

Agraarteadus  
1 \* XXX \* 2019 13–24



Journal of Agricultural Science  
1 \* XXX \* 2019 13–24

## ÜLEVAADE: EESTI AASTAMULD 2019 ON MADALSOOMULD

### REVIEW: THE ESTONIAN SOIL OF YEAR 2019 IS FEN SOIL

Raimo Kõlli, Tõnis Tõnutare

Eesti Maailikool, Põllumajandus- ja Keskkonnainstituut, mullateaduse õppetool,  
Fr. R. Kreutzwaldi 5, 51006 Tartu

Saabunud: 30.05.2019  
Received:  
Aktsepteeritud: 10.06.2019  
Accepted:  
Avaldatud veebis: 14.06.2019  
Published online:  
Vastutav autor: Raimo Kõlli  
Corresponding author:  
E-mail: raimo.kolli@emu.ee

**Keywords:** year soil, classification of fen soils, fen soils, Eutric Histosol, composite soil matrix, peat soil cover, soil species, soil variety, annual cycling of carbon, drained peatland.

doi: 10.15159/jas.19.05

**ABSTRACT.** By the Estonian Soil Sciences Society for the Year 2014 Soils the Leached soils, for 2015 – Limestone rendzinas, for 2016 – Bog soils, for 2017 – Typical podzols, for 2018 – Pseudopodzolic soils, and for 2019 – Fen soils (M) were elected. As the Year Soil of 2019 was not previously introduced in the *Journal of Agricultural Science*, in the actual overview was necessary to treat their classification, ecological conditions of their forming and functioning, hydro-physical and ecological properties, association of them with other soil species, distribution and conversion their names into WRB system. In the review, the main morphological properties of fen soils and the principles of their dividing into soil species (identified by soil genesis) and varieties (divided on basis of peat decomposition stage) are treated. Besides that, the fen soils' productivity, peculiarities of their paludification processes, distribution in Estonia and the data about their chemical properties are presented. In the overview, as well, the estimations of organic carbon stocks and assessments of annual organic carbon fluxes in peaty soil cover are presented and discussed. In the final part, the problems connected with environmentally sustainable use in agriculture and forestry and protection of fen soils are treated.

© 2019 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. | © 2019 Estonian Academic Agricultural Society.

### Sissejuhatus

Eesti muldade klassifikatsioonis (EMK) ja Eestimaa muldkatte suuremõõtkavalisel (1:10000) digitaliseeritud kaardil on eristatud ca 110 mullaliiki. Nende seast omistati Eesti Mullateaduse Seltsi (EMTS) poolt aastamulla 2014 tiitel – leostunud muldadele (Ko), 2015 – paepealsetele muldadele (Kh), 2016 – rabamuldadele (R), 2017 – leedemuldadele (L), 2018 – kahkjatele ehk näivleetunud muldadele (LP) ja 2019 – madalloomuldadele (M). Aastamuldade lühiteavikud leiab PKI mullateaduse õppetooli veebist <http://pk.emu.ee/et/struktuur/mullateadus/>.

### Eesti muldade klassifikatsioon kui muldade käitlemise töövahend

Aastamullad on nimetatud EMK järgi. EMK kui muldade määratlemise, nende omaduste käitlemise, mullaressursside arvele võtmise (sh kaardistamine koos mullaomaduste iseloomustamisega) ning kasutamise ja kaitse korraldamise töövahend, jõudis oma arengus

käesolevale ajale vastava stabiilse seisundini eelmise sajandi seitsmekümendateks aastateks (EPP, 1982). Tolleks ajaks oli kasutusel olev ametlik EMK oma detailsuse astmelt ja praktika vajaduste seisukohalt saavutanud suhteliselt optimaalse taseme ning hea kooskõla piirkondlike pedo-ökoloogiliste tingimustega. EMK oli kujunenud heaks töövahendiks muldade otstarbeka kasutamise korraldamisel põllu- ja metsamajanduses ning muldkattega seotud keskkonnakaitseprobleemide lahendamisel. Teatavasti tugineb EMK põhikontseptsioon eelmise sajandi vene koolkonna poolt arendatud geneetilise mullateaduse printsiipidele. Oluline on ka see, et EMK harmoneerub igati WRB-ga (World Reference Basis for Soil Resources – Maailma mullaressursside viitamise baasiga) ja seega sobib EMK hästi WRB süsteemi konverteerimiseks (IUSS, 2015).

EMK põhiühik (-takson) on teatavasti mullaliik, mitte aga tüüp, millist kasutatakse EMK puhul vaid üldises tähenduses. Mullaliik on EMK väikseim mulla geneesi alusel eristatav muldade klassifikatsiooni- ja/või kaardistamise ühik, mis jaotatakse mineraalmuldade

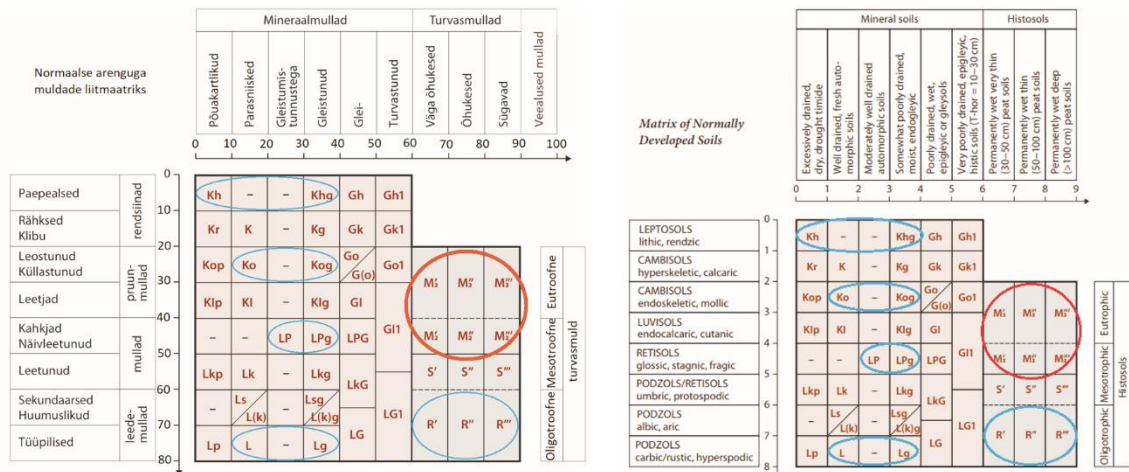


korral lõimise ja turvasmuldade puhul turba lagunemise astme järgi mullaerimiteks. EMK detailseim takson on seega mullaerim, mille alusel eristatakse mullakontuurid suuremõõtkavalisel (1:10000) mullastiku kaardil ja muldade leviku areaalid looduses.

Võimalikult detailseima taksoni tasemel väljaselgitatud mullaandmete alusel (mullakontuurid kaardil, mullaliigid või -erimid andmebaasis) saab teha väga erineval otstarbel moodustatud mullagruppide kohta käivaid üldistusi. Nii võib üles kerkida vajadus analüüsida muldkatet näiteks kas agro-rühmade, või siis kuivematel ja märjematel maastiku osadel kujunenud mulla-koosluste või ka aastamuldade kaupa. Taoliselt moodustatud mullagruppide koosseisu ja nn taksonoomilise positsiooni näitlikustamiseks on otstarbekas kasutada muldade maatrikseid (EMDK, 2008).

Senini aastamullaks kuulutatud mullaliikide omavahelist ökoloogilist ja geneetilist seost ja seotust kõigi teiste Eesti mullaliikidega selgitab Eesti normaalsete mineraal- ja turvasmuldade liitmaatriksi (joonis 1). Sellel maatriksil on mullaliigid positsioneeritud vetega varustatuse (9 astet) ja taimetoitelementide olemasolu

(8 troofsuse astet) skalaaride suhtes. Nii nagu muldade käitlemise praktikas on ka aastamulla valimisel osutunud otstarbekaks võtta valiku aluseks mitte mingi üksik mullaliik, vaid hoopiski teatud ühiste omadustega mullaliikide grupp. Nii koosneb iga seni aastamullaks valitud muld mitmest mullaliigist ja nende paljudest võimalikest erimitest. Taolise muldade paljususe tõttu räägitaksegi aastamuldadest mitmuses. Lähemal liitmaatriksi vaatlusel selgub, et mineraalsete aastamuldade edasise (s.o detailsema) jaotamise aluseks on kas nende profiilis ala- või süvagleistumise (g) esinemine või puudumine (Kh, Ko, LP ja L puhul), leetumise aste (L), huumushorisoni tüsedus (Kh), korese sisaldus (Ko) või amorfse raua sisseuhtehorisoni (Baf) olemasolu (LP). Turvasmuldade puhul (R, M) toimub jaotamine ennekõike turbakihi tüseduse, aga ka mõnede muude kaasaegsete mõjutegurite alusel (Md, Mr). Kuna mulla-teadlaste üldise tava järgi kasutatakse EMK rakendamisel mullaliikide täisnimetuste asemel üsna sageli vaid nende koode, oleks otstarbekas omada käepärast Eesti muldade nimestikku koos nende nimetuste koodidega (Maa-amet, 2001; Astover jt, 2013).



**Joonis 1** (vasakul). Eesti aastamullad normaalse arenguga muldade liitmaatriksil. Sinise ringiga on piiratud aastate 2014–2018 ja punasega 2019. a. aastamullad, mis on: 2014 – Ko, leostunud muldad; 2015 – Kh, paepealsed muldad; 2016 – R, rabamullad; 2017 – L, leedemullad; 2018 – LP, kahkjad muldad ja 2018 – M, madalsoomullad

**Figure 1** (right). Soils of the year in Estonia presented by their location on composite matrix of normally developed soils in relation to moisture conditions scalar (horizontal) and to lithologic-genetic catena (vertical scalar). Blue line marks the years' 2014–2018 soils and red line the year 2019 soils: 2014 – Ko, leached soils; 2015 – Kh, limestone rendzinas; 2016 – R, bog soils; 2017 – L, typical podzols; 2018 – LP, pseudopodzolic soils and 2019 – M, fen soils

### Eesti madalsoomuldade määrang ja jaotamine liikideks

Madalsoomullad on alaliselt liigniisketes tingimustes suhteliselt toiteainete rikaste põhja- või pinnavete mõjul kujunenud turvasmuldad, mille pindmiseks kihiks on üle 30 cm tüsedusega turbahorison. Looduslikud madalsoomullad talitlevad madalsoode turbala-sundite pindmise bioloogiliselt aktiivse kihina, mille vees lahustunud ja tahkes faasis olevate ainete materiaalsel toel kulgeb bioloogiline aineriing muldkattele kohandunud taimkatte ja turvasmulla vahel. Selles, turbalasundi kõige paremini õhustatud toiterohkes ja elustiku rikkaimas (taimestiku juurestik koos sellega

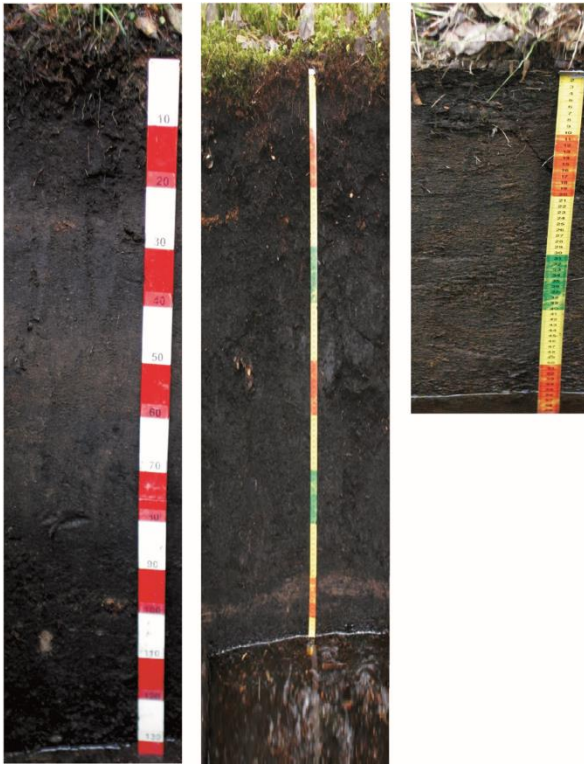
kaasnevate elustikuga) pindmises kihis toimuvad turvasmullale omased turbaainese lagunemise ja muundumise protsessid ning uue turba ladestumine (joonis 2). Vastavuses ökoloogiliste tingimuste vaheldumisele (kuivamine-märgumine, soojenemine-külmumine, kobestumine-tihenemine) turvas-muldkattes võib siin olla ülekaalus kas turba mineraliseerumine või siis uue turbakihi akumulatsioon.

Rõhutame, et talitlevaks turvasmullaks on õige pida-da vaid turbalasundi pindmist kihti, mitte aga seda kogu tema sügavuse (sageli mitme meetri) ulatuses. Taolise väite põhjendus seisneb selles, et vaid turbalasundi pindmise osa (st turvasmuldkatte) koostise arvel toimub madal-soo-ökosüsteemi taimkatte varustamine kasvuks vajalike toiteelementide ja kasvutingimustega.

Turvasmuldkatte all asuvat lasundit (sügavamal kui 50 cm) tuleks käsitleda kui maavara, mis vaid selle avanemisel või maapinna lähedusse sattudes (turba kaevandamisel või ka selle kulumisel mineraaliseerumise ja tihkestumise läbi) saab talitleda elusa turvasmuldkattena ehk turvasmullana. Samas ei pruugi kõik turvasmuldkatted paikneda vaid turbalasunditel. Nii on mineraalmuldadega piirnevate madalsoomuldade hulgas arvestatav kogus tasaste maastike madalamate alade soostumisel tekkinud õhukesi turvasmuldi. Nende madalsoo-turvasmuldade aluskihiks on valdavalt mägadele maastikele iseloomulikum veesetelise päritoluga mineraalsed pinnakatte materjalid.

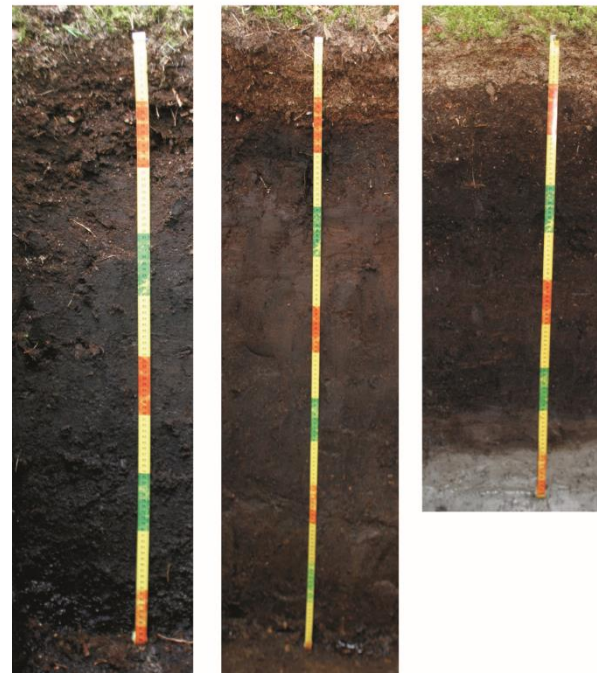
EMK-s ja kaasaegsel Eesti mullakaardil on turvasmuldade pindmise turbakihi tuseduse alusel eristatud kolm normaalse arenguga madalsoo-turvasmulla liiki: (1) väga õhukesed ( $M'$  – turbakihiiga 30–50 cm), (2) õhukesed ( $M''$  – 50–100 cm) ja (3) sügavad ( $M'''$  – turba tusedusega >100 cm). Aladel, kus normaalne turvasmullateke on täiendavalt mõjustatud veel ka kaasaegsete geoloogiliste setete või erineval viisil migreerunud keemiliste elementide lisandumisest, on mullatekke seisukohalt tegemist anormaalsete turvasmuldadega. Taolisel viisil tekkisid lammi- (AM, jõgede-järvede

üleujutusete lisandumisel) ja ranniku-(Mr) madalsoomullad (üleujutusel sooldunud merevetega). Künkliku moreenmaastiku madalates lohkudes ja kinnikasvanud järvede kalda-alal esineb piiratud ulatuses deluviaalseid madalsoomuldi (Md), kus varemalt tekkinud turvas on kaetud mineraalse mullaga või kus lohkude soostumisel on tekkinud mineraalse olluse vahekihid turbases kogumassis. Lisaks on olemas veel ka inimtegevuse toimele muudetud või ümberkujundatud (kohapeal segatud (TyM), kaetud mingi settega ehk maetud (TzM), eemaldatud (TxM) või puistangusse teisaldatud (TuM) madalsoomullad. Nimetatud neljast tehnogeensest madalsoo-turvasmullast domineerivad ülekaalukalt (ca 6,5 tuhat ha) TxM mullad, mis on teisiti öeldes madalsoo turbaga jääksoo pinnased. Kõiki teisi tehnogeenseid madalsoo-turvasmuldasid leidub Eestis kokku vaid ca 0,8 tuhande ha ulatuses (Kõlli jt, 2009). Kui Eesti valdavateks turvasmuldadeks on madalsoo- ja rabamullad, siis nende kahe ülemineku aladel on osutunud vajalikuks eristada siirdesoo-turvasmullad. Siirdesoomuld eristub madalsoomullast 10–20 cm rabaturba esinemisega madalsooturba pindmises (<30 cm) kihis (joonis 3).



**Joonis 2.** Hästilagunenud sügava madalsoo-turvasmulla ( $M3'''$ ) fotod, mille profiili tusedus piirub põhjavee momenditaseme kõrgusega. Fotod: E. Asi, BioSoil. Asukoht: I – Reastvere, Jõgevamaa; II – Kalbuse, Viljandimaa ja III – Kuhu, Pärnumaa

**Figure 2.** Well decomposed thick fen soils' ( $M3'''$ ) photos, where profile thickness is limited by the actual ground water level. Photos by E. Asi BioSoil team. Location of soil: I – Reastvere, Jõgeva County; II – Kalbuse, Viljandi County and III – Kuhu, Pärnu County



**Joonis 3.** Turvasmulla profiilide rida näitamaks üleminekut madalsoomuldadel ( $M$ ) siirdesoomuldadele ( $S$ ). Fotod: E. Asi, BioSoil. Asukoht ja muld: I – Kaavere, Jõgevamaa,  $M2-3'''$ ; II – Jaakna, Läänemaa,  $S2'''$  ja III – Käru, Lääne-Virumaa,  $S1-2''$

**Figure 3.** Sequence of peat soils for demonstration transition from fen soils ( $M$ ) to transitional bog soils ( $S$ ). Photos by E. Asi BioSoil team. Location and soil: I – Kaavere, Jõgeva County,  $M2-3'''$ ; II – Jaakna, Lääne County,  $S2'''$  and III – Käru, Lääne-Viru County,  $S1-2''$



Eesti mullastiku kaardistamise algusaastatel (1954–1958) jaotati turvasmullad pealmise turbakihi tuseduse alusel vaid kaheks: (1) õhukesed (turvast 30–100 cm) ja (2) sügavad (turvast >100 cm). Õige varsti selgus muldade kasutuse praktilise poole pealt (maaparandus) vajadus eristada õhukeste madalloomuldade hulgas omakorda väga õhukesed (M') ja õhukesed (M''). Nende eristamise vajadus seisnes selles, et väga õhukeste turvasmuldade intensiivse harimisega kaasnes turba kiire mineraliseerumine. Praktiline kogemus näitas, et liivadel lasuvate õhukeste turbamuldade kuivendamise tulemusena tekkisid õige pea nende asemele hoopiski väheviljakad liivmullad. Sellest järeldati, et õigem oleks liivadel lasuvad õhukesed madalloomullad jätta looduslikku seisu. Parem olukord on juhul, kui õhukese turbamulla all on raskema lõimisega (liivsaviga) muld. Sellisel juhul saab õige käitlemise korral tekitada hoopiski püsivama ja kõrgema produktiivsusega toorhumusliku (AT) või huumushorisoni (A), milles turba olemasoluga loodud mulla potentsiaalset viljakust jätkub õige kasutuse korral hoopiski rohkemateks aastateks.

#### Madalloomuldade pedo-ökoloogilised tingimused ja jaotamine erimiteks

Veeoludest lähtuvalt paiknevad looduslikud madalloomullad alaliselt liigniisketes (märgades) tingimustes. Liitmaatriksil (joonis 1) paiknevad nad horisontaalse skalaari positsioonidel 60–90, piirnedes paremalt veealuste muldadega ja vasakult (mineraalmuldadele

ülemineku alal) turvastunud mineraalmuldadega (positsioon skalaaril 50–60), milliste pindmise turbakihi paksus on alla 30 cm. Anormaalsed madalloomullad (AM, Mr ja Md), asuvad põhimõtteliselt samadel mullastik-ökoloogiliste skalaaride positsioonidel, kuid (kujundlikult väljendades) normaalsete muldade kohal ehk teisel (anormaalsete muldade) korrusel. Vertikaalse s.o litoloogilis-geneetilise (samas ka toitelususe) skalaari suhtes paiknevad madalloomullad ühisel astmel Eesti kõige produktiivsemate mineraalmuldadega (leostunud, leetjad, kähkjad). Nagu jooniselt selgub tuleneb nende kõrge potentsiaalne produktiivsus eutroofse ja osalt ka mesotroofse turba olemasolust.

Kui mineraalmulla liigid jaotatakse erimiteks nende lõimise järgi (liiv, saviliiv jms) siis madalloomulla (nagu ka kõigi teiste turvasmuldade) erimiteks jaotamise aluseks on turba lagunemise aste. Nii võivad madalloomulla erimiteks olla (1) halvasti lagunenu (M1 – lagunemise aste <20% või Lennart von Posti 10-astmelise humifitseerumise skaala järgi H1–H3), (2) keskmiselt lagunenu (M2 – 20–40% või H4–H6) ja (3) hästi lagunenu (M3 – >40% või H7–H10) madalloomullad (joonised 4 ja 5). Teatavasti võetakse turbamulla erimi nimetamisel arvesse vaid pindmise 40 cm turbakihi lagunemisaste. Mullastikukaartidel võib turbamulla erimi st turba lagunemise aste, olla antud nii mulla koodi (M2, M3) juures, kui ka turba valemis allindeksina (t2 või t3 koos kihi tusedusega cm-tes). Ka mullaprofiili valemis kajastub turba lagunemisaste samade allindeksitena (1, 2, 3) turbahorisoni sümboli juures (T2, T3). Näide madalloomulla kontuuris oleva info kohta on antud joonisel 6.



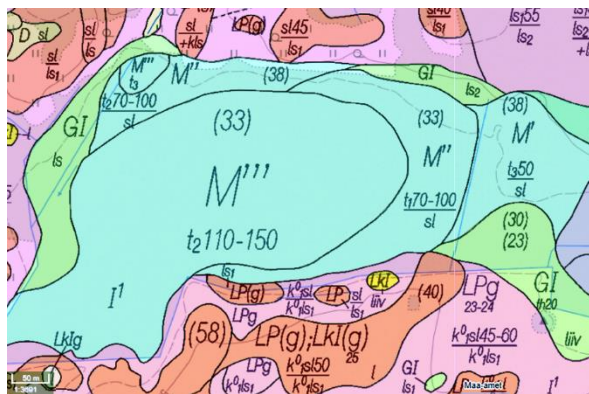
Joonis 4. Näidis halvasti-, keskmiselt ja hästilagunenud turvastest

Figure 4. Examples about slightly, moderately and well-decomposed peats



Joonis 5. Lennart von Posti turba humifitseerumise skaala (H1–H10) näidis

Figure 5. Example about peat humification scale (H1–H10) of Lennart von Post



Joonis 6. Väljavõte mullastiku kaardilt (MA GP, 2016)

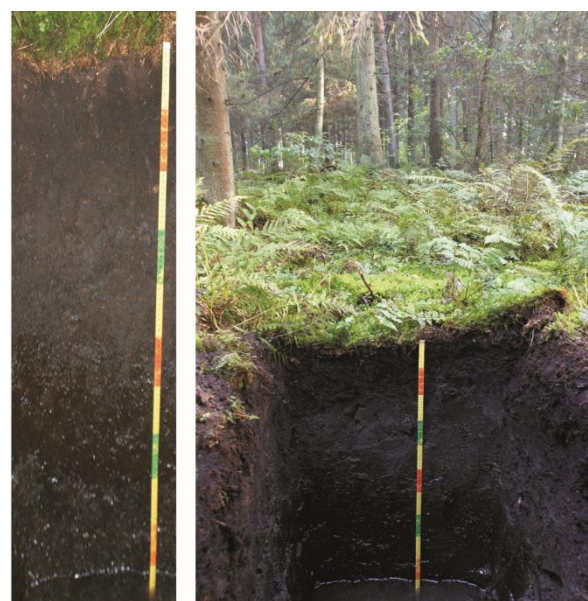
Figure 6. Excerpt from the digital soil map with scale 1:3691 (MA GP, 2016)

Suurem osa sügavatest madalsoomuldadest ( $M'''$ ) on tekkinud veekogude kinnikasvamise tulemusel. Õhukesed ja osalt ka sügavad madalsoomullad on kujunenud alalisel liigniiskete madalate mineraalmaade soostumisel. Valdav osa taoliste madalsoode toitvatest vetest pärineb ümbritsevate alade pinna- ja pinnakatte vetest või aluspõhja surveta põhjaveest. Erakordselt lubjarikas on toitevesi survelise põhjaveega (allikalistel) aladel, millistel tekkinud madalsoomullad eristatakse teistest vastava täiendava indeksiga (Mal). Täiesti erinevateks tavalistest turbalandsunditel lasuvatest madalsoo-turvasmuldadest on madalsoodest ümbritsetud veekogudel moodustunud õõtsik-madalsoo mullad ( $M\delta$ ). Eesti turvas-muldakattest hõlmavad Mal ja  $M\delta$  kokku veidi üle poole protsendi, vastavalt 1,1 ja 2,6 tuhat hektarit (Kõlli jt, 2009; Maa-ameti GP, 2016).

Madalsoomulla profiil koosneb valdavalt keskmiselt ( $T_2$ ) ja/või hästilagunenud ( $T_3$ ) erineva botaanilise päritoluga toitainete rikastest turbahorisontidest. Nende tüüpprofiilideks on:  $T_2$ – $T_3$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  jms või erinevate turbahorisontide vaheldumisega profiilid. Metsa madalsoomuldadel lisandub profiili veel ka metsakõdu (O-) horisont ja õhukese turbaga madalsoomuldadel ( $M'$  ja  $M''$ ) ka tugevasti gleitunud mineraalse lähtekivimi või lausaldane gleihorisont ( $T_3$ –CG,  $T_2$ – $T_3$ –G jms). Eesti madalsoomuldade valdavad turbaliigid botaanilise koostise järgi on pilliroo-, tarna-, rohu-, lehtsambla-, puu(kase)- jms turbad ning nende erinevad kombinatsioonid (Orru, 1992; Allikvee, Ilomets, 1995).

Taimede juurestik hõlmab madalsoomuldades vaid suhteliselt õhukese pindmise turbakihi, sõltuvalt selle õhustatusest ja toitvate vete hapnikuga varustatusest. Madalsoomuldade bioloogilist aktiivsust pidurdab alaline või pikka perioodi vältav anaeroobsus, mis pärsib olulisel määral nii turba lagunemist kui ka taimkatte produktiivsust. Hapniku ja karbonaatidega rikastumise korral intensiivistub tänu elustiku tegevusele ka turba lagunemine. Nii ongi allikasoodde ja lodude valdavaks mullaerimiks hästilagunenud eutroofne madalsooturvas, mille produktiivsus on ka kõrgem teistest madalsoomuldadest.

Looduslikud madalsoomullad on normaalsete ilmastikutingimustega suvedel enamus aega vegetatsiooniperioodist küllastatud veega. Suveperioodil, kui turvasmuld muutub pealt veidi kuivemaks, võib toimuda aasta intensiivseim turba lagunemine. Parimad tingimused turba lagunemiseks ja mulla-elustiku tegevuseks on liikuva toiterikka mullaveega madalsoomuldades. Lisaks hapnikurikkamale mullaveele soodustab neis organismide tegevust kaltsium ja teised aluselised katioonid, mis neutraliseerivad tekkinud happelisi laguprodukte. Madalsoode kuivendamisel intensiivistub turba lagunemine pindmistes kihtides oluliselt, ületades aasta uue turba ladestumise mitmekordselt, samas kaasneb sellega ka mitmekordne taimkatte produktiivsuse suurenemine (joonis 7). Kuivendatud madalsoode kõdutturvas on sageli teatud määral tihkestunud ning korduval läbikuivamisel võib ta omandada vastupidava teralise struktuursuse.



Joonis 7. Kõrge boniteediga kuusik kuivendatud madalsoo kõdutturvasmullal Mustjõeel Harjumaal. Fotod: E. Asi, BioSoil. Vasakul profiili ehitus, paremal heas kasvuhooos kuusik

Figure 7. High quality class spruce forest on drained muck-peat fen soil at Mustjõe village in Harju County. Photo by E. Asi BioSoil team. On the left side is the profile of muck-peat fen soil with well decomposed peat and on right side the spruce forest in intensive growing stadium

Looduslike madalsoomuldade valdavateks puistuteks on hõreda alusmetsaga sookaasikud, kuid esineb ka männikuid (Lõhmus, 1974; Valk, 1988; Paal, 1997). Õhukestel madalsoomuldadel esinevad peamiselt sanglepikud. Liigivaeses alustaimestikis esinevad tarnad, sookastik ja mitmed rohunid (soomadar, ubaleht, soosõnajalg jt). Samblarinne on hõre (soovildik, teravtipp jt), vaid mätastel esinevad metsasamblad. Viljakamateks looduslikeks madalsoomuldadeks (II–III boniteedi klass) on hästilagunenud ehk kõdutturbaga lodud. Tavalistel looduslikel madalsoomuldadel kasvavate metsade boniteet on madal, kõigest IV–Va klass. Nende kuivendamisel võib boniteet tõusta kuni II–III klassini. Üldreeglina muutub madalsoomuldade kuivendamisel nende pindmine kiht hästilagunenud kõdutturbaks,



millele sobivad kasvama kuusikud, aga ka segametsad ja männikud.

Madal soo rohumadest on liigirikkamad ja produktiivsemad ikkagi ka hästi lagununud eutroofse turbaga rohumaa turvasmullad. Looduslike madal soorohumade koosluste karakterliikideks on: lubikas, pääsusilm, pruun sepsikas, tarnad (raud-, mätas-, eris-, kollane, niit-, luht-), sinihelmikas, mõõkrohi, villpea (ahtaleheline), soo-kurereha, soo-kastik, angervaks, sirbik jt. Madal soo muldade kasutamine haritava maana on õigustatult tagasihoidlik. Turba kiire mineraliseerumise vältimiseks on põllumajanduslikku kasutusse võetud madal soomullad viidud oma suuremas enamuses pika-aegsete kultuurrohumaade alla.

### Eesti madal soode turvasmulkatte füüsikalistest ja keemilistest omadustest

Hästilagunenud madal soomulla turba lasuvustihedus on enamasti 0,2–0,25 Mg m<sup>-3</sup> ja üldine poorsus 80–85% piirides. Keskmiselt lagununud madal sooturba lasuvustihedus on aga väiksem (0,15–0,20 Mg m<sup>-3</sup>) ja üldine poorsus (85–90%) suurem. Madal sooturvastehke osa tihedus varieerub suhteliselt väikestes piirides (1,6–1,8 Mg m<sup>-3</sup>).

Madal soomuldade turvaste üldine tuhasus varieerub suhteliselt suurtes piirides 9–18%. Eutroofsete ja mesotroofsete madal sooturvastehke aktiivne happesus (pH<sub>KCl</sub> vastavalt 5,5–6,5 ja 4,5–5,5), hüdrofüüsiline happesus (20–50 ja 50–80 cmol kg<sup>-1</sup>) ning liikuva alumiiniumi sisaldus (50–100 ja 100–150 mg kg<sup>-1</sup>) on selgesti erinevad. Sama on näha ka neeldunud aluste sisalduses (vastavalt 130–180 ja 80–130 cmol kg<sup>-1</sup>), küllastusastmes (>50 ja <50%) ja üldlammastiku sisalduses (>30 ja <30 g kg<sup>-1</sup>). Sügavuse suunas C:N suhe aheneb ja happesus väheneb. Eesti metsa-madal soomuldade turvaste keemilise koostise mõningad näitajad (tabel 1) pärinevad meie varasematest töödest (Kölli jt, 2010).

**Tabel 1.** Metsa-madal soomuldade metsakõdu, epipedoni ja alusmulla keemilised omadused (Mn±SD)<sup>1</sup>

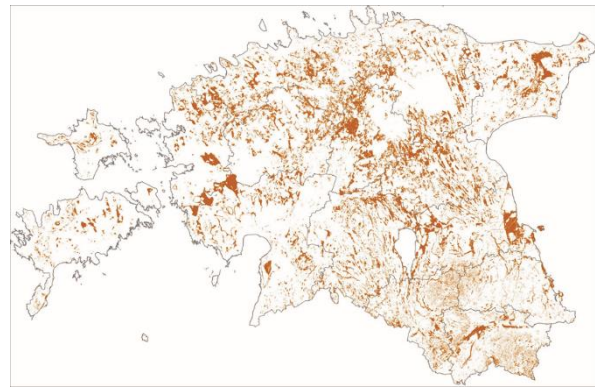
**Table 1.** Chemical properties of forest fen soils' forest floor, epipedon and subsoil (Mn±SD)<sup>1</sup>

Tunnus Characteristic	Ühik Unit	Metsakõdu Forest floor	Epipedon Epipedon	Alusmull Subsoil
Proovi sügavus Depth of sample	cm	0–5	10–30	30–50
Proovide arv Number of samples	tk	8	10	10
Tuhasus Ash content	g kg <sup>-1</sup>	40±14	114±50	93±16
Orgaaniline süsinik Organic carbon	g kg <sup>-1</sup>	478±30	470±31	504±26
Üldlammastik Total nitrogen	g kg <sup>-1</sup>	16,3±4,0	29,8±4,8	25,0±6,9
C:N	suhe ratio	31,8±12,0	16,2±3,0	21,6±6,8
pH CaCl <sub>2</sub>		4,4±0,5	4,9±0,6	5,2±0,4
Kaltsium / Calcium	g kg <sup>-1</sup>	13,4±4,8	28,8±13,7	26,4±9,8
Magneesium Magnesium	mg kg <sup>-1</sup>	1136±383	1168±1024	1389±1340
Kaalium / Potassium	mg kg <sup>-1</sup>	886±232	150±42	101±96
Fosfor / Phosphorus	mg kg <sup>-1</sup>	699±228	659±283	306±124

1) Mn±SD – keskmine ± standard hälve / mean ± standard deviation

### Madal soomuldade levik Eestis

Madal soomuldade suurimad levikualad (joonis 8) on Kõrvemaa, Alutaguse, Lääne-Eesti ja Pärnu madalikud, Võrtsjärve ja Valga nõod, Peipsi-äärsed madalikud ning Pandivere kõrgustikku ümbritsevad madalamad alad. Madal soomullad moodustavad kogu Eesti muldkattest ca 14% ja turvasmuldadest 59% (joonis 9). Madal soomuldade liikideks (M' M" M''') ja erimiteks (M1 M2 M3) jaotumise kõrval on joonisel 9 näidatud ka nende seos teiste Eesti turvasmuldadega. Valdava osa madal soomuldade ülemise kihi turvastest on hästi lagununud (71%), millele järgnevad keskmiselt lagununud (27%) turbad. Väga väike on halvasti lagununud madal soo-turvasmulla erimite osakaal. Näiteid keskmiselt lagununud turbaga muldadest on esitatud joonisel 10. Heaks dokumendiks turvasmulla kohta võib pidada selle profiilist tehtud liim-monoliiti (joonis 11).



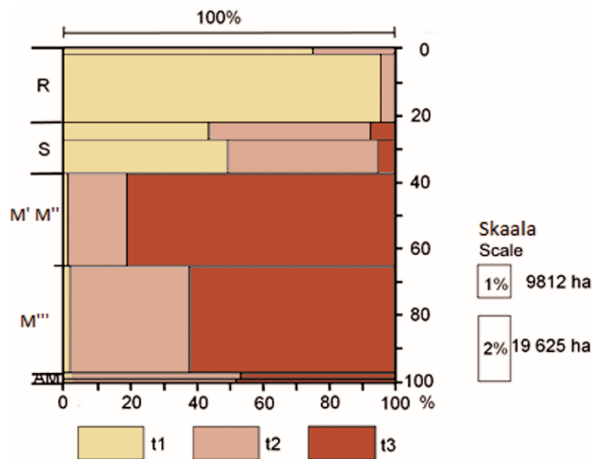
**Joonis 8.** Madal soomuldade leviku kaart. Koostanud P. Penu ja T. Kikas

**Figure 8.** Distribution of fen soils in the soil cover of Estonia. Compiled by P. Penu and T. Kikas

### Madal soomuldade nimetamine WRB järgi

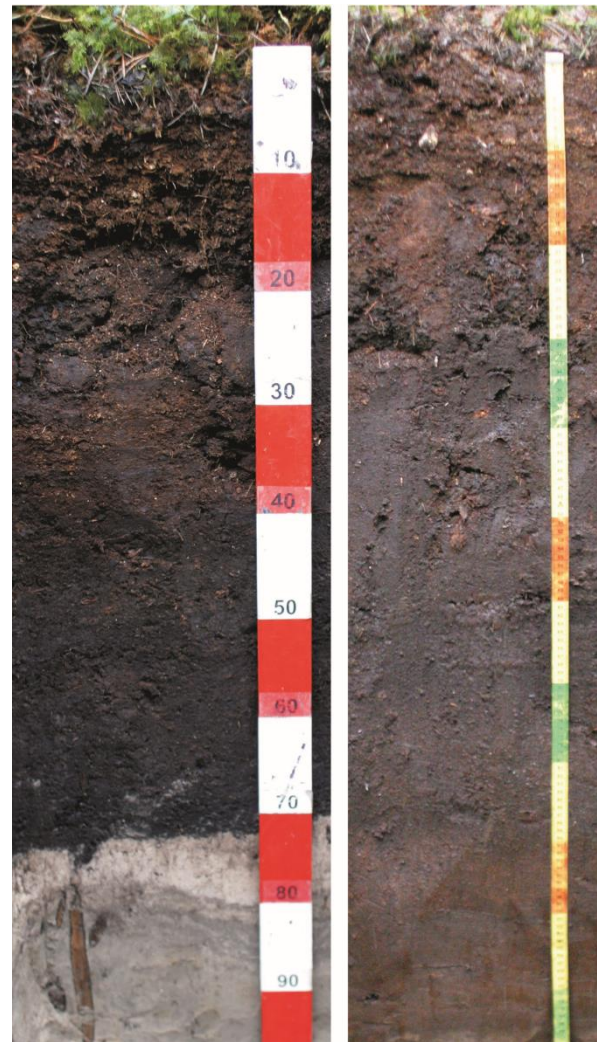
Madal soomuldade otsetõlge inglise keelde on *fen soils*. Nende täpsem nimetamine WRB järgi tehakse mulda iseloomustavate tunnussõnade abil (IUSS, 2015), kusjuures *histic* – tähendab turbast koosnev; *sapric/hemic* – hästi- (M3, t3) ja/või keskmiselt lagununud (M2, t2) turvast; *rheic* – põhja- või pealevalguva pinnaveega toitumist; *eutric* – kõrget küllastusastet ja rikkust toitoelementide osas; *drainic* – kuivendatust; *hyperorganic* – >2 m turbakihti; *lignic* – puuturba esinemist; *limnic* – järvesetete esinemist; *transportic* – teisaldatust (TxM); *relocatic* – kohapeal läbi segatust (TyM); *colluvic* – maetust ehk kattumist erosiooni käigus või muul moel teisaldatud mullakihiga (Md, TzM); *fluvic* – üleujutusveega akumulatsioonist setete olemasolu (AM); *hyposalic* – nõrka sooldumist (Mr).

Seega on loodusliku madal soomulla nimetuseks WRB järgi *Sapric/Hemic Eutric Histosol*, kusjuures nimetusse jääv tunnus (*sapric* või *hemic*) määratakse pealmise 40 cm turbakihi järgi. *Rheic* mullanimetuses tähendab ühtlasi seda, et see muld on *eutric*. Kui madal soomuld on kujunenud üle kahe meetri paksusel turbakihil, siis on ta põhinimetuse järel sulgudes (*Hyperorganic*) ning kui ta on kuivendatud, siis ka (*Drainic*).



**Joonis 9.** Madalloomuldade osatähtsus teiste Eesti turvasmuldade hulgas. Mullagrupid: R – raba-, S – siirdesoo-, M – madal soo-, AM – lammi-madalloomuld; Turba (t) lagunemise astmed: t1 – halvasti, t2 – keskmiselt ja t3 – hästilagunenud turvas; Turvasmuldade jaotus turba tüseduse järgi: Ülemine osa iga grupi puhul – väga õhukesed ja õhukesed (turba tüsedus 30–100 cm) turvasmullad (R', R'', S', S'', M', M'', AM' ja AM'') ning alumine osa sügavad (turba tüsedus >100 cm) turvasmullad (R''', S''', M''' ja AM''')

**Figure 9.** Share of fen soils among alternative peat soils of Estonia. Soil groups: R – bog, S – transitional bog, M – fen, and AM – alluvial-fen soils; degree of peat (t) decomposition: t1 – slightly, t2 – moderately and t3 – well decomposed; peat soil species (determined by peat thickness) presented on the upper part of each soil group are very shallow and shallow peat soils (thickness 30–100 cm – R', R'', S', S'', M', M'', AM' and AM'') and on the lower part belongs to thick peat soils (thickness >100 cm – R''', S''', M''' and AM''')



**Joonis 10.** Keskmiselt lagunenud madal soo turvasmullad (M2). Fotod: E. Asi, BioSoil. Asukoht ja muld: I – Meleski, Viljandimaa (M2'') ja II – Neeruti, Lääne-Virumaa (M2''')

**Figure 10.** Moderately decomposed fen soils' (M2). Photos by E. Asi BioSoil team. Location and soil: I – Meleski, Viljandi County (M2'') and II – Neeruti, Lääne-Viru County (M2''')



**Joonis 11.** Keskmiselt ja hästilagunenud turbaga madalloomuldade liim-monoliidid

**Figure 11.** On glue basis prepared monoliths about fen peat soils with accordingly moderately and well decomposed peats

### Mõningatest Eestis ja Eestiga sarnastes pedo-ökoloogilistes tingimustes tehtud madalloomuldade uurimustest

Hea ülevaate looduslike alade ja majandatavate metsade madalloomuldade varasematest uurimustest, praktilistest soovitusetest turvasmuldade kasutuse kohta ja sellel alal tegele tud teadlaste tööd est on teinud U. Valk (1988). Madalloomuldade mikrokliima ja keemiliste omaduste kõrval on tema koostatud monograafias käsitletud ka madal sooturvaste liigitamist ja madal soode kuivendamise ga seotud kultuurrohumaade rajamise ja metsakasvatuse probleeme. Ei puudu ka mõistlikud ökoloogilised analüüsid soode kaitse probleemidest. Lisame siia omalt poolt foto (joonis 12), mis demonstreerib kujukalt lodu veetaseme mõtlematu ülespaisutamise ga seotud katastroofilisi muutusi metsaökosüsteemi talitlemises.





**Joonis 12.** Metsamulla soostumise intensiivistumine ala kestva üleujutuse tagajärjel. Karula, Valgamaa

**Figure 12.** Intensification of forest soil paludification because of long time inundation on naturally poorly drained area. Karula, Valga County

Nagu selgub R. Kase poolt koostatud monograafiast (1975) on turvasmuldade põllumajandusliku kasutamise uurimine ja sellega seotud Eesti teadlaste panused aastatel 1920–1970 olnud mitmekülgsed ja tänapäevalgi kasutamist väärivad. Uuritud on soomuldade omaduste, kuivendamise ja kasutussobivuse kõrval ka nende viljakust erinevate kultuuride saakide kaudu ja väljatöötatud alused soomuldade taimekasvatuse kvaliteedi määramiseks.

Eelmise sajandi teise poole Eesti madalsoid käsitlevate publikatsioonide hulgas domineerivad ülekaalukalt botaanilise suunitlusega uurimused (Laasimer, 1965; Masing, 1975; Laasimer, Masing, 1995; Paal, 1997). Meie veendumuse kohaselt on ka madal-soo-ökosüsteemide taimkatte kujunemisel determineeriv roll olnud kasvukohal s.o turvasmuldkattel. Järelikult näitab madal-soo-taimekoosluste mitmekesisuse määr ära ka kasvukoha (st muldkatte) võimaliku mitmekesisuse. Kahjuks on aga senini siiski veel liiga tagasihoidlikult uuritud madal-soode taim-muld süsteemide (L. Reintami väljend) talitlemise seaduspärasusi, v.a muidugi E. Lõhmuse (1974) ja mõned teised üksikud tööd. Kokkuvõtteks võib järeldada, et paljudes olulistest asjades on sedastamata muldkatte ökoloogiline roll üht või teist tüüpi madal-soo-taimekoosluse kujunemisel.

Eesti turbavarude uurimise, mis on olnud suhteliselt pika ajalooga ja edukas, tehti oluline panus ka mullastiku suuremõõtkavalise kaardistamisega. Seda ennekõike pindalade täpsustamise aspektist. Nimelt võeti kaardistamise käigus täiendavalt arvele nii väikese pindalaga (<0,5 ha), kui ka õhukese turbaga (<1 m) alad, mis ei paku huvi turba kui maavara mõttes. Need, õhukese turbakihi suhtelised väikese kontuuri pindalaga alad, mille ca 150 000 kontuuri kogupindala moodustab ligikaudu 8% turvasmuldade kogupindalast (Kõlli jt, 2012), kuuluvad täies ulatuses muldkatte, kui omaette loodusvara hulka ja peaksid saama majandatud ja hoitud ökoloogilise mullateaduse parimate reeglite kohaselt. Sealhulgas arvestades taim-muld vastastikuseid seoseid looduslikel aladel ja kasutussobivust kultuuristatud aladel.

Tüseda turbakihi (>1 m) ja suurema pindalaga turbaalad on hoopiski põhjalikumalt uuritud turba kui maavara seisukohalt. Samas tuleks taolisi alasid võtta kui n-ö kaksik loodusvaraga alasid, mille pindmine kiht (0,5–1 m) on

turvasmuldkate, kuid selle all paiknev turvas kui väärtuslik maavara ja orgaanilise süsiniku akumulaator.

Turvasmuldkatet, mistahes turbalasundil ja loomulikult ka õhukese turbakihi aladel, tuleks käsitleda kui ökosüsteemi lahutamatu osa, milles peitub ökosüsteemi kestlikku talitlemist tagav "mälu". V. Targuljani käsitluse kohaselt (Targuljan, Gorjachkin, 2004) on looduslike ökosüsteemide "mälu" olemasolu tõestanud nii mineraalsete kui turbaste muldkatete kestlikkuse uurimisega. Ökoloogilise mullateaduse põhimõtete järgi on muldkate elusa ja elutu piirimal oleva looduslik keha. Vaid siis, kui säilib muldkate, võib loota ökosüsteemi taastumist kasvukoha ökoloogilistele tingimustele vastavaks. Heaks näiteks siinkohal on turbalasundide kaevandamisega seotud jääksoode probleem. Nimelt tuleb turvast kaevandades paratamatult eemaldada ka talitlev muldkate ja järgi ei jää mitte turvasmuldkate, vaid sadade aastate tagune, tollastele ökoloogilistele tingimustele vastavate omadustega, turba-pinnas. Teisiti öeldes on jääksoodes täielikult hävinenud kaasaegne ökosüsteem ja taastamist tuleb alata n-ö puhtalt lehelt. Jääksoode taaskasutuselevõtu korral on vaja paljandunud pinnasele sobiva taimkatte leidmise kõrval tähelepanu pöörata ka uue (tehis)muldkatte püsiomaduste ja talitlemise kujunemisele. Jääksoole uue ökosüsteemi rajamisega peaks kaasnema elus komponenti sisaldava ja adekvaatse "mäluga" kestliku tehismuldkatte kujunemine.

Viimasel aastakümne Eestis tehtud madal-sooturvasmuldade süstemaatilistest uurimustest on üheks tähelepanuväärseimaks Euroopa Komisjoni ja Eesti riigi toel mullateadlase E. Asi juhtimisel arendatav "BioSoil" projekt, mille 96 metsaseireala hulgas on ka 5 Eesti erinevates piirkondades paiknevat madal-soo- ja 8 siirdesoo mullale rajatud seireala. Tabelis 1 on esitatud väljavõtte mõningatest 5 seireala madal-soomuldade keemilistest omadustest (Kõlli jt, 2010).

Meie uurimuste järgi (Kõlli jt, 2009) on Eesti madal-sooturvasmuldade pindmise 30 cm turbakihi orgaanilise süsiniku keskmine pindtihedus  $173 \pm 7 \text{ Mg C ha}^{-1}$  ja 50 cm tisedusel madal-soo-turvasmuldkattel  $333 \pm 14 \text{ Mg C ha}^{-1}$ . Kokku on Eesti madal-soo turvasmuldkatte 50 cm kihis ca  $197,4 \pm 8,1 \text{ Tg}$  süsinikku, mis moodustab valdava osa (ca 72%) kogu Eesti turvasmuldkatte süsinikust ja ca 16,4% kogu Eesti turbavarudesse akumuleerunud süsinikust, mis on ca 1,18 Pg Mall Orru (1992) järgi.

Madal-soo muldkattes ja turbalasunditesse akumuleerunud süsiniku koguste kõrval on oluline arvestada madal-soo-ökosüsteemide turvasmuldkatte moodustumise intensiivsust. U. Valgu (1988) ülevaate järgi on madal-soo-turba lasundite kasv valdavalt piirides 0,2–0,6 mm aastas (keskmiselt 0,4 mm). Kuna madal-soomullas toimub üheaegselt süsiniku juurdevoog taimkatte varisega ning samas ka turba lagunemine ja ühenemine, ei ole tiseduse juurdekasv just sobiv näitaja turvasmuldkatte iseloomustamiseks (kuigi ta sobib hästi tervik turbalasundi puhul). Hoopiski arusaadavam on asi kui turbakihi juurdekasv on väljendatud seotud süsiniku hulgaga pinna- ja ajähiku kohta ( $\text{kg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ). Eesti madal-soode turbakihi aastajuurdekasvud on olnud piirides 200–300  $\text{kg C ha}^{-1}$  (Tabel 2) (mediaansuurusega ca 230  $\text{kg C}$  ühe hektari ja aasta kohta).



**Tabel 2.** Mõningaid näiteid süsiniku aastakäibest madal soo ökosüsteemides, Mg C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>**Table 2.** Some examples on annual cycling of carbon in fen ecosystems, Mg C ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>

Näitaja nimetus / Name of characteristic	Piirkond / Region	Näitajad <sup>1)</sup> / Indices <sup>1)</sup>	Allikas / Source	Märkused <sup>2)</sup> / Remarks <sup>2)</sup>
I. C akumulatsioon madal soo muldkattes <i>Accumulation of C into the fen soil cover</i>	Eesti / Estonia	Ksk: 0,20–0,30	Valk, 1988; Kõlli jt, 2009	LA / NA
	Soome / Finland	Rhm: 0,30–0,47	Mäkila, Saarnisto, 2008	
IIa. C emissioon kuivendamata muldkattest <i>C emission from undrained fen soil cover</i>	Rootsi / Sweden	LV: 2,7–2,9	Karlberg jt, 2006	
IIb. C emissioon kuivendatud muldkattest <i>C emission from drained fen soil cover</i>	NE Euroopa NE Europe	Hrm: 1,7–6,1; Rhm: 1,4–4,6	Oleszczuk jt, 2008	
	Eesti / Estonia	Ksk: 3,5–4,1	Mander, Ahas, 2011	
IIIa. Loodusliku ÖS <sup>3)</sup> maapealse osa AFP <sup>4)</sup> <i>APP<sup>4)</sup> of above ground part of ES<sup>3)</sup></i>	Eesti / Estonia	Mts: 1,8–2,2; Rhm: 0,6–0,9	Kõlli, 1991	MP / AG
IIIa. Loodusliku lepiku NPP <sup>5)</sup> / <i>NPP of Alder forest</i>	Rootsi / Sweden	PR: 1,0–1,6 AT: 1,0–1,4	Karlberg jt, 2006	MP+MA AG+BG
IIIb. Kuivendatud rohumaa heinasaak <i>Hay yield of drained grassland</i>	Eesti / Estonia	Rhm: 2,7–5,2	Kask, 1975	MP / AG
IIIb. Kuivendatud haritav maa / <i>Drained arable land</i>		Oder: 1,6–1,9	Kask, 1975	terad / grains

1) Näitajad / Indices: Ksk – keskmine / Mean, Rhm – rohumaa / grassland, LV – mustleplik / alnus forest, Hrm – haritav maa / arable land, Mts – mets / forest, PR – puurinne / tree layer, AT – alustaimestik / field layer, oder / barley; 2) LA / NA – looduslik ala / natural area, MP / AG – maapealne / above ground, MA / BG – maa-alune / below ground; 3) ÖS / ES – ökosüsteem / ecosystem; 4) AFP / APP – aasta fütoproduktiivsus / annual phytoproductivity; 5) NPP – puhas (neto) primaarne produktiivsus / net primary productivity.

Looduslikus madalloomullas (kui turvastumise staadiumis oleva märgala muldkattes) domineerib teatud intensiivsusega turbakihi kasv ehk tegemist on muldkatte suhtes süsiniku positiivse bilansiga. Üldjuhul kaasneb turvastumisega aineriinge peetusest põhjustatud taimkatte produktiivsuse vähenemine. Samas ei pruugi need protsessid olla aastast aastasse ühesuunalised ja ühesuguse intensiivsusega, kuna taimkatte produktiivsus sõltub ennekõike turvasmuldkatte õhustatusest ja selle toitevete rikkusest, mis võivad tugevasti varieeruda nii ajas kui ruumis (Strack jt, 2008). Soostumise edenedes sõltub madal soo-ökosüsteemi produktiivsus järjest vähem turba koostisest, aga samas järjest rohkem toitevete iseloomust.

Madalloomuldade kuivendamisel kiireneb loomulikult turba lagunemine, mis kaasneb samas ka taimkatte produktiivsuse suurenemisega. Turvasmuldkatte kuivendamise sügavusest ja selle vegetatsiooniperioodi dünaamikast olenevalt kaasneb turba lagunemine ehk toiteelementide vabanemine on aluseks edaspidisele taimkatte produktiivsuse suurenemisele. Kuivendamisega loodud potentsiaal tuleks võimalikult otstarbekalt ära kasutada sobivate taimeliikide valiku kaudu.

EMÜ audoktor Lech W. Szajdak on koos kaasautoritega publitseerinud ülevaate Kesk- ja Põhja-Euroopa erinevates riikides tehtud uurimustest kasvahoone gaaside emissioonist turba-aladelt (Oleszczuk jt, 2008). Ülevaates on mediaan-suurustena välja toodud kuivendatud põllu- ja rohumaa madalloomuldade süsiniku emissiooni aastahulgad pinnaihi kohta (Tabel 2). CO<sub>2</sub> ja CH<sub>4</sub> emissioonandmete suure varieeruvuse põhjuseks peetakse siinjuures ökoloogiliste tingimuste (soojusrežiim, kuivendamise intensiivsus, toiteainete rikkus, kasutatud taimekasvatuse tehnoloogia jms) suuri kõikumisi ajas ja ruumis. Turvasmuldade kuivendamisel väheneb miinimumi CH<sub>4</sub> emissioon, sest anaeroobsest alusmullast (katotelmist) pärinev CH<sub>4</sub> hõlmab hästiõhustatud pealismulda (akrotelmi) läbides CO<sub>2</sub>-ks. Metaani oksüdeerumine toimub teatud osas ka

bakter *Methylocapsa gorgona* tegevuse läbi (Tveit jt, 2019).

Praktiliselt on kuivendatud madalloomuldade puhul tegu üksnes süsiniku emissiooniga CO<sub>2</sub> koosseisus. Vaid looduslikel aladel lisandub sellele teatud kogus (70–150 kg C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) CH<sub>4</sub> koosseisus olevat süsinikku (Oleszczuk jt, 2008; Mander, Ahas, 2011), kuid samas peab mainima, et see süsinik pärineb suuremas osas siiski turvasmuldkatte all olevatest sügavamatest kihtidest. Suurimad C kogused lenduvad turvasmullast kuivendamise algusaastatel, hiljem emissioon väheneb.

Tabeli 2 näitavud (antud süsiniku sisalduse pindtihedusena, Mg ehk tonni süsinikku ühe hektari kohta) käsitlevad ökosüsteemide süsiniku aastakäibe kolme olulist lüli: I – keskmine ühe aasta uue C koguse juuretulek muldkattes s.o turbalasundi keskmine kasvukiirus; II – keskmine C aastaemissioon muldkattest CO<sub>2</sub> koosseisus, kujuures IIa näitab seda kuivendamata ja IIb kuivendatud turvasmuldade puhul, ja III – madalloomuldadel kujunenud (IIIa) või kujundatud (IIIb) ökosüsteemide erinevate osade primaarset ehk fütoproduktiivsust või saagikust. Tabeli 2 fütoproduktiivsuse andmed käsitlevad enamuses vaid teatud osa aasta jooksul moodustunud kogu primaarsest produktiivsusest.

### Ülevaatest tulenevad olulisemad järeldused madalloomuldade käitlemise osas

Muldkatte süsinikuvarude inventeerimise seisukohast ja mullaliikide käitlemise pedo-ökoloogilisest aspektist lähtudes on ebaõige ja segadust tekitav käsitleda madal soo-laamade kogu turbavaru muldkatte osana. Muldkattena peaks käsitlema vaid selle taimede kasvu materiaalselt ja füüsiliselt toetavat pindmist kihti. Eesti oludes saab selliseks kihiks pidada 50 cm tusedust turbakihti, troopilistes tingimustes – sellest 3–4 korda tusedamat ning tundra oludes meie turvasmuldadest 2–3 korda õhukesemat kihti.

On heameel tõdeda, et EMK näol on Eesti jaoks olemas kaasaja nõuetele vastav süsteemikindel turvasmuldade (turvasmuldkatte) käitlemise töövahend, mis võimaldab üheselt mõistetavalt fikseerida mistahes Eesti tingimustes esineva turvasmulla diagnostilised tunnused ja olulisemad omadused (Astover jt, 2013). Muldade ülevaatelisel võrdlev-ökoloogilisel analüüsil on otstarbekas kasutada normaalse arenguga muldade liitmaatriksit (joonis 1), millele veeolude ja toitelisuse skalaaride järgi paigutatud madalloomulla asukoht demonstreerib üheselt arusaadavalt tema asendi kõigi teiste loodusliku tekkega mullaliikide hulgas (EMDK, 2008).

Muret tekitavaks asjaoluks on EMK ja mullaliikide kohta kogutud väärtusliku teabe vähenenud kasutamine muldkatte seotud (teiste) looduskomponentide omaduste ja talitlemist seletamisel ning kasutuse ja kaitse planeerimisel. Arenguruumi on ka muldkatte omaduste ökoloogilisel põhjendatud viisil arvestamisel nii põllumajanduses kui ka metsanduses. Oluline on leida igale turvasmulla liigile võimalikult keskkonnasõbralikum fütomassi tootmise ehk päikese energia talletamise viisi ja sobivad võtted vähendamaks n-ö tulutut süsiniku kadu muldkattest.

K. Minkkineni ja tema kolleegide (2008) uurimused Soome tingimustes on näidanud, et madalama boniteediga metsaturvasmuldade kuivendamise puhul ei pruugi igal juhul järgneda ökosüsteemi süsiniku negatiivne bilanss, nagu see on laialt levinud arusaamade järgi omaks võetud. Läbiviidud mõõtmised on näidanud, et ökoloogiliste seaduspärasuste järgi loodud tingimustes mulla süsiniku kaod kompenseeritakse suuremal või vähemal määral suurenenud puistu juurdekasvu ja mulda juurdetulnud metsavarisega.

Eesti pedo-ökoloogilistes tingimustes ja väljakujunenud mullaliikide koosseisu alusel ei ole põhjendatud pidada madalloom muldkatteid (või omistada neile juhtiv roll) atmosfääri CO<sub>2</sub> olulise akumulaatorina. Tegelikult on C akumulatsioon turvasmulda toimunud väga pika perioodi jooksul, kuid selle sidumise keskmine määr turbasse (intensiivsus) on olnud ääretult tagasihoidlik (tabel 2). Kuna protsesside reas primaarsest produktsioonist kuni suhteliselt stabiilse turbani toimuvad suured kaod nii autotroofse kui heterotroofse hingamise kaudu, säilib esialgsest C produktsioonist turba koosseisus vaid ca 20–40%. Samas ei saa sellegi säilimine olla garanteeritud erinevate säilitusriskide (plahvatuslik lagunemine, põlengud) tõttu. Kui aga võrdleme tekkinud turba väärtust primaarsel produktsioonil võimalikult saadava alternatiivse tootega (puit, hein, fütomass), siis on siinjuures oluline tähele panna seda, et see alternatiivne toode on kvaliteedilt väärtuslikum ning soode kuivendamise korral ka 2–3 korda suurema saagikusega. Loomulikult suurenevad seejuures ka turbamassi kaod, sest ei saa ju toota ilma kulusid tegemata. Kuid kulutuste määra on ökoloogilisi seaduspärasusi arvesse võttes võimalik kontrolli alla saada (nt kuivendamise sügavuse reguleerimise vms kaudu). Tuleb vaid õppida seda võimalikult tõhusamalt tegema (Höper jt, 2008).

Looduslike madalloomade säilitamise ja nende taastamise vajaduse põhjendamisel on seega ebaõige viidata süsiniku probleemi lahendamisele. Taoline põhjendus ei ole pädev kuna C sidumise määr on soodes liigagi tagasihoidlik ja ladustamine maastikus mittekestlik ja riskidega seotud. Tähtsaimaks suures osas madalloomadega seotud riiklikuks ülesandeks Eestis on ennekõike jääksode pinnase omadustele sobiva kestlikult produtsioneeriva taimkatte kujundamine. Ökoloogilisel kaalutletud tegevuse tagajärjel on võimalik saavutada nullilähedase või minimaalsetes piirides kõikuva süsinikubilansiga kestliku ökosüsteemi kujunemine jääksode asemele.

Rõhutame, et madalloomade säilitamise ja taastamise vajadus taandub kõigepealt ikkagi piirkondliku maastiku mitmekesisuse (sh taimestik, loomastik) hoidmise või kaitse aspektidele. Selles osas saab loota selle alaga tegelevate ökoloogide teaduslikult põhjendatud uurimustele ning asjaosalistega (lokaalne kogukond) läbiviidud arvamustele ja mõistlikkusele. Ei tohiks lubada maksimalismi – mida rohkem, seda uhkem, vaid kompromissi tootmise (annab tulu) ja kaitse alla võtmise (toob esialgu vaid kulu) vahel.

Nii nagu kõigi teiste muldade puhul tuleks ka madalloomuldade puhul arvestada mullaliigi spetsiifiline mitmekesisusega, mis ei ole tüüpiliste madalloomuldade puhul eriti rikkalik (Paal, 1997). Samas on liigirikkus tunduvalt suurem spetsiifiliste (Mõ, Mal, Md) ja anormaalsete (AM, Mr) madalloomuldade korral ning ökotonides – turbaala piirnemisel veekogudega.

#### Tänuavaldus

Autorid avaldavad tänu PUK Mullaseirebüroo juhatajale Priit Penule madalloomuldade levikukaardi hankimise eest; IPC Eesti Metsaseire grupi juhile Endla Asile madalloomuldade profiilidest tehtud fotode ja nende õppe- ja teadustöös kasutamisele lubamise eest.

#### Huvide konflikt / Conflict of interest

Autorid kinnitavad artikliga seotud huvide puudumist. *The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this paper.*

#### Autorite panus / Author contributions

RK, TT – kavandamine ja materjali kogumine;  
RK, TT – fotode hankimine ja kokkupanek ning jooniste valmistamine;  
RK – käsikirja kirjutamine ja toimetamine;  
RK, TT – lõplik heakskiitmine.

*RK, TT – design, collection of materials;*  
*RK, TT – procure, preparation and editing of Photos and Figures;*

*RK – writing and editing text;*

*RK, TT – final approving.*



### Kasutatud kirjandus

- Allikvee, H., Ilomets, M. 1995. Sood ja nende areng. Rmt: Eesti. Loodus. A. Raukas (koostaja). – Valgus, Tallinn, lk 327–347.
- Astover, A., Reintam, E., Leedu, E., Kölli, R. 2013. Muldade väliuurimine. – Eesti Loodusfoto, Tartu, 70 lk.
- Eesti muldade digitaalne kogu (EMDK) 2008. Eesti Maaülikool (võrguteavik). – <http://mullad.emu.ee> Viimati külastatud 20/05/2019
- Eesti Põllumajandusprojekt (EPP) 1982. Eesti NSV muldade inventeerimisühikute nimestik. Kaardistamisühikute lühidiagnostika. – Käsikiri RPI Eesti Põllumajandusprojektis, 19 lk.
- Höper, H., Augustin, J., Cagampan, J.P., Drösler, M., Lundin, L., Moors, E., Vasander, H., Waddington, J.M., Wilson, D. 2008. Restoration of peatlands and greenhouse gas balances, In: Peatlands and climate change. M. Strack (Ed.). – International Peat Society, Jyväskylä, Finland, pp. 182–210.
- IUSS Working Group WRB 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. – World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome, 192 p.
- Karlberg, L., Gustafsson, D., Jansson, P.-E. 2006. Modelling Carbon Turnover in Five Terrestrial Ecosystems in the Boreal Zone Using Multiple Criteria of Acceptance. – *Ambio*, XXXV, 8:448–458.
- Kask, R. 1975. Eesti NSV maafond ja selle põllumajanduslik kvaliteet. – Valgus, Tallinn, 358 lk.
- Kölli, R. 1991. Ökosüsteemide fütoproduktiivsuse pedoökoloogiline analüüs. I. Metsad ja II. Põllu- ja rohumaad. – *Agraarteadus*, 2:39–60 ja 3:248–264.
- Kölli, R., Astover A., Noormets, M., Tõnutare, T., Szajdak, L. 2009. Histosol as an ecologically active constituent of peatland: a case study from Estonia. – *Plant and Soil*, 317(1–2):3–17.
- Kölli, R., Asi, E., Apuhtin, V., Kauer, K., Szajdak, L. 2010. Formation of the chemical composition of Histosols and histic soils in the forest lands of Estonia. – *Chemistry and Ecology*, 26(4):289–303.
- Kölli, R., Kukk, L., Astover, A. 2012. The management and protection of peat and peaty soils: an ecosystem approach. In: Necessity of peatlands protection. L.W. Szajdak, W. Gaca, T. Meysner, K. Styła, M. Szczepanski (Eds). – IAFE PAS, Poznan, pp. 281–296.
- Laasimer, L. 1965. Eesti NSV taimkate. – Valgus, Tallinn, 397 lk.
- Laasimer, L., Masing, V. 1995. Taimestik ja taimkate. Rmt: Eesti. Loodus. A. Raukas (koostaja). – Valgus, Tallinn, lk 364–396.
- Lõhmus, E., 1974. Metsad rabadest nõmmede ja loopealseteni. Rmt: Eesti metsad. U. Valk, J. Eilart (koostajad). – Valgus, Tallinn, lk 60–98.
- Maa-amet 2001. Vabariigi digitaalse suuremõotkavalise mullastiku kaardi seletuskiri. – geoportaal.maaamet.ee/docs/muld/mullakaardi\_seletuskiri.pdf. Viimati külastatud 20/05/2019
- Maa-ameti geoportaal 2016. Mullakaart. – geoportaal.maaamet.ee/est/Kaardiserver-p2.html. Viimati külastatud 20/05/2019
- Mander, Ü., Ahas, R. 2011. Geograafia: Kirjeldavatest uurimistest analüüsiva teaduseni. Ülevaade geograafia-alastest uurimistöödest Eestis. Rmt: Teadusmõte Eestis (VI). Elu- ja maateadused. E. Parmasto, A. Laisk, D. Kaljo (toimetajad). – ETA, Tallinn, lk 185–195.
- Masing, V. 1975. Mire typology of the Estonian SSR. In: Some aspects of botanical research in the Estonian SSR. L. Laasimer (Ed.). Tartu, pp. 122–136.
- Minkkinen, K., Byrne, K.A., Trettin, C. 2008. Climate Impacts of Peatland Forestry. In: Peatlands and climate change. M. Strack (Ed.). – International Peat Society, Jyväskylä, Finland, pp. 98–122.
- Mullateaduse õppetool, EMÜ, PKI k.p Aastamuldade lühiteavikud ja postkaardid. – <http://pk.emu.ee/et/struktuur/mullateadus/> Viimati külastatud 20/05/2019
- Mäkila, M., Saarnisto, M. 2008. Carbon accumulation in boreal peatlands during the *Holocene* – Impacts of climate variations. In: Peatlands and climate change. M. Strack (Ed.). – International Peat Society, Jyväskylä, Finland, pp. 24–43.
- Oleszczuk, R., Regina, K., Szajdak, L., Höper, H., Maryganova, V. 2008. Impacts of agricultural utilization of peat soils on the greenhouse gas balance. In: Peatlands and climate change. M. Strack (Ed.). – International Peat Society, Jyväskylä, Finland, pp. 70–97.
- Orru, M. 1992. Eesti turbavarud. – RE Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 146 lk.
- Paal, J. 1997. Eesti taimkate kasvukohatüüpide klassifikatsioon. – Eesti Keskkonnaministeerium ja ÜRO Keskkonnaprogramm, Tallinn, 297 lk.
- Strack, M., Waddington, J.M., Turetsky, M., Roulet, N.T., Byrne, K.A. 2008. Northern peatlands, greenhouse gas exchange and climate change. In: Peatlands and climate change. M. Strack (Ed.). – International Peat Society, Jyväskylä, Finland, pp. 44–69.
- Targuljan, V.O., Gorjachkin S.V. 2004. Soil memory: Types of record, carriers, hierarchy and diversity. – *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 21, 1:1–8.
- Tveit, A.T., Hestnes, A.G., Robinson, S.L., Schintlmeister, A., Dedysh, S.N., Jehmlich, N., von Bergen, M., Herbold, C., Wagner, M., Richter, A., Svenning, A.A. 2019. Widespread soil bacterium that oxidizes atmospheric methane. – *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116, 17:8515–8524. DOI: 10.1073/pnas.1817812116
- Valk, U. 1988. Eesti sood. – Valgus, Tallinn, 343 lk.

## REVIEW: **The Estonian Soil of Year 2019 is fen soil**

*Raimo Kõlli, Tõnis Tõnutare  
Estonian University of Life Sciences, Institute of  
Agricultural and Environmental Sciences, Chair of Soil  
Science, Fr. R. Kreutzwaldi 5, 51006 Tartu, Estonia*

### **Summary**

Estonian Soil Sciences Society has elected the Soil of the Year for the past six years. In 2014 it was the Leached soil (Ko), in 2015 – Limestone rendzina (Kh), in 2016 – Bog soil (R), in 2017 – Typical podzol (L), in 2018 – Pseudopodzolic soil (LP) and in 2019 – Fen soil (M). As the election, naming and characterization of Year Soils was as a rule done by Estonian Soil Classification (ESC), which was taken as a tool, in the overview its short characterization is presented as well. It is emphasized that the most detail taxon of the ESC separated based on soil genesis is soil species. When in the case of mineral soils, the soil species are divided into different soil varieties according to their texture, and then the peat soils are divided into soil varieties according to their peats' decomposition stages. The large-scale (1:10,000) digital soil maps and connected with soil maps databases on soil properties were compiled on the level of soil varieties.

All Year Soils are composed not only from one soil species, but also rather from a group (or family) of them. For demonstration, the position of Year Soils among other soils and their interrelationships with all other ESC soil species the composite matrix of normally developed mineral and peat soils was used (Figure 1). On the composite matrix, the location of soils is arranged in relation to moisture conditions scalar (horizontal) and in relation to lithologic-genetic scalar (vertical).

Special attention in the actual review is paid to the fen soils or by WRB to the Sapric/Mesic Eutric Histosols as to the Year 2019 Soil of Estonia. In the overview about fen soils their classification (dividing into soil species and soil varieties), ecological conditions of their forming and functioning, hydro-physical and chemical properties, and conversion into WRB system, are treated. The distribution of fen soils in Estonia is demonstrated by special map (Figure 8). The fen soils form approximately 14% from whole soil cover of Estonia and 59% from Estonian peat soil cover.

In the treatment of Estonian peat soils or Histosols as soil cover, only the superficial layer of peatlands with thickness 50 cm is counted. By the authors' opinion, the peat layers under peat soil cover should be taken as natural peat resources which should not be counted as the soil cover. Most of the Estonian fen soils' peats (72%) are well decomposed, whereas 27% of peats are moderately decomposed. The characterization of fen soils' chemical properties by different soil layers is given in Table 1.

An overview about scientific researches done in Estonia and in ecologically equivalent conditions enfolds forest, arable and grasslands. This part includes the discussions on the different aspects of pedo-ecological analyses and on the influence of drainage to development and productivity of fen ecosystems. In the Table 2, some examples of annual cycling of carbon in fen ecosystems is given.

In concluding part, the problems connected with the productivity, use, and protection of fen soils and peatlands that were deducted from experimental research and scientific literature, are treated. Six photos, where nine peat soil profiles are presented and six complex figures illustrate this article, and it contains two tables. One of them contains the chemical properties of fens' top- and subsoils, and the second - the examples on carbon cycling in the ecosystem level.