

OPINNÄYTETYÖ

VELI-MATTI VARTIAINEN 2014

**POHJAVEDENPINNAN ETÄISYYDEN,
SÄÄOLOJEN JA KASVILLISUUDEN
VAIKUTUS TAIMETTUMISEEN
TURVEMAALLA**

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU

METSÄTALouden KOULUTUSOHJELMA

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU
LUONNONVARA- JA YMPÄRISTÖALA
Metsätalouden koulutusohjelma

Opinnäytetyö

**POHJAVEDENPINNAN ETÄISYYDEN, SÄÄOLOJEN
JA KASVILLISUUDEN VAIKUTUS TAIMETTUMISEEN
TURVEMAALLA**

Veli-Matti Vartiainen

2014

Toimeksiantaja Metsähallitus

Ohjaaja Liisa Kuutti

Hyväksytty _____ 2014 _____

Työ on kirjastossa lukusalikappale

Tekijä	Veli-Matti Vartiainen	Vuosi	2014
Toimeksiantaja Työn nimi	Metsähallitus Pohjavedenpinnan etäisyyden, sääolojen ja kasvillisuuden vaikutus taimettumiseen turvemaalla		
Sivu- ja liitemäärä	71		

Opinnäytetyön tavoitteena oli Parkanon Liesinevalla vuonna 1997–2001 tehtyjen koejärjestelyiden perusteella sekä mahdollisesti aiheeseen liittyvien tutkimusten avulla selvittää, millainen vaikutus pohjavedenpinnan, kasvillisuuden ja sääolojen vaihtelulla on turvemaiden taimettumisherkyyteen. Turvemaiden uudistaminen tulee lähitulevaisuudessa lisääntymään voimakkaasti ja uudistamistöihin joudutaan turvemailla investoimaan selvästi enemmän kuin kivennäismailla. Tämän vuoksi tutkimuskohteeksi tulisi ottaa myös vähemmän kustannuksia aiheuttavia maanmuokkaus- ja uudistamisvaihtoehtoja, jolloin myös ravinteisuudeltaan heikompia kasvupaikkojen uudistaminen olisi kannattavaa.

Liesinevalle vuonna 1997 perustettu koe oli ruohoisesta sararämeestä kehittynyt mustikkaturvekangas (mtkg II), jonka kuivatus oli tehty 1930-luvun puolivälissä ja avohakkuu talvella 1996–1997. Luontaista siemensadantaa jäljittelevä männyn kylvä tehtiin kolmena vuotena (1997–1999) turvetta paljastetuille laikkupinnoille sekä muokkaamattoman pohjakerroksen kärkepinnoille ja sammalkasvustoon. Pohjavedenpinnan etäisyys luokiteltiin kolmelle tasolle (0–20, 21–40 ja 41–60 cm). Kokeessa mitattiin lisäksi kasvillisuuden peittävyysmuutokset jokaisen kasvukauden päätteeksi (1997–2001) sekä sääolot koko inventointia vastaavalta ajalta. Maastomittaukset suoritettiin Parkanon Metsäntutkimuslaitoksen kenttätyöväen toimesta. Tutkimusaineistoa analysoin SPSS-tilastojenkäsittelyohjelmalla.

Muokkaamattomalla pinnalla pohjaveden kautta tapahtuva veden kapillaarinen nousu mahdollisti verrattain hyvän taimettumistuloksen myös kuivana kasvukautena silloin, kun pohjavedenpinta oli lähellä maan pintaa. Sääoloiltaan tasaisen kasvukauden aikana laikkupinnan taimettumistulos oli kuitenkin huomattavasti parempi kuin muokkaamattomalla pinnalla. Laikkupinnalla taimettuminen jäi kuivan ja vähäsateisen kasvukauden aikana (1999) muokkaamatonta pintaa heikommaksi johtuen todennäköisesti heikommasta kapilaariyhteydestä mutta ennen kaikkea laikkupinnan kasvillisuuden selkeästä lisääntymisestä viimeisenä kylvövuonna.

Pohjavedenpinnan etäisyyden lisäksi turvemaan taimettumisherkyyteen vaikuttavat lukuisat ympäristötekijät. Lähellä maan pintaa oleva pohjavedenpinta parantaa taimettumisherkyyttä, mutta myös lisää kilpailevaa kasvillisuutta ja sateisena kasvukautena pohjavedenpinta voi nousta taimettumisen kannalta liikaa. Lisäksi taimien juurtuminen ja kasvuun lähtö edellyttää huomattavasti syvempää pohjavedenpinnan tasoa, jolloin kunnostusojitus tulisi suorittaa hyvin pian siementen itämisen jälkeen. Tällöin useammassa vaiheessa tehtävät uudistamiseen liittyvät toimenpiteet nostaisivat kustannuksia entisestään. Näin ollen pohjavedenpinnan nostamista lähelle maanpintaa ei tämän tutkimuksen sekä aiheeseen liittyvien tutkimusten perusteella ole perusteltua soveltaa käytännön töissä.

Avainsanat: itäminen, turvema, pohjavedenpinta, luontainen uudistaminen

Forestry programme

Author	Veli-Matti Vartiainen	Year	2014
Commissioned by	Metsähallitus		
Subject of thesis	Effect of water table level, weather conditions and vegetation on seed germination and early seedling development in peatland		
Number of pages	71		

The aim of this thesis was to find out the effect of the water table level, weather conditions and vegetation on seed germination and early seedling development in peatland based on a test field made in Parkano's Liesineva between 1997–2001 but also based on related studies. The rate of renewal of forests on drained peatlands will rapidly increase in the near future and the costs of forest regeneration in peatlands are bigger than in mineral soils. Therefore field tests are needed to examine less costly forest regeneration and soil preparation techniques in order to regenerate also less nutritious forestry-drained peatlands.

The experimental site situated in Liesineva represents blueberry drained peatland forest site type. The area was drained in the 1930s and clearcut in the winter of 1997. The sowing of Scots pine was made in scalps and in unmodified surfaces during three years (1997–1999) in order to imitate natural regeneration. The depth of the water table level was grouped in to three levels (0–20, 21–40 and 41–60 cm). In this field test the changes in the composition of the ground vegetation was measured at the end of the growing season (1997 – 2001) and both heat and moisture conditions wear measured throughout the study. The field measurements wear made by the personnel of the Parkano Finnish Forest Research Institute. The research material was analyzed by SPSS-software.

In unmodified surface the results of germination was particularly good also during drier season mostly because of the capillary contact when the depth of the water table level was close to surface. In a growing season characterized by average rainfall and temperature, the regeneration result was significantly better in scalps than unmodified surface. During the warm and dry season (1999) the bad germination in scalps was probably caused by poor capillary contact but more importantly because of the increase in ground vegetation.

In addition to the water table level the success of the forest regeneration depends on many site characteristics in forestry-drained peatlands. When the water table level is close to surface the germination of the seeds is better but also increases ground vegetation and during wet seasons the water table level may easily rise too close to surface. In order to enable the rooting and the growth of the seedlings the water table level must be much lower and therefore the ditch should be carried out very soon after the germination of the seedlings. Organizing forestry management operations more than one stage is not cost-effective. According to results and related studies raising the water table is not worth testing in the field.

Key words: germination, peatland, water table level, natural regeneration

SISÄLLYS

KUVIO – JA TAULUKKOLUETTELO	1
1 JOHDANTO	2
2 TURVEMAAT METSÄNKASVATUSALUSTANA	5
2.1 Turpeen muodostuminen	5
2.2 Pohjavedenpinta	6
2.3 Turvemaan lämpöolot	8
2.4 Kasvillisuus.....	10
3 TURVEMAIDEN UUDISTAMINEN – KANNATTAVUUS JA MENETELMÄT	14
3.1 Turvemaiden uudistamisen kannattavuuteen vaikuttavat tekijät	14
3.1.1 Turvemaiden hakkuupotentiaali.....	14
3.1.2 Turvemaiden puusto ja puunkorjuu	15
3.1.3 Kunnostusojitus ja maanmuokkaus	16
3.1.4 Lannoitus	17
3.1.5 Turvemaiden vesiensuojelu	18
3.2 Uudistamismenetelmät	19
3.2.1 Männyn luontainen uudistaminen	19
3.2.2 Kuusen luontainen uudistaminen.....	19
3.2.3 Männyn kylvö.....	22
3.2.4 Maanmuokkausmenetelmän valinta luontaisen uudistamisen ja kylvön yhteydessä.....	24
4 AINEISTO JA SEN KÄSITTELY.....	28
4.1 Koeruudut	28
4.2 Näytealat ja kylvö	29
4.3 Pohjavedenpinta	30
4.4 Kasvillisuus.....	31
4.5 Lämpötila ja sademäärä.....	32
4.6 Aineiston luokittelu	32
4.7 Aineiston analysointi	35
5 TULOKSET	38
5.1 Taimettuminen	38
5.1.1 Kruskall-Wallis testin ja Spearmanin järjestyskorrelaatio.....	38
5.1.2 Vuoden 1997 taimettumistulokset.....	40
5.1.3 Vuoden 1998 taimettumistulokset.....	41
5.1.4 Vuoden 1999 taimettumistulokset.....	42
5.1.5 Luontainen taimiaines.....	43
5.2 Kasvillisuus.....	45
5.2.1 Kasvillisuuden kehitys pohjakerroksessa	45
5.2.2 Kasvillisuuden kehitys kenttäkerroksessa	47
5.3 Lämpösumma ja sademäärä	49
5.3.1 Vuosittaiset lämpösummat ja sademäärät.....	49
5.3.2 Sademäärän ja lämpösumman vaikutus taimettumiseen	50
6 TULOSTEN TARKASTELU JA LUOTETTAVUUS	55
6.1 Eri tekijöiden vaikutukset taimettumiseen	55
6.2 Tulosten luotettavuus ja yleistettävyys.....	58
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	62
LÄHTEET	65

KUVIO – JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Periaatekuva luonnontilaisen suon, turvekankaan ja kangasmetsän pintamaan (noin 60cm) maalajeista, pohjavesisuhteista ja hapekkuus - (aerobisuus-) tilanteesta (ks. Päivänen 2007, 206)	5
Kuvio 2. Turvemaiden hakkuupotentiaali (m^3/v , ks. Uurtamo 2008).....	14
Kuvio 3. Koeruudut	28
Kuvio 4. Näyteala	29
Kuvio 5. Pohjavedenpinnan etäisyyden vaihtelu eri tavoitesyvyyksillä vuosina 1997–1999.....	33
Taulukko 1. Tutkimukseen mukaan luetut koeruudut	34
Taulukko 2. Sademäärän ja lämpösumman luokkarajat.....	35
Taulukko 3. Taimettumisen jakauman normaalisuus (vinokkuus ja huipukkuus)	36
Taulukko 4. Taimettumisen jakauman normaalisuus (Kolmogorov-Smirnovin testi)	37
Taulukko 5. Taimettumisen ja pohjavedenpinnantason etäisyyden välinen tilastollinen merkitsevyys (Kruskall-Wallis testin testi).....	38
Taulukko 6. Taimettumisen ja pohjavedenpinnan etäisyyden väliset Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimet.....	39
Kuvio 6. Vuoden 1997 kuukausikohtainen taimettumistulos eri luokitelluilla pohjavedenpinnan etäisyyksillä	40
Kuvio 7. Vuoden 1998 kuukausikohtainen taimettumistulos eri luokitelluilla pohjavedenpinnan etäisyyksillä	42
Kuvio 8. Vuoden 1999 kuukausikohtainen taimettumistulos eri luokitelluilla pohjavedenpinnan etäisyyksillä	43
Kuvio 9. Luontaisesti syntyneiden ja kylvettyjen taimien määrät (kpl/ha) vuosina 1997–1999.....	44
Kuvio 10. Pohjakerroksen kasvillisuuden kehitys muokkaamattomalla pinnalla vuosina 1997–2001	46
Kuvio 11. Pohjakerroksen kasvillisuuden kehitys laikkupinnalla vuosina 1997–2001	47
Kuvio 12. Kenttäkerroksen kasvillisuuden kehitys muokkaamattomalla pinnalla vuosina 1997–2001	47
Kuvio 13. Kenttäkerroksen kasvillisuuden kehitys laikkupinnalla pinnalla vuosina 1997–2001.....	48
Kuvio 14. Lämpösumman kehitys vuosina 1997–1999	49
Kuvio 15. Sademäärän kehitys vuosina 1997–1999	50
Taulukko 7. Taimettumisen ja sääolojen välinen tilastollinen merkitsevyys (Kruskall-Wallis testin testi).....	50
Kuvio 16. Itäneiden taimien määrät sekä yhteenlasketut sademäärät vuosina 1997–1999.....	51
Kuvio 17. Itäneiden taimien määrät sekä yhteenlasketut lämpösummat vuosina 1997–1999.....	52
Kuvio 18. Kesäkuun sademäärät sekä itäneiden taimien määrät vuosina 1997–1999	53
Kuvio 19. Kesäkuun sademäärät sekä itäneiden taimien määrät vuosina 1997–1999	53

1 JOHDANTO

Suomen noin kymmenen miljoonan hehtaarin suopinta-alasta on ojitettuna 54 prosenttia ja ojitusten vaikutuksesta turvemaiden puusto on 50 vuodessa kaksinkertaistunut 250 miljoonasta 500 miljoonaan kuutiometriin (Ruotsalainen 2007, 5). Vuonna 1928 säädetyn ensimmäisen metsänparannuslain myötä alkaneen uudisojituksen aikakauden seurauksena Suomessa kuivattiin soita lähes miljoona hehtaaria. Osa näistä muuttumiksi ja turvemaiksi kehittyneistä ojitusalueista on pitkään ollut uudistamiskyssä vaiheessa tai niiden uudistaminen tulee ajankohtaiseksi hyvin pian, sillä uudisojitusalueet ovat olleet jo kuivatushetkellä puustoisia. (Saarinen 2013, 11.) Suurin merkitys suometsillä on Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla, jossa ne muodostavat noin 40 prosenttia koko metsäma-alasta (Väätäinen–Lamminen–Siren–Ala-Illomäki–Asikainen 2010, 6).

Uudistaminen ja uudistamistoimenpiteiden valinta voi metsänkasvatuksen kannattavuuden osalta olla kaikkein tärkein päätöksentekotilanne. Metsän kasvatuksen tavoitteena on suunnitella hakkuut ja metsänhoitotoimenpiteet niin, että tulojen ja kustannusten yhteenlaskettu arvo olisi mahdollisimman suuri (Hyytiäinen–Tahvonen 2005, 161, 165). Turvemaiden metsänhoidon kannattavuus on vasta viime aikoina saanut enemmän jalansijaa, sillä metsänparannushengessä on vielä viime vuosiin asti pyritty aktiiviseen metsänhoidon ja metsänparannustoimenpiteiden avulla saamaan aikaiseksi hyväkuntoinen ja tuottava metsikkö (Kojola 2009, 22). Tämän vuoksi tutkimuskohteeksi tulisi ottaa myös vähemmän kustannuksia aiheuttavia maanmuokkaus- ja uudistamisvaihtoehtoja (Heikkilä 2007, 26), jolloin myös ravinteisuudeltaan heikomprien kasvupaikkojen uudistaminen olisi kannattavaa.

Metsien uudistaminen edellyttää yhä useammin turvemaiden kasvupaikkojen erityispiirteiden tuntemusta. Tiedon puute koskee erityisesti itse taimettumista eli itämistä ja sirkkataimien kehitystä sekä erilaisten ympäristötekijöiden siinä aiheuttamaa vaihtelua. (Saarinen 1997, 1-2.) Ojitettujen turvemaiden lämpöolot ja ravinnesuhteet sekä erityisesti kasvillisuus ja siinä tapahtuvat muutokset kuin myös kasvualustan kosteusvaihtelut ovat turvemaiden luontaisen uudistamisen ja kylvön onnistumisen kannalta merkittävimmät

tekijät (Saarinen 2013, 12). Metsäntutkimuslaitoksen vanhemman tutkijan Markku Saarisen (1997) mukaan ajatus turvekankaiden taimettumisherkkyiden parantamisesta pohjavedenpinnan tasoa nostamalla on yksi tärkeimpiä vanhojen ojitusalueiden luontaisen uudistamisen tutkimusaiheita.

Opinnäytetyön tavoitteena oli Parkanon Liesinevalla vuosina 1997–2001 tehtyjen koejärjestelyiden perusteella sekä mahdollisesti aiheeseen liittyvien tutkimusten avulla selvittää, millainen vaikutus pohjavedenpinnan, kasvillisuuden ja sääolojen vaihtelulla on taimettumisherkkyteen. Aiheen sain keväällä 2011 Metsähallituksen projektipäällikkö Timo Kemppaiselta. Mielestäni opinnäytetyön aihe tuntui kiinnostavalta, sillä metsätalousinsinöörin koulutuksessa ei syvennyt kovinkaan perusteellisesti turvemaiden metsä uudistamisen erityispiirteisiin. Lisäksi aihetta ei ole juurikaan tutkittu, joten opinnäytetyön tutkimuksen tulokset tarjoavat niiden käytettävyydestä riippuen opinnäytetyön tilaajalle hyödyllistä tietoa turvemaiden uudistamisesta pohjavedenpinnan korkeutta säätelemällä.

Liesinevalle vuonna 1997 perustettu koe oli ruohoisesta sararämeestä kehittynyt mustikkaturvekangas (mtkg II), jonka kuivatus oli tehty 1930-luvun puolivälissä ja avohakkuu talvella 1996–1997. Kokeessa pyrittiin tutkimaan pohjavedenpinnan tason vaihtelun vaikutusta taimettumisherkkyteen turvetta paljastavilla laikkupinnoilla sekä muokkaamattoman pohjakerroksen karikepinnoilla ja sammalkasvustoissa. Kokeessa mitattiin myös taimettumiseen vaikuttavina ympäristötekijöinä näytealojen kasvillisuuden peittävyysmuutokset sekä sääolot inventointia vastaavalta ajalta. Mittaustyöt suoritettiin Parkanon Metsäntutkimuslaitoksen kenttätyöväen toimesta.

Liesinevan koejärjestelyissä pohjaveden pinnan taso pyrittiin eri koeruuduilla pitämään mahdollisimman tasaisesti 10, 30 ja 50 senttimetrin tasolla patoamalla ojat pohjapadoilla. Syöttövesien virtauksen ehtymisestä johtuen tässä ei kuitenkaan täysin onnistuttu, minkä vuoksi aineisto tuli luokitella tältä osin uudelleen. Aiemman luokituksen sijaan pohjavedenpinnan tason kuvaamisessa käytettiin 0–20, 21–40 ja 41–60 senttimetrin luokkavälejä. Näihin luokkiin laskettiin mukaan ainoastaan ne koeruudet, joilla pohjavedenpinnan taso pysyi koko kasvukauden niille asetettujen

luokkavälien sisällä.

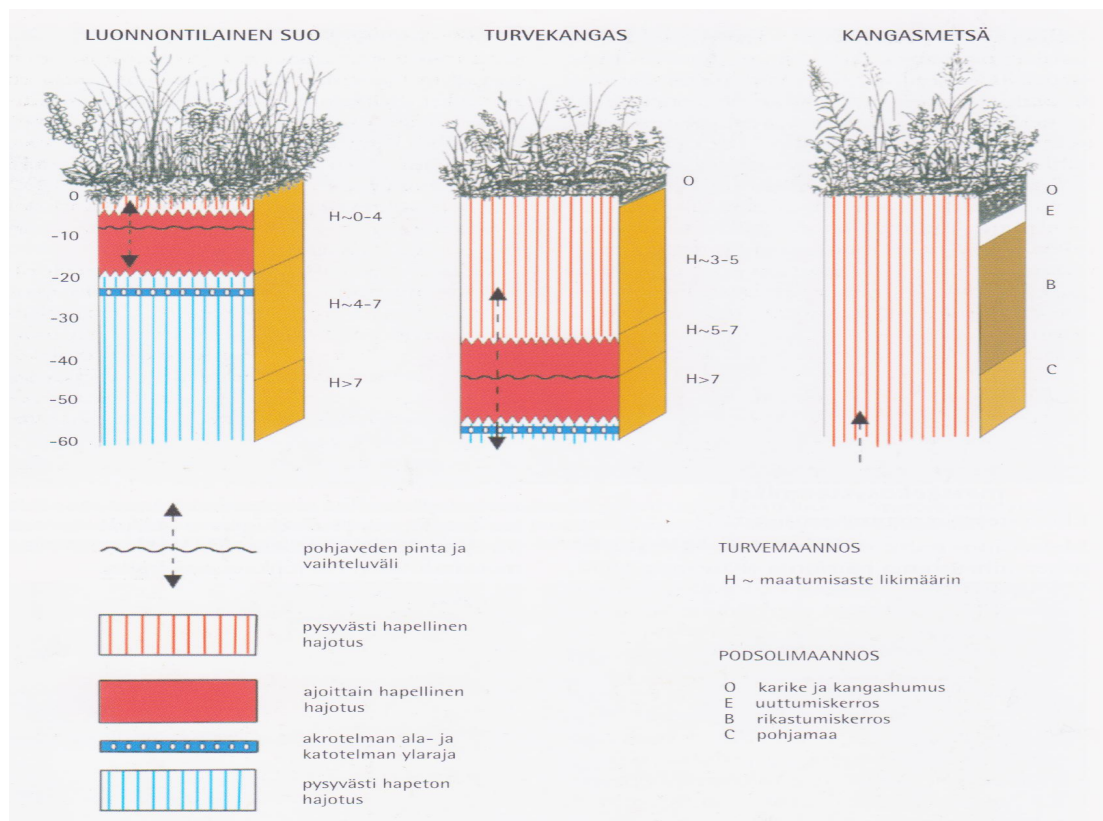
Uudistamistöihin joudutaan turvemailla investoimaan selvästi enemmän kuin kivennäismailla (Ruotsalainen 2007, 22). Tästä syystä opinnäytetyössä oli tarkoituksenmukaista tuoda esille myös niitä tekijöitä, jotka oleellisesti nostavat turvemaiden uudistamisen kustannuksia. Lisäksi tämän kaltaisessa tutkimuksessa on olennaista tuoda esille turvemaiden kasvupaikkojen erityispiirteiden lisäksi luontaisen uudistamisen menetelmät ja niiden soveltuvuus turvemaiden vaihteleville kasvualustoille.

Opinnäytetyöni pääasiallinen tavoite oli selvittää millainen vaikutus pohjavedenpinnan, kasvillisuuden ja sääolojen vaihtelulla on siemenen itämiseen ja taimien varhaiskehitykseen turvemaalla. Käsillä olevan tutkimusaineiston tueksi opinnäytetyössä tuli tuoda esille turvemaiden kasvupaikkojen erityispiirteitä ja luontaisen uudistamisen onnistumiseen ja kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä, sekä verrata tuloksia aikaisempaan aiheeseen liittyvään tutkimustietoon.

2 TURVEMAAT METSÄNKASVATUSALUSTANA

2.1 Turpeen muodostuminen

Turpeella tarkoitetaan epätäydellisesti hajonnutta, kasvinjäänöksistä muodostunutta eloperäistä maalajia, joka on kerrostunut muodostumispaikalleen. Hajoamaan jäävän kasviaineksen määrä koostuu pensas- ja puukerroksen karikkeesta sekä kasvien maanalaisten osien lisäksi kenttäkerroksen kasvillisuuden ja sammalten kuolleista osista. (Päivänen 2007, 15.) Turvetta muodostuu, kun kasvijäänöksiä kertyy maaperään enemmän kuin hajottajamikrobit pystyvät hajottamaan. Tähän on syynä soiden märkyys ja siitä johtuva hapenpuute (Kuvio 1.) sekä soille tyypillisistä kasveista muodostuva, huonosti hajoava karike. (Ahtikoski ym. 2007, 13.)



Kuvio 1. Periaatekuva luonnontilaisen suon, turvekankaan ja kangasmetsän pintamaan (noin 60cm) maalajeista, pohjavesisuhteista ja hapekkuus - (aerobisuus-) tilanteesta (ks. Päivänen 2007, 206)

Turpeen maatumisella tarkoitetaan sen hajoamista humusaineeksi erilaisten kemiallis-fysikaalisten ilmiöiden vaikutuksesta, jolloin orgaaniset ainekset muuttuvat epäorgaaniksi vapauttaen ravinteita kasvien käyttöön. Maatuneisuus puolestaan kuvaa sitä tilaa tai vaihetta, kuinka pitkällä maatuminen on. (Päivänen 2007, 49.) Turpeen ominaisuudet määräytyvät

maatuneisuuden (Päivänen 2007, 49) ja turvetta muodostavan kasvillisuuden ominaisuuksien mukaan ja kasviyhdyskunnan koostumus on puolestaan pitkälti riippuvainen kasveille käytettävissä olevista ravinteista sekä siitä, kuinka märkä suo on (Ahtikoski ym. 2007, 13).

Turve koostuu huokoisesta rakenteesta ja sen kokonaistilavuus jakaantuu kiintoainekseen ja huokostilaan. Huokostila puolestaan jakaantuu edelleen veden ja ilman kesken. (Heiskanen 1999, 14.) Turvemailla huokostilan osuus kokonaistilavuudesta voi vaihdella erittäin heikosti maatuneen turpeen 97 prosentista pitkälle maatuneen turpeen 85 prosenttiin (Päivänen 2007, 48). Se, missä suhteessa kasvualustan huokostila jakaantuu veden ja ilman kesken, määräytyy kasvualustan vedenpidätyskyvyn sekä sadannan ja haihdunnan perusteella (Heiskanen 1999, 14).

2.2 Pohjavedenpinta

Suon syntymisen perusedellytyksenä on ilmastosta tai maan pinnanmuodoista johtuva veden liikkeen hidastuminen sekä veden runsaus maanpinnalla. Lisäksi soistuminen on tyypillistä alueilla, joilla haihduttaa suurempi sadanta ja viileä ilmasto hidastavat biomassan hajoamista sekä edesauttavat märkiin olosuhteisiin sopeutuneiden kasvien kasvua. Ekohydrologian, eli soille tulevan veden määrän ja laadun sekä ajallisen ja paikallisen vaihtelun perusteella suot voidaan jakaa rahkasoihin (ombrotrofiset suot) ja sarasoihin (minerotrofiset suot). (Päivänen 2007, 29, 35–36.)

Rahkasuot saavat vetensä sateen ja ilmaperäisen laskeuman mukana kun taas sarasuot saavat vettä myös suolle purkautuvien pohjavesien mukana. Pohjavedenpinnasta puhuttaessa tarkoitetaan tasoa, jonka alapuolella maan huokostila on vedellä kyllästynyt. Pohjavedenpinnan etäisyys käsitteenä puolestaan kuvaa maanpinnan ja pohjavedenpinnan välistä etäisyyttä, jolla voidaan katsoa olevan suoraan tai välillisesti siemenen itämisen sekä sirkkataimien varhaiskehityksen kannalta oleellinen merkitys. (Päivänen 2007, 29, 35–36, 89.)

Maan (kokonais-) huokostila siis jakaantuu veden ja ilman ja/tai kaasujen kesken kulloinkin vallitsevien olosuhteiden mukaan. Liiallinen kosteus kuten

korkealla oleva pohjavedenpinnan taso vähentää ilmatilan osuutta huokostilassa, millä on suuri merkitys maassa tapahtuville elintoiminnoille. Liiallinen kosteus kasvualustassa vaikuttaa maan tuuletukseen, eli hapen saantiin sekä hiilidioksidin poistumiseen maaperästä. Koska happi ja hiilidioksidi liikkuvat maassa pääosin ilmatilassa molekyylien välisenä lämpöliikkeenä, johtaa lisääntynyt kosteus ilmatilan vähenemiseen ja maan tuuletuksen heikkenemiseen. Turvemaille uudistusojituksen jälkeen ojen kuivatusteho usein heikkenee ja pohjavedenpinnan taso palautuu kohti uudistusojitusta edeltänyttä tilaa, jolloin lähellä maanpintaa olevan pohjaveden vaikutuksesta puuston kasvu heikkenee. (Päivänen 2007, 55, 64–65.)

Kasvien kasvuun tarvittava vesi on turvemaille eri muodoissa. Pohjavedenpinnan etäisyys, sääolot ja turpeen rakenteesta riippuvan itämisalustan vesipitoisuus sekä vedensitoutuneisuus eli vesipotentiali ja sen vaihtelu vaikuttavat itämistulokseen ja sirkkataimien kehitykseen (Saarinen ym. 2013, 51). Vesipitoisuudesta puhuttaessa tarkoitetaan veden tilavuusosuutta kasvualustan kokonaistilavuudesta ja vesipotentiali puolestaan ilmaisee suuruudeltaan sitä voimaa, joka tarvitaan veden irrottamiseksi kasvualustasta (Heiskanen 1999, 14). Vesipotentialin laskiessa itämisenopeuskin laskee ja päinvastoin (Saarinen ym. 2013, 51). Itävän siemenen vedenotto perustuu itämisen myöhemmässä vaiheessa elävien solujen osmoottiseen imuun ja tässä vaiheessa veden sitoutuneisuuden merkitys on itämiseen vaikuttavista tekijöistä suurin (Kaunisto 1971, 5–6).

Luonnossa sääolojen ja erityisesti sadannan (Heikurainen 1971, 6) vaikutus pohjavedenpinnan etäisyyteen on ilmeinen. Erityisesti keski- ja loppukesän poutajaksoina voimakkaasti ojitetuille turvemaille on tyypillistä pohjavedenpinnan etäisyyden kasvaminen taimien kasvun kannalta epäedullisen alhaiseksi (>50 cm). Tällöin pohjaveden kautta tapahtuva veden kapillaarinen nousu on liian hidasta ja johtaa turpeen pintaosan kuivumiseen. (Paavilainen–Virrankoski 1967, 9.) Kauniston (1971, 47) mukaan kuusen taimet kestävät kuivuutta huonommin kuin männyn taimet. Hieskoivun taimettuminen on puolestaan osoittautunut mäntyä ja kuusta vähemmän pohjavesitason syvyydestä riippuvaiseksi (Paavilainen 1970, 15).

Toisaalta myös erityisesti ojittamattomille soille tyypillinen korkea pohjavedenpinnan taso (<10cm) on siemenen itämisen kannalta haitallinen (Kaunisto 1971, 20–21; Mannerkoski 1971, 173–174). Korkealla olevan pohjavedenpinnan epäedullinen vaikutus ilmenee erityisesti muokkaamattomalla turvepinnalla, jolla kapillaarinen yhteys pohjaveteen on voimakkaampaa (Kaunisto 1971, 20–21). Mannerkosken (1985, 174) tutkimuksen tulokset osoittavat pohjavedenpinnan etäisyyden vaikutuksen olevan suurin silloin, kun se on lähellä maan pintaa. Tällöin tilannetta, jolloin pohjavedenpinnan etäisyys on vähäinen ja sen tuomat haittavaikutukset taimien itämiseen korostuvat, tulisi käytännön metsänhoidon toimenpiteissä välttää. Ojitustoimenpiteiden lisäksi tällä voidaan käsittää myös turvemaiden tapahtuvat hakkuut, jotka vähentävät pohjavedenpinnan etäisyyttä varsinkin voimakkaissa päätehakkuissa (Heikurainen–Päivänen 1970, 22).

Sekä kasvihuonekokeissa (Kaunisto 1971, 53; Lähde 1969, 64; Mannerkoski 1971, 123; 1985, 173; Paavilainen 1970, 15) että maastokokeissa (Mannerkoski 1971, 1985, 123) on todettu 10–30 senttimetrin pohjavedenpinnan etäisyyden olevan optimaalisin taimien itämisen ja kehityksen kannalta. Mikäli pohjavedenpinnan etäisyys vähenee vain lyhyeksi aikaa mutta toistuvasti alle 10 senttimetrin on se taimien kasvun kannalta haitallista (Mannerkoski 1985, 173 – 174).

2.3 Turvemaan lämpöolot

Turvemaiden, eli metsäojitettujen soiden lämpöoloihin vaikuttavat muun muassa pohjavedenpinnan taso ja maalajien koostumus. Edellä mainittujen tekijöiden lisäksi turpeessa vallitsevat lämpöolot määräytyvät ilman lämpötilan ja maanpinnalle tulevan auringonsäteilyn, suon topografian, (pinnanmuotojen) puuston ja kenttä- sekä pohjakerroksen kasvillisuuden mukaan. (Hytönen-Silfverberg 1991, 3.) Ojituksella on sekä positiivisia että negatiivisia vaikutuksia turvemaan lämpöoloihin ja ne voidaan jakaa karkeasti vesitaloudessa, turpeen rakenteessa ja kasvillisuudessa tapahtuviin muutoksiin (Heikurainen–Seppälä 1963, 5).

Ojituksen johdosta turpeessa oleva, haihdunnalle altis ja energiaa sitova vesimäärä vähenee, jolloin myös haihdunta vähenee. Multamäen (1946, 235) mukaan haihdunta ja siihen kuluva lämpömäärä voi olla ojitetuilla soilla jopa

kolmanneksen pienempi kuin luonnontilaisilla soilla. Näin ollen turpeen lämpeneminen päivällä voimistuu ja lämpöä johtuu myös syvemmälle turpeeseen (Heikurainen–Seppälä 1963, 5).

Puuston (myös kasvillisuuden) vaikutus turvemaiden lämpöoloihin on ilmeinen. Puuston vaikutus lämpöoloihin perustuu niiden lämpötiloja tasoittavaan sekä haihduttaa voimistavaan vaikutukseen. Runsaspuustoisemmat korvet ovat lämpöoloiltaan vähemmän äärevämpiä kuin harvempipuustoisemmat rämeet. Korvissa vuorokautiset lämpötilan vaihtelut sekä erot pintaturpeen ja syvempien kerrosten välillä ovat pienemmät kuin rämeillä (Heikurainen–Seppälä 1963, 29), koska rämeiden harvempi puusto mahdollistaa paremman auringonsäteilyn pääsyn maan pinnalle. Rämeet ovat siis kasvukauden aikana lämpimämpiä kasvupaikkoja kuin korvet (Heikurainen–Seppälä 1963, 29; Hytönen–Silfverberg 1991, 16) mutta toisaalta myös jäähtyvät syksyllä nopeammin (Heikurainen–Seppälä 1963, 29).

Ojaverkoston ansiosta valuva kylmä ilma pääsee kulkeutumaan muualle, jolloin turvemaan mikroilmasto lämpenee (Heikurainen–Seppälä 1963, 5-6). Ojituksesta johtuva turvemaan lämpöolojen muutos kasvaa ojitustehokkuuden voimistuessa (Heikurainen–Seppälä 1963, 29) erityisesti rämeillä (Hytönen–Silfverberg 1991, 16).

Hallalla tarkoitetaan ilman lämpötilan laskemista kasvukauden aikana maanpinnan läheisyydessä pakkasen puolelle. Turvemaat sijaitsevat luonnossa tyypillisesti kivennäismaita alavimmilla alueilla. Tästä johtuen topografialtaan korkeammalla olevilta kangasmailta valuva kylmä ilma saattaa jäädä alueelle seisomaan, mikä tekee turvemaista kasvupaikkoina kylmiä ja hallanarkoja. (Heikurainen–Seppälä 1963, 5-6.) Luonnossa taimien paleltumisen kannalta kriittisen lämpötilan määrittämisessä on omat hankaluutensa, sillä taimien kasvaimien lämpötila eroaa ympäröivän ilman lämpötilasta. Päivällä kasvaimet absorboivat auringon säteilylämpöä, jolloin niiden lämpötila nousee ympäröivää ilmaa korkeammaksi yöllä tilanteen ollessa päinvastainen. (Multamäki 1946, 59.)

Kuusen taimille vakavimmat vauriot syntyvät kevähallan aikaan, jolloin paleltumisesta koituvat vauriot kohdistuvat latvakasvaimiin ja niiden

päätösilmuihin (Multamäki 1946, 213). Hallariskiä lisää osaltaan ojituksesta johtuva turpeen kuivuminen ja sen myötä suon lämpötilojen äärevöityminen. Kuivempi turve lämpiää päivällä auringonsäteilyn johdosta, mutta huonontuneesta lämmönjohtokyvystä johtuen turpeeseen varastoitunut lämpöenergia jää vähäisiksi pudottaen yöllisiä lämpötiloja. (Heikurainen–Seppälä 1963, 5; Hytönen–Silfverberg 1991, 3.)

2.4 Kasvillisuus

Kivennäismaita äärevämmät olosuhteet rajoittavat sitä kasvilajien joukkoa, jolla on mahdollista menestyä ja levitä soiden kaltaisella kasvualustalla. Soilla eliöyhteisöt muodostavat turvetta ja näin ollen muodostuneen orgaanisen maaperän laatu ja rakenne määräytyy turvetta muodostavasta kasvivyhdyskunnasta. Turpeen muodostuminen muuttaa soilla käytössä olevan veden ja ravinteiden määrää. Tämä puolestaan vaikuttaa suon myöhemmissä kehitysvaiheissa kasvilajien valikoitumiseen kasvupaikalla. (Päivänen 2007, 38.)

Soiden ojituksen tarkoituksena on turpeen ilmatilan lisääminen puiden kasvun kannalta sopivammaksi, mikä saadaan aikaiseksi ojitusta seuraavalla pohjavedenpinnan alenemisella, jolloin myös turpeessa oleva vesi saadaan liikkeelle. Turvemaiden vesitalouden muutosten lisäksi ojituksen tehokkuudesta ja ojitusalueen kasvupaikasta riippuen myös pintakasvillisuus muuttuu kankaille tyypillisemmäksi lajistoksi. (Pienimäki 1982, 1,6.)

Turvemaiden pintakasvillisuuden kehittymiselle on luonteenomaista kasvivyhteiskunnat, jotka muodostuvat sekä turvemaille että kankaille tyypillisistä kasvilajeista. (Laiho 1997, 69; Pienimäki 1982, 118120; Saarinen 2009, 99–103; Sarasto 1957, 77–78.) Märemmän ja rehevämmän turvemaan kasvupaikkatyypin kasvillisuuden muutokset kohti turvekankaan kasvillisuutta on voimakkaampaa ja nopeampaa kuin kuivemmilla ja karuimmilla kasvupaikkatyypeillä (Mannerkoski 1970, 102; Pienimäki 1982, 119) ja mitä tehokkaampi kuivatus on kyseessä, sitä nopeampaa on kasvillisuuden vaihtuminen turvekankaille tyypilliseksi (Heikurainen–Laine 1976, 24–25).

Rahkasammalkasvustot viihtyvät märissä ja vähäravinteisissa olosuhteissa ja ovat yleisiä kasvupaikoilla, joilla kasvien menestyminen riippuu sadevedestä

ja sen mukana tuomista ravinteista. Rahkasammalille on lisäksi tunnusomaista niiden huono maatuvuus ja tehokas lisääntyminen. Rahkasammalet kasvavat ylöspäin samalla kun alempana olevat kasvin osat kuolevat. Rahkasammalkasvuston kuolleet osat kuitenkin säilyttävät rakenteensa ja tukevat elävää kasvustoa ja näin sammalkerros jatkaa kasvuaan haudaten jatkuvasti alleen kuollutta kerrostaan. Varpujen, erityisesti variksenmarjan ja kanervan on katsottu vahvistavan tukirakenteen muodostumista ja olevan monin paikoin edellytyksenä rahkasammalmättäiden muodostumiselle. (Päivänen 2007, 39, 44.)

Rahkasammaleet pystyvät varastoimaan hyvin vettä, jolloin ne pystyvät tarjoamaan otolliset itämisosuhteet puiden siemenille myös kuivien sääjaksojen aikana (Groot–Adams, 1994). Taimettumista edistävät, kosteat rahkasammalpinnat (Saarinen 1993, 6; 2002, 21; Sarasto–Seppälä 1964, 56; Groot–Adams 1994) häviävät ajan myötä laikuittain ensimmäisenä oijen läheisyydestä (Mannerkoski 1970, 99; Saarinen 1993, 6; Sarasto 1957, 78) ja niiden häviäminen voi olla voimakasta heti ojituksen jälkeen (Mannerkoski 1970, 99–100). Toisaalta jos uudistamisen jälkeen pohjavedenpinnan taso säilyy suhteellisen korkealla ja suositaan kevyitä maanmuokkausmenetelmiä voi rahkasammalpinnoja vielä esiintyä runsaastikin ojituksen jälkeen (Moilanen–Issakainen–Vesala 2011, 13). Myös Saarinen (2009, 101) on todennut pohjavedenpinnan tason ja rahkasammaleen esiintymisen välisen korrelaation.

Karikkeesta koostuvan raakahumuskerroksen lisääntyminen on rahkasammalkasvuston häviämisen ohella merkittävin luontaista uudistamista heikentävä tekijä turvemilla (Saarinen 2013, 54). Kuivatustehokkuuden sekä ojituksesta kuluneen ajan kasvaessa karikkeesta muodostuu turpeen pinnalle siementen itämisen kannalta haitallinen raakahumuskerros. Raakahumuskerroksen muodostumiseen vaikuttavat lisäksi varpujen ja puiden hienojuurten määrä, kasvupaikkaominaisuudet, karikkeen koostumus sekä suosammalien häviämisestä ja turvekangaspintojen syntymisestä kulunut aika (Saarinen–Hotanen 2000, 17). Raakahumus katkaisee veden kapillaarisen nousun, jolloin pitkien poutajaksojen aikana karikkeinen pintakerros on herkkä kuivumaan (Paavilainen–Virrankoski 1967, 9; Saarinen 1993, 8).

Rahkasammalten lisäksi sarakasvien heimoon kuuluva tupasvilla suosii korkeaa pohjavedenpinnan tasoa ja leviää uudistusaloilla nopeasti erityisesti laikkupinnoilla ja jyrsinpinnoilla. Tupasvillan esiintyminen voi lisäksi olla rahkasammalkasvustoon tehdyillä laikkupinnoilla runsasta myös matalammilla pohjavedenpinnan tasoilla, koska rahkasammalkasvustossa viihtyvä tupasvilla leviää laikutuksen yhteydessä maahan jääneiden maavarsien avulla tehokkaasti. (Saarinen 2009, 101.)

Suokasvupaikkojen sarat ovat sopeutuneet veden kyllästämiin kasvupaikkoihin tuuletussolukon avulla. Sarojen joustava kasvutapa perustuu niiden syvään ja laajaan juuristoon sekä versojen suureen vaihtuvuuteen. Osa talvehtivista versoista aloittaa kasvunsa juuriston ravinnevaraston turvin jo aikaisin keväällä. Sarat ovat monivuotisia ruohoja ja viihtyvät pääosin valoisilla kasvupaikoilla. (Päivänen 2007, 41.)

Ravinteikkailla turvemaan kasvupaikoilla ojitusalueiden muokkauksesta hyötyvät ruohokanukka (Moilanen–Ferm–Issakainen 1995, 123) sekä maitohorsma ja vadelma (Hannerz–Hånell 1993, 196; Moilanen ym. 1995, 123). Moilasan (ym. 1995, 123) lisäksi myös Saarisen (2009, 100) tutkimuksessa pallosara levisi voimakkaasti kuitenkin maanpinnan muokkaustavasta ja ravinteisuudesta johtumatta. Lukkalan (1946, 105–106) havainnot avohakkuun aiheuttamista muutoksista aluskasvillisuuteen ovat olleet edellä mainittujen kasvilajien kohdalla samansuuntaiset. Typpeä suosivien kasvilajien, eli vadelman ja maitohorsman leviämistä hakkuualoilla Lukkala selittää hakkuiden johdosta lisääntyneellä typen mineralisaatiolla.

Huonoiksi havaittuja taimettumisalustoja ovat muun muassa korpikarhunsammal-, metsäkarhunsammal-, suonihuopasammal-, seinäsammal- ja kynsisammalkasvustot (Sarasto–Seppälä 64, 56). Erityisesti karhunsammal voi vallata uudistusaloilla muokatut pinnat jo parin vuoden päästä ojituksesta (Moilanen ym. 1995, 126) ja leviäminen on nopeampaa ravinteikkaimmilla kasvupaikoilla (Saarinen 2009, 99). Karhunsammal viihtyy rahkasammalia ja tupasvillaa syvemmillä pohjavedenpinnan etäisyydellä (Saarinen, 2009, 102). Kankaan sammalista seinäsammal - ja kynsisammalkasvustot yleistyivät uudistusaloilla Mannerkosken (1970, 102) tutkimuksessa vasta noin kymmenen vuoden päästä.

Useille varvuille on tyypillistä kylmän- ja kuivuudenkestävyys ja ne tulevat toimeen pienellä määrällä vettä ja ravinteita selviytyen myös kaikkein niukkaravinteisillakin kasvupaikoilla. Varpujen juuristossa on mykorritsoja eli sienijuuria, mikä mahdollistaa helpomman veden ja ravinteiden saannin. Osa varvuista, kuten suopursu, vaivero, kanerva ja variksenmarja ovat lisäksi ikivihreitä, mikä edesauttaa selviytymistä karuilla kasvupaikoilla. Ikivihreillä kasveilla tarkoitetaan kasveja, joilla on lehdet ympärivuotisesti mahdollistaen ympärivuotisen yhteyttämisvalmiuden. (Päivänen 2007, 43–44.)

Saraston (1964, 67) tutkimuksessa ”ojitettujen soiden varvustoista ja sen vaikutuksesta männyn kylvöön” on varvuston todettu sitovan huomattava määrä ravinteita puuainekseensa sekä lisäävän tuntuvasti puuston ja varvuston juuristojen välistä kilpailua. Varvuttomaan kylvöalustaan verrattaessa varvut ovat merkittävästi vähentäneet taimien määrää.

Lisäksi kasvihuonekokeessa on tutkittu eräiden suokasvien vesiuutoksien allelopaattisia vaikutusta koivun, männyn ja kuusen itämiseen (Hytönen 1992). Allelopatialla tarkoitetaan kasvien välistä biokemiallista vuorovaikutusta (Laitinen 1994, 5). Suurin negatiivinen vaikutus taimien itämiseen oli juolukalla, suopursulla ja variksenmarjalla ja vaikutus oli sitä suurempi, mitä voimakkaammassa uutoksessa taimia kasvatettiin. Luonnossa esiintyvän allelopaattisen aineen määrä riippuu niitä erittävistä kasveista, niiden liukoisuudesta, mikrobiologisista ja kemiallisista prosesseista, suon kuivatuksesta, sadannasta, valunnasta ja huuhtoutumisesta sekä allelopaattisia aineita luovuttavien ja vastaanottavien kasvien etäisyyksistä toisiinsa. Näin ollen on vaikea määrittää, kuinka paljon allelopaattisia aineita kulloinkin maaperässä on ja mikä niiden lopullinen vaikutus on siemenen itämiseen ja kasvuun. (Hytönen 1992, 63, 70–71.)

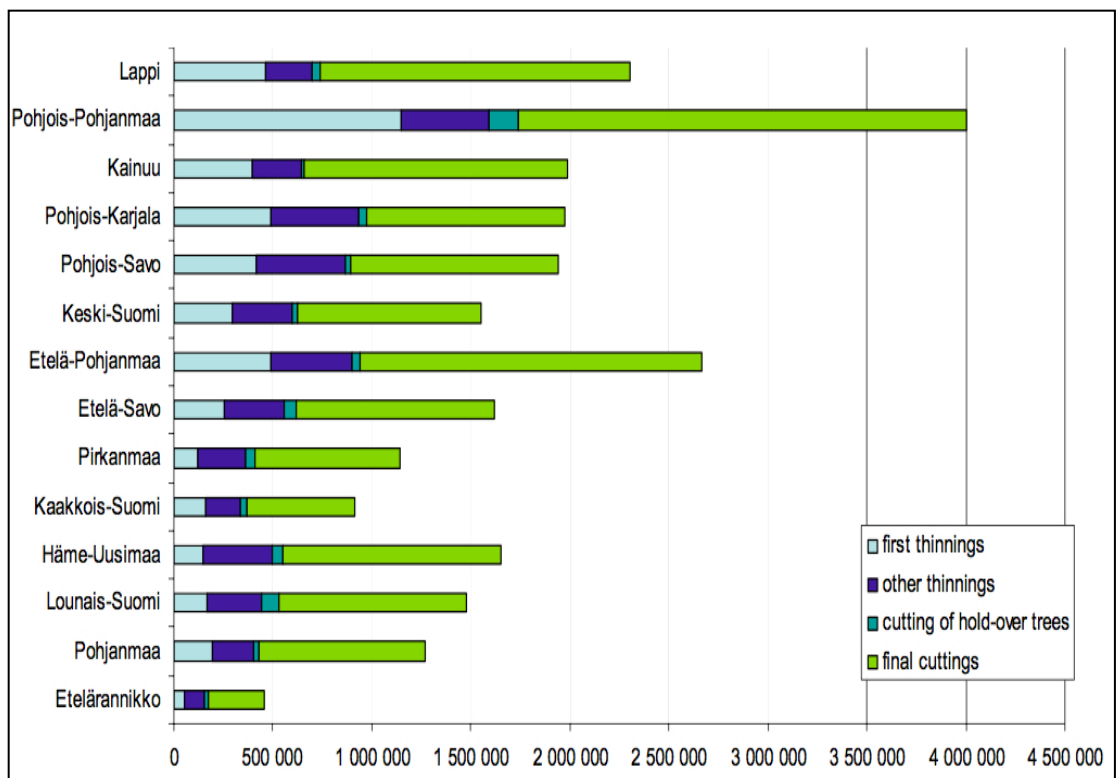
Ajan myötä ojituksen vaikutuksesta ojitusalueiden pintakasvillisuuden muuttuminen on monen tekijän summa. Taimettumisen kannalta oleellisten kasvilajien esiintymisessä ja/tai häviämisessä eri kasvupaikoilla voidaan kuitenkin yleisesti ottaen havaita yhtenäisiä piirteitä. Useimmat kasvilajit tiettyjä poikkeuksia lukuun ottamatta eivät sinänsä välttämättä ole taimien siementen itämisen kannalta haitallisia, vaan kysymys on enemmänkin kasvilajien kasvutavasta ja elinvoimaisuudesta (Sarasto–Seppälä 1964, 56).

3 TURVEMOIDEN UUDISTAMINEN – KANNATTAVUUS JA MENETELMÄT

3.1 Turvemaiden uudistamisen kannattavuuteen vaikuttavat tekijät

3.1.1 Turvemaiden hakkuupotentiaali

Turvemaiden puuston tilavuus muodostaa lähes neljänneksen koko Suomen 2,2 miljardin kuutiometrin puuvaroista. Myös puuston kasvun osalta turvemaiden osuus on noin 25 prosenttia eli 24 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, mikä mahdollistaisi turvemaiden vuotuisten puunkorjuumäärien nostamisen nykyisestä 5–6 miljoonasta 12–14 kuutiometriin vuodessa (Uurtamo 2008). Lähimmän kymmenen vuoden aikana ojitusalueita olisi mahdollista uudistaa yli 700 000 hehtaaria (Saarinen 2013, 11). Erityisesti Lapissa ja Pohjanmaalla (Kuvio 2.) turvemaiden hakkuupotentiaali on merkittävä.



Kuvio 2. Turvemaiden hakkuupotentiaali (m³/v, ks. Uurtamo 2008)

Taloudellinen kestävyys suometsien hyödyntämisessä on herättänyt keskustelua, sillä suometsien hoitokustannukset kuten ojitukset ja terveyslannoitukset ovat nousseet sitten uudistusojitusaikojen. Samalla reaaliset kantohinnat ovat pitkän aikavälin tarkastelulla laskeneet (Heikkilä

2007, 5) ja ympäristö- sekä laatuvaatimukset nousseet (Högnäs 1997, 1). Ojitusalueiden puunkorjuuolot ovat kangasmaihin verrattuna selvästi haastavammat. Koska turvemaille käyttökelpoinen korjuukalusto on jo olemassa, voidaankin todeta puunkorjuun ongelmien olevan pääosin taloudellisia eikä teknisiä (Siren–Tanttu 2001, 599).

3.1.2 Turvemaiden puusto ja puunkorjuu

Ojitusalueiden puusto on usein aukkoinen ja epätasaisesti jakautunut, jolloin pinta-alayksikköä kohden hakkuukertymä voi olla viiden metrin säteellä ojien varsilta jopa kaksinkertainen muuhun alueeseen verrattuna (Siren 2005, 209). Usein käsiteltävänä olevan kuvion puuston määrä ei mahdollista taloudellisesti kannattavaa harvennusta, vaikka paikoittainen harvennuksen tarve olisikin olemassa (Heikkilä 2007, 5). Suopuustolle on lisäksi tyypillistä varsinkin parhaimmilla kasvupaikoilla kangasmaita selvempi sekapuustorakenne (Päivänen 2007, 240) ja koska osa puustosta on syntynyt jo ennen uudistusojitusta, on se myös ikärakenteeltaan kangasmaita epätasaisempi (Heikkilä 2007, 5).

Puuston epätasaisuuden lisäksi turvemaiden puunkorjuuta vaikeuttavat maaperän heikko kantavuus, joka kasvillisuudesta riippuen voi vaihdella suuresti pienenkin alueen sisällä (Ala-Illomäki 2005, 98). Metsäkuljetuksen alhaista tuottavuutta selittää muun muassa pitkät metsäkuljetusmatkat, alhaiset ajouranvarsitiheydet sekä pienet kuormakoot (Siren 2000, 303–305). Turvemaan puiden juuristot ovat kivennäismaita pinnallisempia ja vaurioituvat herkemmin korjuun yhteydessä (Päivänen 2007, 40). Lisäongelmia aiheuttaa hakkuun ja kunnostusojituksen yhteensovittaminen (Siren 2000, 301), sillä jo olemassa oleva ojaverkosto herkästi vaurioituu korjuun yhteydessä.

Edellä mainittujen ongelmien vuoksi turvemaiden puunkorjuu on ollut mielekkäämpää tehdä talvisaikaan maan ollessa jäässä. Kuitenkin turvemaiden kasvava korjuupotentiaali sekä talvisidonnaisen korjuun vähentämisen tarve ovat lisänneet ympärivuotisen korjuuratkaisujen kehittämistä. Arviota ympärivuotisen puunkorjuun kustannusvaikutuksista ei kuitenkaan ole. (Väätäinen–Lamminen–Siren–Ala-Illomäki–Asikainen 2010, 3.)

3.1.3 Kunnostusojitus ja maanmuokkaus

Uudisojituksen jälkeen puiden kasvuolosuhteet ovat parantuneet oleellisesti ja yleensä suotuisten kasvuolosuhteiden säilyttäminen vaatii ojaverkoston kunnostamista (Ahtikoski ym. 2007, 41) ja maanpinnan edes jonkinlaista muokkausta (Ahtikoski ym. 2007, 30; Heikurainen 1966, 18; Kaunisto 1984, 11; Moilanen–Issakainen–Vesala, 2011; Saarinen 2002, 22). Maanmuokkauksen tarve ja voimakkuus on riippuvainen muun muassa uudisojituksesta kuluneesta ajasta ja voimakkuudesta. Voimakkaan ja pitkäaikaisen kuivausvaikutuksen johdosta taimien itämisen kannalta edulliset rahkasammalkasvustot ovat vähentyneet ja turpeen pinnalle kerrostunut raakahumus on heikentänyt siemenien itämiselle tarpeellisen veden kapillaariyhteyttä maan pinnalle, jolloin turvekangasvaiheessa olevat uudistusalat vaativat aina maanmuokkauksen. (Ruotsalainen 2007, 26–27.)

Kunnostusojituksen tavoitteena on ojaverkoston ylläpitäminen sellaisessa kunnossa, että se ei rajoita puiden kasvua (Laine ym. 2008, 211). Kunnostusojituksen tarve on arvioitavissa puuston ilmiäsun lisäksi pintakasvillisuuden sekä ojien kunnon perusteella (Kojola, 2009, 19) ja kunnostusojituksen kannattavuuteen puolestaan vaikuttaa kasvupaikan viljavuus, puusto ja maantieteellinen sijainti (Laine ym. 2008, 211). Suomessa vuotuiset kunnostusojitusmäärät ovat viime aikoina olleet noin 70 000 hehtaaria (Kojola 2009, 12).

Yleisesti ottaen kunnostusojituksen on katsottu olevan taloudellisesti kannattavaa toimintaa (Kojola 2009, 21; Laine ym. 2008, 212) ja se tulisi luonnollisesti kohdentaa niihin metsiköihin, joilla kunnostusojitus on kannattavinta. Käytännössä turvemaiden kunnostusojituksen toteuttaminen on harvoin kuviokohtaista, vaan toiminnan tehostamisen ja kustannusten alentamisen johdosta kunnostusojitus tapahtuu niin sanotusti ”kerralla kuntoon” -periaatteen mukaisesti, jolloin se pyritään sovittamaan yhteen hakkuiden ja metsänhoitotoimenpiteiden kanssa. (Ruotsalainen 2007, 15.)

Taloudellisissa tarkasteluissa on keskitytty lähinnä uudisojituksen investoinnin kannattavuuteen, mutta esimerkiksi päätehakkuuseen asti ulottuvia kunnostusojituksen ja harvennuksen yhteisvaikutuksia ei ole tutkittu (Kojola 2009, 21). Ensimmäisen ojituksenjälkeisen puuston päätehakkuut

tulevat lähitulevaisuudessa lisääntymään voimakkaasti. Kaikki alkuperäiset ojitukset eivät ole tuottaneet tulosta toivotulla tavalla, ja varsinkin karuimmilla ojitusalueilla, joilla metsän uudistaminen on taloudellisesti kannattavaa vain luontaisesti tai viljellen, tulee uuden puusukupolven kasvattamista (Ruotsalainen 2007, 7, 18) ja sen edellyttämiä uudistamistoimenpiteitä (maanmuokkaus, lannoitus, kunnostusojitus) harkita tarkkaan.

3.1.4 Lannoitus

Eri ravinteiden käyttökelpoisuus ja määrä turpeessa vaihtelevat ojituksesta kuluneen ajan, turpeen paksuuden, kasvukauden sääolojen ja muun muassa kasvupaikan mukaan (Ahtikoski ym. 2007, 56). Elävä kasvillisuus, turve sekä hajottajaeliöt muodostavat ojitetuilla soilla keskeisimmät osatekijät suoekosysteemin ravinnekiertoon. Puuston latvustosta huuhtoutuvien ravinteiden ohella pääosa puuston ja pintakasvillisuuden sisältämistä ravinteista palautuu maahan karikkeena. (Päivänen 2007, 81.) Ojitetun suon ekohydrologiasta riippuen (Päivänen 2007, 89) lisäravinteita voidaan saada sadevesien ja kuivalaskeuman vaikutuksesta (Laiho–Alm 2005, 40) ja/tai pohjavesivaikutuksena turvekerroksen läpi. Lannoituksen tarve on yleisintä ojitusalueilla, jotka ovat kehittyneet avosoista ja vähäpuustoisista sekatyypin soista. Näiden lisäksi kivennäisravinteista on pulaa ravinteisuustasoltaan letto-, ruoho- ja suursaratason kasvupaikoilla. (Ahtikoski ym. 2007, 56.)

Typen puute ei pitäisi olla ojitetuilla soilla puiden kasvua rajoittava tekijä (Ahtikoski ym. 2007, 56). Turvemaidella fosforia on pintaturpeessa runsaasti, mutta ongelmana on fosforin hidas vapautuminen sekä hajottajamikrobit, jotka saattavat pidättää suuren osan hajotuksen yhteydessä vapautuvasta fosforista (Laiho–Kaunisto–Alm 2005, 53). Puustolle käyttökelpoisen typen ja fosforin määrä riippuu pitkälti kuivatuksen voimakkuudesta sekä kasvupaikan lämpösummasta (Ahtikoski ym. 2007, 98). Typen ja fosforin lisäksi kalium on yksi tärkeimmistä turvemaiden pääravinteista ja voi muodostua puiden kasvua rajoittavaksi tekijäksi ja näyttäisi ojituksen vaikutuksesta aluksi vähentyvän pintaturvekerroksessa (Päivänen 2007, 82). Puuston varttuessa ja suometsäekosysteemin vakiintuessa kaliumin pitoisuudet kuitenkin tasoittuvat johtuen ekosysteemin kyvystä pitää yllä tehokasta kaliumin kiertoa (Laiho ym. 2005, 55; Päivänen 2007, 83). Tämän ansiosta ojituksen jälkeen

nopeasti kasvavan puuston lisääntynyt kaliumin tarve ei vähennä turvemaiden kaliumvaroja (Laiho–Penttilä–Laine 2000, 318).

Uudistusojituksen kaikkina aikakausina ojituksen seurauksena puolukka- turvekankaiksi kehittyvät turvemaat ovat olleet yleisin ojituskohde Suomessa. Lähitulevaisuudessa turvemaiden uudistaminen tuleekin keskittymään ravinnetasoltaan mäntyvaltaisiin puolukka- ja varputurvekankaisiin (Saarinen 2013, 11). Puolukkaturvekankaaksi luokiteltavan turvemaan yhteydessä tulee aina selvittää ravinne-epätasapainon mahdollisuus (Ahtikoski ym. 2007, 98). Varsinkin Pohjois-Suomen mäntyvaltaisilla puolukka- ja varputurvekankailla typen puute on yleistä ja lannoituksen taloudellinen kannattavuus on niukkatyypisillä soilla selvästi heikompaa kuin runsastyypisillä soilla (Moilanen 2005, 156).

3.1.5 Turvemaiden vesiensuojelu

Suometsien vesiensuojelussa pyritään toimenpiteet suunnittelemaan niin, että kiintoaineita ja ravinteita lähtisi mahdollisimman vähän liikkeelle sekä estetään niiden pääsy vesistöön (Ahti–Joensuu–Nieminen–Nousiainen–Vuollekoski 2005, 270). Käytännössä kiintoaineiden liikkeelle lähtöä voidaan vähentää ajoittamalla kunnostusojitus ja päätehakkuu kuivaan kauteen (Laine ym. 2008, 215) tai ainakin välttää kunnostusojituksen tekemistä syyssateiden tai kevään tulvien aikana (Ahti ym. 2007, 270). Pohjamaan ollessa altis eroosiolle tulee ojien kaivamista pohjamaahan välttää sekä jättää jo voimakkaasti syöpyneet ojat perkaamatta (Ahti ym. 2007, 270).

Kiintoaineiden liikkeelle lähtemisen vähentämiseksi maanmuokkausmenetelmäksi suositellaan joko navero- tai kääntömätästystä. Pintavalutus- kenttien käyttö ojitusalueilta valumavesien liikkeelle lähteneiden kiintoaineiden pysäyttämiseen ei aina ole mahdollista, jolloin lisäkustannuksia tuovat muun muassa vesistöön laskevien ojien väliaikainen tukkiminen (Ruotsalainen 2007, 19, 26) ja laskeutusaltaiden kaivaminen sekä niiden mahdollinen tyhjentäminen myöhemmässä vaiheessa. (Ahti ym. 2005, 270–273).

3.2 Uudistamismenetelmät

3.2.1 Männyn luontainen uudistaminen

Turvemailla mänty menestyy niin viljavilla kuin karuillakin kasvualustoilla (Kolström 2001, 56) ja se sietää kuusta paremmin kuivuutta ja niukkaravinteisuutta (Valkonen 2008a, 134). Mänty tarvitsee kuitenkin runsaasti valoa ja varjostuksen kasvaessa puuston kasvu heikkenee ja latvusto pienenee (Kolström 2001, 56). Männyllä itävän siemenen muodostuminen on hidasta ja siemenen karisevat maahan vasta kolmantena keväänä (Kolström 2001, 57), mistä johtuen hyviä siemenvuosia esiintyy huomattavasti vähemmän kuin kuusella (Valkonen 2008a, 134).

Männyn luontainen uudistaminen soveltuu parhaiten puolukaturvekangastyypeille I ja II sekä sitä karuimmille turvemaille. Luontaisessa uudistamisessa on kyse uudistushakkuun jälkeisen puusukupolven tuottamisesta hyödyntämällä jo olemassa olevaa taimistoa tai uudistushakkuun jälkeen syntyvää taimiainesta. Männyn luontainen uudistaminen tehdään hakkaamalla uudistettava alue joko hajautettuun tai ryhmittäiseen siemenpuuasentoon ja/tai hyödyntämällä reunametsän siemensatoa. (Ruotsalainen 2007, 25.)

Siemenpuuhakkuun yhteydessä tulisi hakkuut pyrkiä ajoittamaan hyvän siemenvuoden edelle. Siemenpuita valitaan noin 20–50 (kpl/ha) niiden laadun sekä kasvupaikan ravinteisuuden mukaan (Kubin 2001, 136). Vaikeasti uudistettavilla alueilla siemenpuuhakkuu voidaan tehdä kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa siemenpuita jätetään 80–150 kappaletta hehtaarille ja taimettumisen edistyessä siemenpuiden määrä harvennetaan 20–50 (kpl/ha) taimettumisen varmistamiseksi (Valkonen 2008b, 155). Turvemilla männyn luontainen uudistaminen edellyttää yleensä aina maanmuokkausta (Luku 3.2.3).

3.2.2 Kuusen luontainen uudistaminen

Turvemailla kuusi kasvaa parhaiten viljavilla kasvupaikoilla. Kuusi on puolivarjopuu, eli se sietää voimakastakin varjostusta, minkä vuoksi se uudistuu hyvin alikasvoksena erityisesti männyn ja koivun alle (Kolström 2001, 58). Kuusen kukinta ajoittuu touko-kesäkuulle. Siemen kypsyy kesällä

ja karisee seuraavan kevään ja kesän aikana (Valkonen 2008a, 135). Kuusella esiintyy hyviä siemensatoja noin 3–4 kertaa kymmenessä vuodessa (Kolström 2001, 58).

Kuusen luontaisessa uudistamisessa suositellaan alikasvostaimien eli ennen luontaiseen uudistamiseen tähtäävää hakkuuta valtapuuston alle syntyneiden ja vakiintuneiden taimien hyödyntämistä (Päivänen 2008, 249). Alikasvostaimikon kasvatuskelpoisuus on arvioitavissa muun muassa taimien vuosikasvainten pituuden, latvuston muodon ja terveydentilan perusteella (Ahtikoski ym. 2007, 27). Mikäli metsikössä ei ole ennestään luontaisesti syntynyttä taimiainesta, ei kuusen luontainen uudistaminen ole tarkoituksenmukaista. Jos luontaisesti syntynyttä taimiainesta on runsaasti tai sitä voidaan olettaa syntyvän harvennusten yhteydessä, voidaan kuusen luontainen uudistaminen tehdä joko suojuspuuhakkuulla tai kaistalehakkuumenetelmällä. (Kubin 2001, 136.) Menetelmät sopivat ravinteisuustasoltaan II-typin puolukka- ja mustikkaturvekankaille ja näitä ravinteikkaimmille kasvupaikoille (Ahtikoski ym. 2007, 27).

Suojuspuuhakkuu perustuu käytännössä kuusialikasvoksen hankkimiseen emäpuustoon alle (Kubin 2001, 136). Suojuspuuhakkuun valmistelu aloitetaan jo 10–20 vuotta etukäteen, jolloin puusto harvennetaan 300–500 runkoon hehtaarilla (Valkonen 2008b, 156) ja harvennuksen yhteydessä myös taimikkoon kelpaamattomat alikasvospuut poistetaan (Kubin 2001, 136). Mikäli taimia syntyy harvennuksen jälkeen riittävästi, harvennetaan emäpuusto 100–300 runkoon (kpl/ha) koivua ja mäntyä suosien (Valkonen 2008b, 156). Männyn ja koivun suosiminen myöhemmässä harvennuksessa muun muassa parantaa valon pääsyä metsikön sisälle ja vähentää korjuuvaurioita (Kubin 2001, 136; Päivänen 2007, 247; Ruotsalainen 2007, 24; Valkonen 2008b, 157). Suojuspuusto poistetaan, kun taimia on syntynyt tarvittava määrä ja taimet ovat tarpeeksi suuria pärjätäkseen kilpailussa pintakasvillisuutta vastaan (Ruotsalainen 2007, 24).

Kaistalehakkuussa metsään hakataan muun muassa uudistettavan metsikön koon ja maantieteellisen sijainnin pohjalta leveydeltään eri kokoisia kaistaleita (Kaunisto–Päivänen 1985, 23) edellyttäen, että puusto on aiemmin käsitelty toistuvien harvennuksin. Keskimääräisenä kaistaleen leveytenä

pidetään noin 50 metriä (Päivänen 2007, 248), mutta leveys voi olla suurempikin jos alalla on jo ennestään luontaisesti syntyneitä taimia, reunametsä on myrskynkestävä ja hyvin siementävä eikä sijainti ole erityisesti myrskyjen ja hallan esiintymiselle tyypillinen (Lukkala 1946, 125–127). Kaistaleen suunnaksi ei suositella länsi-itä suuntaa, koska tällöin kaistaleen eteläreunassa routa ja lumi säilyvät pitempään ja varjoisuus on suurempaa (Päivänen 2007, 248).

Kaistalehakkuumenetelmä perustuu suojuspuuhakkuun tavoin luontaisesti syntyneiden kuusen taimien täydentämiseen. Menetelmä edellyttää myös, että kaistaleille syntyy kuusen taimia hallalta suojaava koivuverhopuusto ja että reunametsä on tehokkaasti siementävä. (Päivänen 2007, 248.) Hieskoivikon latvuksen sulkeuduttua pintakasvillisuus muuttuu kuusen taimille edullisemmaksi (Ruotsalainen 2007, 24) ja myös koivun lehtikarikkeella on katsottu olevan maan ominaisuuksia parantava vaikutus (Kubin 2001, 137). Koivuverhopuusto voidaan tilanteesta riippuen joko korjata kuitupuuksi heti kun mahdollista tai kasvattaa ensiharvennusmittoihin asti (Ruotsalainen 2007, 24).

Kaistalehakkuussa voidaan soveltaa myös hieman työläämpää menetelmää, jolloin kaistaleiden hakkuuta edeltää metsikön väljennys. Kuusen taimettumisen parantamiseksi väljennyshakkuu suoritetaan mäntyä ja koivua suosien. Väljennettyjen kaistaleiden välimetsiköt hakataan noin 5–6 vuoden päästä väljennyshakkuusta, jolloin kaistaleille on kehittynyt 3–4 metrin pituinen koivutaimisto, joka toimii suojana välimetsiköiden hakkuussa vapautetuille kuusen taimille. Väljennysten tarkoitus on lisätä taimettumista sekä auttaa kuusen taimia sopeutumaan muuttuviin kasvuolosuhteisiin. (Ahtikoski ym. 2007, 27.)

Kokemukset kuusen luontaisesta uudistamisesta ovat olleet vaihtelevia (Hyppönen 2005, 71). Suojuspuuhakkuumenetelmän onnistumista rajoittaa muun muassa hyvien siemenvuosien jaksottaisuus sekä syntyneen taimikon aukkoisuus (Kubin 2001, 136). Taimikon aukkoisuutta lisää monesti suojuspuiden poisto, sillä korjuun yhteydessä suojuspuiden puulajikoostumuksesta riippuen taimista vaurioituu keskimäärin 30–50 prosenttia. Kuusen taimien ympäristön liiallisen muuttumisen sekä pintakasvillisuuden rehevöitymisestä

johtuen suojuspuusto suositellaan hakkaamaan kahdessa vaiheessa, mikä osaltaan lisää korjuuvaurioita sekä uudistamiskustannuksia (Valkonen 2008b, 156). Toisaalta maanmuokkaus ei ole edellytys kuusen luontaisen uudistamisen onnistumiselle (Päivänen 2007, 248), jolloin myös ympäristövaikutukset jäävät vähäisiksi (Kubin 2001, 138). Lisäksi usein valmiina oleva alikasvostaimikko ei aiheuta erillisiä taimettumiskustannuksia, jolloin uudistamisen välittömät kustannukset jäävät pieniksi.

3.2.3 Männyn kylvö

Kylvön osuus metsänuudistamisen vuotuisista kokonaispinta-aloista on 2000-luvulla ollut noin viidenneksen (Saarinen ym. 2013, 53). Turvemaidella kylvö suositellaan tehtäväksi sellaisilla kasvupaikoilla, joilla myös luontainen uudistaminen on varteenotettavin vaihtoehto (Kinnunen 2001, 139) ja erityisesti silloin, kun halutaan välttää erillistä siemenpuiden korjuuta tai kun männyn siemensato on ollut heikko (Ahtikoski ym. 2007, 28).

Ravinteisuustasoltaan varputurvekankaiden ja I-tyyppin puolukkaturvekankaiden lisäksi myös II-tyyppin puolukkaturvekankaat voidaan uudistaa kylväen, mutta tällöin siemenen itämisen ja taimien varhaiskehityksen kannalta ongelmaksi voi muodostua uudistusalan voimakas heinittyminen ja vesakoituminen (Ruotsalainen 2007, 24). Ravinteikkaammalle kasvupaikalle paremmin soveltuvan kuusen viljely tapahtuu yleensä istuttamalla, jolloin taimen nopeampi alkukehitys mahdollistaa kilpailun heinittymistä ja vesakoitumista vastaan (Kinnunen 2001, 139).

Perusedellytys kylvön onnistumiseen on oikean siemenmateriaalin valinta ja tärkein tekijä siemenmateriaalin valinnassa on sen soveltuvuus kylvökohteen ilmasto-oloihin. Kylvön onnistumista voidaan parantaa käyttämällä jalostettua siemenmateriaalia. (Helenius 2008, 166.) Siemenmateriaalin jalostaminen perustuu siemenen perimän rikastamiseen joka puusukupolvessa tapahtuvan risteyttämisen, testauksen tai valinnan avulla. Koska kaikki puuston taloudellisesti arvokkaat ominaisuudet ovat enemmän tai vähemmän perintötekijöiden säätelemiä, voidaan jalostetun siemenmateriaalin käytöllä oleellisesti parantaa metsänkasvatuksen tuottavuutta. (Haapanen, M 2008, 174.)

Männyn kylvö tulisi aina ajoittaa keväälle tai alkukesään, jotta taimi ennättää kiinnittyä kasvualustaan ja kehittyä mahdollisimman pitkälle. Siemen tarvitsee itääkseen lämpöä ja kosteutta, jolloin optimaalisin kylvöajankohta voi sääolojen johdosta vaihdella runsaastikin kasvukauden aikana. Koska havupuiden siemenet menettävät itävyytensä talven aikana muun muassa pakkasen aiheuttamien soluvaurioiden takia, tulee epäedullisista sääoloista huolimatta kylvö suorittaa edellä mainittuna ajankohtana. (Kinnunen 2001, 140.)

Käsinkylvö voidaan tehdä siementen levittämistapaan perustuen kolmella eri tavalla. Hajakylvössä siemenet levitetään maastoon mahdollisimman hajalleen kun taas suunnatussa hajakylvössä siemenet kylvetään muokkausjälkeen mahdollisimman tasaisesti esimerkiksi sormin tai pullosta, jonka korkkiin on tehty sopivan kokoisia reikiä. (Hyppönen–Karvonen 2005, 76.) Siemenen itämisen kannalta paras tulos saavutetaan kuitenkin pistemäisiin kylvömenetelmiin kuuluvalla viirukylvöllä. Tällöin kylvön yhteydessä tehdään pieni vako tai viiru sekä peitetään siemen kevyesti, jolloin siemensyöjien aiheuttama hävikki pienenee ja siemenen itämisolot paranevat. (Kinnunen 2001, 139.)

Perinteisen käsinkylvön sijaan kolme neljäsosaa kylvöistä tehdään nykyään koneellisesti (Saarinen ym. 2013, 53). Maanmuokkaukseen yhdistetyn koneellisen kylvön suosio selittyy sen helppoudella ja edullisuudella (Kinnunen 2001, 139) sekä ennen kaikkea sillä, että koneellisella kylvöllä on saatu selvästi parempia tuloksia kuin käsinkylvöllä (Harstela 2008, 164). Maanmuokkauksen ja kylvön tapahtuessa yhtä aikaa on maa vielä kylvöhetkellä kuohkea ja kostea, mikä mahdollistaa siemenen itämisen edullisissa lämpö- ja kosteusoloissa (Hyppönen–Karvonen 2005, 77). Suomessa on tällä hetkellä käytössä noin 100 kylvölaitetta (Rummukainen–Tervo–Kautto–Pulkinen 2011, 15). Laitteet vaihtelevat ominaisuuksiltaan suuresti, mutta yleisimmin ne koostuvat siemensäiliöstä, annostelijasta, kylvölaitteesta, putkistosta sekä näiden ohjausyksiköstä (Rummukainen 2001, 142).

3.2.4 Maanmuokkausmenetelmän valinta luontaisen uudistamisen ja kylvön yhteydessä

Suometsien luontaista uudistamista on tutkittu jo lähes ojitustoiminnan alkamisesta lähtien. Järjestelmällisen metsäojitustoiminnan alkaminen vuonna 1908 käynnisti myös laajemman soihin liittyvän metsäntutkimuksen. (Saarinen 2005, 177–178.) Käsitteiden turvemaiden herkästä luontaisesta uudistamisesta on lähtöisin vuosisadan alkupuoliskolla tehdyistä tutkimuksista (Heikurainen 1954, 2, 16; Lukkala 1946, 104–106). Lisäksi kasvatusmetsien harvuus ja turvemaille tyypillinen puuston aukkoisuus edistävät luontaisen uudistamisen onnistumista (Kaunisto–Päivänen 1985, 21). Myös Peltosen (1986, 3, 20–21) inventointitutkimukset ovat osoittaneet pääosin ojikko- tai muuttumavaiheessa olevien turvemaiden taimettuvan hyvin luontaisesti.

Edellä mainittujen tutkimuksien hyvää taimettumista selittänee kuitenkin rahkasammalien muodostama kasvualusta, joka useissa tutkimuksissa on osoittautunut ruskean rahkasammalten muodostamia mättäitä lukuun ottamatta tarjoavan otollisen itämisalustan puiden siemenille (Saarinen 1993, 6; 2002, 21; Sarasto–Seppälä 1964, 56; Groot–Adams 1994). Turvemaiden luontaisen uudistamisen kautta tapahtuvaan taimettumiseen kohdistuvat ongelmat onkin katsottu kohdistuvan jo turvekankaiksi kehittyneille vanhoille ojitusalueille (mm. Ahtikoski ym. 2007, 29), joilla rahkasammalkasvuston vähenemisen ja raakahumuskerroksen kasvamisen lisäksi taimettumista ja siemenen itämistä heikentää muun muassa korpikarhunsammal-, metsäkarhunsammal-, seinäsammal- ja kynsisammalkasvustot (Sarasto–Seppälä 1964, 56).

Turvemaiden maanpinnan edes jonkinlainen muokkaus ja näin ollen pintakasvillisuuden poistaminen on useissa tutkimuksissa todettu olevan siementen itämisen ja taimien kasvunkasvun kannalta huomattavasti parempi vaihtoehto kuin muokkaamaton kasvualusta (Saarinen 2005, 186; Ahtikoski ym. 2007, 30; Heikurainen ym. 1966, 18; Kaunisto 1984, 11; Moilanen–Issakainen–Vesala 2011, 14; Saarinen 2002, 22). Koivulla maanmuokkauksen vaikutus itämiseen ei ole niin suuri kuin männynllä (Saarinen 2002, 25).

Maanmuokkauksella pyritään pintakasvillisuus- ja juuristokilpailun vähentämisen lisäksi (Päivänen 2007, 251) parantamaan itämispinnan lämpöoloja sekä turvaamaan siemenen itämiselle ja taimien varhaiskehitykselle riittävä vedensaanti (Leikola 2001, 125). Nykyään suurin osa turvemaiden uudistusaloista tehdään kaivinkoneilla tai traktorikaivureilla, sillä maanmuokkauksen yhteydessä usein tehdään myös kunnostusojitus (Saarinen ym. 2013, 52). Turvemaita uudistettaessa on yleensä käytetty maanmuokkausmenetelmänä mätästystä ja luontaisen uudistamisen sekä kylvön yhteydessä lähinnä laikutusta (Valkonen 2008b, 157). Laikutus pyritään tekemään mahdollisimman pinnanmyötäisesti ja laikuista poistetaan ainoastaan pintakasvillisuus ja sen alla oleva raakahumuskerros. Mätästysmenetelmänä voidaan tilanteesta riippuen käyttää joko kääntö-, navero- tai ojitusmätästystä. (Ruotsalainen 2007, 27.)

Luontaisen uudistamisen yhteydessä myös kangasmaiden lautasaurausta vastaavalla jyrsinällä on saatu aikaan täystiheä mäntytaimikko (Saarinen 2002, 25). Jyrsinässä pyritään laikutuksen tavoin poistamaan ainoastaan pintakasvillisuus ja raakahumuskerros, jolloin siemenen itämispintana on paljas turvepinta (Hökkä–Saarinen 2013).

Muokkaamattomalla ja paljaalla turvepinnalla (ks. luku 2.4) siemenen itämisen ja taimien varhaiskehityksen kannalta tärkeä veden kapillaarinen yhteys on suhteellisen voimakasta. Samankaltaisia kasvipeitteettömiä turvepintoja syntyy myös laikuttaessa, jolloin lämpiminä ja vähäsateisina kasvukausina itämispinta ei ole yhtä herkkä kuivumaan kuin mättäät. Mätästyksessä turvema-aines pudotetaan raakahumus- tai kasvillisuuspintaan, jolloin kapillaarinen yhteys pohjavedenpinnasta mättään turpeeseen jää vähäiseksi tai sitä ei ole ollenkaan. Toisaalta sateisina kasvukausina laikut ovat mättäitä herkempiä vettymään. (Saarinen ym. 2013, 52–53.)

Maanmuokkausmenetelmän valintaa turvemaidella vaikeuttaa turpeen maatuneisuusaste sekä turvekerroksen paksuus. Rahka- ja karhunsammalkasvustoihin tehdyt laikut ovat kuohkeampia ja kosteampia kuin esimerkiksi seinäsammalvaltaiset. Seinäsammalvaltaisilla uudistusaloilla raakahumuksen alla on yleensä maatunut turvekerros, joka on ensin

mainittua huonompi siementen itämisalusta sekä herkempi liettymään kovilla sateilla. (Ahtikoski ym. 2007, 30.)

Myös mätästyksen yhteydessä esiintyy kasvualustan suhteen vaihtelua ja turpeen paksuudesta riippuen mättää voivat muodostua joko turpeesta tai kivennäismaasta. Turpeen koostumus sen sijaan riippuu turpeen lajista ja maatuneisuudesta ja lisäksi turpeen alta on mahdollista nousta niin savea kuin esimerkiksi soraakin. Laikkupintojen ja mätäspintojen keskinäinen vertailu taimettumisen onnistumisen kannalta onkin hankalaa, sillä edellä mainittujen seikkojen lisäksi sirkkataimien syntyajankohdan sääolot vaikuttavat oleellisesti taimettumisen onnistumiseen. (Ahtikoski ym. 2007, 30–31.)

Turve tunnetaan kelpona siementen itämisalustana ja varsinkin karkea ja kostea turve imee itseensä hyvin vettä (Reinikainen 1996, 64). Kun turpeen sisältämän veden tilavuus laskee 20–30 prosenttiin turpeen kokonaistilavuudesta, se muuttuu vettä hylkiväksi ja turpeen uudelleen kostuminen on hidasta (Saarinen–Alenius–Laiho 2013, 53). Erityisen hitaasti uudelleen kostuvia ovat rahkaturpeet kun taas saraturpeet kostuvat nopeammin (Päivänen 2007, 69).

Kuivan turpeen vettä hylkivä ominaisuus eli hydrofobia johtuu pääosin veden pintajännityksestä turpeen pinnalla (Reinikainen 1996, 64) ja siihen vaikuttavat myös turpeen kasvijäännöskoostumus, maatumisaste sekä kemialliset ominaisuudet (Saarinen ym. 2013, 53). Pitkien poutajaksojen aikana turpeen pintakerros on altis kuivumiselle ja niiden uudelleen kostumiseen tarvitaan pitempiä sadejaksoja (Saarinen 1997, 6).

Lisäksi turpeen kosteusvaihteluissa voidaan havaita niin sanottu hystereesi-ilmiö, jolloin turpeen huokostilavuuden lisäksi turpeen vedenpidätyskyky on riippuvainen siitä, onko turve kuivumassa vai kostumassa uudelleen (Anlauf–Rehrmann–Schacht 2012, 9). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kertaalleen kuivunut, sateissa kosteutta saanut turve on herkempi kuivumaan uudestaan seuraavan sateettoman jakson aikana (Saarinen 2013, 17).

Uudistusalueina ojitusalueet ovat monesti kasvultaan kangasmaihin verrattavia kasvupaikkoja (Heikurainen 1982, 313). Turvemailla luontaisen

uudistamisen onnistuminen kuitenkin vaihtelee kangasmaita enemmän pohjaveden pinnan tason, turpeen ominaisuuksien, sääolojen sekä ojituksesta seuranneen kasvillisuusvaihteluiden mukaan (Ahtikoski ym. 2007, 29). Siementen itämiseen ja varhaiskehitykseen tarvitaan tarkempaa ja maantieteellisesti pätevämpää tietoa, jotta voidaan luoda käytännön toimenpideohjeet ja edellytykset onnistuneelle uudistamiselle turvemaiden vaihtelevilla kasvualustoilla (Saarinen 2005, 188).

Viime vuosina turvemaiden uudistamiseen liittyvä tutkimus on keskittynyt ennen muuta eri menetelmien antaman uudistamistuloksen ja taimien kasvun seurantaan sekä vertailuun. Viljelyketjuna mätästys-istutus ei kuitenkaan ole isolla osalla turvemaista taloudellisesti kannattavaa, vaikka sillä päästäisiinkin toivottuihin tuloksiin. Tämän vuoksi tutkimuskohteeksi tulisi ottaa myös vähemmän kustannuksia aiheuttavia maanmuokkaus- ja uudistamisvaihtoehtoja (Heikkilä 2007, 26), jolloin myös ravinteisuudeltaan heikompien kasvupaikkojen uudistaminen olisi kannattavaa. Metsien uudistaminen edellyttää parempaa turvemaiden kasvupaikkojen erityispiirteiden tuntemusta, erityisesti mikäli pyritään tukeutumaan luontaiseen uudistamiseen (Saarinen 1997, 2).

4 AINEISTO JA SEN KÄSITTELY

4.1 Koeruudut

Parkanon Liesinevalle perustettu koe oli ravinteisuustasoltaan ruhoisesta sararämeestä kehittynyt mustikkaturvekangas (mtkg II), jonka kuivatus oli tehty 1930-luvun puolivälissä ja avohakkuu talvella 1996–1997. Liesinevalle tehtiin yhdeksän ympäriltään ojitettua, 20 x 30 metrin kokoista koeruutua. Koeruudut oli jaettu niin, että ne sisälsivät kolme kutakin haluttua (10, 30 ja 50 cm) pohjavedenpinnan tasoa. Koeruutujen sijoittelu tehtiin niin, että koekenttä jaettiin kahteen mahdollisimman samankaltaiseen lohkoon ottaen huomioon koeruutujen kasvillisuuden vaihtelu ennen hakkuita. Kartassa (Kuvio 3.) oikealta vasemmalle eli idästä länteen kuusi ensimmäistä ruutua muodostavat ensimmäisen lohkon ja vasemmalla viimeiset kolme ruutua muodostavat toisen lohkon.



Kuvio 3. Koeruudut

Toisessa lohkossa pohjaveden säännöstelysyvyys meni käytännön syistä siten, että yläjuoksun puolella (vesi tulee oikealta idästä vasemmalle länteen) on 10 senttimetrin pohjavesiruutu ja sen jälkeen alajuoksun suuntaan 30 ja 50 senttimetrin ruudut. Ensimmäisessä lohkossa tämä systeemi katkeaa kivennäismaakannaksen vuoksi, jolloin ensimmäiset kaksi yläjuoksun ruutua ovat erillään (ensin 10 cm ja sen alapuolella 30 cm). Kannaksen jälkeen tulee

taas 10 ja 30 senttimetrin ruudut järjestyksessä ja sitten kaksi 50 senttimetrin ruutua vierekkäin, sillä niistä toinen ei mahtunut kivennäismaakannaksen yläpuolelle ensimmäisten 10 ja 30 senttimetrin ruutujen viereen.

4.2 Näytealat ja kylvö

Tutkimuksessa jokaiselle koealalle oli sijoitettu 20 näytealaa niin, että ne edustaisivat kyseistä koealaa mahdollisimman tasaisesti. Jokaiselle koealalle perustetuista 20 näytealasta puolet (10) edusti muokkaamatonta ja pääosin sammaletonta karikepintaa ja puolet laikkupintaa, josta karike ja raakahumus (3-5 cm) oli poistettu.

Näytealoilla pyrittiin jäljittelemään luontaista siemensatoa. Tämän johdosta päädyttiin kylvämään siemenet näytealoille ”vapaasti pudottaen”. Tämä tarkoitti käytännössä sitä, että siemeniä ei peitelty eikä näytealan pintaan kylvön yhteydessä koskettu. Näytealat olivat keskipisteeltään maastoon pysyvästi merkittyjä, 0,25 m²:n ympyräaloja.



Kuvio 4. Näyteala

Jokainen näyteala jaettiin kylvöneljänneksi (Kuvio 4.) kylvövuosien 1997, 1998 ja 1999 mukaan. Kokeessa käytettiin joka vuosi samaa siemenmateriaalia tulosten oikeellisuuden varmistamiseksi. Jokaiselle vuodelle tarkoitettu kylvöneljännes kylvettiin toukokuun lopussa ja kylvökset käytiin inventoimassa kerran kuussa kesäkuun–syyskuun välisenä aikana jokaisen kuukauden viimeisellä viikolla. Mittauksessa käytettiin neljännesneliön kokoista ympyräalakehikkoa, joka keskitettiin aina tarkalleen kunkin seurantapisteen kohdalla samankeskisesti seurantapisteessä olleen merkkikepin mukaan. Kehikon sisältä laskettiin sirkkataimet.

Siemeniä kylvettiin 50 kappaletta per näytealaneljännes konekylvöä jäljitellen. Lisäksi ympyränäyteala sisälsi niin sanotun kontrolliruudun, jolla mitattiin luontaista siemensatoa. Kunkin vuoden kylvöneljänneksestä seuraava vielä tyhjänä oleva neljännes toimi luontaisen siemensadon kontrollineljänneksenä sirkkataimia luettaessa. Kunakin vuonna ennen kylvöä edellisenä kesänä kontrollina toiminut neljännes puhdistettiin mahdollisista luontaisesti syntyneistä sirkkataimista.

Kylvötaimien inventoinnin yhteydessä syntyneet sirkkataimet luokiteltiin kehitysvaiheen ja kunnan mukaan. Tässä opinnäytetyössä taimia ei luokiteltu erikseen kehitysvaiheen mukaan. Kunnan perusteella taimet luokiteltiin yksinkertaisesti eläviin ja kuolleisiin taimiin.

4.3 Pohjavedenpinta

Liesinevalle vuonna 1997 perustetussa kokeessa pohjaveden pinnan taso pyrittiin pitämään mahdollisimman tasaisesti 10, 30 ja 50 senttimetrin tasolla patoamalla ojat pohjapadoilla. Pohjapadolla tarkoitetaan uoman pohjaan rakennettavaa patoa, jonka korkeimman kohdan yli vesi pääsee vapaasti juoksemaan. Sen tarkoituksena on nostaa vedenpinnan korkeutta hidastamalla ja tasaamalla veden läpivirtausnopeutta.

Pohjaveden mittaamista varten jokaiselle koealalle sijoiteltiin viisi mittauspistettä niin, että yksi mittauspiste oli koealan keskellä ja loput neljä koealan reunoilla. Pohjavesi mitattiin ruuduilta 3–9 manuaalisesti ja koeruuduilta 1–2 data loggerilla, joka on lämpötilojen ja kosteuden mittaamisen tarkoitettu elektroninen laite. Manuaalisesti mitattu

pohjavedenpinnan taso mitattiin turpeeseen upotetuista muoviputkista käyttäen pietsosummerilla varustettua mittakeppiä. Siinä pietsosummerin virtapiiri sulkeutuu mittatikun osuessa vesipintaan ja summeri antaa merkkiään. Koeruuduilta 3–9 on pohjavedenkorkeutta mitattu vuosilta 1997–2001 ja koeruuduilta 1–2 vuosilta 1997–1999. Pohjavedenpinnan korkeus on mitattu yhden desimaalin tarkkuudella. Tässä opinnäytetyössä käytetään tulosten tarkasteluun ja vertailuun vuosien 1997–1999 kasvukauden (kesäkuu–syyskuu) kuukausikohtaisia pohjavedenpinnan etäisyyden keskiarvoja.

Liesinevan data logger -aineisto alkaa erilaisten asennusvaikeuksien jälkeen vasta 17.6.1997, jolloin koeruuduilta 1–2 ei ole olemassa kyseiseltä vuodelta mittauksia pohjavedenpinnan etäisyyteen liittyen 1.6.–16.6. väliseltä ajalta. Tästä ei kuitenkaan aiheudu tulosten luotettavuuden kannalta suurempaa ongelmaa, sillä koeruutu 2 ei ollut ensimmäisenä vuotena mukana tulosten analysoinnissa (ks. Luku 4.6). Lisäksi voitaisiin olettaa, että pohjavedenpinnan etäisyys ei ole koeruudulla 1 koejärjestelyiden kahden ensimmäisen viikon aikana merkittävästi vaihdellut sen tavoitesyvyydestä.

4.4 Kasvillisuus

Pintakasvillisuus mitattiin kasvukauden lopulla (syyskuu) vuosien 1997–2001 välisenä aikana. Mittaus suoritettiin yhden prosentin tarkkuudella kulloinkin mitattavana olevan vuoden koealaneljänneksen kokonaisalaan suhteutettuna niin, että sitä pienempiä kasvillisuuspeittävyksiä ei otettu huomioon. Kasvillisuuden peittävyden mittaus tehtiin perinteisellä peittävyysosuuden (%) silmävaraisella arviolla. Ympyräalakehikossa oli naruristikko, joka jakoi ympyräalan 25 % neljänneksiin, joka auttoi peittävyden hahmottamisessa. Kun sama ihminen tekee kaikki toistetut peittävyysarviot päästään menetelmällä Metsäntutkimuslaitoksen vanhemman tutkijan Markku Saarisen mukaan kohtuullisen luotettavasti vähintään 5 prosentin tarkkuuteen. Sekä pohja- että kenttäkerroksen kasvilajisto luokiteltiin tapauskohtaisesti joko heimon, suvun tai lajin mukaan.

Pohjakerroksen kasvillisuuden prosentuaalista peittävyttä mitattaessa inventoitiin seuraavat sammalet: rahkasammal, seinäsammal, kynsisammal, karhunsammal ja kerrossammal. Kenttäkerroksen kasveista mitattiin

variksenmarjan, juolukan, suopursun, horsman, vadelman, metsätähden, kevätpiipon, suomuuraimen, maitikan ja kanervan lajipeittävyudet. Sarat luokiteltiin pallosaraksi ja muiksi saroiksi ja heinät sekä saniaiset muodostivat kumpikin oman kokonaisuuden ilman yksityiskohtaisempaa luokittelua. Mustikka ja puolukka luettiin samaan luokkaan ja lisäksi inventoitiin vielä koealaneljännekselle luontaisesti syntyneet koivun taimet.

4.5 Lämpötila ja sademäärä

Lämpötilan ja sademäärän mittaukset suoritettiin Delta-T -data loggerilla vuosien 1997–1999 välisenä aikana. Liesinevan data logger -aineisto alkaa erilaisten asennusvaikeuksien jälkeen vasta 17.6.1997. Asia on korjattu vuoden 1997 kesäkuun alun osalta Ilmatieteen laitoksen aineistolla, joka on laskettu lähiseudun sääasemien havaintojen mukaan Liesinevan alueelle tietynlaisella tasoitusalgoritmilla, eli kyseessä on mahdollisimman tarkka arvio.

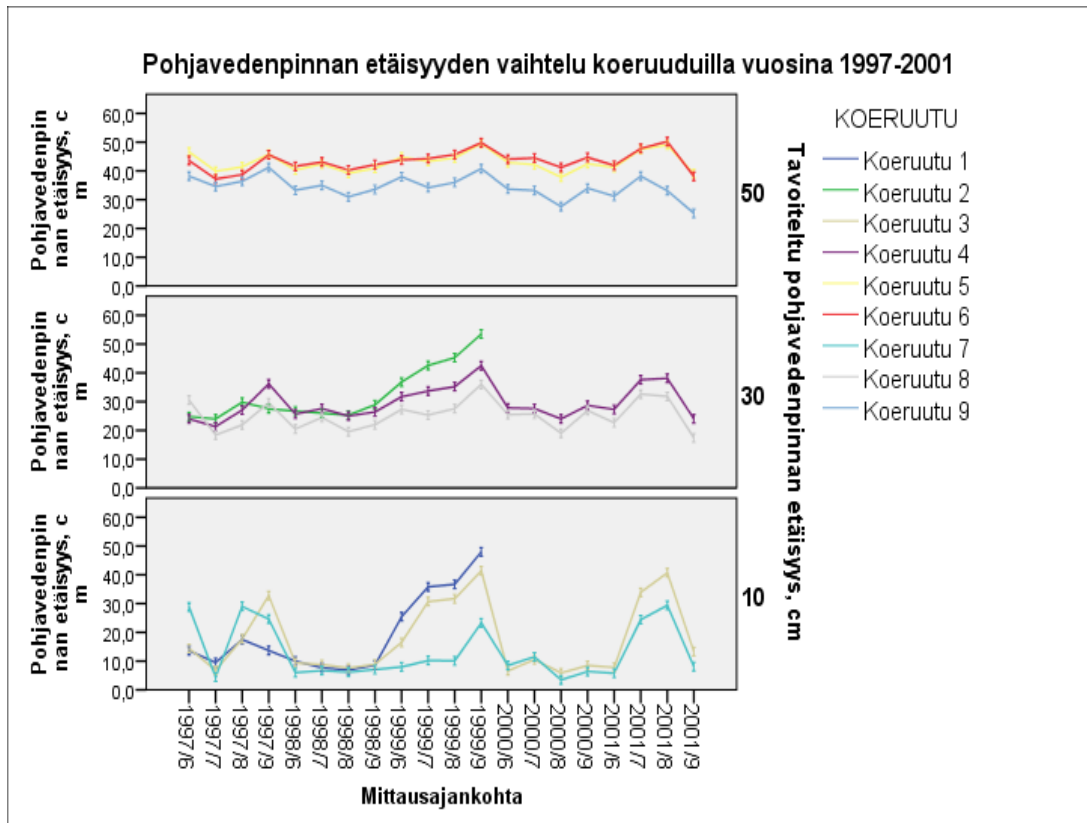
Sademäärää laskettaessa on rekisteröity yhteenlaskettu vuorokausittainen sademäärä edellä mainituilta ajanjaksoilta. Lämpötilat on rekisteröity 2 metrin korkeudelta maanpinnasta. Data logger on laskenut vuorokauden keskimääräisen lämpötilan, jonka perusteella on tehoisan lämpötilan summan periaatteen mukaisesti laskettu kasvukauden (1.6.–31.9.) kuukausi- ja kasvukausikohtaiset lämpöolot. Tehoisan lämpötilan summaa kertyy päiviltä, jolloin vuorokauden keskilämpötila on +5 asteen yläpuolella.

4.6 Aineiston luokittelu

Aineiston uudelleen luokittelu johtuu pitkälti Liesinevan koejärjestelyiden pohjavedenpinnan etäisyyden säätelyn epäonnistumisesta, minkä vuoksi lienee tässä kohtaa syytä paneutua asiaan tarkemmin. Yleisesti ottaen Liesinevalla onnistuttiin ensimmäisenä kahtena vuotena (1997-1998) pitämään suhteellisen hyvin kolme erillistä pohjavedenpinnan etäisyyttä. Vuoden 1999 aikana syöttövesien virtaus kuitenkin ehtyi ja pohjavedenpinnan etäisyys laski erityisesti niillä koeruuduilla, joilla etäisyys pyrittiin pitämään 10 ja 30 senttimetrin tasolla.

Liesinevan koekentällä pyrittiin pohjavedenpinnan etäisyys pitämään 10 senttimetrin tasolla koeruuduilla 1, 3 ja 7. Ensimmäisenä vuotena (1997)

pohjavedenpinnan etäisyys vaihteli 4,4 ja 32,8 senttimetrin välillä. Koeruudulla 1 pohjavedenpinnan etäisyyden vaihtelu oli selvästi koeruutuja 3 ja 7 vähäisempää. Vuonna 1998 pohjavedenpinnan etäisyyden säätely oli lähinnä tavoiteltua 10 senttimetriä ja etäisyys vaihteli 6–10 senttimetrin välillä. Viimeisenä vuonna (1999) pohjavedenpinnan etäisyys kasvoi huomattavasti ja oli koeruuduilla 1 ja 3 mittausjakson lopussa jo lähellä 50 senttimetriä. (Kuvio 5.)



Kuvio 5. Pohjavedenpinnan etäisyyden vaihtelu eri tavoitesyvyyksillä vuosina 1997–1999

Koeruuduilla 2, 4 ja 8 pyrittiin pohjavedenpinnan etäisyys pitämään 30 senttimetrin tasolla. Vuosina 1997 ja 1998 etäisyyden vaihtelu oli melko vähäistä ja myöskään koeruutujen välillä ei ollut suuria eroja. Koeruudun 2 pohjavedenpinnan etäisyyden vaihtelu oli pienintä (24–30 cm) ja koeruuduilla 4 (21–36 cm) ja 8 (18,5–31 cm) hieman suurempaa. Viimeisenä vuonna (1999) laskuojasta johdetun veden virtauksen ehtymisen johdosta pohjavedenpinnan etäisyys laski selvästi ja eniten tämä näkyi koeruudulla 2. Koeruuduilla 5, 6 ja 9 pohjavedenpinnan tavoite-etäisyydeksi oli asetettu 50 senttimetriä ja tässä onnistuttiin verrattain hyvin koeruuduilla 5 ja 6. Koeruudulla 9 pohjavedenpinnan etäisyys oli läpi tarkastelukauden (1997–1999) tasaisesti tavoiteltua matalammalla tasolla.

Koska Liesinevan koekentällä pohjavedenpinnan etäisyys vaihteli suuresti eri tavoitelluilla pohjavedenpinnan korkeuksilla, oli tarpeellista luokitella aineisto tältä osin uudestaan. Pohjavedenpinnan etäisyys jaettiin kolmeen luokkaan, jotka ovat 0–20, 21–40 ja 41–60 senttimetriä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että 0–20 senttimetrin luokkaan luettiin mukaan ne koeruudut, joilla pohjavedenpinnan etäisyys pyrittiin alunperin pitämään 10 senttimetrin tasolla (koeruudut 1, 3, 7), 21–40 senttimetriin luokkaan koeruudut, joiden pohjavedenpinnan etäisyys pyrittiin pitämään 30 senttimetrin tasolla (2,4,8) ja 41–60 senttimetrin luokkaan ne koeruudut, joiden pohjavedenpinnan etäisyys pyrittiin pitämään 50 senttimetrin tasolla (5,6,9).

Taulukko 1. Tutkimukseen mukaan luetut koeruudut

Inventointivuosi	Luokiteltu pohjavedenpinta (cm)	Inventoinnissa mukana olevien koeruutujen lukumäärä	Inventoinnissa mukana olevien koeruutujen numero(t)	Näytealojen lukumäärä
1997	10–20	1	1	20
	21–40	3	2,4,8	60
	41–60	1	5	20
1998	10–20	3	1,3,7	60
	21–40	3	2,4,8	60
	41–60	2	5,6	40
1999	10–20	1	7	20
	21–40	2	4,8	40
	41–60	2	5,6	40

Jokaista taimien inventointia vastaavalle kuukaudelle luettiin kuitenkin mukaan edellä mainituista koeruuduista ainoastaan ne koeruudut, joiden pohjavedenpinnan etäisyys pysyi niille asetettujen luokkavälien sisällä. Luokkavälien muodostamisen tein sillä periaatteella, että jokaista taimien inventointia vastaavalle kuukaudelle saataisiin vertailtavaksi vähintään yksi koeruutu jokaiseen edellä mainittuun, pohjavedenpinnan etäisyyttä kuvaavaan luokkaan. (Taulukko 1.)

Vuosien 1997–1999 lisäksi Liesinevan koekentältä inventoitiin vuonna 2001 erikseen elävien taimien lukumäärä. Tällöin olisi ollut mahdollista tutkia vuosina 1997–1999 syntyneiden sirkkataimien kehitystä itämisen jälkeen eri pohjavedenpinnantason etäisyyksillä. Koska kuitenkin pohjavedenpinnantason etäisyys heitteli koekentällä vuosien 2000–2001 aikana vielä enemmän kuin vuosina 1997–1999, ei tätä tietoa voitu käyttää

tässä tutkimuksessa hyväksi.

Itäneiden taimien määrää ei ollut tarkoituksen mukaista luokitella, koska käytetyt analyysimenetelmät eivät sitä vaatineet ja tällöin ei myöskään tapahtunut luokittelun myötä sille tyypillistä informaation vähenemistä. Sääolojen, eli sademäärän ja lämpösumman vertailu perustui kuukausikohtaisiin sekä kasvukausikohtaisiin arvoihin. Myöhemmin esiteltävän analysointimenetelmän takia kuukausikohtaiset arvot luokiteltiin kolmeen eri luokkaan tasavälisen luokituksen periaatteella. Sademäärän ja lämpösumman luokkarajat on esitelty taulukossa 2.

Taulukko 2. Sademäärän ja lämpösumman luokkarajat

Sademäärä (mm)	20-55	56-91	91-125
Lämpösumma (dd)	125-205	206-285	286-365

4.7 Aineiston analysointi

Käsitteillä oleva aineisto perustuu Parkanon metsäntutkimuslaitoksen kenttätöväen vuosien 1997–2001 välisenä aikana suorittamiin mittauksiin. Mitatut tunnuksot oli kirjattiin Excel- taulukkolaskentaohjelmaan, josta siirsin ne SPSS-tilastojenkäsittelyohjelmaan tarkempaa analysointia varten.

Aineiston analysointimenetelmää valittaessa on kiinnitettävä huomiota tutkittavien muuttujien mitta-asteikkoon eli siihen, millä tasolla tai millä tarkkuudella mittaus on suoritettu (Tähtinen–Laakkonen–Broberg 2011, 25). Mitta-asteikossa voidaan erottaa neljä eri tasoa, jotka ovat nominaali- eli laatueroasteikko, ordinaali- eli järjestysasteikko, intervalli- eli välimatka-asteikko sekä absoluuttinen eli suhdeasteikko (Laininen 2000, 7). Mitta-asteikossa mittaustasoltaan heikoin on nominaaliasteikko, kun taas absoluuttiset- eli suhdeasteikolliset muuttujat mahdollistavat kaikkein eksakteimman tulosten analysoinnin (Tähtinen ym. 2011, 25). Opinnäytetyössäni mitatut muuttujat olivat alun perin suhdeasteikollisia muuttujia. Johtuen kuitenkin muun muassa Liesinevan koejärjestelyiden pohjavedenpinnan säätelyn epäonnistumisesta sekä sääolojen, eli sademäärän ja lämpösumman paremmasta käytettävyydestä myöhemmin esiteltävässä analyysimenetelmässä, tuli edellä mainitut muuttujat luokitella.

Suhdeasteikollisena muuttujana säilyi siis ainoastaan taimettuminen ja siihen liittyvät tunnusluvut.

Välimatka-asteikolliselle aineistolle soveltuvan kuvaus- ja testausmenetelmän valinnan kannalta oli ensin oleellista selvittää, onko aineisto normaalisti jakautunut, sillä useimpien tilastollisten menetelmien perusedellytyksenä on muuttujien normaalijakautuneisuus (Metsämuuronen 2002, 16). Normaalijakauma eli Gaussin käyrä on muuttujien jakaumaa kuvaava symmetrinen käyrä, jossa frekvenssi on suurimmillaan keskellä ja pienimmillään reunoilla. Normaalijakautuneisuutta voidaan testata esimerkiksi Kolmogorov-Smirnovin tai Shapiro-Wilkin testeillä aineiston koosta riippuen sekä arvioida jakaumaa silmämääräisesti esimerkiksi histogrammin avulla. Lisäksi on mahdollista tutkia jakauman vinokkuutta (skewness) ja huipukkuutta (kurtosis). (Tähtinen ym. 2011, 74–75).

Opinnäytetyössäni käytettävien muuttujien osalta tuli ensisijaisesti selvittää taimettumisen jakauman normalisuus. SPSS -tilastojenkäsittelyohjelmalla tekemäni testit kyseiselle muuttujalle osoittivat, että aineistoa ei voi analysoida parametristen kuvaus- ja testausmenetelmien avulla. Vinokkuus kuvaa havaintoarvojen symmetristä sijoittumista aineiston keskiarvon ympärille ja huipukkuus jakauman ”korkeutta” suhteessa normaalijakaumaan. Muuttujia voitaisiin pitää normaalijakauman kaltaisena, jos sekä vinous että huipukkuus pysyisivät arvojen -1 ja 1 sisällä (Tähtinen ym. 2011, 74–75). Taimettumisen vinokkuutta ja huipukkuutta kuvaavat arvot eivät kuitenkaan pysyneet näiden rajojen välissä (Taulukko 3.).

Taulukko 3. Taimettumisen jakauman normalisuus (vinokkuus ja huipukkuus)

Taimettuminen	Vinokkuus (Skewness)	Huipukkuus (Kurtosis)
Muokkaamaton	2,33	5,25
Laikkupinta	1,79	2,97

Vinokkuuden ja huipukkuuden lisäksi testasin jakauman normalisuutta Kolmogorov-Smirnovin testillä, jota käytetään silloin, kun aineisto on suurempi kuin 50. Testi laskee muuttujalle keskiarvon ja keskihajonnan, joiden perusteella testi muodostaa normaalijakauman kumulatiivisen todennäköisyysjakauman, johon muuttujan jakaumaa verrataan (Karjaluoto

2007, 19). Myös tämä testi osoitti, että taimettumista kuvaava muuttuja ei ole normaalisti jakautunut. Testien p-arvot ovat taulukossa 4 "Sig."-sarakkeen alla. P-arvojen ollessa pienempi kuin 0,05 ei nollahypoteesi, eli muuttujan normaali jakauma, jää voimaan.

Taulukko 4. Taimettumisen jakauman normalisuus (Kolmogorov-Smirnovin testi)

Tests of Normality			
Itämispinna	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Statistic	df	Sig.
Muokkaamaton	0,300	830	0,00
Laikku	0,215	830	0,00

a. Lilliefors Significance Correction

Opinnäytetyössä oli tarkoitus verrata pohjavedenpinnan, sademäärän sekä lämpösumman vaikutusta taimettumiseen. Koska aineisto tuli pohjavedenpinnan etäisyyden ja sääolojen osalta luokitella myös analyysimenetelmän piti perustua ryhmien välisten keskiarvojen vertailuun. Lisäksi silloin, kun kyseessä on useampi kuin kaksi ryhmää, käytetään aineiston analysointiin yleensä varianssianalyysiä tai F-testiä. Koska taimettuminen ei kuitenkaan noudattanut normaalijakaumaa, päädyin analysoimaan aineistoa Kruskal-Wallis testillä, joka on käytännössä F-testin parametrin vastine. (Karjaluoto 2007, 25.) Testissä alkuperäiset havainnot korvataan järjestyslukuilla (Laininen 2000, 192). Muuttujan arvot järjestetään suuruusjärjestykseen, lasketaan ryhmittäin yhteen ja jaetaan saatu summa ryhmän koolla, jolloin saadaan ryhmittäiset järjestyslukujen keskiarvot (Tähtinen ym. 2011, 122).

Kulloinkin testattavana olevan hypoteesin eli oletuksen paikkaansa pitävyyttä pyritään selittämään havaintojen avulla. Hypoteesiä voidaan pitää oikeana silloin, kun testattava hypoteesi pystyy selittämään havainnoissa esiintyvät poikkeamat. Keskiarvojen lisäksi SPSS-tilastojenkäsittelyohjelma laskee P-arvon, joka selittää tilastollisessa testauksessa sattuman aiheuttamaa todennäköisyyttä ja päättely perustuu kyseisen todennäköisyyden arvoon. Tavallisesti silloin, kun p-arvo on korkeintaan 0.05, voidaan Kruskal-Wallis testin yhteydessä tulosta pitää tilastollisesti merkitsevä, eli poikkeama voidaan tulkita jostain muusta kuin sattumasta johtuvaksi. (Laininen 2000, 25–26.)

5 TULOKSET

5.1 Taimettuminen

5.1.1 Kruskal-Wallis testi ja Spearmanin järjestyskorrelaatio

Kruskal-Wallis testin antamat tilastollista merkitsevyyttä kuvaavat p-arvot on koottu taulukkoon 5. Taulukossa luokitellun pohjavedenpinnantason etäisyyden ja taimettumisen välinen p-arvo on ilmoitettu kuukausikohtaisesti (kesäkuu–syyskuu) vuosien 1997–1999 väliseltä ajalta erikseen laikkupinnalla sekä muokkaamattomalla itämispinnalla.

Tulosten perusteella muokkaamattomalla pinnalla oli taimettumisen ja pohjavedenpinnantason etäisyyden välillä tilastollista merkitsevyyttä, sillä p-arvo oli läpi tarkastelujakson (1997–1999) alle 0,05. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että syntyneiden taimien määrät eri luokitelluilla pohjavedenpinnan etäisyyksillä erosivat toisistaan niin paljon, että sitä ei voida kyseisen testin perusteella pitää sattumana.

Taulukko 5. Taimettumisen ja pohjavedenpinnantason etäisyyden välinen tilastollinen merkitsevyys (Kruskal-Wallis testi)

Kruskal-Wallis – testi, epäparametrinen			
Inventointivuosi	Inventointikuukausi	Muokkaamaton itämispinta	Laikkupinta
1997	kesäkuu	0,000	0,000
	heinäkuu	0,000	0,006
	elokuu	0,001	0,031
	syyskuu	0,000	0,045
1998	kesäkuu	0,003	0,308
	heinäkuu	0,006	0,308
	elokuu	0,000	0,301
	syyskuu	0,000	0,042
1999	kesäkuu	0,000	0,164
	heinäkuu	0,001	0,112
	elokuu	0,001	0,126
	syyskuu	0,001	0,017

Laikkupinnalla pohjavedenpinnantason etäisyydellä ja taimettumisella oli testin perusteella merkitystä vuonna 1997. Vuonna 1998 p-arvot kohosivat verrattain korkeaksi kesäkuun ja elokuun välisenä aikana, mutta syyskuun lopulla taimettuminen eri luokitelluilla pohjavedenpinnan etäisyyksillä erosi siinä määrin toisistaan, että p-arvo osoitti muuttujien välillä tilastollista merkitystä. Vuoden 1999 p-arvojen kehitys oli samanlainen kuin edellisenä vuonna. Tosin arvot eivät vuonna 1999 kohonneet yhtä suuriksi kuin vuonna

1998 vaan olivat lähellä 0,05:tä, jota tässä tutkimuksessa pidettiin tilastollista merkitsevyyttä mittaavana rajana.

Kruskall-Wallis testin lisäksi päätin tutkia taimettumisen ja eri tekijöiden välistä yhdysvaihtelua korrelaatiokertoimien avulla. Korrelaatio (r) kuvaa kahden muuttujan välistä lineaarista riippuvuutta, eli yhdysvaihtelun suuntaa ja voimakkuutta. Korrelaation voi saada minkä tahansa arvon -1 ja $+1$ välillä. Korrelaation ollessa 0 ei muuttujien välillä ole lineaarista korrelaatiota ja korrelaation ollessa 1 tai -1 on muuttujien välinen lineaarinen korrelaatio täydellistä, mikä on kuitenkin mahdollista vain teoriassa. Suuntaa antavat, kahden muuttujan välistä korrelaatiota kuvaavat arvot voidaan luokitella seuraavasti: $r > 0,7$ riippuvuus on voimakas; $0,3 < r < 0,7$ riippuvuus on kohtalainen tai merkittävä ja $r < 0,3$, jolloin riippuvuus on heikko tai sitä ei ole ollenkaan. (Tähtinen ym. 2011, 140–141.)

Aineiston analysointiin käytettiin Spearmanin järjestyskorrelaatiota, jonka käyttö on perusteltua silloin, kun aineisto ei ole normaalisti jakautunut (Tähtinen ym. 2011, 144). Seuraavassa korrelaatiomatriisissa (Taulukko 6.) on esitetty taimettumisen ja pohjavedenpinnan etäisyyden väliset korrelaatiot vuosien 1997–1999 sekä muokkauspinnan mukaan. Yleisesti ottaen voidaan todeta, että lineaarista korrelaatiota kuvaavat arvot ovat samansuuntaiset, kuin Kruskall-Wallis testissä saadut, tilastollista riippuvuutta kuvaavat tunnusluvut. Taimettumisen ja luokitellun pohjavedenpinnan etäisyyden välinen korrelaatio oli suurempi muokkaamattomalla pinnalla kuin laikkupinnalla, jolla vuoden 1997 taimettumistulosta lukuun ottamatta ei ollut minkäänlaista yhteyttä pohjavedenpinnan etäisyyteen.

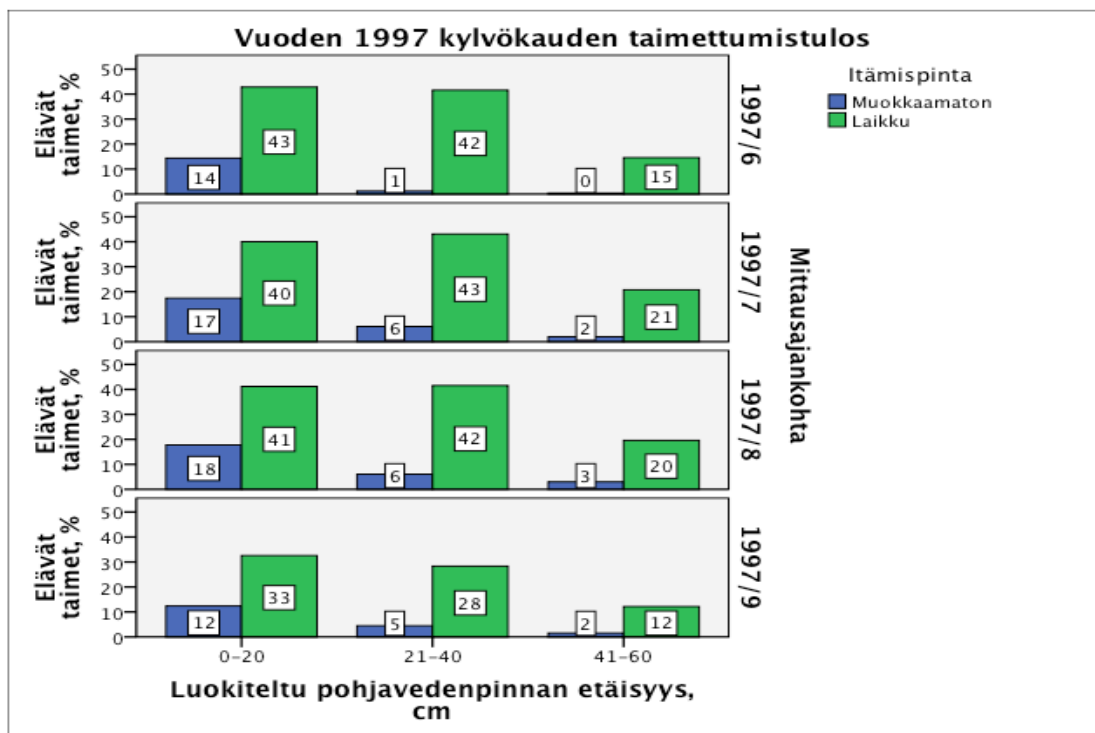
Taulukko 6. Taimettumisen ja pohjavedenpinnan etäisyyden väliset Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimet

Taimettumisen ja pohjavedenpinnantason etäisyyden väliset Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimet		
Inventointivuosi	Itäispinta	Korrelaatio, r
1997	Muokkaamaton Laikku	-0,521 -0,295
1998	Muokkaamaton Laikku	-0,369 0,014
1999	Muokkaamaton Laikku	-0,518 0,073

Muokkaamattomalla pinnalla lineaarinen korrelaatio oli vuosina 1997 ja 1999 käytännössä yhtä suuri ja vuonna 1998 selvästi pienempi. Muokkaamattomalla itämispinnalla ja laikkupinnalla vuonna 1997 esiintynyt negatiivinen korrelaatio tulkitaan tässä tapauksessa niin, että pohjavedenpinnantason ja maanpinnan välisen etäisyyden pienentyessä itäneiden taimien määrä kasvaa.

5.1.2 Vuoden 1997 taimettumistulokset

Tästä eteenpäin 0–20 (cm) pohjavedenpinnan etäisyyden luokasta käytetään tekstissä nimitystä luokka 1. Vastaavasti 21–40 (cm) luokasta käytetään nimitystä luokka 2 ja 41–60 (cm) luokasta nimitystä luokka 3. Sen sijaan kuvioissa on edelleen käytetty senttimetrein ilmaistuja pohjavedenpinnan etäisyyksiä.



Kuvio 6. Vuoden 1997 kuukausikohtainen taimettumistulos eri luokitelluilla pohjavedenpinnan etäisyyksillä

Laikkupinta osoittautui vuonna 1997 läpi tarkastelukauden (kesäkuu–syyskuu) selvästi muokkaamatonta itämispintaa paremmaksi kasvualustaksi jokaisella luokitellulla pohjavedenpinnan tason etäisyydellä (Kuvio 6.). Laikkupinnalla eniten sirkkataimia oli syntynyt luokissa 1 ja 2, joilla taimien itämisprosentti oli lähes samanlainen kesä–elokuun välisenä aikana. Syyskuussa elävien taimien määrä kuitenkin väheni merkittävästi erityisesti

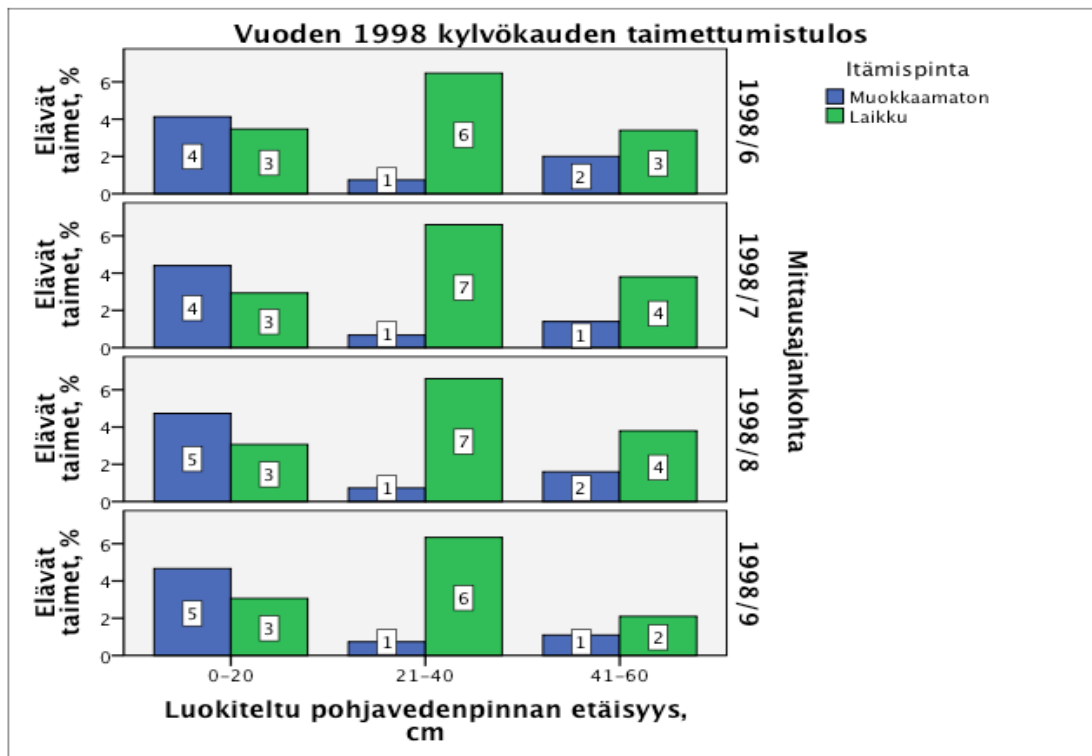
luokassa 2, jolloin syyskuussa parhaimmaksi itämisalustaksi osoittautui luokka 1. Vuonna 1997 selvästi huonoimmaksi itämisalustaksi osoittautui luokka 3, johon kuuluvilta koeruuduilta mitattiin kesä- ja syyskuussa noin kolmannes sekä heinä-elokuussa noin puolet vähemmän sirkkataimia muihin luokkiin verrattuna.

Muokkaamattomalla itämispinnalla selvästi eniten sirkkataimia syntyi luokassa 1. Muokkaamattomalla pinnalla itäneiden sirkkataimien määrä kasvoi tasaisesti kesäkuusta elokuuhun kaikissa pohjavedenpinnan etäisyyttä kuvaavissa luokissa. Lokakuussa taimien määrä kuitenkin väheni ja selvemmin tämä ilmeni luokassa 1. Laikkupintaan verrattuna itämistulos oli muokkaamattomalla pinnalla selvästi huonompi ja luokissa 2 ja 3 taimettuminen oli hyvin vähäistä.

5.1.3 Vuoden 1998 taimettumistulokset

Vuoden 1998 taimettumistulokset olivat molemmilla itämispinnoilla sekä kaikilla pohjavedenpinnan etäisyyksillä selvästi edellisvuotta heikommalla pienillä poikkeuksilla lukuun ottamatta. Lisäksi ero muokkaamattoman pinnan ja laikkupinnan välillä oli pieni johtuen ennen muuta sirkkataimien huonosta itämisestä. Laikkupinnalla eniten taimia oli syntynyt luokassa 2 ja asetelma pysyi samanlaisena läpi tarkastelukauden. Luokkien väliset erot taimettumisessa olivat vähäiset. Laikkupinnalla itäminen oli luokissa 1 ja 2 tasaista läpi tarkastelukauden ja myöskään luokassa 2 ei voitu havaita parhaimmillaankaan kuin parin prosentin suuruista, itäneiden sirkkataimien vähenemistä elokuun ja syyskuun välillä. (Kuvio 7.)

Muokkaamattomalla pinnalla sirkkataimien itäminen oli suurinta (4–5%) läpi tarkastelukauden luokassa 1. Kyseisellä pohjavedenpinnan etäisyydellä taimettumistulos oli ensimmäistä kertaa parempi kuin laikkupinnalla, vaikkakin ero itämispintojen välillä oli kuukaudesta riippuen vain 1–2 prosentin suuruinen. Vastaavasti luokissa 2 ja 3 itämisprosentti jäi parhaimmillaankin ainoastaan 1–2 prosenttiin. Muokkaamattomalla itämispinnalla itämisprosentit pysyivät lähes samana läpi tarkastelukauden kaikissa pohjavedenpinnan etäisyyttä kuvaavissa luokissa.

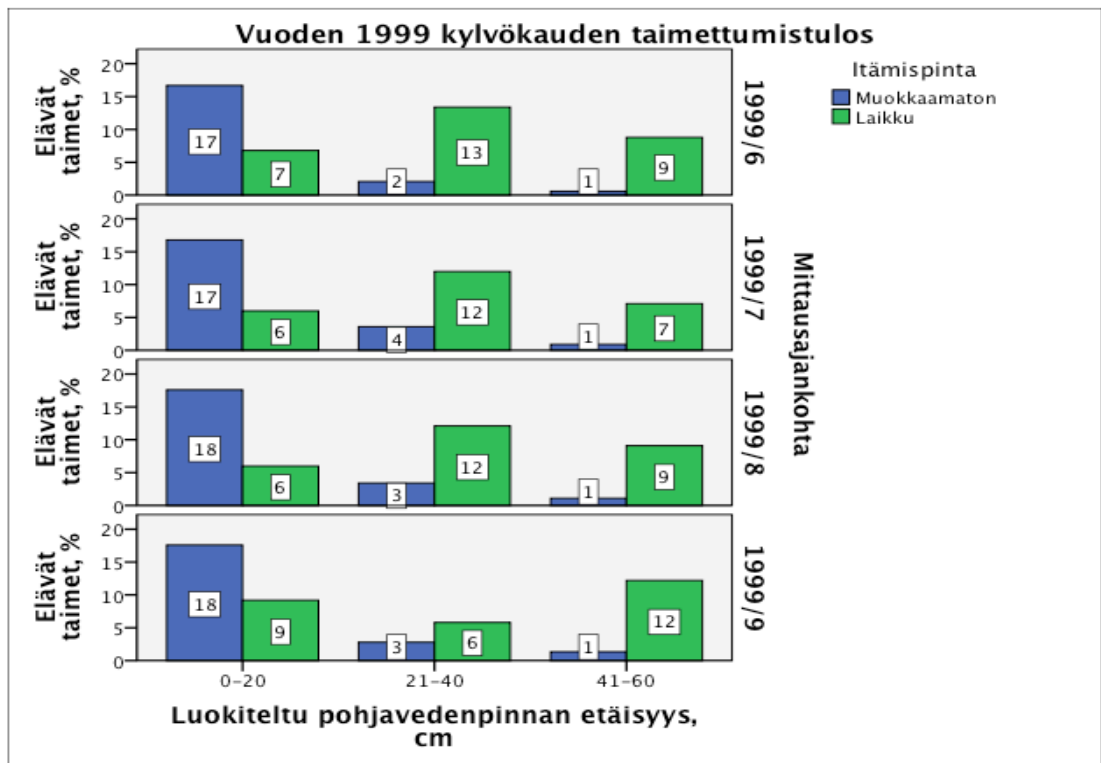


Kuvio 7. Vuoden 1998 kuukausikohtainen taimettumistulos eri luokitelluilla pohjavedenpinnan etäisyyksillä

5.1.4 Vuoden 1999 taimettumistulokset

Vuoden 1997 ja 1998 tavoin myös vuonna 1999 muokkaamattomilla pinnoilla parhaimmat inventointitulokset saatiin luokassa 1. Kuten aiempina inventointivuosina, muokkaamattomalla pinnalla luokissa 2 ja 3 itämisprosentti oli huono. Merkille pantavin yksityiskohta vuoden 1999 tuloksissa lienee kuitenkin se, että myös laikkupinnan itämistuloksiin verrattuna läpi kasvukauden parhaimmaksi itämisalustaksi osoittautui luokka 1 muokkaamattomalla pinnalla. (Kuvio 8.)

Laikkupinnalla vuonna 1999 kolmen ensimmäisen inventointikuukauden ajan sirkkataimien itämisprosentti oli parhaimmillaan (12–13%) luokassa 2. Kuitenkin vuoden 1997 tavoin itämisprosentti romahti syyskuussa, ja nyt kasvukauden päättyessä kyseiseen luokkaan kuuluvilta koeruuduilta inventoitiin ainoastaan 6 prosentin itämistulos. Kesä–elokuun ajan luokassa 1 itämisprosentti vaihteli 6–7 prosentin ja luokassa 3 vaihtelu oli 7–9 prosentin välillä. Syyskuussa näihin pohjavedenpinnan etäisyyksiin kuuluvilla koeruuduilla sirkkataimien itämisprosentti lisääntyi siinä määrin, että laikkupinnoilta kasvukauden lopulla vähiten taimia inventoitiin luokassa 2.

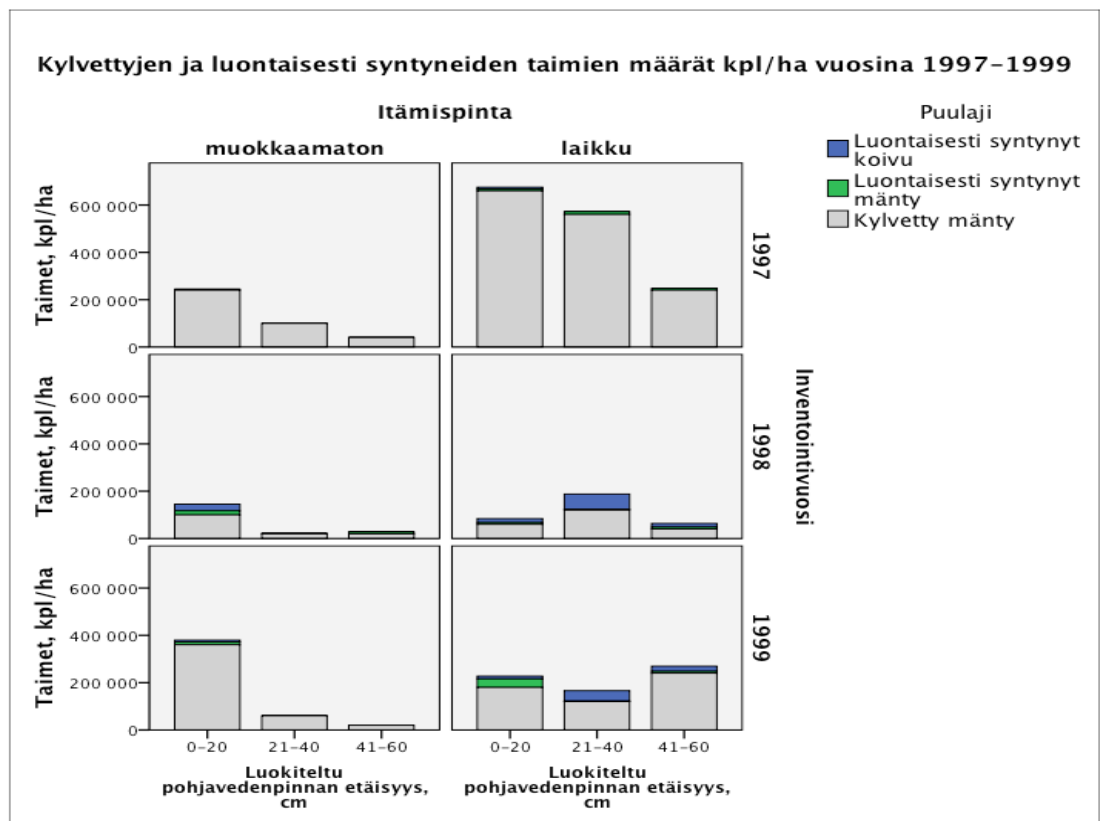


Kuvio 8. Vuoden 1999 kuukausikohtainen taimettumistulos eri luokitelluilla pohjavedenpinnan etäisyyksillä

5.1.5 Luontainen taimiaines

Luontaisesti syntynyt taimiainekseen on niin ikään luettu mukaan ainoastaan ne koeruudut, joilla pohjavedenpinnantason etäisyys pysyi niille asetettujen luokkien sisällä (ks. Luku 4.6) ja tulokset on ilmoitettu näiden mukaan luettujen koeruutujen keskiarvona. Tässä tutkimuksessa männyn osalta luontainen taimiaines koostuu kontrolliruuduilta inventoiduista sirkkataimista (ks. Luku 4.2). Luontaisesti syntyneisiin koivuntaimiin laskettiin sekä kontrolliruuduilta että varsinaisilta näytealoilta inventoidut taimet ja tulokset on koivuntaimien osalta ilmoitettu näiden kahden inventointipinnan yhteenlaskettuna keskiarvona.

Kuvioon 9 on koottu jokaisen kylvökauden (1997–1999) lopussa, eli syyskuun lopulla elossa olevien luonnontaimien, mutta myös kylvettyjen männyntaimien taimimäärät. Koska aiemmin tuloksissa esiteltyn kylvettyjen taimien määrät perustuvat itämisprosenttiin ja luonnontaimien inventointi perustui puolestaan kappalemääriin, on tulosten selkeyttämiseksi sekä luonnontaimien että kylvettyjen taimien määrä muutettu muotoon kappaletta hehtaarilla.



Kuvio 9. Luontaisesti syntyneiden ja kylvettyjen taimien määrät (kpl/ha) vuosina 1997–1999

Luontaisesti syntyneiden taimien tarkastelussa tulee tässä yhteydessä kiinnittää huomio siihen, että missä suhteessa Liesinevan koekentältä on inventoitu luontaisesti syntyneitä taimia verrattuna kylvettyihin taimiin, eikä niinkään hehtaarikohtaisiin kappalemääriin. Taimimäärät on muutettu hehtaarikohtaisiksi näytealoilta inventoitujen taimien perusteella, jolloin taimilla on ollut itämisalustan suhteen ihanteelliset edellytykset itämiseen. Todellisuudessa tilanne on luonnostaan kuitenkin täysin erilainen. Uudistusaloilla muun muassa kannot, risut, ojat, maanmuokkaustapa (esimerkiksi laikkujen määrä/ha) ja muu kasvillisuus vain muutama esimerkki mainitakseni, vähentävät taimilla potentiaalisten itämisalustojen määrä huomattavasti.

Muokkaamattomalla pinnalla kontrolliruuduille luontaisesti syntyneitä männyntaimia inventoitiin vuosina 1997–1999 selvästi eniten luokassa 1 kun taas luokissa 2 ja 3 männyntaimia ei syntynyt vuoden 1998 poikkeusta lukuun ottamatta ollenkaan. Vuonna 1998 luonnontaimien määrä oli suhteessa kylvettyihin männyntaimiin verrattain suuri luokissa 1 ja 3.

Muokkaamattomalla pinnalla pohjavedenpinnan etäisyyden vaikutus luontaisesti syntyneiden koivujen määrään oli vielä suurempi, kuin luontaisesti syn-

tyneiden tai kylvettyjen männyntaimien, sillä luontaisesti syntyneitä koivuntaimia ei esiintynyt lainkaan luokissa 2 ja 3. Tosin ensimmäisenä inventointivuotena (1997) myöskään luokassa 1 ei esiintynyt yhtään koivuntaimia.

Luontaisesti syntyneiden männyntaimien määrän ja pohjavedenpinnantason etäisyyden välinen riippuvuus ei ollut laikkupinnoilla yhtä suuri kuin muokkaamattomalla itämispinnalla. Varsinkin vuosina 1997–1998 luontaisesti syntyneiden männyntaimien määrä oli jakautunut tasaisesti eri pohjavedenpinnantason etäisyyksien kesken. Vuonna 1999 luokassa 1 luontaisesti syntyneiden männyntaimien määrä oli kuitenkin selvästi suurin.

Muokkaamattoman pinnan tavoin myös laikkupinnoilla vuosi 1997 oli luontaisten koivujen esiintyvyydeltään selvästi heikoin ja taimia inventoitiin ainoastaan luokassa 1. Vuosina 1998 ja 1999 puolestaan luokka 2 erottui edukseen muihin luokiteltuihin pohjavedenpinnan etäisyyksiin verrattuna. Varsinkin vuonna 1998 luontaisesti syntyneiden koivuntaimien määrä oli huomattava myös kylvötaiimiin verrattuna.

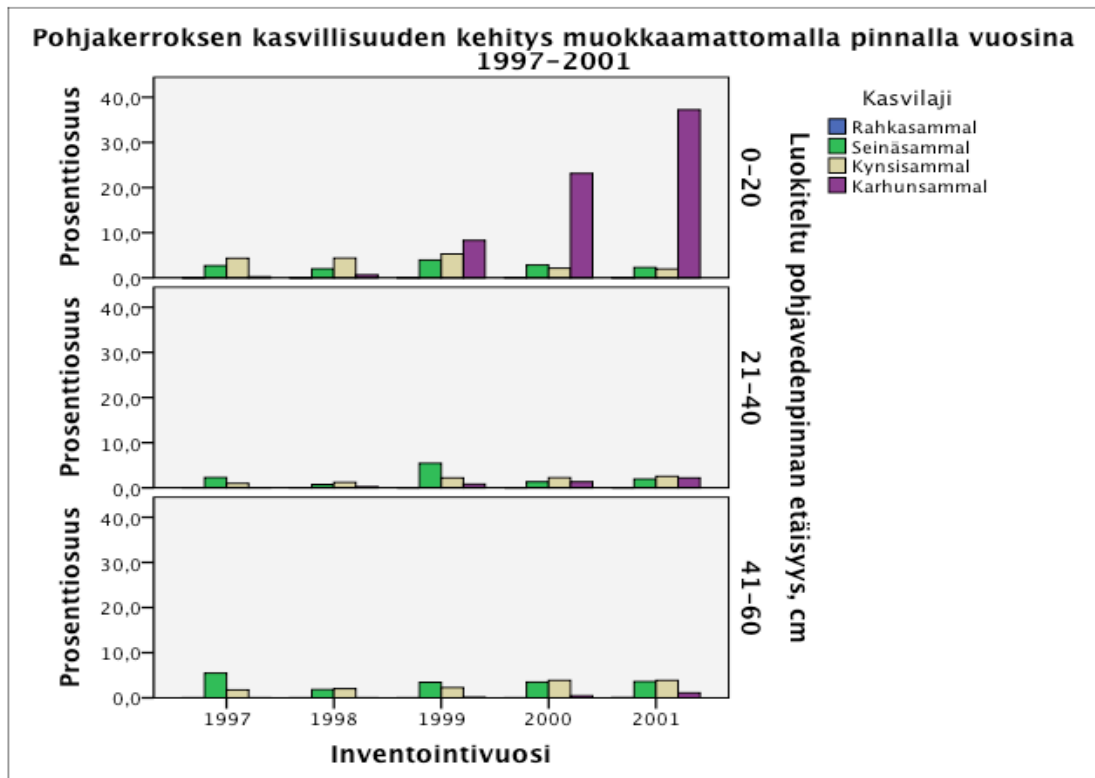
5.2 Kasvillisuus

5.2.1 Kasvillisuuden kehitys pohjakerroksessa

Liesinevan koejärjestelyiden pohjavedenpinnan etäisyyden säätelyn epäonnistuminen ja sen myötä tehty aineiston uudelleen luokittelu vaikeutti kasvillisuuspeittävyksien tarkastelua. Kasvillisuuspeittävyteen liittyvä maastomittaus erosi taimettumiseen liittyvistä mittauksista siinä mielessä, että sitä ei aloitettu niin sanotusti ”alusta” vuosien 1997–1999 välisenä aikana, vaan koeruuduilta vuoden 1998 kasvukauden lopussa inventoidut peittävydet olivat jatkoa vuoden 1997 kasvillisuuspeittävyksille ja niin edelleen. Esimerkiksi koeruutu 1 oli tässä tutkimuksessa mukana vuosina 1997 ja 1998 mutta ei enää vuonna 1999, koska pohjavedenpinnan etäisyys ei pysynyt sille asetettujen luokkarajojen välissä (ks. Luku 4.6). Näin ollen kasvillisuuspeittävyksiä ei ole mielekästä tarkastella pohjavedenpinnan etäisyyteen perustuen vaan lähinnä muokkauspinoittain.

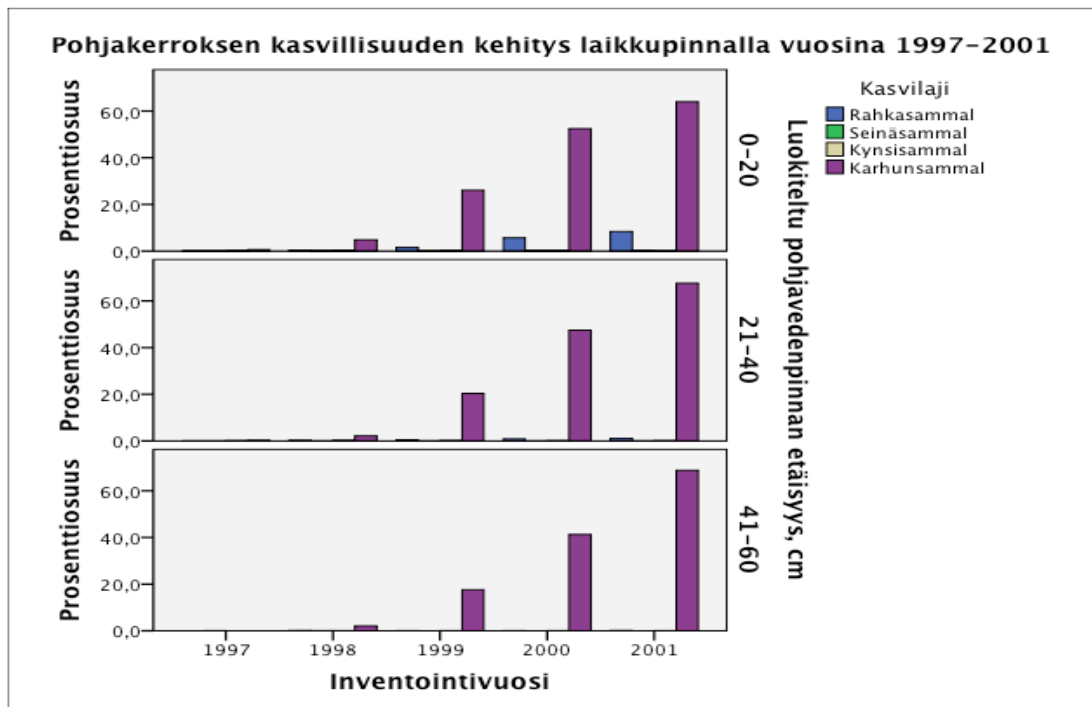
Pohjakerroksen kasvillisuuden kehitys muokkaamattoman pohjakerroksen karikepinnoilla ja sammalkasvustoissa oli karhunsammalta lukuun ottamatta vähäistä ja karhunsammaleen peittävyyskin kasvoi vasta kolmannesta

kasvukaudesta (1999) lähtien. Vaikka koeruuduilla pohjavedenpinnan etäisyydet eivät pysyneetkään niille asetetuilla syvyyksillä, ovat koeruutujen väliset erot sen verran suuret, että karhunsammaleen peittävyysmuutokset olivat todennäköisesti yhteydessä pohjavedenpinnan etäisyyteen. Muiden pohjakerroksen sammalien yhteenlaskettu peittävyyskin vaihteli ainoastaan 10 prosentin molemmin puolin. Myöskään pohjavedenpinnan etäisyydellä ei ollut nähtävää eroa näiden sammalien kehityksessä. (Kuvio 10.)



Kuvio 10. Pohjakerroksen kasvillisuuden kehitys muokkaamattomalla pinnalla vuosina 1997–2001

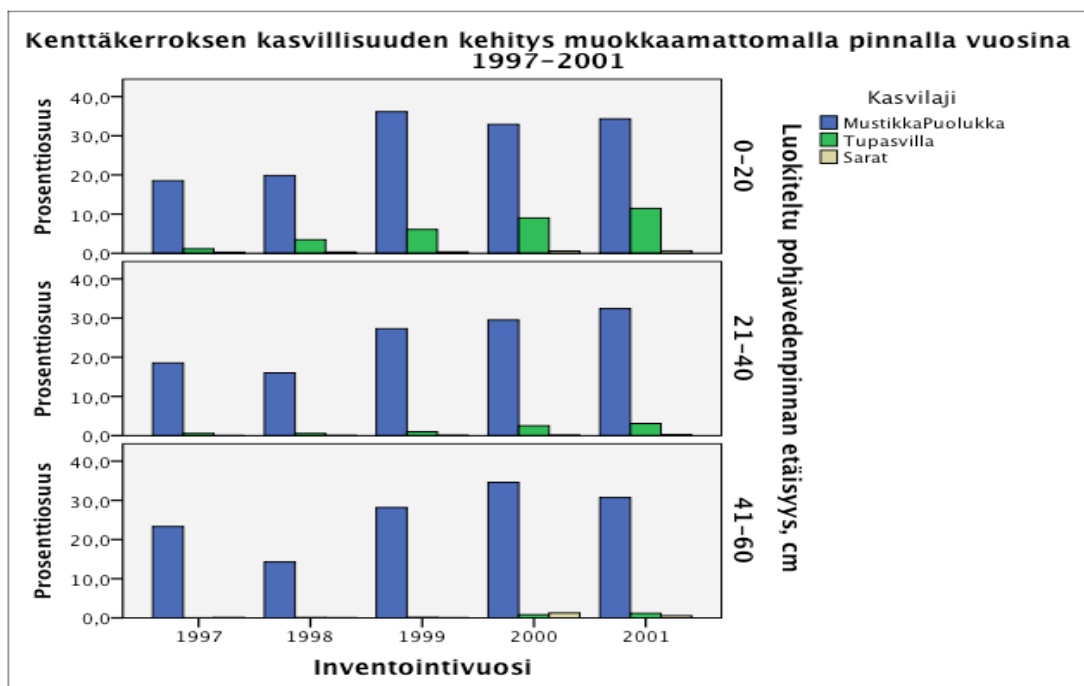
Liesinevalla pohjakerroksen kasvilajien määrä oli laikkupinnoilla vielä muokkaamatonta pintaakin suppeampaa, mutta prosentuaalinen peittävyys sen sijaan oli huomattavasti suurempaa. Tämä johtui karhunsammaleen voimakkaasta leviämisestä kolmannesta kasvukaudesta lähtien ja viimeisenä kasvukautena (2001) sen prosentuaalinen peittävyys oli koeruuduilla pohjavedenpinnan etäisyydestä riippumatta yli 60 prosenttia. Rahkasammaleen peittävyys yleistyi hieman kolmannesta kasvukaudesta lähtien ja aiempiin tutkimuksiin vedoten peittävyys todennäköisesti oli yhteyksissä pohjavedenpinnan etäisyyteen. (Kuvio 11.)



Kuvio 11. Pohjakerroksen kasvillisuuden kehitys laikkupinnalla vuosina 1997–2001

5.2.2 Kasvillisuuden kehitys kenttäkerroksessa

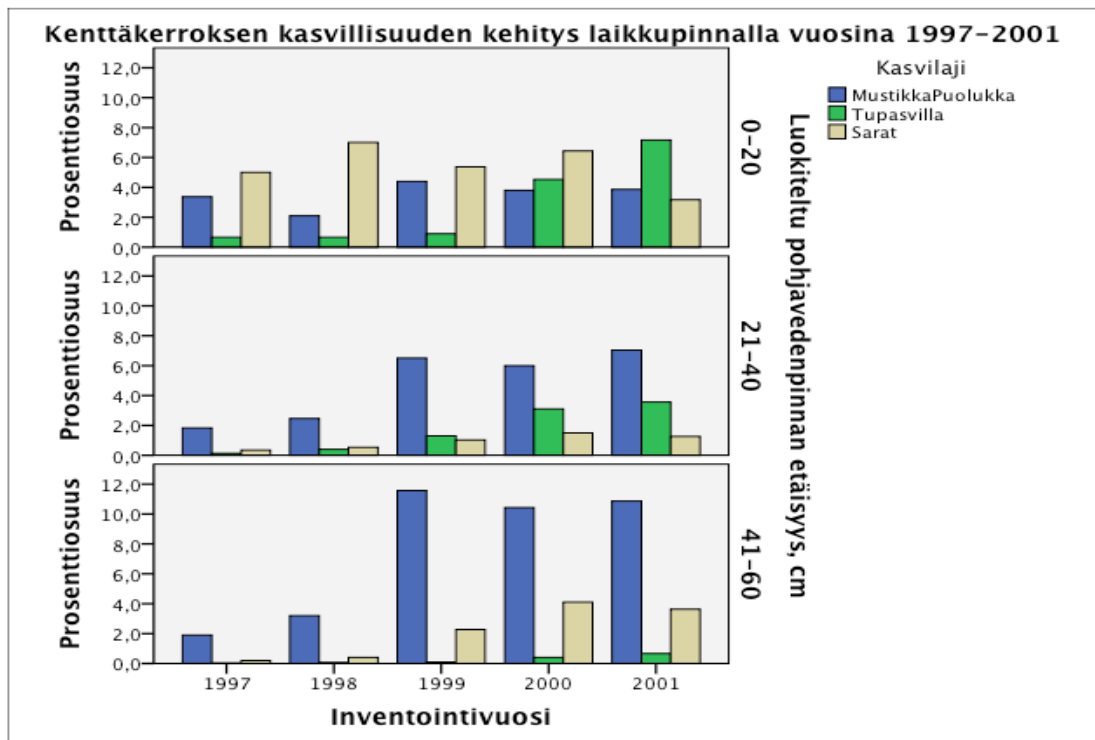
Myös kenttäkerroksen lajistollinen esiintyminen oli muokkaamattomalla pinnalla vähäistä (Kuvio 12.). Mustikan ja puolukan prosentuaalisen peittävyden muutokset olivat samansuuntaiset kaikilla koeruuduilla ja yhteenlaskettu peittävyys kohosi kaikilla koeruuduilla 20 prosentista noin 30–40 prosenttiin.



Kuvio 12. Kenttäkerroksen kasvillisuuden kehitys muokkaamattomalla pinnalla vuosina 1997–2001

Mustikan ja puolukan lisäksi muokkaamattomalla pinnalla yleistyi ainoastaan tupasvilla. Peittävyden kasvu oli tasaista läpi inventointikauden (1997–2001) jääden kuitenkin parhaimmillaankin reiluun 10 prosenttiin.

Laikkupinnoilla kenttäkerroksen kasvilajisto koostui muokkaamattomien pintojen tavoin mustikan ja puolukan, tupasvillan ja sarojen muodostamasta kokonaisuudesta, joskin eri lajien prosentuaalisissa peittävyyksissä oli muokkaamattomiin pintoihin verrattuna eroja. Kuten myös muokkaamattomilla pinnoilla, mustikan ja puolukan kokonaispeittävyys lisääntyi erityisesti kolmannen kasvukauden aikana peittävyden jäädessä kuitenkin selvästi pienemmäksi kuin muokkaamattomalla pinnalla. Kuvio (13.)



Kuvio 13. Kenttäkerroksen kasvillisuuden kehitys laikkupinnalla pinnalla vuosina 1997–2001

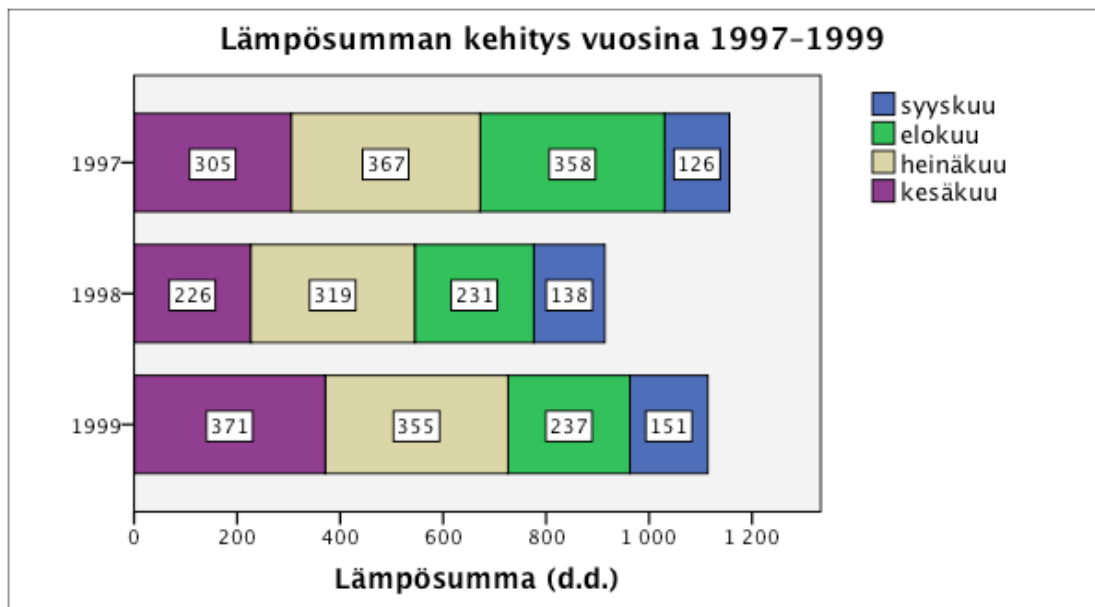
Saroja esiintyi laikkupinnoilla enemmän kuin muokkaamattomilla pinnoilla, mutta niiden peittävyys jäi parhaimmillaankin noin 7 prosenttiin. Sarojen lisääntyminen oli ensimmäisen kahden kasvukauden aikana runsaampaa kuin muiden kenttäkerroksen kasvilajien. Sarojen lisäksi myös laikkupinnoilla esiintyi tupasvillakasvustoja ja niiden peittävyys oli inventointikauden lopussa (2001) hieman pienempi kuin muokkaamattomilla pinnoilla. Tupasvillan esiintymistä todennäköisesti suosi lähellä maan pintaa oleva pohjavedenpinnan taso molemmilla muokkauspinnoilla, sillä tupasvilla ei juuri ollenkaan yleistyi-

nyt koeruuduilla, joilla pohjavedenpinnan etäisyys pyrittiin pitämään kaikkein matalimmalla tasolla.

5.3 Lämpösumma ja sademäärä

5.3.1 Vuosittaiset lämpösummat ja sademäärät

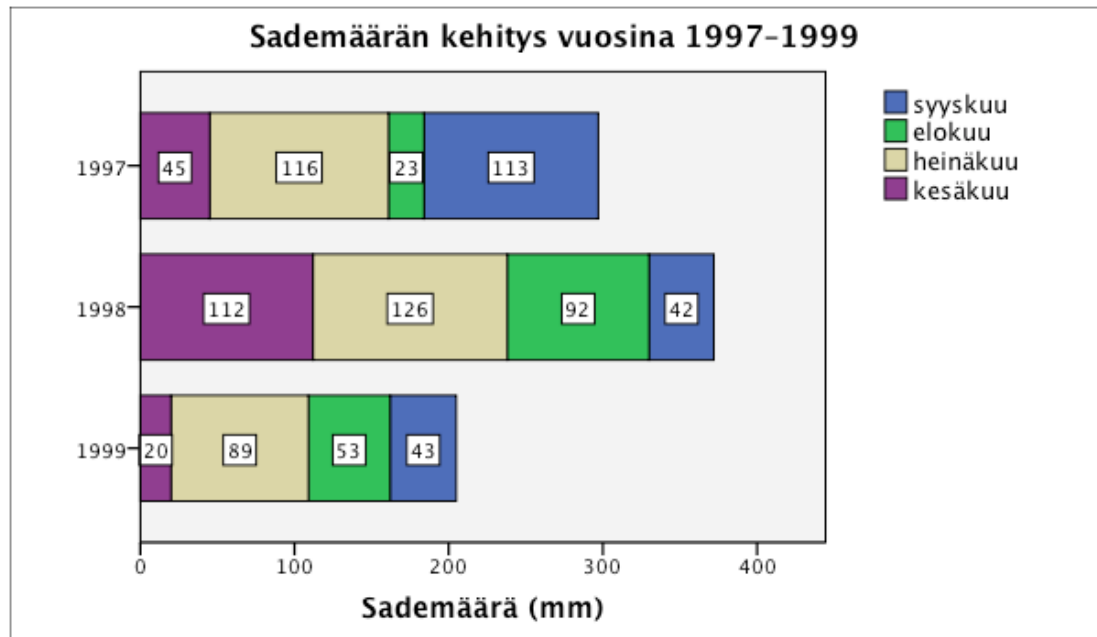
Vuosien 1981–2010 tilastojen perusteella keskimääräinen termisen lämpösumma on Liesinevan alueella ollut 1000–1100 (d.d.). Vuosina 1997 ja 1999 lämpösumma oli hieman keskiarvoa suurempi (1166 ja 1114) kun se vuonna 1998 jäi selvästi keskiarvon alapuolelle (914). Tämä johtui lähes täysin kesäkuun lämpösummien välisestä erosta, sillä muiden kuukausien väliset erot olivat verrattain vähäiset lukuun ottamatta vuoden 1997 poikkeuksellisen lämmintä elokuuta. (Kuvio 14.)



Kuvio 14. Lämpösumman kehitys vuosina 1997–1999

Vuosien 1997–1999 termisen kasvukauden sekä yhteenlasketussa, että kuukausittaisissa sademäärissä oli lämpösummaan verrattuna selvästi suurempia eroja. Eniten satoi vuonna 1998, jolloin sademäärä oli termisen kasvukauden päättyessä 372 (mm) kun se seuraavana kasvukautena oli lähes puolta pienempi (205 mm). Myös vuoden 1997 sademäärä (310 mm) jäi vuosien 1981–2010 tilastojen perusteella lasketun termisen kasvukauden keskimääräisen sademäärän alapuolelle (340–360 mm). Vuoden 1998 kuukausittaiset sademäärät olivat vuosien 1997 ja 1999 vastaavia selvästi suurempia kesä- ja elokuussa. Vuoden 1997 termisen kasvukauden sademäärää kas-

vatti oleellisesti elokuun sademäärä, joka oli lähes kolminkertainen seuraaviin inventointivuosiin verrattuna. (Kuvio 15.)



Kuvio 15. Sademäärän kehitys vuosina 1997–1999

5.3.2 Sademäärän ja lämpösunnan vaikutus taimettumiseen

Kruskall-Wallis tilastollista merkitsevyyttä ilmaisevat p-luvut on koottu taulukkoon 7 eriteltynä itämispinnan ja inventointivuoden mukaan. Tässä yhteydessä testin tarkoituksena oli tutkia, onko kasvukauden (kesäkuu–syyskuu) sademäärän tai lämpösunnan vaihtelulla ollut merkitystä taimettumiseen.

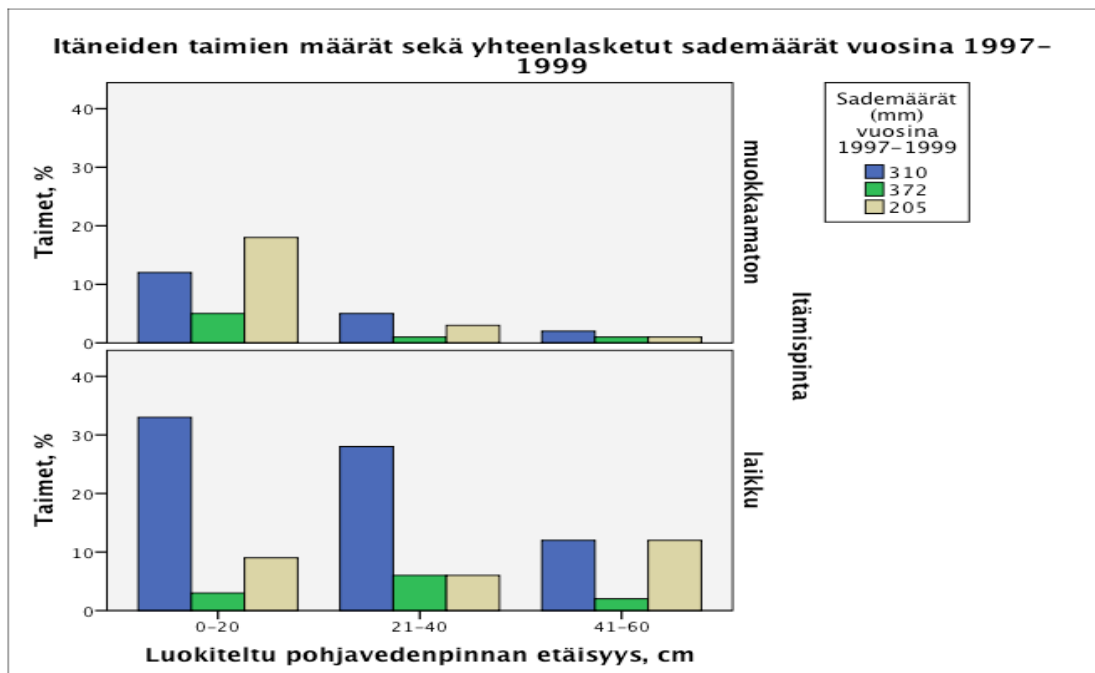
Taulukko 7. Taimettumisen ja sääolojen välinen tilastollinen merkitsevyys (Kruskall-Wallis testi)

Kruskal-Wallis – testi, epäparametrinen			
Vuosi	Itämispinta	Sademäärä	Lämpösunta
1997	Muokkaamaton Laikku	0,000 0,334	0,679 0,002
1998	Muokkaamaton Laikku	0,685 0,301	0,911 0,582
1999	Muokkaamaton Laikku	0,724 0,890	0,926 0,803

Yleisesti ottaen voidaan sanoa, että sademäärän ja lämpösunnan kuukausittainen vaihtelu kasvukauden sisällä (kesäkuu–syyskuu) ei vaikuttanut taimettumiseen ja p-arvo alitti tilastollista merkitsevyyttä

kuvaavan rajan (0,05) ainoastaan sademäärän osalta vuonna 1997 muokkaamattomalla pinnalla sekä lämpösumman osalta laikkupinnalla samaisena vuonna.

Koska kuukausikohtaisten sääolojen vaihtelulla ja taimettumisen välillä ei ollut vuoden 1997 poikkeuksia lukuun ottamatta tilastollista merkitystä, päätin vertailla keskenään koko vuoden yhteenlaskettuja sääoloja ja kasvukauden (syyskuu) lopussa itäneiden kylvötaimien määrää. Tämän lisäksi otin tarkasteltavaksi erikseen kesäkuun sademäärän ja lämpösumman ja vertailin niiden vaikutusta kyseisen kuukauden itämistuloksiin. Näiden tulosten tarkastelussa ei kuitenkaan käytetty tilastollisia testausmenetelmiä, vaan johtopäätökset perustuvat kuvioissa 16–19 esitettyihin tuloksiin johtuen havaintoarvojen pienestä määrästä (ks. luku 7).

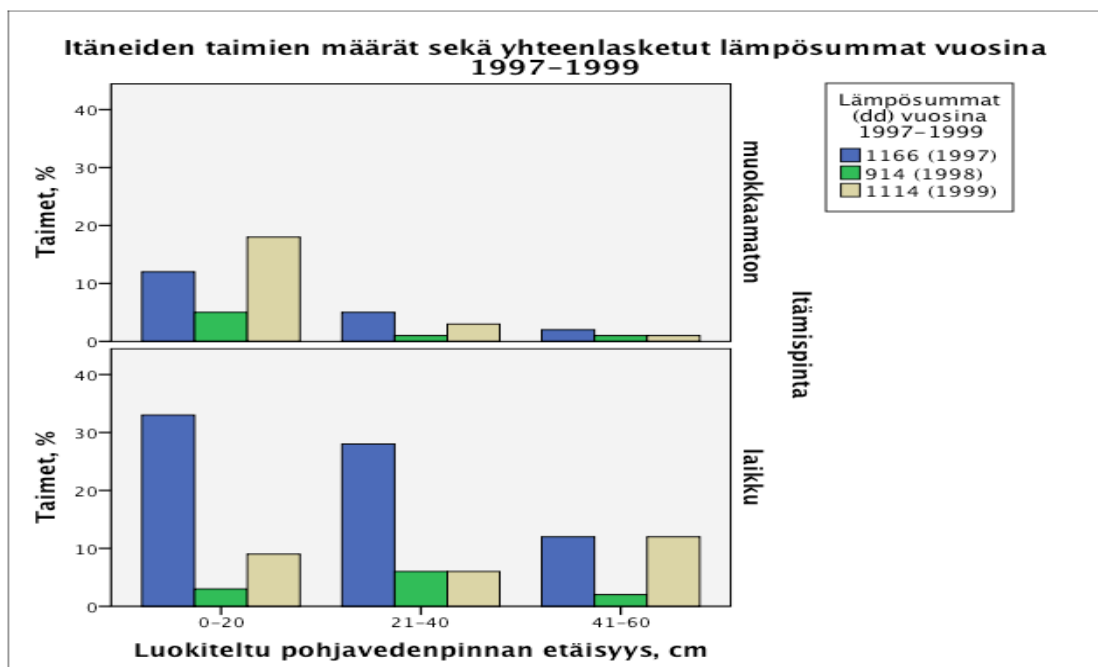


Kuvio 16. Itäneiden taimien määrät sekä yhteenlasketut sademäärät vuosina 1997–1999

Vuosien 1997–1999 yhteenlasketuilla sademäärillä ei ollut selvää yhteyttä taimettumiseen kummallakaan itämispinnalla (Kuvio 16.). Muokkaamattomalla pinnalla luokassa 1 näyttäisi taimettumistulos kasvavan sademäärän pienentyessä. Lisäksi muokkaamattomalla pinnalla tuloksissa erottuu vuoden 1998 heikko itämistulos kaikilla pohjavedenpinnan etäisyyksillä, jolloin sademäärä oli muihin inventointivuosiin verrattuna suurin. Myös laikkupinnalla selvästi heikoin itämistulos saatiin vuonna 1998. Laikkupinnalla taimien itämisprosentti oli selvästi parhain ensimmäisenä inventointivuotena,

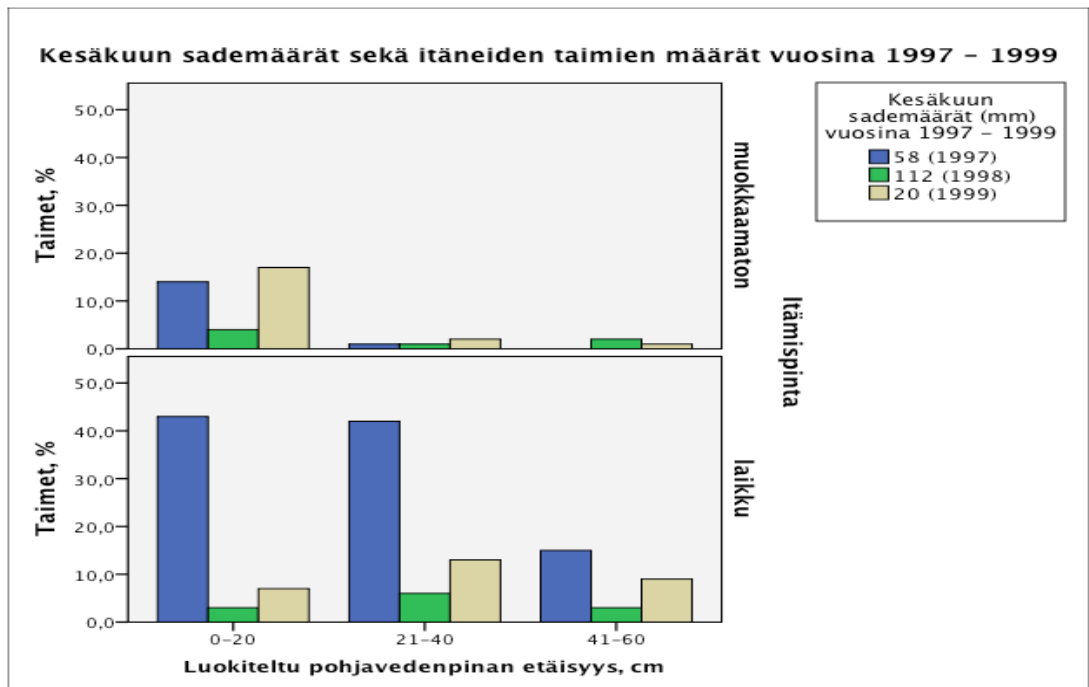
jolloin sademäärä oli vuosien 1997–1999 kokonaissademäärissä keskitasoa.

Vuosien 1997–1999 yhteenlasketuilla lämpösummilla sen sijaan näyttäisi olevan selkeämpi yhteys taimettumiseen erityisesti laikkupinnalla, jolla taimettumisprosentti oli pääpiirteissään sitä parempi, mitä suurempi oli koko vuoden yhteenlaskettu lämpösumma (Kuvio 17.). Sama ilmiö oli havaittavissa myös muokkaamattomalla pinnalla luokissa 1 ja 3. Toisaalta vuoden 1997 ja 1999 taimettumistulokset laikkupinnalla eroavat suuresti toisistaan varsinkin luokissa 1 ja 2, vaikka ero vuoden 1997 ja 1999 yhteenlaskettujen lämpösummien välillä on melko pieni. Vuosi 1998 oli yhteenlasketun lämpösumman perusteella selvästi kylmin ja myös taimettuminen oli molemmilla itämispinnoilla heikointa.



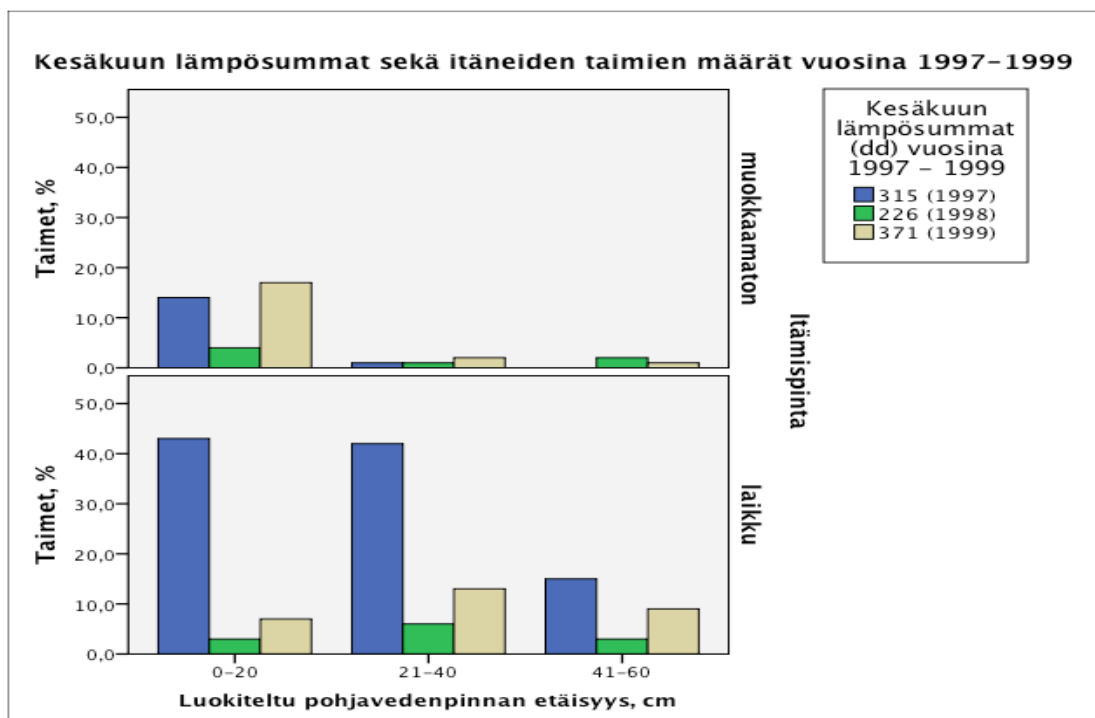
Kuvio 17. Itäneiden taimien määrät sekä yhteenlasketut lämpösummat vuosina 1997–1999

Kesäkuun sääolojen vaikutus taimien itämisprosenttiin oli hyvin samanlainen kuin vuosikohtaisten sääolojen. Tämä johtui ennen kaikkea siitä, että kesäkuun sademäärät ja lämpösummat olivat pitkälti jakautuneet samalla lailla kuin vuosittaisetkin. Vuoden 1998 kesäkuu oli muihin vuosiin verrattuna selvästi kylmin ja sateisin ja vuoden 1999 kesäkuu vähäsateisin.



Kuvio 18. Kesäkuun sademäärät sekä itäneiden taimien määrät vuosina 1997–1999

Muokkaamattomalla pinnalla kesäkuussa inventoitu taimettumistulos oli sitä parempi, mitä pienempi oli kesäkuun sademäärä luokassa 1, kun taas korkeammilla pohjavedenpinnan etäisyyksillä luokkien väliset erot olivat vähäiset. Laikkupinnalla kesäkuun itämisprosentti oli korkeimmillaan luokissa 1 ja 2, jolloin kesäkuun sademäärä oli muihin inventointivuosiin verrattuna niin ikään keskitasoa. (Kuvio 18.)



Kuvio 19. Kesäkuun sademäärät sekä itäneiden taimien määrät vuosina 1997–1999

Kesäkuun lämpösumma oli suurimmillaan vuonna 1999, jolloin muokkaamattomalla pinnalla luokissa 1 ja 2 inventoitiin eniten itäneitä taimia muihin vuosiin verrattuna. Molemmilla itämispinnoilla on erotettavissa selvästi huonoin itämistulos vuonna 1998, jolloin kesäkuun lämpösumma oli pienin. (Kuvio 19.)

6 TULOSEN TARKASTELU JA LUOTETTAVUUS

6.1 Eri tekijöiden vaikutukset taimettumiseen

Kasvihuonekokeissa (Kaunisto 1971, 53, Lähde 1969, 64, Mannerkoski 1971, 123; 1985, 173,; Paavilainen 1970, 15) sekä maastokokeissa (Mannerkoski 1971; 1985, 123) on todettu 10–30 senttimetrin pohjavedenpinnan etäisyyden olevan optimaalisin siemenen itämisen ja taimien kehityksen kannalta. Tässä tutkimuksessa voitiin havaita yhteisiä piirteitä taimettumisen ja pohjavedenpinnantason etäisyyden välillä edellä mainittujen tutkimusten kanssa. Erityisesti muokkaamattomalla itämispinnalla taimettuminen oli selvästi parhainta luokassa 1 ja ero luokkiin 2 ja 3 oli ilmeinen varsinkin, jos lasketaan mukaan myös luontaisesti syntynyt taimiaines. Laikkupinnalla pohjavedenpinnan etäisyyden vaikutus taimettumiseen ei ollut yhtä merkittävä kuin muokkaamattomalla pinnalla ja selvä luokkien välinen ero on havaittavissa ainoastaan ensimmäisenä taimien inventointivuotena (1997), jolloin luokka 3 osoittautui selvästi huonoimmaksi itämisalustaksi.

Mannerkosken (1985, 173–174) mukaan pohjavedenpinnan etäisyyden väheneminen vain lyhyeksikin aikaa mutta toistuvasti alle 10 senttimetrin on taimien kasvun kannalta haitallista varsinkin muokkaamattomalla turvepinnalla, jolla kapillaarinen yhteys pohjaveteen on voimakkaampaa (Kaunisto 1971, 20–21). Vuonna 1998 pohjavedenpinnantason etäisyys vaihteli luokassa 1 todellisuudessa 6–10 senttimetrin välillä läpi tarkastelujakson ja taimettumistulos jäi tässä luokassa selvästi vuosia 1997 ja 1999 huonommaksi. Toisaalta taimettuminen oli myös luokissa 2 ja 3 vuonna 1998 selvästi huonoin, joten vuoden 1998 tulokset eivät selity ainoastaan matalalla pohjavedenpinnan etäisyydellä (vrt. Mannerkoski 1985, 173–174).

Saarinen (2013, 34–35) on vertaillut kasvihuonekokeessa turvemaan muokkaamattoman kasvillisuuspinna, kasvipeitteestä paljastetun raakahumuspinna, raakahumuksen alta paljastetun turvepinna sekä jyrsinjäljen taimettumisherkkyttä. Tutkimuksessa pohjavedenpinta pidettiin 15 ja 30 senttimetrin syvyydellä sadannaltaan erilaisia kasvukausia simuloiden. Kyseisessä tutkimuksessa 15 senttimetrin pohjavedenpinnan syvyydellä saavutettiin selvästi parempi taimettumistulos kaikilla muilla muokkauspinoilla lukuun otta-

matta muokkaamatonta kasvillisuuspintaa kastelemattoman ”sääjakson” aikana. Kastelemattoman ”sääjakson” aikana paljas turvepinta osoittautui muihin muokkauspintoihin verrattuna parhaimmaksi itämisalustaksi. Kun taas jäljiteltiin paikkakunnan kesä-heinäkuun keskimääräistä sademäärää, sirkkaimia kuoli paljaalla turvepinnalla liialliseen kosteuteen. Sen sijaan muilla muokkauspinoilla sadetus lisäsi itäneiden taimien määrää.

Parkanon Liesinevan koejärjestelyn tulokset erosivat monessa mielessä edellä mainitun tutkimuksen tuloksista. Taimettumistulos oli muokkaamattomalla pinnalla vuonna 1997 ja 1999 lähes samanlainen, vaikka vuosi 1999 olikin poikkeuksellisen kuiva (vrt. Saarinen 2013, 34–35). Liesinevalla veden kapillaarinen yhteys onkin todennäköisesti ollut voimakkaampaa ja näin ollen turvannut yhdessä vähäisten sateiden kanssa siemenen itämiselle tarvittavan itämispinnan kosteuden. Tutkimusten välinen ero voi selittyä muokkaamattomien itämispintojen eroilla, sillä veden kapillaarinen nousu on sitä voimakkaampaa, mitä ohuempi on muokkaamattoman pinnan raakahumuskerros (Saarinen 2013, 38). Raakahumuskerroksen paksuutta ei kuitenkaan Liesinevalla mitattu, joten sen vaikutuksia siemenen itämiseen ei voida todistaa.

Muokkaamattomalla itämispinnalla sääolojen vaikutus siementen itämiseen oli suurin vuonna 1998, jolloin kylmä ja sateinen kesä rajoitti taimien syntymistä kaikissa luokassa. Saarisen (2013, 30) maastokokeisiin perustuvassa tutkimuksessa havaittiin myös lämpöolojen vaikutus siemenen itämiseen. Tutkimuksessa laikkupinnalle ja mätäspinoille syntyneiden taimien määrä oli myös heikkoa kylmänä ja sateisena kasvukautena mutta myös normaalisateisen ja kylmän kasvukauden aikana siemenen itäminen oli heikkoa, jolloin korostui kasvukauden lämpöolojen merkitys.

Sääolojen vaihtelun merkitys siementen itämiseen oli tämän tutkimuksen mukaan suurempi laikkupinnalla. Vuoden 1997 kasvukausi oli sääoloiltaan ihanteellisin, jolloin laikkupinnoilta inventoitiin selvästi eniten taimia kaikilla pohjavedenpinnan etäisyyksillä vuosiin 1998 ja 1999 verrattuna. Vuoden 1998 huono itämistulos selittyy suuresti kyseisen vuoden epäedullisilla sääoloilla. Kapillaarinen yhteys pohjaveteen on muun muassa Kauniston (1971, 20–21) mukaan todettu olevan voimakkaimmillaan muokkaamattomalla paljaalla turvepinnalla. Tällaisia itämispintoja syntyy kuitenkin turvemailla

myös laikutuksen yhteydessä (Saarinen ym. 2013, 52). Näin ollen koska eri muokkauspintojen kapillaarista yhteyttä ei tässä tutkimuksessa voida tieteellisesti todistaa, on vaikea sanoa, johtuuko vuoden 1999 laikkupinnan heikko taimettumistulos muokkaamatonta pintaa heikommalla kapillaariyhteydellä pohjavedenpintaan.

Saarinen (Saarinen ym. 2013, 66) on tutkinut myös kylvöhetken ja loppukesän vedenpintojen syvyyksien yhdysvaikutusta itämiseen ja sirkkataimien varhaiskehitykseen laikkupinnalla sääoloiltaan erilaisten kasvukausien aikana. Tulosten perusteella pohjavedenpinta voidaan pitää alkukesästä lähellä maanpintaa, jolloin se edistää sirkkataimien syntymistä lämpöolojen ollessa suotuisat. Loppukesästä pohjavedenpinta tulee kuitenkin olla syvemmällä, jotta alkukesästä syntyneet sirkkataimet voivat juurtua kasvualustaan.

Sama ilmiö toistui myös tässä tutkimuksessa vuonna 1997, jolloin luokassa 1 taimettumistulos putosi elokuun ja syyskuun välisenä aikana laikkupinnalla 41 prosentista 33 prosenttiin ja myös muokkaamattomalla pinnalla 18 prosentista 12 prosenttiin. Tähän on todennäköisesti vaikuttanut myös vuoden 1997 elokuun runsas sademäärä.

Liesinevalla taimettumista edistävät, kosteat rahkasammalpinnat (Groot-Adams 1994; Saarinen 1993, 6; 2002, 21; Sarasto-Seppälä 1964, 56,) olivat hävinneet lähes kokonaan, jolloin kasvillisuuden peittävyden lisääntymistä voidaan tässä tutkimuksessa pitää ainoastaan siemenen itämistä ja taimien varhaiskehitystä heikentävänä tekijänä. Kasvillisuuden kehityksessä oli havaittavissa samanlaisia piirteitä edelliseen tutkimukseen verrattuna. Karhunsammal yleistyi laikkupintojen lisäksi myös muokkaamattomilla pinnoilla. Samoin sarat yleistyivät laikkupinnoilla (Moilanen ym. 1995, 123, 126; Saarinen 2009, 100–102). Sarakasvien heimoon kuuluva tupasvilla suosii lähellä maan pintaa olevaa pohjavedenpinnan tasoa (Saarinen 2009, 101) ja levisi myös tässä tutkimuksessa uudistusaloilla nopeasti laikkupinnoilla.

Ravinteikkailla turvemaan kasvupaikoilla ojitusalueiden muokkauksesta hyötyvät ruohokanukka (Moilanen–Ferm–Issakainen 1995, 123) sekä maitohorsma ja vadelma (Hannerz–Hånell 1993, 196; Moilanen ym. 1995, 123). Nämä kasvilajit eivät tässä tutkimuksessa kuitenkaan yleistyneet, vaikka kyseessä olikin ravinteisuustasoltaan ruohoisesta sararämeestä

kehittynyt mustikkaturvekangas (mtkg II). Tämä saattoi johtua karhunsammaleen voimakkaasta leviämisestä.

Vaikka sekä pohjakerroksen että kenttäkerroksen kasvilajisto yleistyi muokkaamattomalla pinnalla eniten viimeisenä kylvövuonna (1999) ei sillä liene ollut nähtävää vaikutusta siementen itämiseen. Viimeisen kasvukauden lopussa (lokakuu) muokkaamattomalta pinnalta inventoitiin vuoden 1997 ja 1998 kylvökauden tuloksiin verrattuna eniten elossa olevia taimia luokassa 1 ja vuosittainen ero luokkien 2 ja 3 oli myös hyvin pieni.

Laikkupinnalla pohjakerroksen kasvilajeista karhunsammaleen peittävyys kohoosi kolmantena kylvövuotena (1999) kaikilla luokitelluilla pohjavedenpinnan etäisyyksillä. Kasvillisuuden lisääntyminen laikkupinnalla vuonna 1999 lienee kasvukauden kuivuuden ohella suurin syy kyseisen vuoden heikkoon itämistulokseen vuoteen 1997 verrattuna.

Taimien kylvö suoritettiin vuosien 1997–1999 välisenä aikana. Suurin ero kasvillisuusmuutoksissa ilmeni kuitenkin vasta vuonna 2000 ja vuoteen 2001 mennessä karhunsammaleen peittävyys oli laikkupinnalla kaikilla pohjavedenpinnan etäisyyksillä kohonnut yli 60 prosenttiin ja muokkaamattomalla pinnallakin lähes 40 prosenttiin luokassa 1. Tyvimättäät ja sivuille kaatunut vanha lehtimassa huomioon ottaen tupasvilla oli vuoteen 2001 mennessä peittänyt suurimman osan niiden koeruutujen laikuista, joilla pohjavedenpinnan etäisyys pyrittiin alunperin pitämään 10 senttimetrin tasolla. Näin ollen mikäli kylvökokeiluja olisi jatkettu vielä kahtena seuraavana kasvukautena, olisi kasvillisuuden epäedullinen merkitys siementen itämiseen ja taimien varhaiskehitykseen todennäköisesti ollut huomattavasti suurempi ja erityisesti laikkupinnalla.

6.2 Tulosten luotettavuus ja yleistettävyys

Tutkimuksen maastomittaukset suoritettiin Parkanon Metsäntutkimuslaitoksen kenttätöyväen toimesta, jolloin mittauksiin liittyviin virhelähteisiin on tässä yhteydessä hankala ottaa kantaa. On kuitenkin syytä olettaa, että mikäli alan ammattilaisten suorittamissa maastomittauksissa on virheitä syntynyt, eivät ne liene suuruudeltaan tutkimuksen luotettavuuden kannalta haitallisia. Maastomittauksissa taimet luokiteltiin alun perin kehitysvaiheen

mukaan neljään luokkaan ja kunnan mukaan kuuteen eri luokkaan. Tässä tutkimuksessa taimia ei kehitysvaiheen perusteella eroteltu toisistaan ja taimien kunnan perusteella luokittelu perustui yksinkertaisesti eläviin ja kuolleisiin taimiin. Näin ollen aineistoa yksinkertaistamalla myös mahdolliset virhelähteet taimien inventointiin liittyen ovat vähentyneet huomattavasti.

Tutkimuksen suurimmat virhelähteet ovat voineet syntyä aineiston käsittelyssä. Tiedon siirtäminen Excel- laskentataulukko-ohjelmistosta SPSS- tilastojenkäsittelyohjelmaan on tapahtunut monessa vaiheessa, jolloin yksinkertaiset näppäilyvirheet ovat olleet mahdollisia. Näppäilyvirheiden vähentämiseksi aineisto on siirron jälkeen tarkastettu niin sanottujen outliereiden, eli muusta joukosta selvästi erottuvien havaintojen varalta (Metsämuuronen 2002, 14).

Opinnäytetyössä analysointiin pohjavedenpinnan etäisyyden ja sääolojen vaikutusta taimettumiseen Kruskal-Wallis tilastollista merkitsevyyttä kuvaavien p-arvoihin perustuen. Kyseisiin arvoihin vaikuttaa kuitenkin oleellisesti havaintoaineiston koko, jolloin aineiston epäedullinen koko saattaa vääristää tekijöiden välistä merkitsevyyttä. Pohjavedenpinnantason etäisyyden säätelyn epäonnistuminen Liesinevan koejärjestelyissä ja siitä johtuva pohjavedenpinnan etäisyyden uudelleenluokittelu vähensi huomattavassa määrin inventointiin mukaan laskettavien näytealojen määrää. Erityisesti luokkaan 1 saatiin vuonna 1997 sekä vuonna 1999 ainoastaan yksi koeruutu, eli 20 näytealaa. Nämä 20 näytealaa kun käytännössä vielä jaetaan muokkaamattoman ja laikkupinnan kesken niin, että molempia edustaa 10 näytealaa, ei näin pienen otoskoon perusteella voida olettaa tehtävän kovinkaan kattavia johtopäätöksiä tutkimuksen perusjoukon suhteen.

Vertailllessani sääolojen vaikutusta taimettumiseen Kruskal-Wallis testillä törmäsin samankaltaiseen ongelmaan. Käytössäni oli Ilmatieteen laitoksen aineisto, jolle oli laskettu tietynlaisella tasoitusalgoritmilla lähiseudun sääasemien havaintojen mukaan päivittäiset sademäärät ja lämpösummat. Ongelmaksi kuitenkin osoittautui se, että koska taimet inventoitiin ainoastaan kerran kuussa, oli myös sääolojen osalta käytettävä kuukausikohtaisia keskiarvoja. Näin ollen havaintojen määrä molempien tekijöiden kohdalla jäi neljään per inventointivuosi, mikä tilastollista merkitsevyyttä tutkiessa on autta-

mattoman pieni. Kasvillisuuspeittävyden analysointiin liittyvät ongelmat on esitelty luvussa 6.2.1.

Spearmanin järjestyskorrelaatio -testin perusteella taimettumisen ja pohjavedenpinnan tason etäisyyden välillä oli muokkaamattoman pinnalla verrattain voimakasta korrelaatiota. Korrelaatioon perustuvaa analysointia on kuitenkin kritisoitu monessakin mielessä. Ensinnäkin voimakas korrelaatio ei tarkoita sitä, että tekijöiden välillä olisi voimakas yhteys, vaan että tekijöiden välinen yhteys on tietynmuotoinen (Metsämuuronen 2002, 13). Toisin sanoen Spearmanin järjestyskorrelaatio -testi ilmoittaa ainoastaan tekijöiden välisen lineaarisen yhteyden, vaikka yhteys voi todellisuudessa olla sellainen, että lineaarinen korrelaatio ei sitä huomaa. Kuitenkin tutkimalla silmämääräisesti luvun 7.2 taimettumistuloksia kuvaavia taulukoita voidaan mielestäni sanoa, että käyräviivaisen korrelaatio ja sitä kuvaavat tunnusluvut eivät merkittävästi eroaisi tässä tutkimuksessa käytetystä, Spearmanin järjestyskorrelaatio -testin tuloksista.

Toinen korrelaation käyttöön kohdistuvana ongelmana pidetään sitä, että se ei ilmoita tutkittavana olevien muuttujien välisiä syy-seuraussuhteita eli kausaliteettiä (Tähtinen ym. 2011, 140). Tässä tutkimuksessa kuitenkin on selvää, että pohjavedenpinnan etäisyys selittää taimettumisherkkyttä eikä toisinpäin.

Halusin tässä työssä tutkia pohjavedenpinnan etäisyyden ja siemenen itämissen välistä yhteyttä Kruskal-Wallis testin lisäksi korrelaatioon perustuen, koska monet monimuuttujamenetelmät perustuvat pitkälti eri tekijöiden väliisiin korrelaatioihin (Metsämuuronen 2002, 13) Korrelaatiokertoimiin perustuva tulkinnan tueksi tulisi joka tapauksessa aina käyttää muita analysointimenetelmiä, kuten esimerkiksi keskiarvotestejä tai ristiintaulukointia (Tähtinen ym. 2011, 147), minkä vuoksi tulosten tarkastelussa on keskitytty nimenomaan todellisiin muuttujien havaintoarvoihin eli mekaanisesti havaittujen erojen sisällölliseen merkitykseen.

Liesinevalla vuosina 1997–1999 saatujen taimettumistuloksien ja sääolojen keskinäistä riippuvuutta vertailtaessa tulee lisäksi olla kriittinen niiden yleistettävyyden osalta. Koska vuosien 1997–1999 kasvukausien sääolot poikkesivat merkittävästi toisistaan, ei tämän tutkimuksen perusteella voida sanoa

kuinka todennäköisesti taimettumistulos olisi samanlainen jos se toistettaisiin sääoloiltaan identtisten olosuhteiden vallitessa.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Parkanon Liesinevalla vuosina 1997–1999 järjestetyssä kokeessa tutkittiin pohjavedenpinnan etäisyyden, kasvillisuuden ja sääolojen vaikutusta siemenen itämiseen ja varhaiskehitykseen muokkaamattomalla itämispinnalla sekä laikkupinnalla. Muokkaamattomalla pinnalla pohjaveden kautta tapahtuva veden kapillaarinen nousu mahdollisti verrattain hyvän taimettumistuloksen myös kuivana kasvukautena silloin, kun pohjavedenpinta oli lähellä maan pintaa. Sääoloiltaan tasaisen kasvukauden aikana kapillaariyhteyden merkitys taimettumistuloksiin väheni ja laikkupinnalla taimettuminen oli huomattavasti parempaa kuin muokkaamattomalla pinnalla.

Kasvillisuuden vaikutus taimettumiseen ilmeni vasta kolmantena kylvövuotena, jolloin erityisesti karhunsammaleen yleistymisen todennäköisesti heikensi laikkupinnan taimettumista kasvukauden kuivuuden lisäksi. Kasvillisuuden peittävyys kasvoi merkittävästi heti viimeisen kylvövuoden jälkeen (1999). Itämistulos olisi todennäköisesti heikentynyt huomattavasti, mikäli kylvökokeita oltaisiin Liesinevalla jatkettu vielä vuosina 2000–2001.

Pohjavedenpinnantason etäisyyden säätelyn epäonnistuminen Liesinevan koejärjestelyissä ja siitä johtuva pohjavedenpinnan etäisyyden uudelleen luokittelu vähensi huomattavassa määrin inventointiin mukaan laskettavien näytealojen määrää. Tämän lisäksi aineisto ei osoittautunut normaalisti jakautuneeksi. Lähinnä näistä syistä johtuen myös tilastollisessa analysoinnissa jouduttiin käyttämään hyvinkin yksinkertaisia epäparametrisiä menetelmiä, joiden selitysvoima esimerkiksi parametriin monimuuttujamenetelmiin verrattuna on heikompi. Näin ollen pohjavedenpinnan etäisyyden, kasvillisuuden ja sääolojen yhdysvaikutusta siementen itämiseen ei voitu tutkia siihen alun perin tarkoitettujen tilastollisten menetelmien avulla. Mikäli tutkimus olisi suoritettu useampana vuotena sekä lyhyemmällä inventointivälillä erityisesti taimettumisen osalta, oltaisiin aineistosta saatu luonnollisesti kattavampi ja paremmin yleistettävä.

Edellä mainittujen tekijöiden vuoksi Liesinevan koejärjestelyihin perustuvan tutkimuksen perusteella ei voida olettaa tehtävän kovinkaan kattavia johtopäätöksiä tutkimuksen perusjoukon suhteen. Tästä johtuen

opinnäytetyössä oli oleellista tuoda esille aiheeseen liittyvää tutkimustietoa, jotta voitaisiin kattavammin tehdä johtopäätökset siitä, kannattaako käytännön metsänuudistamisen yhteydessä nostaa pohjavedenpinnan etäisyyttä lähelle maan pintaa paremman taimettumistuloksen saavuttamiseksi.

Lähellä maanpintaa olevan pohjavedenpinnan etäisyyden on useissa tutkimuksissa todettu parantavan siemenen itämistä. Pohjavedenpinnan etäisyyden lisäksi maanmuokkausmenetelmä, ojituksen jälkeinen kasvillisuuden kehitys, kasvupaikan ominaisuudet (turpeen koostumus, raakahumuskerroksen paksuus) ja erityisesti sääolot ovat tekijöitä, joiden vaikutus siemenen itämiseen ja varhaiskehitykseen turvemaille on merkittävä. Pohjavedenpinnan etäisyys ja sen vaikutus siemenen parempaan itämiseen ei ole yksiselitteinen, vaan usein sen positiivinen vaikutus on tapauskohtaisesti yhteyksissä yhteen tai useampaan edellä mainittuun tekijään.

Muokkaamattomalla pinnalla siemenen itäminen on riippuvainen kapillaariyhteydestä. Turvemaille kasvillisuuden muuttuessa kankaalle tyypilliseksi sekä raakahumuskerroksen paksuus yleensä heikentävät siementen itämistä ja toisaalta pohjavedenpinta voi sateisina kasvukausina nousta myös liian korkealla. Laikkupinnalla lähellä maan pintaa olevan pohjavedenpinnan vaikutuksesta kasvillisuus usein lisääntyy runsaasti tukehduttaen syntyneet sirkkataimet. Mättäät puolestaan ovat herkkiä kuivumaan pintaosiltaan lämpimän ja vähäsateisen kasvukauden aikana, sillä kapillaariyhteys pohjaveteen on heikko tai sitä ei ole ollenkaan, jolloin pohjavedenpinnan nostaminen lähelle maanpintaa ei mätästyksen yhteydessä liene tarkoituksenmukaista.

Mielestäni suurin ongelma pohjavedenpinnan nostamisessa lähellä maan pintaa on kuitenkin se, että taimien juurtuminen ja kasvuun lähtö edellyttää huomattavasti syvempää pohjavedenpinnan tasoa, jolloin kunnostusojitus tulisi suorittaa hyvin pian siementen itämiseen jälkeen. Turvemaiden uudistamiseen on kuitenkin jo lähtökohtaisesti kivennäismaihin verrattuna huomattavasti kalliimpaa ja kustannusten vähentämiseksi uudistamiseen liittyvät toimenpiteet pyritään tekemään niin sanotusti ”kerralla kuntoon” -periaatteella. Tällöin useammassa vaiheessa tehtävät uudistamiseen liittyvät

toimenpiteet nostaisivat kustannuksia entisestään.

Maan kosteuden vähenemiseen voidaan käytännössä vaikuttaa ojaverkoston kunnostuksella. Toisaalta, mikäli tavoitteena on pohjavedenpinnan nostaminen lähelle maan pintaa, on se käytännössä mahdollista toteuttaa kunnostustoimenpiteitä viivästäväällä, ojien patoamisella tai voimakkailla puuston hakkuilla. Tämän tutkimuksen ja opinnäytetyössä käytetyn lähdemateriaalin perustuen mielestäni pohjavedenpinnan etäisyyden nostamista siemenen itämisen ja varhaiskehityksen parantamiseksi ei ole käytännössä mielekästä toteuttaa luontaisen uudistamisen tai kylvön yhteydessä.

Hökkä ja Saarinen (2013) ovat esittäneet luontaisen uudistamisen ja kylvön yhteydessä maanmuokkausmenetelmäksi kääntömätästystä, joka voisi toimia siemenen itämisen ja taimien kehityksen kannalta kosteusolosuhteiltaan ”kompromissina” eri maanmuokkausmenetelmiä vertailtaessa. Käytännössä kääntömätästyksessä käännetään kauhallinen turvetta ylösalaisin omaan kuoppaansa. Tällöin pohjavedenpinnan kautta tapahtuva veden kapillaariyhteyden ansiosta turve ei olisi niin herkkä kuivumaan vähäsateisina ja lämpiminä kasvukausina, eikä myöskään runsassateisina kasvukausina pohjavedenpinnan nouseminen lähelle maan pintaa heikentäisi taimettumista. Mätästyksen yhteydessä välttyttäisiin laikkupinnoille tyypilliseltä kasvillisuuden voimakkaalta lisääntymiseltä eikä muokkaamattomalle turvemaan pinnalle tyypillinen paksu raakahumuskerros häittäisi siemenen itämistä.

LÄHTEET

- Ahti, E. – Joensuu, S. – Nieminen, M. – Nousiainen, H. – Vuollekoski, M. 2005. Vesiensuojelu suometsätaloudessa. – Teoksessa Suosta metsäksi -Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö (toim. E. Ahti – S. Kaunisto – M. Moilanen – I. Murtovaara), 270–274. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 947. Vammalan kirjapaino Oy.
- Ahtikoski, A. – Hökkä, H. – Joensuu, S. – Kojola, S. – Kuusela, M. – Moilanen, M. – Penttilä, T. – Ruotsalainen, M. – Saarinen, M. 2007. Turvemaiden metsien käsittely ja hoito. Osoitteessa http://www.metsavastaa.net/files/metsavastaa/pdf/Taustaraportti_lopullinen.pdf. 4.2.2014.
- Ala-Illomäki, J. 2005. Metsäisten turvemaiden kulkukelpoisuus. – Teoksessa Suosta metsäksi -Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö (toim. E. Ahti – S. Kaunisto – M. Moilanen – I. Murtovaara), 98–111. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 947. Vammalan kirjapaino Oy.
- Anlauf, R. – Rehrmann, P. – Schacht, H. 2012. Simulation of Water Uptake and Redistribution in Growing Media During Ebb-and-flow Irrigation. *Journal of Horticulture and Forestry* 4 (1): 8–21. Osoitteessa http://academicjournals.org/article/article1379495764_Anlauf%20et%20al.pdf 4.2.2014.
- Groot, A. – Adams, M. 1994. Direct Seeding Black Spruce On Peatlands: fifth-year results. *The Forestry Chronicle* 70 (5): 585–592.
- Haapanen, M 2008. Metsänjalostus. – Teoksessa Tapion taskukirja, (toim. S. Rantala), 174–177. 25. Uudistettu painos. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy
- Hannerz, M. & Hånell, B. 1993. Changes in the Vascular Plant Vegetation after Different Cutting Regimes on a Productive Peatland Site in Central Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8(2): 193–203. Kungliga Skogs – och Lantbruksakademien. Skandinavian University Press. Stockholm, Sweden.
- Harstela, P. 2008. Metsänuudistaminen ja taimikonhoidon koneellistaminen. – Teoksessa Tapion taskukirja (toim. S. Rantala), 164–166. 25. Uudistettu painos. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.
- Heikkilä, J. 2007. Turvemaiden puunkasvatus ja korjuu- nykytila ja kehittämistarpeet. Osoitteessa <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2007/mwp043.htm>. 4.2.2014.
- Heikurainen, L. 1954. Rämemänniköiden uudistamisesta paljaaksihakkausta käyttäen. *Acta Forestalia Fennica* 61(27): 1-21.
- 1971. Pohjavesipinta ja sen mittaaminen ojitetuilla soilla. *Acta Forestalia Fennica* 113. Helsinki: Suomalaisen kirjallisuuden kirjapaino Oy.

- 1982. Ojitusalueiden taimistojen kehityksestä vuosina 1964–1968 toimeenpannun suometsäkilpailun koealojen valossa. *Silva Fennica* 16 (3): 287–321.
- Heikurainen, L. – Laine, J. 1976. Lannoituksen, kuivatuksen ja lämpöolojen vaikutus istutus – ja luonnontaimistojen kehitykseen rämeillä. *Acta Forestalia Fennica* 150. Suomen metsätieteellinen seura. Hämeenlinna: Arvi A. Karisto Osakeyhtiön Kirjapaino.
- Heikurainen, L. – Päivänen, J. – Seppälä, K. 1966. Koetuloksia männyn kylvöstä ja istutuksesta ojitetuilla soilla. Helsinki: Uudenmaan Kirjapaino.
- Heikurainen, L. & Päivänen, J. 1970. The effect of thinning, clear cutting and fertilization on the hydrology of peatland drained for forestry. *Acta Forestalia Fennica* 104.
- Heikurainen, L. – Seppälä, K. 1963. Kuivatuksen tehokkuus ja turpeen lämpötalous. Helsinki: Suomalaisen kirjallisuuden kirjapaino Oy.
- Heiskanen, J. 1999. Miten mitata ja muuttaa paakutaimien kasvualustojen vesitaloutta? Osoitteessa <http://www.metla.fi/taimiuutiset/1999/taimi-1-1999.pdf>. 30.1.2014.
- Helenius, P. 2008. Siemen- ja taimihuolto. Teoksessa Tapion taskukirja (toim. S. Rantala), 167–173. 25. Uudistettu painos. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.
- Hyppönen, M. 2005. Luontainen uudistaminen. – Teoksessa *Metsätaloutta kairoilla – Metsänuudistaminen Pohjois-Suomessa* (toim. M. Hyppönen – V. Hallikainen – R. Jalkanen), 62–73. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Hyppönen, M. – Karvonen, L. 2005. Kylvö. – Teoksessa *Metsätaloutta kairoilla – Metsänuudistaminen Pohjois-Suomessa* (toim. M. Hyppönen – V. Hallikainen – R. Jalkanen), 74–80. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Hytönen, J. 1992. Allelopathic Potential of Peatland Plant Species on Germination and Early Seedling Growth of Scots Pine, Silver Birch and Downy Birch. *Silva Fennica* 26 (2): 63–67.
- Hytönen, J. – Silfverberg, K. 1991. Kuivatustehon vaikutus turvemaan lämpöoloihin. *Folia Forestalia* 780. Tampere: Tammer – paino Oy.
- Hyytiäinen, K. – Tahvonen, O. 2005. Metsänkasvatusketjujen edullisuusvertailu ja puuntuotannon kannattavuus. – Teoksessa *Tuottava metsänkasvatus* (toim. J. Hynönen, – S. Valkonen, – S. Rantala), 171. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Högnäs, T. 1997. Puunkorjuu turvemaalla. Metsähallituksen aikaisemman

kokeilutoiminnan tuloksia. Osoitteessa
<http://julkaisut.metsa.fi/assets/pdf/mt/mhkeh-tiedote-2-1997.pdf>.
 4.2.2014.

- Hökkä, H. – Saarinen, M. 2013. Maanmuokkaus ja männyn siemensyntyinen taimettuminen turvemaiilla. Esitelmä Metlan järjestämällä kylvöpäivillä Rovaniemellä 26.4.2013.
- Kaunisto, S. 1971. Lannoituksen, muokkauksen ja vesipinnan etäisyyden vaikutus kylvötaimien ensi kehitykseen turvealustalla. Kasvihuoneessa suoritettu tutkimus. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 75 (2): 1–64. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- 1984. Metsäntutkimuspäivä Porissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 137: 7–21. Suometsien uudistaminen turvekangasvaiheessa. Parkano: Parkanon kirjapaino 1984.
- Kaunisto, S. – Päivänen, J. 1985. Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemaiilla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. *Folia Forestalia* 625: 1–75. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Kinnunen, K. 2001. Viljelymenetelmät. – Teoksessa *Onnistunut metsänuudistaminen* (toim. S. Valkonen – J. Ruuska – T. Kolström – E. Kubin – M. Saarinen), 139–141. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Kojola, S. 2009. Kohti hyvää suometsien hoitoa – harvennusten ja kunnostusojitusten vaikutus ojitusaluemänniköiden puuntuotokseen ja metsänkasvatuksen taloustulokseen. Osoitteessa <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/20604/kohtihyv.pdf?sequence=1>. 4.2.2014.
- Kolström, T. 2001. Pääpuulajimme ja niiden uudistumisbiologiset ominaisuudet. – Teoksessa *Onnistunut metsänuudistaminen* (toim. S. Valkonen – J. Ruuska – T. Kolström – E. Kubin – M. Saarinen), 56–64. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Kubin, E. 2001. Luontaiset taimettumismenetelmät. – Teoksessa *Onnistunut metsänuudistaminen* (toim. S. Valkonen – J. Ruuska – T. Kolström – E. Kubin – M. Saarinen), 133–138. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Laiho, R. 1997. Changes in Understorey Biomass and Species Composition After Water Level Drawdown on Pine Mires in Southern Finland. – Teoksessa *Plant Biomass Dynamics in Drained Pine Mires in Southern Finland – Implications for Carbon and Nutrient Balance*, *Suo* 47 (2): 59–69. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 631. *Suo* 47 (2). Helsinki: Hakapaino Oy
- Laiho, R. – Alm, J. 2005. Turvemaiden ravinteet ja niiden riittävyys. – Teoksessa *Suosta metsäksi -Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö* (toim. E. Ahti – S. Kaunisto – M. Moilanen – I.

Murtovaara), 40–45. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 947. Vammalan kirjapaino Oy

- Laiho, R – Kaunisto, S – Alm, J. 2005. Suometsien ravinnetilan kehitys ojituksen jälkeen. – Teoksessa *Suosta metsäksi -Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö* (toim. E. Ahti – S. Kaunisto – M. Moilanen – I. Murtovaara), 46–60. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 947. Vammalan kirjapaino Oy
- Laiho, R. – Penttilä, T. – Laine, J. 2000. Riittävätkö ravinteet suometsissä? *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2000: 316-320. Osoitteessa <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff00/ff002316.pdf>. 4.2.2014.
- Laine, J. – Penttilä, T. – Kojola, S. – Hökkä, H. – Ahti, E. – Minkkinen, K. – Nieminen, M. *Metsänkasvatuksen erityispiirteet turvemilla*. – Teoksessa *Tapion taskukirja* (toim. S. Rantala), 207-218. 25. Uudistettu painos. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.
- Laininen, P. 2000. Tilastollisen analyysin perusteet 597. Toinen korjattu painos. Tekijä ja Oy Yliopistokustannus/Otatieto 2000. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Laitinen, P. 1994. Allelopatia – kasvien ja muiden eliöiden välinen biokemiallinen vuorovaikutus. Maatalouden tutkimuskeskus. Osoitteessa http://www.mtt.fi/asarja/pdf/tiedote14_94.pdf. 3.1.2014.
- Leikola, M. 2001. Uudistamismenetelmät. – Teoksessa *Onnistunut metsänuudistaminen* (toim. S. Valkonen – J. Ruuska – T. Kolström – E. Kubin – M. Saarinen), 118–130. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Lukkala, O. J. 1946. Korpimetsien luontainen uudistaminen. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 34 (3): 1–150. Helsinki: Valtioneuvoston kirjapaino.
- Lähde, E. 1969. Biological Activity in Some Natural and Drained Peat Soils with Special References to Oxidation-Reduction Conditions. *Acta Forestalia Fennica* (94): 1–69. Helsinki.
- Mannerkoski, H. 1970. Ojituksen vaikutus kasvilajien runsauteen turvealustalla. *Suo* 21: 99–103.
- 1971. Lannoituksen vaikutus kylvösten ensi kehitykseen turvealustalla. *Silva Fennica* 5 (2): 105–128.
- 1985. Effect of Water Table Fluctuation on the Ecology of Peat Soil. *Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksen julkaisuja* 7: 1–190. Helsinki: Yliopistopaino.
- Metsämuuronen, J. 2002. Monimuuttujamenetelmien perusteet SPSS-ympäristössä. Regressioanalyysi. Metodologiasarja-7B. International Methelp Ky. E – kirja. Helsinki 2001.

- Moilanen, M. 2005. Suometsien lannoitus. – Teoksessa Suosta metsäksi - Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö (toim. E. Ahti – S. Kaunisto – M. Moilanen – I. Murtovaara), 134–166. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 947. Vammalan kirjapaino Oy.
- Moilanen, M. – Ferm, A. – Issakainen, J. 1995. Kuusen- ja koivuntaimien alkukehitys korven uudistamisaloilla. *Folia Forestalia*. Metsätieteen aikakauskirja 1995 (2): 115–130. Metsäntutkimuslaitos: Rovaniemen tutkimusasema.
- Moilanen, M. – Issakainen, J. – Vesala, H. 2011. Metsän uudistaminen mustikkaturvekankaalla – luontaisesti vai viljellen? Osoitteessa <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp192.pdf>. 4.2.2014.
- Multamäki, S. E. 1946. Kuusen taimien paleltuminen ja sen vaikutus ojitettujen soiden metsittymiseen. *Acta Forestalia Fennica* 51: 1–320. Osoitteessa <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/17963>. 4.2.2014.
- Paavilainen, E. 1970. Astiakokeita pinalannoituksen vaikutuksesta koivun, kuusen ja männyn onnistumiseen muokkaamattomalla kasvualustalla. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 72: 1–37. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Paavilainen, E. – Virrankoski, K. 1967. Tutkimuksia veden kapillaarisesta noususta turpeessa. *Folia Forestalia* 36: 1–16. Helsinki 1967.
- Peltonen, A. 1986. Metsien uudistaminen turvemaidella kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978–1979 inventointitulokset. *Folia Forestalia* 679. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Pienimäki, T. 1982. Kasvillisuuden ojituksenjälkeinen kehitys eräillä suotyypeillä Pohjois- Pohjanmaalla. *Suo* 33 (4–5): 113–123.
- Päivänen, J. 1973. Hydraulic Conductivity and Water Retention in Peat Soil. *Acta Forestalia Fennica* 129: 1–70. Helsinki 1973.
- 2007. Suot ja suometsät – järkevän käytön perusteet. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Reinikainen, O. 1996. Turpeen kostuvuus. Julkaisussa: Metsätaimiharhapäivät Jyväskylässä 13.–14.3.1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 601: 64–66. Suonenjoki: Suonenjoen Kirjapaino.
- Rummukainen, A. 2001. Koneellinen kylvö. – Teoksessa Onnistunut metsänuudistaminen (toim. S. Valkonen – J. Ruuska – T. Kolström – E. Kubin – M. Saarinen), 142–143. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Rummukainen, A. – Tervo, L. – Kautto, K. – Pulkkinen, M. 2011. Maanmuokaus- ja kylvölaiteyhdistelmien vertailuja männyn kylvössä Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla. Osoitteessa

<http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff11/ff111013.pdf>. 26.1.2014.

- Ruotsalainen, M. 2007. Hyvän metsänhoidon suositukset turvemaille. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Metsäkustannus Oy. Helsinki: Lönnberg Print.
- Saarinen, M. 1993. Miten käsitellä uudistamiskypsiä ojitusaluemetsiä. Julkaisussa metsäntutkimuspäivä Porissa 1992 (toim. O. Laiho & T. Luoto), 6–12. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 470. Parkano: Parkanon kirjapaino.
- 1997. Kasvupaikkatekijöiden vaikutus vanhojen ojitusalueiden taimettumiseen. Kirjallisuuskatsaukseen perustuva tarkastelu. *Suo* 48 (3): 61–70.
 - 2002. Kasvillisuuden ja maanmuokkauksen vaikutus männyn ja koivun taimettumiseen varpu- ja puolukkaturvekankailla. *Suo* 53 (2): 41–60.
 - 2005. Metsänuudistaminen turvemaille. – Teoksessa *Suosta metsäksi - Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö* (toim. E. Ahti – S. Kaunisto – M. Moilanen – I. Murtovaara), 177–193. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 947. Vammalan kirjapaino Oy.
 - 2009. Muokkausjälkien kasvillisuuden kehittyminen ojitettujen soiden metsänuudistamisaloilla. *Suo* 60 (3-4): 85-109. Osoitteessa http://www.suoseura.fi/suo/pdf/Suo60_Saarinen.pdf. 4.2.2014.
 - 2013. Männyn kylvö ja luontainen taimettuminen vanhoilla ojitusalueilla – turvemaiden uudistamisen erityispiirteitä. Metsätieteiden laitos. Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto. Osoitteessa https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40246/saarinen_vaitoskirja.pdf?sequence=1. 7.2.2014.
- Saarinen, M. – Alenius, V. – Laiho, R. 2013. Kosteusolosuhteiden vaikutus siementen itämiseen ja taimien varhaiskehitykseen turvemaan metsänuudistusalan muokkauspinnoilla. *Suo* 64 (2–3): 51–75. Osoitteessa http://www.suoseura.fi/suo/pdf/Suo64_Saarinen.pdf. 4.2.2014.
- Saarinen, M. – Hotanen, J-P. 2000. Raakahumuksen ja kasvillisuuden yhteisvaihtelu Pohjois-Hämeen vanhoilla ojitusalueilla. *Suo* 51 (4): 227–242.
- Sarasto, J. 1957. Metsän kasvattamiseksi ojitettujen soiden aluskasvillisuuden rakenteesta ja kehityksestä Suomen eteläpuoliskossa. *Acta Forestalia Fennica* 65 (7): 1–108. Helsinki 1957.
- Sarasto, J. 1964. Tutkimuksia ojitettujen soiden varvustoista ja sen vaikutuksesta männyn kylvöihin. *Suo* 4: 61–68.
- Sarasto, J. – Seppälä, K. 1964. Männyn kylvöistä ojitettujen soiden sammal- ja jäkäläkasvustoihin. *Suo* 15 (3): 54–58.

- Siren, M. 2000. Turvemaiden puunkorjuun kehittäminen. Metsätieteen aikakauskirja 2000/2: 301–307. Osoitteessa <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff00/ff002301.pdf>. 4.2.2013.
- 2005. Korjuuolot ja puunkorjuu. – Teoksessa Suosta metsäksi -Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö (toim. E. Ahti – S. Kaunisto – M. Moilanen – I. Murtovaara), 204–238. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 947. Vammalan kirjapaino Oy.
- Siren, M. – Tanntu, V. 2001. Pienet hakkuukoneet ja korjuri rämemännikön talvikorjuussa. Metsätieteen aikakauskirja 2001/4: 599–614. Osoitteessa <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff01/ff014599.pdf>. 4.2.2014.
- Tähtinen, J. – Laakkonen, E. – Broberg, M. 2011. Tilastollisen aineiston käsittelyn ja tulkinnan perusteita. Turun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan julkaisuja C: 20. Turku: Painosalama Oy.
- Valkonen, S. 2008a. Puulajit. Teoksessa Tapion taskukirja (toim. S. Rantala), 131–144. 25. Uudistettu painos. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.
- 2008b. Metsän uudistaminen. – Teoksessa Tapion taskukirja (toim. S. Rantala), 145–163. 25. Uudistettu painos. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.
- Uurtamo, K. 2008. Turvemaiden metsätalous ja ympäristövaikutukset -seminaari. Osoitteessa; http://www.metsakeskus.fi/fi_FI/c/document_library/get_file?uuid=2161b29b-0be8-4796-9c7d-c27c4d4fe54b&groupId=10156. 11.2.2014.
- Väätäinen, K. – Lamminen, S. – Siren, M. – Ala-Ilomäki, J. – Asikainen, A. 2010. Ympärivuotisen puunkorjuun kustannusvaikutukset ojitetuilla turvemaiden korjuuyrittäjätason simulointitutkimus. Osoitteessa <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp184.pdf>. 4.2.2014.