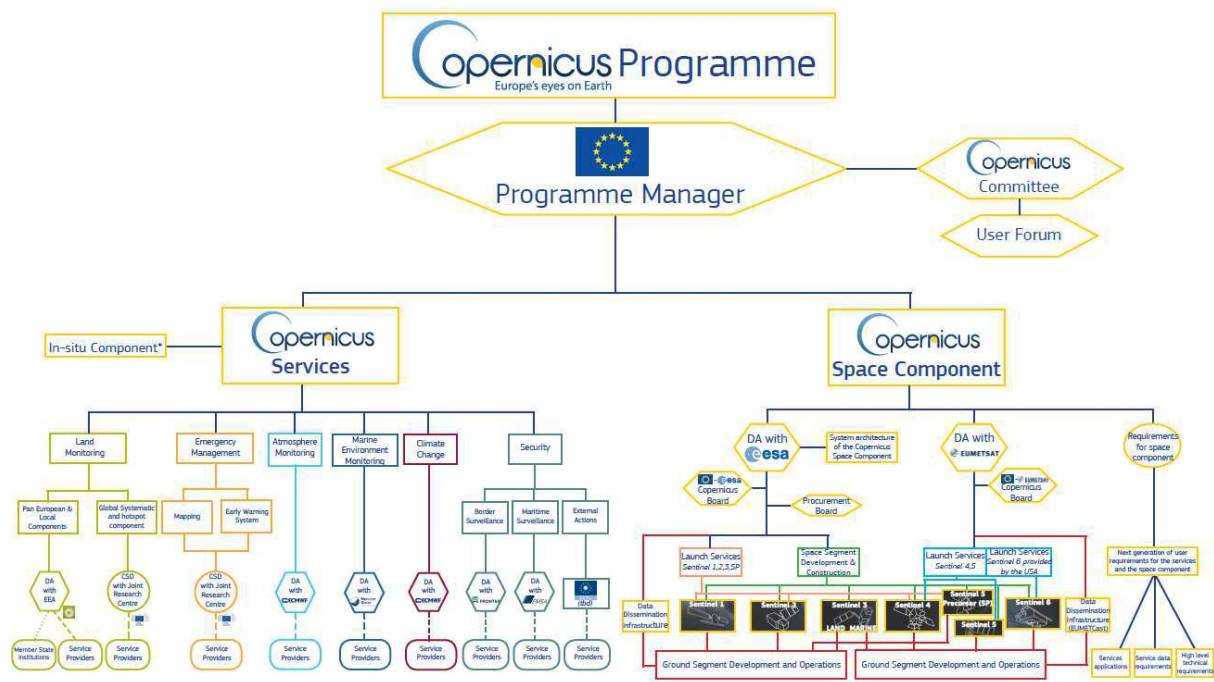
¹⁸ https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2018-10/Copernicus_Report_Downstream_Sector_October_2016_0.pdf

¹⁹ Kucera, J., Janssens-Maenhout, G., Brink, A., Greidanus, H., Roggeri, P., Strobl, P., Tartaglia, G., Belward A., Dowell, M. Copernicus and Earth observation in support of EU policies - Part I: Copernicus uptake in the European Commission, EUR 30030 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-14559-2, doi:10.2760/024084, JRC118879

²⁰ <https://earscl.org/industry-facts-figures/>

komponendi osa Euroopa Keskkonnaagentuuri ja liikmesriikide egiidi all. Ülevaade Copernicus struktuurist on toodud joonisel 4.

Samas ei pruugi üleeuroopalised teenused Eesti oludesse otse ülevõetavad olla (nt meie tuleohtlikkuse indeksid on hoopis teisel skaalal kui Lõuna-Euroopa kuivades piirkondades ja Läänemere omadused on palju keerukamad kui Vahemere omad). Seetõttu on vaja Copernicus andmeid ja teenuseid kohalikult valideerida ning vahel sõltuvalt teemast töötada välja teistsugused meetodid või algoritmid.



Joonis 4. Copernicus programmi struktuur²¹

Üks Copernicus programmi põhieesmärke andmete ja teenuste kõrval on aidata kaasa Euroopa sõltumatu kosmosetööstuse kasvule ning edendada ettevõtlust, selle innovatsiooni ja äripotentsiaali. Selleks on loodud ka mitu meetet, nagu „Copernicus Incubation“, „Copernicus Masters“ ja „Copernicus Accelerator“. Lisaks on loodud hulgaliselt andmete vaatamise ja allalaadimise teenuskeskuseid (DIAS), et hõlbustada mistahes suurusega ettevõtete juurdepääsu Copernicus ressurssidele.²²

²¹ <https://www.copernicus.eu/en/about-copernicus/copernicus-brief>

²² <https://www.copernicus.eu/en/news/news/observer-what-impact-copernicus-having-european-earth-observation-industry>

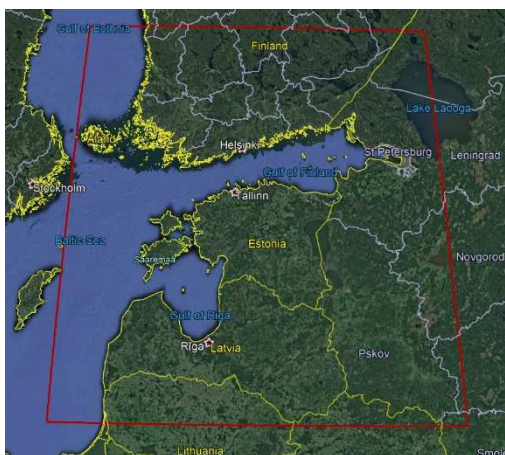
Kasutajate kaasamise tegevuse üks osa on hariduse ja teaduspõhisuse toetamine, mis on koondunud võrgustikku Copernicus Academy (Eestist kuulub sinna Tartu Ülikool). Copernicus Relay koondab sarnaselt riiklikke ja kohalikke institutsioone, klastreid ning tehnoloogia- ja teenusepakkujaid (Eestist kuulub sinna Tartu Teaduspark ja mõni ettevõtte).

Copernicus pole ainult keskkonna jälgimise programm, vaid oluline element EK 2019–2024 poliitiliste prioriteetide elluviimisel:

- Euroopa rohelepe,
- digiajastule vastav Euroopa,
- inimeste hüvanguks toimiv majandus,
- Euroopa maailmapositsiooni tugevdamine,
- euroopaliku eluviisi edendamine,
- uus hoog Euroopa demokraatiale.

3.2. Eesti riiklik satelliidiandmete keskus ESTHub

Selleks, et Copernicus andmed oleksid Eestis kiiremini ja lihtsamini kasutatavad, loodi 2019. a Maa-ameti ja EASI koostöös riiklik satelliidiandmete keskus ESTHub²³, mis kuulub Maa-ameti haldusalasse. 2020. aasta seisuga pakub sellele tugiteenuseid Brockmann Consult GmbH²⁴. ESTHubi kaudu saavad nii era- kui ka riigisektori kasutajad tasuta otsida ja alla laadida Copernicus programmi andmeid. Lisaks võimaldab ESTHub riigiasutustel ning teadus- ja arendusasutustel satelliidiandmeid töödelda. ESTHubi kogutakse Eesti huviala kohta Sentinel-1, -2, -3 ja Landsat 8 andmeid. Sentinel-1, -2 ja Landsat 8 kohta laaditakse alla ja arhiveeritakse ESTHubis andmeid umbes 200 km ulatuses riigipiirist ning Sentinel-3 andmed katavad kogu Läänemere ja selle lähiümbruse (joonis 5). Selline ruumiline valik annab võimaluse osaleda ka rahvusvahelises koostöös Läänemere piirkonna riikide ning eriti lähinaabritega (näiteks Lätil praegu selline andmekeskus puudub).



Joonis 5. Vasakul Sentinel-1, -2 ja Landsat 8 andmete ulatus ning paremal Sentinel-3 andmete ulatus²⁵

²³ Esthub.maaamet.ee

²⁴ <https://www.brockmann-consult.de/>

²⁵ Pildi allikas: <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Teenused/ESTHub-teenused-p443.html>

ESTHubi andmekeskus koosneb kahest komponendist:

(1) andmekeskuses on pikaajaline arhiiv, kuhu arhiveeritakse Copernicus programmi andmed Eesti huvipiirkonna kohta. Arhiivis olevate andmete otsimiseks ja allalaadimiseks on olemas ESTHubi andmeportaali ehk DHuS (Data Hub System). DHuS on avatud kõigile, kuid selle kasutamiseks on vaja registreeruda. Seal hoitakse kuni kahe aasta vanuseid andmeid. Võrreldes Copernicus Open Access Hubiga (<https://scihub.copernicus.eu/>) saab ESTHubist andmeid alla laadida umbes kümme korda kiiremini;

(2) töötlusserver, kus andmeid töödeldakse ja parandatakse ning kust need riikliku koordinaatsüsteemi viiakse. Töötlusserveris on kasutajatel võimalik oma algoritmide alusel andmetöötlust teha ja töötlustulemeid salvestada. Töötlusserveri kõrval on toorandmed ESA andmearhiivist. Tänu sellele ei ole vaja andmeid kopeerida ning see aitab vähendada andmete otsimiseks ja allalaadimiseks kuluvat aega. Tänu töötlusserverile saab teha suurt arvutusvõimsust nõudvaid andmetöötlusi, mistõttu ei sõltu andmetöötluste tegemine kasutaja riistvarast. Töötlusvõimekusele saavad kasutajad juurdepääsu vaid sellekohase lepingu sõlmimisel Maa-ametiga.

Selline lähenemine võimaldab kaugseireandmetel põhinevaid teenuseid arendada ka siis, kui endal vajalik suuremahuline riistvara puudub.

2020. aastal tehti selleks, et kaugseire teaduspõhiseid prototüüpe käivitada, „KAUGSEIRE“ projekti raames ESTHubi kasutatavuse analüüs²⁶. ESTHub on toiminud alles lühikest aega ning valmis alles pärast suuremate riiklike tellimuste hangete elluviimist (ptk 4). Seetõttu ei ole praegu esile tuua näiteid, kus ESTHubi keskkonda oleks teaduspõhiste prototüüpide operatiivseks käivitamiseks olulisel määral kasutatud, kuigi plaane selleks on (nt jääkaart). ESTHubi kasutatakse peamiselt andmete allalaadimiseks ning vähesemal määral nende töötlusteks. Kasutajate tagasiside põhjal on huvi ESTHubi kasutuselevõtu vastu siiski olemas ja selleks soovitakse põhjalikumalt dokumentatsiooni ning erineva taseme koolituste või kursuste olemasolu.

Kuigi ESTHubi eesmärk on pakkuda Copernicus programmi andmeid, on uuringu kohaselt ESTHubil potentsiaali olla Eesti ruumandmete keskuse alus. Sentinel andmete lihtne ja mugav kättesaadavus on hädavajalik, et kaugseirevaldkonda arendada ja kandepinda suurendada. Paraku on enamiku kasutajate jaoks praegu jaotatavad L1C ja L2A andmeproduktid liiga keerulised, kliendid tahaksid pilti näha ja oma olemasolevate andmekihtidega võrrelda. Siin võiks võtta eeskujuna ka rahvusvahelise kogemusest, näiteks Sloveeniast (Sinergise Sentinel-Hub).

Konkreetsete soovitusena on ESTHubi ettevõtjatest kasutajad esile toonud 1) Sentinel-2 WMS-teenuse loomise, mis lihtsustaks vähemalt Sentinel-2 andmete kasutamist nii töölaual- kui ka veebirakendustes; 2) Sentinel-1 WMS-teenuse täiendamise värvilise WMS- ja masinloetava API-teenusega.

Lisaks võiks Eesti rahvusvahelise koostöö raames toetada ka teiste riikide algatusi, kui need täiendavad meie oma püüdlusi, nagu näiteks TanDEM-Li missioon (DLR, Saksamaa). Selle kõrglahutusega

²⁶ CGI Eesti AS, (2020). Eesti riikliku satelliidiandmekeskuse ESTHub analüüs, doi: <http://dx.doi.org/10.23673/re-252>

täispolarimeetriselised radariandmed on sarnaselt Copernicus programmiga suures koguses tasuta kättesaadavaks tehtud ja pakuvad nii põllumajanduse kui ka jääseire jaoks suurepäraseid võimalusi.

4. Kaugseire teaduspõhiste rakenduste juurutamine

Teadmussiire ühiskonda on pikaajaline protsess, mille igal lülil on oma roll ning toimimise aeg²⁷. Kaugseire puhul on tegemist väga keerukate ja kõrget tehnoloogilist taset nõudvate protsessidega, mis lähtuvad otseselt tänapäeva ühiskonna ees seisvatest probleemidest ja kiiresti muutuvast poliitiliselt olukorrast. Seetõttu on esmatähtis avaliku ja erasektori ning akadeemilise kogukonna vastastikku motiveeriv koostöö. Eesti-laadse väikeriigi puhul on kriitilise tähtsusega, et arvesse võetaks piiratud inimvara ja rahalisi võimalusi. Dubleerimisest tuleks hoiduda, kuid toetuda ka varem elluviidud töödele ning luua konkurentsi asemel rohkem sünergiat, kus see on võimalik.



Joonis 6. Skeem: teadmismahukate kaugseiretulemite juurutamine ühiskonna erinevate vajaduste rahuldamiseks

Innovatsiooni edendavate riigihangete elluviimine satelliitkaugseire produktide arendamisel operatiivteenusteks võib Eesti satelliitkaugseire kogukonnale anda selles valdkonnas tugeva arenguiimpulsi, kasvatada nii ettevõtete kui ka teadusrühmade rahvusvahelist konkurentsivõimet ning suurendada avalike teenuste efektiivsust.

Eesti kaugseirenõukogu eestvedamisel algatati perioodil 2016–2020 neli riiklikku valdkondlikku hanget eesmärgiga käivitada Eestis Copernicus programm. Seda tegevust toetas Euroopa Regionaalarengu Fond riikliku meetme „Olemasolevate ja uute infosüsteemide nutikas arendamine (sh analüüs)” kaudu. Eesmärk oli luua vajalik infrastruktuur satelliidiandmete hankimiseks (ESTHub)

²⁷ Leydesdorff, L. ja Ivanova, I. (2016), “Open Innovation” and “Triple Helix” Models of Innovation: Can Synergy in Innovation Systems Be Measured? *Journal of Open Innovations: Technology, Market and Complexity*, 2(1) (2016) 1-12; <https://doi.org/10.1186/s40852-016-0039-7>

ning kolm pilootteenust. Pilootteenuste väljatöötamisel oli seatud nõudeks, et tagada tuleb ettevõtete koostöö asjakohase teadusliku kompetentsiga.

Satelliidiandmete kasutamise infosüsteem Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Ameti (PRIA) jaoks (SATIKAS) (2016–2018). Täideviijad CGI Eesti ja Tartu Observatoorium.

Kaugseiremeetoditega metsaressursi arvestamine KAURI jaoks (2018–2020). Täideviijad Reach-U ning TÜ Tartu observatoorium ja matemaatika instituut.

Kaugseire meetoditega jääkaardi koostamine KAURI jaoks (edaspidi „jääkaart“) (2019–2021). Täideviijad CGI Eesti ja TalTechi meresüsteemide instituut.

Paraku osutus nende uudsete teenuste hankimine ja käivitamine keerukamaks, kui esialgu tundunud oli, ning ESTHub, mis oleks pidanud olema nende teenuste alus, valmis alles pärast pilootteenuste lepingute sõlmimist (v.a jääseire oma).

Kiirelt käivitati tegevus SATIKAS loomiseks, sest PRIAs olid juba varem põhjalikud teadmised satelliidipiltide töötlemisest ja Tartu observatooriumiga selles vallas ka koostöö käivitatud. Ettevõtluspartnerina asus tegevusi juhtima suure kogemusega tarkvarafirma CGI. Pärast projekti lõppu oli PRIAl jätkutegevusteks võimalus käivitada ka uus riigihange „Satelliidiandmete kasutamise infosüsteemi (SATIKAS) arendus- ja hooldustööde tellimine“ (2018–2022). Selle tegevuse käigus tekkis ühtlasi Tartu observatooriumi teadlaste loodud *spin-off*-firma KappaZeta, kes on nüüdseks tunnustatud partner paljudes põllumajanduse kaugseire projektides ka väljaspool Eestit ning ESA hangetes. SATIKAS on kujunenud omamoodi edulooks ka Eesti tehisintellekti kasutuselevõttus²⁸. Paraku SATIKAS valmis enne kui ESTHub, ja selgus, et tagantjärele uue keskkonna jaoks arvutusmoduleid kergesti ja kiiresti ümber teha ei ole võimalik.

Kaugseiremeetoditega metsaressursi arvestamise leping on samuti värskelt lõppenud ja KAURile üle antud. Kuna ka see tegevus algas enne ESTHubi valmimist, siis pole kindel, kuidas selle käivitamine ESTHubi keskkonnas võiks õnnestuda. Ainult jääkaardi koostamise protsessi ajaks on KAURil olnud võimalus ESTHubi võimekust kasutada, see protsess jõuab lõpule 2021. a. Lisaks avas Eesti Teadusagentuur (ETAg) 2018. a programmi „RITA1“, mille raames viid läbi rakendusuuring „Kaugseireandmete kasutuselevõtt avalike teenuste väljatöötamisel“. Uuringu viis läbi konsortsium, milles osales üheksa töörühma TÜst, TalTechist, Eesti Maaülikoolist (EMÜst) ja Tartu observatooriumi *spin-off*ina OÜ KappaZeta. Nimetatud uuringu raames (2019–2020) valmisid meetodikad ja prototüübid valdkondades:

- maastikutulekahjude ennetamine ja likvideerimine²⁹;
- üleujutuste ja veetaseme seire³⁰;
- põllumajandusmaade kasutuse seire³¹;
- ehitustegevuse planeerimine ja järelevalve³²

²⁸ <https://www.kratid.ee/pria-kasutuslugu>

²⁹ Oja, T., Sagris, V., Muru, M., Sepp, E., Lang, M., Post, P., Rahu, J., Toll, V., Voormansik, T. (2020). Metsa- ja maastikutulekahjude ennetamine ja likvideerimine, doi: <http://dx.doi.org/10.23673/re-263>

³⁰ Uiboupin, R., Sipelgas, L., Rikka, S., Arikas, A., Liibus, A., Kall, T., Alikas, K., Ansper-Toomsalu, A., Tampuu, T., Kull, A., Hallik, L., Lang, M., Raudsepp, U., Maljutenko, I., Lagemaa, P., Kõuts, T., Vahter, K. (2020). Veetaseme seire, üleujutuste kaardistamine ja märgalade niiskusrežiim, doi: <http://dx.doi.org/10.23673/re-258>

³¹ Voormansik, K., Järveoja, M., Domnich, M., Sünter, I., Tamm, T., Lang, M., Sagris, V., Oja, T., Sepp, K. (2020). Põllumajandusmaade kasutuse seire, doi: <http://dx.doi.org/10.23673/re-259>

³² Puust, R., Varbla, S. (2020). Ehitustegevuse planeerimine ja järelevalve, doi: <http://dx.doi.org/10.23673/re-254>

- sademete täppiskaardistamine³³

ja ka siinne „Kaugseire jätkusuutliku rakendamise kava“³⁴. Uuringu lõpparuanne koos viidetega teaduslikele andmekogudele on leitav ETAgil kodulehelt³⁵.

Rakendusuuringu käigus valminud prototüüpidega kirjeldatakse n-ö targa kasutaja süsteemi, mille osad on:

- andmete import, ettevalmistamine;
- tunnuste arvutamine;
- mudelite koostamine;
- mudelite rakendamine, hinnangud, muutuste tuvastamine;
- valideerimine;
- tulemuste väljastamine (kaartide ja tabelitena) kasutaja spetsiifikast lähtudes.

Iga konkreetse prototüübi arendamine operatiivseks teenuseks nõuab olulisi jätkutegevusi, mille edukus sõltub paljudest teguritest:

- kasutaja teadlikkus, motivatsioon;
- tehniline võimekus;
- ülesande keerukus ja ajakriitilisus;
- kättesaadav teaduslik kompetents;
- ettevõtluse profiil ja võimekus konkreetsetes valdkonnas;
- kohalik ja rahvusvaheline turuseis;
- rahastuskeemi piirangud (bürokratia tase).

Kuigi Eestis ei ole veel kaugseirepõhiste avaliku sektori teenuste kasutamiseks väga palju kogemusi, on siiski võimalik toetuda rahvusvahelisele võrgustikule Copernicus programmi näitel. Eesti väiksus ja väga tihedad personaalsed koostöösidemed annavad alustuseks ka olulise eelise: piiratud rahaline ressurss nõuab tegevuste jaotust asutuste vahel, kuid et vältida dubleerimist, tuleb tagada teadlikkus, koordineerimine ja usaldus.

ESA ja ELi teenused on Eesti jaoks üsna uus võimalus, neile juurdepääsuks on praegu kõige olulisem panustada rahvusvahelise võrgustiku loomisesse inimvõimekust arendades: laiendada kompetentsete inimeste ringi, luua kasutajasõbralikud IT-lahendused, vahendada infot ja tagada riiklikul tasemel vajalikud lepingud.

Kaugseirerakenduste juurutamiseks on Eestis olemas nii pikaajaline kõrgetasemeline rahvusvaheliselt tunnustatud teaduskompetents ja tegutsevad tarkvaraettevõtted kui ka ESA ja ELi loodud poliitiline raamistik näiteks Copernicus programmina. Siiski vajab edasiarendamist erinevate kaugseireandmete operatiivne kättesaadavus ja nende seostamine maapealsete ruumiandmetega, Eesti üksikute

³³ Post, P., Toll, V., Rahu, J., Voormansik, T. (2020). Täppissademed, doi: <http://dx.doi.org/10.23673/re-257>

³⁴ Noorma, A., Lang, M., Alikas, K., Jakobson, L., Olesk, A., Kutser, T., Post, P., Toll, V., Uiboupin, R., Sipilgas, L., Raudsepp, U., Rikka, S., Oja, T., Sagris, V., Puust, R., Liibus, A., Sepp, K., Järveoja, M., Voormansik, K. (2020). Kaugseire jätkusuutliku rakendamise kava, doi: <http://dx.doi.org/10.23673/re-250>.

³⁵ www.etag.ee

teenuste vaheline sünergia ning uute meetodite ja satelliidiandmete kättesaadavus kohalikuks kasutuseks. Selleks on vaja kõigis valdkondades:

- globaalsed teenused kalibreerida ja valideerida Eesti olude jaoks, et otsustada, millised saame otse üle võtta, millised prioriteetidest lähtudes Eestis arendada ja eksportida ning millised importida;
- Eesti Keskkonnaobservatooriumi (KKOBS) aladele luua kaugseire lisainfo teenus nii atmosfääri-, mere- kui ka metsapiirkondade ja kliimamuutuste indikaatorite jaoks. Samal ajal kasutada KKOBSi raames mõõdetud parameetreid satelliitide kalibreerimiseks ja valideerimiseks ning luua neile vastavad kvaliteedinäitajad;
- arendada välja kaugseireandmete masstöötlamise võimekus, et luua pikaajalisi (üle kümne aasta) geofüüsikaliste parameetrite aegridu ning statistilisi aluskaarte Läänemere regiooni teadusrakenduste jaoks. Kaugseirepõhised aegread viia kujule, mida saaks mugavalt kasutada sisendina (nt mudelitesse assimileerides) looduslike protsesside (sh kliimamuutuste) uurimisel. Luua kõiki keskkondi hõlmavad kaugseireproduktid.

Et kaugseirevaldkonna sisulised tegevused edukalt toimiksid, on vajalik, et riigi tasemel tagataks järjepidevalt vajalikud koostöölepped nii ESA kui ka ELi kosmoseprogrammiga ning toimiksid partnerlussuhted teiste riikidega. Seetõttu tuleb jätkata analüüsi ja arutelu, kuidas vajalikud süsteemid Eestis luua, milline on eri vastutajate roll ja omavaheline struktuur ning positsioon Eesti kosmoseprogrammi raames.

Eesti kosmoseprogrammi eduka elluviimise alus on riigisisene koostöö. Kaugseirevaldkonnaga haakuvaid probleeme on pea kõigi ministeeriumide haldusalas (näited ptk 5). Senini on Keskkonnaministeeriumi (KeM) ja allasutuste tellimisel pikka aega tehtud rannikumere ja Eesti maastike kaugseiret, Läänemere jääseire projekte ning atmosfääri UV-kiirguse ja osooni kaugseire analüüse. Koostöö Euroopa ilmasatelliitide organisatsiooniga EUMETSAT toimub KeMi vahendusel ning Eesti Ilmateenistuseeni jõuab kõige värskem satelliidiinfo. Eesti ambitsioonikust kaugseirevaldkonnas näitab ka Vabariigi Valitsuse otsus toetada 2020. a KeMi ettepanekut, et Eesti kandideeriks Euroopa Keskpika Ilmaennustuse Keskuse (ECMWF) asukohamaaks. Loodav keskus oleks toonud Eestisse silmapaistvad kaugseirespetsialistid ja teadlased ning ergutaks Eesti ettevõtlust ja tööjõuturgu.

Samas on Eesti kosmosevaldkonna koordineerija kosmosepoliitika elluviijana olnud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium (MKM) ning Eesti ESA delegatsiooni tööd juhatakse EASi Eesti kosmosebüroo kaudu. Kosmosesuund taaskäivitati Haridus- ja Teadusministeeriumi algatusel juba Eesti liitumisel EL-iga 2004. aastal, kui Euroopa kõrgetasemelises kosmosepoliitika töörühmas nimetati Eestit esindama Tartu observatooriumi direktor. Koostöö ESAGA on alates 2010. aastast Tartu observatooriumi ettepanekul olnud Eesti teadustaristu teekaardil³⁶. Sellekohase taristu loomist Eestis on toetatud mitmesuguste projektide kaudu ja 2020. a otsustas seda toetada ka Vabariigi Valitsus³⁷, kui Tartu Ülikoolis hakati looma vajalikku riikliku tähtsusega infrastruktuuri, et osaleda ESA kosmoseteaduse- ja kaugseiremissioonides. Selle ühiskasutusreeglid töötakse välja koos TalTechi töörühmadega. ETAg on samal ajal vastutav ELi teadus- ja koostööprogrammi kosmose alateema

³⁶ <https://www.etag.ee/rahastamine/infrastruktuuritoetused/teadustaristu-teekaart/>

³⁷ <https://www.etag.ee/rahastamine/infrastruktuuritoetused/infrastruktuuride-toetamine/>

elluviimise eest Eestis (NCP), kuid ELi Copernicus programmi Eesti esindaja ja Copernicus kasutajate foorumi esindaja on nimetanud MKM. Järgmise perioodi ELi koostööprogrammide planeerimisel on algatatud ka näiteks avalik arutelu ELi kaitse-, kosmose- ja tsiviiljulgeolekutööstuse³⁸ võimalustest kiiresti muutuv ja enneolematu konkurentsiga keskkonnas. Seega tuleb ka Eestis need olukorrad aegsasti läbi arutada, et oma seiskohad kujundada.

Eesti ülikoolides on praegu käigus arvukalt erinevaid teadus- ja arendusprojekte (tabel 2), mille tulemused loovad aluse edasiseks rakendusuringuks või innovatsiooniks. Mitu lepingulist tööd on tehtud ka ESA kaudu (ptk 1). Kuigi need ei ole lähtunud otseselt riiklikest rakendusvajadustest, on need suurendanud Eesti ettevõtete kogemusi ja rahvusvahelist nähtavust. Kaetud on peaaegu kogu kaugseire tegevusahel: satelliiditehnoloogia ehitamine, andmete kogumine nii kosmosest kui ka Maa pealt, algoritmide arendamine, suurandmete töötlemise tehnoloogiad, sellekohase hariduse pakkumine ja teavitustegevus. Paraku on viiakse neid tegevusi enamasti ellu lühiajaliste ja väikesemahuliste lepingute kaudu, mille jätkutegevusi on keeruline planeerida. Kaugseirevaldkonnas tuleks mitmesuguste mudelite arendamiseks rohkem rakendada tehisintellekti, sest see on tuleviku kaugseireteenuste tuum.

Tabel 2. Eesti ülikoolides kaugseirevaldkonnaga seotud teadus- ja arendusprojektid 2020. aastal (andmed Eesti teadusinfosüsteemist ETIS³⁹)

Tellijah/rahastaja periood	Projekti nimi (lühend)	Vastutav täitja ja asutus
ELi H2020 2020–2022	Copernicus kaugseireandmete usaldusvääruse tagamise põhimõtted ja infrastruktuur (CCSV)	Riho Vendt / TÜ
EUMETSAT 2017–2021	Euroopa metroloogiauringute ja innovatsiooniprogrammi (EMPIR) koostööprojekt MetEOC3 – metroloogia tugi Maa ja kliima kaugseire uuringutele	Joel Kuusk / TÜ
ELi H2020 2018–2022	Uus hüperektraalne radiomeeter maapinna peegeldusteguri mõõtmiseks integreerituna automatiseeritud seiresatelliitide valideerimisjaamade võrgustikku (HYPERNETS)	Joel Kuusk / TÜ
ETAg: PUT 2017–2020	Metsa alustaimestiku globaalne kaardistamine ning selle rakendused (GLAMORAS)	Jan Pisek / TÜ
ETAg: RITA1 2019–2020	Kaugseireandmete kasutuselevõtt avalike teenuste väljatöötamisel ja arendamisel (Kaugseire)	Anu Noorma / TÜ
ELi FPA 2018–2024	Copernicus kasutajate kaasamine (FPCUP)	Anu Noorma / TÜ
ETAg: PSG 2018–2021	Veepoliitika raamdirektiivi nõuete täitmise edendamine ja järvede kaugseirerakenduste parendamine neeldumisparameetrite täpsema määratlemise kaudu	Kersti Kangro / TÜ
ETAg: PUTJD 2018–2021	Suspensioonis olevate osakeste omaduste hindamine jõgede väljavoolu mõjualal <i>in situ</i> ja satelliidiandmete põhjal	Martin Ligi / TÜ
ETAg: MobJD 2020–2022	Kas veepuudus ähvardab? Kahe viimase aastakümne põudade mõju Euroopa metsade kasvule	Jan-Peter George / TÜ

³⁸ <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12611-Action-Plan-on-synergies-and-cross-fertilisation-between-the-civil-defence-and-space-industries>

³⁹ www.etis.ee

Kaitseväe Akadeemia 2019–2023	Eesti muldade läbivuse andmete täpsustamine ja metsade taktikalise mõju kaardistamine, sh tehnilise lahenduse väljatöötamine	Mait Lang / TÜ
ELi H2020 2019–2022	Euroopa Liidu põllumajandustoetuste infosüsteemi arendamine (NIVA)	Mait Lang / TÜ
eraettevõtte 2018–2020	Kaugseire meetoditega metsaressursi arvestamine – kosmosepiltide ja laserskaneerimise andmete töötlemise lõimimine infosüsteemi	Mait Lang / TÜ
KIK 2020–2022	Kopra elupaikade tuvastamine Eestis kaugseire ja masinõppe meetoditega	Mihkel Kaha / TÜ
ESA 2018–2021	Kaugseire andmete kasutamine säästliku arengu toetamiseks (EO4SD)	Tiit Kutser / TÜ
ETAg: PRG 2019–2023	Mikroskaalast globaalprobleemideni – kaugseire meetodite rakendamine erinevates teadusuuringutes	Tiit Kutser / TÜ
ETAg RITA 1 2019–2021	Eesti mereala keskkonna ja loodusväärtuste hindamise ja seire innovaatilised lahendused (MereRITA alamprojekt)	Tiit Kutser / TÜ
ELi H2020 2021–2023	Copernicus sisevete teenuste tulevik (Water-ForCE)	Tiit Kutser / TÜ
ESA 2019–2021	Satelliitide Sentinel-2 ja Sentinel-3 kalibreerimise andmebaas ning bio-optilised produktid Läänemere tarbeks	Tiit Kutser / TÜ
ETAg: PUT 2016–2021	Optiliste meetodite ja <i>in situ</i> andmete integreerimine hindamiseks stressi mõjusid põhjataimestikule ning põhjataimestiku primaarproduktiooni kliimamuutuste kontekstis	Ele Vahtmäe / TÜ
ETAg: Mobilitas 2019–2022	Järve biogeokeemiliste näitajate ja valgala omaduste vaheliste seoste uurimine uute kaugseire satelliitide ning tihedasageduslike andmete abil	Kaire Toming / TÜ
ETAg:PRG 2019–2023	Kasvuhoonegaaside vood märgalades lokaalsest globaalseni – kliima soojenemise ja maakasutuse mõju	Ülo Mander / TÜ
SA KIK 2019–2021	Veekaitsevööndite reostustundlikkuse ja kaldavööndi puhverribade rajamise vajalikkuse hinnangute kaardikihtide loomine	Evelyn Uuemaa / TÜ
eraettevõtte	Tuhaväljadel ja taasmetsastatud karjäärialadel neeldunud CO ₂ mõõtmine satelliitidega	Piia Post / TÜ
ETAg: PSG 2019–2022	Tööstusemissioonidest saastunud pilved aitavad mõista inimtegevuse kliimamõju	Velle Toll / TÜ
ETAg MOBTT 2017–2022	Atmosfääri keemiline koostis ja koostoimed: gaasidest osakeste tekke ja kliima muutuseni	Heikki Junninen / TÜ
Välisriigi erasektor	Copernicus merekeskkonna seireteenused Läänemere seire ja prognoosikeskuses	Urmas Raudsepp / TalTech
KAUR	Kaugseire meetoditega jääkaardi koostamine	Rivo Uiboupin / TalTech
KeM 2010–2023	Mere prognoosmudelisüsteemi uuendamine (NEMO)	Jüri Elken / TalTech
KIK 2020–2022	Kaugseire rakendamine Eesti siseveekogude seire planeerimiseks	Liis Sipelgas / TalTech
ETAg: PUT 2017–2021	Läänemere viimase 70 aasta geotsentrilise meretaseme- ja maatoosu määramine kasutades satelliitaltimetriat	Aive Liibusk / EMÜ

5. Kaugseire edasised prioriteetsed uuringusuunad

Nagu eespool (ptk 2) näidatud, hõlmab kaugseire väga erinevatel platvormidel (satelliidid, lennukid, droonid, laevad, poid jne) olevaid sensoreid, mis kasutavad elektromagnetkiirguse eri osi (nähtav valgus, mikrolained, infrapunakiirgus jne). Seetõttu on potentsiaalseid kaugseirerakendusi erinevate ministriumide haldusalades palju. Allpool on toodud neist ülevaade ministriumide kaupa. Tegevused, mille elluviimiseks on Eestis olemas kompetents ja mida on võimalik asuda täitma lähiajal, on toodud lisades 1–43.

Väärrib märkimist, et lisades toodud uuringusuunad on praegu väga erinevates arengustaadiumides. Mõnel juhul on vaja teha analüüs ja katsetada, kui suure täpsusega konkreetne meetod Eesti oludes töötab, ning seejärel valmistada ette tööriist (kasutajaspetsiifiline tarkvara), mis võimaldaks avalikul sektoril konkreetse kaugseireteenuse mugavalt ja operatiivselt kasutusele võtta. Paljude pakutud uute suundade jaoks on vaja teha lisaks rakendusuring ja luua töötav prototüüp. On ka neid, mis eeldavad esmalt teadusuuringut, ning alles selle järel on võimalik välja töötada metoodika, kuidas tulemid kasutajatele käepäraseks teha.

Lisades 1–43 pakutud uurimisteemad on kirjeldatud ühtse struktuuriga tabelites, mis sisaldavad töö eesmärki, ministriumide ja ametite loetelu, kelle haldusalasse konkreetne probleem peaks kuuluma, töö seotust poliitika ja arengukavade ülesannete täitmisega ning lühikest sisukirjeldust. Kõik uuringuteemad on varustatud kontaktisikute nimede ja nende e-posti aadressidega, et võimaldada ministriumide esindajate kiiret otsesuhtlust uuringute autoritega.

5.1. Keskkonnaministrium

Ajalooliselt on kaugseire riistvara ja meetodite areng olnud põhiliselt seotud sõjanduse ning keskkonnaseirega. Kui Eesti teadlaste panus militaarse kaugseire vallas on tõenäoliselt pigem tagasihoidlik, siis keskkonnaseire vallas on Eesti teadlastel aastakümnetepikkused kogemused ning maailmas hinnatud kõrge kompetents. Seepärast ei ole üllatav, et enamik lisades 1–43 välja pakutud prioriteetsetest uuringusuundadest on kas otseselt või kaudselt seotud KeMi haldusalas olevate tegevustega.

Tehniliselt ja metodoloogiliselt on kaugseire abil võimalik seirata väga paljusid olulisi keskkonnaga seotud parameetreid ning teha seda suure ajalise sagedusega. Teisalt ei ole see alati majanduslikult mõttekas, näiteks kui mõne parameetri seireks või protsessi jälgimiseks on iga päev vajalik teha mõõtmisi lennukilt või soetada suure lahutusega kalleid satelliidipilte. See oleks küll kindlasti odavam, kui teha analoogseid mõõtmisi kohtmõõtmistega, kuid võib osutada siiski mõttetult kalliks lõpptarbijale (näiteks ministriumid ja ametid). Seepärast on allpool toodud prioriteetsed uuringusuunad pakutud eelkõige sellised, mis võimaldaksid keskkonnaseirele ja -uuringutele kuluvaid ressursse kokku hoida, mitte sellised, mis võimaldaksid teaduse ja tehnoloogia võimekust vaid demonstreerida. KeMi ja selle allasutuste tegevustega seotud uuringusuunad on jagatud nelja suuremasse rühma ning osa pakutud temadest sobitub rohkem kui ühte rühma.

Maismaa ja taimkatte kaugseire

Mitu uuringuteemat on setud metsandusega, näiteks statistilise metsainventuuri kaugseire tugi (lisa 1), kaugseireandmete kasutamise tugi metsakorraldajatele ja metsaomanikele (lisa 2) ning metsade albeedo ja tootlikkuse mõõtmine (lisa 3).

Taimkatte ja maastike seire vallas on pakutud välja uuringusuundi, mis on seotud rannaniitude seisundi parandamise (lisa 4), taimestiku stressi seire (lisa 5), taimekahjurite ja -haiguste kontrolli (lisa 6), täppisviljeluse ja mullaseire (lisa 7), maastikumuutuste kaardistamise (lisa 8), turbamaardlate ressursitasude kontrolli (lisa 9), ehitusmaavarade kasutamise (lisa 43), soode niiskusrežiimi (lisa 36) ning maaparandussüsteemide tehnilise seisundi seire (lisa 40), maastike tuleohu hindamise (lisa 10), põllupõhise fenotüüpimise (lisa 11) ning tolmendajate elurikkuse säilitamisega (lisa 12).

Siseveekogude kaugseire

„KAUGSEIRE“ raames valmis üleujutuste operatiivse kaugseire teenuse prototüüp (lisa 13). Järvedes on võimalik hinnata nii muutusi suurtaimestikus (lisa 14) kui ka põhjataimestikus (lisa 15). Kaugseire abil saab uurida ajalis-ruumilisi muutusi järvedes, tehes seda ka tagasiulatuvalt. Kaugseire võimaldab jälgida ka fütoplanktoni sesoonset dünaamikat (lisa 16) ning seirata potentsiaalselt toksilisi vetikaõitsenguid (lisa 17). Lisaks on kaugseiret võimalik kasutada kohtseire planeerimisel (lisa 18) ja ELi veepoliitika raamdirektiivi rakendamisel (lisa 19).

Mere kaugseire

Mere kaugseire teenused võib ajakriitilisuse järgi jagada kaheks: operatiivsed (reaalajas) toimivad teenused ning mitteajakriitilised teenused. Näiteks eeldavad operatiivne okeanograafia (lisa 20), veetaseme kaugseire (lisa 21) ja toksiliste vetikaõitsengute seire (lisa 17), et tulemused on kasutajatele kättesaadavad hiljemalt mõne tunni jooksul peale satelliidi ülelendu. Merepõhi (lisa 22), selle taimestik (lisa 15) ja füüsilised häiringud (lisa 23) ei vaja igapäevast või veelgi tihedamat seiret, kui tegemist ei ole suuremahuliste muutustega, nagu näiteks süvendustööd või tuuleparkide rajamine. Mõne ülesande lahendamiseks (näiteks põhjataimestiku maksimaalne katvus või põhjataimestiku fikseeritud süsiniku hulk, roll süsinikuringes) on vaja vaid kord aastas toodetavat kaugseireprodukti (lisa 15). Plasti ja muu prügi leidumist vees ning randades võiks kaardistada (lisa 24) sagedamini kui kord aastas (näiteks kord kuus).

Läänemeri on oma omaduste poolest palju keerukam kui enamik teisi Euroopa meresid. Seepärast ei ole siin ilma kohandamata kasutatavad kaugseireproduktid, mis on välja töötatud teiste merede tarbeks. Seega on vaja algoritme ja meetodeid kas kohandada või töötada välja uued (lisad 17, 19–21, 23).

Lisaks eelmainitud arengusuundadele, mis kasutavad „päris“ kaugseiret droonidelt, lennukitelt ja satelliitidelt, on kaugseire abil võimalik automatiseerida ka laboriuuringuid (lisa 25). Näiteks meres kogutakse mikroprügi planktonivõrguga ning prügi tüüp ja hulk tehakse kindlaks filtritelt, mida uuritakse mikroskoobi all. See on väga ajamahukas protsess, mida saaks automatiseerida, kasutades filtritest tehtud hüperspektraalseid pilte (TÜ Eesti mereinstituudi HySpexi spektromeetri ruumiline lahutus laboritingimustes on 0,9 mm) ning töötada välja meetodika, mis võimaldaks automaatselt tuvastada filtrile jäänud erinevat tüüpi materjalid ja nende kaalu.

Atmosfääri ja kliimaga seotud kaugseire

Kaugseiremeetoditega on võimalik hinnata päikese ja tuuleenergia tootmispotentsiaali Eestis (lisa 26), seirata ja prognoosida õhukvaliteeti (lisa 27), analüüsida kliimamuutuste projektsioone (lisa 28), uurida ekstreemsete kliimaolude esinemist (lisa 29), hinnata ökosüsteemi teenuste dünaamikat (lisa 30), mõõta antropogeense süsihappegaasi emissioone (lisa 31), kaardistada metsade, niitude ja teiste ökosüsteemide elurikkust (lisa 33, veekogudes lisa 15) ning kuumasaari Eesti linnades (lisa 34).

Kliima probleemistikuga on seotud ka liigniiskete ja põuast kahjustatud alade (lisa 35), soode niiskusrežiimi (lisa 36) ja kultuurökosüsteemiteenuste kaardistamine (lisa 37). Lisaks sellele toetavad kliimamuutuste ning selle tagajärgedega toimetulekut tolmendajate elurikkuse (lisa 12), järvede ja merede ajalis-ruumiliste muutuste (lisad 20 ja 38) ning merepõhja taimestiku seire (lisa 15) teemad.

5.2. Maaeluministerium

Kaugseire abil on võimalik optimaalsemalt planeerida ja seirata põllumajanduse ja sinimajanduse protsesse ning hinnata kliimamuutuste potentsiaalset mõju neile. Sinimajanduse toetuseks on pakutud projekt merepõhja taimestiku kaardistamiseks (lisa 15). Ühelt poolt võimaldab see projekt merealasad ruumiliselt planeerida ehk valida välja kohad, kus oleks mõeldav näitaks kala-, vetika- või karbikasvatus. Teiselt poolt saab sama meetodikaga jälgida rohemajanduse mõju madalatele merealadele. Kolmandaks võimaldab projekt hinnata madalate rannikualade osa Eesti süsinikuringes. Sinimajandusega on seotud veel potentsiaalselt toksiliste vetikaõitsengute teema (lisa 17), sest toksilised õitsengud võivad ohustada vesiviljelust, aga teisalt olla ka vesiviljeluse tagajärg. RITA1 programmi projekti „Eesti mereala keskkonna ja loodusväärtuste hindamise ja seire innovaatilised lahendused“ raames katsetati erinevaid kaugseireandmeid (droonifotod, ortofotod, hüperspektraalsed pildid lennukilt, multispektraalsed pildid satelliitidelt) ka selleks, et kaardistada kalade kude- ja turgutusalasid Eesti rannikuvetes.

Erinevate kaugseiremeetodite ja -sensorite kasutamismõimalused põllumajanduses on väga laiad. Kaugseire abil saab teha Eesti põllumaade viljakuskaardi (lisa 39), toetada täppisviljelust (lisa 7), seirata taimekahjureid ja -haigusi (lisa 6), tolmendajaid (12), taimestiku stressi (lisa 5), ökosüsteemide seisundit ja elurikkust (lisa 33). Satelliidiandmete põhjal on võimalik kaardistada maastikumuutusi (lisa 8) ja kultuurökosüsteemide muutusi (lisa 37) ning hinnata ökosüsteemi teenuste dünaamikat (lisa 30). Drooniandmetele tuginedes saab toetada põllumajanduse keskkonnakavasid ning rajada põllupõhine fenotüüpimissüsteem (lisa 11).

Kaugseire abil on võimalik jälgida maaparandussüsteemide tehnilist seisundit (lisa 40), kaardistada nii reaalajas kui ka tagasiulatuvalt liigniiskusest ja põuast mõjutatud alasid (lisa 35), seirata soode niiskusrežiimi (lisa 36) ning täpsustada turvasmuldade levikut (lisa 36). Kaugseireandmed võimaldavad uurida ka ekstreemsete ilmaolude mõju põllumajandusele (lisa 29).

5.3. Majandus- ja kommunikatsiooniministerium

Lisaks MKMi kui Eesti kosmoseministeriumi toetamisele ELi kosmoseprogrammi elluviimisel ja Copernicus programmis osalemisel on kaugseirel pakkuda ka otseseid teenuseid, et riik efektiivsemalt

toimiks. Mitu neist on seotud loodusressursside ja nende hindamisega. Näiteks on võimalik hinnata päikese- ja tuuleenergia potentsiaali Eestis (lisa 26), antropogeense süsihappegaasi emisiooni (lisa 31), maastikumuutusi (lisad 8 ja 37) ja ehitusmaavarade mahtusid (lisa 43) ning toetada metsade tootlikkuse ja kasutamise seotud tegevusi (lisad 1–3). Masinnägemise ja droonide abil saab automaatselt ehitisi tuvastada (lisa 41). Merel ja mererannikutel on vaja kasutada kaugseirel põhinevaid operatiivokeanograafia teenused (lisa 20), et tagada laevanduse, turismi ja vesiehitiste ohutus, ning mitut muud merega seotud teenust (lisad 21–23, 15), et seal majandustegevust planeerida.

5.4. Siseministerium

Siseministeriumi haldusala tegevuste toetamise kaugseire abil võib jagada kaheks laiemaks suunaks:

- merealade ja maismaa ruumiline planeerimine,
- operatiivteenused.

Merealade ruumilisel planeerimisel on oluline teada vee sügavust ja merepõhja taimestikku. Veeteede Ameti andmetest on näha, et madalad (alla 4–5 meetri) Eesti merealad on viimati kaardistatud aastal 1953 või enne seda. Sellised alad on hüdrograafialaevaga pea ligipääsmatud ning ka väiksemate alustega on rändrahne ja madalikke täis vees keeruline opereerida. Merealade ruumilisel planeerimisel on ühtlasi oluline hinnata merepõhja kooslusi (näiteks selleks, et määrata, kas tegemist on olulise kudealaga). Eesti mereinstituudi teadlased on selleks viimase 15 aasta jooksul teinud üle 13 400 videomõõtmise, mis kokku katavad umbes 2 km² Eesti rannikumerest ehk väga väikese osa Eestist. Kaugseirega on madalatel merealadel (ja järvedes) võimalik kaardistada nii vee sügavust (lisa 22) kui ka seal esinevat taimestikku (lisa 15).

Ka maismaal on võimalik kasutada kaugseiret ruumilise planeerimise toeks, seda näiteks maastikumuutuste kaardistamisel (lisa 8) ja linnade kuumasaarte seirel (lisa 34).

Mitu ametit (Veeteede Amet, Politsei- ja Piirivalveamet, Päästeamet) vajavad oma ülesannete täitmiseks operatiivse okeanograafia teenuseid. Nii mõndagi neist on võimalik pakkuda kaugseireandmetele tuginedes (lisa 20). „KAUGSEIRE“ raames arendati välja kaugseirel põhinev veetaseme ja mereprognooside teenuse prototüüp (lisa 21), mille saab lähiajal arendada edasi rutiinselt toimivaks teenuseks. Teine „KAUGSEIRE“ raames väljatöötatud teenuse prototüüp võimaldab operatiivselt seirata üleujutusi (lisa 13). Samuti on „KAUGSEIRE“ prototüüpi võimalik kasutada maastike tuleohu hindamisel (lisa 10).

5.5. Kaitseministerium

Eestis on väga erinevates valdkondades olemas kõrgelt kvalifitseeritud kaugseirespetsialistid, kes suudaksid pakkuda Kaitseministeriumile ja kaitsejõududele tuge nende ülesannete elluviimisel. Seda saaks teha nii Eesti kaitsevõime parandamisel kui ka välismissioonide toetamisel.

Näiteks võimaldab merepõhja tüübi ja vee sügavuse kaardistamine madalatel merealadel (lisa 22) paremini planeerida rannakaitset (pehmetel põhjadel on dessant ebatõenäolisem kui kõvadel) või eri veekogude kallastel toimuvaid välismissioone. Kasutada saab nii tasuta kaugseireandmeid (näiteks Copernicus programmi omi) kui ka parema ruumilise lahutusega andmeid, mida on praegusel ajal

võimalik osta paljudelt pakkujatelt. Kaugseire abil on võimalik pakkuda ka operatiivseid teenuseid. Näiteks toetaks lisas 20 pakutud operatiivkeanograafia teenus mereväe tegevust. Otseselt Kaitseministeeriumi tarbeks on välja pakutud idee rakendada kaugseireandmeid, et täpsustada kaitseotstarbeliste planeeringute lähteandmeid (lisa 42), kuid kaudselt toetavad Kaitseministeeriumi ja Eesti Kaitseväe tegevust ka metsaga seotud kaugseirerakendused (lisa 1).

5.6. Rahandusministeerium ja Sotsiaalministeerium

Nii Rahandus- kui ka Sotsiaalministeeriumi tegevustega haakuvad linnalise keskkonna ja kuumasaarte seirega seotud uurimisteemad (lisad 32 ja 34).

5.7. Haridus- ja teadusministeerium

Hariduslikud ja teaduslikud tegevused ei ole siinses kavas eraldi välja toodud, kuid moodustavad sisult kaugseirerakenduste baasi. Kui akadeemilised institutsioonid, avalik sektor ja ettevõtted koostöös teaduspõhiseid rakendusi välja töötavad, on nii Eesti-siseste kui ka ELi projektide puhul üldiselt ette nähtud levitamise- ja avalikustamistegevused. Teadustöötajad võtavad omal initsiatiivil ja ka ametijuhendist lähtuvalt ette palju tunnustust väärivaid teaduse populariseerimise tegevusi, süsteemselt korraldab sellised konkursse ka ETAg. 2020. aastal sõlmisid ESA ja TÜ Tartu observatoorium lepingu ESA haridustegevuste (ESERO) tutvustamiseks.

Kosmosevaldkonnaga seotud teadustegevust rahastatakse Eestis üldise konkurentsipõhise rahastuskeemi alusel ja paraku ei vasta see valdkondlikele iseärasustele (pikaajaline, multidistsiplinaarne). Et rahastada Eesti kosmoseprogrammi täimiseks vajalikke alusuuringuid, tuleks välja töötada eraldi meetmed koostöös HTMi, MKMi, nende allasutuste ja ülikoolidega.

6. Soovitused

Kaugseireprotsessid on väga keerukad ja nõuavad kõrget tehnoloogilist taset. Need tõukuvad otseselt tänapäeva ühiskonna ees seisvatest probleemidest ja kiiresti muutuvast poliitiliselt olukorrast. Seetõttu on esmatähtis avaliku sektori, eraettevõtluse ja akadeemilise kogukonna vastastikku motiveeriv koostöö. Eesti-laadse väikeriigi puhul on kriitilise tähtsusega, et arvesse võetaks piiratud inimvara ja rahalisi võimalusi. Doubleerimisest tuleks hoiduda, kuid toetuda varem tehtud töödele, luues konkurentsi asemel sünergiaid.

Copernicus pole ainult keskkonna jälgimise programm, vaid oluline element Euroopa Komisjoni 2019.–2024. aasta poliitiliste prioriteetide elluviimisel. Seda peaks nii käsitlema ka Eestis ning seostama eri poliitikavaldkondadega kogu riigi valitsemisalas, mitte piirduma ainult majandusliku mõju näitajatega. Kaugseirevõimalused peaksid olema kaasatud valdkondlikesse arengukavadesse ja riiklikesse programmidesse. Riigisektori ning teadus- ja arendusasutuste mõjus koostöö väljendub vastastikuse teabevahetuse tulemusena selles, et uurimistöö suunatakse ühiskonna ees seisvate väljakutsete lahendamisele.

Euroopa kaugseirevõimekus peab vastama operatiivteenuste nõuetele, mis toetavad nii institutsioonilisi vajadusi kui ka ärilisi algatusi. Kuna kõik liikmesriigid peavad sellesse ühiselt ka panustama, siis on Eesti jaoks kriitilise tähtsusega omada nii põhjalikku teadmist uudetest tehnoloogivõimalustest kui ka jätkusuutlikku plaani, kuidas neid Eesti heaks kasutada.

Copernicus programmi Sentinel satelliitide orbiidile viimisel ning nende andmete vaba levitamise põhimõttel on viimase viie aasta jooksul olnud Euroopa satelliitkaugseire turu arengule väga suur mõju. Tasuta andmete kättesaadavus koos tehisintellekti ja masinõppe valdkondade kiire arenguga loob eeldused uute rakenduste turuletoomiseks ja uute ärimudelite esilekerkimiseks. Selliste tegevuste tulemusena valideerivad tellimuste täitjad oma väärtuspakkumise ja saavad referentsi, millele edasises turundustegevuses toetuda. Turu dünaamika alusel võib hinnata, et innovatsiooni edendavate riigihangete elluviimine Eestis eesmärgiga satelliitkaugseireprodukte operatiivteenusteks arendada võib Eesti satelliitkaugseire kogukonnale anda tugeva arenguimpulsi, suurendada nii ettevõtete kui ka teadusrühmade rahvusvahelist konkurentsivõimet ning parandada avalike teenuste efektiivsust.

ESA ja ELi kosmoseteenused on Eesti jaoks üsna uus võimalus, neile juurdepääsuks on praegu kõige olulisem panustada rahvusvahelise võrgustiku loomisesse inimvõimekuse arendamise kaudu laiendada kompetentsete inimeste ringi, luua kasutajasõbralikud IT-lahendused, vahendada infot ja tagada riiklikul tasemel vajalikud lepingud.

Üks takistus uudsete ideede elluviimisel on ka vähene teadlikkus võimalustest, kuid hoopis olulisem on pikaajaline probleem, et Eestis viiakse teadusmahukaid arendusi ja uuringuid ellu lühiajaliste ja suurte bürokraatlike projektide kaudu. Kuigi Eesti kaugseirevaldkonna teaduslik kompetents on rahvusvaheliselt laialdaselt tunnustatud, siis selle rakendamine ühiskonnas ja kaasamine ettevõtlusesse vajab lisategevusi, mida saab ellu viia vaid riikliku koordineerimise abil.

Kaugseire jaoks vajalikud alusuuringud rahastatakse Eestis üldise konkurentsipõhise rahastuskeemi alusel ja paraku ei vasta see valdkondlikele iseärasustele (st pikaajaline ja multidistsiplinaarne uuring) ning rahvusvahelistele rollidele, mille Eesti on endale ESA liikmena võtnud. Et rahastada Eesti kosmoseprogrammi täimiseks vajalikke alusuuringuid, tuleks välja töötada eraldi meetmed koostöös HTMi, MKMi, nende allasutuste ja ülikoolidega.

Eesti satelliidiandmete keskusel ESTHub on kõrge potentsiaal saada peamiseks kohaks, kus riigiasutused satelliidiandmeid töötlevad ja mille baasil luuakse uusi teenuseid. Et saavutada sünergia era- ja avaliku sektori vahel, tuleks eraldi põhjalikult analüüsida ühtse ja integreeritud ruumiandmete platvormi loomise võimalust ja otstarbekust, lähtudes Eesti riiklikest eesmärkidest. Ka eraettevõtetele peaks pakkuma kogu ESTHubi töötlusvõimekust turutingimustel ning looma erasektorile motiveerivad riiklikud meetmed.

Alates 2020. aastast panustab Eesti ESA valikprogrammi InCubed+ (Investing in Industrial Innovation Plus), mis on suunatud ettevõtlussektori äriliselt jätkusuutlike kaugseireprojektide kaasfinantseerimisele, kuid ei panusta Maa kaugseire programmi FutureEO (Future Earth Observation Programme). Selline valik ahendab teadlaskonna võimalusi teadusarendustööde rahastamiseks tehnoloogia valmidusastmete skaala madalamatel tasemetel.

Rõhutame, et ESA kaugseire programmidesse sisenemine on olnud pikaajaline ja edukas protsess ning selle lõpetamine tähendaks, et Eesti ettevõtetal ja teadusrühmadel kaob võimalus liituda partneritena uute algatustega ja seega kaotatakse ka kontakt teaduse ja tehnoloogia tipptasemega. Seetõttu on määrava tähtsusega Eesti osalus ESA kaugseire valikprogrammis, et tagada nii pikaajaliste uuringute elluviimiseks kui ka sellekohase ettevõtluse käivitamiseks vajalik stabiilsus.

Eestis ei ole Euroopa Komisjoni kosmoseprogrammides osalemisele senini süsteemselt lähenetud ning edulood põhinevad pigem üksikute entusiastlike teadlaste aktiivsusel. Kaugseire arendamist Eestis ei planeerita strateegiliselt ja pikaajaliselt. Varem Kosmoseasjade Nõukogu juures tegutsenud Kaugseire Nõukogu tegevus hääbus vaikselt, mis näitab, et ilma konkreetse eesmärgi, vastutuse ja eelarveta kogude najal ei saa seda tegevust ka efektiivselt korraldada. Seetõttu tuleb jätkata analüüsi ja arutelu, kuidas vajalikud süsteemid Eestis luua, milline on eri vastutajate roll ja omavaheline struktuur ning positsioon Eesti kosmoseprogrammi raames.

Eestis on kaugseire valdkonna tegevused hajutatud sageli vastandlike huvidega ministeeriumide ja nende allasutuste vahel. Eesti Kosmoseagentuuri loomine võimaldaks Euroopa Kosmoseagentuuri ning Euroopa Liidu teadusuuringute ja innovatsiooni raamprogrammide kaasabil tagada, et riigi strateegilistest vajadustest tõukuv ja innovatsiooni edendav Eesti kosmosevaldkonna ökosüsteem on elujõuline ega ole liigselt killustatud.

LISAD

Lisa 1

Eesti metsade statistilise metsainventuuri kaugseiretoe arendamine segametsade jaoks
Autor/kontakt: Mait Lang, Tartu observatoorium, Tartu Ülikool; metsandus- ja maaehitusinstituut, Eesti Maaülikool; mait.lang@ut.ee
Eesmärk: Eesti riikliku statistilise metsainventuuri võimekuse tõstmise segametsade kohta peamiste takseertunnuste ja nende muutuste täpsemate hinnangute saamiseks
Kelle jaoks: Keskkonnaministeerium, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, Kaitseministeerium
Vastavus poliitikale/arengukavadele: metsanduse arengukava: https://www.envir.ee/et/metsanduse-arengukava-2011-2020
<p>Sisu: sarnaselt paljude teiste riikidega on püsivaatluskohtade võrgule tuginev statistiline metsainventuur (SMI) Eestis peamine objektiivne metsavarude hindamise meetod. Valimil põhineva disaini saab realiseerida proovitükkide mõõtmiseks eraldatud rahaliste vahenditega, mille piiratuse tõttu on vaatluste arv aastas piisav selleks, et saada hinnanguid kõige rohkem maakonna tasemel. 2020. aastal valmis Tartu Ülikooli Tartu observatooriumi, Tartu Ülikooli matemaatika ja statistika instituudi ning Reach-U koostöös kaheaastase projekti tulemusena Keskkonnaagentuuri jaoks Eestis SMI elementaarne kaugseiretoe tarkvara, mis võimaldab koostada puistute kõrguse ja tüvemahu kaarte. Projekt aitab tehnilise taseme poolest jõuda järele Skandinaavia maadele, kus sarnased lahendused on olemas juba 2000. aastate algusest. Eesti metsad on aga oluliselt keerulisema struktuuri ja liigilise koosseisuga ning selleks, et Eesti Maa-ameti kevadiste ja suviste laserskanneerimiste andmeid meie segametsade jaoks kasutada, on seega vaja leida lahendus, kuidas puistute liigilist koosseisu üle kogu ala täpsemalt kaardistada. Mõni katseuring on näidanud, et multispektraalsete satelliidipiltide ja metsaregistri andmete kombineerimine masinõppe abil annab lootustandvaid tulemusi. Selgus ka, et piltide aegridade kaasamiseta on juhuslikkus puistu tasemel siiski suur. Eesti SMI võimekuse arendamiseks on vajalik metoodikat pidevalt edasi arendada ja kaugseireandmete aegridade info kaasamine analüüsi on ainus viis, kuidas SMI hinnangute täpsust suurendada.</p> <p>Tegemist on suure uuringuga, mille elluviimine on realistlik väiksemate osade kaupa. Alandmetena on olemas Copernicus ja USGSi andmebaaside satelliidipildid, Eesti metsaregistri andmebaasi arhiiv, SMI proovitükkide vaatlusread alates 1999. aastast ning Eesti Maa-ameti avaandmed. Samuti on Tartu Ülikooli Tartu observatooriumis ning Tartu Ülikooli matemaatika ja statistika instituudis üheskoos olemas pädevus nende andmetega töötada, et Eesti SMI jaoks lahendusi leida.</p>

Kaugseireandmete kasutamise tugi metsa korraldajatele ja metsaomanikele
Autor/kontakt: Mait Lang, Tartu observatoorium, Tartu Ülikool; metsandus- ja maaehitusinstituut, Eesti Maaülikool; lmait.lang@ut.ee
Eesmärk: arendada vahendeid, mille abil metsaomanikud saaksid kasutada Eesti Maa-ameti tehtavaid ortofotosid ja laserskanneerimise mõõtmise andmeid ning seeläbi teha paremaid majandusotsuseid
Kelle jaoks: Keskkonnaministeerium, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, IT- ja metsakorralduse ettevõtted, metsaühistud
Vastavus poliitikale/arengukavadele: metsanduse arengukava: https://www.envir.ee/et/metsanduse-arengukava-2011-2020
Sisu: Eesti on võrreldes meie lähinaabritega saavutanud suure edu riigi territooriumi aeropildistamises ning alates 2008. aastast ka laserskanneerimises: iga kahe aasta järel saadakse samast alast fotod ja 3D-punktiparv. Neid väärtuslikke avaandmeid kasutatakse topograafilise kaardistuse jaoks. Tänu Maa-ametis kasutatava kaamera võimele salvestada ka lähiinfrapunase spektriosa kiirgust sobivad tulemuseks saadud ortofotod selleks, et metsakorralduses metsaeralduste piire visuaalselt tõlgendada. Kahjuks sellega väärtusliku kaugseireandmestiku kasutamine piirdubki ning ortofotode ja lidariandmete numbriline töötlemine on Eesti metsaomanike ja metsakorraldajate seas äärmiselt vähe levinud. See aga annab eelise neile, kes (pole metsaomanikud, aga) võtavad Maa-ameti kodulehelt avaandmed ja suudavad neid suures mahus raaltöötusega analüüsida, saades seeläbi omandist tihti parema ettekujutuse kui omanik ise. Lahendamiseks tuleb välja töötada kaugseireandmetele tuginevad mudelid ja neid realiseeriv vaba tarkvara, mis võimaldaks ka (väike)metsaomanikel ja metsakorraldajatel paremate majandusotsuste tegemiseks Eesti Maa-ameti avaandmete täit potentsiaali ära kasutada. Kirjeldatud lahendus oleks suur samm ka kaasava metsakorralduse poole, mille eesmärk on otsida avaliku huvi ja metsaomaniku vahel mõlemapoolselt kasulikku lahendust või kompromissi.

Eesti metsade albeedo ja tootlikkuse mõõtmine ning seire
Autor/kontakt: Mait Lang, Tartu observatoorium, Tartu Ülikool; metsandus- ja maaehitusinstituut, Eesti Maaülikool; mai.lang@ut.ee
Eesmärk: otsida lahendusi, et suurendada Eesti metsade võimekust kliimamuutuste mõju leevendamiseks puistute struktuuri kujundamise abil
Kelle jaoks: Keskkonnaministeerium, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele:</p> <p>metsanduse arengukava: https://www.envir.ee/et/metsanduse-arengukava-2011-2020 kliimamuutusega kohanemise arengukava: https://www.envir.ee/sites/default/files/kliimamuutustega_kohanemise_arengukava_aastani_2030_0.pdf</p>
<p>Sisu: kliimamuutusi seostatakse tavaliselt CO₂ kasvuga atmosfääris. Teenimatult vähe tähelepanu on saanud päikesekiirguse neeldumine ning maapinna ja taimkatte soojenemine selle tõttu. Emiteeritud soojuskiirgus aga ongi tegelikult see, mis atmosfääri läbi CO₂ soojemaks kütab. Mida rohkem peegeldab metsamaa kosmosesse tagasi päikesekiirgust, tõmmates samas seal kasvava puistu kasvuprotsessi kaudu süsinikku atmosfäärist välja, seda suurem on metsamaa võimekus kahandada kliima soojenemist. Skandinaavias tegeldakse tulevikku silmas pidades üsna intensiivselt metsade albeedo ja struktuuri seoste uurimisega. Et kavandada Eesti metsade majandamise strateegiat ja hinnata kliimamuutuste leevendamise võimekust, on vaja 1) koostada prototüüplahendus Eesti metsade ja metsamaa tootlikkuse ning päikeseenergia kasutamise tõhususe mõõtmiseks ja seireks ning 2) otsida lahendusi puistute optimaalse struktuuri kujundamiseks, et tagada võimalikult suur süsiniku neeldumine metsamaa pinnaühiku kohta võimalikult suure albeedo juures. Selleks on Eestis vaja analüüsida multispektraalsete satelliidipiltide aegridu, teha metsade peegeldusteguri mõõtmisi ja lõimida metsa heleduse mudel ning metsa kasvumudeli kasutamine. Energiabilansi pikaajalise seire tagamiseks on väga head võimalused, sest mõõtmisteks sobivaid satelliite, mille andmed on vabalt kasutatavad, on juba kasutuses ja saadetakse orbiidile nii USA kui ka Euroopa Liidu kosmoseprogrammide raames.</p>

Rannaniitude majandamise parandamine kaugseirega
<p>Autor/kontakt:Thaísa F. Bergamo, EMÜ, thaisa.fernandesbergamo@emu.ee; Miguel Villoslada Peciña, EMÜ, mpecina@emu.ee; Kalev Sepp, EMÜ; kalev.sepp@emu.ee</p>
<p>Eesmärk: töötada välja mehitamata õhusõidukite (UAV) põhised meetodid ja potentsiaalne seirevõrk, et kaardistada mõjud ja surve rannikualade rohumaadele Eestis. Peamised sihid on:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) jälgida ranniku piirkonnas invasiivsete liikide (nt <i>Rosa rugosa</i>) ajalis-ruumilist dünaamikat; 2) hinnata taimekoosluse dünaamikat pärast rannaniitudel taastamistoimingute tegemist; 3) tuvastada taimestiku kuumusest ja niiskusest põhjustatud stressi, üle- või alakarjatuse ning kahlejate liikide elupaiga kadumisega seotud võimalikud mõjud rannikualade heinamaadele. <p>UAVdest on tänu saadud andmete väga kõrgele eraldusvõimele saanud väärtuslik vahend, et jälgida poollooduslikke kooslusi. Kuigi satelliidiandmed on asjakohase ajalise mõõtkavaga, on ruumiline eraldusvõime sageli liiga jämedakoeline, et tuvastada rannaniitude ökosüsteemi dünaamikaga seotud peenemõõdulisi mustreid. Teeme ettepaneku kasutada andurite ühendamise (multispektraalne, RGB- ja soojuskaamera) ning masinõppe tehnikaid, et pakkuda haldamise seisukohalt olulist teavet Eesti rannaniitude kohta.</p>
<p>Kelle jaoks : Keskkonnaministeerium, Keskkonnaamet: invasiivsete võõrliikide leviku kaardistamine, maastike muutuste hindamine</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eesti Looduskaitse Arengukavas https://www.valitsus.ee/sites/default/files/content-editors/arengukavad/looduskaitse_arengukava_aastani_2020.pdf on rõhutatud kaugseire kasutamise vajalikkust eluslooduse seire tõhustamiseks • Eesti keskkonnastrateegia 2030 • Eesti säästva arengu eesmärgid aastani 2030 (strateegia „Säästev Eesti 21“)
<p>Sisu: Eesti Maaülikool on omandanud laialdase eksperdikogemuse UAV-põhiste kaugseiretehnikate rakendamisel, et kaardistada taimekoosluste ja ökosüsteemi protsesse Eesti rannikualade märgaladel. Teeme ettepaneku kasutada katsetatud meetodikaid, mille oleme hiljuti avaldanud teadusajakirjades. Kasutame taimekoosluste, bioproduksiooni, taimestiku stressi ja elupaikade sobivuse kaardistamiseks rannaniitudel spetsiaalselt välja töötatud algoritme. Meie lähenemine keskendub modelleerimis- ja ennustusalgoritmide optimeerimisele, kasutades multispektraalsete andmete, mikrotopograafiliste mudelite ja temperatuuriandmete kombinatsiooni.</p>

OCO-2 SIFi produktide kasutatavus taimestiku stressi seireks Eestis
Autor/kontakt: Lea Hallik TÜ TO, lea.hallik@ut.ee
Eesmärk: uurida OCO-2 (Orbiting Carbon Observatory-2) satelliidi SIFi (<i>sun induced fluorescence</i> e passiivne klorofüllü fluorestsents) produktide kasutatavust Eestis, et täpsustada brutoproduktiooni (GPP) voogude hinnangut ja hinnata põllukultuuride abiootilist stressi. Praegu pakub OCO-2 parima ruumilise ja ajalise lahutusega SIFi produkte. Kogutav andmestik võimaldab Eestis tulevikus efektiivsemalt kasutusele võtta ka ESA FLEXi missiooni fluorestsentsi andmed (planeeritud start aastal 2022).
Kelle jaoks: Keskkonnaministeeriumi haldusalas kasvuhoonegaaside raporteerimine ja Maaeluministeeriumi haldusalas põllumajandus
Vastavus poliitikale/arengukavadele: <ul style="list-style-type: none"> • säästva arengu eesmärgid aastani 2030: https://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/saastev-areng; SDG 2 (toiduga kindlustatus), SDG 9 (innovatsioon), SDG 13 (kliimamuutuste mõju), SDG 15 (maismaa ökosüsteemid) • ühine põllumajanduspoliitika (CAP): https://www.agri.ee/et/eesmargid-tegevused/el-uhine-pollumajanduspoliitika-upp
Sisu: uuritakse OCO-2 SIFi produktide aegridu alates 2014. aastast Eesti kohal ja lähiümbruses. Kõige olulisem piirang meie laiuskraadil satelliidipõhiste SIFi andmete kasutamiseks on madal päikese kõrgus horisondist, mis välistab näiteks talvised mõõtmised. Esmase ülesandena tehakse kindlaks ajaperiood aastas, millal on võimalik Eesti kohta usaldusväärseid SIFi andmeid saada, kasutades sealhulgas ka ruumilist keskmistamist üle suurema ala, et müra osakaalu vähendada. Taimestiku stressi hindamiseks tuleb SIFi andmed siduda kliimaandmetega, mille hulka kuuluvad nii kohapealsete ilmajaamade andmed kui ka Copernicus järelanalüüsid ning hooajalised prognoosid. Järgmises etapis katsetatakse rakendatavust, seostades SIFi andmed: 1) maapealsete kasvuhoonegaaside voomõõtmiste ning riikliku keskkonnaseire metsaseire andmetega ja 2) põllukultuuride kahjustuste ning saagikuse andmetega.

Kaugseiretugi taimekahjurite ja -haiguste kontrolliks
<p>Autor/kontakt: Lea Hallik, lea.hallik@ut.ee; Tartu Ülikool; Kaire Loit kaire.loit@emu.ee, Eesti Maaülikool</p>
<p>Eesmärk: uurida, millised kaugseiresensorid omavad praktilist tähtsust, et taimekahjustusi varakult tuvastada ja luua ennustusmudelite prototüübid olulisemate põllukultuuride jaoks Eesti tingimustes. Ajaliselt ja ruumiliselt täpsem taimekaitsevahendite kasutamine võimaldaks vähendada kasutatavaid koguseid, mis pakuks nii majanduslikku kui ka keskkonnaalast kasu.</p>
<p>Kelle jaoks: Keskonnaministeerium, Maaeluministeerium, IT- ja põllumajandusettevõtted</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Euroopa roheline kokkulepe (Green Deal): https://www.envir.ee/et/euroopa-roheline-kokkulepe, „Elurikkuse“ ja „Talust taldrikule“ strateegiad, mis eeldavad taimekaitsevahendite kasutamise vähendamist • Euroopa Liidu ühise põllumajanduspoliitika (ÜPP) strateegiakava 2021–2027: https://www.agri.ee/et/upp-strateegiakava-2021-2027 • Eesti säästva arengu eesmärgid aastani 2030 (strateegia „Säästev Eesti 21“); SDG 2, SDG 12, SDG 15
<p>Sisu: rakendusuringu raames tehakse kaugseiremeetodid eri platvormidelt (satelliit, droon, maapealsed sensorid) VIS-NIR-SWIR-TMi piirkondades, kasutades nii aktiivseid kui ka passiivseid sensoreid. Taimekahjustusi hinnatakse visuaalselt ja molekulaarsete meetoditega. Statistilisi ja masinõppealgoritme kasutades luuakse mudelid taimekahjustuste varajaseks hindamiseks olulisematel põllukultuuridel, et võimaldada täpsemat ja õigeaegsemat taimekaitsevahendite kasutamist.</p>

Kaugseiretugi täppisviljeluse ja mullaseire jaoks
<p>Autor/kontakt: Lea Hallik lea.hallik@ut.ee Tartu Ülikool, Tartu observatoorium; Toomas Tõrra, Alar Astover</p>
<p>Eesmärk:</p> <p>1) efektiivsem väetiste kasutamine. Mullaviljakuse põllusisese ruumilise heterogeensusega arvestamine annab majanduslikku kokkuhoidu ning vähendab üleväetamisest ja toitainete leostumisest tulenevat negatiivset keskkonnamõju. Selleks on vajalik välja töötada Eesti keskkonnatingimustele ja sortidele vastavad kalibratsioonivalemid, mis võimaldaksid kaugseireandmete alusel diferentseeritud väetamist;</p> <p>2) koristusjääkidest mulda lisanduva orgaanilise aine hulga hindamine. Töötatakse välja metodika, et hinnata kaugseire toel koristusjääkide hulka kasvuhoonegaaside raporteerimiseks. Praegu andmed raporteerimiskohustuse täitmiseks puuduvad.</p>
<p>Kelle jaoks:</p> <p>Keskkonnaministeerium, Maaeluministeerium, PRIA, Põllumajandusuuringute Keskus, IT- ja põllumajandusettevõtted</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Euroopa Liidu ühise põllumajanduspoliitika (ÜPP) strateegiakava 2021–2027: https://www.agri.ee/et/upp-strateegiakava-2021-2027 • põllumajanduse ja kalanduse arengukava (PõKa) aastani 2030 • Euroopa roheline kokkulepe (Green Deal): https://www.envir.ee/et/euroopa-roheline-kokkulepe, „Talust taldrikule“ strateegia • Eesti säästva arengu eesmärgid aastani 2030 (strateegia „Säästev Eesti 21“); SDG 2
<p>Sisu: NDVI ja NIRi spektripiirkonnad annavad infot (nii elus kui ka surnud) biomassi hulga kohta, võimaldades seirata nii põllukultuuride kasvamist kui ka pärast koristust põllule jäänud koristusjääkide hulka.</p> <p>Mõõtmised tehakse nii väetuskatsepõldudel kui ka tootmispõldudel. Kasutatakse levinuimaid põllumajanduslikke aktiivseid kaugseiresensoreid (GreenSeeker, Crop Circle, OptRx, Yara), mida saab kinnitada traktoritele, ning multispektraalseid droonimõõtmisi ja Copernicus satelliidiandmeid (S2 MSI).</p> <p>Kasutatakse Eesti Maaülikooli mullateaduste õppetooli ja Rõhu katsejaama põldkatsete andmeid.</p>

Satelliidiandmete põhjal maastikumuutuste kaardistamine
Autor/kontakt: Evelyn Uemaa, geograafia osakond, Tartu Ülikool; evelyn.uemaa@ut.ee
Eesmärk: 1) luua algoritm, mis võimaldab kaardistada aastase sammuga Eesti maakatte muutused Landsati ja Sentinel'i satelliidiandmete põhjal; 2) algoritmi abil luua aastase sammuga maakatte kaardikihid alates 1995. aastast kuni tänapäevani, edaspidi võimaldaks algoritm aegrida jätkata.
Kelle jaoks: <ul style="list-style-type: none"> • PRIA ja Maaeluministerium: põllumajandusmaastike muutuste hindamine • Keskkonnaministerium: maastike muutuste, sidususe (rohekoridorid) ja inimtegevuse maastikele avaldatava mõju hindamine ja mõju muutus ajas. Kliimamuutuste hindamisel on määrav tegur maakatte info • Statistikaamet, Majandus- ja Kommunikatsiooniministerium, Siseministerium, Keskkonnaministerium: linnaliste alade määratlemine ning Eesti ruumilise arengu (eelkõige asustusstruktuuri) suunamine, erinevate planeeringute sisendinfo
Vastavus poliitikale/arengukavadele: <ul style="list-style-type: none"> • https://www.rahendusministerium.ee/sites/default/files/Ruumiline_planeerimine/eesti2030.pdf • keskkonnaseire programmi alamprogrammi <u>eluslooduse mitmekesisuse ja maastike seire</u> kohaselt on oluline suurendada kaugseire (satelliit-, aerofotod) meetodite kasutamist, mis võimaldab kiirelt tuvastada muutusi • <u>Eesti looduskaitse arengukavas</u> on toodud maastiku killustatuse vältimise ja sidususe tagamise olulisus • <u>Eesti üleriigiline planeering 2030+</u>: asustusstruktuuri ja selle arengu kujundamine ning rohevõrgustiku sidususe hoidmine
Sisu: praegu on Eestis olemas väga detailne Eesti topograafia andmekogu (1 : 10 000), aga see ei kajasta ajalist muutust. Lisaks on Euroopa tasandil olemas CORINE maakatte andmebaas, mille ajaline samm on kuus aastat ja väikseim kaardistatav üksus 25 ha. See ei ole piisavalt täpne, et kajastada tänapäeva kiireid muutusi maastikes. Samas on maastike seires vajalik jälgida maakatte mustri muutusi ning ökosüsteemide seisundit, mille üks olulisim alusinfo on maakate. Rakendusuuringu raames luuakse Landsati komposiitpildid aastase sammuga ajavahemikus 1995. aastast tänapäevani ning Sentinel'i komposiitpildid ajavahemikus 2015. aastast tänapäevani. Komposiitpildidel maakate klassifitseeritakse ja luuakse iga aasta kohta Eesti maakatte kaart. Klassifitseerimisel rakendatakse nii objektipõhist klassifitseerimist kui ka masinõpet. Kuna kasutatakse kahe eri täpsusastmega satelliidiandmeid, siis luuakse kaks aegrida: Landsati põhjal pikem ja kuni 1995. aastasse ulatuv ning Sentinel'i põhjal lühem, aga detailsem. Mõlemaid aegridu võimaldab loodud algoritm pikendada. Andmed koondatakse kõik ühtsesse andmekuupi, mille põhjal on lihtne teha nii andmete väljavõtteid, päringuid kui ka statistikat.

Ressursitasude kontroll turbamaardlates radarkaugseire andmeid kasutades
<p>Autor/kontakt: Liis Sipelgas, meresüsteemide instituut, Tallinna Tehnikaülikool; liis.sipelgas@taltech.ee Tauri Tampuu, ökoloogia ja maateaduste instituut, Tartu Ülikool; tauri.tampuu@ut.ee</p>
<p>Eesmärk: ressursitasude laekumise korrektsuse ja ajakohasuse hindamine turbamaardlates</p>
<p>Kelle jaoks: Keskkonnaministeerium, Keskkonnaamet, Keskkonnainspeksioon</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele: teenus toetab keskkonnatasude seaduse, täpsemalt § 33¹ lõike 4 täitmist: https://www.riigiteataja.ee/akt/114032011039.</p>
<p>Sisu: turbamaardlate kasutamisest laekuvate ressursitasude kontrollimise võimalused riigil praegu puuduvad. Maardlatest välja võetud mahu kvartaalsed hinnangud tuginevad kaevanduse operaatori ütlustele. Sentinel-1 andmete põhjal on võimalik hinnata, millistel maardlatel ja mitmel korral kvartalis turvast kooriti. Nimetatud ülevaade annab võimaluse kontrollida ressursitasude deklaratsioonis kajastatud andmeid. Kuna turvas on ka energeetiline maavara, mille eest tasutav maks on sõltuv maailmaturu hinnast, siis on oluline jälgida, et kaevandatud maavara deklareeritaks õigel ajal. Teenuse ülesehituseks on vaja rakendada Sentinel-1 andmetel põhinevaid koherentsuse hinnanguid turbamaardlates. Nimetatud andmetötluse saab tööle panna ESTHubi platvormil. Andmete järeltötluses seotakse koherentsuse hinnangud deklaratsiooniinfo. Teenus ei vaja ilmtingimata veebiväljundit, võib olla ka ainult kord kvartalis antav numbriline väljund Keskkonnaameti spetsialistide riskianalüüsi jaoks. Andmeväljavõtted annavad võimaluse hinnata ressursitasude korrektset laekumist. Praegu puudub Keskkonnaametil satelliidiandmetel põhinevate teenuste haldamise kogemus, kuid teenuse haldamisel saab Keskkonnaamet teha koostööd nii ülikoolide kui ka KAURiga.</p>

Mehitamata õhusõidukite (UAV) rakendused maastiku tuleohu hindamiseks
<p>Autor/kontakt: Raul Sampaio de Lima, EMÜ; raul.sampaio@student.emu.ee Kalev Sepp, EMÜ; kalev.sepp@emu.ee</p>
<p>Eesmärk: projekti eesmärk on hinnata UAV andmete toimivust ja töötada välja metoodilised raamistikud, et hinnata maastikutulekahju riski. Konkreetsed eesmärgid on standardalgoritmide jõudlust rakendada ja erinevates kohalikes tingimustes hinnata ning UAVst saadud andmeid erineva ruumilise, ajalise ja spektraalse eraldusvõimega kombineerida.</p>
<p>Kelle jaoks: Päästeamet, Keskkonnaamet</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kliimapoliitika põhialused aastani 2050: • https://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/kliima/kliimapoliitika-pohialused-aastani-2050-0 • kliimamuutustega kohanemise arengukava aastani 2030: envir.ee/sites/default/files/kliimamuutustega_kohanemise_arengukava_aastani_2030_0.pdf • https://www.rahandusministeerium.ee/sites/default/files/Ruumiline_planeerimine/eesti2030.pdf • säästva arengu eesmärgid aastani 2030: https://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/saastev-areng; SDG 13 (kliimamuutuste mõju), SDG 15 (maismaa ökosüsteemid)
<p>Sisu: on tehtud palju uuringuid kaugseireandmete rakendamise kohta maastike tulekahjude aktiivse seire jaoks. Kaugseire võib pakkuda kuumakollete ja aktiivsete tulekahjude automaatset tuvastamist, soodustades kiiremat reageerimist tule leviku ja kahjustuste ohjamiseks, eriti kui seda rakendatakse tulekahjude varases staadiumis. Siiski on satelliidipiltide kasutamine väikesemahuliste tulekollete avastamiseks endiselt piiratud ja UAV abil saadud andmekogumite töötlemine liiga aeganõudev, mis võib kahjustada aktiivsete tulekahjude reaalajalähedast tuvastamist. Lisaks sellele on andmete täpsusel ja kvaliteedil ulatuslik mõju metoodiliste raamistike väljatöötamisele. Seetõttu on endiselt vähe arusaamist selle kohta, kuidas kaugseiretehnoloogiate rakendamist, eriti UAV platvormidel, saab optimeerida, et pakkuda usaldusväärseid ja kulutõhusaid tooteid maastike tulekahjuriski hindamiseks. Maastike tuleohtu hinnatakse esinduslike ja tuntud mõõdikute abil, et anda juhtidele kasulikku teavet tundlikkuse ja prioriteetide seadmise kohta. Kõige sobivamad sensorid, indeksid ja mudelid kalibreeritakse, valideeritakse ja valitakse Eesti keskkonnatingimustest lähtuvalt. Kalibreerimine toimub kohalike prognooside ja mudelite prognooside abil ning seda kasutatakse seejärel uute mudelite kalibreerimiseks, kasutades avalikke andmeid (nt Maa-ameti GIS-andmed), rakendades hierarhilist modelleerimismeetodit (st erinevatest allikatest pärit sihtmuutujate astmelist modelleerimist).</p> <p>Selle projekti ülesanded hõlmavad:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) UAV rakendust võimalike kütuseallikate automaatseks kaardistamiseks ja kirjeldamiseks; 2) termokaamera tundlikkuse hindamist, et pärast kustutusprotseduure temperatuuri kontraste jälgida, ja kuumakollete uuesti süttimise riski hindamist; 3) põlemise raskusastme hindamise mudelite väljatöötamist.

UAV kasutamine suurte põllupõhiste fenotüüpimissüsteemide hindamisel
<p>Autor/kontakt:Eesti Maaülikool Kai-Yun Li; kai-yun.li@student.emu.ee Kalev Sepp; kalev.sepp@emu.ee</p>
<p>Eesmärk: arendada välja uudne põllupõhine suure läbilaskevõimega fenotüüpimise (<i>high-throughput plant phenotyping</i>, HTPP) raamistik, et laiendada teadmisi põllukultuuride genotüübi mõjust nende fenotüübile, kasutades mehitamata õhusõidukeid (UAV) põllukultuuride aretusomaduste avastamiseks</p>
<p>Kelle jaoks (ministeeriumid, valdkonnad, ettevõtlus jms): Keskonnaministeerium, Maaeluministeerium, IT- ja põllumajandusettevõtted</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Euroopa roheline kokkulepe (Green Deal): https://www.envir.ee/et/euroopa-roheline-kokkulepe; „Elurikkuse“ ja „Talust taldrikule“ strateegiad • Euroopa Liidu ühise põllumajanduspoliitika (ÜPP) strateegiakava 2021–2027: https://www.agri.ee/et/upp-strateegiakava-2021-2027 • Eesti säästva arengu eesmärgid aastani 2030 (strateegia „Säästev Eesti 21“); SDG 2; SDG 12; SDG 15
<p>Sisu: mehitamata õhusõidukid on märkimisväärsed ja võimsad tööriistad, et toetada fenotüüpimist põllumajandusettevõttes. Suure läbilaskevõimega taimede fenotüüpimine aitab jälgida põllukultuuride genotüüpide toimimise ja keskkonna vastastikust mõju (GxE), mis on üks tõhusamaid strateegiaid põllumajandustootmise jätkusuutlikkuse parandamiseks. Kuigi aretusüsteemi geneetiliste lähenemisviiside areng on märkimisväärne, on tegelike taimeomaduste kvantitatiivne analüüs kaugseirega siiski piiratud. Eeldame, et kaotame vahe laboratoorsete ja kasvuhoonegaaside uuringute vahel, ning pakume välja kiire, kulutõhusa, kahjutu ja täpse raamistiku, et toetada põllumajanduse eri keskkonnakavasid, rajada põllupõhine fenotüüpimissüsteem Eestis ning aidata aretajaid nende katsete tõhusamal elluviimisel.</p> <p>Genotüübi tase: Teeme olemasolevate EURISCO, Genesyse ja SESTO geenivaramute välitest ja koos genotüüpimise, kogu genoomi hõlmava uuringu (GWAS), üksiknukleotiidse polümorfismi (SNP) markerite jms genoomilise prognoosimise analüüsidega erinevate põllukultuuride õigsuses Eestis.</p> <p>Keskkonna tase: Integreerime põllupõhise platvormi ja fenotüüpimise süsteemi UAV abil erinevate aretusomaduste jälgimiseks ja tuvastamiseks. Kavas on lisada väetamisreaktsioon, jälgida taime tugevust, prognoosida saagikust ja sortide jõudlust, tuvastada umbrohtu, haiguskindlust jne.</p> <p>Platvorm: UAV-põhised multispektraalsed, RGB- ja temperatuuriandmed koos erinevate HTPP maapealsete anduritega</p> <p>Andmehaldus: Uudsed masinõppe modelleerimise lähenemisviisid, näiteks RF, SVM, NN.</p>

Kaugseiretugi elurikkuse säilitamisele: tolmeldajad
<p>Autor/kontakt: Lea Hallik; lea.hallik@ut.ee Tartu Ülikool Reet Karise; reet.karise@emu.ee, Eesti Maaülikool</p>
<p>Eesmärk: selgitada välja kaugseire rakendusvõimalused tolmeldajatele oluliste maastiku ja taimeistiku omaduste tuvastamiseks ning seireks.</p>
<p>Kelle jaoks: Keskonnaministeerium ja selle allasutused, looduskaitsealad ja nende planeerijad, looduskaitseorganisatsioonid, poliitikakujundajad, põllumajandusettevõtted, mesindusettevõtted</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • riiklik keskkonnaseire: https://www.keskkonnaagentuur.ee/et/seire • Euroopa Liidu ühise põllumajanduspoliitika strateegiakava 2021–2027: https://www.agri.ee/et/upp-strateegiakava-2021-2027 • ELi tolmeldajate algatus (EU Pollinator Initiative): https://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/pollinators/ • EU Natural Capital Coalition: https://naturalcapitalcoalition.org/tag/pollination/
<p>Sisu: rakendusuringu raames töötatakse välja kalibratsioonimeetodid, et määrata putuktolmlevate õistaimede hulk keskkonnas. Plaanis on nii uued välitööd kui ka varasema kaardimaterjali kasutamine. Selgitatakse välja, milline on kaugseireandmete vajalik ajaline ja ruumiline lahutus, kasutades nii satelliidi- kui ka droonipilte. Kultuurtaimede põllud (teravili vs. õitsvad kultuurid: raps, punane ristik, valge ristik, keerispea) võimaldavad kirjeldada spektraalset signatuuri äärmuslikes tingimustes ning kalibreerida õitsemise intensiivsuse hinnanguid satelliidipiltidelt. Seejärel hakatakse konkreetsete maastike õiterohkust kohapealsete vaatluste ja kaugseirepiltide ühitamisega hindama.</p>

Üleujutuste satelliitinfo hüdrooloogilise operatiivseire teenusesse
Autor/kontakt: Liis Sipelgas, meresüsteemide instituut, Tallinna Tehnikaülikool; liis.sipelgas@taltech.ee
Eesmärk: ruumilise üleujutuste/veega kaetud alade operatiivinfo ja andmestatistika pakkumine avalikkusele
Kelle jaoks: üleujutuste operatiivinfot vajavad ametiasutused Päästeamet (PA), Politsei- ja Piirivalveamet (PPA), Keskkonnaministeeriumi haldusala allasutused ning laiem avalikkus
Vastavus poliitikale/arengukavadele: teenus toetab üleujutustega seotud riskide maandamist, mida näeb ette ELi üleujutusdirektiiv 2007/60/EÜ.
Sisu: hüdrooloogiline seire sisaldab veetasemete ja vooluhulkade paikmöödistusi riiklikes hüdroomeetriaajaamades (http://www.ilmateenistus.ee/siseveed/vaatlusandmed/kaart/). Kõrge lahutusega ruumilist operatiivinfot üleujutuste/vee ulatuse kohta praegu ei pakuta. RITA projekti raames välja töötatud prototüübi rakendamine võimaldab tulevikus nimetatud teenust pakkuda. Teenuse ülesehitus võiks olla järgmine: hüdrooloogilise seire eest vastutatavas asutuses (KAUR) rakendatakse tööle Sentinel-1 andmetelt üle ujutatud alade tuvastamise/kaardistamise meetodika. Andmetöötlus viiakse ESTHubi platvormile ja satelliidiandmete töötluskodeid haldajaks jääb KAUR, kel on juba praegu ESTHubi operatiivkodeid haldamise kogemus. Avalikkusele mõeldud veeväljundite arendamise eest vastutab KAURi hüdroloogiaosakond koostöös Keskkonnaministeeriumi Infotehnoloogia Keskusega (KEMIT). Lisaks üleujutuste operatiivinfole on võimalik tööle rakendada ka üleujutuste sageduse ruumilise statistika väljavõtete koostamise rakendus.

Suurtaimestik kaldavööndis ja selle muutused Eesti järvedes
Autor/kontakt: Krista Alikas, Tartu observatoorium, Tartu Ülikool; alikas@ut.ee
Eesmärk: kaardistada Eesti järvede kaldavööndis olev suurtaimestik ning kirjeldada aset leidnud muutusi
Kelle jaoks: Keskkonnaministeerium, Keskkonnaagentuur
Vastavus poliitikale/arengukavadele: riikliku keskkonnaseire programmi siseveekogude seire allprogramm
Sisu: kaldavööndi taimestik toimib puhvertsoonina ümbritseva maastiku ja veepeegli vahel, aidates säilitada veekvaliteeti ning pakkudes taimedega seotud zooplanktonile ja kalamaimudele varjevõimalust ja toidubaasi. Ökosüsteemi seisukohast on seega vajalik teada kaldataimestiku muutust (kas kaldataimestikuvöönd väheneb või laieneb) ning seda, kui palju on vaba veepeeglit taimestiku maksimaalse kasvu ajal. Võrreldes tavaseiremeetoditega võimaldavad kaugseiremeetodid taimestiku muutuste paremat ruumilist ja ajalist katvust. See projekt uurib kaugseire võimalusi kaldataimestiku ulatuse kaardistamiseks ning analüüsib Eesti järvedel vegetatsiooniperioodi jooksul aset leidnud lühi- ja pikaajalisi muutusi.

Merepõhja taimestiku seire madalas rannikuvees
<p>Autor/kontakt: Tiit Kutser tiit.kutser@ut.ee, Ele Vahtmäe ele.vahtmae@sea.ee, Tartu Ülikool, Eesti Mereinstituut</p>
<p>Eesmärk: kaardistada põhjataimestiku suuremaid rühmi (põisadru, rohevetikad, punavetikad, kõrgemad taimed jne) madalas rannikuvees riikliku seireprogrammi, merealade ruumilise planeerimise, sinimajanduse ja süsinikuringe uuringute tarbeks</p>
<p>Kelle jaoks: Keskkonnaministeerium, Siseministeerium, Maaeluministeerium</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eesti mereala seire ja andmekogumise programm sisaldab järgmisi kaugseire abil jälgitavad parameetreid: <ul style="list-style-type: none"> ○ D5C7: makrofütide liigiline koosseis ja suhteline ohtrus või jaotumine sügavuse järgi ○ D5C7.2: põisadru (<i>Fucus vesiculosus</i>) sügavuslevik ○ D5C7.3: mitmeaastaste liikide osakaal kooslustes • põllumajanduse ja kalanduse arengukava aastani 2030 • üleriigiline planeering 2030+ • Eesti mereala planeering
<p>Sisu: riiklik seireprogramm, merealade ruumiline planeerimine, merealade (nt kalakoelmute) kaitse, sinimajanduse (nt kala- ja karbikasvanduste) asukohtade planeerimine ning nende keskkonnamõjude hindamine, süsinikuringe uuringud ning mitu muud rakendust vajab andmeid merepõhja taimestiku koosluste kohta. Sukeldumiste ja/või video põhjal on sellised uuringud väga ajamahukad ja kallid ning katavad väga väikese ala. Näiteks katavad mereinstituudi teadlaste viimase 15 aasta jooksul tehtud 13 400 videomõõtmist kokku umbes 2 km² Eesti rannikumerest. Madalas rannikuvees on võimalik mõõtmisi teha kaugseire abil. Suuremat detailsust saab lennukil või droonil paiknevate hüperspektraalsete sensoritega, aga osa rakendusi (näiteks rannikumere osa Eesti süsinikuringes) saab ellu viia ka spektraalselt ja ruumiliselt tagasihoidlikumate ning tasuta Sentinel-2 piltide abil. Teatud rakenduste jaoks on ilmselt kasutatavad ka Maa-ameti ortofotod.</p>

<p>Fütoplanktoni sesoonse dünaamika jälgimine kaugseiremeetoditega Eesti järvedes seire paremaks planeerimiseks</p>
<p>Autor/kontakt: Krista Alikas, Tartu observatoorium, Tartu Ülikool; alikas@ut.ee Kersti Kangro, Tartu observatoorium, Tartu Ülikool; kiti@ut.ee</p>
<p>Eesmärk: anda ülevaade veepoliitika raamdirektiivi raporteerimiskohustusega järvede fütoplanktoni hulga ajalistest muutustest</p>
<p>Kelle jaoks: Keskkonnaministeerium, Keskkonnaagentuur</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • riikliku keskkonnaseire programmi siseveekogude seire allprogramm • ELi veepoliitika raamdirektiiv; https://www.envir.ee/sites/default/files/veepoliitika_raamdir32000l0060et.pdf
<p>Sisu: väikejärvede seire raames uuritakse püsivalt 11 püsivaatlusjärve, ülejäänud raporteerimiskohustusega järvi uuritakse üks kord veemajanduskava perioodil. Kaugseire võimaldab ülevaadet fütoplanktoni sesoonses dünaamikast ka sellistel järvedel, mis seireprogrammis konkreetsel aastal käsitlust ei leia ning lubab seetõttu tavapärasest suurema fütoplanktoni biomassi või tugeva sesoonse dünaamika esinemise korral seirefookuse sellistele järvedele suunata.</p> <p>Kasutatakse Sentinel-2 MSI andmeid, millele on välja töötatud lokaalsed ja veetüübipõhised algoritmid, ning leitakse fütoplanktoni ajaline muutlikkus kõigis raporteerimiskohustuse all olevates järvedes.</p>

Potentsiaalselt toksiliste vetikaõitsengute seire Läänemeres ja järvedes
Autor/kontakt: Tiit Kutser tiit.kutser@ut.ee Tartu Ülikool, Eesti Mereinstituut
Eesmärk: töötada välja meetodika, kuidas tuvastada potentsiaalselt toksiliste tsüanobakterite õitsenguid ning hinnata õitsengute ulatust ja kestust
Kelle jaoks: Keskkonnaministeerium
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • merekeskkonna seisundi hindamise indikaatorid: https://www.envir.ee/sites/default/files/2019_indikaatorite_kogum_kv.pdf <ul style="list-style-type: none"> ○ D5C3 Kahjulikud vetikate vohamised ○ D5C3.1: tsüanobakterite vohamise indeks ○ D5C3.2: tsüanobakterite pinnaakumulatsioonid ○ D5C3.3: vetikate kevadõitsengu intensiivsus klorofüll-a alusel • HELCOMi tuumindikaator tsüanobakterite vohamise indeksid (<i>cyanobacterial bloom index</i>, CBI), D5C3, D1C6
<p>Sisu: Soome Keskkonnainstituudi teadlased on tsüanobakterite õitsengute iseloomustamiseks välja pakkunud indikaatori CBI. Sellega on mitu probleemi. Näiteks ei ole selge, mis on pinnaakumulatsioon, kas vahetult veepinna all olev suur biomass või veepinna peal ujuv biomass. Erinevatesse klassidesse jagamine toimub Copernicus mereteenuste (CMEMS) klorofüll-a kontsentratsiooni baasil. See on põhimõtteliselt vale, sest pinnal ujuvas biomassis ei saa klorofüll-a kontsentratsiooni hinnata. Vees oleva biomassi hindamiseks ei ole CMEMS-i produkt piisavalt täpne (korrelatsioon <i>in situ</i> mõõdetuga $r^2=0,24$). Indikaator ise on samuti korralikult valideerimata: näiteks on selleks kasutatud piirivalve pilootide lennukiaknast tehtud subjektiivseid hinnanguid. Tugevam tuul segab pinnal ja pinna all paiknevad tsüanobakterite kogumid tihtipeale veesambasse, mis satelliidilt vaadatuna võib tähendada õitsengu lõppu, kuid tegelik biomass ei muutu. Seega võib CBI mõnel juhul olla tuule tugevust, mitte õitsengut iseloomustav parameeter. Indikaatori usaldusväärsuse kontrolliks on vaja teha põhjalikke <i>in situ</i> mõõtmisi tsüanobakterite õitsengutes ning vajaduse korral ka mudelarvutusi. Ideaal peaks need mõõdistused olema tehtud pilvevabadel päevadel, et võimaldada satelliitide tulemite valideerimist.</p>

Satelliidiinfo rakendamine siseveekogude kohtseire planeerimisel
<p>Autor/kontakt: Liis Sipelgas, meresüsteemide instituut, Tallinna Tehnikaülikool; liis.sipelgas@taltech.ee Tiit Kutser, Eesti mereinstituut, Tartu Ülikool; tiit.kutser@ut.ee Krista Alikas, Tartu observatoorium, Tartu Ülikool; krista.alikas@ut.ee</p>
<p>Eesmärk: meetodikate loomine satelliitinfo kasutamiseks siseveekogude kohtseire planeerimisel</p>
<p>Kelle jaoks: Keskkonnaministeerium, Keskkonnaagentuur, Keskkonnaamet</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele: projekt toetab VMK (https://www.envir.ee/et/veemajanduskavad) raames elluviidavat seire planeerimise protsessi.</p>
<p>Sisu: satelliitinfolt on võimalik tuvastada erinevaid vee kvaliteedinäitajaid ning muutusi veekogumi valgalal nii ajas kui ka ruumis, ilma reaalsest paikvaatlust tegemata. Kättesaadav info on siiski planeerimis- ja otsustusprotsessides vähe rakendatud, sest puuduvad meetodikad, kuidas andmemahukat kaugseiret kasutada. Projekti käigus analüüsitakse seoseid veekogumi seisundiklassi muutuste ja satelliidipiltidelt hinnatud indikaatorite vahel. Kirjeldatakse satelliidipiltidelt hinnatud indikaatorid, mis vee seisundiklassi enim mõjutavad. Toodud kaugseirepõhistele indikaatoritele koostatakse hindamise meetodika ja andmete haldamise prototüübid. Loodud prototüübid võimaldaksid enne kohtseire planeerimist operatiivselt kaugseireandmete analüüsi teha, mis annab aluse kohtseire planeerimisele ja elluviimisele. Projekti rakendamise tulemusena paraneb kohtseiretööde kuluefektiivsus.</p>

ELi veepoliitika raamdirektiivi ja merestrateegia raamdirektiivi jaoks sobilike parameetrite sobivuse hinnang kaugseireandmete alusel
<p>Autor/kontakt: Krista Alikas, Tartu observatoorium, Tartu Ülikool; alikas@ut.ee Kersti Kangro, Tartu observatoorium, Tartu Ülikool; kiti@ut.ee</p>
<p>Eesmärk: hinnata erinevate optilise kaugseire teel hinnatud parameetrite sobivust ELi veepoliitika raamdirektiivi ja merestrateegia raamdirektiivi aruandluse jaoks</p>
<p>Kelle jaoks: Keskkonnaministeerium, Keskkonnaagentuur</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • riikliku keskkonnaseire programmi siseveekogude seire allprogramm • ELi veepoliitika raamdirektiiv: https://www.envir.ee/sites/default/files/veepoliitika_raamdir32000l0060et.pdf
<p>Sisu: Euroopa Liidu veepoliitika raamdirektiiv sätestab vajaduse jälgida veekogusid, mis on suuremad kui 0,5 km², ning teha kindlaks nende ökoloogiline seisund olenevalt tüübispetsiifilistest algingimustest. Merestrateegia raamdirektiiv paneb kohutused rannikualade seireks ja seisukorra hindamiseks. Seisundi hindamisel lähtutakse peamiselt bioloogilistest kvaliteedinäitajatest, mida toetavad teised näitajad. Kaugseireandmetega saame hinnata rida parameetreid (näiteks klorofüll a kontsentratsioon, fütoplanktoni biomass, vee läbipaistvus), mida kasutatakse ka raamdirektiivide alusel veekogu ökoloogilise seisundi hindamiseks. Uuringu eesmärk oleks 1) kaardistada erinevate veekogude jaoks kaugseireandmetest tuletatavad parameetrid ja nende veahinnangud ning 2) analüüsida nende parameetrite sobivust ja kasutatavust, et pakkuda raamdirektiivide alusel veekogu ökoloogilise seisundiklassi hindamisel andmete täiendust.</p>

Kaugseire operatiivokeanograafia teenustes
Autor/kontakt: Rivo Uiboupin; rivo.uiboupin@taltech.ee, Tallinna Tehnikaülikool
Eesmärk: Copernicus mereteenuse (merefüüsika)kaugseire andmete laialdane kasutuselevõtt Eesti operatiivsetes mereseire- ja mereproгноositeenustes, et tagada täpne ja kiiresti uuenev mereilma info (lainetus, merepinnatemperatuuri veetase jne) häda- ja eriolukordades
Kelle jaoks: Keskkonnaagentuur, Veeteede Amet, Politsei- ja Piirivalveamet, Päästeamet, Maaamet, KEMIT, Merevägi, sadamad, väikelaevnikud, Keskkonnaministeerium, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, Siseministeerium
Vastavus poliitikale/arengukavadele: <ul style="list-style-type: none"> • hädaolukorrasedus: https://www.riigiteataja.ee/akt/103032017001 • tormist põhjustatud hädaolukorra lahendamise plaan (nt p 5.1.8 ja p 5.1.9) • meresõiduohutuse seaduse § 491 • transpordi ja liikuvuse arengukava 2021–2035 • hüdrometeoroloogiline teenindamine • hüdrololoogilise seire allprogramm • World Meteorological Organisation (WMO) Resolution 25 (Cg-XIII May, 1999) • World Meteorological Organization (WMO) Resolution 40 (Cg-XII June, 1995)
<p>Sisu</p> <p>Probleemid, mida kaugseire kasutuselevõtt lahendaks. Mereilma prognoos pole piisavalt täpne ja vajaks parandamist kaugseireandmete operatiivse kasutamisega. Kaugseireandmed, mida ELi ja ESA Copernicus mereteenus pakub, ei ole prognooside koostamisel ja ohuolukordade kaardistamisel ilma vahepealse töötlusteta kasutatavad. Seega vajavad Copernicus kaugseireandmed teaduspõhist järeltöötlust, et need oleksid vastavuses ja riskasutatavad riigi (info)süsteemides olevate rahvuslike andmetega. Kaugseireandmete operatiivne assimileerimine Läänemere piirkonna mereproгноosimudelitesse on olnud piiratud. Seega tuleks operatiivsetes teenustes senisest enam süstemaatiliselt assimileerida olemasolevaid kaugseireandmeid.</p> <p>Võimalused. Tänu Copernicus mereteenusele on olemas laialdane kaugseire tuumandmestik, mida kasutada Eesti prognoositeenustes ja tagada seeläbi laialdane Copernicus mereteenuse kaugseireandmete (füüsikalised parameetrid: laine, veetase, temperatuur) kasutuselevõtt. Samuti on olemas (1) teaduslik kompetents metoodika väljatöötamiseks (TalTech, meresüsteemide instituut), (2) rakendusvõimekus riigiasutustes (KAUR ja KEMIT) ning (3) kriisireguleerimise/hädaolukordade juhtimisega tegelevate asutuste (Siseministeerium, PPA, PA, VA) ja ohutu navigatsiooni eest vastutavate asutuste (VE, VTS, PPA) kui kasutajate vajadus.</p> <p>Mõju. (1) Kaugseireandmete kasutamise tulemusena paraneb oluliselt mereilma prognoos ekstreemsete sündmuste ajal ning seeläbi ka valmisolek hädaolukordadeks ja kriisireguleerimiseks. (2) Tehnoloogilise mõjuna integreeritakse ühtseks operatiivokeanograafia teenuseks mitme eri asutuse/organisatsiooni (ESA, EUMETSAT, CMEMS) pakutavad kaugseireandmed, kasutades nende töötlemiseks Euroopa (ECMWF) ja Eesti (ESTHub) arvutusressursse.</p>

Veetaseme kaugseire andmed hüdrooloogilise seire ja mereproгноositeenuse parandamiseks
Autor/kontakt: Rivo Uiboupin; rivo.uiboupin@taltech.ee, Tallinna Tehnikaülikool
Eesmärk: (1) täpsustada meretaseme prognoositeenust satelliitaltimeetria andmete assimileerimise teel operatiivsesse numbrilisse mudelisse. (2) Täiendada suurjärvede hüdrooloogilist seiret, kaasates satelliitaltimeetria andmeid (suurem ruumiline katvus). Arendus tagab parema operatiivse ülevaate veetaseme muutlikkusest, mille põhjal annab Riigi Ilmateenistus õigeaegseid ja usaldusväärseid hoiatusi.
Kelle jaoks: teenuse rakendusüksused oleksid KAUR ja KEMIT. Veetaseme operatiivinfot ja prognoosi vajavad ametiasutused on Veeteede Amet (VA), Päästeamet (PA), Politsei- ja Piirivalveamet (PPA) ning laiem avalikkus. Seotud ministriumid on Keskkonnaministeerium, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium ning Siseministeerium.
Vastavus poliitikale/arengukavadele: <ul style="list-style-type: none"> • meresõiduohutuse seaduse § 491: hüdrometeoroloogiline teenindamine • hüdrooloogilise seire allprogramm (rannikumere veetaseme seire, järvede seire) • transpordi ja liikuvuse arengukava 2021–2035 • ülejutusdirektiiv 2007/60/EÜ • World Meteorological Organisation (WMO) Resolution 25 (Cg-XIII May, 1999) • World Meteorological Organization (WMO) Resolution 40 (Cg-XII June, 1995)
Sisu <p>Probleem. Varasem(ad) uuring(ud) on näidanud, et hüdrooloogilise seirevõrgu jaamade ruumiline katvus järvedel ei ole kasutajate ootustele vastav. „KAUGSEIRE“ projektis tuvastati, mil määral vajavad Copernicus mereteenuse pakutavad veetaseme kaugseire andmed korrigeerimist enne mere ja suurjärvede veetaseme operatiivseires kasutamist. Seega on olemas nii vajadus kui ka tehnoloogilised võimalused, et tõsta satelliitaltimeetria andmete kvaliteet seire- ja prognoosirakendustes kasutamiseks nõutavale tasemele.</p> <p>Võimalused. „KAUGSEIRE“ projekti raames välja töötatud meetodid võimaldavad kombineeritult kasutada kaugseireandmeid, prognoosmudelit ja tehisintellekti, et tagada parem veetaseme info huvitatud pooltele ja avalikkusele.</p> <p>Arendus. Et kaugseireandmeid operatiivsetes teenustes rakendada, oleks otstarbekas teha arendus, mille tulemusena (1) käivitatakse ESTHubil Copernicus satelliitaltimeetria andmete operatiivne töötlus; (2) assimileeritakse kaugseireandmed ilmateenistuse operatiivsesse mereprognoosi mudelisse; (3) visualiseeritakse altimeetria veetaseme andmeid koos <i>in situ</i> mõõtmiste ja mudeli väljadega KAURI/KEMITi geoserveril põhinevas veebrakenduses.</p> <p>Mõju. Terviklikuks andmestikuks integreeritav täpsem veetaseme info merel ja suurjärvedel on vajalik riigile olulistes küsimustes: ranniku ülejutusega seotud varajase hoiatuse teenus ja kriisi haldamine; ohutu navigatsiooni tagamine Eesti vetes; praamiliikluse reguleerimine ekstreemse veetaseme korral; riikliku hüdrooloogilise seire kvaliteedi tõstmine ning seire väljundi atraktiivsemaks/kasutajasõbralikumaks muutmine.</p>

Vee sügavuse ja merepõhja tüübi kaardistamine madalatel rannikualadel
<p>Autor/kontakt: Tiit Kutser; tiit.kutser@ut.ee, Ele Vahtmäe; ele.vahtmae@sea.ee, Tartu Ülikool, Eesti Mereinstituut</p>
<p>Eesmärk: sügavuse kaardistamine madalatel (alla 4 m) rannikualadel</p>
<p>Kelle jaoks: Keskkonnaministeerium, Siseministeerium, Kaitseministeerium</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • merealade ruumiline planeerimine • Eesti riiklik turismiarengukava • Eesti merenduspoliitika: https://www.mkm.ee/sites/default/files/merenduspoliitika.pdf
<p>Sisu: suur osa Eesti rannikumerest on väga madal ning ligipääsmatu Veeteede Ameti hüdrograafialaeva või isegi väikeste kaatritega. Praegusel merekaardil pärinevad andmed vee sügavuse kohta nendel aladel aastast 1953 (või varasemast ajast). Teisalt võib iga torm või jää liikumine talvel põhja reljeefi oluliselt muuta. Seega on vaja madalate merealade kaarte perioodiliselt uuendada. Eriti dünaamilistel aladel peaks seda võib-olla tegema igal aastal. Kaugseirega on see teostatav. Võimalikud lahendused on (Maa-ameti) lennukilt (TÜ-EMI) kaugseire spektromeetriga tehtavad mõõdistused, droonimõõdistused erinevate sensoritega ja Maa-ameti ortofotod. Viimaseid ka kogutakse rutiinselt kahe aasta tagant, aga need ei pruugi alati kasutatavad olla, sest maismaa kaardistamisel kasutatav ida-lääne suunaline lendamine ei sobi veekogude kaugseireks (teatud tuule ja päikese suundade korral ei näe sensor läbi veepinna). Spetsiaalsetel vee kaardistamise lendudel on võimalik takistavaid asjaolusid minimeerida.</p> <p>Kaitseministeeriumi ja Siseministeeriumi (merealade ruumiline planeerimine) tarbeks on võimalik koguda infot ka põhjatüübi kohta (näiteks pehme/kõva). Kaitseministeeriumi tarbeks saab teha selliseid kaardistusi suvalise rannikuala kohta maailmas, kus on olemas suure ruumilise lahtusega (2 m või parem) vabalt saadavad satelliidipildid. Detailsema pildimaterjali olemasolu korral on võimalik neid ka kasutada. Sentinel-2 10 m pildid on tasuta saadaval pea kogu maailma kohta intervalliga viis päeva või vähem. Neid kasutatakse laialdaselt (eriti Läänemerest selgema vee korral).</p>

Merepõhja füüsiliste häiringute seire
<p>Autor/kontakt: Tiit Kutser; tiit.kutser@ut.ee, Ele Vahtmäe; ele.vahtmae@sea.ee, Tartu Ülikool Eesti Mereinstituut</p>
<p>Eesmärk: tuvastada merepõhja füüsilised häiringud Eesti madalas rannikumeres</p>
<p>Kelle jaoks: Keskkonnaministeerium</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele: Eesti mereala seire ja andmekogumise programm sisaldab järgmisi kaugseire abil jälgitavaid parameetreid:</p> <ul style="list-style-type: none"> • D6C2: merepõhja survegurid <ul style="list-style-type: none"> ○ D6C2.1: merepõhja füüsiline häirimine • D6C3: hävinud elupaigatüübi ulatus (füüsiline häirimine) • D6C4: hävinud elupaigatüübi osakaal • D6C5: elupaigatüübi seisund • D7C1: püsivate hüdrograafiliste muutuste ulatus ja jaotus • D7C2: püsivate hüdrograafiliste muutuste poolt kahjulikult mõjutatud põhjaelupaiga ulatus
<p>Sisu: merepõhja füüsikalisi häiringuid on <i>in situ</i> mõõtmistega raske avastada. <i>In situ</i> mõõtmistega on võimalik iseloomustada ainult planeeritud häiringute (näiteks süvendustööde) ulatust. Mitteplaneeritud häiringute (taimestiku kahjustamine veesõidukitega, merepõhja kahjustamine maismaasõidukitega, tormide ja jää põhjustatud füüsikalised häiringud) koht ja ulatus jäävad enamasti avastamata. Samas on ka tasuta saadaolevate Sentinel-2 piltide abil (10 m ruumiline lahutus) võimalik seirata merepõhja kahjustusi, mida tekitavad laidude ja saarte vahel liikuvad traktorid ja autod või madalas vees randuvad laevad/paadid. Kaugseire abil on võimalik välja töötada meetodika, kus kogu Eesti madalat mereala jälgitakse perioodiliselt (näiteks kord kuus) satelliitidelt ning vajaduse korral kaardistatakse häirituse täpsem ulatus lennukil või droonil paiknevate sensoritega või <i>in situ</i> mõõtmiste abil. Täpsemateks (kuid mitte nii sagedasteks) uuringuteks on kasutatavad Maa-ameti 20 cm lahutusega ortofotod, mida kogutakse üle aasta.</p>

Vees ja randades leiduva plasti ning muu prügi seire
<p>Autor/kontakt Tiit Kutser; tiit.kutser@ut.ee, Ele Vahtmäe; ele.vahtmae@sea.ee; Tartu Ülikool Eesti Mereinstituut</p>
<p>Eesmärk: katsetada, kas ja millist prügi on võimalik kaugseire abil tuvastada vees ning randa uhutuna. Anda soovitused, millist aparatuuri selleks kasutada.</p>
<p>Kelle jaoks: Keskkonnaministeerium</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele: Merekeskkonna seisundi hindamise indikaatorid, mille seires võiks saada kasutada kaugseiremeetodeid: https://www.envir.ee/sites/default/files/2019_indikaatorite_kogum_kv.pdf:</p> <ul style="list-style-type: none"> • D10C1: prügi koostis, kogus ja ruumiline jaotus rannajoonel, mere pinnakihis ja mere põhjal <ul style="list-style-type: none"> ○ D10C1.1: rannaprügi ○ D10C1.2: merepõhja makroprügi rannikumeres (looduslikud alad) ○ D10C1.3: merepõhja makroprügi rannikumeres (inimtegevusest mõjutatud alad) ○ D10C1.4: merepõhja makroprügi • D10C2: mikroprügi koostis, kogus ja ruumiline jaotus rannajoonel, mere pinnakihis ja põhjasetetes <ul style="list-style-type: none"> ○ D10C2.1: mikroprügi mere pinnakihis
<p>Sisu: prügi paiknemine vees ja randades on väga muutlik nii ruumis kui ka ajas. <i>In situ</i> mõõtmistega on seda pea võimatu adekvaatselt hinnata. Läänemeres (ja järvedes) ning randades on prügi harva sellises kontsentratsioonis, mis võimaldaks prügi seireks kasutada tasuta saadaolevaid satelliidipilte, sest parimal neist, Sentinel-2-l, on 10 m ruumiline lahutus ega ole spektrikanaleid olulistel lainepikkustel. Hüperspektraalsete sensoritega on tõenäoliselt võimalik tuvastada erinevat tüüpi prügi, kui lennata piisava ruumilise lahutusega. Milliseid prügitüüpe (puit, plast jne) on võimalik eristada vees ja milliseid rannas, vajab uurimist. Tuuled ja erinevate veemasside kokkupuude jõgedes suudmetes võivad koondada prügi pinnal ujulatesse vaaludesse. Vahel on need nähtavad isegi Sentinel-2 piltidel. Teisalt ei saa sealt hinnata, kas pinnal ujub vaht (kõige tõenäolisem), meriheina ja teiste meretaimedede lehed, puit, plast või mõni muu prügi. Hüperspektraalsete sensorite ja piisava ruumilise lahutuse (lennukilt või droonilt) puhul on tõenäoliselt võimalik hinnata ka prügi koostist nendes vaaludes.</p>

Veekogudes leiduva mikro- ja makroprügi hulga laboratoorse hindamise meetodika
Autor/kontakt: Tiit Kutser; tiit.kutser@ut.ee, Ele Vahtmäe; ele.vahtmäe@sea.ee, Tartu Ülikool, Eesti Mereinstituut
Eesmärk: töötada välja laborimõõtmiste meetodika, mis võimaldaks kiiresti hinnata veest ja rannikult kogutud mikroprügi hulka
Kelle jaoks: Keskkonnaministeerium
Vastavus poliitikale/arengukavadele: merekeskkonna seisundi hindamise indikaatorid, mille seiret antud projekt toetaks: https://www.envir.ee/sites/default/files/2019_indikaatorite_kogum_kv.pdf : <ul style="list-style-type: none"> • D10C1: prügi koostis, kogus ja ruumiline jaotus rannajoonel, mere pinnakihis ja mere põhjal <ul style="list-style-type: none"> ○ D10C1.1: rannaprügi ○ D10C1.2: merepõhja makroprügi rannikumeres (looduslikud alad) ○ D10C1.3: merepõhja makroprügi rannikumeres (inimtegevusest mõjutatud alad) ○ D10C1.4: merepõhja makroprügi • D10C2: mikroprügi koostis, kogus ja ruumiline jaotus rannajoonel, mere pinnakihis ja põhjasetetes <ul style="list-style-type: none"> ○ D10C2.1: mikroprügi mere pinnakihis
Sisu: avameres kogutakse mikroprügi planktonivõrguga spetsiaalsetele filtritele. Filtrile jääva mikroprügi tüüpi ja hulga hindamine mikroskoobi all on aeganõudev ja keeruline. Oluliselt kiiremini saaks seda teha hüperspektraalse kaameraga filtreid pildistades ning pilditöötlusprogrammidega analüüsides. Näiteks võimaldab TÜ-EMI kaugseire spektromeeter HySpex 0,9 mm ruumilist lahutust, kui seda seadet kasutada laboris. Vaja on välja töötada meetodika, kuidas filtritest tehtud pildilt hinnata filtrile jäänud materjali tüüpi (plast, riidekiud, plankton jne) ja hulka. Siis oleks tõenäoliselt võimalik tunde kestev töö mikroskoobiga asendada minuteid kestva tööga kaugseirepiltidega. Analoogiliselt on võimalik teha rannast kogutud mikroprügi analüüsiga. Prügi kogutaks standardse meetodiga, kuid selle täpset hulka ja tüüpi saaks oluliselt kiiremini hinnata, kasutades laboris mikroskoobi ja kaalude asemel spektromeetrit ning asjakohaseid pilditöötluse algoritme.

Päikese- ja tuuleenergia tootmispotentsiaal
<p>Kontakt: Velle Toll, füüsika instituut, Tartu Ülikool; velle.toll@ut.ee Piia Post, füüsika instituut, Tartu Ülikool; piia.post@ut.ee</p>
<p>Eesmärk: päikese- ja tuuleenergia tootmispotentsiaali analüüs</p>
<p>Kelle jaoks: Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, Keskkonnaministeerium</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele: Eesti energiamajanduse arengukava üks eesmärkidest on: „Taastuvatest energiaallikatest elektri tootmine moodustab 50% sisemaisest elektri lõpptarbimisest ning uute taastuvelektri tootmiseseadmete rajamine toimub avatud elektrituru tingimustel ilma täiendavate siseriiklike toetusteta“: https://www.mkm.ee/sites/default/files/enmak_2030.pdf kliimapoliitika põhialused aastani 2050: https://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/kliima/kliimapoliitika-pohialused-aastani-2050-0 Eesti riiklikus energia- ja kliimakavas aastani 2030 on eesmärk „Eesti kasvuhoonegaaside heite vähendamine 80% aastaks 2050“: https://www.mkm.ee/et/eesmargid-tegevused/energeetika/eesti-riiklik-energia-ja-kliimakava-aastani-2030</p>
<p>Sisu: et soodustada päikese- ja tuuleenergia tootmist, on kasulik Eesti territooriumi jaoks detailselt kaardistada päikese- ja tuuleenergia tootmise potentsiaal. Selleks on vajalikud nii satelliidi- kui ka mudelandmed. Päikesekiirguse andmerekad on kättesaadavad nii polaarorbiidil kui ka geostatsionaarsel orbiidil satelliitidelt. Tuuleandmed on saadaval <u>Copernicus kliimamuutuse teenuse</u> kaudu. Päikese- ja tuuleenergia tootmise potentsiaali jaoks on mõistlik teha klimatoloogiliste aegridade analüüs ja seada üles prognoosisüsteem, et prognoosida lähipäevade tootmispotentsiaali kogu Eesti territooriumi kohal.</p>

Õhukvaliteedi monitooringu ja prognoosimise süsteem
<p>Autor: Velle Toll, füüsika instituut, Tartu Ülikool; velle.toll@ut.ee Piia Post, füüsika instituut, Tartu Ülikool; piia.post@ut.ee</p>
<p>Eesmärk: avalikkusele kättesaadav õhukvaliteedi prognoos</p>
<p>Kelle jaoks: Keskkonnaministerium</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele: keskkonnaseire programmi (https://www.keskkonnaagentuur.ee/et/seire) välisõhu seire allprogrammis „Riikliku keskkonnaseire programmi ja allprogrammide täitmise nõuded ja kord“ on toodud välisõhuseire ülesande ja eesmärgina:</p> <ul style="list-style-type: none"> • õhusaaste kauglevi, välisõhu kvaliteedi ja sademete keemilise koostise määramine ja jälgimine ning muutuste prognoosimine, analüüsides nende põhjuslikke seoseid inimtegevuse ja looduslike protsessidega • õhusaaste leviku ja inimese tervisele, elukeskkonnale, rajatistele ning loodusmaastikele ja -kooslustele võimaliku kahjuliku mõju kindlakstegemine, prognoosimine ja ennetamine
<p>Sisu: Eestis ei koostata praegu avalikkusele kättesaadavat õhukvaliteedi prognoosi, kuigi keskkonnaseire programm seab sellise eesmärgi. Seirejaamades mõõdetavad Eesti välisõhu kvaliteedi andmed (nt PM, SO₂, NO₂) on küll kättesaadavad, aga see ei võimalda tulevaste päevade õhukvaliteeti prognoosida. Samuti ei ole võimalik ainult punktmõõtmiste põhjal jälgida, kas õhusaaste on kohaliku päritolu või on saasteained jõudnud Eestisse teistest riikidest. Kaasaegne õhukvaliteedi monitooringu ja prognoosimise süsteem hõlmab nii punktmõõtmisi, satelliidiandmeid kui ka mudelprognoosi. <u>Copernicus atmosfääriteenus</u> pakub tasuta kasutamiseks õhukvaliteedi prognoose, mida oleks tarvilik kohalike mudelitega täpsustada. Sentinel-5P pardal oleva TROPOMI satelliidiinstrumendi andmeid saaks juba praegu kasutada suuremate linnade õhusaaste jälgimiseks ja õhusaaste kauglevi monitoorimiseks. Kuid lähiaastatel üles saadetava Sentinel-4 spektromeeter võimaldaks tulevikus tänu geostatsionaarsele orbiidile tunnise ajasammuga jälgida õhukvaliteedi muutumist Euroopas, sh Eestis (SO₂, NO₂, O₃, aerosool).</p>

Eesti kliima projektsioonid
<p>Autor/kontakt: Velle Toll, füüsika instituut, Tartu Ülikool; velle.toll@ut.ee Piia Post, füüsika instituut, Tartu Ülikool; piia.post@ut.ee</p>
<p>Eesmärk: Eesti kliima projektsioonide analüüs kliima muutustega kohanemiseks</p>
<p>Kelle jaoks: Keskkonnaministeerium</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele: kliimamuutustega kohanemise arengukava (https://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/kliima/eesti-tegevused/kliimamuutustega-kohanemise-arengukava): „Kliimamuutuste mõjuga kohanemise all mõistame kliimamuutustest põhjustatud riskide maandamist ja tegevusraamistikku, et suurendada nii ühiskonna kui ka ökosüsteemide valmisolekut ja vastupanuvõimet kliimamuutustele.“</p>
<p>Sisu: satelliidiandmete ja mudelandmete kombineerimine võimaldab senisest täpsemini hinnata, kuidas Eesti kliima on juba muutunud ja kuidas kliima tulevikus muutuma hakkab. Eesti kliimatingimuste parem mõistmine võimaldab paremat strateegilist planeerimist, mis aitab kliimamuutuseks valmis olla ehk kliimamuutuse negatiivseid mõjusid vähendada.</p> <p>Copernicus kliimamuutuse teenus ja Euroopa Kosmoseagentuuri kliimainitsiatiiv pakuvad andmeid mineviku ja tuleviku kliima analüüsimiseks. Copernicus kliimamuutuse teenuse kaudu on mugavalt kättesaadavad globaalsed ja regionaalsed kliimaprojektsioonid koos satelliidiandmete ja in situ meteoroloogiliste mõõtmistega. Satelliidiandmetest on Eesti jaoks eriti kasulikud pilvisuse, päikesekiirguse, aluspinna temperatuuri, aluspinna niiskuse ja lumikatte andmed, mis on seni piisava põhjalikkuseta uurimata. Üks konkreetne näide uurimisvajadusest on Eesti linnade soojasaarte uurimine satelliidiandmete põhjal, mis kujuneb tulevikus sagenevate kuumalainetega üha suuremaks probleemiks.</p>

Ekstreemsete ilmaolude määramine kaugseireandmete põhjal
<p>Autor/kontakt: Erko Jakobson, Tartu observatoorium, Tartu Ülikool; erko.jakobson@ut.ee</p>
<p>Eesmärk: prognoosida ekstreemsete ilmaolude esinemissagedusi kliimamuutuste kontekstis</p>
<p>Kelle jaoks: Maaeluministeerium, Keskkonnaministeerium</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • keskkonnaseire all on meteoroloogilise seire allprogramm, kus on toodud meteoroloogiliste parameetrite ekstreemsete väärtuste seire: https://www.keskkonnaagentuur.ee/et/seire • keskkonnaseire metsaseire allprogrammis on toodud meteoroloogiliste tingimuste seire üks eesmärkidest: uurida ekstreemsetest ilmastikutingimustest (külm, kuumus, pöud, tormid, üleujutused) põhjustatud stressifaktorite mõju vaatluspuudele
<p>Sisu: Copernicus atmosfääri kaugseire andmeid saab kasutada viimaste kümnendite ekstreemsete ilmaolude (kuuma- ja külmalained, pöuad ning tormid) analüüsimisel. Kaugseireandmete põhjal on võimalik kindlaks määrata nende ekstreemsete ilmaolude ajaline ja ruumiline ulatus. Kliimamudeleid kasutades saab leida selliste ekstreemumite ajaloolise esinemissageduse ning samuti prognoosi, kuidas need esinemissagedused võiksid seoses käimasolevate kliimamuutustega muutuda.</p>

Ökosüsteemi teenuste dünaamika hindamine
<p>Autor/kontakt: Miguel Villoslada Peciña , Eesti Maaülikool ; mpecina@emu.ee Kalev Sepp, Eesti Maaülikool ; kalev.sepp@emu.ee</p>
<p>Eesmärk: 2020. aastal lõppenud ELME projektülesanne oli lähtudes bioloogilise mitmekesisuse strateegiast aastani 2020 kaardistada ja hinnata ökosüsteeme ning nende teenuseid Eestis. See kujutab endast ökosüsteemiteenuste põhjalikku hinnangut, kuid ei arvesta ajalisi mõõdet ning ökosüsteemide dünaamilisi protsesse ja funktsioone. Et Eesti ökosüsteemi teenuste raamistikku täiustada ja operatiivsemaks muuta, teeme ettepaneku:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) arendada välja ökosüsteemiteenuste seirevõrgustik, et kaardistada ja jälgida oluliste ökosüsteemiteenuste pakkumise ajalisi muutusi; 2) töötada välja meetodite komplekt, mis suudaks ühendada Sentinel-2 andmete ajalise lahutusvõime UAVde pakutava väga kõrge ruumilise lahutusvõimega; 3) kasutada UAV-põhise kaugseire uusimaid meetodeid, et täpselt kaardistada valitud asukohtade ökosüsteemiteenuste dünaamiline pakkumine.
<p>Kelle jaoks: Maaeluministerium: kliimamuutustega kohanemine, süsiniku jalajälg, põllumajanduskeskkonnameetmete tõhusam väljatöötamine ja rakendamine; RMK: võimaldab arvesse võtta uuendusraiate võimalikku mõju kaitsealadele; Keskkonnaministerium: kliimamuutustega kohanemine; Statistikaamet</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eesti riiklikus energia- ja kliimakavas aastani 2030 on eesmärk „Eesti kasvuhoonegaaside heite vähendamine 80% aastaks 2050“: süsiniku jalajälg • <u>maaelu arengukavas</u> on ühe olulise vajadusena toodud elupaikade taastamine ja hoidmine • „<u>Säästev Eesti 21</u>“ • <u>Eesti looduskaitse arengukavas</u> on rõhutatud kaugseire kasutamise vajalikkust eluslooduse seire tõhustamiseks
<p>Sisu: Eesti Maaülikool on omandanud laiad teadmised selle kohta, kuidas rakendada satelliidi- ja UAV-põhiseid kaugseiretehnikaid ökosüsteemiteenuste kaardistamisel ja hindamisel. Teeme ettepaneku kasutada katsetatud meetodikaid, mille oleme hiljuti avaldanud eelretsenseeritud ajakirjades. Statistiliselt esinduslike seirekohtade valimiseks kasutatakse Eesti keskkonnaregioonide uuendatud versiooni. Seirekohtades kogutud andmeid kasutatakse UAV multispektraalsete andmete põhjal dünaamiliste ökosüsteemi teenuste pakkumismudelite koolitamiseks ja valideerimiseks. See omakorda ühendatakse Sentinel-2 multispektraalsete andmetega, kasutades täiustatud spektraalset segamise tehnikat. Meetodika eesmärk on parandada satelliidiandmete pakutavat jämedakoelist ruumilist eraldusvõimet, mis mõnel juhul ei pruugi ökosüsteemi teenuste pakkumise dünaamikat piisavalt arvesse võtta. Kombineerides satelliidi- ja UAV pilte, luuakse ökosüsteemiteenuste pakkumisest paremad ajalised ruumimudelid.</p>

Antropogeense süsihappegaasi emissiooni mõõtmine
Autor/kontakt: Velle Toll , füüsika instituut, Tartu Ülikool; velle.toll@ut.ee Piia Post , füüsika instituut, Tartu Ülikool; piia.post@ut.ee
Eesmärk: suuremate saasteallikate süsihappegaasi emissioonide monitooring
Kelle jaoks: Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, Keskkonnaministeerium
Vastavus poliitikale/arengukavadele: kliimapoliitika põhialused aastani 2050: https://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/kliima/kliimapoliitika-pohialused-aastani-2050-0 Eesti riiklikus energia- ja kliimakavas aastani 2030 on eesmärk „ Eesti kasvuhoonegaaside heite vähendamine 80% aastaks 2050 “: https://www.mkm.ee/et/eesmargid-tegevused/energeetika/eesti-riiklik-energia-ja-kliimakava-aastani-2030
Sisu: satelliidiinstrumendid võimaldavad üha paremini jälgida suuremate saasteallikate CO ₂ emissioone. Planeeritavad satelliidimissioonid lubavad määrata CO ₂ emissioone nt elektrijaamadest. Satelliitkaugseire võimaldaks ka Eesti Energia põlevkivielektrijaama CO ₂ emissioone operatiivselt jälgida. CO ₂ emissioone aitab hinnata ka CO ₂ ja NO ₂ või CO ₂ ja SO ₂ vaheliste seoste analüüsimine satelliidiandmetest. Emissioonide jälgimine on väga oluline KHG emissioonide vähendamise eesmärgi kontekstis.

Linnalise keskkonna kuumasaartest tingitud ohutegurite hindamise satelliitseire
<p>Autor/kontakt: Valentina Sagris; sagris@ut.ee, Mait Lang, Tartu observatoorium, Tartu Ülikool; metsandus- ja maaehitusinstituut, Eesti Maaülikool; mai.lang@ut.ee</p>
<p>Eesmärk: töötada välja linna kuumasaarte hindamise metodoloogia ja planeerimissoovituste alused, mis oleksid rakendatavad tiheasustusalade kliimamuutustega kohanemise kavade ja üldplaneeringute koostamisel</p>
<p>Kelle jaoks: Rahandusministeerium: tiheasustusega alade üldplaneeringud; Keskkonnaministeerium: kliimamuutustega kohanemise arengukavas aastani 2030; Sotsiaalministeerium: elanikkonna eksponeeritavus ekstreemsetele ilmatingimustele</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kliimapoliitika põhialused aastani 2050: https://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/kliima/kliimapoliitika-pohialused-aastani-2050-0 • kliimamuutustega kohanemise arengukava aastani 2030: https://www.envir.ee/sites/default/files/kliimamuutustega_kohanemise_arengukava_aastani_2030_0.pdf • üleriigiline planeering „Eesti 2030+“: https://www.rahandusministeerium.ee/sites/default/files/Ruumiline_planeerimine/eesti2030.pdf • säästva arengu eesmärgid aastani 2030: https://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/saastev-areng <ul style="list-style-type: none"> ○ SDG 13 (kliimamuutuste mõju), SDG 15 (maismaa ökosüsteemid).
<p>Sisu: kliima soojenemise jätkumisel jõuame 21. sajandi lõpus olukorrani, kus kuumalainete tõttu võib Eestis igal aastal surra kuni 500 inimest. Enamik neist liigsurmadest koonduvad Tallinnasse ning teistesse linnadesse, kus suvel tekivad kuumasaared (UHI), st piirkonnad, kus tehispindade mõjul tõuseb õhutemperatuur inimtervisele ohtlikule tasemele (üle 35 °C). Liigsurmade vähendamiseks peame teadma, kuidas sellised ohtlikud olud tekivad. UHI kujunemist, levikut ja füüsikalisi omadusi saab analüüsida kaugseiremeetodite abil. Satelliitidelt Landsat, MODIS ja Sentinel-3 saadavad andmed võimaldavad analüüsida UHI intensiivsust ning kaardistada Eesti linnade kuumasaarte omadusi. Satelliidipiltide arhiivid võimaldavad analüüsida UHI ajalist dünaamikat, st saame jälgida, millised planeerimisotsused on UHI tekkimisele kaasa aidanud. Satelliitidelt pärinev andmestik on tänapäeval enamasti tasuta. Samuti arenevad kiiresti meetodid, mis võimaldavad tihendada satelliidipiltide aegridu ning kõrvaldada neilt nt pilvede mõjusid.</p> <p>Ühildades erinevaid UHI intensiivsuse ja ulatuse hindamise meetodeid, satelliidiandmeid ja Maa-ameti LiDARI-põhiseid maa- ning taimkatte mudeleid koos erinevate kaardikihtidega, saab välja töötada meetodika linnade lokaalsete kliimatiliste piirkondade eristamiseks. See omakorda võimaldab esitada linnade ja tiheasustusalade üldplaneeringutesse rakenduslikke soovitusi, kuidas igas kindlas piirkonnas vältida inimtervisele ohtlike kuumasaarte teket ning kuidas juba välja kujunenud kuumasaartel olukorda leevendada.</p>

Ökosüsteemide seisundi ja elurikkuse toe kaardistamine kaugseire abil
<p>Autor/kontakt: Evelyn Uemaa, geograafia osakond, Tartu Ülikool; evelyn.uemaa@ut.ee Meelis Pärtel, botaanika osakond, Tartu Ülikool; meelis.pärtel@ut.ee Aveliina Helm, botaanika osakond, Tartu Ülikool; aveliina.helm@ut.ee Kaupo Voormansik, KappaZeta; kaupo.voormansik@kappazeta.ee</p>
<p>Eesmärk: luua meetod ning välja töötada mõõdikud, mis võimaldavad hinnata metsade, niitude ja põllumajandusmaastike ökosüsteemide seisundit ning neile iseloomuliku elurikkuse olukorda kaugseiremeetodite (LiDAR ja SAR) abil. Väljatöötatud mõõdikud aitavad genereerida Eesti metsade, niitude ja põllumajandusmaastike elurikkuse ja ökosüsteemide seisundi hinnangu ning seda edaspidi seirata.</p>
<p>Kelle jaoks: RMK: võimaldab RMKI arvesse võtta uuendusraiate võimalikku mõju kaitsealadele nüüd ja tulevikus; PRIA: keskkonnasõbraliku majandamise toetuse efektiivsuse hindamine; Keskkonnaministeerium: võimaldab tõhustada elurikkuse seiret; Maaeluministeerium: aitab keskkonnasõbralike meetmekavade väljatöötamist lihtsustada; Statistikaamet, erinevad ministeeriumid: ökosüsteemide seisund, nende tugi elurikkusele ja eri ökosüsteemiteenustele peab ELi elurikkuse strateegia kohaselt jõudma ka majandusarvestusse (<i>ecosystem accounting</i>)</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>maaelu arengukavas</u> on ühe olulise vajadusena toodud elupaikade taastamine ja hoidmine • Eesti säästva arengu strateegia „<u>Säästev Eesti 21</u>“ üks eesmärk on ökoloogiline tasakaal, mille indikaator on liigilise mitmekesisuse indikaatorid. Nende efektiivsemaks ja laialdasemaks hindamiseks on kaugseire parim vahend • <u>Eesti Looduskaitse Arengukavas</u> on rõhutatud kaugseire kasutamise vajalikkust eluslooduse seire tõhustamiseks
<p>Sisu: TÜ botaanika ja zoologia osakonnal on varasemate välitööde käigus kogutud mitmelt metsa- ja niidukooslustelt ning põllumajandusmaastikelt elurikkuse ja seda mõjutavate tegurite andmeid. Siinse projekti raames plaanitakse kasutada varem kogutud andmeid ning täiendada olemasolevaid andmelünki lisavälitööde käigus kogutavate erinevate ökosüsteemi seisundinäitajate ja liigirikkuse andmetega. Välitöödelt kogutud andmed seostatakse erinevate kaugseireandmetega (LiDARi punktipilve andmed, Sentineli SARi andmed), kasutades masinõppe meetodeid. Koondades erinevatest kaugseire andmekihtidest tuletatud parameetrid, rakendame masinõppe algoritme, et leida nii ala kui ka maastiku tasemel parameetreid, mis seostuvad elurikkusega. Lõpplahenduseks luuakse mudel, mille abil on kaugseire toel võimalik hinnata ökosüsteemide seisundit, elurikkuse tuge ning selle muutust Eesti metsades ja niitudes. Loodav mudel aitab eluslooduse seiret efektiivsemaks muuta. Mudeli abil luuakse Eesti metsade, niitude ja põllumajandusmaade hetkeseisu elurikkuse hinnang ning see võimaldab tulevikus hinnangut uuendada.</p>

Kuumasaarte kaardistamine ja monitooring Eesti linnades
<p>Kontakt: Eesti Maaülikool, Kaupo Kokamägi; kaupo.kokamagi@student.emu.ee Miguel Villoslada Peciña; Miguel.Pecina@emu.ee, Kalev Sepp; Kalev.Sepp@emu.ee</p>
<p>Eesmärk: kuumasaarte (<i>urban heat island</i>) kaardistamine ja monitooring Eesti linnades mehitamata õhusõidukite ja satelliidiandmete abil ning saadud andmete põhjal linnaplaneerimise soovitude andmine</p>
<p>Kelle jaoks: Rahandusministeerium: planeeringud, linnade üldplaneeringud; Keskkonnaministeerium: kliimamuutustega seotud tegevused, mis on esitatud kliimamuutustega kohanemise arengukavas aastani 2030; Sotsiaalministeerium: inimeste tervise riskid</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kliimapoliitika põhialused aastani 2050 • kliimamuutustega kohanemise arengukava aastani 2030 • säästva arengu eesmärgid aastani 2030 • Eesti riiklikus energia- ja kliimakavas aastani 2030 eesmärk „Eesti kasvuhuonegaaside heite vähendamine 80% aastaks 2050“ • SDG 13 (kliimamuutuste mõju), SDG 15 (maismaa ökosüsteemid)
<p>Sisu: kuumalainete ajal tekivad suurema ehitustihedusega piirkondades nn kuumasaared (<i>urban heat island</i>), kus temperatuur võib tõusta inimese tervisele ohtlikult kõrgele. Kõige ohtlikumad on kuumasaared just sellistes kohtades, kus inimesed elavad või palju liiguvad. Inimese tervisele on kõige ohtlikumad sellised kuumalained, kui temperatuur ei lange ka öösel kindlast piirist alla poole. Kuna suure ehitustihedusega piirkonnad salvestavad päeva jooksul palju soojust, teeb just see kuumasaared elurajoonides ohtlikuks. Kuumasaarte tekkimist soodustab kõrge ehitustihedus ja materjalikasutus (nt palju betooni ja asfaldi) ning kuumasaarte efekti on võimalik leevendada linna planeerides, nt ehitisi hajutades ning vähem kuumasaareefekti soodustavaid materjale kasutades. Lisaks sellele aitab efekti leevendada sini- ja rohetaristu ehk parkide ja veekogude loomine ja arendamine. Eesti linnades kuumasaarte ja riskipiirkondade tuvastamiseks saab kasutada satelliidiandmeid ja täpsemate tulemuste saamiseks droone. Lisaks sellele on võimalik kasutada Maa-ameti LiDARi andmeid ja aerofotosid. Droonide eelis seisneb paremas ruumilises resolutsioonis ja selles, et sellega on võimalik lennata täpselt vajalikul ajal ning teha mõõtmisi ka ööpäeva arvestuses. Satelliit ei pruugi kuumalaine kõrghetkel üle lennata, kuid drooni abil saab andmeid koguda täpselt kõige kriitilisemal ajal. Samas saab satelliidiandmete abil lihtsamini vaadata kogu linna üldpilti ja leida üles kriitilisemaid piirkondi, samuti saab teha tagasiulatuvat analüüsi juba olemasolevate satelliidiandmete abil. Drooni- ja satelliidiandmeid võrreldes ja töödeldes on võimalik edaspidi ka satelliidiandmeid edukamalt ja täpsemalt kasutada. Lisaks sellele on tänu droonidega saavutatavale heale lahutusvõimele näha, millised objektid ning materjalid kõige enam üles soojenevad ja soojust salvestavad ning millised on parimad viisid selle efekti leevendamiseks. Kogutud andmetest saab ühtlasi luua ruumilise mudeli ja anda soovitusi nii linna planeerimiseks üldisemalt kui ka konkreetselt erinevate piirkondade ning objektide kohta.</p>

Liigniiskete ja põuast mõjutatud alade kaardistamine reaajas ja tagasiulatuvalt
Autor/kontakt: Kaupo Voormansik, KappaZeta; kaupo.voormansik@kappazeta.ee
Eesmärk: töötada välja metoodika ja prototüüp-rakendus põua ja liigniiskete alade kaardistamiseks Eestis
Kelle jaoks: PRIA ja Maaeluministerium: teenus on vajalik põua- ja üleujutuskahjude hindamiseks ning toetusmeetmete planeerimiseks, ühtlasi kontrolliks, kas konkreetse taotleja põllumaad tõesti olid vaidlusalusel perioodil põuast või liigniiskusest mõjutatud või mitte.
Vastavus poliitikale/arengukavadele: <ul style="list-style-type: none"> • maaelu arengukava • Eesti säästva arengu strateegia: üks eesmärk on ökoloogiline tasakaal • Eesti looduskaitse arengukava
Sisu: esmalt tuleb uurida, millised on parimad andmeallikad liigniiskete ja põuaalade hindamiseks. Arvesse tuleb võtta vähemalt ilmaandmeid (nt sademete jaotuse kaardid Eesti Ilmateenistusest), satelliidimõõtmisi (Sentinel-1 ja -2 ning spetsiaalsed mullaniiskuse kaardistamise missioonid) ja juba olemasolevaid spetsiaalseid mullaniiskuse hindamise teenuseid kolmandatelt pooltelt. Kolmandate poolte teenustest tuleks uurida nii avalikke ja tasuta andmeallikaid (nt Copernicus maateenuse mullaniiskuskaart) kui ka neid, mis on tasulised (nt Hollandi ettevõtte VanderSat pakutud mullaniiskuskaarte, KappaZeta Sentinel-1 aegridu). Liigniiskete ja põuaalade kaardistamine on mullaniiskuse hindamise teenustega väga lähedalt seotud ning enne Eesti-poolse suuremahulise uurimis- ja arendustöö ettevõtmist tuleb tutvuda juba loodud lahendustega, et vältida kasutu topelttöö tegemist, kui olemasolevad Sentineli aegridade ja mullaniiskusteenused on meile sobiva kvaliteedi ja hinnaga ning on Eesti rakendustesse API teel lihtsalt integreeritavad. Kahtlemata tuleb arvesse võtta ka RITA1/02-52-11 „Kaugseire andmete kasutuselevõtt avalike teenuste väljatöötamisel ja arendamisel“ tuleohutuse teemalise alamprojekti tulemusi, sest temaatika on siinse rakendusega väga sarnane. Parima lähteandmete komplekti väljaselgitamise järel tuleb arendada välja prototüüp-rakendus ning seda katsetada, et saadud tulemuste täpsust hinnata. Projekti käigus loodav dokumentatsioon ja prototüübi lähtekood on otsene sisend üle-eestilise katvusega liigniiskete ja põuaalade kaardirakendusele nii reaajalise kui ka ajaloo sirvimise funktsionaalsusega.

Soode niiskusrežiimi kaardi koostamine ja turvasmuldade leviku täpsustamine Eesti 1 : 10 000 mullastikukaardil Sentinel-1 ja -2 andmetel
Autor/kontakt: Rivo Uiboupin; rivo.uiboupin@taltech.ee, Tallinan Tehnikaülikool, Meresüsteemide instituut; Ain Kull; ain.kull@ut.eeTartu Ülikool Ökoloogia ja maateaduste instituut
Eesmärk: (1) hinnata satelliitkaugseire meetodil (SARi interferomeetria) soode niiskusrežiimi (sh väliveemahutavust või poorivee küllastatustaset ja selle muutust); (2) täpsustada turvasmuldade leviku piire satelliidipiltidelt (Sentinel-1 ja Sentinel-2)
Kelle jaoks: Põllumajandusuuringute Keskuse mullaseirebüroo; Keskkonnaagentuur, eluslooduse osakond (KAUR); Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Amet (PRIA); Maaeluministerium; Keskkonnaministerium
Vastavus poliitikale/arengukavadele: <ul style="list-style-type: none"> • kliimamuutustega kohanemise arengukava aastani 2030; • keskkonnaseire programmi hüdrooloogilise seire allprogramm; • Euroopa Liidu ühise põllumajanduspoliitika (ÜPP) strateegiakava aastateks 2021–2027; • Eesti maaelu arengukava (MAK) 2014–2020 • põllumajanduse ja kalanduse valdkonna arengukava aastani 2030
Sisu: Probleemid, mida kaugseire kasutuselevõtt lahendaks: soode niiskusrežiim, mis on mõjutatud mitmest tegurist (sademete hulk, maaparandus, soode taastamise efektiivsus, taimkatte liigiline koosseis jne), on oluline kliima muutuste mõistmise ja nendega kohanemise seisukohast ning kõige olulisem süsinikubilansi reguleeriv tegur. „Tavapärased“ seiremeetodid ja seirevõrgustik ei võimalda hinnata suurtel aladel (kogu Eesti) soode sesoonset muutlikkust või pikaajalisi muutusi kõrge ajalise ja ruumilise lahutusega. Praegu Eestis kasutatava suuremõõtkavalise (1 : 10 000) mullastikukaardi 1960.–1980. aastate välitöödel määratud väga õhukeste ja õhukeste turvasmuldade piirid ei vasta enam tegelikkusele. Kuna mullastikukaardi alusel makstakse ka keskkonnatoetusi, siis vajaks see kaasajastamist, et tagada maaomanike õiglane kohtlemine. Võimalused: satelliitkaugseire on ainuke meetod, mis võimaldab soodes toimuvaid veerežiimi muutusi määrata kõrge ajalise (12 päeva) ja ruumilise lahutusega (100 m) üle kogu Eesti. Samuti on kaugseire abil võimalik (taimkatte spektraalsete omaduste muutlikkuse põhjal) hinnata kõrge ruumilise lahutusega turvasmuldade piire. Rakendamise mõju: kaugseire ja maapealsetele uurimisalade sondeerimise ning mullaparametrite andmetele tuginedes on võimalik välja arendada järgmised teenused/rakendused: (a) soode niiskusrežiimi hindamine, et töötada välja meetmed kliimamuutustega kohanemiseks ja kliimamuutuste mõju leevendamiseks; (b) soode veetaseme ja mahu hindamine, et modelleerida kasvuhoonegaaside sidumist LULUCEFi aruandluses asukohapõhiselt; (c) soomuldade piiride määramine/ajakohastamine, et tagada PRIA toetuste maksmine õiglastel alustel; (d) ökosüsteemi teenuste hindamise parandamine (nt süsinikuvaru, kliima reguleerimise teenused, kudemisalade seisundi hindamine lammidel).

Ökosüsteemi kultuuriteenuste staatuse ja trendi kaardistamine kaug- ja sotsiaalseirega
<p>Autor/kontakt: Oleksandr Karasov; karasev1992@ukr.net Evelyn Uuemaa, geograafia osakond, Tartu Ülikool; evelyn.uuema@ut.ee</p>
<p>Eesmärk: arendada välja metodoloogia ökosüsteemi kultuuriteenuste kaardistamiseks ja prognoosimiseks, võttes arvesse maastiku muutusi Eestis viimase kümne aasta jooksul, kasutades kaugseire aegridasid ning sotsiaalmeedia andmeid (passiivselt jagatud geosildiga fotosid). Selle projekti idee ühtib ning seda on võimalik ellu viia koos projektide „Ökosüsteemide seisundi ja elurikkuse toe kaardistamine kaugseire abil“ ja „Satelliidiandmete põhjal maastikumuutuste kaardistamine“ ideedega.</p>
<p>Kelle jaoks: PRIA ja Maaeluministerium: põllumajanduse mõju maastiku esteetilisele väärtusele; Keskkonnaministerium, RMK: maastiku omaduste ja maakatte/maakasutuse muutuste jälgimine ja uurimine, kuidas need mõjutavad kultuuriteenuseid; Majandus- ja Kommunikatsiooniministerium: turism</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eesti üleriigiline planeering 2030+: rohelise võrgu ja maastiku väärtuste säilitamine (võimaluse korral isegi nende suurendamine) kaugseirepõhiste indikaatorite täpsema valiku abil ökosüsteemi kultuuriteenuste jälgimisel ja prognoosimisel ning ajakohaste satelliidipiltide põhjal • ÜRO säästva arengu eesmärgid ja sihid aastaks 2030, sealhulgas 15. eesmärgi sihid 6.6, 8.9, 11.3, 12b, põhinevad arusaamal ökosüsteemiteenustest (sh kultuuriteenused)
<p>Sisu: kavandatavas uuringus kombineeritakse satelliidiandmed sotsiaalmeedia fotodega, mis esindavad individuaalset maastikukogemust ja maapinna maastikuvaadet. Kõigepealt tehakse sotsiaalmeedia fotodest (Flickr, Twitter, VK.com) väljavõtte kultuuriteenuste staatuse ja trendi ning mitmekesisuse kohta seoses maastiku tajumise ja kogemustega viimase kümne aasta jooksul. Selleks kasutatakse esteetika sujuvuse teooriat (Mayer & Landwehr, 2018, Psychol Aesthetics, Creat Arts 12: 399–431), arvutinägemist ja loomuliku keele töötlemise tehnikaid. Teiseks uuritakse visuaal-sensorsete ja keskkonna omaduste (kaugseirega kaardistatav) ning kultuuriteenuste pildipõhiste näitajate vaheliste seoste suunda ja tugevust. Töö tulemusena leitakse, kuidas looduslikud ja antropogeensed tegurid ning maakatte ja maakasutuse muutused mõjutavad maastiku visuaalset kvaliteeti, multifunktsionaalsust ja maastikulist kogemust ajas, mis oleksid poliitika kujundamise sisendiks.</p>

Ajalis-ruumilised muutused Eesti järvedes
<p>Autor/kontakt: Krista Alikas, Tartu observatoorium, Tartu Ülikool; alikas@ut.ee Kersti Kangro, Tartu observatoorium, Tartu Ülikool; kiti@ut.ee</p>
<p>Eesmärk: ülevaade fütoplanktoni ja erinevate vee füüsikalise-keemiliste kvaliteedinäitajate ajalis-ruumilisest muutlikkusest Eesti järvedes</p>
<p>Kelle jaoks: Keskkonnaministeerium, Keskkonnaagentuur</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele: riikliku keskkonnaseire programmi siseveekogude seire allprogramm</p>
<p>Sisu: projekti „Lakes Climate Change Initiative“ (Lakes_cci) käigus on Euroopa Kosmoseagentuur loonud andmestiku, mis sisaldab erinevaid globaalseid järvede produkte ajavahemiku 1992–2019 jaoks ning mida saab kasutada ka Eesti järvedes toimuvate muutuste kaardistamiseks. Andmestik pärineb mitmelt erinevalt satelliidilt ja instrumendilt: TOPEX/Poseidon, Jason, ENVISAT, SARAL, Sentinel, Landsat, ERS, Terra/Aqua, Suomi NPP, Metop and Orbview. See andmestik sisaldab erinevaid parameetreid:</p> <ul style="list-style-type: none"> • veetase (LWL): vajalik näitaja, et seletada tasakaalu vee lisandumise ja äravoolu vahel ning nende seoseid regionaalsete ja globaalsete kliimamuutustega • veepinna temperatuur (LSWT): on seotud regionaalse õhutemperatuuriga ja annab infot segunemise kohta, mis omakorda mõjutab toiteainete sisaldust vees • jääkate (LIC): teke ja kevadine sulamine annab infot pikeneva kasvuperioodi ja globaalsete kliimamuutuste kohta • peegeldustegur: otsene biogeokeemiliste protsesside indikaator, annab infot elupaikade kohta, kuhu valgus ulatub ning on indikaator vees toimuvatele muutustele ja ekstreemsete olude esinemissagedusele. Sisend fütoplanktoni, vee läbipaistvuse, mineraalse ja orgaanilise aine hindamisel <p>Pikaajaline andmerida on kasutatav Eesti suurte järvede seireks. Väikejärvedes aset leidnud muutuste kaardistamiseks saab kasutada kõrgema ruumilise lahutusega satelliite (Landsat, Sentinel-2) ning regionaalseid algoritme.</p>

Eesti põllumaade viljakuskaart Sentinel-1, Sentinel-2 ja Landsat-8 satelliidipiltide arhiivi järelanalüüsi põhjal
Autor/kontakt: Kaupo Voormansik, KappaZeta; kaupo.voormansik@kappazeta.ee
Eesmärk: luua üle-eestiline põllumaade viljakuskaart Sentinel-1, Sentinel-2 ja Landsat-8 satelliidipiltide viimase 5–10 aasta arhiivi järelanalüüsi põhjal. Viljakuskaart on oluline sisend, et planeerida edasisi väetamis- ja maaparandustöid ning tuvastada probleemseid alasid, kus tuleks mullaproove lisaks teha. Tänu Sentinel-1 satelliidipiltide tihedale ajalisele ja üle-eestilisele ruumilisele katvusele on võimalik luua unikaalne ühtlase kvaliteediga viljakuskaart terve Eesti kohta.
Kelle jaoks: Põllumajandusamet: maaparandustööde investeeringute täpsemaks planeerimiseks; PRIA: talunikke nende töös aitava andmekihina jagamiseks PRIA avalikul veebikaardil; Eesti põllumajandusettevõtete konkurentsi tõstmiseks Euroopa ja maailma kontekstis
Vastavus poliitikale/arengukavadele: <ul style="list-style-type: none"> • eelnõu „Põllumajanduse ja kalanduse valdkonna arengukava aastani 2030“ • arengukava „Eesti põllumajandus ja toit 2030“ • kliimamuutusega kohanemise arengukava aastani 2030
Sisu: kuna maailma rahvastik kasvab ja põllumaa ühe elaniku kohta aina kahaneb, muutub toidu tootmisel aina olulisemaks meie olemasoleva põllumaa võimalikult efektiivne ja samas loodushoidlik majandamine. Väheviljakad põllud ja põlluosad ei suurenda tingimata elurikkust, aga on halvasti kasutatud ressurss, mis tähendab, et sama koguse toidu tootmiseks tuleb kasutada rohkem põllumaad. Igal väheviljakal põlluosal on oma põhjus (liigniiskus, sage põuasus veerežiimi häirete tõttu või mõne toitaine puudus mullas). Väetamis- ja maaparandustööde planeerimisel on esimene samm selgitada välja väheviljakad alad ja need täpselt kaardistada. Sentinel-1 on kogunud süstemaatiliselt andmeid 2015., Sentinel-2 2016. ja Landsat-8 2013. aastast. Neist mõõtmistest on moodustunud tihe, mitut vegetatsiooniperioodi kattev aegrida, kust joonistuvad välja aastast aastasse korduvad väheviljakad põlluosad. Esimeses lahenduses on väheviljakate alade tunnus madal NDVI ja kõrge koherentsus, kuid võimalik, et kasulikke satelliitseire parameetreid on selle ülesande lahendamiseks veel. Rakendusuuringu käigus tuleb uurida ja lahendada järgmised küsimused: 1) milline on parim Sentinel-1, Sentinel-2 ja Landsat-8 mõõtmistel põhinev tunnuskomplekt põllumaa viljakuse hindamiseks; 2) milliseid maapealseid võrdlusandmeid tuleks selle ülesande lahendamisel arvesse võtta (Eesti mullakaart, andmed kasvatatud põllukultuuride ja saadud saakide kohta jne)? Välja tuleb töötada prototüüpudel ja töötlusahel satelliitmõõtmiste tunnuskomplektist viljakuskaardi saamiseks ning välja arvutada Eesti põllumaa viimase viie aasta viljakuskaart 2021. aasta seisuga. Rakendusuuringu käigus võetakse kasutusele olemasolevad Sentinel-1 ja Sentinel-2 aegridade loomiseks mõeldud teenused ja infrastruktuur ning tehakse tihedat koostööd Eesti Maaülikooli ja Tartu Ülikooli teadlastega, et leida objektiivne alus ja parimad maapealsed võrdlusandmed, et põllumaade viljakust kvantitatiivselt hinnata.

Maaparandussüsteemide tehnilise seisundi ja kuivendusseisundi seire
<p>Autor/kontakt: Aive Liibusk, geomaatika õppetool, Eesti Maaülikool; aive.liibusk@emu.ee Toomas Timmusk, maaehituse ja veemajanduse õppetool, Eesti Maaülikool; toomas.timmusk@emu.ee</p>
<p>Eesmärk: katsetada kaugseirevõimalusi mittetoimivate maaparandussüsteemide tehnilise seisundi tuvastamiseks. Anda soovitused, millist aparatuuri selleks kasutada.</p>
<p>Kelle jaoks: Maaeluministerium: jätkusuutlik põllumajandus, toiduga kindlustatus; Keskonnaministerium: kliimamuutustega kohanemine</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • „Põllumajanduse ja kalanduse valdkonna arengukava aastani 2030“ eelnõu: https://www.agri.ee/sites/default/files/content/arengukavad/poka-2030/poka-2030-eelnou-2020-02-21.pdf • arengukava „Eesti põllumajandus ja toit 2030“: http://epkk.ee/ept2030/ • kliimamuutusega kohanemise arengukava aastani 2030: https://www.envir.ee/sites/default/files/kliimamuutustega_kohanemise_arengukava_aastani_2030_0.pdf
<p>Sisu: 85% olemasolevatest kuivendussüsteemidest on enam kui 30 aastat vanad (ehitatud aastatel 1965–1985), asuvad paljude eri omanike maadel ja on tänaseks amortiseerunud. Hooldamata maaparandussüsteemide tagajärjel väheneb hea ja rahuldava kuivendusseisundiga maade osakaal Eestis ligikaudu 2–3% aastas. Põllumajandustootjate konkurentsivõime ja toidutootmise tagamiseks on vaja toimivaid kuivendussüsteeme ehk nende seisundit ja selle muutumist ajas on vaja kuluefektiivselt hinnata. Maaparandusseadusest tuleneb maaparandussüsteemide hoiukohustus ning nõue koostada hoiu- ja tegevuskavad remonditööde ja rahaliste vahendite planeerimiseks. Hoiutöödega tegelevad nii riigiasutused (kokku hoiab riik korras 5432 km pikkuses ühiseesvoole) kui ka maaomanikud (eesvoole kokku 24,7 tuhat km).</p> <p>Kaugseiremeetodite rakendamine võimaldaks kiiresti tuvastada puittaimestiku levikut kuivendatud maal ja lühema- ning pikemaajalist ülejutusalasid, mis on põhjustatud eesvoolude kinnikasvamisest, kobarste tammidest või poldrite pumbajaamade mittekasutamisest. Traditsiooniliste meetoditega on põllumaa niiskusrežiimi hindamine ja selle vastavus taimekasvatuse nõuetele väga kulu- ja töömahukas. Kaugseire tehniliste võimaluste kasutamine on perspektiivne valingvihmadest, puudulikult toimivatest eesvooludest ning drenaažitorustikust tingitud pinnavee esinemise aja ja pikkuse ning pinnase niiskusrežiimi määramisel.</p>

Masinnägemise (tehisintellekti) suurem rakendamine ehitusega seotud objektide automaatsel tuvastamisel kaugseire (drooni-) andmete põhjal
Autor/kontakt: Raido Puust, raido.puust@taltech.ee, Tallinna Tehnikaülikool Ehitusteaduste instituut
Eesmärk: kasutada masinnägemist ehitusprotsessiga seotud riskide hindamiseks või hilisema ehitise korrashoiuga seotud objektide tuvastamiseks
Kelle jaoks: Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium (ehitus- ja elamuosakond)
Vastavus poliitikale/arengukavadele: Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi initsiatiivil on käima lükatud mitu ehitusega seotud alamprojekti või uuringut, mille eesmärk on tõhustada ehitusega seotud tööprotsesse ning lisaks omada ka ehituse pikka vaadet, milles on oluline roll tehnoloogia suuremal kasutuselevõtul kogu ehitussektoris: https://eehitus.ee/timeline-post/ehituse-pikk-vaade/ .
Sisu: masinnägemine/tehisintellekt on kasutust leidnud väga paljudes sektorites, kuid linnalises elukeskkonnas, milles peamine rõhuasetus on turvalisuse tagamisel, nõuete järgimisel ning jooksva tööprotsesside kaardistamisel, on seda veel väga vähesel määral propageeritud ja rakendatud. Kuna tänapäeval on kaugseireandmeid väga lihtne koguda (drooniga), saame ligipääsu kas või iga päev kogutavale täpsele linnakeskkonda puudutavale ruumilisele infole. Kogutud infol tekib väärtus siis, kui seda osatakse sihipäraselt ära kasutada. Masinnägemine võimaldab avardada kaugseire teel saadud andmete väärtust, luues uusi kasutusjuhtumeid, milles keskne fookus on kogutud andmetest linnaruumi või ehitusprotsessiga seotud objektide automaatsel äratundmisel, et tagada õigeaegne sekkumine või aidata kaasa hilisema digitaalse kaksiku loomisele (https://eehitus.ee/timeline-post/e-ehituse-3d-kaksiku-arendus/).

Kaugseireandmete rakendamine kaitseotstarbeliste planeeringute lähteandmete täpsustamiseks
<p>Autor/kontakt: Kersti Vennik, Kaitseväe Akadeemia; kersti.vennik@mil.ee Mait Lang, Tartu observatoorium, Tartu Ülikool; Metsandus- ja maaehitusinstituut, Eesti Maaülikool; mait.lang@ut.ee</p>
<p>Eesmärk: Eesti territooriumi militaarsete maastikuaspektide täpsustamine ning reaalsusele vastava maastikupildi koostamine kaitseotstarbeliseks planeerimiseks</p>
<p>Kelle jaoks: Kaitseministeerium</p>
<p>Vastavus poliitikale/arengukavadele: riigikaitse arengukava: https://www.riigikantselei.ee/sites/default/files/content-editors/Failid/rkak_2017_2026_avalik_osa.pdf</p>
<p>Sisu: Eesti kaitsejõudude jaoks on kriitilise tähtsusega omada aktuaalset ja reaalsusele vastavat ülevaadet maastikust. Kaitsetegevuse planeerimisel on edu saavutamise alus maastiku militaarsete aspektide tundmine. Erineva mõõtkavaga topograafilistel kaartidel (standardina rakendatakse sagedasti 1 : 50 000, aga ka 1 : 10 000 mõõtkavaga kaarti) esineb mitu looduslikku ja inimtekkelist nähtust ja objekti, mille hetkeseis kaardil ei vasta tegelikule olukorrale maastikul. Samuti ei kajasta nimetatud kaardid kõiki sõjalise planeerimise jaoks olulisi parameetreid. Näitena võib välja tuua metsasihtisid ja -radasid, aga ka kraave, mille kajastatus kaartidel ei ole sagedasti kooskõlas tegeliku loodusliku pildiga. Kaartidelt pole võimalik hinnata teede laiust, läbitavuse omadusi, kraavide sügavust ega nõlvustegurit. Sarnaselt nimetatutega on praegusel topograafilisel kaardil metsad visualiseeritud kui ühetaolised puistud, tegemata vahet tihedamatel ning hõredamatel, head kaitset ja varjet pakkuvatel ning vastupidi, vähese varjega puudekogumitel. Kaitseplaneerimisel tekkivad infovajadused kattuvad osaliselt tsiviilmaailma vajadustega, kuid teiselt poolt esineb ka täiesti unikaalseid küsimusi. Erilist äramärkimist väärib ka lühiajaliselt toimunud muutuste kaardistamise vajadus. Nt kui heas seisukorras metsatee on metsaveo tulemusena üleöö kasutuskõlbmatuks muutunud, siis tee seisukorra muutus on ajakriitiline nähtus selles piirkonnas liikuvale militaarsetele üksusele. Praeguste topograafiliste kaartide loomise algallikas on Maa-ameti koostatavad ortofotod. Rakendamata on laserskaneerimise andmekogumid ning teised kaugseireandmete allikad, nt Copernicus omad. Uurimuse eesmärk on selgitada olemasolevate kaugseireandmete rakendatavust militaarsete maastikuaspektide kaardistamiseks. Kaitseväe Akadeemia ja Tartu Ülikooli Tartu observatooriumi senise koostöö tulemusena on kujunenud pädevused, mis lubavad eeldada detailsema ning reaalsusele vastava maastikupildi loomise edukust.</p>

Mehitamata õhusõidukite (UAV) ning muude kaugseirerakenduste kasutamine ehitusmaavarade mahtude määramiseks
Auto/kontakt: Natalja Liba, geomaatika õppetool, Eesti Maaülikool; natalja.liba@emu.ee Kaupo Kokamägi; kaupo.kokamagi@student.emu.ee, Aive Liibusk; aive.liibusk@emu.ee
Eesmärk: töötada välja kaugseireandmetel põhinev meetodika ehitusmaavarade mahtude operatiivseks määramiseks ja monitoorimiseks
Kelle jaoks: Keskkonnaministeerium: ehitusmaavarade kasutamine, säästev areng, looduskaitse, jäätmemajandus; Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium: transporditaristu rajamine
Vastavus poliitikale/arengukavadele: <ul style="list-style-type: none"> • ehitusmaavarade kasutamise riiklik arengukava 2011–2020: https://www.envir.ee/sites/default/files/ehitusmaavarade_kasutamise_riiklik_arengukava_2011-2020.pdf • Eesti Keskkonnastrateegia aastani 2030: https://www.envir.ee/sites/default/files/elfinder/article_files/ks_loplil_riigikokku_pdf.pdf • Eesti säästva arengu riiklik strateegia „Säästev Eesti 21“: https://www.riigikantselei.ee/sites/default/files/content-editors/Failid/saastev_eesti_21.pdf • looduskaitse arengukava aastani 2020: https://www.envir.ee/sites/default/files/lak_lop_0.pdf • transpordi arengukava 2014–2020: https://www.mkm.ee/sites/default/files/transpordi_arengukava.pdf • riigi jäätmekava 2014–2020: https://www.envir.ee/sites/default/files/riigi_jaatmekava_2014-2020.pdf
Sisu: ehitusmaavarade kasutamise riiklikus arengukavas on rõhutatud: „Riigikontroll on juhtinud tähelepanu ehitusmaavarade kaevandamisega seotud õigusrikkumistele, eelkõige lubatud kaevandamismahu ja mäeeraldise piiride ületamistele. Nende rikkumiste avastamiseks ja ärahoidmiseks tuleb tõhustada riigi kontrolli maavara kaevandamise üle ning muuta see järelvalvet tegevate asutuste ühtseks süsteemiks.“ Nimetatud rikkumisi aitaks vähendada kaugseirevahendite kaasamine ehitusmaavarade mahtude täpsemaks ja operatiivsemaks kaardistamiseks. Mehitamata õhusõidukitega on võimalik mõõta kaevandatavate loodusvarade mahtu ka oludes, kus kontaktmõõtmine pole võimalik või on lausa eluohtlik. Kaugseiremeetodite kasutuselevõtmine riigile oluliste maavarade mahtude määramisel eeldab mainitud tehnoloogia valideerimist geodeetiliste meetoditega. Projekti käigus valideeritakse ja analüüsitakse erinevaid kaugseiremeetodeid, nende täpsust ja operatiivsust kaevandatavate ehitusmaavarade, aga ka kaevandusjäätmete mahtude arvutamiseks. Kaugseiremeetodite laialdasem kasutuselevõtt tõhustaks riigi kontrolli ehitusmaavarade kaevandamise üle, nt maavarade kasutamisel väga mahukatel taristuobjektidel (Rail Baltic, Tallinn-Tartu-Luhamaa maantee neljarealiseks ehitamise jätkamine jm).