



# Sood kliima võtmes

internetiväljaanne Eesti  
looduskaitse spetsialistidele

Tallinna Ülikool  
LIFE Kliima allprogrammi projekt  
Life-Peat-Restore  
2016-2021

Koostajad: Laimdota Truus, Mati Ilomets,  
Raimo Pajula, Anna-Helena Purre, Kairi Sepp

Tallinn, 2018



# **Sood kliima võtmes**

## **Role of peatlands in climate change mitigation**

### **/in Estonian/**

**An internet publication directed  
for Estonian nature conservationists**

**LIFE Climate Change Mitigation project Life-Peat-Restore 2016-2021**

**Compiled by Laimdota Truus, Mati Ilomets, Raimo Pajula  
Anna-Helena Purre, Kairi Sepp**

**© Text: Institute of Ecology, TallinnUniversity**

**© Photos: authors (attached to the photos); frontpage photo: Raimo Pajula**

## Sisukord

Sisukord .....	3
Sissejuhatus .....	5
Olulised mõisted.....	6
Sood on Maa süsinikuhoidlad .....	8
Kuivendamine.....	11
Süsinikuvood soos ja kõdusoos .....	14
Soode osa atmosfääri hea seisundi tagamisel .....	17
Kas suurus loeb? .....	18
Turbamaade levik ja kuivendamine Eestis .....	19
Levik.....	19
Eesti soode kuivendamise ajalugu.....	19
Sootüüpide pindala muutused kuivendamise tagajärjel.....	22
Kasvuhoonegaaside emissioonid Eesti turbamaadelt.....	23
Soode taastamine/Korrastamine .....	24
Kliimamuutuste mõju soodele .....	25
Viidatud kirjandus .....	27





# Sissejuhatus

Looduslike ökosüsteemidena toimivad sood seovad süsihappegaasi. Soode kujunemise ja kasvamisega on aastatuhandetega taimed fotosünteesi käigus sidunud atmosfääris olevat süsihappegaasi ning osa tekkinud süsinikurikkast orgaanilisest ainest on ladestunud turbasse. 18. sajandil alanud tööstusrevolutsiooni ja inimkonna järjest suurema tarbimisvajaduse tulemusel on mõne viimase sajandiga väga suur osa soodest kuivendatud ja muudetud põllumaaks või metsamaaks ning turvast on kaevandatud aianduse ja kütte tarbeks. Turba lagunemisel tekkivate kasvuhoonegaaside ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) emissioon on piisavalt suur, et olla arvestatav fossiilkütuste põletamise ja tsemendi tootmise heitekoguste kõrval ning anda oma panuse tänapäevaste kliimaprobleemide tekitamisse.

Anname ülevaate inimtegevusest põhjustatud muutustest soode ökosüsteemides nii maailmas kui Eestis ning neist tulenevast kasvuhoonegaaside emissioonist Maa atmosfääri.

Andmed turbamaade leviku ja kasutamise kui ka kasvuhoonegaaside emissiooni kohta varieeruvad eri autoritel ja ka samade autorite eriaegsetes töödes; siinkohal lähtume enam refereerituist. Kindlasti need andmed edaspidi täpsustuvad, kasvõi juba sellepärast, et väheuuritud paikadest maailmas leitakse uusi sooalasid juurde.

Siin esitatud ülevaade ja lisatud mõtted võivad olla abiks looduskaitseliste otsustuste tegemisel. Üht-teist silmaringi laiendamiseks võib leida ka igaüks meist.



# Olulised mõisted

**Turvas** on osaliselt lagununud taimejäänustest ja huumusest koosnev mullahorisont, mis tekib soostuvate või soomuldade veega küllastunud ning hapnikuvaeses pindmises kihis (Masing 1992). Soode taimestik on kohastunud kasvama püsivalt kõrge veetaseme juures. Pinnalähedase veetaseme tõttu kujunenud hapnikuvaeses keskkonnas jäävad surnud taimejäänused lagunemata ja need ladestuvad süsinikurikka (ca 50% kuivainest) turbana. Kui kuivendamise tõttu veetase alaneb ja pinnasesse pääseb hapnik, aktiveerub lagundavate mikroorganismide elutegevus, turvas hakkab mineraliseeruma ning sinna akumuliseerunud süsinik lendub süsihappegaasina atmosfääri.

**Turbamaa** (kasutatud ka turbaala) hõlmab kõiki alasid, kus maapinda katab turvas. Turbamaade hulka kuuluvad sood, soostunud rohumaad ja metsad, kõdusood, turbakaevandused, jääksood ja kaevandamisest mõjutatud alad. Mõiste turbamaa (*peatland*) oma tänases tähenduses võeti kasutusele Euroopas 1990. aastate algul (Joosten, Tanneberger & Moen 2017; Paal & Leibak 2013; vt ka [www.soo.ee](http://www.soo.ee)).

**Soo** on maa, kus turbakihi paksus on vähemalt 30 cm ning selle ladestumine ei ole katkenud (Sjörs 1948, Masing 1988a, Moen 1995). Ökoloogilises tähenduses on soode tunnusteks iseloomulik taimkate, loomastik, püsivalt pinnalähedane veetase, turbalasund ja pidevalt juurde ladestuv turvas (Pajula 2006). See tähendab toimivat, sootaimestikuga ja turvast pidevalt akumuliseerivat ökosüsteemi. Kui turba moodustumine katkeb pikemaks perioodiks, hävib ka soo ökosüsteem (Schumann & Joosten 2008). Sood võivad olla põhjaveetoitelised (minerotroofsed ehk madalsood) või sademetoitelised (ombrotroofsed ehk rabad), puurindega või ilma. Eesti soode tüpoloogiat on käsitletud mitmete autorite poolt (Laasimer 1965, Marvet 1970, Masing 1988b, Paal jt 1999); viimasel ajal kasutatakse laiemalt NATURA 2000 elupaigatüüpide süsteemi (Paal 2007).

**Soostunud maa** on turbamullaga maa, kus turba paksus on alla 30 cm.

**Soode kuivendamine** on suuresti paari viimase aastasaja ettevõtmine. Kuivendatakse peamiselt põllumaa, rohumaa ja metsakultuuride rajamiseks ning turba kaevandamiseks. Praeguseks on sood peaaegu hävitatud suures osas Lääne- ja Kesk-Euroopas, Suurbritannias, Indoneesias. Kogu maailmas hinnatakse kuivendatud soode (=kõdusood) pindala 63 miljonile hektarile (Joosten & Couwenberg 2009). Eestis algas soode kuivendamine 17. sajandil.

**Kõdusoo** on kuivendatud soo, mis on kujunenud looduslikust soost pikaajalise kuivendamise tulemusel. Kõdusoodes on sootaimed asendunud arumetsadele, enamasti palu-, laane- ja salumetsale omaste taimeliikidega (kujunenud kõdusoometsad) või on neile rajatud heinamaa, karjamaa, harvem põllumaa.

**Jääksoo** on turba kaevandamisest järele jäänud tiheda kraavivõrgustikuga, soole omase taimkatteta ning õhema või түsedama turbakihi (jääkturbaga) ala (Paal 2011). Jääksoo nagu ka kõdusoo ei ole enam soo, kuid on turbamaa.

**Märgala** on üldmõiste veega küllastunud alade madalaveeliste veekogude ja nende lähiümbruse kohta. Ramsari konventsiooni [www.ramsar.org/](http://www.ramsar.org/) artikli 1.1 põhjal on märgalad lodud, sood, turbaalad või veekogud, mis on kas looduslikud või inimese poolt rajatud, püsivad või ajutised. Märgalad on küllastunud veega, mis on kas seisev, voolav, mage, riim- või soolane vesi, hõlmates ka merealad, kus vee sügavus ei ületa kuut meetrit. Juhul, kui kaldaäärsel või rannikualal on kohti, kus vee sügavus on mõõna ajal üle kuue meetri, võetakse ka need märgala piiridesse.

**Kasvuhoonegaasid** (KHG) on Maa atmosfääris olevad gaasid, mis ei neela või neelavad vähe lühilainelist päikese kiirgust kuid neelavad pikalainelist soojuskiirgust, põhjustades kasvuhooneefekti. Viis põhilist kasvuhoonegaasi Maa atmosfääris on veeaur ( $H_2O$ ), süsihappegaas ( $CO_2$ ), naerugaas ( $N_2O$ ), metaan ( $CH_4$ ) ja osoon ( $O_3$ ). Vastavalt ÜRO kliimamuutuste konventsiooni Kyoto protokollile peetakse peamiseks kliimamuutuste põhjustajateks inimtegevuse tagajärjel suurenenud süsinikdioksiidi, metaani, naerugaasi ning inimtekkeliste freoonide või freoonilaadsete ainete kontsentratsiooni tõusu atmosfääris. Viimaste emissiooni püütakse rahvusvaheliste lepetega vähendada <https://www.amazon.com/Climate-Change-2007-Mitigation-contribution/dp/0521880114/>.

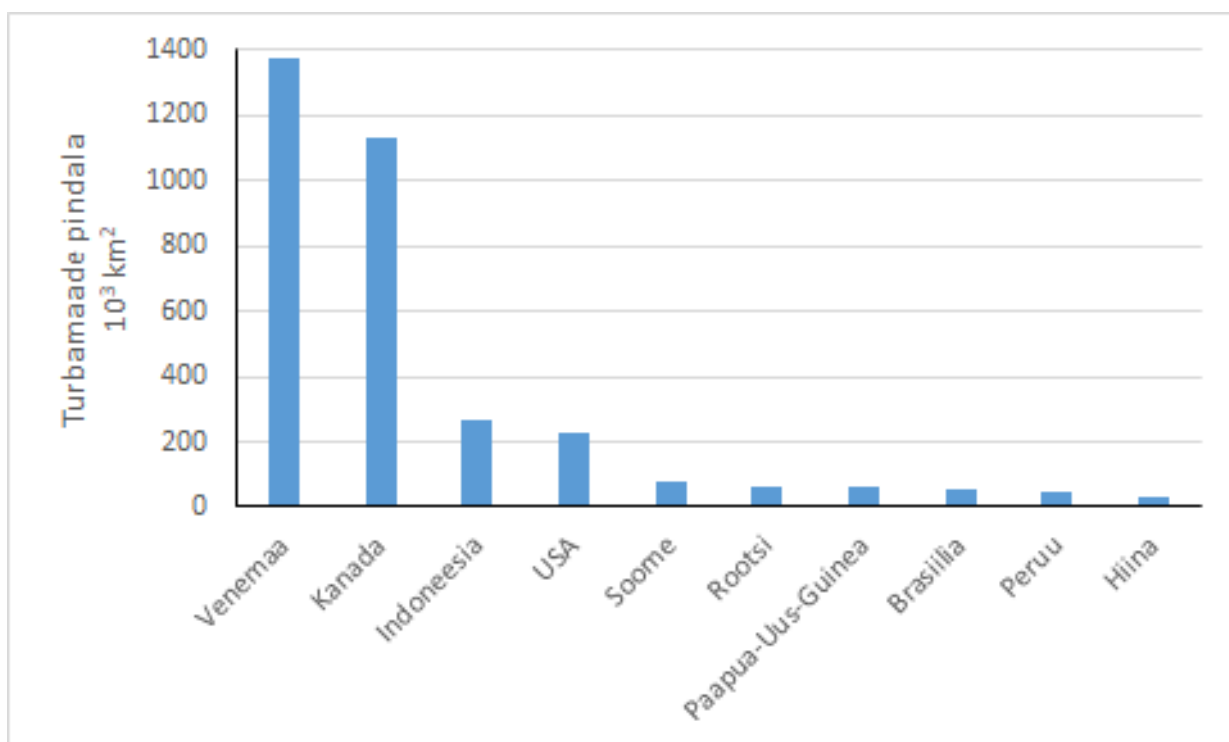
**CO<sub>2</sub>-ekvivalent** (CO<sub>2</sub>-ekv) on kasvuhoonegaaside suhteline mõõtühik, milles on erinevate kasvuhoonegaaside mõju tugevus ümber arvatud ühikuks, mis peegeldab nende globaalse soojenemise potentsiaali. Kolme peamise kasvuhoonegaasi CO<sub>2</sub>-ekvivalendid on: süsihappegaas (CO<sub>2</sub>) – **1**; metaan (CH<sub>4</sub>) – **25**, ehk ühe kg CH<sub>4</sub> õhkupaiskumisel on globaalne soojenemispotentsiaal sama suur kui 25 kg CO<sub>2</sub> õhkupaiskumisel; diämmastikoksiid (N<sub>2</sub>O) – **298**. Kõrged CO<sub>2</sub>-ekv väärtused on freoonidel ja freoonilaadsetel ainetel. Kõrgeim CO<sub>2</sub>-ekv on väävelheksafluoriidil (SF<sub>6</sub>) – **22800** <https://climatechangeconnection.org/emissions/co2-equivalents/>.

## Sood on Maa süsinikuhoidlad

**Soode ja soostunud maade turbasse on ladustunud maismaal olevad suurimad süsinikuvarud. Seal on kaks korda rohkem süsinikku kui metsade maapealses biomassis.**

Sood ja soostunud maad katavad vaid 3% maismaa pinnast (ligikaudu 4 miljonit km<sup>2</sup>) kuid nende turbasse ladestunud süsinikuvaru (550 gigatonni ehk  $550 \times 10^9$  tonni süsinikku) muudab nad maismaa suurimaks süsinikuvaru hoidlateks (Joosten & Couwenberg 2009; Joosten 2009). Kõigi maailma metsade süsinikuvaru moodustab vaid poole sellest, mis on ladustunud turbas.

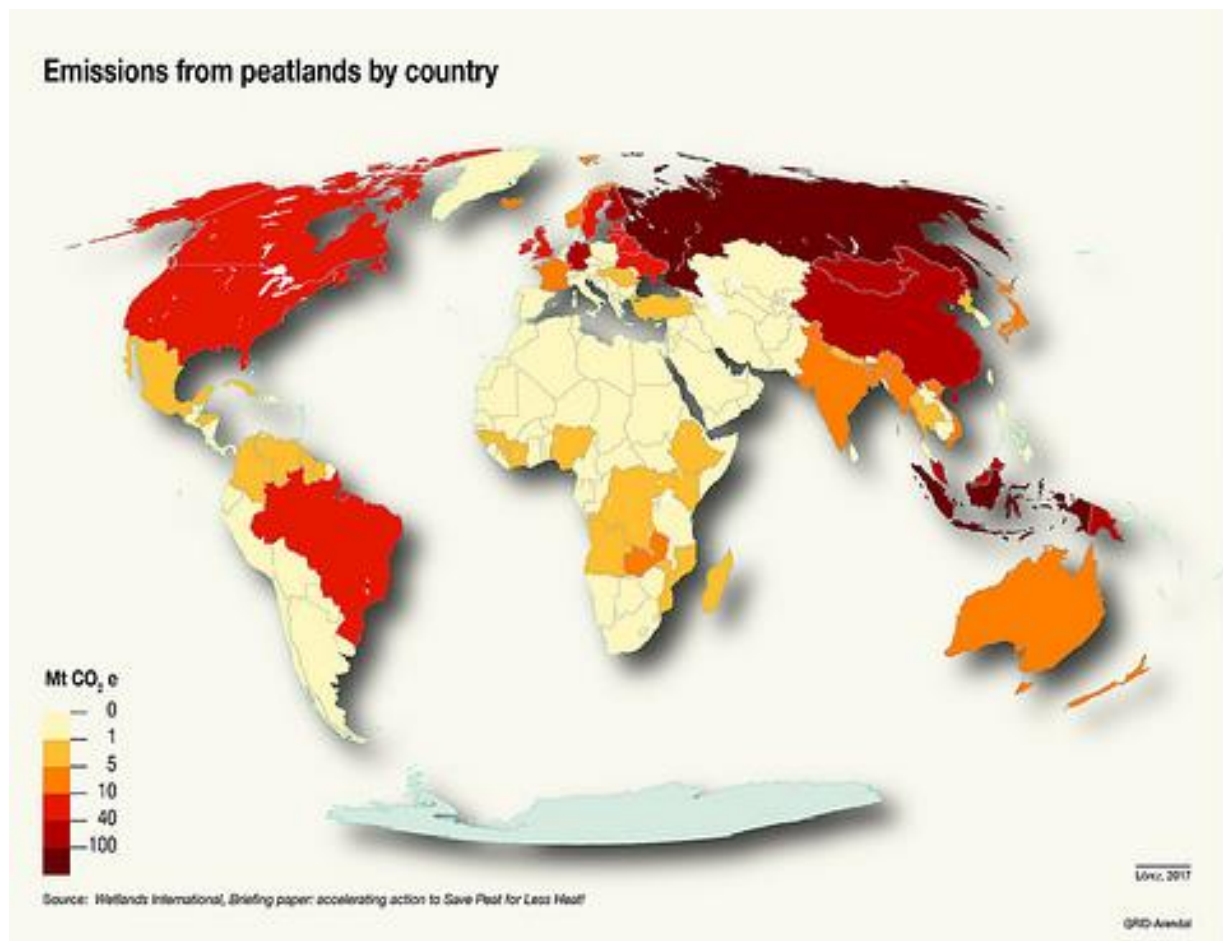
Suurem osa turba süsinikuvarudest paikneb põhja-poolkera parasvöötmes ja lähisarktikas – Venemaal, Kanadas ja Fennoskandias, kus turbamaad katavad *ca* 350 miljonit hektarit (Gorham 1991) ja neis on  $450 \times 10^9$  tonni süsinikku. Troopikas paiknevad sood peamiselt Ida- ja Kagu-Aasias, Kesk-Ameerikas ja Lõuna-Aafrikas (Joosten & Clark 2002).



Kümme suurima turbamaade pindalaga riiki. Joosten (2009) andmete järgi.



Soostumise ulatuselt on esikohal mitmed Antarktikat ümbritsevad saared, kus soostumine ulatub 70-95%-ni. Riikide arvestuses on turbamaid suhteliselt kõige enam Soomes (23,5%), Singapuris (21,2%) ja Eestis (20,9%). Teistes riikides jääb turbamaade osakaal juba alla 20% (Joosten 2009).



Kasvuhoonegaaside emissioonid kuivendatud või põlenud turbaaladelt riikide kaupa (6-astmeline skaala, miljonit tonni CO<sub>2</sub>-ekv). [https://farm5.staticflickr.com/4573/27247847119\\_d0a6b10258\\_o.jpg](https://farm5.staticflickr.com/4573/27247847119_d0a6b10258_o.jpg)



**Kaks erineva toitumisviisiga sood - põhjaveetoiteline madalsoo (ülemine) ja sadeveetoiteline raba (alumine).  
/R. Pajula/**

# Kuivendamine

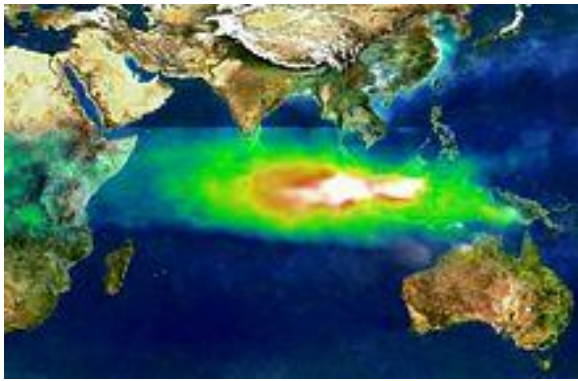
## **Kuivendamise tagajärjel väheneb või katkeb soode süsiniku sidumise võime.**

Suurem osa looduslikest soodest (ca 80%) on seni ilma märgatava inimtegevuse mõjuta, seega on otsesest inimtegevusest mõjutatud ligikaudu viiendik maailma soodest, mis paiknevad peamiselt Euroopas ja Aasias (Stark 2008). Kuivendamise tõttu satub turvas õhurikkasse keskkonda, kus ta õhuhapniku vahendusel laguneb 10 korda kiiremini kui kulus aega turba moodustumiseks (Joosten & Couwenberg 2009). ÜRO Keskkonnaprogrammi(UNEP) rapordi <http://web.unep.org/newscentre/global-peatlands-initiative-joining-forces-save-world%E2%80%99s-peat/> kohaselt on 15% teadaolevast turbavarust hävinud või degradeerunud ning turbamaade kuivendamise või põlemise tagajärjel tekkiv CO<sub>2</sub> emissioon moodustab kuni 5% globaalsest CO<sub>2</sub> emissioonist.

Kasutamisest väljalangenud (kaevandamine lõpetatud, põllundus soikunud, ...) kõdusoodes ja jääksoodes laguneb turvas ikka edasi, sest kraavid kuivendavad jätkuvalt ja soo looduslikku isetaastumist enamasti ei toimu.

Kuivendatud soodes võivad kergesti tekkida tulekahjud; turvas põleb sügava pinnasetulega ja selle kustutamine on vaevaline. Turbamaadelt lenduvate kasvuhoonegaaside hulgast põhjustavad põlengud ligi veerandi (Joosten, Tapio-Biström & Tol 2012). Suurimad turbamaade põlengud toimuvad Kagu-Aasias, kus rajatakse turbamaadele ulatuslikke õlipalmi jm kultuuride istandusi. Põlengutest pärineb enamuse Kagu-Aasia KHG heitmetest. Ulatuslikud kuivendatud turbamaade põlengud Indoneesias olid 1997. ja 2005. aastatel, kui põlemise tagajärjel kahjustusid nii maa majandus kui inimeste tervis. ÜRO andmetel suri 2005. aasta põlengu toksiliste mõjude tõttu kuni 100000 inimest. Sarnane olukord, kui kuude viisi põlesid kuivendatud sood, oli Venemaal 2010. aastal. Tulekahjudest põhjustatud kasvuhoonegaaside emissioon on hiiglaslik; siin nimetatud maades toimunud turbamaade põlengud on olnud suurimad.





**Turbaalade põlengutest pärineva õhusaaste levik Kagu-Aasias oktoobris 1997. a. CSIRO Division of Atmospheric Research Limited Area Model (DARLAM) uuring.**

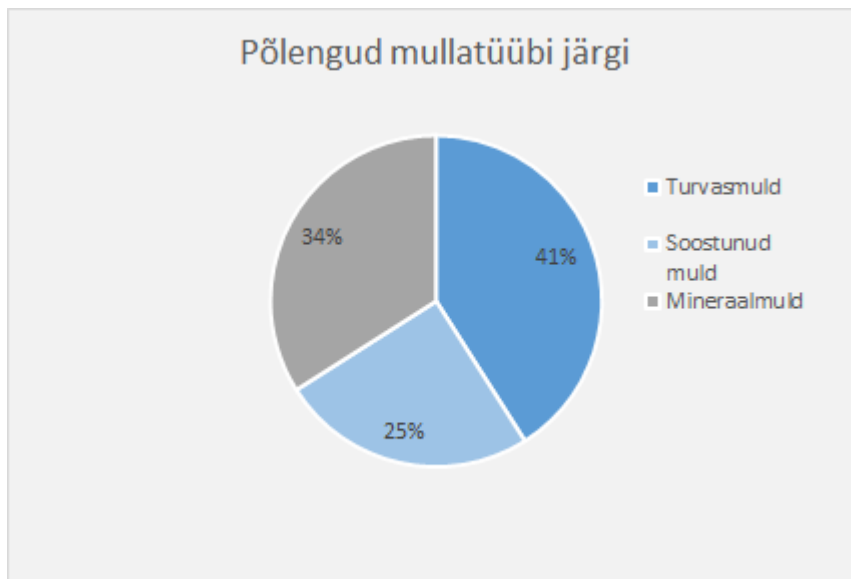
[https://en.wikipedia.org/wiki/1997\\_Indonesian\\_forest\\_fires/](https://en.wikipedia.org/wiki/1997_Indonesian_forest_fires/)

Ka Eesti ajakirjanduses ilmuvad sageli, eriti suve teise poole pikkadel põuaperioodidel, uudised rabapõlengutest. Lähemal uurimisel selgub, et looduslikke rabapõlenguid on nende hulgas harva – põlevad kas freesväljad, mis on kuival ajal eriti tuleohtlikud, või kuivendatud turbamaadele rajatud metsakultuurid. Kuivendatud turbamaadel on põlengud oluliselt ulatuslikumad ja suurema mõjuga kui mineraalmaadel. K. Kosteri (2014) uuringust 10 aasta jooksul (2003-2013) Eestis toimunud metsatulekahjude kohta selgus, et kaks kolmandikku kõigist metsatulekahjudest toimusid soostunud või turvasmuldadel olevates metsades.

Kuivendatud turbapinnas on kuivades ilmastikuoludes väga hea süttimis- ja põlemisvõimega, mistõttu on tule levik sellistel aladel intensiivne ja pinnas võib põleda mitme meetri sügavuselt, hävitades aastatuhandete jooksul turbasse akumulunud süsinikuvaru.

Alates 1992. aastast oli Eestis seitsmest suuremast metsatulekahjust kolm Vihterpalus, kus 1992. a põles 550 ha, 1997. a 700 ha ja 2008. a 804 hektarit peamiselt kuivendatud turbapinnasel kasvanud metsa

[http://www.keskkonnaagentuur.ee/failid/200902\\_suuremad\\_metsatulekahjud\\_al\\_1992-1.pdf/](http://www.keskkonnaagentuur.ee/failid/200902_suuremad_metsatulekahjud_al_1992-1.pdf/).



**Metsapõlengud mullatüübi järgi Eesti metsades 10 aasta (2003-2013) jooksul (Koster 2014 järgi).**



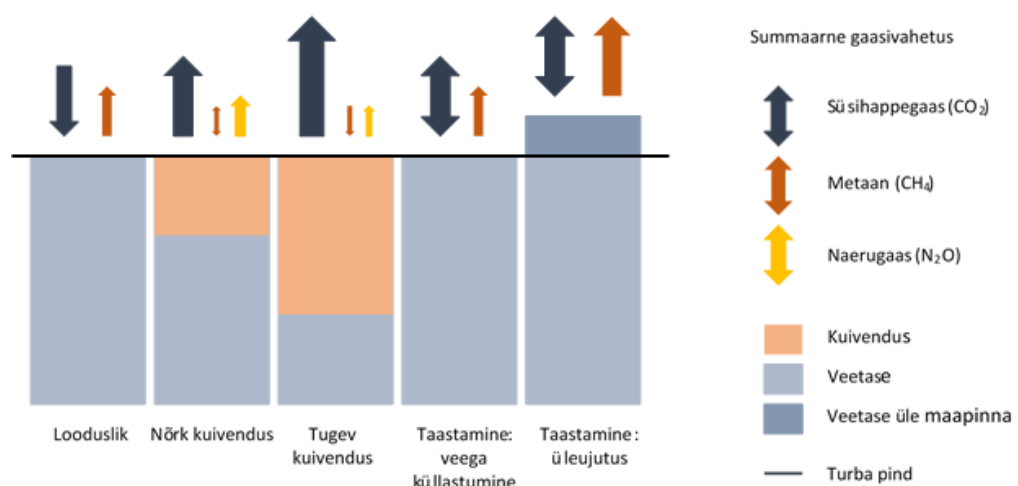
**Pärnumaal Sindi külje all oleva Lanksaare raba põleng 29. juunil 2017. aastal. Kuigi põleng jõudis rabaserva, põles peamiselt selle kõrval olev kuivendatud turbamaal kasvav mets . /M. Laine/**



## Süsinikuvood soos ja kõdusoos

**Sood seovad atmosfäärist süsihappegaasi. Kuivendamise järgselt lendub süsihappegaas kiirendatud tempos atmosfääri tagasi. 20 protsendilt kuivendamisest mõjutatud soodelt lendub süsihappegaasi rohkem, kui rikkumata 80 protsenti soid suudab seda siduda.**

Turbamaad võivad olenevalt nende seisundist olla kas kasvuhoonegaaside sidujad või hoopis allikad. Fotosünteesi käigus seovad taimed õhust süsihappegaasi ja loovad orgaanilist ainet. Surnud taimeosade lagunemisel vabaneb seotud süsinik ja lendub süsihappegaasina. Veega küllastunud anaeroobses pinnases on lagunemisprotsessid aeglased, umbes 5-20% seotud süsinikust ei lagune täielikult ja akumuleerub turbasse (viited Minkkinen jt 1999 Sissejuhatuses). Kõrge veetasemega turbaladelt eraldub lisaks metaan ( $\text{CH}_4$ ), mis tekib veega küllastunud turbakihtides ürgbakterite e arhede elutegevuse tagajärjel. Osa sellest metaanist tarbitakse oma elutegevuseks metaani kasutatavate bakterite poolt ülemistes turbakihtidest, ülejäänud liigub aga atmosfääri läbi turba diffusiooni, gaasimullidena või aerenhüümiga (õhkkude) taimede kaudu. Ühed olulisemad metaani “korstnad” on näiteks soopihl, ubaleht, harilik luga, hundinui ja tarnad (Bhullar, Edwards & Venternik 2013; 2014). Looduslikes soodes on süsiniku sidumine siiski on suurem kui lendumine. Kuivendamise tagajärjel hakkab turvas lagunema ja süsinik paiskub õhku põhiliselt süsihappegaasina, seda rohkem, mida sügavam on kuivendus. Kuivendatud toitaineterikastest soodest eraldub aeroobsel lagunemisel ka naerugaasi ( $\text{N}_2\text{O}$ ).



Kasvuhoonegaaside vood turbaaladel. Looduslikus soos ületab süsiniku sidumine selle emissiooni. Mida sügavamalt on turvas kuivendatud, seda suurem on emissioon. Kohandatud Freibauer jt (2009) järgi.

**Tabel. CO<sub>2</sub> emissioon kuivendatud soodest sõltuvalt majandamisviisist Joosten & Couwenberg (2009) järgi**

	Kuivendatud pindala 10 <sup>6</sup> ha	CO <sub>2</sub> emissioon (T ha/aastas)	Kokku CO <sub>2</sub> emissioon (10 <sup>6</sup> T aastas)
Kõdusood Kagu-Aasias	12	50	600
Turbamaade põlengud Kagu-Aasias			400
Põllumajandus turbamaadel väljaspool Kagu-Aasiat	30	25	750
Linnastumine, infrastruktuur	5	30	150
Turbakaevandus			60
Boreaalsed kõdusoometsad	12	1	12
Metsandus paras- ja troopikavööndi kõdusoometsades	3,5	30	105
<b>Kokku</b>	<b>63</b>		<b>2 077</b>

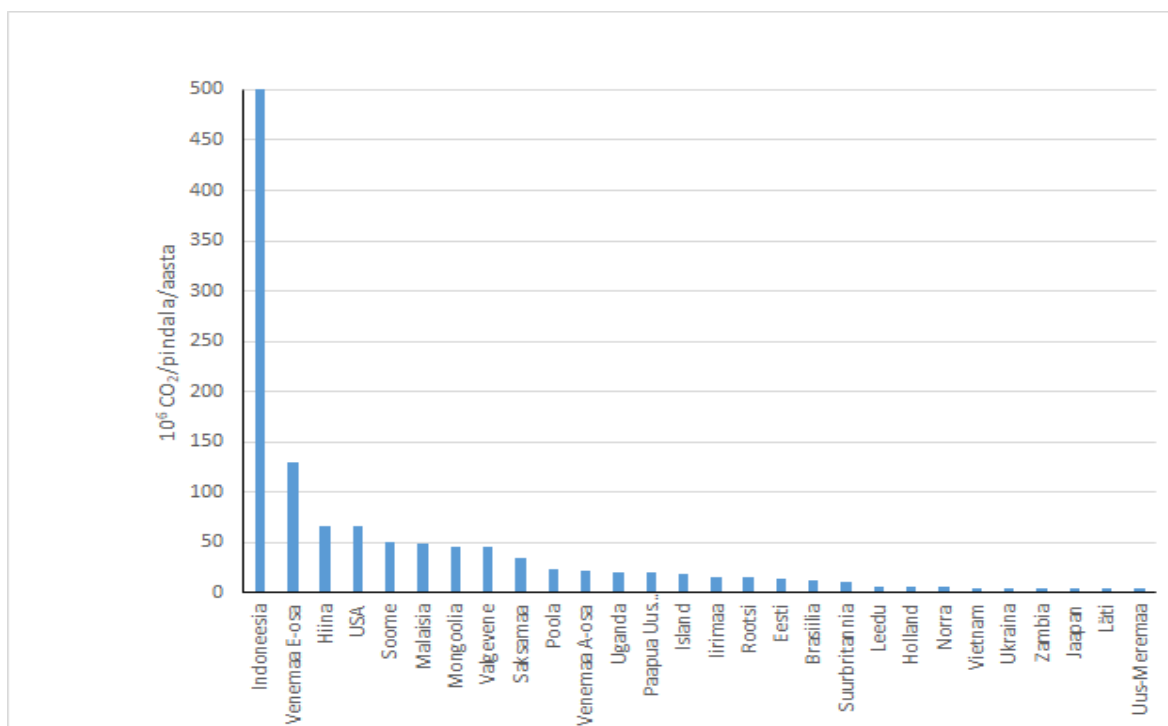
Kui kuivendamine muudab soo süsiniku sidujast süsiniku allikaks, siis looduslike tingimuste taastamisega (veetaseme tõstmisega) saab luua looduslähedased olud, millega taastub ka soo võime süsinikku siduda. Tuleb arvestada, et kohe veetaseme tõstmise järel süsinikubilanss ei taastu, näiteks rabakooslustes võtab see aega vähemalt 10 aastat (Kareksela jt 2015). Ajaga taastub küll süsiniku sidumine sootaimede poolt, kuid säilib ja võimalik, et suureneb metaani emissioon. J.-O. Salm jt (2012) leidsid, et metaani emissioon suurenes oluliselt, kui veetase tõusis kõrgemale kui 30 cm sügavusele pinnast. Erinevatest teguritest sõltuvalt varieeruvad kasvuhoonegaaside vood turbamaadel nii ajaliselt kui ruumiliselt. Peamised mõjutegurid on hüdroloogia, eelkõige veetaseme kõrgus ja fluktrueerumise ulatus (Maljanen jt 2010), taimestik ja temperatuur. Madalsoo ökosüsteemid on veetaseme muutuste suhtes tundlikumad kui raba ökosüsteemid.



**Kraavitatud kõdusood võivad olla küll ajuti vihmast märjad, kuid turba aeroobne lagunemine on neis intensiivne. /L. Truus/**



Hüljatud jääksoo Hiiumaal. Kuigi kraavis on sootaimed kasvama hakanud, on freesväljade pind veetasemest nii palju kõrgemal, et mineraliseerunud turbapinnal kasvavad vaid üksikud kidurad männid ja kased ning kanarbikupuhmad. Taassoostumine seal saab alata alles siis, kui kogu veetasemest kõrgemal olev turvas on lagunenenud, või kui kraavide paisutamisega tõstetakse veetase turbapinna lähedale. /L. Truus/



Suhtelised kasvuhoonegaaside emissioonid kuivendatud turbamaadelt (CO<sub>2</sub>-ekvivalentides riigi pindala kohta aastas). Riikide arvestuses on Eesti maailma riikide seas “tagasihoidlikul” 16. kohal. Koostatud Joosten ja Couwenberg (2009) andmete järgi.

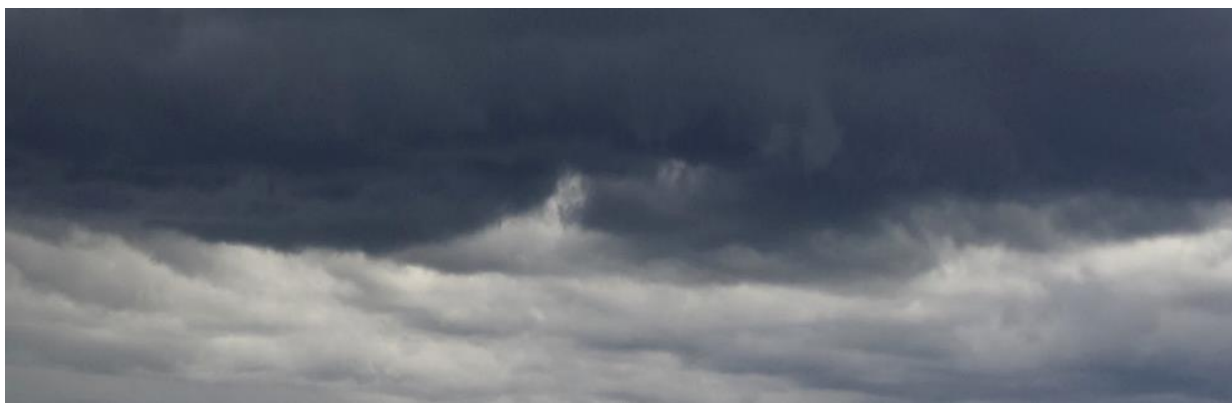
## Soode osa atmosfääri hea seisundi tagamisel

**Soode kaitse ja kasutatavate turbamaade parem majandamine aitab leevendada inimtegevusest põhjustatud globaalseid kliimamuutusi. Tuleviku kliimahoiu seisukohast on oluline, et säiliks süsiniku sidumine soodes. Samas on inimkonnale oluline jätkuv soode kasutamine.**

Soode kaudu toimuva süsinikuringe globaalsele tähtsusele hakati suuremat tähelepanu pöörama alates 2004. aastal vastu võetud Ramsari märgalade konventsiooni rakendusaktidest, millega otsustati kuivendusega rikutud aladel sood taastada, muutes need toimivateks, süsinikku siduvateks soo-ökosüsteemideks. Taastamise suurem eesmärk on kliimamuutusi tekitavate kasvuhoonegaaside emissiooni vähendamine. Käsiraamatus ["Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis. TS.2.1 Greenhouse Gases"](#) rõhutatakse, et KHG emissiooni vältimine (soode kaitse) ja emissiooni vähendamine (soode taastamine) on kliimamuutuste leevendamiseks kõige kulutõhusam meede (Parish jt 2008, Joosten, Tapio-Biström & Tol 2012).

Ramsari resolutsiooni VII.11 „Strategic Framework and guidelines for the future development of the List of Wetlands of International Importance“ öeldakse, et tuleb luua globaalne võrgustik eesmärgiga säilitada märgalade ökoloogiline ja hüdroloogiline toimimine. See on jätkusuutlik viis tagada inimkonnale jätkuvalt märgala ökosüsteemide teenuste kättesaadavus.

Soo saab süsinikku siduda siis, kui tal on rikkumata veerežiim ja turvast tekitav taimestik. Selle tagamiseks on esmatähtis rikutud režiimiga aladel taastada soole omane veerežiim.



## Kas suurus loeb?

Kui suur süsinikku siduv ja talletav soo on rahvusvaheliselt oluline? Bioloogilise mitmekesisuse seisukohast on rahvusvaheliselt olulised need märgalad, kus on piisavalt suur veelindude populatsioon, või märkimisväärne osa märgala linnu- või muu looma liigi/alamliigi populatsioonist, et oleks tagatud selle liigi/alamliigi säilimise (Parish jt 2008).

Turbaga on teisiti. Turba väärtus ei sõltu asukohast ega soo suurusest. Kliima seisukohast ei ole oluline, kus turvas säilib või kasvab. Atmosfääri kvaliteeti ei saa parandada või rikkuda vaid oma valla või riigi jaoks, see on ühine kogu planeedile. Oluline on vähendada atmosfääri süsinikusisaldust, mida võimaldab soode funktsionaalne omapära – turba teke.

Kõdusoodes on turba oksüdatsioon 10 korda suurem kui selle sidumine elusates soodes. Selleks, et vähendada KHG emissiooni, on oluline taastada soostumine/turbateke neil aladel, mis on kuivendamisest mõjutatud, eeskätt seal, kus majanduslik tegevus on lõppenud. Muidu on see puhas raiskamine ja meie koduplaneedi õhu saastamine.

Siiski, mida suurem on taastatav soo ja mida sügavamalt veetase tõstetakse soo elustikule sobivale pinnalähedasele kõrgusele, seda suurem on lagunemisest päästetud turbavaru ja selle positiivne mõju Maa kliimale. Globaalses mõistes on oluline maksimeerida taastamisalade kogupindala, millel pööratakse turbamaad CO<sub>2</sub> emiteerijatest selle sidujateks.

**Euroopa Liidu eesmärk on vähendada kasvuhoonegaaside emissiooni 2030. aastaks 40% võrra võrreldes 1990. aastaga. Sel eesmärgil on soode kaitse integreeritud EL kliima ja energia poliitikasse. Tänapäeval kuuluvad Balti riigid ning Saksamaa ja Poola nende maade hulka, kus on pindala kohta kõige rohkem kõdusoid, millelt süsiniku emissioonid on Indoneesia järel suurimad maailmas.**

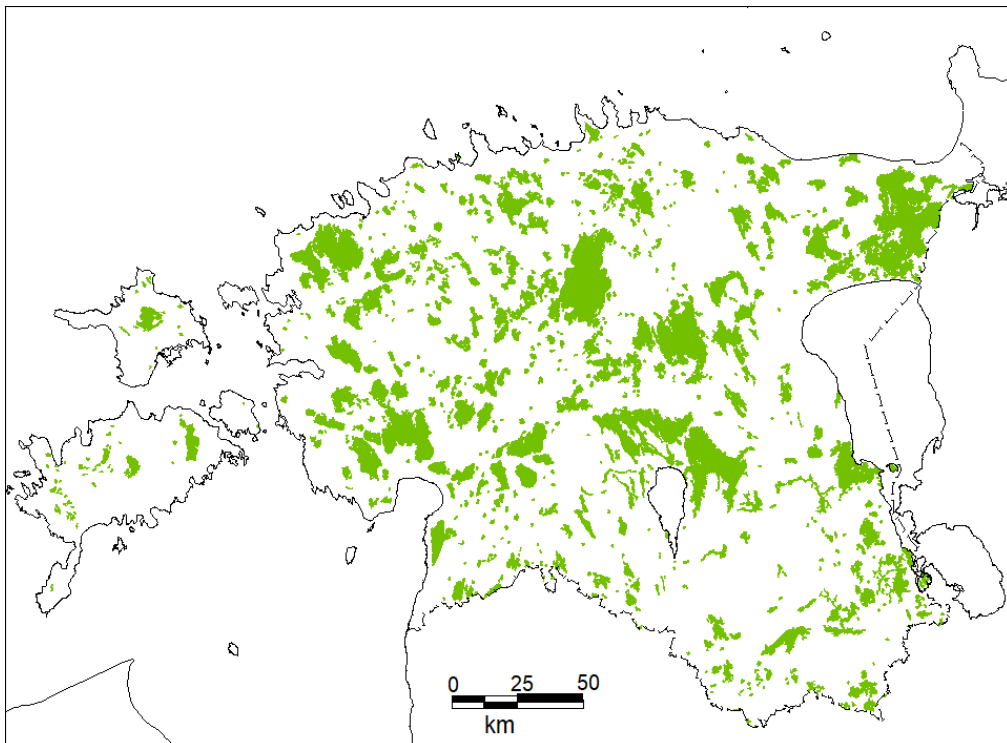


# Turbamaade levik ja kuivendamine Eestis

Eestis on soid kuivendatud turba saamiseks, põllumajanduse ja metsanduse tarbeks. Alates 17. sajandist kuni 21. sajandi alguseni on kuivendatud alade pindala, kuivenduse intensiivsus (alade suurus, kraavide sügavus) järjest suurenenud. Praeguseks on Eestis kuivendatud kolmveerand soodest ning seal enam turvast juurde ei teki; need alad ei ole enam "elavad" sood. Tänapäeval katavad sood Eestist ca 6-7% ning kunagiste soode ja soostunud maade all on veel lisaks 16% maast.

## Levik

Eesti alal on soostumist soodustanud maapinnalt auramist ületav sademete hulk, pinnase nõrk vee läbilaskvus ja lausik pinnamood. Eelistatult hakkavad soostuma arumaa madalamad kohad, kus vee äravool on vähene ja vettpidav kiht hoiab põhjavett maapinna lähedal. Teine viis soostumiseks on järvede kinnikasvamine; Eestis on maa soostunud mõlemal viisil ning turbamaad on levinud üle Eesti. Enne ulatuslikku turbamaade kuivendamist alates 20. sajandist katsid turbamaad ligi viiendiku maast.



Turbamaade (rohelised) kogupindala oli Eestis 20. sajandi lõpus umbes 1 miljon hektarit.

## Eesti soode kuivendamise ajalugu

**Soode kuivendamine** algas Eestis vähesel määral 17. sajandil (Valk 1988), kui hakati turvast lõikama ning soode alale põllu- ja heinamaid rajama. 19. ja 20. sajandil soode “parandamine” laienes. Saksamaa eeskujul tekkisid suurpõllumeeste ettevõtmisena maaparandusbürood ning kuivendatud soodesse rajati kultuurrohumaid. Noor Eesti Vabariik toetas soodsate laenude andmisega soode kultuuristamist, sest põllumajanduslikust maast oli suur puudus. Vajalikke teaduslikke aluseid ning kuivendamise ja heina kasvatamise oskusi jagas 1921. a loodud Tooma sookatsejaam ning Tooma sookultuuri ja maaparanduse kool (1928-1944).

Tooma sookatsejaamas välja töötatud õpetuse järgi rajatud madalsoo-heinamaad ja -karjamaad toitsid tol ajal maarahva. 1940. aastaks oli kuivendatud üle 350000 hektari märgi muldi (Ratt 1985). Tolleaegsed kraavid olid madalad, seetõttu jäi kuivendamise mõju sageli mõõdukaks (Ilomets 2017).

**1930. aastate keskel võeti Eesti Vabariigi 40 aasta plaani ülesanne kultuuristada 1 000 000 ha looduslikku soo- ja soostunud maad!**



**Freesitud puutorudest dreeni tegemine Tooma sookatsejaamas. /Tooma sookatsejaama fotoalbum; Rinne 1936/**

Kui 2. Maailmasõda ei oleks vahele tulnud, oleksid sood Eestis hävinud ilmselt sama ulatuslikult ja sama kiiresti kui Lääne-Euroopas. Pärast sõda kuivendusplaanide täitmine jätkus: ulatuslik põllumajanduslik kuivendus 1960.-1980. aastatel, metsamaadeks kuivendamisega alustati 1960. aastatel. Muutus meetod – uued kuivenduskraavid olid sügavamad, sageli mineraalpinnasesse ulatuvad. Sellega muutus kuivenduse mõju palju efektiivsemaks.



**Kari kultuurkarjamaal Tooma sookatsejaama soos (vasakul) /Tooma sookatsejaama fotoalbum; Rinne 1936/; Mõõdunud aegade mälestusena jupike vana karjaeda Paraspõllu madalsoos (paremal). /L.Truus/**

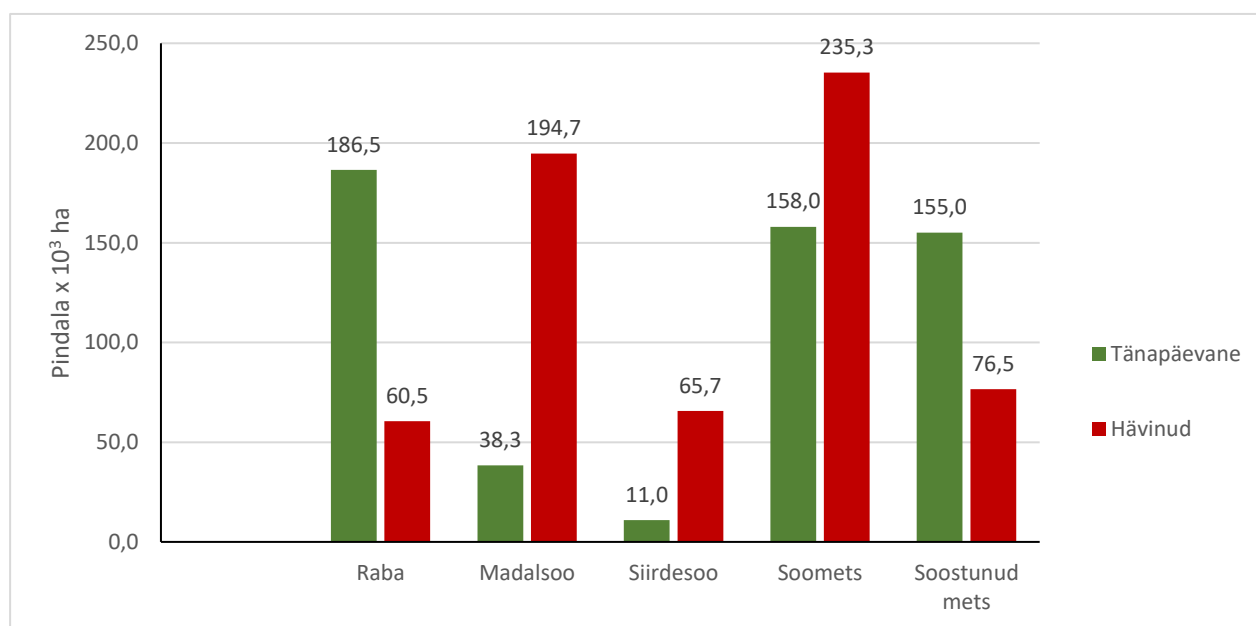
1980. aastaks kuivendatud 250 000-300 000 hektarist kuivendatud maast moodustasid suurema osa madalsood, mis muudeti põldudeks ja kultuurheinamaadeks. Intensiivistus ka turba kaevandamine. Praeguseks on kaevandamisega otseselt hävitatud ligikaudu 300 000 hektarit soid, teist sama palju on kuivendamisest kaudselt mõjutatud (Ilomets 2017). Soode metsastamine algas hiljem, 19. sajandil, kuid jäi tagasihoidlikuks kuni 2. Maailmasõjani – soid oli metsastatud ligikaudu 15000 hektarit. Intensiivselt kuivendati soid metsakultuuride rajamiseks 1970-1980. aastatel. 1992. aastaks oli soometsi kuivendatud 560000 hektarit, mis moodustab kuni 90 protsenti varasematest soometsadest (Pikk 1997). Täiendavalt ulatus kaudse kuivendamise mõju veel umbes 25000 hektarile. Looduslikus seisundis soometsi jäi järele ligikaudu 75000-90000 hektarit (Ilomets 2017).

Meie sootüüpidest on kõige täbaramalt läinud madalsoodel ja soometsadel, mida on kuivendatud üle poole nende levikualast. Kõige kergemini on pääsenud rabad, kus on alles on jäänud enam kui on kuivendatud. Siiski on viimastel aastakümnetel märgatav lagerabade intensiivne metsastumine, mille üks olulisemaid põhjusi on rabaservades olev kuivendus. 60-70% Eesti turbamaadel on turba akumulatsioon seiskunud. Turba moodustumine jätkub ainult inimtegevusest mõjutamata soodes ning on u. 0,4 mln. tonni aastas. Aastased kaevandusmahud on keskmiselt 0,8 mln tonni (Eesti turbaalade kaitse ja säästliku kasutamise alused, Eelnõu 2010), seega on turba juurdekasv

Eesti soodes vaid pool sellest, mis iga-aastaselt kaevandatakse. Sellest arvestusest puudub veel kuivendusest mõjutatud aladelt turba mineraliseerumise tõttu kaduv turvas.

## Sootüüpide pindala muutused kuivendamise tagajärjel

1935-1955 toimunud taimkatte kaardistamise andmetel (Laasimer 1965) oli Eestis turbamaid kokku 1295400 ha, millest soostunud maad oli 493900 ha (20%) ja soid 1033000 ha. Praeguseks on vähenenud nii turbamaade üldpindala kui ka soode pindala. Orru (1992; 1995) järgi oli 1980. aastatel turbamaid järel 1009101 ha. Sood (koos soometsadega), mis varem moodustasid 80% kõigist turbamaadest, katsid 20. sajandi lõpus sellest alla 30-35%. Ilomets (2017) ning Paal & Leibak (2013) järgi oli soid 233500 kuni 245000 ha, koos soometsadega ca 310000 ha. Sama suureks võib hinnata ka süsinikku siduva ala vähenemist, sest enamusel õhema turbaga maadel on kuivendamise mõjul turbateke lõppenud, ka kraaviga ümbritsetud rabade servaaladel on see vähenenud.



**Sootüüpide pindala muutused 20. sajandi keskelt tänapäevani. Võrreldud andmete päritolu: 20. sajandi keskelt andmed Laasimer (1965) järgi, sootüüpide hävimine tänapäevaste pindalade järgi Ilomets (2017), Ramst & Orru (2009) ja Pikk (1997) järgi.**

Soode pindala vähenemine on ulatuslik kõigi sootüüpide osas, välja arvatud õõtsik-madalsood. Peaaegu hävinud on lammi-madalsood, üle 80% on kadunud ka madalsoodest. Tegelikult on hävinud ka enamus siirdesoodest; praegused siirdesood on tihti kujunenud madalsoodest mõõduka kuivenduse tingimustes.

## Kasvuhoonegaaside emissioonid Eesti turbamaadelt

Eesti turbamaadelt on KHG emissiooni suurus rahvusliku aruande [/http://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/items/8108.php/](http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php) järgi 0,3 mln tonni CO<sub>2</sub>-ekv aastas. Barthelmes jt (2015) on hinnanud selleks 7,7 mln tonni, millest 1,5 mln tonni pärineb rabadest, 1,2 mln tonni siirdesoodest ja 4,8 mln tonni madalsoodest. Kummalgi juhul ei ole juurde arvestatud Eestist kaevandatud aiandusturbast lenduvat süsihappegaasi (0,2 mln tonni CO<sub>2</sub>-ekv aastas) ja turba põletamisel tekkivat heidet. Nii suur andmete varieerumine on põhjustatud nii algandme kui ka kuivenduse mõjude hinnangute erinevustest (Salm & Kull 2016). Kirjandusandmete põhjal on J.-O. Salm jt. (2009) toonud välja vahemikud KHG (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) koguheite kohta Eesti siirdesoodest ja rabadest, milleks on 0,3-1,1 mln tonni CO<sub>2</sub>-ekv aastas. Kuivendatud aladelt lähtuv emissioon on 0,4-0,7 mln tonni CO<sub>2</sub>-ekv aastas ning kuivendamata ja/või kuivendussüsteemide andmebaasides mitte arvel olevatelt aladelt veel 0,1-0,3 mln tonni CO<sub>2</sub>-ekv aastas.

Põhjust erinevateks hinnanguteks on veelgi. Eesti turbamaadelt on süsiniku emissioone mõõdetud peamiselt turbaväljadelt ja nendega külgnevatelt rabaservadelt (Salm 2012). Mõõtmiste vähesus, mõõtmismetoodikast tingitud puudused (kui ei arvestata taimede fotosünteesi käigus seotava süsiniku kogust), emissioonide hooajalisus ja sõltuvus ilmastikust, nõuab põhjalikumat süsinikuvoogude uurimist.

**Kuivendamise tagajärjel on Eestis rabade ja siirdesoode kasvuhoonegaaside koguheide suurenenud 2,3-2,4 korda võrreldes sellega, kui need alad oleksid endiselt looduslikus olekus. Eesti turbamaad on muutunud CO<sub>2</sub> sidujatest CO<sub>2</sub> emiteerijateks (Salm jt 2009).**



Madalsookaasik ja siirdesoomännik. /R. Pajula (vasak), L. Truus (keskmine, parem)/



## Soode taastamine/Korrastamine

Selleks, et kuivendatud turbamaast saaks sooökosüsteem, kus kasvavad sootaimed ja tekib turvas, on vaja:

- Tõsta veetase soopinna lähedale. Nii jäävad surnud taimeosad kiiresti hapnikuvaeses keskkonda, kus osa neist jääb lagunemata, moodustades turba.
- Kui sootaimed on taastataval alal või selle läheduses olemas, tuleb anda neile aega taastamisalale levimiseks ning seal kasvamiseks ja paljunemiseks. Sookoosluse väljaarenemiseks võib kuluda aastaid ja aastakümneid.

Kuivendatud soodes (kõdusoodes) turbatekke taastamiseks on kõige olulisem veetaseme tõstmine. Kasvuhoonegaaside eraldumine on otseselt ja lineaarselt seotud pinnaaluse veetaseme kõrgusega ja seetap tähendaks veetaseme tõstmine leevendust kliimaküsimustele.

Erinevatel turbamaadel ning eri olukordades tuleb kasutada sooökosüsteemide taastamiseks ka erisuguseid meetodeid. Kui tegu on rabaga, mis saab oma vee ainult sademeist, siis on oluline hoida vesi tolles rabas. Kui turbamaa tugineb aga põhjaveele, siis tuleb tagada põhjavee alale jõudmine. Kui alal ega selle läheduses ei ole enam sootaimi, tuleb need sinna tuua. Meetodeid nii soovee reguleerimiseks kui taimestiku taastamiseks on katsetatud nii naaberriikides kui ka Eestis. Võimekus otsustuste tegemiseks ja riiklik ning rahvusvahelised kohustused ja toetused on sellistele tegevustele toeks.



**Paisutatud kraav Viru raba turbavälja servas (vasak), taimefragmentide külvist kasvama hakanud väikesed turbasambla mättad, ümber lagunemata põhumultši jäänused. /L. Truus/**

# Kliimamuutuste mõju soodele

Soodes on süsiniku sidumise võtmeteguriks veetase. Veetase mõjutab taimede fotosünteesilist aktiivsust, hingamist, surnud orgaanilise aine lagunemist, soojusenergia varu, koosluste arengut, lahustunud süsiniku ja toitelementide transporti. Kliimamuutuste stsenaariumid ennustavad temperatuuri tõusu, muutusi hüdroloogilistes tingimustes (aurumises, sademete aastaajalises jaotuses) ja CO<sub>2</sub> sisalduse tõusu atmosfääris. Soode veetase on paljuski määratud sademete hulgast ja aurumisest. Tähtis on ka veevahetus ehk see, milline on soosse jõudva ja seal välja voolava veehulga suhe.

Mõistlik on eristada kliimamuutuste võimalikke tagajärgi põhilistes turbamaa tüüpides – rabades, madalsoodes ja kõdusoodes. Saavad ju rabad oma vee valdavalt sademetega, madalsoode toites on lisaks sademetele suure tähtsusega põhjavee roll. Kõdusoodes, kus kuivendamise tulemusel on veetase niigi kunstlikult alandatud, määravad veetaseme kuivenduskraavid.

Üsna üksmeelselt leitakse, et meie laiustel alaneb kliimamuutuste tulemusel soodes veetase, mistõttu kiireneb orgaanilise aine lagunemine ja soodest kantakse välja rohkem lahustunud orgaanilist süsinikku. Viimane omakorda mõjutab ojade ja jõgede (ka järvede) vee kvaliteeti.

Proгноositakse, et 21. sajandi lõpuks tõuseb aastakeskmise õhutemperatuur 2-5°C ning sademete hulk võib suurenedagi kuni 20-30%. Viimase kuuekümnepaastaga on Eestis aastakeskmise temperatuur tõusnud 2-2,5°C. Märtsi keskmine õhutemperatuur on aga tõusnud 0,6 kraadi iga järgneva kümne aasta jooksul (Jaagus jt 2017). Nii on märtsikuu praegu keskmiselt üle 3 kraadi soojem kui oli 60 aastat tagasi.

Temperatuuri tõusuga kaasneb aurumise suurenemine soopinnalt, mille tagajärjel peaks sooveetase alanema. Kliimamuutuste mõju modelleerimise tulemused Soome soode veetasemele (Gong jt 2017) näitavad, et madalsoodes võib veetase 21. sajandi lõpuks alaneda kuni 5 cm, rabades kuni 3 cm. Madalsoodes on veetase soopinna lähedal ja nad on veetaseme muutustele märksa tundlikumad kui rabad, kus veetase on 20-30 cm sügavusel. Seepärast võib pikaajaline veetaseme alanemine 5 cm võrra olla piisavalt suur, et kiirendada orgaanilise aine lagunemist ja käivitada muutusi madalsoode taimkattes. Kõdusoometsades, kus veetase on niigi sügaval (üle 0,5 m), ei tarvitse kliimamuutused veetasest praktiliselt üldse mõjutada. Tõenäoliselt on ka rabade seisundile veetaseme alanemine 3 cm võrra vähesed mõjud.

Kuid temperatuuri tõus tähendab ka pikemat vegetatsiooniperioodi ja vähemat pinnase külmumist (kui see üldse toimub). Pikem kasvuperiood võiks olla eelduseks taimede suuremale

bioproduksioonile. Teatavasti põhjustab ju kliima soojenemist süsihappegaasi sisalduse tõus atmosfääris. Kõrgenenud atmosfäärse CO<sub>2</sub> sisaldus kiirendab soontaimede fotosünteesi enam kui näiteks rabade „peremeeste“, turbasammalde kasvu. Nii võivad rohttaimed ja rabapuhmad hakata turbasamblaid välja tõrjuma. Temperatuuri tõus ja vegetatsiooniperioodi pikenemine aktiveerib ka orgaanilist ainet lagundavate mikroorganismide elutegevust. Suurem osa taimevarisest lagundatakse, mille tagajärjel suureneb mineraalse lämmastiku ja fosfori kättesaadavus rohttaimede ja rabapuhmastele. See kõik on soodus alus mändide kasvu suurenemisele ja lõpptulemusena võib lageraba asendada kõdusoomännikuga. Rohttaimede juurtest ja biomassi mikroobsel lagunemisel erituvad valdavalt just liikuvad orgaanilised süsinikuühendid, mis kantakse soost välja, muutes nii veekogude seisundit.

Madalsoodes on veetase vaid mõni sentimeeter soopinnast allpool. Veetaseme pikaajalise alanemise tulemusel suureneb turba pindmise osa aereeritus. Õhurikkas keskkonnas kiireneb lagundajate elutegevus ja suureneb orgaanilise aine (turba) mineraliseerumine rohttaimede juurestiku sügavusel. Toitainete suurem kättesaadavus (ja atmosfäärse CO<sub>2</sub> tõus) annab eelised kõrgekasvulistele rohttaimede, nagu sinihelmikas ja puittaimedele (pajud, paakspuu, sookask, kuusk). Kõrgekasvuliste, seega suuremat biomassi andvate rohttaimede surnud lehed tekitavad soo pinnale tiheda varise (ehk lehekulu) kihi. Valgus ei pääse enam soopinnal kasvavate sammaldeni ning samblarinne hävib. Mõnekümne aastaga võivad kujuneda kõrgete rohttaimede mätastega kõdusood. Need kas metsastuvad kase ja kuusega, kui veetase on sügavamal, või tulevad rohttaimede mätastele turbasamblad, kui veetaseme alanemine on olnud väiksem.

Kõdusoometsades on muutused eeldatavalt kõige väiksemad, sest veetase on juba niigi sügaval. Vegetatsiooniperioodi pikenedes arvatavasti suureneb puude juurdekasv, samas kantakse kraavide kaudu välja veelgi enam lahustunud orgaanilise süsiniku ühendeid ja sellega mõjutatakse veel rohkem vooluveekogude seisundit. Osa lahustunud süsinikuühendeist jõuab ka rannikumerre.

Kokkuvõte: kliima soojenemise ja õhu süsihappegaasi sisalduse tõusul on sünergiline mõju soode seisundile. Nii lagedad madalsood kui rabad tõenäoliselt metsastuvad. Kiireneb turba lagunemine, õhku paisatakse enam süsihappegaasi, mis omakorda kiirendab temperatuuri tõusu. Veekogudesse kantakse rohkem liikuvaid lahustunud orgaanilise süsiniku ühendeid, mistõttu muutub ka veeökosüsteemide seisund.

# Viidatud kirjandus

- Bhullar, G.S., Edwards, P. J., Venternik, H. O. 2013. Variation in the plant-mediated methane transport and its importance for methane emission from intact wetland peat mesocosms. *Journal of Plant Ecology*, 6, 298-304.
- Bhullar, G.S., Edwards, P. J., Venternik, H. O. 2014. Influence of different plant species on methane emissions from soil in a restored Swiss wetland. *PLoS One*, 9, e89588.
- Freibauer, A., Drösler, M., Gensior, A., Schulze, E.-D. 2009. Das potential von wäldern und mooren für den klimaschutz in Deuchland und auf globaler ebene. *Natur und Landschaft*, 84 (1), 20-25.
- Gong J., Wang K., Kellomäki, S., Zhang C., Martikainen P., Shurpali N. 2012. Modelling water table changes in boreaal peatlands of Finland Under changing climate conditions. *Ecological Modelling* 244, 65-78.
- Gorham, E. 1991. Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. *Ecological Applications*, 1(2), 182-195.
- Ilomets, M. 2017. Estonia. In: Joosten H., Tanneberger F. & Moen, A. (eds.). *Mires and peatlands of Europe: status, distribution, and nature conservation*. Schweizerbart Science Publishers. Stuttgart.
- Ilomets, M. 2005. Eesti soode taastamine – vajadused, printsiibid, hetkeseis. Sammuli, M., Lõhmus, A. (eds.), *Eesti Loodusuurijate Seltsi Aastaraamat*. Sulemees, Tartu, 72-95.
- Ilomets, M. 2003. Mille arvel me kaevandame turvast? *Eesti Loodus* 2/3, 20-24.
- Jaagus, J. 2006. Climatic changes in Estonia during the second half of the 20th century in relationship with changes in large-scale atmospheric circulation. *Theoretical and Applied Climatology*, 83 (1-4), 77-88.
- Joosten, H. 2009. The global peatland CO<sub>2</sub> picture. *Peatland status and emissions in all countries of the world*. Wetlands International, Ede.
- Joosten, H., Clarke, D. 2002. Wise use of mires and peatlands – Background and principles including a framework for decision-making. *Saarijärven Offset Oy, Saarijärvi, Finland*.
- Joosten, H., Gouwenberg, J. 2009. Are emission reductions from pealtands MRV-able? *Wetlands International Ede*.
- Joosten H., Tapio-Biström, M.-L., Tol, S. 2012. *Peatlans – guidance for climate change mitigation by conservation, rehabilitation and sustainable use. Mitigation of climate change in agriculture. Series 5. FAO and Wetland International, Rome*.
- Joosten, H., Tanneberger, F., Moen, A. 2017. *Mires and peatlands of Europe*. Schweizerbart science publishers, Stuttgart.
- Kareksela, S., Haapalehto, T., Juutinen, R., Matilainen, R., Tahvanainen, T. & Kotiaho, J.S. 2015. Fighting carbon loss of degraded peatlands by jump-starting ecosystem functioning with ecological restoration. *Sci Total Environment* 537, 268-276.
- Koster, K. Turbamaade põlengud Eesti Metsakahjustest aastatel 2003-2013. *Bakalaureusetöö Tallinna Ülikoolis*.
- Laasimer, L., 1965. *Eesti NSV taimkate*. Valgus, Tallinn.
- Maljanen, M., Sigurdsson, B. D., Gudmundsson, J., Oskarsson, H., Huttunen, J. T., Martikainen, P. J. 2010. Greenhouse gas balances of managed peatlands in the Nordic countries: present knowledge and gaps. *Biogeoscience*, 7(9), 2711-2738.
- Marvet, A. 1970. Eesti taimekoosluste määraja. *Abiks loodusvaatlejale*, 61. LUS, Tartu.
- Masing, V. 1988a. Soode mõiste, levik ja väärtus. *U. Valk (koost). Eesti sood*. Valgus, Tallinn, 7-21.
- Masing, V. 1988b. Soode maastikuline liigitus. *U. Valk (koost). Eesti sood*. Valgus, Tallinn, 69-76.
- Masing, V. 1992. *Ökoloogialeksikon. Loodusteaduslik oskussõnastik*. Eesti Entsüklopeediakirjastus, Tallinn.

- Minkkinen, K., Vasander, H., Jauhiainen, S., Karsisto, M., Laine, J. 1999. Post-drainage changes in vegetation composition and carbon balance in Lakkasuo mire, Central Finland. *Plant and Soil* 207, 107-130.
- Moen, A. 1995. Introduction: regionality and conservation of mires. *Gunneria* 70, 11-22.
- Orru, M. 1992. Eesti turbavarud. RE Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn.
- Orru, M. 1995. Eesti turbasood. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn.
- Paal, J. 2011 (toim.). Jääksood, nende kasutamine ja korrastamine. Tallinn.
- Paal, J. 2007. Loodusdirektiivi elupaigatüüpide käsiraamat. Auratrükk, Tallinn.
- Paal, J., Ilomets, M., Fremstad, E., Moen, A., Børset, E., Kuusemets, V., Truus, L., Leibak, E. 1999. Eesti märgalade inventeerimine 1997. Projekti "Eesti märgalade kaitse ja majandamise strateegia" aruanne. Eesti Loodusfoto, Tartu.
- Paal, J., Leibak, E. 2013. Eesti soode seisund ja kaitstus. ELF, Tartu.
- Pajula, R. 2006. Kui palju on Eestis soid? *Eesti Loodus* 1, 14-19.
- Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minajeva, T., Silvius, M. (toim.). 2008. Assessment on peatlands biodiversity and climate change. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International Wageningen.
- Pikk, J. 1997. Metsaparanduse tulemused turvasmuldadel. Akadeemilise Metsaseltsi Toimetised, IX, 12-16. Press OÜ, Tartu.
- Ratt, A. 1985. Mõnda maaviljeluse arengust Eestis läbi aegade. Tallinn, Valgus.
- Salm, J.-O. 2012. Emission of greenhouse gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O from Estonian transitional fens and ombrotrophic bogs: the impact of different land-use practices. Tartu, Tartu University Press.
- Salm, J.-O., Kimmel, K., Uri, V., Mander, Ü. 2009. Global warming potential of drained and undrained peatlands in Estonia: a synthesis. *Wetlands* 29, 1081-1092.
- Salm, J.-O., Maddison, M., Tammik, S., Soosaar, S., Truu, J., Mander, Ü. 2012. Emissions of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O from undisturbed, drained and mined peatlands in Estonia. *Hydrobiologia* 692 (1), 41-55.
- Salm, J.-O., Kull, A. 2016. Sood kui süsiniku sidujad. *Eesti Loodus*, 16-20.
- Schumann, M., Joosten, H. 2008. Global peatland restoration manual. [www.imcg.net/media/download\\_gallery/books/gprm\\_01.pdf](http://www.imcg.net/media/download_gallery/books/gprm_01.pdf)
- Sjörs, H. 1948. Myrvegetation i Bergslagen. *Acta Phytogeographica Suecica* 21, 1-299.
- Stark, M. 2008. (toim). Peatlands and climate change. IPS International Peat Congress 2008. Tullamore, Ireland.
- Valk, U. (1988): Utilization of peatlands in Estonia: a historical review. *Proc. 8<sup>th</sup> Int.*