



**TURUN
YLIOPISTO**

Matemaattis-luonnontieteellinen
tiedekunta

Suomen suot ja turvemaat
Käyttö nykyisin ja tulevaisuudessa

Vilma Lahti

Geologia
LuK-tutkielma
Laajuus: 7 op

23.5.2024
Turku

Turun yliopiston laatu järjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu
Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

LuK-tutkielma

Pääaine: Geologia

Tekijä(t): Vilma Lahti

Otsikko: Suomen suot ja turvemaat – Käyttö nykyisin ja tulevaisuudessa

Ohjaaja(t): Eila Hietaharju

Sivumäärä: 43 sivua

Päivämäärä: 23.5.2024

Suomi on soistumiselle ja turpeen muodostumiselle oivallinen paikka. Soistuminen vaatii veden ylijäämää ja Suomessa runsas sadanta ja alhainen haihtuminen edesauttavat soistumista. Topografian ja toisaalta maankohoaminen ovat soistaneet maa-alueita viimeisen jääkauden jälkeen ja erityisesti maankohoamisen seurauksena soistumista tapahtuu edelleen länsirannikolla. Turve on maalajina eloperäisestä aineksesta paikalleen kerrostunutta kasvualustaa, joka jaetaan Suomessa sara- ja rahkaturpeisiin. Soita ja turvemaita on tutkittu Suomessa laajalti ja tänä päivänä tutkimustyö sisältää paljon turvetuotannosta vapautuvien maiden käyttömahdollisuuksien tutkimista sekä hiilensidontaan ja ilmastovaikutuksiin liittyvää tutkimusta.

Turvemaita on laajasti ojitettu metsäteollisuuden käyttöön, mutta myös maaviljelyyn ja turvetuotantoon. Vaaleita, heikosti maatuneita rahkaturpeita on pääosin käytetty kasvualustana ja tummia, hyvin maatuneita saraturpeita on käytetty energiantuottoon. Ojituksen ja turpeenpolton aiheuttamat kasvihuonekaasut ja vesistöpäästöt ovat aiheuttaneet paineen tarkastella uudelleen ja laajemmin turvemaiden käyttöä ja päästöjen hallintakeinoja.

Turvemaiden käyttöä on ohjattu tutkimustulosten perusteella luonnontilansa menettäneille tai voimakkaasti heikentyneille alueille sekä heikkotuottoisille metsäojitetuille suoalueille. Turvetuotannosta vapautuville alueille on perustettu useita hankkeita, joissa selvitetään parhaita jatkokäyttömenetelmiä kuten kosteikkoviljelyä ja tuuli- ja aurinkovoimaloita. On huomattu myös, että soita ja turvemaista on hyötyä pitkän aikavälin hiilensitojina ja siksi soiden suojelua on pyritty lisäämään. Turpeenpoltosta ei Suomessa täysin voida luopua, sillä turve on tärkeä huoltovarmuuden energialähde sekä paikallisesti suuri ja tärkeä työllistäjä. Kosteikkoviljely nähdään hyvänä vaihtoehtona sekä ilmaston että yhteiskunnallisten vaikutusten näkökulmasta.

Avainsanat: Turvemaat, Turvetuotanto, Suotyypit, Kosteikkoviljely

Sisällysluettelo

1. Johdanto	2
2. Suomen suot ja turvemaat	3
2.1 <i>Soistuminen ja turpeen muodostuminen</i>	4
2.2 <i>Soiden päätyypit ja niiden kehityshistoria</i>	8
2.3 <i>Hiilen varastoituminen ja soiden kaasuvirrat</i>	10
3.1 <i>Turpeen käytön historia</i>	14
3.2 <i>Turveteollisuus nykyisin</i>	15
3.2. <i>Turveteollisuuden ympäristövaikutukset</i>	19
3.2.1 <i>Vesistö päästöt ja niiden hallinta</i>	20
3.2.2 <i>Turpeenpolton päästöt ja niiden hallinta</i>	23
3.2.3 <i>Ojitus ja kasvihuonekaasut</i>	25
4. Turvetuotannosta vapautuvien suoalueiden käyttö	27
4.1 <i>Kosteikkoviljely</i>	28
4.2 <i>Ennallistaminen</i>	31
4.3 <i>Tuuli- ja aurinkoenergia</i>	32
5. Turvetuotannon korvaamisen tarve	33
6. Johtopäätökset	35
7. Lähteet	36

1. Johdanto

Suomen pinta-alasta kolmannes on soiden peitossa. Suomen suot ovat muodostuneet Veiksel-jääkauden jälkeen primaarisoistumisen, metsämaan soistumisen tai vesistön umpeenkasvun seurauksena. Suomen vanhimmat suot löytyvät Itä-Suomesta ja nuorimmat suot ovat länsirannikolla missä maankohoamisen seurauksena maata soistuu edelleen. Turvekerrostumien paksuus vaihtelee Suomessa noin 1,5 metristä noin 3 metriin ja paksuimmat turvekerrostumat ovat 12,3 metriä. Geologinen suo on suokasvien jäänteistä muodostunut kerrostuma, jonka paksuus on yli 30 cm. Geologisten soiden osuus Suomessa vaihtelee. Eniten geologisia soita on Lapissa ja Pohjois-Pohjanmaalla, yli 60 % ja taas Etelä-Suomessa geologisten soiden osuus on alle 20 %.

Soita on raivattu pelloiksi ja niiltä on niitetty eläimille ruokaa oikeastaan niin kauan kuin Suomi on ollut asutettuna. Turpeen nostoon soita ruvettiin käyttämään 1800-luvulla ja nykyisin turvetta käytetään energianlähteen lisäksi kasvualustana, eläinten kuivikkeena, ympäristönhoidossa sekä -suojelussa. Soiden herkat ekosysteemit ja vuosituhansien saatossa kerrostunut turve ovat kärsineet ojitusten ja teollisen käytön tuloksena, mutta soita on ahkerasti ruvettu myös suojelemaan. Turpeen käytön ympäristökysymykset liittyvät kasvihuonekaasupäästöihin, vesistöpäästöihin sekä energiantuotannon ilmansaasteisiin. Turveteollisuuden vaihteellinen alasajo on saanut sekä maanomistajat että tutkijat kiinnostumaan turpeen nostosta vapautuvien maa-alueiden jatkokäytöstä. Koska maa-alueiden pienilmasto, topografia sekä turpeen ominaisuudet vaihtelevat suurestikin, ei yhtä ainoaa jälkikäyttömahdollisuutta ole.

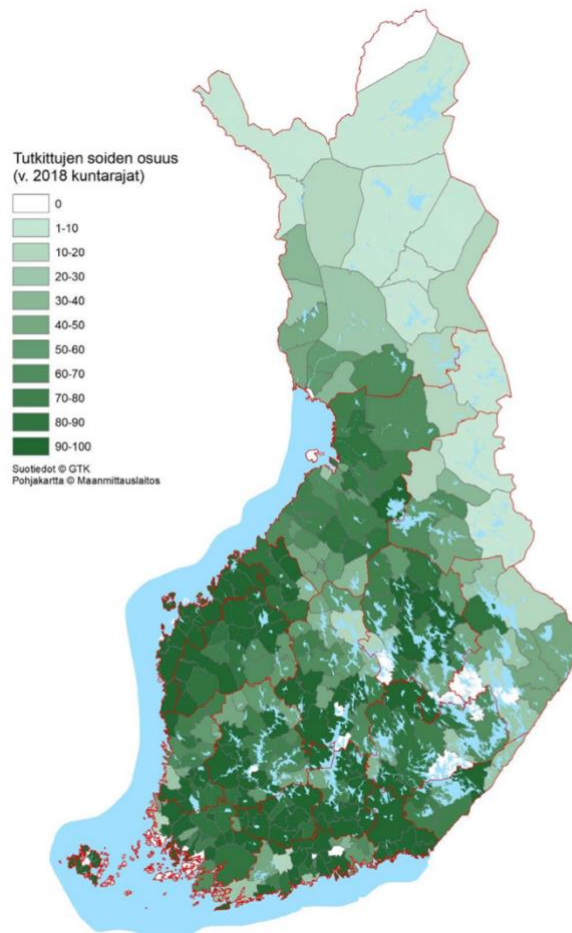
Ilmastonmuutoksen myötä Suomen on sekä vähennettävä kasvihuonekaasupäästöjä että lisättävä hiilensitoja-alueita sekä menetelmiä. Luonnontilaiset suot toimivat sekä metaanin lähteinä että hiilidioksidinieluinä ja näiden kaasuvirtojen tunteminen erityyppisillä soilla, ja myös ilmaston muuttuessa, on ensiarvoisen tärkeää. Metaanin ja hiilidioksidin lisäksi typpioksiduuli on ilmastoa lämmittävä kaasu, jonka virtaamisesta ja vaikutuksista on vielä vähän tietoa.

Turvetuotantoalueilta, ojitetuilta suoalueilta, suopelloilta ja turpeen poltosta muodostuu myös kasvihuonekaasuja, joiden hallintaan on ruvettu kiinnittämään entistä enemmän huomiota ja niitä on myös saatu vähennettyä. Tarve poikkitieteelliselle tutkimukselle turvemaiden käytöstä ja turvetuotannosta

poistuvien maiden jatkokäytöstä on ilmeinen. Haasteellista tutkimustyössä on saada luotettavaa tietoa pitkän aikavälin vaikutuksista ja syy–seuraussuhteista.

2. Suomen suot ja turvemaat

Suomessa suolle on monta määritelmää ja soita jaotellaan niille ominaisin piirtein. Jo edellisen vuosisadan alusta alkaen suo on määritelty kasvupaikaksi, jota vallitsee turvetta muodostava kasviyhdyksunta (Laine et al. 2000). Suon geologinen määritelmä on alue, jonka turvekerros on paksuudeltaan vähintään 30 cm (Virtanen et al. 2000). Ekologisesti määriteltynä suo on kostean yleisilmaston ylläpitämä ekosysteemi, jota luonnehtii korkealla oleva vedenpinta ja jossa vain osittain hajoava orgaaninen aines kerrostuu turpeeksi (Laine et al. 2000). Turvevarojen kartoitusta, tutkimusta ja tietojen ylläpitoa tehdään Geologian tutkimuskeskuksessa. Viimeisin kattava turvevarojen kartoitus on tehty kesällä 2019. Soista on GTK:n vuonna 2022 valmistuneen raportin mukaan tutkittu hieman yli 6 miljoonaa ha, prosentuaalisesti eniten Pohjanmaalla, jossa soita on tutkittu lähes 100 000 ha eli 91 % Pohjanmaan suopinta-alasta (Toivonen et al. 2022). Tutkimusten tarkoitus on selvittää soiden teknilliset hyödyntämis- mahdollisuudet, suoekosysteemin luontoarvot, ympäristöriskit ja jälkikäyttö mahdollisuudet (Tikkanen & Jokela 2005). Kuvasta 1 ilmenee tutkittujen soiden osuus kuntien geologisesta suoalasta. Metsätalouden käyttöön suoalueita on ojitettu hieman yli 50% ja luonnontilaisia soita on hieman yli 32%. Turvetuotanto kattaa vain yhden prosentin suoalueiden käytöstä ja maatalouskin vain 3 %. Suojeltuja suoalueita on 14 % ja niistä suurin osan sijaitsee Pohjois-Suomessa (Korhonen et al. 2021).



Kuva 1. Tutkittujen soiden prosentuaalinen osuus kuntien geologisesta suoalasta. (Toivonen et al. 2022).

2.1 Soistuminen ja turpeen muodostuminen

Soistuminen

Suomi on hyvin otollinen paikka soistumiselle. Suomen kostea ja viileä ilmasto on omiaan turpeen muodostukselle ja siksi Suomen pinta-alasta kolmannes on suoalueita (Postila et al. 2012). Soistuminen on alkanut Suomessa Veiksel-jääkauden päättymisen jälkeen, noin 11 000 vuotta sitten (Virtanen 2008), kun mannerjäätikkö vetäytyi ja maata alkoi paljastumaan jäätikön alta. Jäätikkö perääntyi tuhannessa vuodessa, ja tämä nopea perääntyminen sai aikaan voimakasta maankohoamista, joka edesauttoi soistumista (Virtanen 2008). Soistuminen on kerran käynnistyttyään itseään voimistava geologinen prosessi (Toivonen et al. 2022). Kasvillisuus oli alkuun sekä määrällisesti vähäistä että lajisto niukkaa, jonka vuoksi myös turpeen muodostuminen oli hidasta. Turpeen muodostumiseen hidastavasti vaikutti myös veden runsas happi- ja elektrolyyttipitoisuus, joka edesauttoi orgaanisen aineksen hajoamista (Virtanen 2008).

Atlanttisella kaudella ilmasto muuttui kosteammaksi ja Suomessa kangasmetsät, joita oli ehtinyt kasvaa 1500–6000 vuotta, alkoivat muuttua kasvillisuudeltaan (Laine et al. 2002). Korpikasvillisuus, jota luonnehtii muun muassa kuusi, paju ja kataja (Euroola et al. 2015), alkoi kerryttämään turvetta 9200 vuotta sitten (Laine et al. 2002). Sub-boreaalaisella kaudella rämekasvillisuus taas alkoi vallata korpimetsiä ja ravinteet metsä- ja suoalueilla vähentyivät, kun turvekerros kasvoi korkeussuunnassa (Laine et al. 2002). Suomen soiden kehitys on johtanut pikkuhiljaa niiden karuuntumiseen. Karuuntuminen eli rahkoittuminen alkoi Etelä-Suomessa noin 8000 vuotta sitten, Keski-Suomessa ilmiö on keskimäärin 3000 vuotta vanha ja Lapissa se käynnistyi vasta noin 2000 vuotta sitten (Laine et al. 2000). Aapasoiden sarasuovaihe on nykyisenkaltaisessa ilmastossa kohtalaisen pysyvä tai hyvin hitaasti muuttuva vaihe. Aapasoiden pinnanmuodot, jänneet ja rimmet, ovat alkaneet kehittyä noin 3000–4000 vuotta sitten (Laine et al. 2000).

Turpeen muodostuminen

Turve muodostuu kuolleista kasvien osista kosteissa ja vähähappisissa tai hapettomissa olosuhteissa. Hapenpuutteen vuoksi kasvien jäänteet eivät maadu tehokkaasti vaan hajotus tapahtuu hitaasti ja epätäydellisesti (Laine & Vasander 1998.) Turvekerros kasvaa korkeutta suomalaisilla soilla $0,2\text{--}4,0\text{ mm a}^{-1}$ (Laine et al. 2000). Tämä vastaa 40 g m^{-2} orgaanista massaa vuodessa ja 20 g m^{-2} hiiltä vuodessa (Laine et al. 2000). Paulssonin (2021) mukaan turvekerros kasvaa keskimäärin 1 mm a^{-1} . Turpeen paksuus vaihtelee Suomessa maantieteellisesti, mutta myös yksittäisen suon sisällä (Silvan et al. 2008). Useimmiten turvekerros paksuuntuu nopeammin suon ollessa nuori, Suomessa nuoret suot sijaitsevat länsirannikolla (Virtanen et al. 2000). Silvan et al. (2008) toteavat, että yksittäisen suon sisällä turpeen paksuus on tavallisesti vanhimmilla alueilla, siellä mistä soistuminen on alkanut. Turpeen paksuus vaihtelee esimerkiksi Pirkanmaalla sijaitsevalla Siikanevalla 2,6 metristä 7 metriin (Silvan et al. 2008).

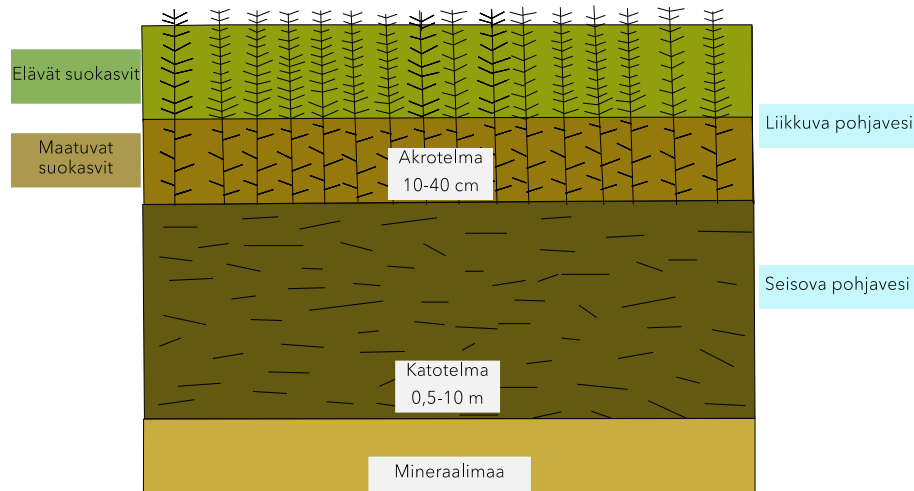
Suon kasvilajeista erityisesti rahkasammaleet (*Sphagnum*) ja sarakasvit (*Carex*), ovat tärkeitä turpeen muodostumisen kannalta (Laine & Vasander 1998, Rinttilä et al. 2008). Myös kihokit, luikkalajit ja karhunsammaleet muodostavat tehokkaasti turvetta (Tolonen 1980). Rahkasammal kykenee muokkaamaan omaa kasvualustaansa ja on tehokas valtaamaan kasvualaa muiden lajien

kustannuksella (Laine & Vasander 1998). Sarakasvien juuret ovat erityisesti minerotrofisten soiden turpeen muodostumiselle tärkeä osatekijä, sillä niiden ohutjuuret maatuivat hyvin hitaasti painuessaan syvemmälle turvekerrokseen (Laine & Vasander 1998). Useimmilla kasvupaikoilla turpeen kasvunopeus on sitä suurempi, mitä kosteampi kasvupaikka. Hajotus rajoittuu tällöin pitkälti ohueen pintakerrokseen (Tolonen 1980).

Turpeen maatuneisuutta mitataan tavallisesti von Postin (1922) kehittämällä kymmenluokituksella (Laine et al. 2000). Maatuneisuus kuvaa turpeen kasvinjäänteiden hajoamisen määrää (Svahnäck 2005). Menetelmä on kehitetty maastossa tehtävälle luokittelulle ja siinä turvetta puristetaan kädessä ja tarkkaillaan turpeesta lähtevän veden väriä, sormien välitse puristuvan massan määrää sekä puristejäännöksen kimmoisuutta. Asteikko on H_1 – H_{10} , jossa H_1 on täysin maatumaton, kasvinosat täysin tunnistettavissa ja sormien välistä valuva vesi on kirkasta ja H_{10} on täysin maaton, kasvinrakenteita ei voida erottaa eikä vapaata vettä valu lainkaan sormien välistä (Laine et al. 2000). Turpeen maatuneisuusaste vaihtelee sekä soittain että yksittäisen suon sisällä (Svahnäck 2005). Maatuneisuusasteen selvittämiseen tarvitaan suokohtaisia kairaus- ja luotaustutkimuksia suon sen hetkisen pintakasvillisuuden selvitysten lisäksi (Svahnäck 2005).

Karuimmat eli ombrotrofiset suot kasvavat nopeimmin. Syynä nopeaan korkeuskasvuun on niukkaravinteisuus ja erityisesti käyttökelpoisen typen vähyys (Tolonen 1980). Tolonen (1980) mukaan varastoitunutta turvemäärää voidaan tarkastella kairaamalla suokairalla, jolloin saadaan korkeuskasvu määriteltyä, mutta myös kuiva-ainekertymänä tietylle pinta-alalle vuoden kuluessa. Kuiva-ainekertymän etuna on, että se kertoo, kuinka suuri osa suokasvillisuuden biomassasta on varastoitunut turpeeksi (Tolonen 1980). Kuollut kasviaines joutuu monenlaisten muutosten kohteeksi kerrostuessaan turpeeksi. Orgaaninen aines muuttuu muotoaan kemiallisten sekä fysikaalisten muutosten ansiosta (Laine & Vasander 1998). Paulsson (2021) esittää suon maaperän rakenteen, joka jaetaan hapelliseen akrotelma -kerrokseen ja hapettomaan tai vähähappiseen, vedenpinnanalaiseen katotelma -kerrokseen. Kuvassa 2 on esitetty turvekerrokset. Kuvaan piirretyt viivat kuvaavat suokasvien, muun muassa rahkasammaleen kasvua ja maatuneisuutta turvekerroksissa. Suon akrotelma on tavallisesti 10 – 40 cm syvä ja vedenpinnan taso vaihtelee (Paulsson 2021). Akrotelmassa hajotus on tehokkainta ja orgaanisesta hiilestä 80-95 %

hapetetaan hiilidioksidiksi. Hajotuksen tehokkuuteen vaikuttavat muun muassa alueen happamuus ja ravinteisuus.



Kuva 2. Turvemaan kerroksellisuus. Rahkasammaleen kasvu ja maatuneisuus kuvattu mustin, ohuin viivoin. Piirretty Paulssonin (2021) mukaan.

Ravinnerikkailla soilla maaperän hajottajaeliöiden toiminta on tehokkaampaa ja silloin myös turvetta kertyy ohuelti (Laine & Vasander 1998). Katotelma on syvyydeltään 0.5 metristä jopa 10 metriin, riippuen suotyypistä ja siitä, kuinka vanha suo on (Paulsson 2021). Katotelmaan siirtyy orgaanisesta hiilestä noin 5 - 20 %. Anaerobiset bakteerit hapettavat orgaaniset yhdisteet lähes yksinomaan hiilidioksidiksi ja metaaniksi. Näiden lisäksi syntyy myös ammoniakkia ja rikkivetyä (Laine & Vasander 1998).

Soistumistavat

Suomen soiden kehityshistoriaa on tutkittu turvestratigrafialla (Silvan et al. 2008). Korhola & Tolonen (1998) toteavat, että soistumiseen vaikuttavat maaperän hydrologia, maa-aineksen vedenläpäisevyys sekä ilmastolliset tekijät. Soistuminen vaatii aina veden ylijäämää, jolloin alueelle tuleva vesi joko peittää paikallisesti maan pintaa tai alueen pohjavesi nousee lähelle sitä (Korhola & Tolonen 1998, Tikkanen & Jokela 2005.) Maaperän huono vedenläpäisevyys ylläpitää soistumiselle tärkeää hydrologiaa samalla kuin haihdunnan määrä on vähäistä (Korhola & Tolonen 1998). Soistumistapoja on kolme: primaari soistuminen, metsämaan soistuminen ja vesistön umpeenkasvu.

Primaarisoistuminen tapahtuu, kun suokasvillisuus valtaa maa-alueen sen paljastuttua jään tai veden alta (Tikkanen & Jokela 2005). Esimerkiksi

Pirkanmaalla sijaitseva Siikaneva on syntynyt primaarisen soistumisen seurauksena mannerjäätikön vetäytyessä ja maan paljastuttua Yoldiamerestä hieman yli 10 000 vuotta sitten (Silvan et al. 2008). Nykyisin primaarisoistumista tapahtuu lähinnä Pohjanlahden maankohoamisalueilla. Metsämaan soistumista Suomessa tapahtuu kolmella tapaa: metsäinen notko voi vettyä pohjaveden kohoamisen seurauksena, läheisiltä suoalueilta virtaa vesiä maastokynnysten yli ja suot voivat myös laajeta sivuttaissuunnassa (Tolonen 1980). Usein topografia säätelee veden virtausta ja saa aikaan maan vettymistä (Korhola & Tolonen 1998, Tikkanen & Jokela 2005). Metsäpalojen on osoitettu vaikuttavan osaltaan metsämaan soistumiseen, kun vettä haihduttava puusto tuhoutuu (Tikkanen & Jokela 2005).

Vesistö voi kasvaa umpeen pinnan myötäisesti, jolloin kasvillisuus pikkuhiljaa täyttää vesialtaan levitessään sekä paksuudeltaan että leveydeltään (Virtanen 2008). Vesistö voi kasvaa umpeen myös luontaisen sedimentaatioprosessin kautta, jolloin umpeenkasvu tapahtuu pohjan myötäisesti (Korhola & Tolonen 1998). Esimerkiksi Keski-Pohjanmaalla vesistöjen umpeenkasvu on vaikuttanut reiluun kymmenekseen soiden pinta-alasta ja on merkittävä soistumiseen johtava prosessi pitkien kuivien ajanjaksojen vallitessa (Tikkanen & Jokela 2005).

2.2 Soiden päätyypit ja niiden kehityshistoria

Soiden päätyypit syntyvät suurilmaston säätelyn seurauksena. Suomen lämpö- ja kosteusilmaston etelä-pohjoissuuntaiset erot vaikuttavat soiden päätyyppien luokitteluun (Kaakinen et al. 2008). Ilmastotekijöistä ratkaisevimmat ovat sademäärästä vähennetyn haihdunnan jälkeen jäljelle jäänyt kosteuden ylijäämä sekä lumipeitteen ja roudan levinneisyys (Korhola & Tolonen 1998). Soiden päätyypit ovat korvet, rämeet, nevat, letot, luhdet, lähteet ja lähteiköt sekä arokosteikot (Eurola et al. 2015). Eurolan et al. (2015) mukaan päätyypit määritellään muun muassa puustoisuuden, trofiatason sekä turpeen paksuuden perusteella.

Korvet ovat ohutturpeisia, mesotrofisia soita, jotka tavallisesti sijaitsevat kivennäismaiden ja soiden tai soiden ja vesistöjen vaihettumisvyöhykkeissä (Eurola & Kaakinen 1980). Nevoja luonnehtii märkyys ja tavallisesti ne ovat puuttomia, paksuturpeisia soita ja ulkonäön perusteella nevat voi helposti sekoittaa lettoihin. Rämeillä viihtyvät happaman ja vähäravinteisen maan kasvit ja

turvekerroksen paksuus on keskimäärin hieman yli metrin (Eurola & Kaakinen 1980). Letot eroavat kuitenkin muun muassa pH -arvoltaan nevoista niiden runsaan kalkkipitoisuuden ansiosta (Eurola et al. 2015). Luhdat ovat pintavesivaikutuksen vuoksi hyvin märkiä ja ajoittainen tulvavesi voi peittää koko luhdan. Eurolan et al. (2015) mukaan turpeen paksuus luhdilla vaihtelee ja ne voivat olla hyvinkin ravinteikkaita pintavesien tuomien ravinteiden vuoksi. Eurola et al. (2015) osoittaa myös, että lähteet ja lähteiköt ovat pohjaveden purkautumispaikkoja ja luonteenomaista on aitosammaleen muodostama pohjakerros.

Ekologialtaan ja morfologialtaan samankaltaiset suot voidaan luokitella samaan suoyhdistymätyyppiin ja alatyypit määrittyvät suon pintarakenteen mukaan (Korhola & Tolonen 1998, Kaakinen et al. 2008). Soiden ravinteisuustaso määritellään suokasvillisuuden ravinteiden saannin mukaan. Ainoastaan sadevedestä ja lumien sulamisvesistä ravinteita saava suo on *ombrotrofinen* (engl. bog) (Kaakinen et al. 2008). *Minerotrofiset* suot (engl. fen) saavat ravinteita sadeveden lisäksi myös suolle virtaavasta pohjavedestä sekä kivennäismaasta (Laine et al. 2000). Ombrotrofisilla soilla on tavallisesti alhainen pH, yleensä alle 4, pieni elektrolyyttipitoisuus ja alhainen kalsiumpitoisuus (Laine et al. 2000, Laine et al. 2002). Ombrotrofisilla rahkasoilla kasvaa vain alhaisiin ravinnetasoihin sopeutuneita kasveja kuten rahkasammaleet (*Sphagnum*), tupasvilla (*E. vaginatum*) ja suomuurain (*R. chamaemorus*) (Eurola et al. 2015). Minerotrofiset sarasuot jaetaan kolmeen ryhmään: oligotrofiset suot, joiden pH on alle 4,5, mesotrofiset suot, joiden pH on 4,5–5,5 ja eutrofiset suot, joiden pH on 5,5–7,5 (Laine et al. 2000).

Suoyhdistymätyytit luokitellaan vyöhykkeellisesti etelästä pohjoiseen: luhtasuot, keidassuot, aapasuot, palsasuot sekä subalpiiniset suot (Korhola & Tolonen 1998). Luhtasoita esiintyy lähinnä meren, järvien tai jokien vaikutuspiirissä. Keidassoita esiintyy Etelä–Suomessa ja Keski-Suomessa ja niiden kasvillisuus jaetaan laakio- ja kilpikeitaisiin sekä viettokeitaisiin (Kaakinen et. al 2008).

Suomen kaikki keidassuot ovat alun perin olleet minerotrofisia sarasoita, jotka ovat sittemmin ombrotrofioituneet eli rahkoittuneet (Laine et al. 2000). Kun suo on nuori ja turvekerros on ohut, kasvit saavat ravinteita alla olevasta kivennäismaasta joko suoraan tai pohjavesi vaikutteisesti (Laine et al. 2002). Kun turpeen kerrostumisnopeus kasvaa, enemmän ravinteita hautautuu

hajoamattoman kasviaineksen mukana ja samalla vähenee kivennäismaasta saatujen ravinteiden määrä sekä pohjaveden vaikutus (Laine et al. 2002). Keidassuon rakenteeseen vaikuttavat lämpötilan ja sademäärän vuorovaikutus, jolloin syntyy kuivempia mätäskermejä ja kosteampia kuljuja. Ruuhijärven (1980) mukaan keidassuon pienmuodot voivat esiintyä joko samankeskisesti keitaan huipun ympärillä tai peräkkäin riippuen suon kaltevuudesta.

Aapasuot luokitellaan keskiboreaaliisiin aapasoihin, joita esiintyy Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla, Eteläisiin pohjoisboreaaliisiin soihin, joita esiintyy Etelä-Lapissa ja Pohjoisiin pohjoisboreaaliisiin aapasoihin, joita esiintyy Lapissa aivan käsivarren Lappia ja pohjoisinta osaa lukuun ottamatta (Kaakinen et al. 2008). Aapasuot ovat tasaisia tai hieman kaltevia suoalueita ja ne saavat ravinteita kivennäismaasta (Ruuhijärvi 1980). Morfologialtaan aapasuolla vaihtelevat märät rimmet ja kuivahkot jänteet. Ruuhijärven (1980) mukaan rimprien ja jänteiden esiintymistä kontrolloi maan kaltevuus ja sadevedenmäärä.

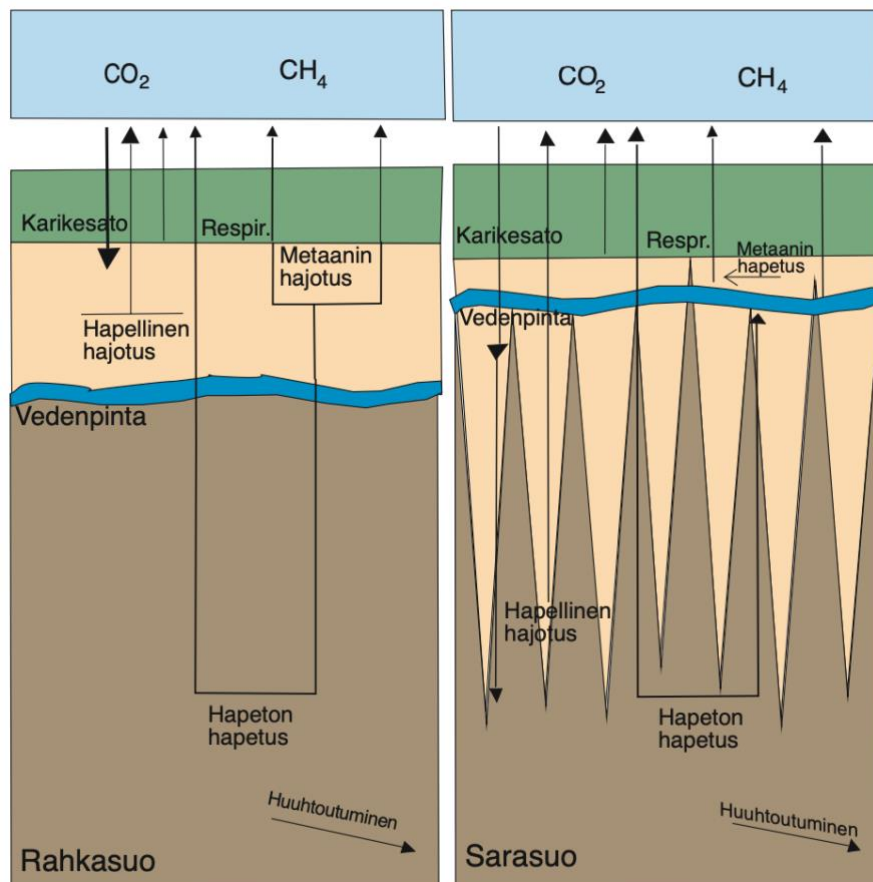
Käsivarren Lapissa sekä aivan pohjoisimmassa Lapissa esiintyy palsasoita, jotka ovat aapasoiden alatyyppejä ja niille tunnusomaista on ikeiroutainen mätäsosa (Kaakinen et al. 2008). Palsasydämet voivat olla jopa lähes kymmenen metriä korkeita, tavallisesti ne ovat 2 - 4 metriä korkeita. Ruuhijärven (1980) mukaan palsojen synty edellyttää mantereista, kylmää ilmastoja, jossa vuoden keskilämpötila on -1 asteen ja kasvukausi on lyhyt. Palsan rakenne on kerroksellinen ja siinä vaihtelevat puhtaan jään kerrokset sekä roudassa olevat turvekerrokset (Ruuhijärvi 1980).

2.3 Hiilen varastoituminen ja soiden kaasuvirrat

Turvemaat varastoivat suuren määrän terrestrisestä hiilestä (Korhola & Tolonen 1998). Suokasvit sitovat fotosynteesissä hiiltä rakenteisiinsa ja kasvin kuollessa hiili varastoituu turpeeseen (Saarnio et al. 2008). Korholan & Tolosen (1998) mukaan suomalaisilla soilla turvetta kerrostuu vaihteluvälillä $0,2 - 4,0 \text{ mm v}^{-1}$, mediaanin ollessa $0,5 \text{ mm v}^{-1}$. Samankaltaista turpeen kerrostumismäärää osoittaa myös Erhovaara (2023) tutkimuksessaan Kuusamon Puukkosuolla. Puukkosuolla turpeen mediaani kerrostumismäärä oli $0,45 \text{ mm v}^{-1}$ (Erhovaara 2023). Suon hydrologia ja siitä johtuva hapenpuute hidastaa merkittävästi hajottajien toimintaa ja siten kasvien jäänteistä voi muodostua turvetta ja myös varastoitua hiiltä jopa tuhansiksi vuosiksi (Saarnio et al. 2008). Pitkän aikavälin

hiilensitoutumisnopeus on luonnontilaisilla soilla ollut $15\text{--}30\text{ g C m}^{-2}\text{ a}^{-1}$, mutta vaihtelu on suurta eri soiden välillä (Grill et al. 2000). Vaihteluvälin suuruuteen vaikuttaa suon maantieteellinen sijainti, suon ikä ja suotyypä (Grill et al. 2000).

Kuvassa 3 on esitetty rahka- ja sarasuon hiilen virtausmekanismi ja hiilen varastoituminen (Laine et al. 2002). Hiilen varastoituminen on luonteeltaan erilaista sara- ja rahkasuilla johtuen pääasiallisesti erilaisesta kasvillisuudesta. Rahkasuilla n. 90 % hiilestä sitoutuu rahkasammalien biomassaan ja hajoo akrotelmassa (Kuva 3). Kun rahkasammaleet kasvavat korkeutta, vedenpinta nousee ja alemmat rahkasammalkerrokset siirtyvät hajoamaan katotelmaan, jolloin päähajotustuote on metaani (Laine et al. 2002). Sarasuolla sarakasvit kasvattavat juuriaan syvemmälle, jolloin happea pääsee syvemmälle turvekerrokseen (Kuva 3). Uutta orgaanista ainesta kertyy koko turvekerrokseen eikä hapellisen ja hapettoman kerroksen raja ole yhtä jyrkkä (Laine et al. 2002). Hiilen kertymän mittaaminen on rahkasuilla yksinkertaisempaa kuin sarasuilla, koska uusi orgaaninen aine kerrostuu lähinnä vain edellisen kerroksen päälle (Laine et al. 2002).



Kuva 3. CO_2 ja CH_4 kulkeutuminen ilmakehästä kasvien kautta akrotelmaan ja katotelmaan. Rahkasuolla kasvien respiraatio kerros on hieman ohuempi kuin sarasuolla

ja vedenpinta alempana kuin sarasuolla. Sarasuolla hapellinen hajotus ulottuu selvästi syvemmälle turvekerrokseen mutta myös hapettomat olosuhteet nousevat vedenpinnan tasolle. Piirretty Laine et al. 2002 mukaan.

Korhola & Tolonen (1998) toteavat, että suon hiilikertymä voidaan laskea suon turveprofiilista, jonka ikä, kuiva-ainestilavuus ja hiilipitoisuus tiedetään. Hiilen mediaani pitkäaikaiskertymä (LORCA -*Long term Rate of Carbon Acculation*) voidaan selvittää turveprofiilista, joka ulottuu suon pinnasta aina pohjaan asti (Korhola & Tolonen 1998). Turusen (2008) mukaan luonnontilaisten soiden hiilikertymäksi on mitattu 15 - 35 g C m⁻² a⁻¹. Hapettomassa kerroksessa suonpinnan alapuolella tapahtuu kuitenkin kaiken aikaa turpeen hidasta hajoamista, jonka vuoksi hiilen todellinen kertymä (ARCA -*Actual Rate of Carbon Accumalation*) on mitattua LORCA arvoa pienempää. Turpeen kerrostumisesta laadittujen mallinnusten avulla voidaan laskea hajotuksen vaikutus kyseisessä turveprofiilissa (Korhola & Tolonen 1998.) Pintaturpeesta mitattu nykykertymä (RERCA -*The Recent apparent Rate of Carbon Accumalation*) on huomattavasti LORCA arvoa suurempi. Turusen (2008) mukaan keskimääräiset arvot ovat luonnontilaisilla soilla 40-81 g C m⁻² a⁻¹ viimeisen 150 vuoden ajalta.

Rannikkoalueen geologisesti nuorilla suoalueilla hiilikertymät ovat 84,4 g m⁻² 100 vuoden ikäisissä kerrostumissa ja 61,3 g m⁻² 300 vuoden ikäisissä kerrostumissa (Mäkilä 2008.) Erot kerrostumisnopeudessa selittyvät Mäkilän (2008) mukaan sillä, että rannikkoalueiden suot ovat kehityshistoriansa alkuvaiheessa, jolloin sammalbiomassan tuotto on suurempaa ja toisaalta hajoavan ja tiivistyvän turpeen määrä on vähäisempi kuin vanhemmalla suoalueella. Turpeen kertymisnopeuteen vaikuttavat kasvukauden pituus ja lämpötila sekä sadannan määrä, sillä pohjaveden pinnan korkeus on merkittävä tekijä turpeen kertymisessä (Mäkilä 2008).

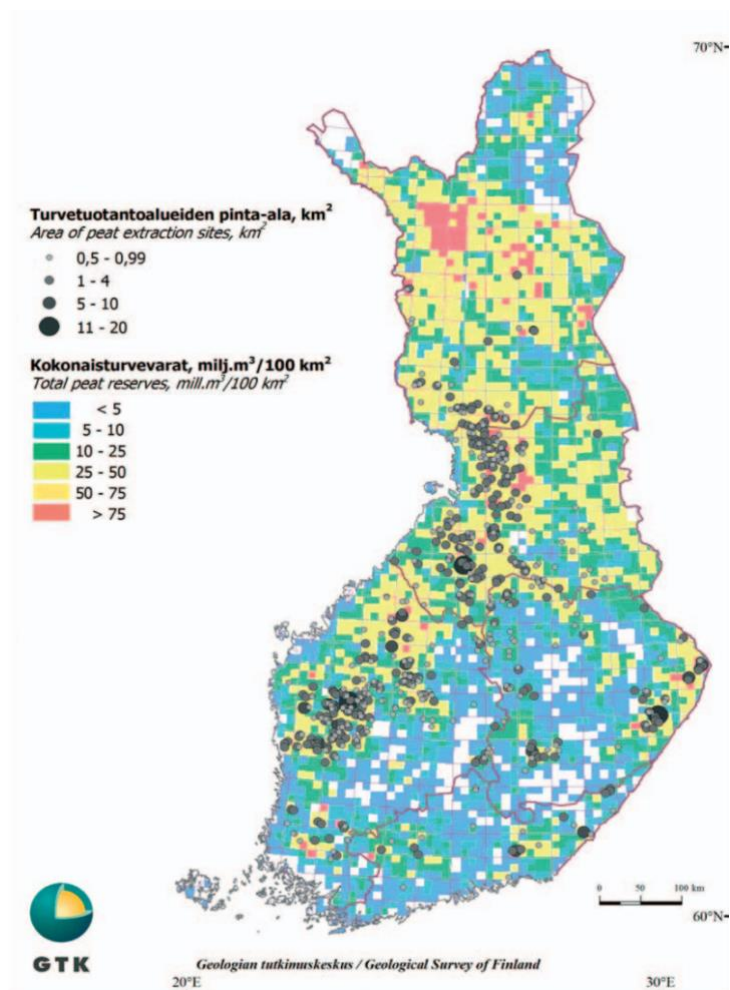
Suon pohjaveden pinnan alapuolella muodostuu metaania. Metaania muodostavat arkkibakteerit, jotka vaativat hapettomat olosuhteet menestyäkseen (Saarnio et al. 2008.) Hapettoman ympäristön lisäksi metaanin muodostumiselle merkittävä tekijä on mikrobien saatavilla olevien hiiliyhdisteiden määrä ja laatu (Laine et al. 2002). Sarasuot tuottavat eniten metaania, sillä sarakasvien juuret syöttävät jatkuvasti orgaanista ainesta katotelman turvekerrokseen. Laine et al. (2002) toteaa, että metaani voi vapautua ilmakehään joko diffuntoitumalla turpeen läpi tai kasvien johtosolukon kautta tai kuplimalla. Kuplimisen osuus metaanipäästöistä on yleensä alle 10 %. Osa metaanista hapettuu hiilidioksidiksi

bakteerien toimesta ja hapettuvan metaanin määrä riippuu muun muassa akrotelman paksuudesta.

3. Turveteollisuus Suomessa

Turvevaroja on Suomessa tutkittu GTK:n toimesta ja 5,1 milj. hehtaarin geologisesta suoalasta on kartoitettu vuonna 2000 1,7 milj. ha (Virtanen et al. 2000). Turvevarat jaetaan pinta-, väli- ja pohjaturpeisiin ja niiden käyttötarkoitus lasketaan myös sen mukaan. Pinta- ja väliturpeet soveltuvat kasvualustaksi ja maatalouskäyttöön sekä ympäristöturpeeksi ja pohjaturpeet soveltuvat parhaiten energiaturpeeksi (Virtanen et al. 2000). Maatuneimmat turpeet sijaitsevat Virtasen et al. (2000) mukaan Savossa ja Hämeessä ja noin kolmannes teknisesti käyttökelpoisista turvevaroista sijaitsee Lapissa (Kuva 4). Nykyisellä käytöllä Virtasen et al. (2000) mukaan turvevarat riittävät Uudellamaalla, Hämeessä, Varsinais-Suomessa ja Satakunnassa alle sadaksi vuodeksi. Keski-Suomessa, Pohjois-Savossa ja Kymenlaaksossa turvevarat riittävät alle 200:ksi vuodeksi, Etelä-Savossa 300:ksi vuodeksi ja Pohjois-Karjalassa lähes 500:ksi vuodeksi. Lapin turvevarat riittäisivät nykyisellä käytöllä 2500:ksi vuodeksi, maakunnan vähäisen käytön vuoksi (Virtanen et al. 2000).

Suurimmat turvetuotantoalueet sijaitsevat Ilomantsin ja Joensuun alueella sekä Pohjois-Pohjanmaalla (Kuva 4). Turvetuotantoalueita ei vastaavasti ole lainkaan Järvi-Suomen alueella, jossa on myös hyvin vähäiset (alle 5 milj. m³/100 km²) turvevarat (Kuva 4). Kuvasta 4 on nähtävissä, että Lapissa ei ole lainkaan turvetuotantoalueita, vaikka siellä on mittavat turvevarat (yli 50 milj. m³/100 km²). Tämän takia on myös arvioitu Lapin turvevarojen riittävän yli 2000 vuotta (Virtanen et al. 2000).



Kuva 4. GTK:n kartoittamat turvevarat milj. m³/100 km². Sinivihreät alueet kuvaavat alle 5–25 milj. m³ ja keltaiset ja punaiset alueet kuvaavat yli 25–75 milj. m³ turvevaroja. (Tuusjärvi et al. 2009).

3.1 Turpeen käytön historia

Suo- ja järvimalmia on osattu käyttää jo hyvin varhain kivikaudelta asti, noin 8000 vuoden takaa (Lappalainen 1998 ja Lappalainen 2008). Pääosin käytettiin punamultaa, jota saatiin rautaoksideista, joka taas oli peräisin rautapitoisista sideriittisaostumista (Lappalainen 1998, Lappalainen 2008). Sideriittisaostumia eli rautakarbonaattia syntyy, kun suolle kulkeutuu rautapitoista pohjavettä.

Lappalaisen (2008) mukaan rautapitoisuus voi olla jopa 20–30 % tällaisissa rautakarbonaateissa. Rautaa tarvittiin aseisiin, työkaluihin ja keittiövälineisiin ja 1500 luvulla perustettiin ensimmäiset rautaruukit Siuntioon ja Karjaalle.

Laajimmillaan järvi- ja suomalmia sulatettiin Lappalaisen (2008) mukaan 1860-1880-luvuilla. Lappalaisen (1998) mukaan varhaisin turvetta käsitellyt dokumentti on vuodelta 1736 ja sen on kirjoittanut malminetsijä Jacod Fårskal. Vuosina 1920–1950 nostettiin soilta runsaasti piimaata eristeeksi rakennuksiin

(Lappalainen 2008). Piimaa syntyy suon varhaisessa kehitysvaiheessa, kun järviältäan pohjalle kerrostuu piileviä sisältävää liejua, jossa pii on lähes puhtaana piioksidina (Lappalainen 2008).

Turpeen poltosta alettiin kiinnostumaan 1700-luvun lopussa, kun aikaansa edellä ollut Jacod Foenander (1759) esitti väitöskirjassaan, että polttoturpeen käytöllä saataisiin raudantuotantoon usean prosentin lisäys sekä säästettäisiin suomalaisia metsiä (Lappalainen 1998). Foenanderin ajatukseen tartuttiin toden teolla kuitenkin vasta 100 vuotta myöhemmin, kun ruotsalainen Hasselgren (1845) ja saksalainen Weber (1859) kehittivät turpeen muokkauskoneet (Lappalainen 1998, Lappalainen 2008). Muokkauskoneet mahdollistivat turpeen monipuolisemman ja laajemman käytön polttoaineena ja tekniikka otettiin käyttöön 1876 (Lappalainen 1998, Lappalainen 2008).

Lappalaisen (1998) mukaan merkittävä polttoturpeen hanke oli Suomen Suoviljely-yhdistyksen, Voima- ja Polttoainetaloudellisen sekä Suomalaisten Teknikkojen Seuran vuonna 1921 tekemä esitys turvevarojen tutkimiseksi 5 kilometrin säteellä rautateistä. Tämä sai aikaan turpeen merkittävän käytön veturin polttoaineena ja Lappalaisen (1998) mukaan käyttö kuitenkin loppui vuonna 1958 halvan öljyn vuoksi. Helsingissä kehittyi merkittävä kuiviketurpeen tuotanto, kun 1920-luvulla Pasilassa ja Haagassa tuotettiin merkittäviä määriä käymälöiden kuiviketurvetta. Kuivikkeen lisäksi heikosti maatumutta turvetta käytettiin rakennusten seinissä lämmöneristeenä (Lappalainen 2008).

3.2 Turveteollisuus nykyisin

Kun suo otetaan turvetuotanto käyttöön, se tavallisesti kuivataan eli ojitetaan (Hillebrand & Wihersaari 1998). Suomessa soiden ojitustoiminta alkoi 1930-luvulla, jolloin ojitettiin 600 000 ha soita (Tikkanen & Jokela 2005). Ojituksen huippu oli 1960-luvulla ja nykyisin ojitettujen soiden pinta-ala on 5,7 miljoonaa hehtaaria (Tikkanen & Jokela 2005). Korhosen et al. (2021) mukaan turvetuotantoalueen käyttöönotto ja itse tuotanto muuttavat alueen veden kiertokulkua ja muun muassa ojituksen seurauksena alue ei enää toimi luontaisena vesivarastona tai valunnan tasaajana. Turvetuotanto alueen käyttöönotto, itse tuotanto sekä jälkihoitovaihe kuuluvat toiminnanharjoittajalle (Väyrynen et al. 2008). Turvetuotanto on pitkäaikainen investointi, joka kestää

valmistelusta jälkihoitovaiheeseen 20–35 vuotta riippuen suoalueen ominaisuuksista (Väyrynen et al. 2008).

Energiaturpeeksi käytetään turvetta, jonka maatuneisuusaste on H_5 tai enemmän ja jonka tuhkapitoisuus, lämpöarvo ja kosteus täyttää energiaturpeelle asetetut laatuvaatimukset (Virtanen et al. 2000). Viljelyturvetta eli vaaleaa rahkaturvetta, jonka maatuneisuusaste on H_{1-3} käytetään tavallisesti kasvualustana kasvihuoneissa (Virtanen et al. 2000). Viljelyturpeessa tulee olla vähintään 90 % rahkasammaleen jäänteitä, joista yli 80 % tulee olla *Acutifolia*-rahkasammalryhmään kuuluvia. Virtanen et al. (2000) toteavat myös, että Suomessa käytetään kasvuturvetta, joka voi olla joko sara- tai rahkaturvetta sekä maanparannusturvetta, joka sekoitetaan perusmaahan. Maanparannusturpeeksi soveltuu käytännössä kaikenlainen turve, laatuvaatimuksena lähinnä on, että orgaanista aineesta on vähintään 50 % kuiva-aineesta (Virtanen et al. 2000).

Turpeen energiakulutus on tasaisesti vähentynyt muun muassa päästöoikeuden hinnan nousun ja turpeen kärsimän imagohaitan vuoksi (Korhonen et al. 2021). Energiaturpeesta vientiin menee 2–3 % (Väyrynen et al. 2008). Turpeen käyttö jakautuu alueellisesti niin, että läntisellä ja pohjoisella alueella turvetta käytetään merkittävästi enemmän kuin itäisellä ja eteläisellä alueella. Korhosen et al. (2021) mukaan turpeen alueellinen käyttö korreloi aktiivisessa turvetuotannossa olevien alueiden koon kanssa. Väyrysen et al. (2008) mukaan kasvu- ja ympäristöturpeen käyttö on vuosittain 2,5 miljoonaa m^3 ja käyttö kasvaa noin 10% vuodessa.

Jyrsinturvetuotanto

Jyrsinturve on Suomessa massatuote, jota käytetään suurissa lämpövoimaloissa sekä aluelämpökeskuksissa (Salonen et al. 2002). Jyrsinturvetuotannossa tuotantokentän pintakerroksesta irrotetaan pyörivillä terärummuilla varustetuilla jyrsimillä turvejyrsös kentän pinnalle kuivumaan (Frilander et al. 1998). Jyrsöksen kuivumista tehostetaan kääntämällä sitä 1–3 kertaa satokierron aikana riippuen sääolosuhteista sekä turpeen ominaisuuksista, kuten turvelajista, alkukosteudesta ja jyrsöksen raakoosta (Röpelinen et al. 1994). Pinnasta irrotettavan turvekerroksen paksuus vaihtelee koneista riippuen 10–20mm ja syntyvän jyrsöksen raekoko on keskimäärin 5 mm. Kun jyrsös on saatu kuivumaan, lopputuotanto voidaan toteuttaa imuvaunumenetelmällä, hakumenetelmällä, karheensiirtomenetelmällä tai kokoojavaunumenetelmällä

(Frilander et al. 1998). Turve varastoidaan aumoihin, jotka yleensä kasataan puskutraktoreilla. Keskimäärin jyrshinturvetta voidaan tuottaa noin 450 Mwh ha⁻¹ kesän aikana (Röpelinen et al. 1994).

Palaturvetuotanto

Palaturvetta käytetään esimerkiksi maatilojen lämpökattiloissa ja muissa pienemmän energiankäytön kohteissa (Salonen et al. 2002). Palaturpeen käyttö oli vuosituhannen alussa energiaturpeen kokonaistuotannosta noin 8 % (Salonen et al. 2002). Palaturvetuotannon vaiheet ovat palannosto, kääntäminen, karheaminen, kokoaminen ja varastointi (Röpelinen et al. 1994). Frilanderin et al. (1998) mukaan tuotannossa syntyy kentälle noin 5 cm levyisiä ja 50 cm syvyisiä vakoja noin puolen metrin välein. Palaturpeen kuivumista voidaan edistää lainepalamenetelmällä, jossa palat ovat aaltomaisia ja siksi osittain irti kentästä (Frilander et al. 1998). Turveaumat kootaan yleensä karheelta kaivinkoneella ja aumat peitetään muovilla (Röpelinen et al. 1994). Palaturvetuotanto voidaan aloittaa vasta roudan sulettua, useimmiten kesäkuussa. Palaturvetuotanto kenttiä hyödynnetään myös jyrshinturvetuotannossa niin että eri aikoina hyödynnetään eri tuotantomenetelmiä (Röpelinen et al. 1994). Tällaisella multituotantomenetelmällä keskimääräinen kesän tuotanto voi olla 850 Mwh ha⁻¹.

Turpeen energiakäyttö

Tikkasen & Jokelan (2005) mukaan polttoturvetuotantoon soveltuu suo, jonka syvyys on vähintään 1,5 m. Matalampiakin turvekerroksia voidaan hyödyntää, mikäli niiden kuiva-ainepitoisuus on hyvin suuri. He huomioivat että, teollisessa tuotannossa suon minimi pinta-ala on noin 50 ha, yksityisessä tuotannossa pienempikin suoalue riittää. Toisaalta Tikkanen & Jokela (2005) toteavat että, jos suot sijaitsevat lähekkäin tai ovat jo entuudestaan tuottajien hallussa, voidaan myös teollisesti hyödyntää pienempiä suoaloja. Heidän mukaan saraturpeet soveltuvat kohtalaisesti tai hyvin maatuneina sekä jyrshinturvetuotantoon, samoin rahkaturpeet. Salosen et al. (2002) mukaan energiaturpeen tulee olla kunnolla maatunutta, von Postin asteikolla H₄ tai enemmän ja tuhkapitoisuuden on oltava alle 2%.

Korhosen et al. (2021) mukaan turpeen energiakäyttö Suomessa on ollut noin 15 TWh: n tasolla viime vuosina vaihdellen kuitenkin useita terawattitunteja. Vuotuinen energiaturpeen tuotantotavoite on ollut 20 miljoonaa m³/v vuosituhannen alussa ja se vastaa noin 5 % valtakunnallisesta

energiantuotannosta (Salonen et al. 2002). Kuten muidenkin energianlähteiden, myös turpeen kulutus riippuu muun muassa säätilasta ja sitä kautta lämmön tuotannon tarpeesta sekä muiden polttoaineiden saatavuudesta ja hinnasta (Korhonen et al. 2021). Suurin turpeen tuotannosta vastaava taho on Vapo-konserni (nykyisin Neova Oy), jolle kuuluu 2/3 tuotannosta (Korhonen et al. 2021). Energiayhtiöiden omistamille turvetuotantoyhtiöille, muun muassa Turveruukille, kuuluu 10–15% energiaturpeen tuotannosta ja noin 10 % itsenäisille pk-turvetuottajille (Korhonen et al. 2021). Korhosen et al. (2021) mukaan Vapo Oy:n sekä isompien turveyhtiöiden lisäksi on alle 10 hehtaarin turvetuotantoalueita, joita käytetään paikallisiin tarpeisiin.

Turpeen käyttö kasvualustana

Professori Erkki Kivinen ja professori Viljo Puustjärvi aloittivat turpeen käyttömahdollisuuksien tutkimisen kasvinviljelyssä 1950-luvulla (Reinikainen 1998). Ensimmäiset koekasvit olivat neilikka, tomaatti ja kurkku (Reinikainen 1998). 1960-luvulla kalkituksen ja lannoituksen ansiosta turpeella tuotetut tomaatti- ja kurkkusadot olivat ennätysrunsaita ja turvetta käytettiin Salosen et al. (2002) mukaan vuodessa noin 1,8 milj. m³ vuosituhannen alussa.

Heikosti maatuneet rahkaturpeet soveltuvat hyvin kasvaturpeeksi Tikkasen & Jokelan (2005) mukaan. Heikosti maatuneen rahkasammalturpeen rakenne on hyvin huokoinen, sen kokonaishuokostilavuus on yli 90 %, jonka ansiosta se pidättää hyvin vettä, mutta on myös ilmavaa, jolloin kasvit saavat myös tarvitsemansa hapen (Reinikainen 1998, Reinikainen & Picken 2008). Erityisesti vaaleaa rahkaturvetta käytetään kasvualustana (Korhonen et al. 2021). Vaaleassa rahkasammalturpeessa kasvien solukkorakenne on säilynyt ohutseinäisenä ja laajaonteloisena, jonka ansiosta sen ominaispinta-ala on 200 m² g⁻¹ ja turve pystyy sitomaan 600-800 dm³/m³ nestettä (Reinikainen & Picken 2008). Rinttilän et al. (1998) mukaan kasvit kasvavat mieluiten neutraalissa pH:ssa tai hieman alle, suurin osa viljelykasveista viihtyy pH:ssa 5,0–6,5 ja turpeessa pH:ta on helppo säädellä kalkituksen avulla jokaiselle kasville sopivaksi. Hapan turve sitoo myös kaasumolekyylejä tehokkaasti (Reinikainen & Picken 2008). Turpeen pinta on negatiivisesti varautunut ja siksi sillä on hyvä kationinvaihtokapasiteetti (*Cation Exchange Capacity=CEC*) ja tämän ansiosta turve sitoo hyvin ravinteita ja luovuttaa niitä hallitusti kasvien käyttöön (Reinikainen & Picken 2008).

Reinikaisen & Pickenin (2008) mukaan turve on biologisesti aktiivista ainesta ja turpeessa on jatkuvasti käynnissä hidas hajoamisprosessi. Hajotuksesta ovat vastuussa sienet, bakteerit ja sädebakteerit. Rinttilä et al. (1998) osoittavat että, hajottajaeliöiden ansiosta rahkaturve on antiseptistä eikä siinä myöskään esiinny kasvitautien aiheuttajia, tuholaisia tai rikkakasveja. Reinikaisen ja Pickenin (2008) mukaan turve on myös hyvin tasalaatuista, yhdestä kuutiometristä kasvualustaa voidaan kasvattaa jopa 500 000 siementainta. Turpeen alhainen tiheys takaa matalat kuljetuskustannukset ja sitä on helppo käsitellä ja jalostaa (Reinikainen 1998).

Turpeen käyttö maataloudessa ja ympäristöhuollossa

Myllyksen & Sinkkonen (2004) mukaan Suomen viljelymaista on 3,8 % eli 85 000 hehtaaria turvemaita. Multamaiden määrä on jonkin verran isompi, 9,7 % viljelymaista on multamaita. Alueellisesti viljelysmaat sijoittuvat eniten sinne missä soitakin on runsaasti. Myllys & Sinkkonen (2004) osoittavat, että Lapissa orgaanisia turvemaita on noin kolmasosa peltopinta-alasta, Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla vajaa neljäsosa. Kokonaisviljelyalasta näillä alueilla sijaitsee kuitenkin vain kymmenesosa. Eteläisessä Suomessa turvemaiden osuus on alle prosentin luokkaa, kun taas Pohjanmaalla se on 6 % luokkaa (Myllys & Sinkkonen 2004).

Eloperäisellä aineksella on hyvin monipuolinen vaikutus maan rakenteeseen ja tuottokykyyn ja siksi humusta on käytetty pitkään viljelysmailla (Reinikainen 1998). Humus lisää maan ilmavuutta ja lujittuu sen rakennetta sekä edistää pieneliötoimintaa. Rinttilä et al. (1998) toteaa, että humus lisää maan ravinteiden sitomiskykyä ja siten parantaa lannoitteiden hyväksikäyttöä. Reinikainen (1998) toteaa että maanparannusaineeksi soveltuvat sekä vähän että pitkälle maatuneet turpeet, mutta vähän maatuneen turpeen vaikutus viljelysmaalla on lyhyempi kuin pidemmälle maatuneen turpeen. Vähän maatunut turve, jonka kosteus on 45–55 %, sopii parhaiten kuiviketurpeeksi sikaloihin, navettoihin sekä talleihin (Reinikainen 1998). Turpeen käyttö soveltuu erityisesti viljelyyn, jossa hehtaarisadon arvo on korkea (Rinttilä et al. 1998).

3.2. Turveteollisuuden ympäristövaikutukset

Kaupalliseen turvetuotantoon suunnitellusta suoalueesta edellytetään ympäristöviranomaisten myöntämä ympäristölupa (Svahnäck 2005). Kun

tuotantoala ylittää 150 ha lainsäädäntö edellyttää hankkeesta tehtävän ympäristövaikutusten arvion (YVA). Ympäristösuojelulain lisäksi turvetuotantoa ohjaavat maankäyttö- ja rakennuslaki (Tikkanen & Jokela 2005), luonnonsuojelulaki sekä jätelaki (Väyrynen et al. 2008). Turvetuotannon elinkaareissa voi olla tarpeen tarkastella myös vesilakia, päätöksiä melutason ohjearvoista sekä muinaismuistolakia (Väyrynen et al. 2008). Väyrynen et al. (2008) mukaan kansallisten lakien ja säädösten lisäksi Suomen turvetuotantoa ohjaa kansainväliset sopimukset EU:n tasolla sekä lähinaapurivaltioiden kesken muun muassa Ruotsin ja Suomen välinen rajajokisopimus. Ympäristövaikutuksia tarkastellaan vesistöjen ja valuma-alueiden, kasvihuonekaasujen sekä biodiversiteetin muutosten näkökulmasta. Tutkielmassa keskitytään vesistöpäästöihin sekä kasvihuonekaasupäästöjen näkökulmiin.

3.2.1 Vesistöpäästöt ja niiden hallinta

Turvetuotantoalueilta tulevat valumavedet kuormittavat lähivesistöjä (Svahnäck 2005). Erityisesti orgaaninen kiintoaine ja humusaineet ovat haittavaikutuksiltaan suurimmat kuormittajat (Svahnäck 2005). Klöven et al. (2015) mukaan valunta turvetuotantosuolla syntyy sadannan määrästä sekä lumen sulamisesta. Niille kohdistuvaan hydrauliseen kuormitukseen vaikuttavat maaperän ominaisuudet, kuten turpeen kosteus ja huokoisuus, valuma-alueen koko sekä lämpötila (Karppinen et al. 2015, Klöve et al. 2015).

Turvetuotantoalueella myös ihmisen toiminta, kuten ojitukset ja mahdolliset pumppaukset, ovat merkityksellisiä valunnan määrän kannalta (Tikkanen & Jokela 2005.) Ojittaminen vapauttaa liukoisia aineita ja kiintoainetta, jotka osittain huuhtoutuvat vesistöön (Väyrynen et al. 2008). Vesistöön huuhtoutuvien typpi- ja fosforiravinteiden sekä raudan ja orgaanisen aineen määrät lisääntyvät myös (Väyrynen et al. 2008).

Klöve et al. (2015) analysoi turvetuotantosuon valuntaan vaikuttavia tekijöitä valuntakertoimen avulla, joka kertoo, kuinka suuri osa sadannasta muuttuu välittömäksi valunnaksi. Klöve et al. (2015) osoittavat, että suurin valunta syntyy, kun turvekenttä on kostea ja kentän ollessa kuiva ei valuntaa synny oikeastaan lainkaan. Svahnäckin (2005) mukaan vesistöpäästöjen hallinnassa tulee ottaa huomioon yksityiskohtaisesti tuotantosoiden pääturvelajit sekä turpeen maatuneisuusominaisuudet. Svahnäck (2005) toteaa edellä mainittujen seikkojen puuttuneen Klöven vuonna 1997 tekemästä valuma- ja

ainehuuhtoumatutkimuksesta. Röpelinen et al. (1997) osoittaa jyrshinturve tuotantoalueen valumien olevan hieman korkeammat kuin palaturve tuotantoalueen. Vuonna 1994 tehdyssä tutkimuksessa Pohjois-Pohjanmaalla sijaitsevilla tuotantoalueilla keskimääräiset valunnat olivat $2,0\text{--}5,6 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ palaturvealueella ja $5,6\text{--}19,0 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ jyrshinturvealueella (Röpelinen et al. 1997).

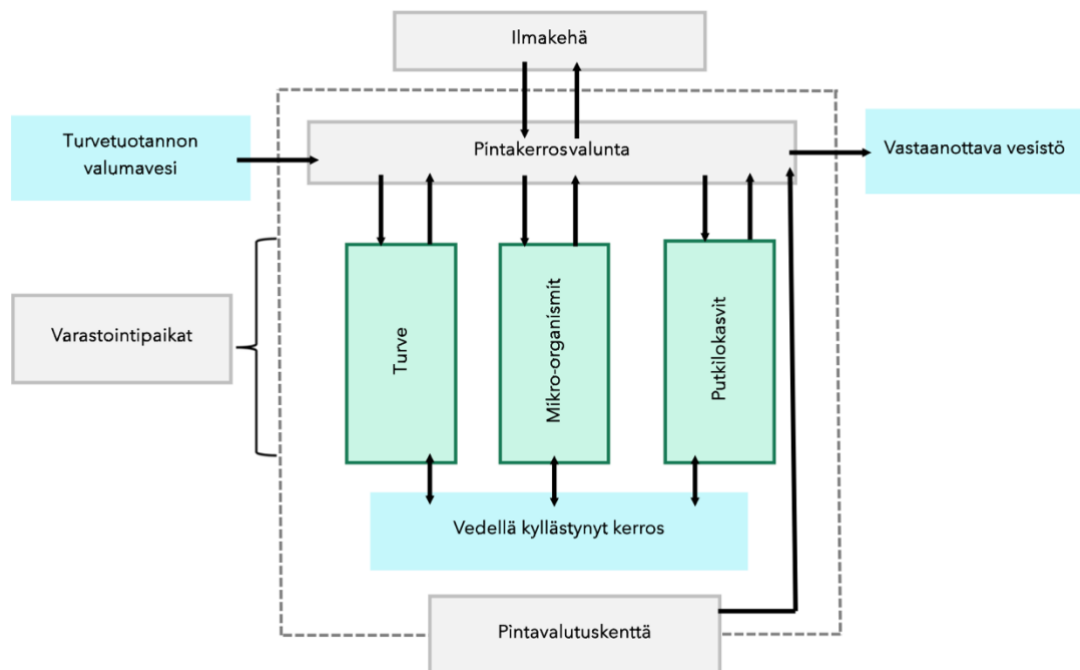
Tikkasen & Jokelan (2005) mukaan turvetuotannon vesistövaikutukset voidaan nähdä muun muassa veden tummumisena, valaistun vesikerroksen ohentumisena, samentumisena, happipitoisuuden vähentymisenä sekä ravinnepitoisuuden nousuna. Turvetuotannon tyypillinen haitta Rinttilän et al. (1998) mukaan vesistölle on kiintoaineen kulkeutuminen ja pohjan liettyminen. Turvetuotantoalueen kunnostus lisää raudan huuhtoutumista, kun hapellisessa turvekerroksessa kasvien jäänteiden rautayhdisteet saostuvat (Rinttilä et al. 1998). Tikkanen & Jokela (2005) pitävät mahdollisena myös elohopean vapautumista maaperästä. Jokivesistöjen merkittävimmät vaikutukset näkyvät sedimenttien rauta- ja kiintoainespitoisuuksien nousuna, kun taas kirkasvetisten järvien kohdalla havaitaan humuksen merkittävimmät vaikutukset (Tikkanen & Jokela 2005). Rinttilän et al. (1998) mukaan vesistövaikutukset eivät ole pysyviä eivätkä laaja-alaisia vaan ekosysteemit palautuvat pikkuhiljaa. Vesistö päästöjen hallintaan on kehitetty menetelmiä, kuten ojituksen, kosteikot ja pintavalutus-kentät, virtaamansäätöpadot sekä laskeutus- ja lietteenlajitysaltaat (Pöyry 2016). Tuotantoalueen vesiä puhdistetaan myös samoilla kemikaaleilla, joita käytetään juomaveden puhdistuksessa (Rinttilä et al. 1998).

Pintavalutuskenttä

Pintavalutuskentän toiminta ja tehokkuus perustuu turpeen kykyyn pidättää ravinteita kuten fosforia ja typpeä (Heikkinen et al. 1994). Erityisesti fosfaatin pidättymiseen pintavalutuskenttä on tehokas menetelmä (Postila et al. 2012). Turpeen mikrobit ylläpitävät biologisia, fysikaalisia ja kemiallisia prosesseja, jotka mahdollistavat pintavalutuskentän puhdistavan vaikutuksen (Heikkinen et al. 1994). Prosessit ovat toisistaan riippuvaisia ja suuri vaikutus on myös turpeen ominaispinta-alalla, joka on suuri ($> 200 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$) ja turpeen huokoisuudella, joka on Heikkisen et al. (1994) mukaan 90-97 %. Pintavalutuskenttä on eräänlainen suodatinmatto, joka rakennetaan mahdollisimman luonnontilaiselle suoalueelle. Postilan et al. (2012) mukaan pintavalutuskenttänä tulisi käyttää mahdollisimman luonnontilaista suoaluetta. Mikäli luonnontilaisen suoalueen käyttö ei ole

mahdollista, tulisi Postilan et al. (2012) mukaan valita mahdollisimman vähäpuustoinen alue sekä varmistaa etteivät keräilyajat ulotu mineraalimaan.

Kuvassa 5 on kaavapiirros pintavalutuskentän toimintaperiaatteesta. Pintavalutuskentän turve, mikro-organismit sekä kasvillisuus sitovat ravinteita ja on vuorovaikutuksessa ilmakehän kanssa. Kentän yläpuolella olevan jako-ojan kautta virtaavat vedet on tarkoitus saada leviämään valutuskentälle mahdollisimman tasaisesti ja kentän läpi virrannut vesi ohjataan keräilyojilla kentän alapuoliseen laskuojaan (Heikkinen et al. 1994). Riittävä ja tehokas puhdistusteho edellyttää, että vesi viipyy pintavalutuskentällä riittävän kauan ja on myös riittävässä määrin kosketuksissa turpeen kanssa (Heikkinen et al. 1994). Turpeen lisäksi ravinteita pidättyy myös kasvillisuuteen, mutta tämän edellytyksenä on, että kasvibiomassa pintavalutuskentällä lisääntyy. Kasvillisuuteen sitoutuneet ravinteet ovat poissa valumista vain kasvukauden ajan, mutta niillä voi olla suuri merkitys vesiensuojelun kannalta, koska myös rehevöityminen on kasvukaudella runsaampaa (Heikkinen et al. 1994).



Kuva 5. Turvetuotantoalueen pintavalutuskentän toimintaperiaate. Nuolet kuvaavat ravinteiden, orgaanisen kiintoaineksen sekä humuksen kulkeutumista pintavalutuskentällä. Piirretty Heikkinen et al. (1994) mukaan.

Heikosti maatuneiden rahkaturpeiden typpimäärät ovat Svahnäckin (2005) mukaan alhaisemmat kuin paremmin maatuneiden rahkaturpeiden sekä

saraturpeiden typpimäärät. Kokonaistyyppipitoisuudet vaihtelevat rahka- ja saraturpeilla 0,5–6,0 % turpeen kuivapainosta ja liukoisten nitriitti-, nitraatti- ja ammoniumtyypin määrä on 0,05 % turpeen kuivapainosta (Svahnäck 2005). Nitrifikaatio on maaperän prosessi, jossa ammonium (NH_4) hapettuu nitraatiksi (NO_3). Nitrifikaatioon ja denitrifikaatioon vaikuttaa maaperän lämpötila ja veden viipymä pintavalutuskentällä (Eskelinen et al. 2015). Kokonaistyyppien huuhtoutuminen Eskelisen et al. (2015) mukaan on 43 % lumen sulamisvesien aikaan. Kokonaisfosforin huuhtoutuminen vastaavasti 56 % (Eskelinen et al. 2015). Svahnäckin (2005) mukaan fosforipitoisuudet ja niiden myötä myös valumat ovat saman suuret riippumatta rahka- ja saraturpeilla. Kokonaisfosforin määrä on 0,05 – 0,15 % turpeen kuivapainosta ja liuenneen ja orgaaniseen ainekseen sitoutuneen fosforin määrä on noin 0,2 – 2,5 kg/ha/vuosi (Svahnäck 2005). Pintavalutuskenttä pidättää kuitenkin hyvin sekä tyyppiä että fosforia kasvukauden aikana.

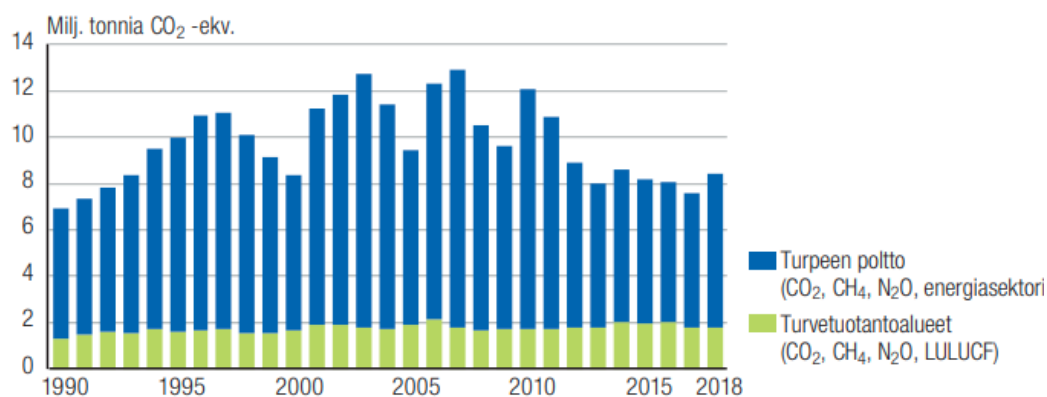
Pintavalutuskenttä pidättää myös orgaanisia aineita, metalleja, muun muassa rautaa, sekä humusta (Postila et al. 2012). Kiintoaineksen pidättyminen on ongelmallista ja vaatii pintavalutuskentän läpi kulkevan veden virtausnopeuden optimoimista tai kentän koon kasvattamista tarpeeksi, jotta kiintoaineksen pidättyminen olisi tehokasta (Eskelinen et al. 2015). Heikkisen et al. (1994) mukaan suurin osa liukoisista orgaanisista aineista pintavalutuskentällä on humusta, jotka on määritetty koillidisiksi orgaanisiksi polyelektrolyyteiksi. Näihin kolloideihin sitoutuu myös muun muassa liukoinen rauta, joka taas voi edistää humusaineiden saostumista ja sedimentoitumista, jolloin valumavedestä poistuu rautaa sisältäviä molekyylejä (Heikkinen et al. 1994). Humus on humidifikaatio-prosessissa syntynyttä ainesta, joka kestää hajotustoimintaa paremmin kuin orgaaninen aines (Svahnäck 2005). Heikkinen et al. (1994) osoittaa, että pintavalutuskenttä on poistanut valumaveden humuksesta 6-25 % kesä-lokakuun aikana. Humuksen suuri rautapitoisuus lisää sen pidättymistä pintavalutuskentälle, jolloin vastaanottavan vesistön humus- ja rautakuormitusta saadaan vähennettyä (Heikkinen et al. 1994).

3.2.2 Turpeenpolton päästöt ja niiden hallinta

Noin puoli miljoonaa suomalaista yli 50 kunnassa saa kotiinsa lämmön turpeen poltosta (Väyrynen et al. 2008). Erytisesti kaukolämpöä tuottavien sähkön ja

lämmön yhteistuotantolaitoksissa käytetään turvetta (Korhola et al. 2021). Korholan et al. (2021) mukaan turvetta käytetään myös kaukolämmön erillistuotannossa sekä teollisuuden höyryn tuotannossa ja teollisuuden sähkön ja lämmön yhteistuotannossa. Väyrysen et al. (2008) mukaan etenkin puunjalostus käyttää energiaturpeesta yhden kolmasosan, yhdyskunnat käyttävät yhden kolmasosan ja pienkuluttajat käyttävät kolmasosan. Turpeen käyttöosuus on lähes 50 % 55 voimalaitoksessa Suomessa. Tämän lisäksi kymmenet kuntien voimalaitokset, maatilat, puutarhat sekä useat oppilaitokset käyttävät turvetta lämmönlähteenä (Väyrynen et al. 2008).

Turpeen polton aiheuttamat päästöt riippuvat suuresti polttoaineen lämpöarvosta sekä polttotekniikan aiheuttamista palamisolosuhteista (Hillebrand & Wihersaari 1998). Paajala & Kauppi (1989) toteavat myös, että päästöt riippuvat oleellisesti muun muassa turpeen laadusta, polttotavasta ja kattilan käyttöolosuhteista. Leijupoltossa kaikki turpeen sisältämä tuhka joutuu savukaasuihin (Paajala & Kauppi 1989). Vuonna 2019 turpeen polton päästöt olivat 5,9 Mt CO₂-ekv (Korhonen et al. 2021). Kuvasta 6 nähdään, että turpeenpolton päästöt ovat vaihdelleet huomattavasti 1990-luvulta vuoteen 2018 ja samalla tuotantoalueiden päästöt ovat pysyneet samalla tasolla (Korhonen et al. 2021).



Kuva 6. Turpeenpolton ja turvetuotantoalueiden kasvihuonekaasupäästöt ja niiden vuotuinen vaihtelu 1990-2018 (Korhonen et al. 2021).

Hiilidioksidin, metaanin ja typpioksiduulin päästöjen lisäksi turpeenpoltosta aiheutuu metallipäästöjä sekä rikkipäästöjä (Paajala & Kauppi 1989). Vuonna 1985 suurimmat metallipäästöt aiheuttivat rauta (294 t/v), arseeni (234 kg/v), mangaani (3500 kg/v), nikkeli (< 5000 kg/v), sinkki (7500 kg/v) ja barium (5500 kg/v) (Paajala & Kauppi 1989). Turpeen poltosta aiheutuvat keskimääräiset rikkipäästöt olivat vuonna 1984 Paajalan & Kaupin (1989) mukaan 0,17 g/MJ.

Turpeen poltosta aiheutuvien päästöjen hallinta ja vähentäminen perustuu savukaasujen puhdistusmenetelmiin ja kemiallisiin prosesseihin. Paajalan & Kaupin (1989) mukaan yleisimmät puhdistustavat ovat multisykloniset dynaamiset erottimet, sähkösuodattimet, märkäpesurit sekä laskeutumiskammiot ja pölyristikot. Typpioksidipäästöjen hallinta perustuu primääri- ja sekundäärimenetelmiin. Primäärisissä menetelmissä käytetään Low-NO_x - polttimia, jotka syöttävät ilmaa polttimen juureen vaiheittain, jolloin typpioksidien muodostus vähenee (Paajala & Kauppi 1989). Tällä tekniikalla saadaan jopa 50 % turpeen sisältämästä typestä poistettua. Sekundäärimenetelmissä käytetään ammoniakkaa pelkistämään typpioksidit molekyylitypeksi ja vesihöyryksi (Paajala & Kauppi 1989). Tämä prosessi tapahtuu 900 ° asteessa spontaanisti ja alhaisemmassa lämpötilassa katalyyttipinnoilla (Paajala & Kauppi 1989). Rikkipäästöjä voidaan vähentää poltonaikana tai sen jälkeen kalkkikiven avulla. Paajala & Kauppi (1989) osoittavat rikkipäästöjen vähentämisen perustuvan rikkidioksidin neutraloimiseen muun muassa Sulfred -menetelmällä, joka on kehitetty Outokummussa.

3.2.3 Ojitus ja kasvihuonekaasut

Suoalueiden ojitus aloitettiin jo 1930- luvulla ja ojitustoiminnan huippu oli 1960–1970- luvulla (Kokko 1989). Soiden ojitus kohdistui laaja-alaisimmin metsätaloudentarpeisiin, mutta myös jonkin verran suoalueita ojitettiin maatalouden ja turveteollisuuden tarpeisiin (Kokko 1989). Ojituksella pyritään parantamaan puuston kasvuolosuhteita, kun pohjaveden pinta laskee ja turvekerroksen ilmatila lisääntyy (Kokko 1989). Paulssonin (2021) mukaan kaivetut ojat suoalueella kuivattavat nopeasti akrotelman, kun mikrobien hajoamisprosessit lähtevät käyntiin. Sarakasvit ja rahkasammaleet ovat turvemailla tärkeimmät hiiltä sitovat kasvit ja kun luonnontilainen suo ojitetaan, näiden lajien peittävyys laskee merkittävästi. Laineen & Minkkinen (1998) mukaan metsäojitetuilla alueilla vedenpinta laskee 30–50 cm ja saa aikaan kasvillisuussukcession kohti kangasmaisempaa kasvillisuutta ja samalla muuttuu hiilen sidontadynamiikka. He osoittavat, että ojituksen nettovaikutusta koko alueen hiilitaseeseen tulee tarkastella muutoksena kaikkien suohon tulevien ja siitä pois lähtevien hiilivirtojen suhteen. Laine & Minkkinen (1998) toteavat, että kun vedenpinnan noste ojituksen seurauksena katoaa, suonpinta painuu ja

pintaturve tiivistyy. Turpeen happipitoisuuden nousu lisää aerobisten hajottajien määrää, jolloin turpeen hajoaminen kiihtyy (Laine & Minkkinen 1996, Hillebrand & Wihersaari 1998).

Ojituksen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ovat sitä suuremmat mitä nopeammin turvetta hajoaa (Ojanen et al. 2020). Karut metsäojitusalueet ovat ojituksen jälkeen hyvin vähäinen hiilipäästöjen lähde, kun taas rehevät metsäojitetut alueet sekä turvetuotantoon ojitetut alueet ovat suuri hiilipäästöjen lähde (Ojanen et al. 2020). Suopellot ovat Ojasen et al. (2020) mukaan suuria hiilipäästöjen lähteitä, koska tehokas ojitus ja säännöllinen maan muokkaus, lannoitus ja kalkitus edistävät turvetta hajottavien mikrobien toimintaa. Tehokas ojitus lisää huomattavasti CO₂ päästöjä turvemaasta ilmakehään (Marttila et al. 2000). Toisaalta vedenpinnan laskun seurauksena CH₄ päästöt vähenevät merkittävästi tai loppuvat kokonaan (Marttila et al. 2000). Grill et al. (2000) toteavat metsäojitettujen soiden sitovan 164 g m⁻² a⁻¹ CO₂ ja emittoivan 1,62 g m⁻² a⁻¹ CH₄ sekä 0,124 g m⁻² a⁻¹ N₂O. Kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttaa turvemaan ravinteisuustaso sekä puuston määrä (Grill et al. 2000). Suurin hiilensitoja on Grillin et al. (2000) mukaan ombrotrofinen tiheäpuustoinen turvema, kun taas vähiten sitoo ombrotrofinen puuton turvema, joka samalla emittoi eniten metaania. Maatalousmaidan CO₂ päästöt vaihtelevat 1300–3100 g m⁻² a⁻¹ (Maljanen 1999, Grill et al. 2000 mukaan).

Metaanin vapautuminen ilmakehään turvetuotantokäyttöön otetuilla alueilla on käytännössä loppunut, keskimääräinen emissio on 5 mg CH₄ m⁻² d⁻¹, jonka perusteella vuotuinen metaanipäästö turvetuotantoalueella olisi 1 Gg (Hillebrand & Wihersaari 1998). Vertailukohtana luonnontilaisen suoalueen metaanipäästöt voisivat olla 2-80 kertaa suuremmat. Hillebrand & Wihersaari (1998) toteavat hiilen kokonaispäästöjen olevan 78 000 hehtaaria kohti noin 2,6 kg C m⁻² a⁻¹. Kasvihuonekaasujen lisäksi turvetuotantoalueilta kulkeutuu ympäristöön ravinteita, kuten typpeä ja fosforia, sekä kiintoainetta. Vapo Oy:n tekemien mittausten mukaan vuosina 1994–1995 turvetuotantosoilta huuhtoutui 34 kg/ha⁻¹ v⁻¹ kiintoainetta, fosforia 0,13 kg/ha⁻¹ v⁻¹ ja typpeä 3,4 kg/ha⁻¹ v⁻¹ (Selin 1998).

Ojituksen vaikutusten arvioimiseen suoalueella on kehitetty GTK:n toimesta viisiportainen luonnontilaisuusasteikko, jossa suoaltaan luonnontilaisuutta tarkastellaan kuivatuksen, kasvillisuuden ja vedenpinnan osalta (Toivonen et al. 2022). Asteikolla 0 suoaltaan vesitalous ja kasvillisuus on peruuttamattomasti

muuttunut, kun taas asteikolla 5 suoallas on täysin tai lähes luonnontilainen eikä vesitaloudessa tai kasvillisuudessa havaita muutoksia (Toivonen et al. 2022).

4. Turvetuotannosta vapautuvien suoalueiden käyttö

Turvetuotannosta vapautuu lähivuosina useita tuhansia hehtaareja maata. Korhonen et al. (2021) osoittaa, että Bioenergia ry:n vuonna 2020 tekemän jäsenkyselyn perusteella vuoden 2019 turvetuotantoala pienenisi 48 000 hehtaarista 20 000 hehtaariin vuoteen 2030 mennessä. Laasenahon & Lauhanen (2020) mukaan turvetuotannon elinkaari koostuu suoalueiden valmistelusta, tuotantovaiheesta ja jälkihoito- ja jälkikäyttövaiheeseen. Turpeentuottajalle kuuluu vastuu alueen valmistelusta, turpeenostosta sekä jälkihoidosta ja siihen liittyvistä velvollisuuksista, kuten ympäristöluvista (Laasenaho & Lauhanen 2020).

Turvetuotannon päättyessä maa-alueen käytölle on useampiakin vaihtoehtoja. Jatkokäyttöä ohjaavat suonpohjan sijainti, alueen maa- ja kallioperä, suonpohjan kosteusolot, pinnanmuodot sekä alueelle jääneen turvekerroksen paksuus ja laajuus (Korhonen et al. 2021). Laine-Petäjäkangas et al. (2023) toteavat raportissaan tärkeäksi ensimmäisenä tarkastella alueen kosteusolosuhteita ja topografian asettamia rajoja alueen veden virtauksille. Erityisesti on huomioita esimerkiksi alueet, joilla on korkea asiditeettipotentiaali (Korhonen et al. 2021). Korhonen et al. (2021) toteavat, että happamilla sulfaattimailla huomioon otettavia asioita ovat muun muassa: maaperän puskurointikapasiteetti, maakerrosten paksuus, hydrologiset olosuhteet, litologia, rapautuminen ja kasvillisuus. Happamilla sulfaattimailla turvetuotannosta vapautuvien maiden jatkokäyttö on lähinnä vettäminen kosteikoksi tai luonnollinen kasvittuminen (Korhonen et al. 2021). Happamia sulfaattimaita esiintyy Suomessa rannikkoalueilla sekä sisämaan mustaliuskealueilla, joilla ne ovat viimeisen jääkauden aikaisen jäätikön kerrostamaa moreenia, harjuainesta tai turvetta (Laine-Petäjäkangas et al. 2023).

Räsänen et al. (2023) mukaan turvetuotannosta vapautuva maa-alue voidaan metsittää, ottaa kasvinviljelyyn, perustaa kosteikkoja tai riistanhoidollisia alueita. Vaihtoehtoina on myös aurinko- tai tuulivoimalan perustaminen.

Turvetuotannosta vapautuvat maa-alueet heijastavat geokemiallisen provinssin alkuainepitoisuuksia sekä myös ilmansaasteiden mukana tuomia metallipitoisuuksia (Parviainen 2007). Tästä syystä Parviainen (2007) toteaa

perusteellisen tutkimuksen olevan paikallaan erityisesti, kun turvetuotantoaluetta kaavaillaan kosteikkoviljelykäyttöön.

Puuntuotantoon turvemaat sopii silloin, kun alue on kuivatettavissa metsäoijituksen kaltaisilla ojarakenteilla. Grill et al. (2000) huomio metsittämisen olevan toteuttamiskelpoinen jatkokäyttömuoto silloin, kun turve on paksuudeltaan noin 15 cm ja maa on ravinnepitoisuudeltaan sopiva puuston kasvuille. Räsänen et al. (2023) mukaan merkitystä metsittämisen kannalta on myös jäännösturpeen paksuudella, alla olevan pohjamaan ominaisuuksilla sekä maanomistajan investointihalukkuudella. Edellä mainitut asiat määrittelevät Räsänen et al. (2023) mukaan puuntuotantoon soveltuvat puulajit, lannoitustarpeen sekä puuntuoton odotettavan suuruuden. Mikäli maa on kuiva ja tasainen, se voi parhaiten soveltua kasvinviljelyyn, esimerkiksi nurmi- tai energiakasvinviljelyyn (Räsänen et al. 2023). Mikäli maa on turvetuotannon jäljiltä kosteampi, soveltuu se paremmin kosteikkoviljelyyn. Kosteikkoviljelyyn soveltuvia kasveja ovat rahkasammaleet sekä ruokohelpi, mutta myös osmankäämi, järviruoko, kihokit, raate, suomyrtti, suopursu sekä mesiangervo (Räsänen et al. 2023).

4.1 Kosteikkoviljely

Kosteikkoviljely on yksi varteenotettava keino siirtää turvetuotannosta vapautuvat alueet hiilipäästöjen lähteistä hiilensitojiksi. Biomassan tuotto entisellä turvetuotantoalueella lisääsi uusiutuvan energian käyttöä. Naukkarisen oppaan (2021) mukaan kosteikkoviljelyä voi verrata luonnontilaiseen suohon kasvihuonekaasujen osalta. Kosteikkoviljelyalana toimiva suo on toisina vuosina pieni CO₂ ja CH₄ lähde ja toisina vuosina viljelyala sitoo hiilidioksidia ja metaanipäästöt ovat minimaaliset (Naukkarinen 2021). Naukkarisen oppaan (2021) mukaan turpeen sitoma vesi viilentää paikallisilmastoa.

Kosteikkoviljelykasvit soveltuvat muun muassa energiakasveiksi, teollisuuden raaka-aineeksi, rehuksi, ihmisravinnoksi ja lääkekasveiksi (Naukkarinen 2021). Lupaavia tutkimustuloksia on saatu osmankäämin (*Typha Latifolia*) viljelystä sekä järviruokon (*Phragmites australis*) viljelystä (Lahtinen et al. 2021). Osmankäämistä voidaan valmistaa esimerkiksi rakennuslevyjä ja järviruokoa voidaan käyttää biopolttoaineena tai kasvualustana turpeen sijasta (Lahtinen et al. 2021). Kosteikkoviljelyyn tulisi Ozolan et al. (2023) suunnata entistä enemmän tutkimusvaroja, poliittisia tukilinjauksia sekä asenteellista näkökulmien tarkastelua. Kosteikkoviljelyn mahdollisuudet

kasvihuonekaasujen hallinnassa ja biodiversiteetin säilyttämisen ovat varteenotettavia (Ozola et al. 2023). Ozola et al. (2023) toteavat myös, että maanomistajille kosteikkoviljely voisi tuoda merkittäviä taloudellisia etuja, kun epävarmuus maankäytön vaatimuksista lisääntyy.

Rahkasammaleen viljely

Rahkasammaleen etuna on sen luontainen kasvuympäristö karuilla ja keskiravinteisilla turvemilla (Silvan 2008). Rahkasammaleen pituuskasvu on noin 10 mm vuodessa ja turvekertymä parhaimmillaan 5000 kg/ha⁻¹ vuodessa (Silvan 2008). Rahkasammal suosii kosteita olosuhteita, mutta rahkasammaleen kasvuun ei vaikuta oleellisesti se, mitä lämpimämpi tai kosteampi ilmasto on (Krebs et al 2018). Rahkasammaleen etuna on sen ainutlaatuinen kyky pidättää vettä ja vaikuttaa omaan kasvuympäristöön siten, että se syrjäyttää muun kasvillisuuden (Ozola et al. 2023). Rahkasammal muodostaa vaaleaa turvetta, joka on tärkeä kasvualusta maailmanlaajuisesti (Ozola et al. 2023). Kasvuturpeen kysynnän ennustetaan kasvavan moninkertaisesti vuoteen 2050 mennessä ja silloin kyseessä olisi taloudellisesti erittäin kannattavat markkinat (Ympäristöministeriö 2022).

Küttim et al. (2019) osoittivat kolmen rahkasammal lajin (*S. angustifolium*, *S. magellanicum* ja *S. fuscum*) kasvavan myös boreaalisen vyöhykkeen kasvukauden ulkopuolella ja tuottavan myös biomassaa. Krebs et al. (2018) toteuttivat koeviljelyjä kalvakkarahkasammaleella (*Sphagnum papillosum*) ja etelänrahkasammaleella (*Sphagnum palustre*). Näistä kahdesta etelänrahkasammaleella on suurempi biomassan tuottavuus eikä sen kasvuun vaikuta sadonkorjuu tai muu käsittely toisin kuin kalvakkarahkasammaleen kasvuun (Krebs et al. 2018). Küttimin et al. (2019) tuovat tutkimuksessaan esiin arvokasta lisätietoa rahkasammaleen hiilensidontakyvystä syys- ja talviaikaan, kun muut putkilokasvit eivät kykene fotosynteesiin. Rahkasammaleen biomassan tuotantoon vaikuttaa oleellisesti lähinnä pohjaveden pinnan korkeus tai kuten Krebs et al. (2018) tutkimuksessaan toteavat, Saksan koeviljelyalueilla myös keinokastelu oli toimiva menetelmä. Turvetuotannosta vapautuvien alueiden soveltuvuus rahkasammaleen viljelyyn voi olla haasteellista juuri vesitalouden vuoksi (Ympäristöministeriö 2022).

Rahkasammalviljelyn koealoja on perustettu muun muassa Saksaan ja viljelystä on lupaavia tuloksia eritoten, kun suoalueiden käyttöä tarkastellaan

ilmastonmuutoksen kannalta. Günther et al. (2017) toteavat rahkasammalviljelystä aiheutuvan noin $15 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CO}_2$ päästöjä. Samalla alueella aikaisempi maankäyttö, joka oli intensiivinen nurmiviljely, aiheutti 3 hehtaarin alueella päästöjä noin $45 \text{ t a}^{-1} \text{ CO}_2$ ekv. (Günther et al. 2017). Perinteiseen maankäyttöön peilaten Günther et al (2017) esittävät että, rahkasammaleen viljelykoepellolla olisi mahdollista välttää jopa $32 \text{ t a}^{-1} \text{ CO}_2$ ekv. kasvihuonekaasupäästöt perustamis- ja kasvuvaiheessa, riippuen biomassan viennistä aiheutuvien päästöjen suuruudesta. Rahkasammalviljely ei Ozolan et al. (2023) mukaan vielä pysty uskottavasti eikä myöskään kannattavasti tarjoamaan turpeelle vaihtoehtoa lupaavista koealamenettelyistä huolimatta.

Suomessa rahkasammaleen kerääminen on vasta tutkimus- ja pilotointivaiheessa (Korhonen et al. 2021). Rahkasammalen kasvualustaksi soveltuvat ojitetut suot, joilla ei ole merkittäviä luontoarvoja ja joiden metsittäminen ei ole kannattavaa (Korhonen et al. 2021). GTK:n laatiman luonnontilaisuusluokituksen mukaan rahkasammalviljely ohjataan luokkaan 0—2 (Toivonen et al. 2022).

Ympäristöministeriö on asettanut vuonna 2021 työryhmän, jonka tavoitteena on selvittää rahkasammalen viljelyn ja korjuun etuja ja haasteita Suomessa (Ympäristöministeriö 2022). Työryhmän loppuraportissa todetaan seuraavia reunaehtoja sammalen viljelylle: alue tulee olla 5–10 ha, sammalkerroksen paksuus tulee olla 20–30 cm ja varastointipaikka tulee sijaita alle 500 m korjuupaikasta (Ympäristöministeriö 2022). Työryhmän loppuraportin mukaan Pohjois-Pohjanmaalla on 8500 ha potentiaalista rahkasammalviljelyalaa.

Ruokohelven viljely

Ruokohelpi (*Phalaris arundinacea* L.) on monivuotinen heinäkasvi, joka muodostaa luonnossa tiheitä, pitkäikäisiä kasvustoja (Parviainen 2007). Ruokohelven luontaisia kasvupaikkoja ovat vesistöjen rannat sekä ojan- ja tienpintareet ja se kestää sekä pitkiä tulvaolosuhteita että kuivuutta hyvin (Parviainen 2007). Ozola et al. (2023) toteaa ruokohelven suojaavan myös hyvin maaperää vahvan juuristonsa ansiosta. He toteavat myös, että ruokohelven biomassan tuotto on suhteellisen nopeaa, $7,9\text{--}13,2 \text{ t ha}^{-1}$. Ruokohelpi menestyy vaatimattomilla kasvupaikoilla muun muassa sellaisilla turvemaidella, joissa perinteinen viljely ei ole mahdollista. Ruokohelpeä voidaan polttaa energiaksi yhdessä hakkeen tai turpeen kanssa (Ozola et al. 2023, Parviainen 2007). Ruokohelven istutus on kannattavaa, sillä edullisella kasvupaikalla se menestyy 10–12 vuotta (Ozola et al. 2023). Laine-Petäjäkankaan et al. (2023) mukaan

alueet, joiden turpeen paksuus on yli 1 m ja joiden vettäminen ei ole mahdollista, sopivat ruokohelven viljelyyn. Kasvihuonekaasujen hallintaan ruokohelvi sopii hyvin, se sitoo 3,8 t CO₂/ha ja emittoi 0,01 t CH₄/ha, jolloin netto CO₂ ekv. on 3,55 t/ha (Ozola et al. 2023 mukaan Kärki et al. 2015 ja Mander et al. 2012).

Turvetuotannosta vapautuvat maa-alueet sopivat Naukkarisen oppaan (2021) mukaan hyvin ruokohelven viljelyyn, mikäli maa kalkitaan ja lannoitetaan hyvin. (Parviaisen (2007) mukaan typpilannoituksen tarve on kuitenkin vähäinen (40 kg ha⁻¹) turpeen orgaanisesta aineksesta vapautuvan typpimäärän vuoksi. Sen sijaan kaliumin ja fosforin käyttöä tarvitaan enemmän, määrien ollessa kalium 80 kg ha⁻¹ ja fosforin 40 kg ha⁻¹ (Parviainen 2007). Naukkarisen oppaan (2021) mukaan ruokohelven viljelyssä voidaan käyttää perinteisiä maatalouskoneita ja sadon voi korjata keväällä tai syksyllä. Parviainen (2007) toteaa, että ruokohelvilviljelyä varten on hyvä tehdä viljavuusanalyysin viljeltävälle maa-alueelle ja tutkia maaperän raskasmetallipitoisuudet.

4.2 Ennallistaminen

Ennallistamisen tarkoituksena on palauttaa toimiva ekosysteemi turvemaalle (Grill et al. 2000). Turpeenottoa ylläpitäneet kuivatusojat täytyy tukkia ja mahdollisesti johtaa pohjavettä lähialueen kivennäismailta ennallistettavalle maa-alueelle (Grill et al. 2000). Turvetuotantoalueen palauttaminen suoksi voi olla haasteellinen ja kustannuksiltaan korkea vaihtoehto (Räsänen et al. 2023). Ennallistamisen kustannukset riippuvat oleellisesti kuitenkin ennallistettavan alueen laajuudesta ja sijainnista sekä siitä, voidaan kustannuksia yhtenäistää esimerkiksi viereisen talousmetsän hakkuisiin tai kunnostusojituksiin (Maa- ja Metsätalousministeriö 2011).

Oleellista suopohjan vettämisessä on, että vedenpinnan nostamisella ja säätämällä luodaan olosuhteet, joissa suokasvillisuus alkaa menestymään ja sitä myötä turpeen kertyminen käynnistyy uudelleen (Räsänen et al. 2023). Haasteita suokasvien menestykselle voi tuottaa myös siemenpankin puuttuminen, jolloin suokasvillisuuden menestymistä joudutaan avustamaan kasvinsiirroin (Räsänen et al. 2023). Vasander & Roderfeldt (1998) toteavat myös, että turpeenoton jäljiltä jäänyt turvekerros on tuhansia vuosia vanhaa ja siksi siitä puuttuu kasvien siemen- ja itiöpankit. Veden pinta voi olla myös hyvin alhaalla, jolloin olosuhteet suokasvien kasvulle ovat rankat (Vasander &

Roderfeld 1998). Turvekentillä, joiden vedenpinta on laskenut ympäristön alapuolelle tuotannon päätyttyä, kannattavin jatkokäyttömuoto on soistaminen (Laine-Petäjäkangas et al. 2023). Tämä johtuu Laine-Petäjäkankaan et al. (2023) mukaan siitä, ettei veden virtausta alueella saada hillittyä edes kunnollisin lisäojituksin.

Ennallistaminen on pitkäjänteinen jatkokäyttömuoto, sillä vaikka vesitalous alueella palautuisi muutamassa vuodessa, kasvillisuuden ja toimivan ekosysteemin palautuminen kestää vuosikymmeniä (Maa- ja Metsätalousministeriö 2011). Ennallistaminen vaatii myös jatkuvaa seurantaa ja mahdollisia huoltotoimenpiteitä onnistuakseen. Seurantoja toteutetaan tavallisesti hankerahoituksella ja on arvioitu, että valtakunnallinen resurssien tarve on vuosittain 170 000 euroa vuoteen 2030 (Maa- ja Metsätalousministeriö 2011).

4.3 Tuuli- ja aurinkoenergia

Laasenaho & Lauhanen (2020) huomio, että turvetuotantoalueiden muuntaminen energiamuodosta toiseen on ajatuksena suoraviivainen ja helppo.

Turvetuotannosta vapautuvat alueet ovat suuria ja tavallisesti kaukana asutuksesta ja siksi soveltuvat hyvin tuuli- tai energiavoiman käyttöön. Alueet ovat Laasenahon & Lauhasen (2020) mukaan myös jo valmiiksi ihmisen muokkaamia ekosysteemejä, jolloin alueelle ei aiheudu lisäpainetta alueen luontoarvojen säilyttämisen suhteen. Turvetuotannosta poistuvilla alueilla on myös jo riittävä tiestö tuulivoimalan perustamista varten (Laasenaho & Lauhanen 2020). Tuulienergiavoimalan rakentamisesta kontrolloi muun muassa maanpeitteen paksuus, sillä paksu maanpeite aiheuttaa merkittäviä lisäkustannuksia (Laine-Petäjäkangas 2023). Tuuliturbiineja ei käytännössä ole kustannustehokasta rakentaa paksuturpeiselle maalle (Laasenaho & Lauhanen 2020).

Tuulivoimalan suuren koon vuoksi onkin järkevää tarkastella tuulienergian ja jonkin muun maankäytön yhteissuunnitelmaa (Laine-Petäjäkangas et al. 2023). Laasenaho & Lauhanen (2020) toteavat tämänhetkisen tutkimustiedon olevan puutteellista, kun tarkastellaan tuuli- ja aurinkovoiman vaikutuksia jäännösturpeen maaperäpäästöihin sekä alueen vesitaloutta. Tuulivoiman etuna on turbiinien sijoittelun etäisyys toisistaan, jolloin osa alueesta voidaan ennallistaa kosteikoksi tai kasvittaa (Laasenaho & Lauhanen 2020).

Pääministerin Orpon hallitusohjelman mukaan aurinkovoimaa suunnataan turvetuotannosta vapautuville alueille, rakennettuun ympäristöön sekä joutomaille. Aurinkoenergia käyttöön sopii alue, jota ei esimerkiksi topografian asettamien rajojen vuoksi pystytä pitämään kuivana (Laine-Petäjäkangas et al. 2023). Aurinkopaneelit voidaan rakentaa soistuneen kasvillisuuden päälle, jolloin alueen etuna on vähäiset CO₂ päästöt ja vaikka korkea vedenpinta aiheuttaa CH₄ päästöjä, aurinkopuisto toimii kokonaisuudessaan hiilensitojana (Laine-Petäjäkangas et al. 2023). Aurinkoenergiavoimalan rakentamisessa on oleellista myös olemassa olevien voimalinjojen, infrastruktuurin sekä muuntoaseman sijainti (Laine-Petäjäkangas et al. 2023). Käytännössä turvetuotantoalueilla on jo aurinkopuiston rakentamista varten riittävä tiestö ja voimalinjoja voidaan joissain tapauksissa vetää myös uusia (Laine-Petäjäkangas et al. 2023). Laasenahon & Lauhasen (2020) mukaan aurinkovoiman käyttöä turvetuotannosta vapautuvilla alueilla rajoittaa useampi asia kuin tuulivoiman käyttöä. Aurinkopaneelit tarvitsevat koko tuotantoalueen, joka vähentää muita maankäyttömuotoja.

5. Turvetuotannon korvaamisen tarve

Turpeen asema suomalaisessa yhteiskunnassa on ollut varmasti kautta aikojen hyvin ristiriitainen. Toisaalta se on tärkeä energialähde, toisaalta puhdas ja halpa kasvualusta. Turpeen eksoottisuus kauneuden- ja terveydenhoidossa on myös oleellinen asia esimerkiksi matkailualalla. Toisaalta turve halutaan säilyttää siellä missä se on muodostunut, suojella suoalueita ja suoekosysteemejä.

Ilmastonmuutoksen myötä olisi oikeastaan välttämätöntä säilyttää turvemaat mahdollisimman hyvinä hiilensitojina. Yhteiskunnallisessa keskustelussa ei päästä edes yhteisymmärrykseen turpeen polttoaine luokittelusta. Grill et al. (2000) luokittelee turpeen biomassapolttoaineeksi ja perustelee luokittelua sillä, että turve biopolttoaineen kaltaisesti uusiutuva luonnonvara, mutta aikajänne on niin pitkä, että turvetta voidaan pitää vain hitaasti uusiutuvana luonnonvarana.

Euroopan unionin ilmastolain mukaan Suomen on vähennettävä 17 754 kt CO₂ ekv. vuoteen 2030 mennessä (EU 2021). Tilastokeskuksen mukaan Suomen kokonaisnettopäästöt olivat maankäyttö (LULUCF) mukaan lukien 50 143 t CO₂ ekv. vuonna 2021. Kansallinen ilmastopolitiikka vaatii Suomea vähentämään päästöjä 60 % vuoteen 2030 mennessä ja Suomi on hiilineutraali ilmastolain mukaan vuonna 2035 (Huttunen et al. 2022) Näihin tavoitteisiin ja vaatimuksiin yltäminen vaatii muun muassa sekä uusiutuvan energian käyttöönottoa että hiilinielujen vahvistamista. Turpeen asema energiankäytössä on kovan

muutospaineen alla ja vaikka sen käyttö on vähentynyt, tarve vähentää edelleen on olemassa. Turvemaiden hiilensidontakyky taas hyvin tärkeä maankäyttösektorin päästövähennyskeino ja siksi turvetuotannosta vapautuvien maiden jälkikäyttöä tulisi hyödyntää hiilen sitojana.

Ozola et al. (2023) huomioivat muun muassa paineen kasvualustan tuottamisessa maapallon väestön kasvaessa. Tämänhetkisten poliittisten päätösten vuoksi turpeen tuotantoa ajetaan alas ja siksi seuraavien vuosikymmenten aikana tullaan tarvitsemaan 145 miljoonaa m³ uusia raaka-aineita turpeen tilalle (Ozola et al. 2023). Vaikka turpeen polttamisesta aiheutuu elinkaaritarkastelussa lähes kivihiilen käyttöä vastaavat kasvihuonekaasut, turpeenpolton alasajo kokonaan ei ole kannattavaa eikä oikeastaan mahdollistakaan (Seppälä et al. 2010). Turpeella on paikkansa varapolttoaineena ja huoltovarmuustekijänä sekä teknisesti se vähentää syöpymistä voimalaitoskattiloissa (Seppälä et al. 2010).

Zieglerin et al. (2021) mukaan 15 % maailman turvemaista on ojituksen seurauksena heikentyneet. He osoittavat turvemaiden ojituksen aiheuttaneen kasvihuonekaasujen lisäksi pohja- ja pintavesien saastumista, biologisen monimuotoisuuden vähenemistä, maan vajoamista sekä suuria turvepaloja. Ojituksen seurauksena alueen veden virtaukset muuttuvat (Laine & Minkkinen 1998). Tulvariski suurenee, kun maa ei enää pidätä vettä yhtä hyvin ja myös pintavesien laatu heikkenee (Laine & Minkkinen 1998, Naukkarinen 2021). Ojituksen seurauksena ilmakehään alkaa pikkuhiljaa vapautumaan hiilidioksidin lisäksi myös turpeeseen sitoutunutta typpeä (Naukkarinen 2021). Typen vapautuminen kasvattaa toisen merkittävän kasvihuonekaasun, typpioksiduulin (NO₂) päästöjä.

Dow & Downing (2011) osoittavat kasvihuonekaasujen kohonneen merkittävästi esiteolliselta ajalta. CO₂ pitoisuus on ollut esiteollisella ajalla 280 ppm ja vuonna 2010 389 ppm. CH₄ pitoisuudet ovat heidän mukaan nousseet eniten ollen esiteollisella ajalla 700 ppm ja 2010 1870 ppm. N₂O pitoisuudet ovat vastaavasti olleet 270 ppm ja 322 ppm. Hiilidioksidin ja typpioksiduulin elinaika ilmakehässä on 100 ja 114 vuotta, kun taas metaanin ainoastaan 12 vuotta (Dow & Downing 2011). IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ilmoittaa vuoden 2023 raportissaan CO₂ pitoisuuden ilmakehässä olevan 410 ppm, CH₄ 1866 ppm ja N₂O 332 ppm vuonna 2019. Erityisesti CO₂ pitoisuuden nousu on kiistatta

todettu johtuvan ihmisen aiheuttamista CO₂ päästöistä (IPCC 2023). IPCC:n raportin mukaan tarvitaan välittömiä toimia kasvihuonekaasujen vähentämiseen, sopeutumista ilmastonmuutoksen tuomiin luonnonilmiöihin sekä pitkän aikavälin suunnitelman muun muassa uusiutuvan energian käytöstä.

Kaikki IPCC:n nostamat näkökulmat soveltuvat turvemaiden käyttöön.

Turpeenpolton vähentäminen vähentää nopeasti poltonyhteydessä turpeen nostossa ja kuljetuksessa aiheutuvia päästöjä. Tuotannosta vapautuvien suoalueiden uudelleen vettäminen estää tulvien ja myös metsäpalojen synnyn. Turvemaiden jälkikäyttömuodot tuovat paljon vaihtoehtoja uusiutuvan energian käyttöönotolle. Kirkinen et al. (2007) toteavat, että turvemaiden kasvihuonekaasuja saataisiin vähennettyä ohjaamalla tuotanto viljellyille suoalueille. Turvemaiden käytössä aiheutuu ylivoimaisesti eniten kasvihuonekaasupäästöjä turpeen poltosta ja siksi turvemaiden elinkaaritarkastelussa muilla osa-alueilla ei ole niin suurta painoarvoa (Kirkinen et al. 2007). Elinkaaritarkasteluun tuo epävarmuuksia kuitenkin pitkät aikajaksot, sillä turvemaan jatkokäyttö käsittää useita satoja vuosia (Kirkinen et al. 2007). Myös Lahtinen et al. (2021) huomioi että, on tärkeää ottaa huomioon koko tuotantoalueen elinkaari esimerkiksi viljelyn, jalostuksen ja korvaamisen aiheuttamat hyödyt ja haitat. Lahtisen et al. (2021) mukaan on oleellista kehittää koko tuotantoketjun päästövähennyksien tutkimuksia, jotta käytännön viljelytekniikat saadaan hallintaan.

6. Johtopäätökset

Suomessa on hyvin otolliset olosuhteet soistumiselle, mutta myös soiden kuivatukselle ja hyötykäytölle. Turve on ainutlaatuinen ja arvokas kerrostuma Suomen maankamaralla ja turvekerrostumat antavat paljon tietoa tutkimusyhteisölle muun muassa jääkauden jälkeisistä ilmasto-oloista. Suoalueet ja turvemaat voivat olla myös suuri valttikortti Suomen pyrkimyksissä hillitä ilmastonmuutosta ja hallita kasvihuonekaasuja. Valtaosin metsäteollisuuden tarpeisiin toteutetut ojitukset ovat toisaalta kasvattaneet puubiomassaa, joka sitoo hiilidioksidia, toisaalta vapauttaneet suuren määrän maaperään sitoutuneesta hiilestä. Luonnontilaiset suot sitovat hiilidioksidia ja vapauttavat metaania. Typpioksiduulivirtaukset ovat vähäisiä, vaikkakin olemassa. Luonnontilaisten soiden vaikutus ilmastoon riippuu niin suotyypistä kuin tarkastelunäkökulmasta ja -ajanjaksosta. Moninaisten ilmastovaikutusten vuoksi tarvittaisiin paljon lisää

tutkimustietoa erityyppisten soiden käyttäytymisestä esimerkiksi ilmaston lämmetessä ja sadannan lisääntyessä.

Turveteollisuudella on kiistanalainen asema Suomen energiantuotannossa, kasvualustana sekä maataloudessa. Turpeenpolto on tärkeä elinkeino ja sillä on myös pitkät perinteet, jonka vuoksi on lähes mahdotonta ajaa turveteollisuutta alas. Ilmastonmuutoksen ja paikallisen ympäristön kannalta on tärkeää löytää uusia, vaihtoehtoisia tapoja turveteollisuudelle niin että sekä elinkeinonharjoittajat että ympäristö säilyttävät toimintakykynsä. Suomessa on useita instituutioita, jotka yrittävät vastata tämän hetken tutkimustarpeeseen turvemaiden kestävästä käytöstä ja sitä kautta vaikuttavat myös valtakunnalliseen asenteeseen turpeen käytöstä. Kansainvälinen ja poikkiteollinen yhteistyö boreaalisen alueen maiden kanssa on tärkeää, jotta koko tutkimuskentän tuottama tieto saadaan yhdistettyä ja puuttuvat tiedot saadaan täydennettyä paremmin. Suomi on turvevarojensa puolesta huomioitu ja arvostettu maa ja tätä tulisi käyttää myös hyödyksi.

7. Lähteet

- Asplund D. (1998). *Turpeen energiakäyttö*. Teoksessa Korhonen R., Aapala K., Laine J., M., Ruuhijärvi R., Sopo R. & Vasander H.: *Suomen Suot*, 107-113 s. Julkaisija: Suoseura ry. Gummeruksen kirjapaino 1998.
- Bioenergia ry. (2016). *Turvetuotantoalueiden ominaiskuormitus selvitys*. Vedenlaatu- ja kuormitustarkastelu vuosien 2011–2015 tarkkailuaineistojen perusteella. Pöyry 2016. 21 s.
- Dow K. & Downing T.E. (2011). *The atlas of climate change*. Third edition. Julkaisija: Earthscan. Brighton, United Kingdom. 125 s.
- EU (2021) Interinstitutional File:2021/0201(COD). *Annex Ila to Regulation (EU) 2018/841*.
- Erhovaara S. (2023). *Hydrogeology and Environmental geology - Carbon accumulation and peat geochemistry in the Puukkosuo fen during the Holocene*. Julkaisematon pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopiston geologian ja geofysiikan maisteriohjelma, Helsinki. 45 s.
- Eskelinen R., Ronkanen A-K., Marttila H. & Klöve B. (2015). *Purification efficiency of a peatland-based treatment wetland during snowmelt and runoff*. *Ecological Engineering* 84 (2015) 169–179.
- Eurola S. & Kaakinen E. (1980). Soiden kasvipeite. Teoksessa Havas P., Haukioja E., Häyrynen U., Leinonen M., Meriläinen J., Mikola P., Raatikainen M. & Ruuhijärvi R.: *Suomen luonto 3. Suot*, s. 25–82. Kirjayhtymä. Helsinki 1980.

- Eurola S., Kaakinen E., Saari V., Huttunen A., Kukko-oja K. & Salonen V. (2015). *Sata suotyyppejä*. Julkaisija: Thule-instituutti, Oulangan tutkimusasema, Oulun yliopisto. Juvenes Print. Oulu 2015. 89 s.
- Frilander P., Leinonen A. & Alakangas E. (1998). *Turpeen tuotantoteknologia. Teoksessa* Korhonen R., Aapala K., Laine J., Myllys M., Ruuhijärvi R., Sopo R. & Vasander H.: *Suomen Suot*, 99-106 s. Julkaisija: Suoseura ry. Gummeruksen kirjapaino 1998.
- Grill P., Hargreaves K. & Korhola A. (2000). *Turpeen asema Suomen kasvihuonekaasutaseissa*. Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 20/2000. Helsinki. 70 s.
- Günther A., Jurasinski G., Albrecht K., Gaudig G., Krebs M. ja Glatzel S. *Greenhouse gas balance of an establishing Sphagnum culture on a former bog grassland in Germany*. 2017. *Mires and Peat*, Volume 20 (2017/18), Article 02, 1–16.
- Heikkinen K., Ihme R. & Lakso E. (1994). *Ravinteiden, orgaanisten aineiden ja raudan pidättymiseen johtavat prosessit pintavalutuskentällä*. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A. Vesi- ja ympäristöhallitus, Oulun vesi- ja ympäristöpiiri. Helsinki 1994. 84 s.
- Huttunen R. Kuuva P., Kinnunen M., Lemström B. & Hirvonen P. (2022). *Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia*. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2022:53. Julkaisija: Työ- ja elinkeinoministeriö. 212 s.
- IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34.
- Kaakinen E., Aapala K. & Kokko A. (2008). *Suoluonnon monimuotoisuus. Teoksessa* Korhonen R., Korpela L. & Sarkkola S.: *Suomi-Suomaa: Soiden ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö*, 34-54 s. Suoseura ry, Maahenki Oy.
- Karppinen A. & Postila H. (2015). *Turvetuotannon vesistökuormituksen muodostuminen ja sen hallintamahdollisuuksia. SulKa-hankkeen loppuraportti 2015*. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 23/2015. Suomen ympäristökeskus. 126 s.
- Kirkinen, J., Minkkinen, K., Penttilä, T., Kojola, S., Sievänen, R., Alm, J., Saarnio, S., Silvan, N., Laine, J. & Savolainen, I. (2007). *Greenhouse impact due to different peat fuel utilisation chains in Finland — a life-cycle approach*. *Boreal Env. Res.* 12: 211–223.
- Kokko, A. (1989). *Suoluonnon tila ja ojituksen kohdistuminen eri päätyyppiryhmiin ja suotyyppeihin Etelä- ja Keski-Suomessa sekä Pohjanmaan ja Kainuun alueilla 1989*. Oulun yliopiston Oulangan biologisen aseman monisteita NO. 12. Oulun yliopisto. Monistus- ja kuvakeskus. 76 s.
- Korhola A. & Tolonen K. (1998). *Suomen soiden kehityshistoria ja turpeen pitkäaikaiskertymät. Teoksessa* Korhonen R., Aapala K., Laine J., Myllys M., Ruuhijärvi R., Sopo R. & Vasander H.: *Suomen Suot*, s. 20-26. Julkaisija: Suoseura ry. Gummeruksen kirjapaino 1998.
- Korhonen T., Hirvonen P., Rämetsä R. & Karjalainen S. (2021). *Turvetyöryhmän loppuraportti*. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2021:24. Helsinki 2021. 123 s.
- Küttim M., Küttim L., Ilomets M. & Laine A. Controls of *Sphagnum* growth and the role of winter. 2019. *Ecological Research* 35 (1).

- Krebs M., Gaudig G., Matchutadze I. & Joosten H. (2018). *Sphagnum* regrowth after cutting. *Mires and Peat*, Volume 20 (2017/18), Article 12, 1–20.
- Laasenaho K. & Lauhanen R. (2022). *Tuuli- ja aurinkovoima kasvattavat suosiotaan turvetuotannosta vapautuvien suonpohjien jälkikäyttömuotona: Aluetarkastelu Etelä-Pohjanmaalta*. Suoseura–Finnish Peatland Society. Helsinki 2022 *Suo* 73 (2): 27–34 – Katsauksia.
- Lahtinen L., Mattila T., Myllyviita T., Seppälä J. & Vasander H. (2021). *Effects of paludiculture products on reducing greenhouse gas emissions from agricultural peatlands*. *Ecological Engineering* 175 (2022) 106502.
- Laine J. ja Vasander H. (1998). *Suo ekosysteeminä*. Teoksessa Korhonen R., Aapala K., Laine J., Mylly M., Ruuhijärvi R., Sopo R. & Vasander H.: *Suomen Suot*, s. 10–19. Julkaisija: Suoseura ry. Gummeruksen kirjapaino 1998.
- Laine J., Minkkinen K., Laiho R., Tuittila E-S. & Vasander H. (2000). *Suokasvit–Turpeen tekijät*. Helsingin yliopiston metsäekologian laitoksen julkaisuja 24. Toimittaja: Ahti Kotisaari. Vammalan kirjapaino. 55 s.
- Laine J., Komulainen V-M., Laiho R., Minkkinen K., Rasinmäki A., Sallantaus T., Sarkkola S., Silvan N., Tolonen K., Tuittila E-S., Vasander H. & Päivänen J. (2002). *Lakkasuo -opas suon ekosysteemiin*. Helsingin yliopiston Metsäekologian laitoksen julkaisuja 26. Vammalan kirjapaino 2002. 120 s.
- Laine-Petäjäkangas A., Maanavilja L., Allonen O., Sutinen H. ja Vähäkuopus T. (2023) *Turvetuotannosta vapautuvien suonpohjien hiiliviisas jatkokäyttö*. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimustyöraportti 82/2023. 35 s.
- Lappalainen E. (1998). *Suomen suo- ja turvevarat*. Teoksessa: Teoksessa Korhonen R., Aapala K., Laine J., Mylly M., Ruuhijärvi R., Sopo R. & Vasander H.: *Suomen Suot*, 36-38 s. Julkaisija: Suoseura ry. Gummeruksen kirjapaino 1998.
- Lappalainen E. (2008). *Soiden varhaiskäyttöä ja uskomuksia*. Teoksessa Korhonen R., Korpela L. & Sarkkola S.: *Suomi-Suomaa: Soiden ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö*. s. 86–92. Suoseura ry, Maahenki Oy.
- Maa- ja Metsätalousministeriö. (2011). *Soiden ja turvemaiden kansallista strategiaa valmistellut työryhmä. Ehdotus soiden ja turvemaiden kestävä ja vastuullisen käytön ja suojelun kansalliseksi strategiaksi*. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki 2011.
- Marttila V., Granholm H., Heikinheimo P., Hyvärinen E., Joutsamo E., Karjalainen T. Kauppi P., Kortelainen P., Mäkipää R., Nuutinen T., Nyrhinen T., Pingoud K., Raivio S. & Esala M. (2000). *Ilmastopimuksen ja Kioton pöytäkirjan metsien hiilivarastoja ja nieluja käsittelevän työryhmän muistio*. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki 2000. 80 s.
- Mylly M. & Sinkkonen M. (2004). *Viljeltyjen turve- ja multamaiden pinta-ala ja alueellinen jakautuminen Suomessa*. *Suo* 55(3-4) 53-60. Suoseura – Finnish Peatland Society. Helsinki 2004.
- Mylly M. & Soini S. (2008). *Suot maanviljelyssä, soiden maatalouskäyttö tänään*. Teoksessa Korhonen R., Korpela L. & Sarkkola S.: *Suomi-Suomaa: Soiden ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö*, 93-95 s. Suoseura ry, Maahenki Oy.

- Mäkilä M. (2008). *Soiden pintakerrosten hiilivarastot. Teoksessa Korhonen R., Korpela L. & Sarkkola S.: Suomi-Suomaa: Soiden ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö*, 76–84 s. Suoseura ry, Maahenki Oy.
- Naukkarinen V. (2021). *Kosteikkoviljelyn kasviopas*. Baltic sea action group 2021. 19 s.
- Ojanen P., Aapala K., Hotanen J-P., Kokko A., Kortelainen P., Marttila H., Nieminen M., Nieminen T. M., Punttila P., Rehell S., Sallantausta T., Sarkkola S., Tiainen J., Turusen J., Valkola S., Vasander H., Vähäkuopus T. & Minkkinen K. (2020). *Ojituksen vaikutus luonnon monimuotoisuuteen, ilmastoon ja vesistöihin – yhteenveto*. Helsinki 2020 *Suo* 71(2): 93–114.
- Paajala J. & Kauppi H. (1989). *Turve – Ympäristö – Yhteiskunta Osa 2: Turpeen polton päästöt*. Tiedonantoja N:o 63. Oulun yliopisto. Pohjois-Suomen tutkimuslaitos. 91 s.
- Parviainen T. (2007). *Ruokohelpiviljelyn optimointi suopohjilla*. Turvetuotantoalueiden geologisen ympäristön, pohjaturpeen sekä kierrätyslannoitteiden käytön vaikutus ruokohelmin käyttämiin alkuaineisiin ja satoon. Luonnontieteellinen tiedekunta, Geologian laitos, Oulun yliopisto. 258 s.
- Postila H., Saukkoriipi J., Heikkinen K., Karjalainen S.M., Kuoppala M., Marttila H., Kløve B. (2012). Can treatment wetlands be constructed on drained peatlands for efficient purification of peat extraction runoff? *Geoderma*: 228-229, 33-43.
- Reinikainen O. (1998). *Turpeen käyttö kasvinviljelyssä ja maataloudessa. Teoksessa Korhonen R., Aapala K., Laine J., Mylly S., Ruuhijärvi R., Sopo R. & Vasander H.: Suomen Suot*, 88-92 s. Julkaisija: Suoseura ry. Gummeruksen kirjapaino 1998.
- Reinikainen O., Pahkala K. & Suominen M. (2008). *Ruokohelven viljely suopohjalla. Teoksessa Korhola R., Korpela L. & Sarkkola S.: Suomi-Suomaa: Soiden ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö*, 217–221 s. Suoseura ry, Maahenki Oy.
- Reinikainen O. & Picken P. (2008). *Kasvua ja ympäristön hoitoa. Teoksessa Korhonen R., Korpela L. & Sarkkola S.: Suomi-Suomaa: Soiden ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö*, 189–195 s. Suoseura ry, Maahenki Oy.
- Rinttilä R., Selin P. & Reinikainen O. (1998). Turve ympäristönhoidossa. Yhteenveto tutkimuksista, käyttökokemuksista ja viranomaisohjeista. Vapo Oy. Helsinki 1998. 88 s.
- Ruuhijärvi R. (1980). *Suoluntoa pohjoisesta etelään. Teoksessa Havas P., Haukioja E., Häyrinen U., Leinonen M., Meriläinen J., Mikola P., Raatikainen M. & Ruuhijärvi R.: Suomen luonto 3. Suot*, s. 123–164. Kirjayhtymä. Helsinki 1980.
- Räsänen, A., Isoaho, A., Ikkala, L., Hautala, R., Bigler, O., Keränen, K., Ahonen, S. & Kareksela, S. (2023). *Ennallistettujen soiden tilan seuranta: Kokemuksia vesienpalautuksen seurannasta ja kauko- kartoitusmenetelmistä*. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 112/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 57 s.
- Röpelinen J., Halkola O. & Lakso E. (1997). *Matalakuormitteinen turvetuotanto*. Sihti II – tutkimuksen loppuraportti. Oulun yliopisto. Vesitekniikan laboratorio. 102 s.
- Saarnio S., Minkkinen K., Maljanen M. & Laine J. (2008). *Soiden hiilitaseet ja kasvihuonekaasujen vaihto. Teoksessa Korhonen R., Korpela L. & Sarkkola S.: Suomi-Suomaa: Soiden ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö*, 56–66 s. Suoseura ry, Maahenki Oy.

- Salonen V-P., Eronen M. & Saarnisto M. (2002). *Käytännön maaperägeologia*, 234 s. Otavan Kirjapaino Oy. Turku 2002.
- Savolainen V. & Silpola J. (2008). *Energiaa turpeesta*. Teoksessa Korhonen R., Korpela L. & Sarkkola S.: *Suomi-Suomaa: Soiden ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö*, 176–188 s. Suoseura ry, Maahenki Oy.
- Selin P. (1998). *Useita mahdollisuuksia suopohjien jälkikäytölle*. Teoksessa Korhonen R., Aapala K., Laine J., Myllys M., Ruuhijärvi R., Sopo R. & Vasander H.: *Suomen suot*, 128–129 s. Julkaisija: Suoseura ry. Gummeruksen kirjapaino 1998.
- Seppä H. (1998). *Suomen soiden pinnanmuodot*. Teoksessa Korhonen R., Aapala K., Laine J., Myllys M., Ruuhijärvi R., Sopo R. & Vasander H.: *Suomen Suot*. s. 22–33. Julkaisija: Suoseura ry. Gummeruksen kirjapaino 1998.
- Seppälä J., Grönroos J., Koskela S., Holma A., Leskinen P., Liski J., Tuovinen J-P., Laurila T., Turunen J., Lind S., Maljanen M., Martikainen P. & Kilpeläinen A. (2010). *Climate impacts of peat fuel utilization chains – a critical review of the Finnish and Swedish life cycle assessments*. Suomen ympäristökeskus 16/2010. 122 s.
- Silvan N. (2008). *Rahkasammalten viljely*. Teoksessa Korhonen R., Korpela L. & Sarkkola S.: *Suomi-Suomaa: Soiden ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö*. Suoseura ry, Maahenki Oy. 230–233 s.
- Silvan N., Saarinen M., Sarkkola S., Päivänen Juhani & Vasander H. (2008). Siikaneva – Pirkanmaan laajin suoerämaa. Helsingin yliopiston Metsäekologian laitoksen julkaisuja 37. 88 s.
- Svahnbäck L. (2005). *Turvetuotannon vesistökuormitus ja kuormituksen ennakoarviointi*. 85-96 S. Teoksessa Tikkanen H. & Jokela S.: *Soiden moninaiskäyttö: Turvetuotanto Keski-Pohjanmaan maakuntakaavassa*. Länsi-Suomen ympäristökeskus 2005. 113 s.
- Tikkanen H. & Jokela S. (2005). *Soiden moninaiskäyttö: Turvetuotanto Keski-Pohjanmaan maakuntakaavassa*. Länsi-Suomen ympäristökeskus 2005. 113 s.
- Toivonen, T., Herranen, T., Kivilompolo, J., Kujala, H., Laatikainen, M., Suomi, T., Turunen, J., Valo, O. & Vähäkuopus, T. 2022. *GTK:n tutkimien soiden tutkimustilanne ja luonnontilaisuusluokitukset maakunnittain*.
- Tolonen K. (1980). *Suo–Suomen synty*. Teoksessa Havas P., Haukioja E., Häyrinen U., Leinonen M., Meriläinen J., Mikola P., Raatikainen M. & Ruuhijärvi R.: *Suomen luonto 3. Suot* s. 7–24. Kirjayhtymä. Helsinki 1980.
- Turunen J. (2008). *Suopinta-alan ja hiilivarastojen muutokset*. Teoksessa Korhonen R., Korpela L. & Sarkkola S.: *Suomi-Suomaa: Soiden ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö*, 67–75 s. Suoseura ry, Maahenki Oy.
- Tuusjärvi, M., Virtanen, K., Tontti, M., Ahtola, T., Kinnunen, K., Luodes, H., Torppa, A., Hyvärinen, J., Kallio, J., Holmijoki, O. ja Vuori, S. 2009. *Geologien luonnonvarojen hyödyntäminen Suomessa vuonna 2008*. Geologian tutkimuskeskus, tutkimusraportti 179, 58 s.
- Vasander H. & Roderfeld H. (1998). *Suopohjien ennallistaminen*. Teoksessa Korhonen R., Aapala K., Laine J., Myllys M., Ruuhijärvi R., Sopo R. & Vasander H.: *Suomen Suot*, 143–147 s. Julkaisija: Suoseura ry. Gummeruksen kirjapaino 1998.

- Vesterinen R. (1998). *Turpeen polton päästöt ja niiden hallinta*. Teoksessa Korhonen R., Aapala K., Laine J., Mylly M., Ruuhijärvi R., Sopo R. & Vasander H.: *Suomen Suot*, 155–158 s. Julkaisija: Suoseura ry. Gummeruksen kirjapaino 1998.
- Virtanen K., Hänninen P., Kallinen R-L., Vartiainen S., Herranen T. & Jokisaari R. (2000). Suomen turvevarat 2000. Tutkimusraportti 156. Geologian tutkimuskeskus, Espoo 2003.
- Virtanen K. (2008). *Soiden synty ja kehitys*. Teoksessa Korhonen R., Korpela L. & Sarkkola S.: *Suomi-Suomaa: Soiden ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö*, 12–20 s. Suoseura ry, Maahenki Oy.
- Väyrynen T., Aaltonen R., Haavikko H., Juntunen M., Kalliokoski K., Niskala A-L. & Tukiainen O. (2008). *Turvetuotannon ympäristösuojeluopas*. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. 61 s.
- Ympäristöministeriö 2022. *Rahkasammaleen korjuun ympäristövaikutukset – Yhteistyöryhmän loppuraportti*. Ympäristöministeriö 2022. 21 s.
- Ziegler R., Wichtmann W., Abel S., Kemp R., Simard M. & Joosten H. (2021). *Wet peatland utilisation for climate protection – An international survey of paludiculture innovation*. *Cleaner Engineering and Technology* 5 (2021) 100305.

Internet-lähteet

- Euroopan unionin julkaisuja. Tieto haettu 29.4.2024. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021R1119>>
- Honkanen H., Kekkonen H., Heikkinen J., Kaseva J. ja Lång K. Minor effects of no-till treatment on GHG emissions of boreal cultivated peat soil. 2023. *Biogeochemistry*. Tieto haettu 13.3.2024. <<https://doi.org/10.1007/s10533-023-01097-w>>
- Ozola I., Dauskane I., Aunina I. & Stivrins N. (2023). *Paludiculture in Latvia—Existing Knowledge and Challenges*. *Land* 2023, 12, 2039. Tieto haettu 2.4.2024. <<https://doi.org/10.3390/land12112039>>
- Paulsson K. (2021). Föreläsning om Store Mosse: *Hur lagar man en mosse?* Naturum Store Mosse nationalpark. Sveriges utbildningsradio AB. Tieto haettu 10.2.2024. <<https://urplay.se/program/224396-ur-samtiden-naturum-store-mosse-hur-lagar-man-en-mosse>>
- Pääministeri Petteri Orpon hallituksen ohjelma. (2023). *Vahva ja välittävä Suomi*. Valtioneuvoston julkaisuja 2023:58. Tieto haettu 11.4.2024. <<https://valtioneuvosto.fi/hallitukset/hallitusohjelma#/7>>
- Räsänen A., Albrecht E., Annala M., Aro L., Laine A., Maanavilja L., Mustajoki J., Ronkanen A-K., Silvan N., Tarvainen O. & Tolvanen A. (2023). *After-use of peat extraction sites – A systematic review of biodiversity, climate, hydrological and social impacts*. *Science of the total environment*. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163583>>