

Avosuosta suometsäksi

Metsäntutkimusta Oulun Suolamminsuolla



1957



2004



METLA

Muhoksen toimintayksikkö

Jorma Issakainen
Klaus Silfverberg
Mikko Moilanen

Sisällys

Näin löydät perille	5
Saatesanat	6
Tutkimuksen ja käytännön yhteistyötä	7
Alueen ja kokeiden kuvaus.....	8
Historiikki.....	8
Kohti nykyaikaa	12
Retkeilyreitti ja esittelykohteet 1-7.....	13
Polku ja reittiseloste.....	14
Kohde 1. Puutuhkaa saaneet koealat vuodelta 1952	14
Kohde 2. Puutuhkan vaikutus männyn luontaiseen taimettumiseen	17
Kohde 3. Kauppalannoitteiden vaikutus puuston kasvuun	18
Kohde 4. Turvetuhkakoealat vuodelta 1952.....	19
Kohde 5. Turvetuhkakoealat vuosilta 1995-96	21
Kohde 6. Riittävätkö puutuhkan ravinteet seuraavalle puusukupolvelle?.....	22
Kohde 7. Tuhkalannoitetun suon jatkolannoitus	24
Onko tuhkasta haittaa metsäluonnolle?.....	26
Tuhkan maaperävaikutuksia.....	26
Saastuvatko marjat tai sienet?.....	26
Yhteenveto	27
Tietolähteet.....	28
Liitteet	29

Kirjoittajat: Jorma Issakainen¹, Klaus Silfverberg², ja Mikko Moilanen¹

Reitin suunnittelu: Jorma Issakainen

Valokuvat: Jorma Issakainen (ellei toisin mainita)

Taitto: Irene Murtovaara

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen toimintayksikkö

Kirjoittajien yhteystiedot:

¹Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen toimintayksikkö, Kirkkosaarentie 7, 91500 Muhos

²Metsäntutkimuslaitos, Vantaan toimipaikka, PL 18, 01301 Vantaa

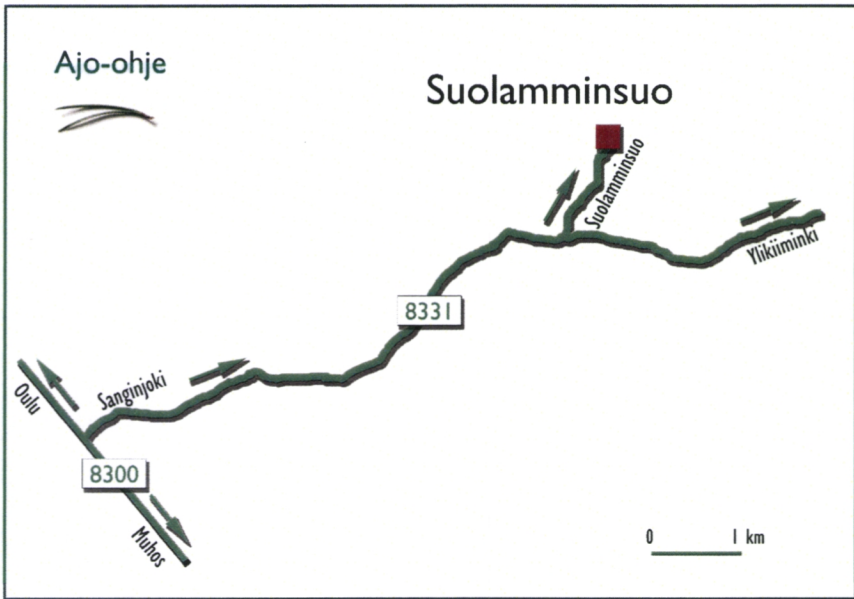
Puh. 010 211 3745 (Issakainen), 010 211 2394 (Silfverberg) ja 010 211 3743 (Moilanen)

Sähköposti: etunimi.sukunimi@metla.fi

www.metla.fi

© Metla





Näin löydät perille

Oulun keskustasta Suolamminsuolle on maanteitse 17 km. Oulujoen pohjoispuolen tietä ajetaan Hintasta Muhoksen suuntaan 6,5 km, jossa on viitta vasemmalle *Sanginjoki*. Muhokselta Madekosken sillan kautta tähän tienristeykseen on matkaa 30 km. Risteyksestä jatketaan paikallistietä 6,3 km, jossa on viitta vasemmalle *Suolamminsuo*. Metsätietä ajetaan 250 m, minkä jälkeen on viitta oikealle *Suolamminsuo*. Edetään vielä 200 m, jossa viitta oikealle *Suolamminsuo*, ja edelleen kunnostettua tietä 450 m pysäköintipaikalle, jossa on opastustaulu. Kävellään polkua 200 m, jonka jälkeen on viitta oikealle *Metsäpolku*.

Retkeilyreittikartta sivulla 13.

Kansi

Koeala 3. Avosuon ojitus ja männyn kylvö vuonna 1932 sekä koivutuhkan levitys 8 000 kg/ha vuonna 1952. Koeala valokuvattu samasta kohtaa vuosina 1957 (vasen, kuva Kaarlo Häkkinen) ja 2004 (oikea). Männyn taimessa näkyy tuhkan vaikutus pidentyneinä vuosikasvaimina. Oikealla sama puu 47 vuotta myöhemmin. Suo on muuttunut metsäksi.

Saatesanat

Metsien hakkuut lisääntyivät Suomessa huomattavasti sotien jälkeen 1940-50-luvuilla. Tehostuva metsien hyödyntäminen johti siihen, että puuston kasvu jäi puun käyttöä pienemmäksi. Huoli puuvarojen ehtymisestä aikaansai voimaperäisen panostuksen metsänhoidon tehostamiseen ja metsänparannustoimintaan - tuottamattomat metsänkasvupaikat oli saatava tuottaviksi. Erityistä huomiota ja toiveita kiinnitettiin soiden ja soistuneiden kankaiden puuntuotannon lisäämismahdollisuuksiin. Alkoi mittava ojitus- ja lannoitustoiminta. Koneellisen ojitustekniikan kehittymisen ansiosta kuivatuspinta-alat lisääntyivät vauhdilla ja saavuttivat 1960- ja 1970-lukujen taitteessa lähes 300 000 hehtaarin vuotuisen määrän. Lannoitusta soilla tehtiin eniten 1970-luvun puolimaissa, jolloin fosfori- ja kaliumlannoitteita levitettiin suopuiden ravinneolojen kohentamiseksi vuosittain yli 100 000 hehtaarin alalle. Ojitettuja soita on yhteensä noin 5 miljoonaa hehtaaria, mikä on 55 % koko suoalasta. Metsätalouden tarpeisiin uudisojituksia ei enää tehdä, joten ojittamattomia soita jää runsaat 4 miljoonaa hehtaaria - niistä pääosa sijaitsee Pohjois-Suomessa.

Suopuustojen kasvu on kolminkertaistunut verrattuna siihen mikä se olisi ilman ojituksia ja lannoituksia. Metsänparannustoiminnalla aikaansaatu puuston kasvun lisäys on jo yli 15 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Ojitusalue metsien vuotuinen kasvu on lähes 25 miljoonaa m³, mikä on 30 % metsiemme koko kasvusta. Tällä hetkellä vuotuiset hakkuut suometsistä ovat noin 9 miljoonaa m³. Ennusteiden mukaan ojitusalue metsien osuus Suomen metsien hakkuumahdollisuuksista tulee nousemaan 20 vuoden kuluessa 25 %:iin.

Puuntuotoskyvyltään heikoimmat suot ovat jääneet ojitetuinkin kitu- tai joutomaiksi, jotka on syytä rajata puuntuotannon ulkopuolelle. Tällöin niillä ei tehdä kunnostusojituksia tai lannoituksia - ajan oloin ne ennallistuvat takaisin suokosteikoiksi. Heikko-tuottoisten ja taloudellisesti ylläpitokelvottomien ojitusalueiden osuus on Etelä-Suomessa arviolta vajaat 10 % ja Pohjois-Suomessa noin 20 % ojitusalasta.

Metsien suotuisa kehitys ojitusalueilla edellyttää, että ojasot pidetään kunnossa ja puustojen harvennukset tehdään ajallaan. Puiden ravinnetalouden hoitoon on myös tarpeen kiinnittää huomiota. Oikea kohdevalinta ja toimenpiteiden ajoitus varmistavat sen, että kunnostusojitus ja lannoitus ovat maanomistajalle taloudellisesti kannattavia toimenpiteitä. Viimeisten 50 vuoden aikana saadun käytännön kokemuksen ja metsätutkimuksen tuottaman tiedon turvin voidaan metsänkasvatustoimia ja -investointeja suunnata suometsissä niin, että ne palvelevat maamme metsätaloutta niin ekologisen kuin taloudellisen kestävyuden huomioita ottaen.

Tämä retkeilyopas esittelee suomalaisen kehitystä ojituksen ja lannoituksen jälkeen yhdellä ojitusalueella, Oulun kaupungin Suolamminsuolla. Metsätutkimuslaitoksen ja Oulun kaupungin välinen vuosikymmenien yhteistyö on mahdollistanut esimerkkikohteen pitkäaikaisen ja yksityiskohtaisen seurannan, jonka tulosten toivotaan palvelevan niin tutkimusta kuin käytännön metsätaloutta. Retkeilyoppaan tekijät haluavat kiittää kaupunkia myönteisestä asenteesta ja avusta tutkimuksen tarpeita kohtaan. Toimivan yhteistyön ansiosta Suolamminsuon muuttuminen märestä suosta puustoiseksi suomeksi on voitu dokumentoida jälkipolville poikkeuksellisen tarkasti.



Oulun Suolamminsuolla, Sanginjoen pohjoispuolella on harjoitettu metsien hoitoon ja kasvatukseen liittyvää tutkimustoimintaa 1950-luvun alusta lähtien. Pitkäjänteisen tutkimustoiminnan on mahdollistanut Oulun kaupungin ja Metsäntutkimuslaitoksen (Metla) välinen yhteistyö. Alueen koe- ja havaintometsiköt ovat näyteikkuna metsäntutkimustiedon lähteille. Metsien kasvun ja hyvinvoinnin parantamiseksi tehdyt hoitotoimet ja niiden puustovaikutukset havainnollistavat paitsi mahdollisuuksia myös reunaehtoja, joita metsänkasvattaja kohtaa metsätaloutta harjoittaessaan.

Alueella tehtyihin kokeiluihin ja tutkimuksiin ovat vahvasti myötävaikuttaneet Metlan professorit Oskari J. Lukkala ja Olavi Huikari sekä Oulun kaupungin metsänhoitajat Kaarlo Häkkinen, Ewald Estama ja Veli Puolakka. Häkkinen oli käytännön puutuhkalannoituksen edelläkävijä Suomessa ja Estama vastaavasti turvetuhkan metsään levittämisen pioneeri. Hänen seuraajansa Veli Puolakka on jatkanut yhteistyötä Metsäntutkimuslaitoksen kanssa luoden kestävät puitteet tutkimustoiminnan jatkumiselle. Oulun kaupungin puu- ja turvetuhkalannoitukset lienevät maamme vanhimmat käytännön tuhkalannoitusalueet.

Oulun kaupungin omistamaa metsä- ja suoalaa on kaikkiaan noin 17 000 hehtaaria, josta alasta valtaosa on tavanomaisessa metsätalouskäytössä. Metsänhoidossa painotus on siirtynyt puuntuotannosta virkistys- ja ulkoilupalvelujen tuotannon suuntaan.

Retkeily-, ulkoilu- ja opetuskäytössä oleva Suolamminsuon alue sopii erityisesti suometsänhoidon näyteikkunaksi. Kohteella tutkitaan puun kasvattamista turvemaiden niukkaravinteisuuden äärialueella ja kokeiden avulla saadaan tietoa suometsän ravinnetalouden hoidon lainalaisuuksista pitkällä aikavälillä. Sijaintinsa puolesta Suolamminsuo tarjoaa oivallisen mahdollisuuden tutkimus- ja opetusyhteistyölle (Metlan Muhoksen yksikkö, Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Oulun kaupunki, Oulun Yliopisto, metsäorganisaatiot).



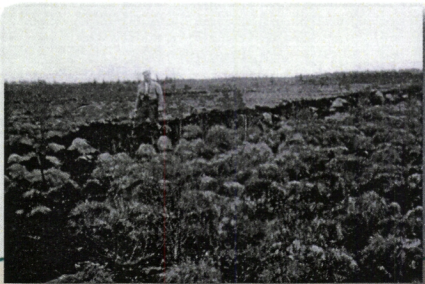


Historiikki

Suolamminsuu on ollut ennen ojitusta karua ja hyvin märkää, osaksi rahkamättäistä lyhytkorsinevaa (LkN; ks. Laine & Vasander 2005). Turvekerroksen paksuus on yli yhden metrin. Peruskuivatus on tehty lapio-ojituksena vuosina 1931-35 ja täydennysojitus kaivurilla harvennushakkuiden jälkeen vuosina 1981-82, jolloin sarkaleveydeksi muotoutui keskimäärin noin 30 metriä (alueen historiikki taulukossa 1, s. 9). Nykyisten metsänkasvatusohjeiden mukaan tällaista lyhytkorsinevaa pidetään Oulun korkeudella liian karuna ja niukkatyppisenä tehokasta puuntuotantoa ajatellen. Suon korkeus merenpinnasta on 36 metriä ja lämpösumma 1050 d.d.

Alueella sijaitseva ja suollekin nimensä antanut Suolampi lienee aikoinaan purkanut vesiään kaakkoisnurkasta Isosuon kautta Sanginjokeen (ks. liitekartta 1, s. 31). Hiukan ennen sähkölinjaa Suolamminojalla maasto nousee 1–1,5 metriä, minkä vuoksi ojaa on veden virtailujen edistämiseksi jouduttu syventämään, paikoin jopa peruskallioon saakka. Kuivatus oli toiminut aluksi hyvin. Ojitetun suon painumisen seurauksena laskuojan toimivuus ajan oloon kuitenkin heikkeni. Ennen sähkölinjan rakentamista 1950-luvulla peruskalliota räjäytettiin, jolloin tilanne laskuojassa parani, mutta on taas vähitellen huonontunut. Pohjavesipinta on ollut korkealla myös kahden laskuojaan johtavan sarkaojan tierumpuputken tukkeumien vuoksi.

Alueen nykyinen puusto on osaksi luontaisesti syntynyttä, osaksi kylvettyä ja istutettua männikköä. Ennen lannoituksia 1950-luvulla männyn olivat yleensä pieniä, alle metrin pituisia. Männyn kylvö oli tehty jo aiemmin ojituksen yhteydessä 1934. Lannoittamatta jääneillä vertailusaroilla (koealat 0, 15, 16, 34, 27 ja 29) alkupuusto ja kasvupaikan laatu olivat lannoitushetkellä jokseenkin samantaisia kuin lannoitetuilla aloilla. Puustojen terveydentila on alueella ollut hyvä, joskin versosurma vaivasi mäntyjä 1980-luvulla.



Suolamminsuu tuhkalievityksen aikoihin vuonna 1952 (vasemmalla) ja 52 vuotta tuhkalievityksen jälkeen vuonna 2004 (oikealla, kuva Kaarlo Häkkinen). Etualalla lannoittamaton vertailualue, ojan takana puutuhkaa saanut koeala. Ojan penkalla vanhemmassa kuvassa seisomassa metsänvartija Ahti Väyrynen. Ravinnepulan vuoksi etualan männynntaimikko on erittäin pientä ja kituliasta tänäkin päivänä.

Taulukko 1. Avosuosta suomensaksi – toiminnan ja tutkimuksen virstanpylväät Suolamminsuolla.

Noin 1500 e.Kr.	maan kohoaminen merestä - soistuminen alkaa
Aika ennen 1930-lukua	avosuon luonnontilassa
1931	lapio-ojitus aloitetaan
1934	metsitykset, kylvöt männynsiemenillä
1952	ensimmäiset tuhkakoealat perustetaan
1952–2005	valokuvausta ja dokumentointia
1954-56	puutuhkan levitystä käytännön työnä
1950-luku	Suolamminojan kalliokynnyksen räjäyttämisen
1959-1979	suo muuttuu metsäksi
1979-87	turvetuhkan koneellista levitystä käytännön työnä
1981-82	koealojen puustojen harvennusta, kunnostusojitusta
1994	puustomittauksia, neulas- ja turvenäytteitä
1995	puustoa hakataan (uudistamiskoe B)
1995-96	perustetaan uudistamiskoealoja, tehdään jatkolannoituksia
1999	tukkeutuneiden rumpuputkien avaus
2001	idea retkeilyreitistä ja –oppaasta syntyy (Jorma Issakainen)
2002	jatkolannoituksia puu- ja turvetuhkaa saaneilla kohteilla
2003	koealojen puustojen mittaus
2004	otetaan neulasnäytteitä
2005	Suolamminojan perkaus, alueen kunnostusojitus, puustojen käsittely
2005	tien kunnostus, pysäköintipaikka
2005-2007	retkeilyreitien perustaminen, retkeilyopas valmistuu

Merkittävin osa Suolamminsuon tutkimuksista käsittelee tuhkalannoitusten vaikutuksia puuston tuotokseen ja ravinnetilaan, jonkin verran myös pintakasvillisuuteen. Tuhkalannoituksen tarkoituksena oli aluksi edistää avosuon metsittymistä ja myöhemmin parantaa puuston ravinnetaloutta ja kasvua. Vuosina 1952-56 perustettiin kymmenkunta koealaa, joissa verrattiin keskenään puu- ja turvetuhkien sekä kauppalannoitteiden vaikutuksia. Tuhkat ajettiin suolle peltitynnyreisissä hevosella talvisaikaan. Tynnyri kipattiin rekeen ja tuhka lapioitiin siitä lumelle. Levitys tehtiin sarka kerrallaan. Tuhkien kosteus oli vaihtelevaa, mikä lienee otettu annostuksessa huomioon. Esimerkiksi vuoden 1953 lannoituksissa tynnyrillinen tuhkaa painoi 65 kg ja kun se levitettiin 100 m²:n alalle tuli tuhkamääräksi arviolta 4000 kg/ha. Talviaikainen levitys mahdollisti hyvän levitystasaisuuden, sillä työn jälki näkyi lumella selvästi. Oulun kaupungin laitoksissa poltetun uitamattoman koivun tuhkaa annettiin 1 000–6 000 kg hehtaarille. Analyysien mukaan tuhkassa oli kaliumia runsaasti, mutta fosforia erittäin vähän (taulukko 2, s. 10). Hehtaariohtaiset ravinnemäärät jäivät yleensä pieniksi nykyisiin tuhkalannoitussuosituksiin verrattuna. Turvetuhkasta ei analysejä tehty, joten sen sisältämät ravinnemäärät eivät ole tiedossa (taulukko 2).



Taulukko 2 . Käytetyt lannoitteet ja tuhkat.

Ravinnelähde	Levitysaika ja -paikka	N	P	K	Ca	Fe	B	Tietolähde
				kg/tonni *			g/tonni	
Oulun kaupungin koivutuhka	1952: 1-5, 17-24, 13B	0	4	93	332	32	x	Häkkinen (1958)
Oulun kaupungin koneturvetuhka	1952: 6,7	x	x	x	x	x		Häkkinen (1958)
Hienofosfaatti	1952: 9,10,11	0	144	0	0	0	0	Suontutkimusosaston arkisto
Kalisuola (KCl)	1952: 9,10,11	0	0	498	0	0	0	Suontutkimusosaston arkisto
Kalkki	1952: 9,10,11	0	0	0	400	0	0	Suontutkimusosaston arkisto
Kannuksen lämpölaitoksen sekatuhka (puu, turve)	1996: 1,21,28	0	7	3	41	116	15	Muhoksen laboratorio (1999)
Paijakan lämpökeskuksen lahokuusen tuhka	2002: 1,21,28	0	8	114	270	3	290	Muhoksen laboratorio (2000)
Metsän PK-lannos	1995: 10,19,20,30	0	90	160	220	0	3000	Kemira
Oulunsalpietari	1995: 10,20,22	260	0	0	0	0	0	Veijalainen (1997)
Kali-hivenlannos	1995: 6,22,23,24,25	0	0	300	15	0	4000	Veijalainen (1997)
Siilinjärven biotiitti	1995: 6, 24,25	0	10	50	70	50	0	Veijalainen (1997)
Toppilan turvetuhka	1996: 25,26	0	10	3	49	158	33	Muhoksen laboratorio (1999)

* = ravinnemäärä kuiva-aineesta

x = ei tietoa

Koivutuhkaa levitettiin 1950-luvulla Suolamminsuon ympäristöön myös käytännön työnä noin 20 hehtaarille, annostuksena 2 000–12 000 kg/ha (ks. kartta 1 ja liitetaulukko 1, s. 29 ja liitekartta 1, s. 31). Isosuon kohteeseen 5 levitetty ”tehdastuhka” oli peräisin Pateniemen sahalta. Polttoaineena oli käytetty uitetun havupuun sahausjätettä (Häkkinen 1958). Kaikki tuhka-alat on merkitty ojakartoille levitysvuosineen ja vertailualoineen. Eräät näistä 1950-luvun käytännön puutuhka-aloista saivat 1980-luvulla konelevityksenä jatkosäilytynä turvetuhkalannoituksen.

Taulukko 3. Koealojen lannoituskäsittelyt (kg/ha).

Koeala	Vuosi	Lannoitus 1950-luvulla	Lannoitus 1995-1996	Ravinteita		
				N	P	K
0	-	-	-	0	0	0
1	1952	Koivutuhka 4000	Sekatuhka 8000+kuusituhka 3000*	0	91	679
2	1952	Koivutuhka 6000	-	0	24	558
4	1952	Koivutuhka 2000	-	0	8	186
5	1952	Koivutuhka 1000	-	0	4	93
6	1952	Koneturvetuhka 6000	Kalihiven 150+Biotiitti 900	0	9	90
7	1952	Koneturvetuhka 9000	-	0	x	x
9	1954	Hienofosfaatti 1000+ KCl 5000+kalkki 2000	-	0	144	250
10	1955	Hienofosfaatti 500+ KCl 250+kalkki 1000	Metsän PK 400+Oulunsalpietari 400	110	108	189
11	1956	Hienofosfaatti 250+ KCl 125+kalkki 500	-	0	36	62
15	-	-	-	0	0	0
16	-	-	-	0	0	0
17	1953	Koivutuhka 3000	-	0	12	279
18	1953	Koivutuhka 3000	Oulunsalpietari 400	110	12	279
19	1953	Koivutuhka 3000	Metsän PK 400	0	48	343
20	1953	Koivutuhka 3000	Metsän PK 400+Oulunsalpietari 400	110	48	343
21	1953	Koivutuhka 3000	Sekatuhka 8000+kuusituhka 3000*	0	87	586
22	1953	Koivutuhka 3000	Kalihiven 300+Oulunsalpietari 400	110	12	369
23	1953	Koivutuhka 3000	Kalihiven 300	0	12	369
24	1953	Koivutuhka 3000	Kalihiven 150+Biotiitti 900	0	31	369
25	-	-	Turvetuhka 15 000+Kalihiven 150+Biotiitti 900	0	159	90
26	-	-	Turvetuhka 15 000	0	159	45
27	-	-	-	0	0	0
28	-	-	Sekatuhka 8000+kuusituhka 3000*	0	75	307
29	-	-	-	0	0	0
30	-	-	Metsän PK 400	0	36	64
34	-	-	-	0	0	0
13B	1956	Koivutuhka 6000	-	0	24	558
20B	-	-	-	0	0	0

* = lannoitus 2002

x = ei tietoa





Eri tuhkan levitystapoja 50 vuoden ajalta. A: Puutuhkan levitystä hevosen reestä kevättalvella 1952. Tuhkan annostus 4000 kg/ha (kuva Kaarlo Häkkinen). B: Puun ja turpeen pölysevän kuivaa sekaturhua levitettiin hangelle vuonna 1996, annostuksena 8000 kg/ha (koeala 28). C: Turvetuhkan konelevitystä kangasmaan siemenpuualalle vuonna 1984. Levitin oli säädetty annostukseen 20 000 kg/ha. D: Turvetuhkan levitystä moottorikelkan reessä olevasta laatikosta talvella 1996, annostus 15 000 kg/ha. Ajomiehenä Ahti Väyrynen.

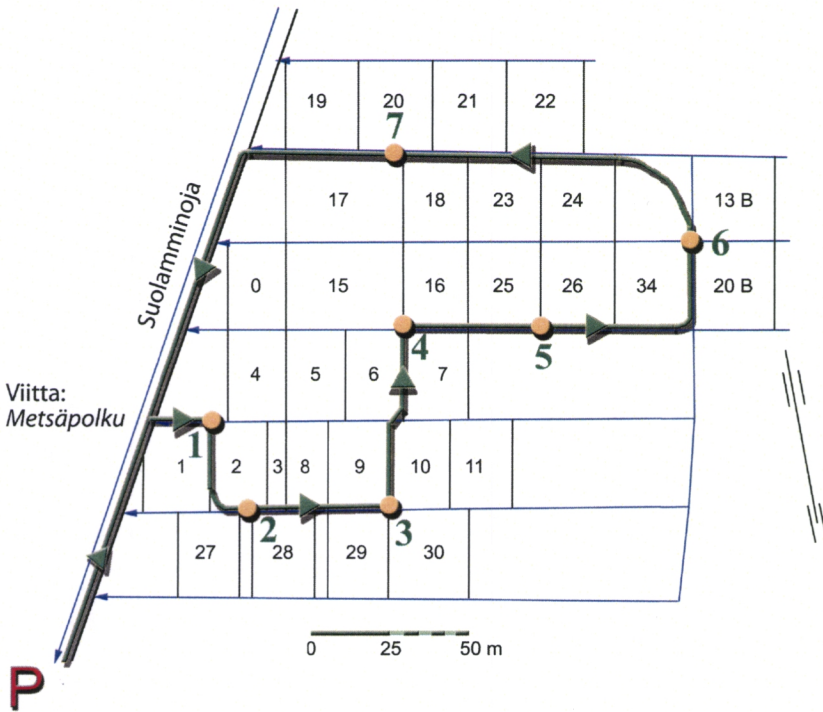
Kohti nykyaikaa

Lannoituksen, puustonkäsittelyn ja tutkimuksen osalta 1960- ja 1970-luku olivat suolla hiljaiseloa. Toppilan turvevoimalan valmistuttua Ouluun vuonna 1977 turvetuhkaa alettiin levittää Oulun kaupungin metsäojitusalueille ja kangasmaille koneellisesti käytännön mittakaavassa. Vuosina 1979–87 lannoitettiin kaikkiaan 700–800 hehtaaria. Kuivaa turvetuhkaa käytettiin niin kivennäis- kuin turve- maillakin keskimäärin 20 000 kiloa hehtaarille.

Ensimmäiset puustonkäsittelyt Suolamminsuolla tehtiin vuonna 1981, kun 1950-luvun lannoituskoealoja 1–11 ja 17–24 harvennettiin. Talvella 1995 avohakattiin osa puutuhkaa käytännön lannoituksena vuosina 1954–56 saaneista saroista. Hakkuun jälkeen saroille perustettiin 1995–96 uudistamisaloja (koe B) toisen ojituksenjälkeisen puusukupolven kehityksen seuraamista varten. Hakkaamatta jääneille saroille ja alueen vanhoille koealoille tehtiin vuosina 1995–96 ja 2002 jatkolannoituksia antamalla kauppalannoitteita ja puu- sekä turvetuhkaa (taulukko 3). Vanhojen turvetuhkaa saaneiden kohteiden alikasvoskuusissa ja valtamännysissäkin ilmeni 1990-luvulla paikoin kaliumin puutosta, minkä vuoksi muuta-

mia turvetuhka-aloja jatkokäsiteltiin erilaisilla kaliumlannoitteilla (koe C ja 1–6/2002, liitetaulukko 2, s. 30). Alueen puutteellista kuivatusta korjattiin vuonna 1999, kun sarkaojista laskuojaan vievät tukkeutuneet rumpuputket avattiin. Sen seurauksena vedenpinta alueen ojissa aleni 10–25 cm. Keväällä 2005 perattiin Suolamminojan louhoksen pohjasta irtonaiset esteet, jolloin sarkaojien vesipinta laski lisää noin 50 cm. Koalueen kuivatustila on nyt hyvä ja puustojen kasvuedellytykset olennaisesti parantuneet.

RETKEILYREITTI JA ESITTELYKOHTEET 1-7





Polun pituus on pysäköintipaikalta laskien 950 metriä ja sen varrella on 7 esittelykohdetta tauluineen (kuva sivulla 13). Tauluissa esitetään kunkin kohteen kartta (sijainti polulla) ja tuloksia. Kohteet on merkitty valkoisella, numeroidulla paalulla. Myös kohteessa esiteltäville koealoille on näköetäisyydelle pystytetty punaiset numeroidut paalut. Koealojen nurkissa on lisäksi keltaiset numeroidut puupaalut. Polku on merkitty ”käpytolpilla” ja nuoliviitoilla.

Retkeilyreitit tulokset koskevat pääasiassa puuston tuotosta ja ravinnetilaa. Tarkemmat tulokset tehdyistä puuston mittauksista ja ravinneanalyyseistä löytyvät kirjallisuusluettelon julkaisuista sekä Metlan Muhoksen toimintayksikön arkistosta.

Kohde I. Puutuhkaa saaneet koealat vuodelta 1952

Koeala	Lannoitukset, kg/ha		Puuston		Neulaset 2003		
	1952	1996	tilavuus 2002 m ³ /ha	kasvu 1995-2002 m ³ /ha/v	N %	P mg/g	K mg/g
0	-	-	13	ei tietoa	1,56	0,92	3,18
5	Kotu 1 000	-	13	1,4	1,50	0,90	3,01
4	Kotu 2 000	-	54	2,6	1,17	0,87	3,42
1	Kotu 4 000	Setu 8 000					
	Kutu 3 000*		139	6,2	1,37	1,36	5,10
2	Kotu 6 000	-	171	8,4	1,16	1,06	3,12

Kotu = koivutuhka, Setu = sekaturvake (polttoaineena puuta ja turvetta), Kutu = kuusituhka.
* = 2002

Kun puuta poltetaan siitä jää jäljelle tuhka. Puutuhka sisältää typpeä (N) ja rikkiä (S) lukuun ottamatta kaikkia puiden tarvitsemia ravinteita. Tuhka parantaa puiden ravinnetilaa ja kasvua yleensä sitä enemmän, mitä enemmän puut kärsivät fosforin (P) ja kaliumin (K) puutoksista. Suurimmat puuston kasvunlisäykset saadaan paksaturpeisilla soilla, joilla em. kivennäisravinteista on usein pulaa, mutta jotka kuitenkin ovat luonnostaan riittävän runsastyyppisiä (pintaturpeen typpipitoisuus > 2,0 %). Tuhkan vaikutukset ovat selvästi havaittavissa myös Suolamminsuolla, vaikka pintaturve ei olekaan kovin runsastyyppistä (N < 1,5 %).

Tuhkalannoituksesta on kulunut yli viisikymmentä vuotta. Puusto oli 1950-luvun alussa pientä männyn taimikko. Mitä enemmän tuhkaa silloin annettiin sitä parempi puuston kasvutulos on saatu. Pienimmän tuhka-annoksen vaikutus on jäänyt olemattomaksi: puuston tilavuus on sama kuin lannoittamattomalla vertailupuustolla. Puustoreaktio on jäänyt vähäiseksi myös tuhka-annoksella 2 000 kg/ha, mutta annokset 4 000 ja etenkin 6 000 kg/ha ovat voimistaneet puuston kasvua merkittävästi. Suurimman tuhka-annoksen saaneella koealalla 2 puuston ko-



A: Lannoittamaton vertailuala (0). Puuston määrä 75 vuoden kuluttua ojituksesta on vain 13 m³/ha. Synnä vähäiseen tuotokseen on kasvupaikan ravinteiden niukkuus.

B: Vuonna 1952 annettu puutuhka-annos 2000 kg/ha on lisännyt puuston kasvua, mutta vähemmän kuin tuhkan suuremmat annokset. Vuonna 2002 puuston määräksi mitattiin 54 m³/ha (koeala 4).

C: Puutuhka-annostus 6000 kg/ha v. 1952 sisälsi fosforia 24 ja kaliumia 558 kg/ha. Vuonna 2002 puusto runkotilavuus oli 171 ja kokonaistuotos 235 m³/ha. Uusiutuneen ravinnepulan (fosfori, kalium) vuoksi puuston kasvu on viime vuosina hiipunut (koeala 2).

D: Puutuhkalannoituksen uusiminen näkyy männyn neulasiston tuhoutumisena ja vihreytenä vuonna 2004 (vasen oksa, koeala 1). Oikealla alhaalla vertailualalta (0) ja ylhäällä kertaalleen puutuhkaa saaneelta koealalta (2) otetut näyteoksat, joissa neulasten keltaisuus ilmentää kaliumpulaa.

konaistuotos on, harvennuspoistuma mukaan lukien, ollut 237 kuutiometriä hehtaarilla. Ero lannoittamattoman vertailupuuston määrään on 18-kertainen.

Nykyisiin lannoitussuosituksiin verrattuna vuonna 1952 levitetyn puutuhkan sisältämät fosforimäärät – suurimmillaan 24 kg/ha – ovat huomattavan pieniä. Puutuhkaa saaneiden puustojen kasvu on ollut kuitenkin merkillepantavan hyvä – siitä huolimatta että puiden typpitalous ei ole ollut paras mahdollinen karuhkon kasvualustan vuoksi. Typpitaloutta korjaavia typpilannoituksia ei 1950-luvulla tehty.



Koelalla 1 ojitusteho lienee ollut muita aloja parempi, koska se rajoittuu las-kuojaan (kuva C). Erityisen voimakasta kasvu on ollut kahdenkymmenen ensimmäisen vuoden aikana tuhka-levityksen jälkeen. Alkuperäisenä tavoitteena ollut avosuon metsittäminen oli tuhka-alalla onnistunut hyvin, sillä runkoluku oli vuonna 1977 ennen puuston harvennusta kymmenkertainen vertailuun nähden. Vuoden 1981 harvennuspoistumat olivat koelasta riippuen 0-67 m³/ha. Tuhka-koeloille 1 ja 2 on valta puuston alle syntynyt kuusentaimia ja koivuvesakko, joka perattiin vuonna 2005.

Neulasanalyysi paljastaa puiden ravinnetilan. Männyllä ankaran puutoksen raja-arvoina neulasissa pidetään neulasten typpipitoisuutta 1,2 %, fosforipitoisuutta 1,3 mg/g ja kaliumpitoisuutta 3,5 mg/g. Puiden kasvua rajoittavia ravinteita Suolamminsuolla ovat typen ohella kalium ja fosfori. Männyksen neulasten fosfori- ja kaliumpitoisuudet olivat jo vuonna 1984 koelalla 1 kauttaaltaan puutosrajojen alapuolella. Myös kymmenen vuotta myöhemmin neulasnäytteistä ilmeni ankara pula fosforista ja kaliumista. Vuoden 2003 neulasanalyyseistä nähdään tuhkan vaikutuksen puuston ravinnetilaan olevan päättymässä. Jopa parhaiten tuottaneella koelalla 2 fosforin ja kaliumin puutos näkyy neulasten keltakärkisyytenä ja vaatimattomana pituuskasvuna. Puiden kasvu on selvästi heikentynyt ja alikasvoskuusia on kuollut kaliumin puutteeseen. 1950-luvun tuhkalannoituksen vaikutus on kestänyt noin neljäkymmentä vuotta, minkä jälkeen puut ovat alkaneet kärsiä ravinnepuutoksista ja olleet jatkolannoituksen tarpeessa.

Koelalla 1 tuhkalannoitus uusittiin vuonna 1996. Käytetty sekaturve (puu, turve) osoittautui analyysissä kuitenkin vähäravinteiseksi. Sen vuoksi koelalle levitettiin huhtikuussa 2002 Metlan Paljakan tutkimusalueesta saatua kuusipuun tuhkaa 3 000 kg/ha. Tässä tuhkassa oli erityisen runsaasti kaliumia, jota tuli 283 kg/ha. Fosforia oli 19 ja booria (B) 0,7 kg/ha. Tällä hetkellä puiden fosfori- ja kaliumtalous on hyvä. Männyksen pituuskasvu on uudestaan voimistunut ja neulasisto tuuhettunut ja vihertynyt; myös alikasvoskuuset voivat hyvin koelalla 1.

Puiden ravinnetilan myöhempää seuranta varten koeloille 1 ja 2 istutettiin keväällä 2005 kuusentaimia (15 kpl) ravinnetaloustilanteen ”mittareiksi”. Ojan kunnan ja muodon muutoksia voidaan seurata toistuvien mittausten merkitystä kohdasta. Kuusentaimia ja ojanmittauspisteitä on myös muilla polun kohteilla.

Puutuhkan välitön vaikutus pintakasvillisuuteen 1950-luvun koeloilla oli melko vähäinen. Esimerkiksi suokukan (*Andromeda polifolia*) ja tupasvillan (*Eriophorum vaginatum*) peittävyudet eivät olleet pienentyneet tuhkalannoituksen seurauksena seitsemän vuoden (1952-59) aikana. Pohjakerros (sammalet) oli kärsinyt puutuhkasta enemmän kuin kenttäkerros. Rahkasammalten peittävyys oli pudonnut jo vähäisilläkin tuhkamäärillä. Sitä vastoin rämeen karhunsammal (*Polytrichum strictum*) oli runsaimmillaan tuhka-aloilla. Eniten tuhkaa saaneilla koeloilla suokasvillisuus on väistymässä suon muuttuessa puolukkaturvekankaaksi. Koela 4 kehittynee varputurvekankaaksi, mutta 0 ja 5 jäänevät jäkäläturvekangas-asteelle.

Kohde 2. Puutuhkan vaikutus männyn luontaiseen taimettumiseen

Koeala nro	Lannoitukset, kg/ha		Mä-taimet 2005 (pituus > 10 cm)			Neulaset 2003		
	1996	2002	kpl/ha	valtapituus, cm	pituuskasvu-jakso, cm 2004-2005	N %	P mg/g	K mg/g
27	-	-	25 550	33	7	1,93	0,96	2,86
28	Setu 8 000	Kutu 3 000	28 890	60	20	1,27	1,30	5,16

Setu = sekatuhka, Kutu = kuusituhka

Koealaparilla 27–28 seurataan puutuhkan vaikutusta ns. vaihtuvan mäntytaimaineoksen kehittymiseen. Suon vähäisen kaltevuuden ja laskuojassa olevan kallio-kynnyksen vuoksi alueella oli pitkään vesitalousongelmia. Pohjaveden pinta on puiden kannalta ollut liian korkealla. Suon kehitys turvekankaaksi on ojituksesta huolimatta pysähtynyt ja soistuminen oli alkanut uudelleen. Märkä rahkasammal-pinta on toisaalta männyn siemenille hyvä itämisalusta.

Vähäinen taimi- ja riukuvaiheen puusto tasattiin kesällä 2001 kaatamalla kaikki koivut ja yli metrin pituiset männyt. Tuhkakoealalla on nyt männyn taimia enemmän ja ne ovat pitempiä, vihreämpiä ja kasvuisampia kuin vertailualalla. Neulasanalyysin mukaan lannoittamattomat taimet potevat ankaraa fosfori- ja kaliumpuutetta, mutta tuhka-alalla tilanne on hyvä. Tuhka-alalla havaittiin viitisen vuotta tuhkalievityksen jälkeen sama ilmiö kuin koealalla 1 lähes viisikymmentä vuotta aiemmin: tuhka-alalle on muodostunut lähes yhtenäinen rämeen karhunsammalmatto, kun taas vertailualalle on ilmaantunut jäkälää, mutta vain hyvin vähän karhunsammalta.



Vasemmalla lannoittamaton (27) ja oikealla vuosina 1996 ja 2002 tuhkaa saanut koeala (28). Alkupuusto oli molemmilla aloilla samanlainen. Tuhkalannoitus on vauhdittanut männyn taimien reippaaseen kasvuun. Taimet ovat myös vihreämpiä.



Kohde 3. Kauppalannoitteiden vaikutus puuston kasvuun

Koeala nro	Lannoitukset vuosi	kg/ha	Puuston		Neulaset 2003		
			tilavuus 2002 m ³ /ha	kasvu 1995–2002 m ³ /ha/v	N %	P mg/g	K mg/g
29	-	-	30	ei tietoa	1,09	0,84	3,41
9	1954	Hf 1000 + Ks 500	116	7,1	1,18	1,22	2,95
10	1955	Hf 500 + Ks 250	94	5,7	1,26	1,49	3,66
	1995	PK 400 + Os 400					
11	1956	Hf 250 + Ks 125	94	3,5	1,11	0,99	2,58
30	1995	PK 400	59	ei tietoa	1,18	1,44	4,21

Hf = hienofosfaatti, Ks = kalisuola (= kaliumkloridi), PK = suometsien PK-lannos, Os = Ounslalpietari

Koeala 9 lannoitettiin vuonna 1954 suurehkoilla määrillä hienofosfaattia ja kalisuolaa; lisäksi annettiin maatalouskalkkia 2 000 kg/ha. Koealalla 10 käytettiin samoja ravinteita puolet vähemmän. Jatkolannoituksessa vuonna 1995 koeala sai NPK:ta. Koealalla 11 annostus oli neljäsosa suurimmasta. Puuston kokonaistuotokset koealoilla 9–11 olivat vuoteen 2002 mennessä: 143, 111 ja 118 m³/ha. Suurin kauppalannoitemäärä antoi siten vain hieman paremman kokonaistuotoksen kuin pienemmät annostukset. Täysin lannoittamattomaan alaan nähden tuotokset ovat yli kolminkertaiset.

Fosforia oli koealoilla 9–11 annettu 144, 72 ja 36 kg/ha sekä kaliumia 250, 125 ja 62 kg/ha. Ravinteiden – etenkin fosforin – määrät kauppalannoitteissa olivat huomattavasti suuremmat kuin samanikäisissä tuhkalannoituksissa. Siitä huolimatta neulasten fosfori- ja kaliumpitoisuudet olivat vuonna 2003 alle puutosrajan koealoilla 9 ja 11. Ravinnepulan myötä puiden kasvu ja elinvoimaisuus ovat nykyisin heikkoa. Sen sijaan vuonna 1995 lannoitetuilla koealoilla 10 ja 30 fosfori- ja kaliumpitoisuudet osoittavat hyvää ravinnetilaa. Neulaset ovat selvästi vihreämpiä kuin viereisillä jatkolannoittamattomilla aloilla 9, 11 ja 29. Koealalla 30 vuonna 1995 tehty PK-lannoitus on virkistänyt puuston reippaaseen kasvuun: vertailuun 29 nähden kasvunlisää on tullut kahdeksassa vuodessa 29 m³/ha, mitä on pidettävä hyvänä tuloksena, kun ottaa huomioon kasvupaikan niukatyyppisyyden. Koealojen 29 ja 30 puustoja harvennettiin syksyllä 2005.

Lannoitushetkellä 1950-luvun puolivälissä kaikilla näillä viidellä koealalla oli vajaan metrin pituinen mäntytaimikko. Lannoituksesta seurannut pituuskasvun parantuminen on vieläkin nähtävissä joidenkin puiden oksakiehkuroista. Koealalla 10 havaintopuuhun on merkitty puun pituus lannoitusvuosina 1955 ja 1995. Vastaavasti koealalla 30 havaintopuuhun on merkitty puun pituus vuonna 1985 ja lannoitushetkellä 10 vuotta myöhemmin. Pituuskasvu ennen lannoitusta oli vain 17 cm/v, mutta sen jälkeen 32 cm/v. Mäntyjen pituuskasvussa näkyy selvä paranus vuoden 1998 tienoilla.

Kauppalannoitteilla on aikaansaatu samantapainen kasvureaktio kuin tuhilla (koeala 10). Pienestä ja kitukasuisesta taimikosta on kehittynyt 50 vuodessa puusto, jonka runkotilavuus on noin 100 m³/ha.



Kauppalannoitteiden antamisesta on kulunut noin 50 vuotta. Fosforilannoituksen vaikutuksen kestonä turvemaidella pidetään 30–40 vuotta ja kaliumin 15–20 vuotta. Typpilannoituksen vaikutus jää yleensä alle 10 vuoteen. Kalsiumin antamisesta suomännnyille ei yleensä ole hyötyä, ei myöskään tällä kohteella. Männyt ovat sopeutuneet kasvamaan happamalla suolla. Esittelykohteen koealoilla suo muuttune ajan oloon varputurvekankaaksi, kenties osa puolukkaturvekankaaksi.

Kohde 4. Turvetuhkakoealat vuodelta 1952

Koeala nro	Lannoitukset, kg/ha		Puuston		Neulaset 2003		
	1952	1995	tilavuus 2002 m ³ /ha	kasvu 1995-2002 m ³ /ha/v	N %	P mg/g	K mg/g
16	-	-	19	0,5	1,49	0,92	3,37
7	Tutu 9 000	-	116	5,1	1,25	0,92	2,77
6	Tutu 6 000	Kh150 + Bi900	78	4,6	1,44	0,97	4,61

Tutu = turvetuhka, Kh = kalihiven, Bi = biotiitti

Tässä ovat Suomen todennäköisesti vanhimmat ojitusalueiden turvetuhkakoealat. Vuonna 2005 levityksestä tuli aikaa 53 vuotta. Turvetuhkalla on saatu hyvä tulos, joskin puutuhkaa heikompi, mutta yhdenveroinen kuin edellisen kohteen kauppalannoitteilla. Koealalla 7 on kuusi kertaa enemmän puuta kuin vertailualalla 16. Viime vuosina puuston kasvu on hidastunut ja neulasten vihreys haalistunut, mikä osoittaa turvetuhkan vaikutuksen olevan päättymässä. Jo vuonna 1994 neulasnäytteistä havaittiin fosforin ja kaliumin vajuus. Uusimmissa (2003) neulasnäytteissä ilmeni erittäin ankara fosforin ja kaliumin puutos kaikilla koealoilla. Koealalla 6 ei ollut kaliumin puutosta.

Puuston kasvatusta ajatellen turvetuhka sisältää fosforia kohtalaisesti, mutta kaliumia ja booria niukasti. Lannoituskäytössä turvetuhka olisikin tasapainotettava lisäämällä siihen tai antamalla erikseen kaliumia ja ehkä booria. Turpeen ja puun yhteispoltossa syntyvässä sekaturhassa ravinnekoostumus ja -suhteet ovat yleensä hyvät. Uusimpaan suometsien lannoitteeseen (Rauta-PK) on lisätty rautaa





Vasemmalla lannoittamaton koeala (16) ja oikealla turvetuhkaa 9000 kg/ha saanut koeala 7. Puuston määrä turvetuhkaruudulla oli vuonna 2002

kuusinkertainen ja kasvu kymmenkertainen lannoittamattomaan verrattuna.

Neulasten väri on tummanvihreä kaliumlisäyksen vuonna 1995 saaneen turvetuhka-alan männynoksassa (kuvassa oikealla). Vasemmalla ylhäällä oksa vertailualalta 16 ja alhaalla turvetuhkaruudulta 7; kaliuminpuutoksen tunnusmerkit ovat molemmissa näytteissä nähtävissä.



fosforin liukenemisen hidastamiseksi, jotta fosforin huuhtoutuminen jäisi mahdollisimman pieneksi. Turvetuhkassa on luonnostaan runsaasti rautaa ja alumiinia, jotka pidättävät fosforia, mutta eivät silti estä puiden fosforin saantia.

Biotiitti on murskattua ja jauhetta kiveä, jota syntyy Kemiran Siilinjärvellä louhittavasta apatiittimalmista. Tonni biotiittia sisältää noin 50 kg erittäin hidasliukoista ja pitkävaikutteista kaliumia ja fosforia 5-10 kg. Kaupallisissa metsälannoitteissa kaliumin lähteenä on perinteisesti käytetty kalisuolaa eli kaliumkloridia, joka on vesiliukoista ja parantaa puiden ravinnetilaa jo vuoden kuluessa levityksestä. Biotiitti vaikuttaa hitaammin kuin kalisuola, mutta toisaalta vaikutus kestää kauemmin, jopa yli 25 vuoden ajan.

Koealalle 6 annettiin vuonna 1995 sekä nopea- (kalihiven) että hidasliukoista (biotiitti) kaliumia. Tavoitteena oli poistaa pienellä kalihivenannoksella puuston välitön kaliumin puutos, kun taas biotiitin toivotaan takaavan puiden kaliumin riittävyyden pitkällä aikavälillä. Männyn neulasten väri onkin vihertynyt ja pituuskasvu parantunut. Kasvureaktio on kuitenkin osoittautunut odotettua vaisummaksi, mihin lienee syynä puiden heikko fosforitilanne. Jatkossa selviää, kuinka puut selviytyvät ”fosforin nälässä”, kun kalium ei ole kasvua rajoittava ravinne. Vertailualalla ja pelkän ”perus”lannoituksen koealalla 7 nähdään männynissä fosforin ja kaliumin ankara puutostila. PK-lannoituksen tarve on tällä kohteella ilmeinen. Turvetuhkakoealoilla esiintyy hieman puolukkaa ja mustikkaa, mutta kasvillisuuskehityksen suuntana lienee varputurvekangas.

Kohde 5. Turvetuhkakoealat vuosilta 1995-96

Koeala nro	Lannoitukset, kg/ha		Puusto, m ³ /ha 2002	Neulaset 2003		
	1995	1996		N, %	P, mg/g	K, mg/g
34	-	-	17	1,29	0,88	3,17
26		Tutu 15 000	44	1,18	1,65	2,81
25	Kh 150 + Bi 900	Tutu 15 000	46	1,21	1,50	4,80

Tutu = turvetuhka, Kh = kalihiven, Bi = biotiitti

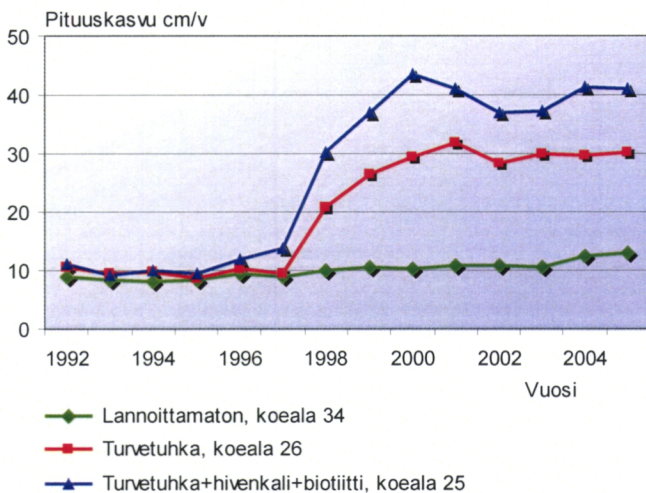
Koealojen puustoja harvennettiin lievästi syksyllä 2005. Turvetuhkakoealalla 26 männyt ovat toistaiseksi kasvaneet kohtalaisen hyvin. Fosforitilanne on kahdeksan vuotta käsittelyn jälkeen vielä hyvä, mutta ankara kaliumin puutos on nähtävissä niin neulasten ilmiössä kuin analyysituloksessa. On todennäköistä, että kalium-pula jatkossa yhä kärjistyy ja että puuston kunto ja kasvu heikkenevät. Viereinen ala 25 on saanut turvetuhkan lisäksi kaliumia sekä nopea- että hidaskaikuteisina. Koealan männyt ovat voimakkaan kasvun vaiheessa ja neulaset syvän vihreitä eikä ravinteista ole pulaa. Yhteen koealan havaintopuuhun on merkitty puun pituus vuonna 1985 ja lannoitushetkellä vuonna 1995. Lannoitusta edeltäneellä 10-vuotijaksolla pituuskasvu oli 7 cm/v. ja sen jälkeen peräti 46 cm/v. Vertailukoealana nähden, jonka puusto potee ankaraa fosforin ja kaliumin puutosta, lisäkasvua on kertynyt 3,5 m³/ha/v kahdeksan vuoden ajan. Kaliumin lisäys turvetuhkaan on toiminut erinomaisesti, mikä näkyy vuotuisen pituuskasvun kehityksessä. Tästä tupavillärämeestä kehittynee aikanaan varputurvekangas.



Koeala 25 turvetuhkan levityksen jälkeen talvella 1996 ja kesällä 2004.

Näyteoksia vertailualalta 34, (oikealla) ja turvetuhkakoealalta 26, (keskellä). Turvetuhkassa on niukasti kaliumia, eikä sen käyttö ole poistanut puiden kaliuminpuutosta. Kun turvetuhkan lisäksi on annettu kaliumia (koeala 25, kuvassa vasemmalla) on ravinnetila tasapainossa ja neulaset vihreitä.





Männyn pituuskasvun kehitys vuoden 1995-96 lannoitusten jälkeen. Turvetuhka on korjannut puiden fosforitalouden, muttei riittävästi kaliumtaloutta. Paras kasvu on saatu aikaan yhdistetyllä tuhka+hivenkali+biotiittikäsittelyllä.

Kohde 6. Riittävätkö puutuhkan ravinteet seuraavalle puusukupolvelle?

Koeala	Lannoitus 1956 kg/ha	Puusto 1994 m ³ /ha	Viljely 1995	Neulasat 2003		
				N %	P mg/g	K mg/g
20B	-	20	Luontainen metsitys	1,35	0,98	3,36
13B	Kotu 6 000	230	Männyn istutus	1,07	1,16	3,09

Kotu = koivutuhka

Aiemmin todettiin puutuhkan vaikutuksen suomänniköissä kestäneen jopa 50 vuotta. Tällä kohteella tutkitaan, riittävätkö tuhkan sisältämät ravinteet ylläpitämään puiden ravinnetilan hyvänä myös uudistamisen jälkeisen puusukupolven varhaisvaiheessa.

Käytännön tuhkalannoituksen 1950-luvulla saaneilla saroilla puuston kokonaistuotos oli 1990-luvun puolivälissä keskimäärin 130 m³/ha, kun se lannoittamattomilla vertailusaroilla oli keskimäärin 30 m³/ha. Puustojen pituuskasvu oli selvästi heikentynyt, mihin syynä oli pääravinteiden puutoksen lisäksi huono ve-



Tuhkalannoitus vaikuttaa vielä seuraavaan puusukupolveen. Näkymä lannoittamattomalta alalta (vasemmalla) ja vuonna 1956 puutuhkalla lannoitetulta alalta (oikealla) 10 vuotta avohakkuun jälkeen. Tuhka-alalla männyntaimet ovat pitempiä ja sekaan on noussut runsaasti hieskoivua.

sitalous. Neulasten fosfori- ja kaliumarvot olivat vuonna 1994 vertailusaroilla ankaran puutoksen rajan alapuolella ja tuhkasaroillakin lähellä puutosrajaa.

Kun tuhkalannoituksesta vuonna 1994 oli kulunut 38 vuotta, puusto päätettiin ja jätepuusto raivattiin. Käytännön metsänhoitosuosituksen mukaan metsikkö ei vielä tuolloin ollut uudistamiskypsä, mutta puusto päätettiin ”uhrata” tutkimukselle, jotta uudistamisaiheesta saataisiin esituloksia. Päätehakkuu tehtiin metsuriytyönä perinteistä menetelmää käyttäen, jolloin hakkutähteet jäivät uudistusosalalle ja niistä aikanaan vapautuvat ravinteet uuden puusukupolven käyttöön. Sisältävähän oksat, latvukset ja neulaset pääosan puustoon sitoutuneista ravinteista.

Hakatuille saroille rajattiin koaloja – joukossa esittelypisteeseen näkyvät koalat 13B ja 20B – joista puolet istutettiin männylle ja puolet jätettiin luontaisesti metsittymään. Vajaakuivatuksen vuoksi rakkainen ja märkä suon pinta on ollut hyvä pohja siementen itämiselle. Haihduttavan puuston poisto on saanut aikaan pohjavesipinnan nousua, mikä on osaltaan lisännyt kasvualustan märkyyttä. Kummallekin koalalle on noussut runsaasti luontaisia männyn taimia. Neulasanalyysistä käy ilmi, että uuden mäntysukupolven fosfori- ja kaliumpitoisuudet olivat alle puutosrajojen myös tuhkapohjalla kasvavissa taimissa. Tuloksesta voi päätellä, että uudistusosalalla kasvava nuori puusto ei ole hyötynyt vanhasta tuhkalannoituksesta. Myöskään hakkuutähteistä ei näytä vapautuneen mainittavasti ravinteita mäntyjen käyttöön. Tuhkakoelalle on kuitenkin ilmaantunut hieskoivua paljon enemmän kuin vertailukoelalle. Keväällä 2005 tehtiin tuhkasaroilla puolikoaloittain taimikon varhaisperkaus. Kohteella on nähtävissä kuinka taimikko kehittyy hoitamatta ja hoitaen.

Valon lisääntyessä myös pintakasvillisuus on voimistunut kasvaen esim. korpikastikkaa. Tuhkakoelalla on kehitymässä puolukkaturvekankaaksi vertailualan jäädessä soistuvaksi tupasvillarämemuuttumaksi.



Kohde 7. Tuhkalannoitetun suon jatkolannoitus

Koeala nro	Lannoitukset, kg/ha		Puuston		Neulaset 2003		
	1953	1995	tilavuus 2002 m ³ /ha	kasvu/vuosi 1995-2002 m ³ /ha	N %	P mg/g	K mg/g
15	-	-	10	0,2	1,79	0,90	2,80
17	Kotu 3000	-	144	7,0	1,35	1,04	3,84
18	Kotu 3000	Os 400	111	5,0	1,44	1,01	3,77
19	Kotu 3000	PK 400	205	ei tietoa	1,26	1,52	4,72
20	Kotu 3000	PK 400 + Os 400	147	ei tietoa	1,30	1,50	4,35
21	Kotu 3000	Setu 8 000 (1996)					
		Kutu 3 000 (2002)	125	ei tietoa	1,10	1,41	4,70
22	Kotu 3000	Kh 300 + Os 400	147	ei tietoa	1,39	1,10	3,95
23	Kotu 3000	Kh 300	116	ei tietoa	1,32	1,05	4,58
24	Kotu 3000	Kh 150 + Bi 900	168	ei tietoa	1,26	1,16	4,80

Kotu = koivutuhka, Setu = sekatumha, Kutu = kuusituhka,
Os = Oulunsalpietari, Kh = kalihiven PK = suometsien PK-lannos, Bi = biotiitti

Peruslannoitus saroittain tehtiin koivutuhkalla vuonna 1953, jolloin puusto oli pientä männyn taimikkoa. Vuonna 1994 rajattiin jatkokäsittelyjä varten kahdeksan koealaa. Koealoilta otetuista neulasnäytteistä kävi tällöin ilmi ankara fosforin ja kaliumin puutos. Tyypestä sitä vastoin ei ollut pulaa. Jatkolannoitukset toteutettiin 1995–96 ja 2002 käyttäen kauppalannoitteita, biotiittia sekä seka- ja kuusituhkaa. Lannoittamaton vertailuala 15 saatiin viereiseltä saralta. Tuhkasaroilla alkupuusto mitattiin vuonna 1994 vain koealoilla 17 ja 18, joilla puustoa oli saman verran eli 70 m³/ha. Koealojen puuston runkutilavuus arvioitiin relaskooppi menetelmällä (=puuston pohjapinta-ala x keskipituus x muotoluku) keväällä 2003.

Pelkällä ojituksella (koeala 15) on 70 vuodessa saatu puustoa vain 10 m³/ha. Syy vähäiseen tulokseen on ollut typen, fosforin ja kaliumin niukkuus turpeessa. Nykyisin tämänkaltaisen ojitettu suo jätetään ilman hoitotoimia tai ennallistetaan. Jatkolannoittamattomalla tuhka-alalla 17 puuston pituuskasvu on nykyisin melko heikkoa. Syksyllä 2005 puuston runkutilavuus oli 160 m³/ha ja kasvu 5,7 m³/ha. Fosforin puutos on erittäin ankara, kuten kaikilla muillakin puutuhka-aloilla, jotka jatkolannoituksessa 1995 eivät saaneet fosforia. Kaliumin pula näkyy mäntyjen ohella myös alikasvoskuusissa. Kuitenkin pelkällä koivutuhkalla (3000 kg/ha) on saatu vertailuun nähden lähes 15-kertainen puun tuotos.

Kun puilla on ollut puutetta fosforista ja kaliumista, pelkkä typen lisäys on ollut haitallinen (18). Kahdenlaista kaliumlannoitetta (kalihiven ja biotiitti) saaneella koealalla 24 puuston elinvoimaisuus on parempi kuin vain kalihiventä saaneella koealalla 23. Tuhkalisäysten jälkeen mäntyjen pituuskasvu on voimistunut, latvukset tuuhettuneet ja neulas vihertyneet myös koealalla 21. PK- tai PK+Oulunsalpietari-jatkokäsittelyn saaneilla aloilla (19, 20) puusto on hyväkasvuista ja neulas syvän vihreitä niin valtamännnyillä kuin alikasvoskuusillakin.



Lannoittamattoman vertailukoelan 15 ojituksesta on kulunut yli 70 vuotta, mutta puustoa on vain 10 m³/ha. Suolamminsuon kaltaisilla kohteilla pelkän ojituksen tulos on yleensä jäänyt vähäiseksi ravinnepuulan takia.

Puutuhkaa vuonna 1953 saanut koela 17. Tuhkan ansiosta vuonna 2005 runkokuuta oli 160 m³/ha. Yksi harvennushakkuu on jo tehty. Lannoitusvaikutus alkaa viidenkymmenen vuoden jälkeen olla ohi. Kaliumin puutos ilmenee alikasvoskuusten neulasten keltaisuutena.



Puutuhkaa vuonna 1953 ja PK-lannosta 1995 saanut koela 19, jolla kasvaa retkeilypolun runsain puusto: vuonna 2005 runkotilavuus oli 240 m³/ha ja kasvu 11 m³/ha. Ravinteista ei ole pulaa. Puusto on kasvanut yhdessä vuodessa enemmän kuin vertailualan puusto 73:ssa vuodessa yhteensä.

Neulasanalyysit osoittavat että näillä koeloilla ei ole vakavia ravinnepuutoksia. Vanha tuhkalannoitus ja PK-jatkolannoitus yhdessä ovat tuottaneet puuta peräti 205 m³/ha. Keskimääräinen vuotuinen kasvu viidessäkymmenessä vuodessa on ollut 4 m³/ha. Täysin lannoittamattomaan vertailuun nähden puumäärä on noin 20-kertainen. Syksyllä 2005 puuston runkotilavuudeksi saatiin 240 m³/ha ja kolmen viimeisen vuoden keskikasvuksi 11,5 m³/ha/v. Puusto kasvaa nykyisin yhdessä vuodessa enemmän kuin vertailualalla tähän mennessä kaikkiaan.

Lannoitetun puuston kantoraha-arvo hehtaaria kohti koelalla 17 (koivutuhka) on 3 000 euroa ja 4 800 euroa koelalla 19 (koivutuhka+PK), kun se vertailualalla 15 jää 75 euroon. Kun ravinnetalous on kunnossa, voi ojitusaluemetsä tuottaa runsaasti puuta – myös arvokasta sahapuuta – karuilla ja pohjoisilla kasvupaikoillakin.

Runsas puusto vaikuttaa suon pohjavesitasoon haihduttamalla kesäaikana vettä ja pidättämällä latvustoon osan sadannasta. Lannoitetulle runsaspuustoiselle saralle (koelat 17 ja 18) ja lannoittamattomalle vähäpuustoiselle saralle (koelat 15 ja 16) on asetettu saran poikkisuunnassa määrävälein pohjavesiputkia. Niistä voi nähdä, että pohjaveden pinta on runsaspuustoisella saralla syvemmällä kuin niukkapuustoisella saralla, vaikka ojitus on molemmilla samanlainen.





Polttotekniikan muutosten, käytettyjen lisäpolttoaineiden (metsäteollisuuden jätelemiä, öljy) ja savukaasujen talteenoton seurauksena nykyisten tuhkien on arveltu sisältävän metsäluonnolle haitallisia yhdisteitä enemmän kuin puhtaan puutai turvetuhkan. On epäilty tuhkan sisältämien raskasmetallien rikastuvan kasvilisuuteen ja eläimistöön. Vaikutukset voivat periaatteessa ulottua alapuolisiin vesistöihin saakka veden laadun muutoksina, raskasmetallien rikastumisena pohja-eläimistöön ja kaloihin sekä muutoksina järvien ravintoverkostoissa.

Metsävaikutusten ohella on Metlassa viime vuosien aikana tutkittu tuhkan mahdollisia ympäristövaikutuksia: keräilytuotteiden alkuainepitoisuuksia, ravinteiden huuhtoutumista ojitusalueilta ja tuhkan aiheuttamia muutoksia metsämaan kasvihuonekaasuvirroissa. Tutkimuksiin ovat Metsäntutkimuslaitoksen ja tuhkantuottajien ohella osallistuneet Oulun, Kuopion ja Helsingin yliopistot sekä Metsäteho Oy. Osa näistä töistä on tehty Oulun kaupungin kohteilla Sadinlässä ja Asmonkorvessa (kokeet 9150 ja 4194, ks. liitetaulukko 2).

Tuhkan maaperävaikutuksia

Tuhka vähentää kangashumuksen ja suon pintaturpeen happamuutta 1–2 pH-yksikön verran riippuen kasvupaikasta, tuhkan laadusta ja levitysmäärästä. Tämä kalkitusvaikutus kestää useita vuosikymmeniä. Happamuuden vähentyessä kasvualustan luontaiset tyypivarat vapautuvat aluksi hajottajaeliöstön ja myöhemmin puuston käyttöön. Tuhkan ansiosta kasvualustan kivennäis- ja hivenainevarat lisääntyvät merkittävästi.

Tuhka voi muuttaa myös maaperän hiilen ja typen kierron prosesseja. Tähänastisten selvitysten perusteella puutuhka ei vaikuttanut kovin merkittävästi dityppioksidin (N_2O) päästöihin eli typen siirtymiseen maasta ilmakehään. Kiihtynyttä turpeen hajoamista kuvaava hiilidioksidipäästö (CO_2) kuitenkin selvästi lisääntyy: usean vuosikymmenen jälkeen tuhkan levityksestä kasvualustan hiilidioksidipäästöt ovat olleet 10–30 % tausta-arvoja suurempia. Sen sijaan metaanipäästöjä (CH_4) tuhka näyttäisi vähentävän sekä turve- että kivennäismailla.

Tuhkan huuhtoutumisesta pohjavesiin ja vesistöihin on niinkään selvitetty. Fosforia ei ole havaittu ojitusalueilla kulkeutuneen ojaistoihin tuhkallevityksen jälkeen. Sensijaan helppoliukoisten ravinteiden ja sulfaattirikin pitoisuudet ovat kohonneet ojavesissä - sitä enemmän, mitä karumpi ja samalla heikommin alkuaeineita pidättävä suotyyppi oli kyseessä.

Saastuvatko marjat tai sienet?

Seurannassa ovat olleet puolukka, hilla, juolukka ja mustikka. Fosfori-, kalium-, kalsium- ja booripitoisuuksien on nähty kohoavan marjoissa jo levityskesän aikana. Suuria tuhka-annoksia käytettäessä myös eräiden raskasmetallien (kromi, titaani, arseeni) pitoisuudet nousevat tilapäisesti. Kun tuhkan levityksestä on kulu-

nut yli 10 vuotta, marjojen alkuainepitoisuudet ovat suunnilleen samaa tasoa riippumatta käsittelystä. Marjojen hivenravinne- ja raskasmetallipitoisuuksien ennallaan pysymisen tai jopa alentumisen syynä voidaan pitää tuhkan kalkitusvaikutusta, jolloin metallien liukoisuus maaperässä vähenee ja niiden siirtyminen kasvillisuuteen hidastuu.

Yleisesti ottaen marjojen kuin myös muiden kasvien kadmiumarvot ovat tutkimusten mukaan hyvin alhaisia. Mielenkiintoinen havainto on se, että hillan marjojen kadmiumpitoisuus pitkällä aikavälillä useimmissa tapauksissa alenee. Männyn neulasten ja kasvainten kadmiumpitoisuus saattaa kuitenkin tilapäisesti kohota muutamaksi vuodeksi, minkä jälkeen pitoisuudet laskevat vertailutasolle tai jopa sen alle.

Tuhkan on havaittu lyhyellä aikavälillä kohottavan metsäsienten (mm. isoha-pero, kangasrousku, pulkkosieni) fosfori-, kalium-, kalsium- ja booriarvoja. Kadmiumpitoisuuksissa selviä muutoksia ei toistaiseksi ole havaittu. Ravinteisuuksien muutokset näkyvät sienissä jopa 10 - 20 vuotta tuhkallevityksen jälkeen. Ravinne- ja raskasmetallien pitoisuudet jäävät luontaisen vaihteluvälin sisään ja selvästi alle haitta-arvoja.

YHTEENVETO

Oulun Suolamminsuolla on tehty metsänparannustoimia ja niihin liittyvää tutkimusta yli 50 vuoden ajan. Tuona aikana suo on ojitusten ja lannoitusten ansioista metsittyneet ja varttuneet kasvuisiksi männiköksi, joka on tuottanut puuta suurimmillaan yli 250 m³/ha.

Alueen paksuturpeisuuden ja ravinteiden niukkuuden vuoksi puuston kasvun vaihtelu on kuitenkin suurta ja lannoitusten merkitys puille keskeinen. Kun puiden ravinnetalous on alussa hoidettu kuntoon, puiden elinvoima on säilynyt pitkään hyvänä. Ravinnepuutokset ovat alkaneet vaivata puuta vasta kun lannoituksesta on kulunut 30–40 vuotta. On pääteltävissä, että metsikön kiertoajan kuluessa lannoitus on uusittava kerran tai kahdesti, mikäli suopuuston kasvu halutaan pitää optimitasolla.

Nykyisten metsänhoito-ohjeiden mukaan Suolamminsuon alue on kasvupaikatyyppiltään liian karu ja niukkatyyppinen metsänkasvatukseen. Käytännön metsätaloudessa tällaiset kohteet jätetään kunnostamatta ja annetaan soistua ja palautua takaisin kohti luonnontilaa. Saadut tutkimustulokset kuitenkin osoittavat, että puiden ravinnetilaa ja kasvua on mahdollista parantaa selvästi myös karuilla kohteilla. Lannoituskustannukset ovat toki merkittävä kustannuslisä, joka on otettava huomioon metsänkasvatuksen kannattavuutta ajateltaessa. Eräs keskeinen tekijä arvioitaessa kohteen metsätaloudellista arvoa on se, missä määrin metsiköt tuottavat kuitupuun ohessa tukkipuuta. Jos arvokkaan tukkipuun osuus päätehakkuvaiheessa muodostuu riittäväksi, se merkittävästi parantaa metsätalouden harjoittamisen kannattavuutta. Suolamminsuolla puustot ovat vielä hieman liian nuoria, jotta varmoja päätelmiä puutavaralajien keskinäisten suhteiden muotoutumisesta kiertoajan loppuvaiheessa voitaisiin tehdä. Niillä koealoilla, joilla puusto on rea-



goinut ravinnelisäykseen voimakkaimmin, mäntyjen tekninen laatu ja järeys ovat jo riittävät kannattavan lannoitusinvestoinnin varmistamiseksi.

Tietolähteet aikajärjestyksessä

- Metsäntutkimuslaitoksen entisen Suontutkimusosaston arkisto (professori O. J. Lukkalan ja metsänhoitaja K. Häkkisen kirjeenvaihto)
Metsälehti nro 44. 24.10.1957.
Häkkinen, K. 1958. Kokeita ojitettujen soiden tuhkalannoituksella. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 11: 388-389.
Pietiläinen, P. & Tervonen, M. (toim.). 1980. Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja 20. 42 s. + liitteet.
Silfverberg, K. & Huikari, O. 1985. Tuhkalannoitus metsäojitetuilla turvemaidella. Abstract: Wood-ash fertilization on drained peatlands. Folia Forestalia 633. 25 s.
Silfverberg, K. & Issakainen, J. 1987. Turpeentuhkan vaikutuksesta puuston kasvuun ja ravinnetilään käytännön lannoitustyömaille. (Summary: Growth and foliar nutrients in peat-ash fertilized stands). Suo 38: 53-62.
Silfverberg, K. & Issakainen, J. 1991. Tuhkalannoituksen vaikutukset metsämarjoihin. Summary: Effect of ash fertilization on forest berries. Folia Forestalia 769. 23 s.
Silfverberg, K. & Issakainen, J. 1996. Skogstillväxt på en askgödslad, nordfinsk myr – 40-årigt perspektiv på asktillförsel i praktisk skala. Summary: Forest growth on an ash-fertilized oligotrophic fen in northern Finland. Suo 47(4): 137-139.
Moilanen, M. & Issakainen, J. 2003. Puu- ja turvetuhkan vaikutus maaperään, metsäkasvillisuuden alkuainepitoisuuksiin ja puuston kasvuun. Metsätehon raportti 162, 91s.
A. Väyrysen haastattelu 23.2.2004. Haastattelijana J. Issakainen
Silfverberg, K. & Seväkivi, M-L. 2005. Kasvillisuus puuttomana pidetyllä metsäojitusalueella. Summary: Vegetation on an artificially treeless drained mire. Suo 56(4): 157-166.
Laine, J. & Vasander, H. 2005. Suotyypit ja niiden tunnistaminen. Metsäkustannus Oy, Hämeenlinna 2005. 110 s.

Liitteet

Liitetaulukko I. Metsäpölyn ulkopuolelle jäävät 1950-luvulla tuhkalannoitetut alueet.

Numero	Sijainti	Koordinaatit*		Pinta-ala, ha	Kasvupaikka	Puulaji	Lannoitukset/Huomautuksia	
		N	V				kg/ha	
1	Suolaminensuo	72.13796	: 344072	0,7	TRmu	mä, ko	1956 kotu 2500	kitukasvuinen, 0-vertailu, mä-neulasnäyte 3/1990
2	"	72.13680	: 344072	0,9	"	"	1956 " 3000	karuhkoa, neulasnäyte 3/1990
3	"	72.13752	: 3440504	1,8	V-Ptkg	"	1954 " 5000	koivuosalia ku-alkasvustoa, valokuva 23, 1996
4	"	72.13830	: 3440385	1,6	TR-PsRmu	mä	1956 " 3500	tervahiitoladun pirstoma, ku-alkasvustoa, karuhkoa
5	Isosuo	72.12988	: 3441461	1,1	TRmu	mä	1957 hatu 4000#	tehdastuhkaa (K.Häkkinen), runsaasti ku-alkasvosta, neulasnäyte 3/1990
6	"	72.12925	: 3441336	0,4	PsRmu	mä	1955 kotu 4000#	sopii hyvin jatko tutkimuksiin, oheä puusto
7	"	72.12908	: 3441499	1,7	PsR-SsRmu	mä, ko	1957 " 4000#	ku-alkasvustoa, valokuva 20, 1996, kuva 19 vieriseiltä 0-saralta, neulasnäyte 3/1990
8	"	72.12841	: 3441356	0,72	"	"	1955 " 4000#	kuusetuu, neulasnäyte 3/1990
9	"	72.12802	: 3441354	0,72	"	"	1955 " 2000#	valokuva 22, 1996, vert. Häkkinen kuva 4, 1956, neulasnäyte 3/1990
10	"	72.12769	: 3441373	0,24	SsRmu	"	1955 " 4000#	ojien rikkoma kuvia, valokuva 16, 1996
11	"	72.12715	: 3441401	0,5	"	"	1955 " 3000#	kankaan laidassa
12	"	72.12727	: 3441466	0,3	TRmu	mä	1953 " 4000#	valokuva 21, 1996, vert. Häkkinen kuva 3, 1956
13	Suolaminensuo	72.13892	: 3441398	0,18	Ptkg	mä, ko	1953 " 4000#	runsaasti puusto
14	"	72.13838	: 3441413	0,35	"	mä, ko, ku	1953 " 4000#	ojien rikkoma kuvia, runsaasti ku-alkasvustoa, valokuvat 17 ja 18, 1996
15	Kaisto	72.14337	: 3441800	0,84	PsRmu	mä, ko	1958 " 4000	valokuvat 13-15, 1996, ku-alkasvustoa
16	"	72.14183	: 3441687	0,42	TRmu	mä	1955 " 4000	valokuvat 11 ja 12, 1996, talvista metsomaastoa
17	"	72.14101	: 3441716	1,1	TRmu	"	1958 " 4000	talvista metsomaastoa
18	Kalimeensuo	72.14940	: 3440722	2,2	TR-Ptkg	mä, ko, ku	1957 " 4000#	ku-alkasvustoa, runsas puusto, valokuvat 14-21, 1996
19	"	72.14883	: 3440839	1,2	TRmu	mä	1956-58 kotu 4000#	valokuva 10, 1996, karu suo
20	Karsikkosuo	72.13463	: 3439904	0,44	TRmu	"	1953 kotu 4000	vuoden 1955 jatkolannoitukset tehty kuvien yläosaan, karuhkoa
							1955 kotu 2000-12000#	

* = Koordinaatit liirekarttaan (s.31) merkittyyn pisteeseen

kotu = kolvutuhka, hatu = havupuutuhka, tutu = turvetuhka

= levitetty vuosina 1984-85 turvetuhkaa 20 t/ha ja kohteita 18 ja 19 lukuun ottamatta ureaa 100 kg/ha. (Tieto Ahti Väyrysen Loppula kartoista)



Liitetaulukko 2. Metsäpolun ulkopuolella olevat metsäntutkimuksen kenttäkokeet Oulun kaupungin mailla.

Kokeen tunnus	Koerek. numero	Paikka	Koordinaatit N	E	Perustettu vuosina	Pinta-ala, ha	Tutkimusaihe
A 0-35*	9999	Suolamminsuu	7 213 540	3 440 780	1952	2,2	Turvemaan tuhkalannoituksen havaintoalat
B 1-25*	10000	Suolamminsuu	7 213 560	3 440 920	1995	2,4	Tuhkalannoitetun suometsän uudistaminen
18/1982#	4134	Miehonosu	7 210 436	3 443 968	1983	0,6	Energia- ja teollisuuspuun kasvataminen turvemaan hieskoivikossa
8/1983	4133	Suolamminsuu	7 213 673	3 440 659	1984	0,48	Lannoituksen ajoitus hieskoivikon vesakasvatuksessa
1997	9150	Sadinselkä	7 213 224	3 442 660	1997	3,96	Biotuhkan hyödyntäminen kangasmetssä
C 1-2	9997	Suolamminsuu	7 213 509	3 441 026	2002	0,45	Kaliumin lisäys turvetuhkalla lannoitetulla rämemuuttumalla
1-6/2002	9998	Santerinräme	7 212 939	3 445 195	2002	0,77	Kaliumin lisäys turvetuhkalla lannoitetulla rämemuuttumalla
2005	10355	Asmonkorpi	7 214 144	3 445 478	2005	2,0	Korpikuusikon luonnontekoinen uudistaminen
2004	ei ole	Suolamminsuu	7 213 731	3 440 600	2004	5,0	Puuttomana pidetyn metsäojitusalueen kasvipeite
506	318	Hautakangas	7 213 890	3 439 010	1976	6,0	Kangasmaan männikön harvennuksen ja lannoituksen yhteisvaikutus
1/2001	9995	Rusko	7 218 162	3 430 300	2002	1,62	Kuusi- mäntyliikasvoksen ravinnetalous kalliuminpuutoskohteessa
1-90/1988#	4194	Asmonkorpi ym.	7 214 069	3 444 880	1988	0,3	Puu- ja turvetuhkan vaikutus metsämarjoihin
1-26/1985#	4195	Loppulan seuru	7 213 410	3 446 200	1985	Ei tiedossa	Turvetuhkan vaikutus puuston kasvuun tuve- ja kangsmilla
Kantapuu#	ei ole	Kalimeenoja	7 215 520	3 442 470	1968	Ei tiedossa	Kanta(plus)puita metsänjalostukseen
Terveyslan	ei ole	Pohjanpuisto	7 210 970	3 429 750	1992	1,2	VT-kankaan taajaamamännikön terveyslannoitus
30.10.84/R)	ei ole	Murtoselkä	7 214 440	3 440 300	1984	n. 1,0	Turvetuhkan vaikutus metsikön harmaakaristeisuuteen
1-26/1985#	4195	Loppulan seuru	7 213 410	3 446 200	1985	Ei tiedossa	Turvetuhkan vaikutus puuston kasvuun tuve- ja kangsmilla

* = osa kokeista metsäpolulla

= koe on päättynyt

Liitekartta I. 1950-luvun tuhkalannoitusalat 1-20.

