

MARTTI SAARILAHTI

SIIPIKAIRA OJITUKSEN SUUNNITTELUSSA

VANE TEST IN PLANNING OF DITCHING

Saarilahti, M. 1984: Siipikaira ojituksen suunnittelussa. (Vane test in planning of ditching.) — Suo 35: 29—33. Helsinki.

The paper discusses the use of vane test in the planning of forest ditching on peatland. A good correlation was found between the measured shear strength of peat and the quality of ditches after digging.

M. Saarilahti, University of Morogoro, Division of Forestry, P.O. Box 3009, Chuo Kikuu, Morogoro, Tanzania.

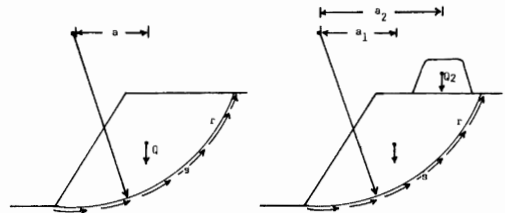
JOHDANTO

Mikäli maapohjaan kohdistuvat leikkausjännitykset ylittävät sen leikkauslujuuden, maapohja murtuu. Ilmiö on tuttu myös metsäojittajille ja varsinkin metsätien rakentajille, ja sitä kuvataan usein esim. sanonnalla ”ojan pohja nousi”. Teoreettisesti ojan murtumistapahtumaa tarkastellaan kuvan 1 avulla (Helnelund 1974).

Liukuva maamassa aiheuttaa kuormituksen Q , josta aiheutuu momentti $a \cdot Q$ ajatellun liukupinnan keskipisteen suhteen. Vastustava momentti syntyy liukupintaan, ja sen suuruus määräytyy liukupinnan pituuden (pinta-alan) ja maan leikkauslujuuden tulosta $r \cdot s$. Oja sortuu, mikäli $Qa > rs$. Jos ojamaat ovat lähellä ojaa, niistä aiheutunut lisäkuorma suurentaa kaatavaa momenttia, joka on tällöin $Q_1 a_1 + Q_2 a_2$.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan siipikairauksen soveltuvuutta ojituksen suunnittelun apuvälineeksi. Siipikairalla voidaan nimittäin yksinkertaisesti mitata yksi turpeen lujuutta kuvaava arvo, näennäinen leikkauslujuus (kN/m^2).

Tutkimus liittyy metsäautoteiden suunnittelua turvemaille käsittelevään tutkimussarjaan (Saarilahti 1978, 1980, 1981), jossa selvitettiin mm. siipikairan soveltuvuutta turvemaiden pohjatutkimuksiin.



Kuva 1. Ojan luiskan vakavuus

A) Ilman ojamaita B) Ojamaiden aiheuttama lisäkuormitus mukana

Fig. 1. Stability of ditch

A) Without spoil B) With spoil of excavated peat

AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimus suoritettiin neljällä Helsingin metsänparannuspiirin metsäojitustyömaalla, joilta kultakin tutkittiin yksi tai kaksi ojalinjaa. Aineiston voidaan katsoa olevan satunnaisnäyte. Siihen sisältyy kaikkiaan 60 havaintoa, joita vastaava ojapituus oli n. 1,2 km. Työmaiden esittely on taulukossa 1.

Työmaa I oli lähteinen korpi, jossa vaihtelu oli suurta. Lisäksi ojalinjan yli kulki kaksi vanhaa tukkeutunutta ojanuomaa, joiden varrella oli runsaasti puiden juuristoa. Muilla työmailla

ominaisuuksien sisäinen vaihtelu oli vähäisempää. Työmaa 4 oli luonnontilaisena ollut aukeaa nevaa, joka oli ojitettu useampaan kertaan, koska ojat eivät alkuaan pysyneet avoimina. Kuivatuksen vuoksi alueella oli n. 1 m paksuinen kuivakuori.

Kullakin työmaalla mitattiin syksyllä 1978 ojalinjalta askelparein 20 m välein mittauskohdat. Näistä mitattiin siipikairalla turpeen leikkauslujuudet. Siipikairana käytettiin Borron suosiipikairaa, johon oli vaihdettu neliteräinen siipi. Vertailun vuoksi rakennettiin myös kevyempi pieni siipikaira. Leikkauslujuudet mitattiin

— isolla kairalla 0,25; 0,50; 0,75 ja 1,00 m:n ja
— pienellä kairalla 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 ja 1,25 m:n syvyyksiltä.

Iso kaira l. normaali ns. suosiipikaira koostuu

- terästä, jonka mitat ovat 8×16 cm. Käytetty terä on 4-siipinen ja se on saatu hitsaamalla kaupalliseen 2-siipiseen terään liäsiivivet.
- 1 m pituisista alumiinisista jatkovarsista. Tutkimuksessa käytettiin vain yhtä vartta.
- momenttimittarista, jossa on maksimiarvon osoitin (kaksi viisaria), näyttöalue 0···600 kgcm.
- irrotettavista kahvoista, joilla kaira painetaan ja nostetaan haluttuun syvyyteen.

Pieni siipikaira tehtiin itse hitsaamalla 1,5 m ø 12 mm terästankoon neljä siipeä (5×10 cm), kädensijat ja kuusiomutteri momenttiavainta varten.

Mittaus siipikairalla tapahtuu siten, että kairan terä painetaan haluttuun syvyyteen ja momenttimittarista käännetään hitaasti, kunnes turve murtuu l. terä pyörähtää. Maksimimomentti luetaan asteikolta. Lukematarkkuus oli 10 kgcm, joskus väliarvot interpoloitiin 5 kgcm tarkkuudella.

Kultakin mittauskohdalta ennustettiin siipikairauksen perusteella kaivettavan ojan tulevaa laatua (ennuste) kolmiluokkaista muuttujaa käyttäen (sortuu, epävarma, ei sorru). Tällöin, jos kaira pyörähti helposti (momentti alle 50···129 kgcm = 10,5···8,5 kN/m² leikkauslujuus) ja painui suohon vaivatta, ojan ennustettiin sortuvan (koodi = 0). Jos vastus oli kohtalainen (momentti 120···200 kgcm), tulos arvioitiin epävarmaksi (koodi = 1). Jos turve siipikairauksessa osoittautui tiiviiksi, ts. siiven kiertäminen ja/tai kairan painaminen vaati enemmän voimaa, ojan ennustettiin pysyvän kunnossa (koodi = 2). Luokitus perus-

Taulukko 1. Työmaiden esittely. Pintavetisyyssluokat: 1=kuiva — 5=rimpinen.

Table 1. Presentation of the data.

English names of peatland site types (see Heikurainen 1979):

K=Spruce swamp, LkN=Ordinary small sedge bog, TR=Cottongrass pine-swamp, IR=Dwarf-shrub pine-swamp.

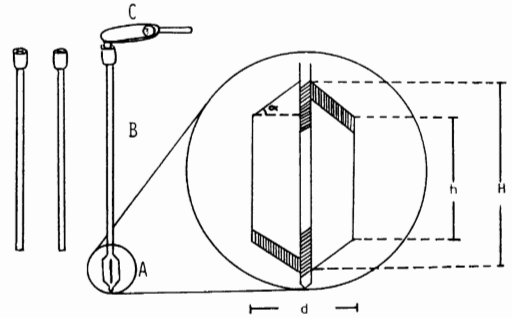
Surface wetness classes: 1=dry — 5=very wet.

Työmaa Working site	Havaintoja, kpl No. of observations	Suotyyppi Peatland site type	Vanha ojitus Old ditching	Leikkauslujuus, kN/m ² Shear strength, kN/m ²	Pinta- vetisyys Surface wetness
1	14	K	ei—no	15,4 ± 5,1	3,3
2	19	LkN	ei—no	16,9 ± 3,5	1,7
3	5	IR oj	on—yes	12,5 ± 3,7	3,2
4	22	IR oj	on—yes	18,2 ± 5,5	1,0
Total	60	—	—	16,7 ± 4,9	—

tui aikaisempien kenttäkokeiden aikana saatuihin kokemukseräisiin havaintoihin.

Lisäksi kirjattiin suotyyppi ja suon vetisyys pisteittäin geologisen tutkimuslaitoksen maasto-oppaan mukaisesti (Lappalainen ym. 1978). Puusto arvioitiin kolmiluokkaisena (aukea, harva, tiheä).

Suot ojitettiin talvella 1978/1979. Ojitus oli tavanomainen kaivurityönä tehty metsäojitus, ja ojien syvyys oli n. 1 m. Ojien kokoa ei tarkemmin mitattu.



Kuva 2. Siipikaira: A) siivet, B) varret ja C) vääntömomenttimittari.

Terän mitat:	Iso kaira	Pieni kaira
H	16 cm	9,5 cm
h	10 cm	6,5 cm
d	8 cm	5,5 cm
α	36,9°	28,6°

Fig. 2. The vane shear apparatus consisting of A) vane shear, B) bars C) torque meter.

Blade dimensions:	Large vane	Small vane
H	16 cm	9,5 cm
h	10 cm	6,5 cm
d	8 cm	5,5 cm
α	36,9°	28,6°

Syksyllä 1979 ojan kunto luokiteltiin edelleen askelparein mitaten 20 m välein seuraavalla järjestysasteikolla.

Luokka	Ojan kunto
1	Hyvä; ojen sivut ja pohja virheettömät
2	Keskinkertainen; ojen pohjalla tai sivuilla pieniä muodonmuutoksia
3	Melko huono; ojen sivuilla ja/tai pohjalla havaittavissa murtumia
4	Huono; ojen sivuissa havaittavissa suurehkoja murtumia
5	Erittäin huono; oja tukossa erittäin pahojen murtumien vuoksi.

Turpeen leikkauslujuus mitattiin uudelleen isolla siipikairalla 0,25 ··· 1,00 m syvyyksiltä ojan vierestä. Pisteistö ei osunut aivan aiempien mittausten kohdalle.

Mitatut momentit (kgcm) muutettiin leikkauslujuudeksi (kN/m²) yhtälöllä:

$$s_v = \frac{98,1}{\pi \left(\frac{d^2 h}{2} + \frac{d^3}{6 \cos \alpha} \right)}, \text{ jossa}$$

s_v on turpeen siipikairalla mitattu leikkauslujuus, kN/m²

m maksimimomentti (kgcm)

d siipikairan terän halkaisija, cm

h siipikairan terän sivun korkeus, cm
terän päädyn kaltevuuskulma, °

$\cos \alpha$:n arvo voidaan laskea yhtälöllä

$$\cos \alpha = \frac{d}{2 \sqrt{\frac{h^2}{4} + \frac{H-h^2}{2}}}$$

d on terän halkaisija, cm

H terän korkeus, cm

h terän sivun korkeus, cm.

Syvyyksittäisistä leikkauslujuuksista laskettiin myös kairauskohdan (pisteen) keskiarvo. Mikäli suon syvyys oli alle 1 m, keskiarvo laskettiin mitattuun syvyyteen asti. Aineistossa suoritettiin myös logaritimuunnoksia.

TULOKSET

Ojan kuntoa kuvaavan muuttujan ja turpeen leikkauslujuutta kuvaavien muuttujien väliset korrelaatiokertoimet soittain olivat taulukon 2 mukaiset.

Taulukko 2. Ojan kunnon ja turpeen leikkauslujuuden välisiä korrelaatiokertoimia.

Table 2. Correlation coefficients between the quality of ditching and shear strength of peat.

Muuttuja Variable	Koko aineisto All data	Työmaa — Site			
		1	2	3	4
In 101	-.274*	.445 NS	Ei vaihtelua	-.748 NS	-.679***
In 103	-.580***	-.771**		-.849°	-.977***
4	-.419**	-.136 NS		-.797 NS	-.591**
150	-.352**	-.041 NS	No	-.826°	-.540**
130	-.718***	.833***	variation	.935*	.715***
131	.681***	.833***		.935*	.520*
Havaintoja, kpl No. of observations	60	14	19	5	22

Selitys — Explanation

Muuttuja — Variable

101 = Leikkauslujuuden keskiarvo, 1978 — Vane shear strength, 1978. 103 = Leikkauslujuuden keskiarvo, 1979 — Vane shear strength, 1979. 4 = Leikkauslujuus 0,5 m syvyydellä, 1978 — Vane shear strength at 0.5 m depth, 1978. 150 = Leikkauslujuuden minimi — Minimum of vane shear strength at different depths and borings. 130 ja — and 131 = Alle 10,0 ja 12,1 kN/m² leikkauslujuuden esiintyminen 0,75 . . . 1,0 m syvyydellä — Shear strength under 10.0 or 12.1 kN/m² at depths of 0.75 and 1.0 m.

Voidaan todeta, että ojan kunnon ja turpeen leikkauslujuuden välillä on jokseenkin merkitsevä — erittäin merkitsevä korrelaatio, joten ojituksen jälkeistä ojan kuntoa voidaan arvioida turpeen leikkauslujuuden perusteella. Erittäin merkitseviksi näyttivät tässä tutkimuksessa muodostuvan 0,75 . . . 1,0 m syvyydessä tavatut alhaiset leikkauslujuudet (leikkauslujuus < 10,0 kN/m²). Tämä selittyy sillä, että suon pintakerros on yleensä heikosti maatonut ja kuituisen turpeen leikkauslujuus on korkea. Turpeen leikkauslujuus laskee voimakkaasti maatonneisuuden kasvaessa, ja erityisen alhainen se on, jos maatonneen turpeen kosteusuhde on korkea (Amarjan ym. 1972, Amaryan 1980). Tällaiset märät maatonneet turpeet olivat ojitajien kannalta ongelmallisimpia (Mikola 1963).

Ojituksen sortumia, jotka johtuvat turpeen liian alhaisesta koossapysyvyydestä (leikkauslujuudesta) ja joita siis aikaisemmin on pyritty arvioimaan turpeen maatonneisuuden ja vesipitoisuuden avulla, voidaan siten arvioida myös mittaamalla suoraan leikkauslujuutta.

Regressioanalyseissä saadut parhaat ojan kuntoa selittävät mallit olivat seuraavat.

$$y = 1,25 + 0,7n_{10} + 0,6n_{12} \quad (R^2 = 50 \%) \quad (1)$$

$$y = 2,2 + 0,97n_{10} - 0,05s \quad (R^2 = 48 \%) \quad (2)$$

$$y = 3,5 - 0,11s \quad (R^2 = 34 \%) \quad (3)$$

joissa

y on ojan kuntoluokka

n_{10} 0,75 ja 1,00 syvyydessä tavattujen alle 10,0 kN/m² leikkauslujuuksien lukumäärä (0; 1 tai 2)

n_{12} 0,75 ja 1,00 syvyydestä tavattujen alle 12,0 kN/m² leikkauslujuuksien lukumäärä (0; 1 tai 2)

s turpeen keskimääräinen leikkauslujuus, kN/m²

Isolla ja pienellä siipikairalla mitattujen arvojen väliset korrelaatiot olivat erittäin merkitseviä

0,25 metrissä	r = ,678***
0,50 ”	r = ,696***
0,75 ”	r = ,744***
1,00 ”	r = ,854***

ja pikku- ja isolla siipikairalla saatiin tilastollisesti samat arvot. Kuitenkin ison kairan mitaustulosten ja ojan kunnan väliset korrelaatiot olivat parempia, joten iso kaira soveltunee paremmin leikkauslujuuden mittauksiin. Ennusteen ja ojan kunnan välillä oli erittäin merkitsevä korrelaatiokerroin ($r = 0,552^{***}$).

Pinnan vetisyyden ja leikkauslujuuden välinen korrelaatio oli merkitsevä ($r = 0,329$). Ennusteen ja vetisyyden välinen korrelaatio oli erittäin merkitsevä ($r = 0,534$). Kuitenkaan vetisyyden ja ojan kunnan välillä ei ollut merkitsevää korrelaatiota, joten vetisyydsarvio on huonompi arviointikriteeri kuin siipikaira.

TULOSTEN SOVELTAMINEN KÄYTÄNTÖÖN

Aineistoa on pidettävä suppeana, sillä koe-työmaita oli vain neljä. Niissä käytettiin vain yhtä ojansyvyysryhmää, n. 1,0 m. Näin ollen tuloksia voidaan soveltaa vain n. 1 m syvien ojan ohjearvoiksi.

Tutkimuksessa ei otettu huomioon ojamaista johtuvaa lisäkuormaa, eikä ojamaiden sijoitusta tarkemmin kirjattu. Tuloksien voidaan katsoa edustavan olosuhteita, joissa ojaamat on sijoitettu kasaan ojan toiselle puolelle.

Päätelmien luotettavuus

Siipikaira on alunperin kehitetty savimaan leikkauslujuuden mittauksiin, ja useat tutkijat

ovat kritikoineet sen soveltuvuutta turpeen ominaisuuksien mittaukseen (esim. Landva ja MacFarlane 1975). Kuitenkin turpeen siipikairalla mitattua leikkauslujuutta käytetään yleisesti turpeen lujusominaisuuksia kuvaavana arvona (esim. Amaryan 1980).

Siipikairalla saatu mittaustulos riippuu paljon siiven koosta, muodosta, siipien lukumäärästä ja leikkausnopeudesta (esim. Puonti 1967).

Käytetyissä siipikairalukemissa on mukana varsikitka, joka lisää virhemahdollisuuksia, varsinkin kun kairaa painettaessa ja nostettaessa alumiinivarret ajan mittaan pykälöityvät.

Vaikka siipikaira saattaa olla sopimaton tarkkoihin geoteknisiin mittauksiin, se näyttää antavan riittävän luotettavaa informaatiota ojitajien tarkkuusvaatimuksia ajatellen.

Tulosten käyttö ojituksen suunnittelussa

Ojitusoppaissa todetaan epäsuorasti ojan kunnan ojituksen jälkeen riippuvan turpeen lujudesta (vrt. Heikurainen 1969, Huikari ym. 1963), ojan syvyydestä ja ojamaiden sijoittelusta. Tarkempia ohjeita turpeen lujusparametrien ja ojitussyvyyden määrittämiseksi ei anneta. Yleisessä maanrakennustekniikassa maan lujusparametreja käytetään yleisesti apuna suunnittelussa, ja mikäli suunniteltu ojitussyvyys näyttää liian suurelta maan lujuuteen nähden, ojitus suoritetaan ensin matalampana. Maapohjan kuivuttua ojat syvennetään halutuiksi (esim. Karlovski ja Potaptsik 1975). Ohje esikuivatuksen käytöstä annetaan Huikarin ym. (1963) ojitusoppaassa, mutta tarkemmat mitoitusperusteet puuttuvat.

Koska siipikairalla saadaan pienin lisäkuistannuksin mitatuksi turpeen leikkauslujuus, jonka voidaan todeta korreloivan sekä teoriasa että käytännössä ojan murtumien kanssa, voidaan siipikairaa käyttää hyväksi jo ojitussuunnitelmaa tehtäessä. Sovelluskohteina voidaan ajatella metsäojitustyömaita, metsätienrakennusta tai turvetuotannon valmistelua, joissa tarvitaan yli 0,8 m syvyisiä ojia.

Käytännön sovellutuksina voidaan tämän tutkimuksen perusteella antaa seuraavat ohje-arvot:

A) Jos 0,50 . . . 1,0 m syvyydellä tavataan alle 12,0 kN/m² leikkauslujuuksia, alkaa 1,0 m syvän ojan sortuminen olla todennäköistä ja alle 10,0 kN/m² leikkauslujuuksilla sortuminen on lähes varma.

B) Noin 1 m (0,9 m) syvien ojien todennäköinen kunto tulee olemaan taulukon 3 mukainen.

Taulukko 3. Ojan kunnan ennustaminen siipikairaustuloksen perusteella. Ojan syvyys n. 1 m. Ojan kunto: 1 = hyvä — 3 = huono.

Table 3. Prediction of the quality of ditches based on vane shear test. Depth of ditches 1.0 m. Quality of ditches: 1 = good — 3 = poor.

Turpeen keskim. leikkauslujuus, kN/m ² Mean shear strength, kN/m ²	Alle 10,0 kN/m ² -arvoja 0,75 ja 1,0 m syvyydessä Occurrence of values < 10,0 kN/m ² at the depth of 0,75 and 1,0 m		
	0	1	2
	Ojan kunto — Quality of ditches		
5,0	3	3	3
7,5	3	3	3
10,0	2	3	3
12,5	2	2	3
15,0	1	2	3
17,5	1	2	3
20,0	1	2	3

Mikäli siipikairalla tutkittaessa turpeen leikkauslujuus todetaan siksi alhaiseksi, että ojan kunto saattaa muodostua keskinkertaiseksi tai huonoksi, niin vasta tarkemman analyysin perusteella ratkaistaan, onko edullisempää ensin tehdä matalampi esikuivatus ja vasta jonkin vuoden kuluttua syventää ojitusta.

Turpeen lujuus kannattaa mitata isolla siivellä, jonka mitat ovat n. 80×160 mm. Syvyysalueeksi riittää 0,25 . . . 1,0 m.

MENETELMIEN KEHITTÄMINEN

Tutkimus on suuntaa-antava suppea esitutkimus geotekniikan laskentamenetelmien ja tarkempien pohjantutkimusmenetelmien sovellutuksista metsätalouden suunnittelutarpeisiin. Sen perusteella näyttäisi mahdolliselta tehostaa suunnittelua esim. ottamalla käyttöön turpeen leikkauslujuuden mittausta. Kuitenkin vasta laajempien koesarjojen avulla menetelmän lopullinen muoto ja käyttökelpoisuus voidaan arvioida. Paitsi siipikairalla, turpeen lujutta voidaan mitata myös penetrometrillä, jollainen nykyään voidaan helposti rakentaa itserekisteröiväksi. Myös ns. turpeen kosteussondi (Rosnell 1980) tai muu radioaaltojen käytöllä tapahtuva turpeen permittiivisyyden mittausta saattaa soveltua turpeen leikkauslujuuden arviointiin työmaaoiloissa. Kehittelytyö edellyttäisikin, että ojitustyömaille järjestettäisiin laajempia koesarjoja, joissa tutkittai-

siin erilaisia turpeen lujisuuden mittausten menetelmiä sekä selvitetäisiin näiden ja ojitustuloksen ja kaivu vaikeuden väliset riippuvuudet. Tällöin myös ojan syvyyden ja ojamaiden sijoittelu tulisi ottaa analyysissä tarkemmin huomioon.

KIITOKSET

Päämetsänhoitaja L. Nummipuro sekä metsäteknikot I. Häkkinen ja P. Kujala ovat monin tavoin avustaneet maastotöiden toteuttamisessa. Maastotutkimuksiin ovat osallistuneet metsät. yo. A. Maaranta ja koulul. I. Saarilahti. Tekn. yo. V. Oksanen on johtanut muuntokaavat siipikairan momentin muuntamiseksi leikkauslujuudeksi. Ekon. L. Saari-Iisalo viimeisteli käsikirjoituksen.

KIRJALLISUUS

- Amarjan, L.S., Korolev, A.C., Strekalkin, E.A. ja Ivkina, T.H. 1972: Količestnnyj analiz pročnostnyh svoistu torfa. Materialy k pervoj usesojuz noj konferenčii po stroitel'stvu na torfjanuk gruntah. Čast 1. Kalinin. 257—262.
- Amaryan, L.S. 1980: Methods, instruments and results of investigations of peat deposits as basement of engineering structures. — Proc. 6th Int. Peat. Congr. Duluth, Minnesota, August 17—23, 506—512.
- Heikurainen, L. 1969: Metsäojitus ja sen perusteet. Werner Söderström Oy. Porvoo. 378 s.
- Helenelund, K.V. 1974: Maanrakennustekniikka 137. 4. uusittu painos. Otakustantamo, Espoo. 278 s.
- Huikari, Muotiala ja Wäre 1963: Ojitusopas. Kirjayhtymä, Helsinki. 257 s.
- Karlovski, V.F. ja Potaptsik, M.A. 1975: Valtaojien kaivu soilla ja soituneilla mailla. Maanparannus- ja vesitaloussymposiumi 7—8. 10. 1975. Helsinki. 11 s.
- Landva, A.O. ja MacFarlane, H.W. 1975: Equipment for field and laboratory testing of peat. Proc. 16th Muskeg Res. Conf. 7 Oct. 1975. Ottawa. ARCC, ACGR, TM 116: 142—143.
- Lappalainen, E., Sten, C.—G. ja Häikiö, J. 1978: Turvetutkimusten maasto-opas. Geologinen tutkimuslaitos. Espoo. Opas 6. 46 s.
- Mikola, I. 1963: Vahvaturpeisten soiden ojitusvaikeuksista. (Summary: Obstacles to drainage in swamps with deep peat.) — Suo 12: 2—5.
- Puonti, R. 1967: Siipikairan terämallin vertaileva tutkimus liejusavi- ja turvemaassa. TKK, Espoo. Diplomityö. 48 s.
- Rosnell, S. 1980: Suoturpeen ominaisuuksien määrittäminen radiosondilla. TKK/Radiolaboratorio, Espoo. Seminaariesitelmä 1980-03-12. Konekirjoite. 21 s.
- Saarilahti, M. 1978: Suon kantavuuden määrittäminen metsätien rakentamista varten. (Summary: Determining the bearing capacity of peat soil in forest road planning.) — Helsingin yliopiston metsäteknologian laitoksen Tiedonantoja 37: 1—98.
- Saarilahti, M. 1980: Studies on forest road construction on peatland. — Proc. 6th Int. Peat Congr. Duluth Minnesota, August 17—23: 462—468.
- Saarilahti, M. 1981: Metsätien rakentaminen turvealustalle. Helsingin yliopisto. Neuvontaopin ja täydennyskoulutuksen keskus. Kurssi: Metsäntutkimuksen teemapäivä. Monistesarja 3/81: 52—62.