



LEEBEM TALV, KARMIMAD VALIKUD: TEADUSLIK PILK EESTI KLIIMA TULEVIKKU

Eesti kliimast rääkides kipub avalik arutelu sageli takerduma üksiküsimusse: kas läheb soojemaks või mitte? Teadlastele on see kõige vähem vaieldav osa. Temperatuur tõuseb, kusjuures Eestis kiiremini kui maailmas keskmiselt. Palju keerulisem - ja ühiskonnale määravam - on mõista, kuidas hakkavad kliima soojenemisega seotud muutused meie elu mõjutama.

Tekst: MARILIIS KOLK, PIIA POST, VELLE TOLL



Foto: Rein Leib / laulu- ja tantsupeo ajakirjast

KLIIMA

2025. aasta laulupidu algas vihmase ilmaga. Tulevaste laulupidude korraldajad peavad arvestama, et tõenäoliselt hakkavad sademed jaotuma ebaühtlasemalt. Kui sajab, siis korraga palju

KUIDAS KLIIMAMUUTUS ENDAST MÄRKU ANNAB?

- Kliimamuutuste tagajärjed ei piirdu ainult temperatuuritõusuga. Eri piirkondades avalduvad kliimamuutused isemoodi. Tuleb arvestada, et suur osa taristust on rajatud, lähtudes minevikukliimast.
- Kõik mele aastaajad soojenevad. Muutus pole ühtlane, kõige kiiremini muutuvad soojemaks kevaded ja talved.
- Samas piirkonnas tuleb üha sagedamini ette nii paduvihma kui ka pöuda.
- Kuivemad piirkonnad muutuvad kuivemaks, märjemad piirkonnad märjemaks.

Tartu ülikooli füüsika instituudi kliimauuringute keskuse teadlased kliimaprojektsioonide abil, milline on tulevikukliima pale Eestis.

LUME ALT SULAB VÄLJA HULK RISKE

Üks kõige usaldusväärsemalt prognoositavaid kliimanäitajaid nii kogu maailma kui ka kohalikus kontekstis on temperatuur. Kliimaprojektsioonid (ennustused kindla piirkonna kliima kohta) näitavad, et Eestis soojenevad kõik aastaajad, kuid muutus ei ole ühtlane. Suvi soojeneb hinnanguliselt 1,3 korda kiiremini kui globaalne keskmine. Kõige kiiremini tõusevad temperatuurid aga talvel ja kevadel, kusjuures talvine keskmine temperatuur kasvab Eestis ligikaudu 1,9 korda kiiremini kui globaalne keskmine. Seda mustrit kinnitavad ka ajaloolised mõõtmisandmed.

Kohati võiks öelda, et õigus on neil, kes peavad kliimasoojenemist positiivseks nähtuseks, mille tagajärjel muutub elu odavamaks. Näiteks väheneb meil ju talvel küttevajadus. Samas suureneb suvel vajadus jahutuse järele, mis võib nõuda päris kopsakaid investeeringuid. Seetõttu võibki kliimamuutuste puhul olla eksitav vaadelda eraldi vaid üht näitajat. Süsteem ei muutu ühes punktis, vaid tervikuna. Kui temperatuur tõuseb, intensiivistub samal ajal aurustumine, muutub mullaniiskus, sademete hooajalisus, külmumis- ja sulamisperioodide sagedus ning sagenevad kuumalained ja paduvihmad. Sageli sünnivad just näilisest leevenemisest uued riskid.

Temperatuurimuutuse kõrval on teaduslikult väga selge ka atmosfääri veeringe intensiivistumine. Soojem õhk mahutab rohkem niiskust ja kui tingi-

mused on sobivad, langeb see niiskus pärast kondenseerumist maapinnale sademetena. Piirkondades, kus sademete hulk ületab aurumist nagu Eestis, keskmine sademete hulk suureneb. Piirkondades, kus aurumine ületab sademeid, keskmine sademete hulk kahaneb. Lihtsustatult: märjemad piirkonnad muutuvad märjemaks ning kuivemad kuivemaks.

Kõige tugevam on sademete kasv Eestis talvel, seejärel sügisel ja kevadel. Suve puhul on pilt veidi keerulisem, sest mudelid nii üheselt selget signaali ei anna, mõned näitavad kasvamist, teised kahanemist. Küll aga joonistub välja üks otsustamise seisukohalt väga oluline nihe: tõenäoliselt jaotuvad sademed tulevikus ebaühtlasemalt. Kui sajab, siis korraga palju. Ja kui ei saja, siis ei saja üldse.

OMA MURED NII MAAL KUI KA LINNAS

Siit jõuamegi ühe Eesti jaoks kummalimsa paradoksini: samas süsteemis võib tõepoolest tulla üha sagedamini ette nii pöuda kui ka paduvihma. Pikemad kuivaperioodid kuivatavad pinnast. Samal ajal kogub soojem atmosfäär rohkem niiskust ja võib selle lühikese ajaga väga tugeva sajuna tagasi anda. Tagajärg on heitlikum kliima, mis põllupidajale võib tähendada kevadel kuivat mulda, suvel veepuudust, kuid ka äkilisi sadusid, mille vesi ei jõua maasse imbuda, vaid voolab kiiresti kokku ja võib pinnast ära uhtuda.

Riskijuhtimise vaatest ütleb see teadmine meile palju rohkem kui näiteks aastane keskmine sademete hulk. Kui mingi näitaja keskmine on veidi suurem või väiksem, ei tekita see enamasti prob-

Kuigi kliima muutumine on üleilmne protsess ja selle põhijõud – inimtegevuse tõttu kliimasüsteemi lisandunud energia – on hästi teada, ei anna globaalne ülevaade piisavat alust teha praktilisi otsuseid Eesti kohta. Kliimamuutuste tagajärjed, mis ei piirdu vaid temperatuuritõusuga, avalduvad eri piirkondades üsna erinevalt.

Millised talved meid ees ootavad? Kui palju hakkab sadama? Kas pöud ja paduvihm võivad tõesti käia käsikäes? Veel praktilisemalt: kuidas see mõjutab omavalitsusi, põllumehi, kinnisvara- ja taristuarendajaid ja teisi, kelle otsused ei pea vastu pidama mitte ainult järgmiste valimiseni, vaid aastakümneid, vahel isegi sajandeid. Toetamaks eluliselt tähtsate valikute tegijaid uurivad

KLIIIMA

Tihe hoonestus, asfalt ja betoon salvestavad linnas soojust. Rohealad ja linnahaljastus (fotol on Mustakivi asum Tallinnas Lasnamäel) muutuvad oma jahutava mõju pärast üha tähtsamaks



leeme põllumajanduse või taristuga. Need satuvad surve alla siis, kui süsteem peab tulema toime äärmustega, millega ei ole arvestatud. Kui vihmased sagedased ja tugevnevad, suureneb surve sademeveesüsteemidele ja teedele.

Eriti selgelt tulevad need riskid esile linnakeskkonnas. Tihe hoonestus, asfalt ja betoon salvestavad soojust, rohealade nappus vähendab vee aurumise jahutavat mõju. Sademevesi ei pääse kiiresti pinnasesse, vaid koormab kanalisatsiooni ja koguneb üleujutuskohtadesse. Selle tõttu muutuvad kuumaperioodid linnades raskemini talutavaks ning tugevad sajad probleemsemaks kui väljaspool linnaruumi.

Asjaolu, et suur osa senisest taristust on rajatud minevikukliimast lähtudes, ei

ole kellegi eksimus: insenerid teevad projekte nende teadmiste järgi, mis on parajasti olemas. Nüüd, kui teame rohkem, tuleb välja selgitada, kas eile sobinud lahendus toimib ka homme. See tähendab, et kliimariske tuleb hinnata samamoodi nagu muid suuri ohtusid: süstemaatiliselt ja regulaarselt. Tuua selgust nii sellesse, mis ja kui tõenäoliselt võib muutuda, kui ka sellesse, kuidas see muutus mõjutab inimest, loodust, majandust ja teenuseid, mille toimimisest ühiskond sõltub.

TULEVIKKU EI ENNUSTATA KRISTALLKUULI JÄRGI

Samas ei saa kliimateadusest maalida pilti kui piinlikult täpsest ennustusmasinast. On näitajaid, nagu tempera-

tuur või sademed, mille kohta on võimalik öelda palju ja kindlalt. Samas leidub ka näitajaid, millega tuleb olla ettevaatlikum. Hea näide on tuulisus. Eelmiste, kümmekond aastat tagasi tehtud projektisioonide põhjal on levinud arusaam, et tuuled muutuvad Eestis tugevamaks. Praegune teaduslik arusaam seda üheselt ei kinnita. Küsimusele, kas tuuled muutuvad tugevamaks või nõrgemaks, on õige vastus hoopis „nii ja naa“.

Selgitamaks, miks mõned kliimamuutused on üheselt selged ja teised mitte, peab teadma, kuidas üldse heidetakse pilk kliima tulevikku. Kõigepealt tuleb luua käsitus kliimasüsteemist: seda matemaatilis-füüsikaliselt kirjeldada. Selles etapis ei ole veel oluline, mil-

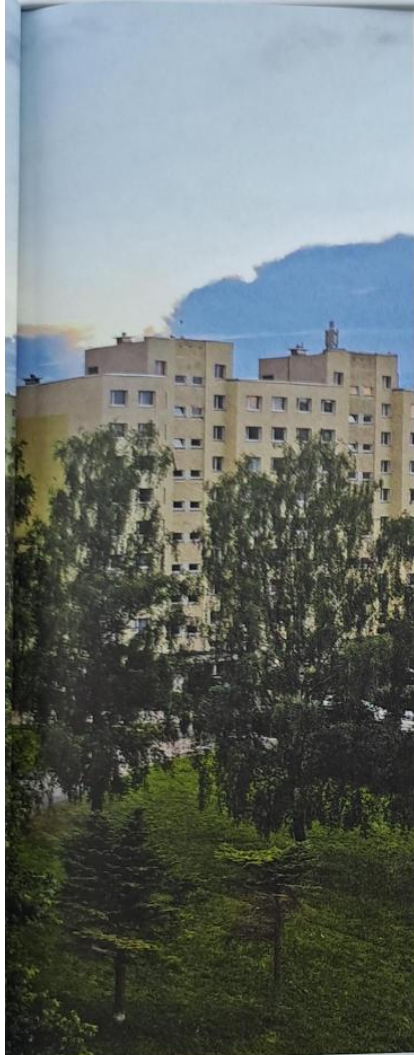


Foto: Kallerna / Wikimedia Commons

list asukohta silmas peetakse, sest mudelid, millega kliimat „arvutatakse“, peavad hõlmama kogu planeeti.

Kliimamudelites arvestatakse lihtsustatult kõiki olulisi kliimat kujundavaid tegureid. Erinevalt ilmaennustusest ei ole siin kõige tähtsam teada eelmise päeva täpset ilma, vaid seda, kui palju energiat süsteemi sisse tuleb, kui palju sealt väljub ja mismoodi see süsteemis jaotub. Kirjeldatakse kliimasüsteemi eri komponente: atmosfääri, ookeani, litosfääri, krüosfääri ja biosfääri ning nende vastasmõjusid.

Ent üksnes kliimamudelite heast kirjeldusest ei piisa. Praegusel ajal kujundab kliimasüsteemi siseneva ja väljuva energia tasakaalu muutuse eeskätt inimestekeliste kasvuhoonegaaside heide,

mis tuleneb peamiselt fossiilkütuste tarvitusest. See tähendab, et tuleviku nägemiseks tuleb teada, kui palju fossiilkütuseid kasutame. Iseloomustamaks, kui palju ja millist energiat inimesed tulevikus eeldatavalt tarbivad ning milline on selle tõttu kujunev kasvuhoonegaaside kontsentratsioon atmosfääris, rakendatakse stsenaariume. Inimtegevus ja tulevased poliitilised valikud ei ole looduseadustega ette määratud, vaid tulevik on meie endi kättes.

TUULE SUUNAS PUUDUB KORD

Ühendades mudelid ja stsenaariumid, sünnivadki kliimaprojektsioonid, milles kirjeldatakse tulevikku valemite ja arvude abil. Rahvusvahelisel tehakse seda globaalses mõttel, sest Maa kliima

toimib ühtse tervikuna. Samas muutub väiksemal ruumiskaalal määramatus suuremaks, kuna mudelite piirangud tulevad seal selgemalt esile. Ühelt poolt võimaldavad kohalikule tasandile toodud projektsioonid võtta veidi paremini arvesse tegureid, mis kujundavad paikondlikke erinevusi. Eesti puhul on need näiteks Atlandi ookeani lähedus ja Läänemere mõju.

Isegi kui vaadelda lähemaid piirkondi, ei suudeta ületada päris kõiki piiranguid. Piirkondlik temperatuur kasvab käsikäes globaalse soojenemisega, kuid tuule kiiruse muutused on tingitud suuremastaapse õhuringluse muutustest, mille ulatus on teaduslikult ebaselge. Pealegi võib globaalse keskmise temperatuuri tõus mõjutada tuuli eri moodi:

KLIIMA

TUDRAÕLI

ROHKEM KUI TOIT

OMA MAITSE LEMMIK 2024

PARIM PUU- JA KOOGIVILJA-TOODE
PARIM PAKEND

Oma Maitse Lemmik 2025* PAKEND

Oma Maitse Lemmik 2026* PARIM MAHETOODE

- maitsev salatiõli
- kõrgeim suitsemispunkt küpsetamisel kuni 240 °C
- vegan
- oomega-3 allikas
- oomega-3 ja oomega-6 suhe 3/2
- pikim säilivusaeg – kuni 24 kuud
- GMO-vaba
- E-vitamiini rikas

madilamahe.ee

KLIIIMA

Ennustuste järgi muutuvad Eestis kõik aastaaajad soojemaks, kuid muutus pole ühtlane. Kõige kiiremini tõuseb temperatuur kevadel ja talvel



Foto: Lillia Moroz / Wikimedia Commons

näiteks võib pooluste ja ekvaatori temperatuuride erinevuse vähenemine tuuli nõrgendada, ent atmosfääri kihistumise või talvetormide trajektoorie muutused võivad tuuli mõnes piirkonnas hoopis tugevdada. Loomulik tuule muutlikkus on suur ning püsimuutusi on keeruline eristada juhuslikest aastavahelistest kõikumistest, sestap on tuule tulevikutrendid ka lokaalsete projektsioonide puhul kõige ebaselgemate seas.

Soojema kliima korral võivad suvised ehk konvektiivsed tormid ja nendega kaasnevad tormituuled Eestis potentsiaalselt tugevneda. Talvised ehk tsükloonaalsed tormid võivad omakorda nihkuda koos põhistsüklonite liikumisteede muutumisega. Peale tuule on Eesti kliima puhul ebaselged ka teised suuremas- ja väiksemahulise õhuringluse muutustega seotud näitajad, näiteks pilvisus ja aluspinnani jõudva päikese kiirguse hulk, mis oleneb suuresti just pilvisusest.

Ka ranniku ülejutuste muutused olenevad ulatusliku õhuringluse muutustest. Eesti rannikul võib tulevikus oodata tugevamaid ülejutusi keskmise suhtelise mereveetaseme tõusu tõttu. Seejuures lisab määramatust Läänemere veetaseme keeruline dünaamika, mil-

le pärast on tulevikus raskem hinnata ka keskmist suhtelist meretaset.

HEA JUHTIMINE ARVESTAB TULEVIKUGA PAINDLIKULT

Mida me veel ei tea, on see, milliseks kujunevad tulevased kasvahoonegaaside heitkogused. Isegi kui kõik praegu kehtivad kliimaeesmärgid saavutatakse, tõuseks üleilmne keskmine temperatuur aastaks 2100 võrreldes tööstuseelse ajaga ikkagi 2,8 °C võrra. Pariisi kliimakonverentsil sõlmitud kokkulepet piirata globaalset soojenemist selle sajandi lõpuks 1,5 kraadini on võimatu saavutada, kuna inimtekkeline kasvahoonegaaside heide suureneb endistviisi. Samas võivad heitkogused praeguste eesmärkidega võrreldes olla nii väiksemad kui ka suuremad. Samavõrd määramatu nagu inimtekkeliste kasvahoonegaaside heide on ka Maa kliimasüsteemi tundlikkus selle heite suhtes.

Ebakindlus ei vabasta riskijuhtimisest. Paratamatult peab kohanema sellega, et tegutseda tuleb mittetäieliku info alusel – kaaluma peab nii kindlamaid kui ka ebakindlamaid stsenaariume, arvestades kohalikke eripärasid ja haavatavusi. See eeldab otsustajatelt valmisolekut kasutada teadust kui suuna-

näitajat, ootamata täielikku kindlust enne tegutsemist.

Praktikas tähendab see näiteks taristu kavandamist niimoodi, et see ei peaks vastu mitte ainult praegustele, vaid ka tulevastele ilmastikuoludele. See tähendab ka investeringuid lahendustesse, mida saab vajaduse korral kohandada, ning riskide hajutamist olukorras, kus tulevikukliima erisused on võimalikud. Mida varem hakata kliimamuutustega kohanema, seda väiksemad on kulud ja seda suurem on võimalus vältida pöördumatuid kahjusid. ☀

Uurimistööd on rahastatud projekti „Kliimamuutustega kohanemise tegevuste elluviimine Eestis“ (LIFE21-IPCEE-LIFE-SIP AdaptEst/101069566) kaudu

MARILIIS KOLK (1995) on keskkonnanäitajate juhtimise magister, jätkusuutliku ettevõtluse ekspert.

PIIA POST (1963) on atmosfäärifüüsik. Tartu ülikooli füüsika instituudi kliimauuringute keskuse juhataja, kliimateaduste professor.

VELLE TOLL (1987) on Tartu ülikooli füüsika instituudi kliimafüüsika professor.