

Korduma Kippuvad Küsimused Eesti ilma ja kliima kohta

Koostasid Katriin Käärik ja Aarne Männik Tallinna Tehnikaülikooli Meresüsteemide Instituudist.

Käesolev korduma kippuvate küsimuste dokument on koostatud vastuseks sagedastele meieni jõudvatele kliima ja ilma teemalistele küsimustele. Materjal on koostatud hariduslikul eesmärgil selgitamaks olulisemaid Eesti ilmastikunähtusi, nende kujunemist ning kliimaga seotud mõisteid ja protsesse.

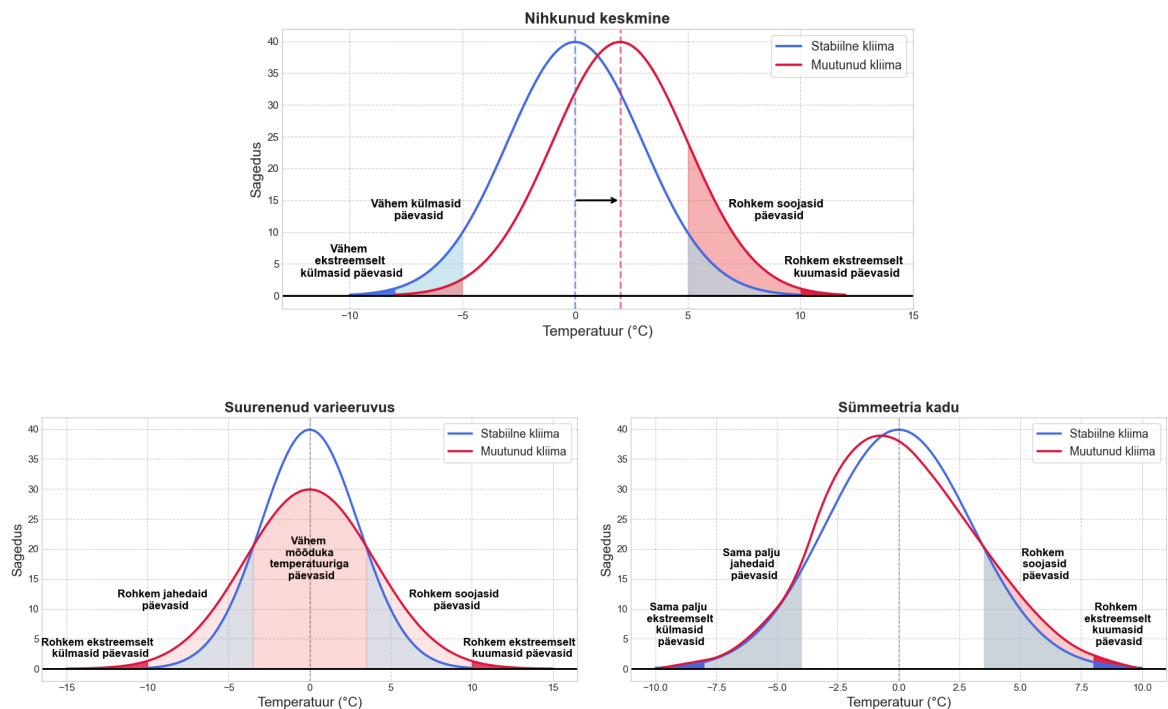
Mis on kliimamuutus?

Kliimamuutuseks nimetatakse pikaajalisi muutuseid temperatuuri, sademete ja teiste ilmastikku kujundavate tegurite keskmistes ja varieeruvustes. Globaalne soojenemine globaalse keskmise temperatuuri kasvuna on vaid üks kliimamuutuse näitaja - tegelikult võib kliimamuutus ilmned ka ekstreemsete ilmastikunähtuste sagenemises, aastaaegade n-ö nihkumises või tajutavalt rohkemate soojemate ja/või külmemate päevade esinemises.

Kui kujutada ette kellukest, mis väljendab matemaatiliselt Gaussi jaotust ja näitab ööpäevaste temperatuuride loomulikku varieeruvust, võib kliimamuutus ilmned mitmel viisil:

- 1) Kellukese nihkumisel ühes või teises suunas, mis viitab üldisele režiimi muutusele ööpäevastes temperatuurides (nt keskmise temperatuuri tõusu koos ekstreemselt soojade temperatuuride kasvuga).
- 2) Kellukese lamestumisel või kitsenemisel, mil ekstreemsete sündmuste hulk vastavalt suureneb või väheneb (nt rohkem väga soojasid ja ka külmasid päevasid).
- 3) Kellukese kaldumisel, mis muudab sagedasemaks kas keskmisest soojemad või külmemad päevad.

Seega on kliimamuutus vägagi mitmekülgne nähtus, mis hõlmab nii keskmiste väärtuste nihkumist kui ka varieeruvuse ja ekstreemsete sündmuste sageduse muutust, nagu illustreerivad järgnevad graafikud.



Joonised 1: Temperatuuri jaotuse muutus kliimamuutusel: (a) keskmise nihkumisel, (b) varieeruvuse muutusel, (c) sümmeetria kaol. Adapteeritud IPCC “*Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*” raportist

Kliima on alati muutunud. Kui suurt rolli mängib siiski tänases kliimamuutuses inimtegevus?

Kuigi kliima on looduslikult alati muutunud ning muutub ka tulevikus, siis on tänaseks kujunenud seisukoht, et ülekaalukas osa hiljutistest muutusest on inimtegevuse tulemus. Umbes 97% IPCC (ehk *Intergovernmental Panel on Climate Change*) autoritest nõustub, et tänane kliimamuutus on suures osas inimtekkeline. Paari aasta tagase eksperimendi alusel oli viimase sajandi jooksul globaalne keskmine õhutemperatuur tõusnud hinnanguliselt $+1,1^{\circ}\text{C}$ võrra, millest inimtekkeline komponent moodustas ligikaudu $+1,07^{\circ}\text{C}$.

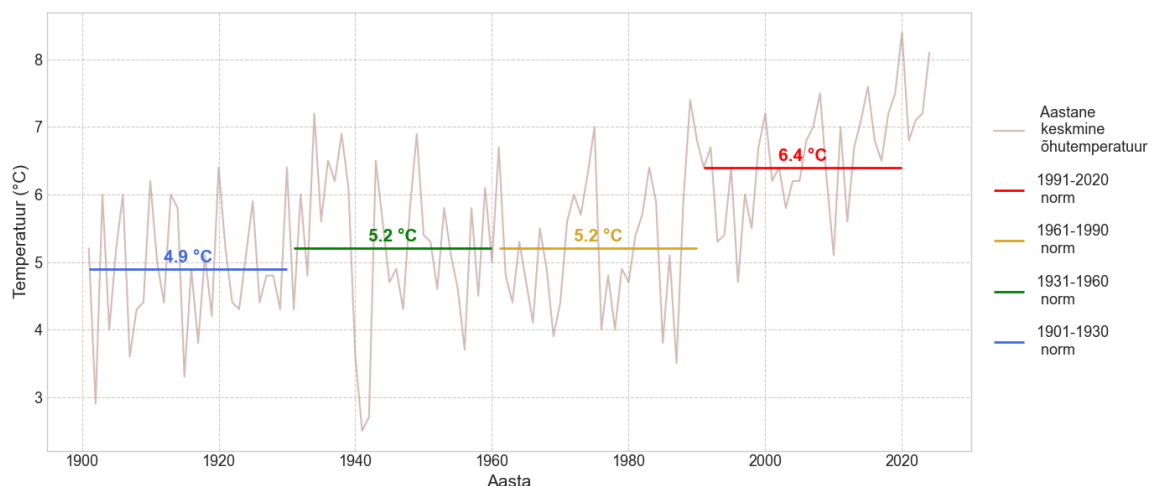
Inimtegevuse mõju kliimale hinnatakse nii keemiliste ühendite isotoopide kui ka kliimamudelite ja eksperimentide abil. Nendest järeldub, et hüppeline süsihappegaasi sisalduse kasv atmosfääris tuleneb fossiilkütuste põletamisest ning et praegust kiiresti muutuvat kliimat saab kõige täpsemalt modelleerida siis, kui arvestada lisandunud kasvuhoonegaaside hulgaga. See tähendab, et hiljutine kiire kliimamuutus ei ole ainult looduslik protsess, vaid suuresti põhjustatud inimeste poolt.

Samal ajal ei maksa iga erakordse ilmasündmuse juures näha inimese kurja kätt või nuhtlust vale käitumise pärast. Erakordsed loodusnähtused ja katastroofilised tormid olid olemas ka ilma kliima soojenemiseta. Inimtegevuse mõju omistamine konkreetsele ilmasündmusele on väga keeruline ja pigem tõenäosuslik, kui see üldse võimalik on.

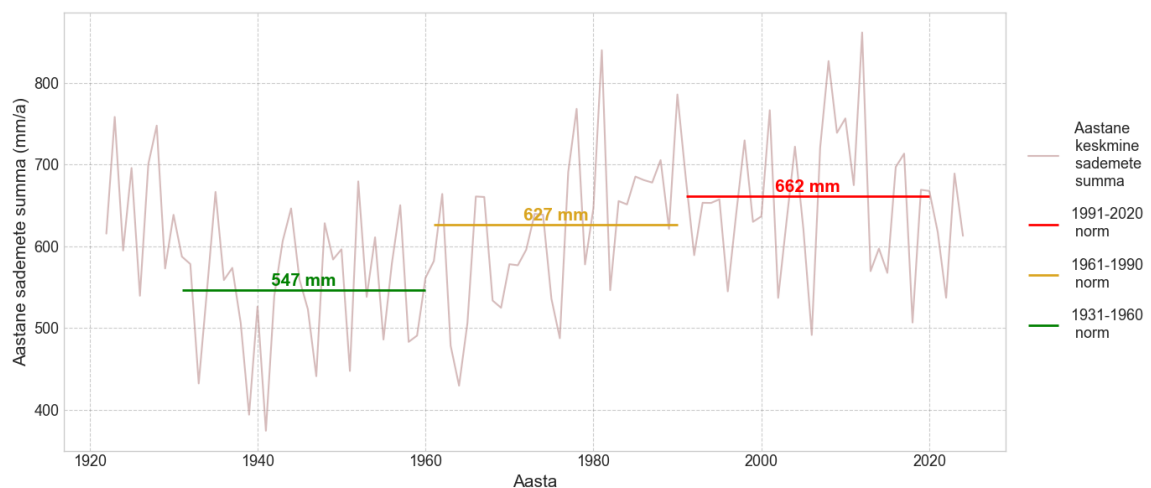
Millisteks muutusteks ilmas peaksime lähiaastatel valmis olema? Ja mida peaksime ilma kohta teadma, et mitte iga muutuse pärast paanikasse sattuda?

Eesti asukoht teeb ilma ennustamise keeruliseks, sest paikneme mitmetes üleminekutsoonides. Seetõttu võib ilm muutuda kiiresti ja ootamatult – kord sajab ja on jahe, siis aga paistab jälle päike. Ka aastaringselt kõigub meie temperatuur rohkem kui stabiilse kliimaga piirkondades, näiteks troopikas. Oluline on mees pidada, et igapäevased ilma kõikumised ei tähenda veel kliimamuutust, vaid on osa looduslikust muutlikkusest. Kliimamuutust hinnatakse pika aja jooksul, sagedasti 30 aasta keskmiste andmete põhjal.

Rahvusvahelise kliimapaneeeli (IPCC) hinnangul tõuseb Eestis tulevikus suure kindlusega õhutemperatuur, sajab rohkem ning sajud muutuvad intensiivsemateks. Samuti lisandub kuumalaineid, kuid külmalained ehk pakaseid jääb harvemaks. Neid muutusi on juba näha Eesti varasematest mõõtmistest, mis näitavad, et 30-aastaste perioodide keskmised temperatuurid ja sademete hulk on kasvutrendis.



Joonis 2: Tartu-Tõravere aastaste keskmiste temperatuuride aegrida. Adapteeritud Keskkonnaportaalist. Andmed Keskkonnaagentuurist.



Joonis 3: Tartu-Tõravere aastate sademete summa aegrida. Adapteeritud Keskkonnaportaalist. Andmed Keskkonnaagentuurist.

Kas iga uus temperatuuri- või muu rekord on tõend globaalsest soojenemisest?

Üldistatult võiks öelda, et kui meil registreeritakse mingi ilmarekord, siis on kaks võimalust: kas meie vaatlusread on lühikesed või siis on süsteemis toimunud muutus mingis suunas. Milline neist kahest võimalusest tegelikkusele vastab sõltub konkreetsest näitajast, mille rekord registreeriti.

Iga üksik rekord, olgu see siis temperatuuri-, sademete- või tuulerekord, ei näita veel kliimamuutust. Äärmuslikke ilmaolusid on alati esinenud ka ilma kliimasoojenemiseta, küll aga on märk muutusest see, kui rekordid muutuvad ajapikku üha sagedasemaks või pikaajalised andmed näitavad selget soojenemise või muud trendi.

Ilm on nii külm, kus siin see kliimasoojenemine on?

Selline katse kliimaprobleemide taustal nalja teha on väga sage ja naljana täiesti ära leierdatud. Kahjuks mõtleb osa inimesi seda päris tõsiselt. Tegemist on klassikalise ilma ja kliima mõistete segi ajamisega. Ilm on atmosfääri seisund praegusel hetkel. Kliima aga on lihtsustatud lähenemisel paljude ilmade pikaaegne (kümned aastad või rohkemgi) keskmine. Kliima on seega pigem statistiline kontseptsioon. “Kümme külma suvepäeva” pole veel kliima, sest aastas on 365 päeva ja aasta keskmise temperatuuri otsustavad kõik päevad, mitte ainult “kümme külma suvepäeva”. Isegi kui kogu aasta peaks tulema madala temperatuuriga, ei saa veel midagi rääkida kliima kohta, sest kliima puhul tuleks arvestada

umbes kolmekümne aastaga. Variatsioonid ja kõikumised on keskklaiuste kliimale ja seega ka Eesti kliimale sisemiselt omased ja sellega tuleb osata arvestada ning mitte teha üksiksündmuste pealt kaugeleulatuvaid järeldusi.

Väga sagedaseks veaks on inimeste juures veel kalduvus teha Eesti ilmade põhjal otsustusi globaalse kliima ja kliimasoojenemise kohta. Tuleb siiski mõista, et Eesti on väga väike osa kogu maakerast ja kohalike olude põhjal ei saa teha otsuseid globaalsete nähtuste kohta. Kuigi kohalikud olud on kindlasti mõjutatud globaalsetest protsessidest, oleks vale arvata, et kohalikud olud ja globaalsed protsessid alati "ühte jalga käivad". Kliima on siiski statistiline kontseptsioon ning Eesti ilmad ja kliima omavad globaalse kliima määramise juures üsna väikest mõju. Seega on kohaliku ja globaalse konteksti eristamine kliimaprobleemidest aru saamisel väga oluline oskus.

Ilm on nii Kas see on seotud kliimasoojenemisega ja kas see hakkabki nüüd nii olema?

Eesti ilm on oma olemuselt väga muutlik, mis on seotud meie geograafilise asupaigaga keskklaiuste põhjaservas. Keskklaiustel toimub polaaralade külmade õhumasside ja troopiliste soojade õhumasside segunemine ning energiavahetus suurte keeriste ja laineliste protsesside näol, mis tekitab keskklaiuste suure varieeruvusega ilma. Saame tunda krõbedaid külmasid ja kõrgeid kuumakraade. See on meie asukohas tavapärane ilma igasuguste kliimamuutustetagi.

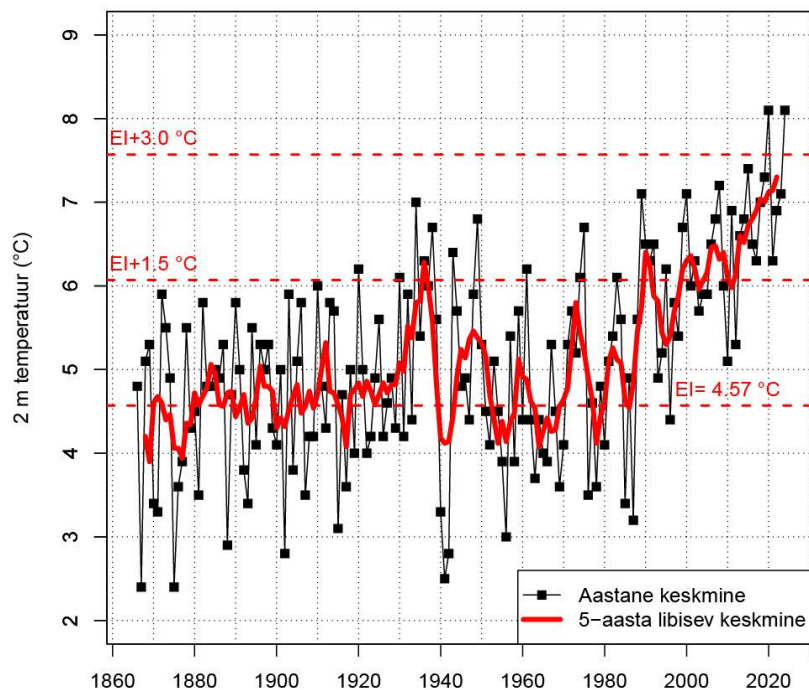
Rangelt võttes toimub praegu globaalne kliimasoojenemine ja me ei saa ennast sellest protsessist eraldi välja võtta mistõttu on ju tegelikult kõik seotud kliimasoojenemisega. See aga ei tähenda, et mingi konkreetne ilmatüüp ei oleks võimalik ilma kliimasoojenemiseta. Teadusliku täpsuse huvides oleks õige rääkida millise tõenäosusega esineks konkreetne ilm kliimasoojenemise puudumisel ja millise tõenäosusega kliimasoojenemise tingimustes. Tehniliselt oleks sellised hinnangud ja arvutused teostatavad, kuid suurte arvutusmahtude ja aeganõudvuse tõttu oleks need üsna ebapraktilised. Arvutuste valmides on ilm juba ammu midagi muud ja inimeste huvi kusagil mujal rääkimata inimeste tavapärasest usaldamatusest tõenäosuslikkuse suhtes.

Kas selline ilm hakkabki olema? Eesti ilm oli, on ja jääb vahelduvaks. Isegi kui kliima soojeneb ei muutu lähiperioodil planeedi pöörlemise kaldenurk, mis on oluline tegur troopiliste alade energiaülejäagi ja polaaralade energiakaotuse määramisel. Ka kliimasoojenemise tingimustes jääme me troopiliste soojade õhumasside ja polaarsete külmade õhumasside segunemise piirkonda.

Kas Eesti soojeneb sama kiiresti kui ülejäänud maailm?

IPCC andmetel on viimase täisdekaadi (ehk 2011-2020 aastate) globaalne keskmine temperatuur olnud eelindustriaalsest tasemest 1,1 °C kõrgem. Viimastel aastatel on hakatud rääkima 1.5 °C piiri kätte jõudmisest, mis on olnud Pariisi lepetega püstitatud eesmärk inimkonna jaoks, mida pole soovitatav ületada. Samal ajal Tartu mõõtmisajalugu näitab veelgi suuremat kohalikku temperatuuritõusu, kus me oleme jõudmas 3°C tasemete juurde. See võib tunduda viimaste aastate jahedamate suveilmade taustal vastuoluline kuid tuleb silmas pidada, et põhiline osa Eesti kliima soojenemisest läheb pehmemate talvede arvele mitte suurtele suvekuumustele.

Polaaralad soojenevad kiiremini kui ülejäänud maailm ja Eesti ilma oluliseks kujundajaks on põhjapoolsed polaarsed õhumassid, mistõttu kiireneb kliima soojenemine ka meie regioonis. NOAA (ehk Ameerika Riikliku Ookeani- ja Atmosfäärivalitsuse) analüüs näitab, et viimase 30 aasta jooksul on globaalse soojenemise kiirus olnud suurim polaaraladel, Siberis, Ida-Euroopas ja Vaikse Ookeani põhjaosas. Samal ajal on näiteks USA ja Austraalia soojenenud oluliselt aeglasemalt ning mõned ookeaniregioonid on muutunud hoopis jahedamaks.



Joonis 4: Tartu-Tõravere temperatuuri aegrida ja eelindustriaalne tase (1871-1900).

Kas Eesti kliima puhul on täheldatud suviseid mustreid? Kas mingi kindla perioodi järelt vahetuvad näiteks soojad ja kuivad suved jahedad ja vihmastega?

Ühtegi sellist korrapärast mustrit pole Eesti suveilmades täheldatud. On täiesti tavaline, et üks suvi kujuneb soojemaks ja kuivemaks, teine aga jahedamaks ja vihmasemaks. Viimasel aastakümnel on 30 aasta keskmisega võrreldes sagedamini esinenud soojemaid ja kuivemaid juunisid ning jahedamaid juulisid. See võib mõjutada inimeste muljet suvest sõltuvalt sellest, millal keegi puhkas või millisele perioodile ta rohkem tähelepanu pööras.

Kas talve ja kevade ilmade põhjal on võimalik ennustada suveilma?

Tegelikult mitte. Eesti ilm on suuresti määratud globaalse ja atlantilise mastaabiga õhutsirkulatsiooniga ja talvine lumikate või mere jäätumine on liiga lokaalsed fenomenid, et seda tsirkulatsiooni mõjutada. Meile võib Läänemeri tunduda väga suurena, aga ilmasüsteemide mastaabis on tegemist üsna väikese veekoguga, mis pigem on ilmast mõjutatud, kui mõjutab ise ilma. Eks teatud lokaalseid efekte muidugi lumikate ja merejää põhjustavad, näiteks, kui meri on jääs, siis püsib rannikuala ilm kauem jahe või palju lund tekitab rohkem kevadist suurvett, kui see kiiresti sulab. Suveilmaga pole sellel siiski erilist seost.

Mida peetakse Eesti mõistes kuumalaineks?

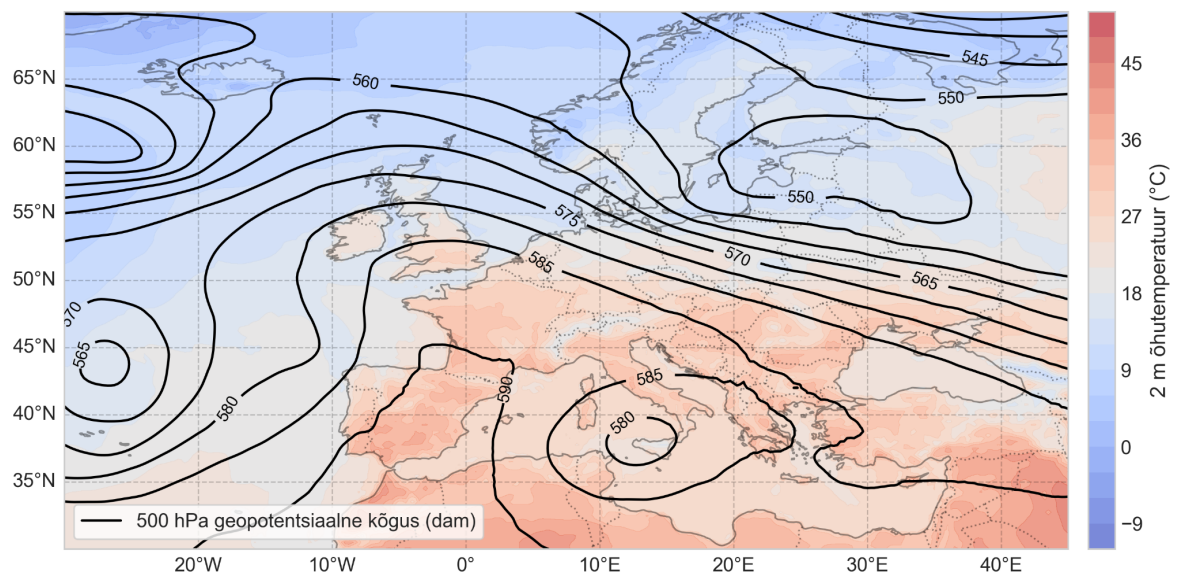
Kuumalaine definitsioonid (st temperatuuri ja kestvuse ländid) varieeruvad riigiti. Eestis kasutatakse väga kõrgete temperatuuride korral maakondade põhiselt kahetasemelist hoiatuste süsteemi. Esimese taseme hoiatuse korral ehk kui "Ilm võib teatud olukordades olla ohtlik," peab kolme ja enama päeva jooksul olema maksimaalne õhutemperatuur $\geq 27^{\circ}\text{C}$ või keskmine õhutemperatuur $\geq 20^{\circ}\text{C}$. Teise taseme hoiatuse korral ehk kui "Ilm on ohtlik," peab kolme ja enama päeva jooksul olema maksimaalne õhutemperatuur $\geq 30^{\circ}\text{C}$ või keskmine õhutemperatuur $\geq 25^{\circ}\text{C}$. Kui õhutemperatuurid vastavad mainitud hoiatus(t)e kriteeriumi(te)le on ametlikult tegemist kuumalainega. Meedias kasutatakse kuumalaine mõistet vabamalt - sageli lihtsalt 1-2 soojema päeva korral, mis tegelikkuses kuumalainet endast ei kujuta.

Miks Euroopat tabanud kuumalaine Eestisse ei jõua? Miks erinevad Lääne-Euroopa ja Eesti ilmad nii palju, eriti kuumalainete osas?

Selleks, et mõista, miks Eesti suveilmad võivad ülejäänud Euroopast nii palju erineda, tuleb arvestada atmosfääri tsirkulatsiooniga. Eesti asub parasvöötmes, kus kohtuvad troopilised ja polaarsed õhumassid, mistõttu on ilm väga vahelduv. Eesti ilma kujundavad globaalsed tsirkulatsioonid - olulisemalt polaarfront ja jugavool.

Polaarfront tähistab põhjapoolse polarse ja lõunapoolse soojema õhumassi üleminekut. Selle kohal troposfääri ülaosas kulgeb läänest itta puhuvate tugevate tuulte vöönd ehk jugavool, mis mõjutab õhumasside liikumist ja tsüklonite trajekte. Jugavoolu ja polaarfronti iseloomulik omadus on lainelisus, mille tulemusena jõuavad kaugemale lõunasse külma õhumassiga looked ning vastupidiselt kaugemale põhja soojemad looked. Samuti tekivad selle loogetesse kõrg- ja madalrõhkkonnad, mis võimendavad sooja ja jaheda liikumist vastavalt kaugemale põhja või lõunasse, sest need määravad tuule suuna.

Sageli jäävad Eesti ja Lääne-Euroopa polaarfronti vastasfaasis olevate lainete ehk loogete mõjualadesse, mistõttu on meie ilm Lääne-Euroopa omale sageli vastandlik. Järgneval joonisel on näidatud ühte sellist olukorda 2023. aasta septembrist, kus Lääne-Euroopa ja Eesti jäid polaarfronti vastasfaasidesse, mistõttu erinesid oluliselt nende piirkondade 2 meetri õhutemperatuurid.

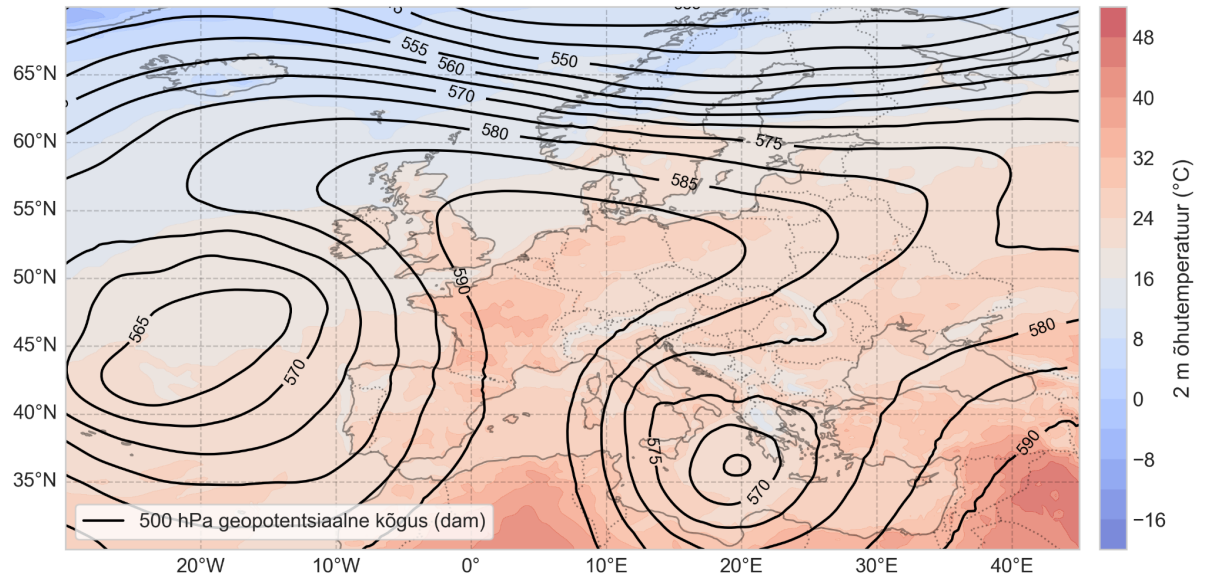


Joonis 5: Euroopa 500 hPa geopotentsiaalse kõrguse ja 2 m õhutemperatuuri kaart (05.09.2023 12:00).

Andmed: ERA5

Selline polaarfronti looklemine on pidevas muutumises, mis muudab meie ilma vahelduvaks. Samas on olemas loogete mustrid, mis on ajaliselt üllatavalt püsivad - mitmed nädalad. Selliseid konfiguratsioone nimetatakse *blocking patterns*-iks ehk blokeerumismustriteks, sest need takistavad teisi õhumasside liikumisi. Alloleval joonisel

on toodud üks näide tuntud omega-mustrist, mille nimi tuleneb selle kujust, mis sarnaneb kreeka tähele Ω . Blokeerumismustrid võivad suvel põhjustada mõnes piirkonnas pikemaid kuumalaineid, samal ajal kui teistes piirkondades valitsevad püsivalt vihmased olud.



Joonis 6: Euroopa 500 hPa geopotentsiaalse kõrguse ja 2 m õhutemperatuuri kaart (19.06.2025 12:00).
Andmed: ERA5

Mis on torm?

Tormi mõiste on iseenesest väga laialdaselt kasutatud, kuid sageli katab see sõna oma olemuselt väga erinevaid nähtusi. Klassikaliselt tähendab torm tugeva tuule põhjustatud ohtlike ilmaolusid, kus tuule kiirus 10 minuti keskmisena ületab 20,5 m/s. Meie oludes põhjustavad selliseid olusid parasvöötme tsüklonid, mida esineb sagedasti just sügishooajal ja sageli räägitaksegi siis sügistormidest. Seejuures tuleb märkida, et tormi kriteerium on sageli täidetud ainult mere kohal, sest maismaal kukub tuule kiirus aluspinna kareduse tõttu üsna kiiresti. See on ka põhjus, miks tormihoiatus sügaval maismaal elavale inimesele vahel ülearune tundub. Merel viibijad oskavad siiski hoiatust hinnata. Kui tormi kriteerium juba maismaal välja mõõdetakse on tegu juba päris kurja ilmaga.

Parasvöötme tsüklonid põhjustavad talviti ka nähtusi, mida nimetatakse lumetormideks. Lumetormi puhul ei pea tuule kiirus vastama klassikalisele tuulekiiruse kriteeriumile. Lumetormi iseärasus on koos tugeva tuulega kaasnev tihe lumesadu, mis muudab nähtavuse väga halvaks ja põhjustab tuisuga raskeid liiklusolusid. Eriti ohtlikuks tuisuks nimetatakse sadava lume ja maapinnalt tuulega üles tõstetud lume kooslust umbes 15 m/s tuule kiirusel kestusega rohkem kui 12 h.

Parasvöötme tsükloni poolt põhjustatud torme võib esineda ka suvel kuid seda juhtub pigem harvemini. Suviti on meil sagedasteks külalisteks tormid, mille põhjustavad võimsad äikesepilved. Need tormid on hoopis teise tekkemehhanismiga kui parasvöötme tsüklonid olles põhjustatud intensiivsetest konvektsioonivooludest. Tegelikult olekski õige nimetada neid torme konvektiivseteks tormideks või äikesetormideks. Tugevad tõusvad õhuvoolud tekitavad kõrgele ulatuvaid intensiivseid sajupilvi, millega käivad kaasas äike ja tugevad tuulepuhangud. Konvektiivsetele tormidele ei saa rakendada tavalist keskmise tuule kriteeriumi kuna probleeme tekitavad pigem tuulepuhangud kui pidevalt puhuv tugev tuul. Tuulepuhangute puhul poleks aga ka 40 m/s mingi haruldus, mis võivad palju probleeme põhjustada rääkimata vahel äikesepilvede all tekkivatest intensiivsetest tuulekeeristest - trombidest.

Kas kõik tsüklonid on tormid?

Ei, kõik tsüklonid (ehk madalrõhkkonnad) pole kindlasti tormid. Parasvöötme tsüklonit võib tormiks nimetada alles siis kui tuulte tugevus tsüklonis ületab tormi kriteeriumi - 20.5 m/s 10 min keskmise tuulena aluspinna lähedal.

Kuidas tsüklonid tekivad ja mis nende teket mõjutab?

Tsüklonite puhul tuleb vahet teha parasvöötme ja troopiliste tsüklonite vahel. Parasvöötme ja troopiliste tsüklonite tekkemehhanismid on väga erinevad. Parasvöötme tsüklonid tekivad troopilise sooja õhumassi ja külma polaarse õhumassi vahel paikneval ülemineku tsoonis - frontaaltsoonis, kus temperatuur muutub kiirelt lühikese vahemaa kohta. Sellises frontaaltsoonis esinevad sageli soodsad tingimused häirituste kasvuks, millest võivad areneda suured õhukeerised - tsüklonid. Parasvöötme tsüklonite tekke kaasaegne teooria - barokliinsete häirituste kasvu teooria on tegelikult päris keeruline ja ega alati polegi lihtne öelda miks vahel häiritused arenevad suurteks tsükloniteks ja vahel mitte.

Troopilised tsüklonid tekivad soojade troopiliste ookeanide kohal, kus rohke soojus ja niiskus toidavad tugevaid konvektiivseid õhuvoole. Need tõusvad õhuvoolud tekitavad suursuguseid pilvemassiive, tugevaid vihmasadusid ja äikesetorme. Troopilised tsüklonid võivad muutuda väga intensiivseks ja saavutada tuulte kiirused, mis ületavad keskmise tuulena 33 m/s ja neid nimetatakse orkaanideks.

Eesti puhul on meil tegemist alati parasvöötme tsüklonitega. Troopilised tsüklonid siia ei ulatu kuigi mõnikord võib troopiline tsüklon põhja poole liikudes ümber kujuneda parasvöötme tsükloniks ja sellisena meile jõuda. Parasvöötme (ehk ekstratroopilised)

tsüklonid on mõõtnetelt suuremad, kuid üldiselt vähem intensiivsed kui nende troopilised naabrid.

Miks ei saa Läänemere kohal tekkida sama võimsaid tsükloneid nagu ookeanide kohal?

Parasvöötme tsükloneid saab tekkida ka Läänemere kohal, siiski on tavaliselt tegemist Atlandi ookeanilt üle Norra mäestiku liikunud “mägede poolt lõhutud” tsüklonitega, mis võivad Rootsi kohal osatsüklonina taas süvenema (ehk tugevnema) hakata. Kuna parasvöötme tsüklonite teke on seotud tugevate temperatuurikontrastide ja jugavooluga, siis on tingimused nende tekkeks paremad tihti Atlandi ookeani kohal, mis on enda alalt ka oluliselt suurem, ja kust need läänevoolus meieni jõuavad. Siiski võivad mõnikord Läänemere kohal areneda tsüklonid üllatavalt kiiresti ja saavutada lühikese ajaga märkimisväärse jõu.

Küsimuste ja ettepanekutega võib pöörduda: katriin.kaarik@taltech.ee

Viimati muudetud 03.09.2025

TalTechi Meresüsteemide Instituudi kliimategevusi toetab AdaptEST.

The logo for AdaptEST, featuring the word "adaptest" in a bold, green, lowercase sans-serif font. The letter 'a' is stylized with a small circular dot above it.