

KIMMO TOLONEN

TURPEEN LÄMPÖARVON JA MAATUNEISUUDEN VÄLISESTÄ RIIPPUVUUDESTA

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE CALORIFIC VALUE AND THE HUMIFICATION OF PEAT

Tolonen, K. 1983: Turpeen lämpöarvon ja maatuneisuuden välisestä riippuvuudesta. (The relationship between the calorific value and the humification of peat.) — *Suo* 34: 85—92. Helsinki.

Results concerning the relationship between the calorific value and the humification degree (von Post) of peat from 282 Finnish peat samples were compared with corresponding data published earlier. Differences were most striking within *Sphagnum* peats indicating that new (larger) material is desired.

Other methods tested for measuring the past decomposition included the fiber (rubbed and unrubbed) content of peat, Pyavchenko's laboratory volume weight method, the centrifuge method, the pyrophosphate index and the colorimetric method by NaOH (using lengths 280, 472, 570 and 664 nm). The usability of these methods for an indirect prediction of the calorific value was found to vary from one peat type to another. The regression equations presented are based on too few samples and enable only rough estimations of peat calorific value.

K. Tolonen, Department of botany, University of Helsinki, Unioninkatu 44, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

JOHDANTO

Maamme soiden lämpöarvoja selvitti 1940-luvun lopulta lähtien etenkin Salmi (1947, 1949, 1954, 1961). Hänen suurin julkaistu aineistonsa käsitti 300 eri turvelajeja edustavaa näytettä läntisestä Suomesta. Erikoista huomiota kiinnitettiin lämpöarvon ja maatumisasteen (v. Post) väliseen riippuvuuteen. Keskiarvojen valossa se vaikutti erittäin vahvalta: turpeen lämpöarvo nousi jokseenkin tasaisesti ja varsin jyrkästi v. Postin maatumisasteluokan myötä. Hajonta-arvojen puuttumisen vuoksi tilastollisen riippuvuuden määrittely jäi kuitenkin avoimeksi.

Myöhemmistä asiaa tarkastelleista julkaisuista töistä mainittakoon ennenkaikkea Mäkilän (1980a, b) tutkimus. Hänen aineistonsa (yhteensä 284 näytettä) on pääasiassa rahka- ja saraturpeita Toholammilta. Mäkilän töissä on ilmoitettu turpeen eri ominaisuuksien välisen korrelaatiokerroin ja regressiosuorat on

esitelty kuvin.

Tämän kirjoituksen tarkoituksena on tutkia yhtäältä erilaisten turpeen maatuneisuuden mittausta (arvioimis-)menetelmien ja lämpöarvon välisiä riippuvuuksia ja toisaalta verrata toisiinsa tästä vuorosuhteesta Suomessa julkaistuja tuloksia.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Turvenäytteet kerättiin 16:sta suosta eri puolilta Suomea (kuva 1). Ne edustavat kaikkia tavallisimpia turvelajejamme. Useimmista soista on näytteitä vain yhdestä kairausreiästä, Ähtärin Suolamminnevalta kuitenkin neljästä pystyprofiilista ja Oriveden Lakkasuosta kolmesta eri pisteestä. Osaa tutkimusaineistosta on käsitelty aikaisemmin julkaisuissani (mm. Tolonen 1982, Tolonen ym. 1982a). Sittemmin on saatu lisää mm. lämpöarvomäärittelyksiä, joten nyt esitettävä tulos on suuremman aineiston valossa tehty yhteenveto.

Näytteiden ottotavat ja käytetyt maatumisasteen määrittymenetelmät on selostettu aikaisemmin (Tolonen 1982). Yksityiskohtaisen tarkat menetelmäkuvaukset ovat saatavissa kirjoittajalta. Kaikkien 282 turvenäytteen lämpöarvomääritykset on normin DIN 51900 mukaisesti suorittanut Valtion Polttoainekeskuksen laboratorio Jyväskylässä. Samassa yhteydessä tai samoista näytejauheista on tehty myös tuhkapitoisuusmääritykset. Niiden pohjalla on lämpöarvot normalisoitu tuhkatomiksi ennen tilastollisia vertailuja. Vain viiden näytteen tuhkapitoisuus oli yli 10 % kuivapainosta. Niitä ei otettu vertailuihin mukaan. Kaiken kaikkiaan tuhkakorjaus oli varsin pieni, koska näytteet olivat niukkatuhkaisia (ks. Tolonen & Saarenmaa 1979, s. 229, Tolonen 1982, s. 134).

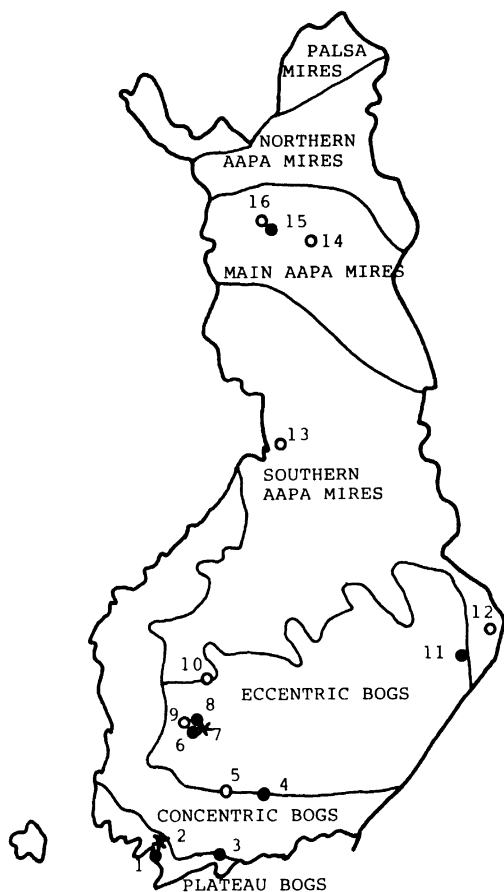
TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

von Postin maatumisaste

Kun analyysituloksista laadittiin turvelajeittain jakaumakuvat, huomattiin kalorimetrisen lämpöarvon ja turpeen maatumisasteen välillä kaikissa tapauksissa olevan lineaarisen riippuvuuden. Tulokset ovat taulukossa 1.

Odotetusti korrelaatio oli vahvin rahkaturpeissa. Puuturpeiden osalta tulos on epävarmin, koska aineistoa oli vähän eikä sen piirissä ollut niin suurta lämpöarvon vaihtelua kuin muissa ryhmissä. Ruskosammalturpeissa v. Post'in maatumisasteen nyrkkimenetelmällä kyettiin selittämään alle 20 % lämpöarvoon vaihtelusta, vaikka aineisto vaikutti edustavalta.

Kuvissa 2—5 on saatuja regressiosuoria verrattu kaikkien turvenäytteiden ja kolmen erikseen mainitun turvelajin osalta Salmen (1954) keskiarvotulosten perusteella laskettuihin ja Mäkilän (1980a, b) vastaaviin suoriin. Kuvissa on myös esitetty regressiosuorien saatavissa olleet korrelaatiokertoimet. Kaikkien turvelajien kuvassa (kuva 2) kolmen eri tutkijan tulokset ovat hämmästyttävän samanlaiset, vallankin jos otetaan huomioon yhtäältä v. Post'in menetelmän tietty subjektiivisuus ja toisaalta erot lämpöarvojen määrittymenetelmissä. Vielä yhtenäisemmän tuloksen antoivat puuturpeet (kuva 3), joiden lämpöarvo varsinkin heikosti maatuneina on paljon muita turvelajeja korkeampi. Saraturpeissa (kuva 4) ja varsinkin rahkaturpeissa (kuva 5) Mäkilän saamat tulokset poikkeavat selvemmin toisista esillä olevista regressiosuoran kulmakertoimen suhteen. Rahkaturpeiden vuorosuhde on mielenkiintoinen ja asia pitäisi mielestäni



- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 1. Punassuo, Perniö | 10. Suolaminneva, Ähtäri |
| 2. Suo, Pukkila, Salo | 11. Linnasuo, Tuupovaara |
| 3. Isosuo, Nurmijärvi | 12. Puohtiinsuo, Ilomantsi |
| 4. Varrassuo, Hollola | 13. Takasuo, Ylikiiminki |
| 5. Suurisuo, Turenki | 14. Jänkävuopajanaapa, Sodankylä |
| 6. Lakkasuo, Orivesi | 15. Ahvenjärvenvuoma, Kittilä |
| 7. Lampisuo, Juupajoki | 16. Silmäsvuoma, Kittilä |
| 8. Viheriäisenneva, Ruovesi | |
| 9. Siikaneva, Ruovesi | |

Kuva 1. Tutkittujen soiden sijainti ja jakaantuminen hydrologisiin päätyyppeihin. Vyöhykejako Eurolan ja Ruuhijärven (1961) mukaan (avoin ympyrä = aapasuo, musta ympyrä = keidassuo, tähti = määrittelemätön).

Fig. 1. The location of the peatlands sampled and their main nutritional types (open circle = aapa mire (fen), dot = raised bog, asterisks = unclassified).

Taulukko 1. Kalorimetrinen tuhkattonan lämpöarvon ($y = \text{MJ/kg}$) lineaariset regressioyhtälöt ($y = a + bx$), kun x_1 on maatumisaste (v. Post) eräillä Suomen soilla (kuva 1) eri turvelajeittain. n = näytteiden lukumäärä. Korrelaatiokerroin tilastollinen merkitsevyys: 3 = < 0.001 , 2 = < 0.01 , 1 = < 0.05 .

Table 1. Linear regression equations for ash-free gross calorific value ($y = \text{MJ/kg}$) vs. degree of humification by v. Post's method (H1–10) in some Finnish peats (sites in Fig. 1). Significance levels: 3 = $p < 0.001$, 2 = $p < 0.01$, 3 = $p < 0.05$, ns. = not significant, n = number of samples.

Peat type	interc.	slope	linear r	r^2 %	n
Sphagnum group	18.49	0.568 x_1	0.657 ³	43.2	106
Carex group	21.16	0.411 x_1	0.579 ³	33.5	113
Bryales group	21.37	0.310 x_1	0.421 ²	17.7	36
C + B combined	20.99	0.432 x_1	0.590 ³	34.8	149
Woody peats	21.68	0.390 x_1	0.480 ²	23.0	27
All groups	19.65	0.564 x_1	0.578 ³	33.4	282

Taulukko 2. Kalorimetrinen tuhkattonan lämpöarvon ($y = \text{MJ/kg}$) lineaariset regressioyhtälöt ($y = a + bx$) kun x_2 = turpeen murskaamaton kuituisuusprosentti (0.20 mm seula) eräillä Suomen soilla (kuva 1) turvelajeittain. Merkitsevyystasot samoin kuin taulukossa 1.

Table 2. Ash-free gross calorific value (MJ/kg) vs. the unrubbed fiber content in some Finnish peats (sites in Fig. 1). Significance levels as in Table 1.

Peat type	interc.	slope	linear r	r^2 %	n
Sphagnum group	24.57	-0.0484 x_2	-0.617 ³	38.1	69
Carex group	25.38	-0.0413 x_2	-0.643 ³	41.3	74
Bryales group	25.03	-0.0451 x_2	-0.711 ³	50.6	20
C + B combined	25.90	-0.0422 x_2	-0.635 ³	40.3	94
Woody peats	23.61	0.0003 x_2	-0.071 ^{ns}	0.5	12
CS-peats	23.97	-0.0146 x_2	-0.298 ^{ns}	8.9	10
All peats	25.64	-0.0561 x_2	-0.680 ³	46.2	175

ehdottomasti ja pian selvittää suuremman aineiston valossa.

Turpeen kuituisuus

Tutkittaessa lämpöarvon ja turpeen kuituisuuden välistä riippuvuutta tarkasteluun valittiin vain seulakoko 0.20 mm:n avulla saadut kuituisuussadannekset kahdestakin syystä. Mainittu seulatiheys on lähellä amerikkalaisten käyttämää standardia 0.15 mm ja venäläisen sentrifugimenetelmän standardia 0.25 mm ja toisaalta suoritetuissa eri seulakokojen vertailussa valitun tiheyden havaittiin tuottavan parhaiten toistettavia ja turvetta kohtuullisen hyvin luonnehtivia tuloksia (Tolonen 1982). Useista profiileista oli olemassa sekä murskaamattoman (unrubbed) että murskatun (rubbed) kuituisuuden tulokset, mutta ensinmainittujen huomattiin olevan ”parempia” arvoja (ks. myös Tolonen 1982, Fig. 3). Siksi seuraavassa käsitellään vain murskaamattoman kuituisuuden arvoja.

Taulukon 2 tulokset osoittavat, että laboratoriossa suoritettu märkäseulonta antaa karkeasti ottaen suurinpiirtein samanarvoisen ennusteen turpeen lämpöarvosta kuin v. Post'in kenttämenetelmä muissa turpeissa paitsi puuturpeissa, sararahkaturpeissa (CS) ja Bryales-turpeissa. Viimemainitussa ryhmässä kuituisuusanalyysi näyttäisi olevan paljon parempi kuin v. Post, CS-turpeissa sensijaan paljon heikompi. Puuturpeissa asia jää epäselväksi, sillä aineistoa oli kovin vähän ja sekin yksipuolisesti lämpöarvoltaan miltei tasalaatuista.

Sentrifugimenetelmä

Neuvostoliiton virallisen standardin (GOST) mukaisesti (ks. Ranta 1979) määritettiin turpeen maatumisuus yhteensä 119 turvenäytteestä, joista myös tehtiin lämpöarvomääritykset. Suurin osa turpeista (62 näytettä) kuului rahkaturpeisiin. (Taulukko 3).

Rahkaturpeissa sentrifugisadannes selitti noin 40 % lämpöarvon vaihtelusta ($r = 0.628$).

Taulukko 3. Kalorimetrinen tuh kattoman lämpöarvon (MJ/kg) lineaariset regressioyhtälöt eri turvelajeille, kun x_3 = turpeen maatumissadannes sentrifugimenetelmällä (Gost). Aineisto kuvan 1 soilta. Merkitsevyytasot samoin kuin taulukossa 1.

Table 3. Ash-free gross calorific value (MJ/kg) vs. the centrifuge percentage (Gost) in some Finnish peats (sites in Fig. 1). Significance levels as in Table 1.

Peat type	interc.	slope	linear r	r ² %	n
Sphagnum group	18.25	0.126 x_3	0.628 ³	39.4	62
Carex group	23.49	-0.0054 x_3	-0.051 ^{ns}	0.3	29
Bryales group	20.28	0.0921 x_3	0.662 ³	43.8	16
Woody peats	24.18	-0.0120 x_3	-0.147 ^{ns}	2.2	12
All peats	19.14	0.116 x_3	0.581 ³	33.8	119

Taulukko 4. Kalorimetrinen tuh kattoman lämpöarvon (MJ/kg) lineaariset regressioyhtälöt eri turvelajeille, kun x_4 = turpeen pyrofosfaatti-indeksi (tuore turve, laimennus 1:10). Aineisto kuvan 1 soilta.

Table 4. Ash-free gross calorific value (MJ/kg) vs. the pyrophosphate index (fresh, dil. 1:10) in some Finnish peatlands (sites in Fig. 1). Significance levels as in Table 1.

Peat type	interc.	slope	linear r	r ² %	n
Sphagnum group	18.69	0.124 x_4	0.664 ³	44.1	67
Carex group	22.96	0.0221 x_4	0.298 ²	8.9	73
Bryales group	23.11	-0.0231 x_4	-0.293 ^{ns}	8.6	16
Woody peats	23.97	-0.0115 x_4	-0.247 ^{ns}	6.1	11

Taulukko 5. Kalorimetrinen tuh kattoman lämpöarvon lineaariset regressioyhtälöt eri turvelajeille, kun x_5 = Pjavschenkon maatumissadannes kuvan 1 soilla. Merkitsevyytasot samoin kuin taulukossa 1.

Table 5. Ash-free gross calorific value (MJ/kg) vs. the humification percentage by Pjavschenko in some Finnish peats (sites in Fig. 1). Significance levels as in Table 1.

Peat type	interc.	slope	linear r	r ² %	n
Sphagnum group	19.61	0.625 x_5	0.610 ³	37.2	62
Carex group	24.09	-0.0254 x_5	-0.299 ^{ns}	8.9	27
Bryales group	20.36	0.0740 x_5	0.785 ³	61.6	16
Woody peats	23.19	0.0115 x_5	0.149 ^{ns}	2.2	12
All peats	20.25	0.0667 x_5	0.544 ³	29.6	117

Käytännöllisesti katsoen tulos on juuri sama kuin v. Post'in ja kuituisuusmenetelmien antamat. Myös Bryales-turpeissa menetelmä toimii hyvin ($r=0.662$); sen sijaan saraturpeissa ja puuturpeissa tämän aineiston perusteella ei ollenkaan odotusten mukaisesti. Niistä tosin oli näyttöä vähiten.

Pyrofosfaatti-indeksi

Tämä menetelmä, aivan yhtäläillä kuin kaikki muut edellä käsitellyt, näyttää toimivan kohtalaisen hyvin rahkaturpeissa ($r^2=44.2$ %). Taulukko 4). Saraturpeissa korrelaatio lämpöarvoon jäi alhaiseksi ($r^2<10$ %), ja sekä puu- että Bryales-turpeisiin keino näyttää vieläkin sopimattomammalta.

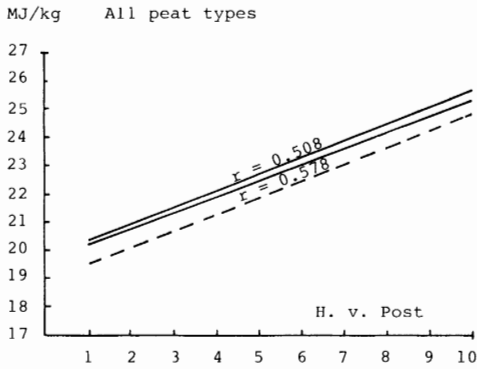
Pjavschenkon maatumissadannes

Tutkitun aineiston valossa (taulukko 5) tä-

mä menetelmä näyttäisi toimivan vähintään yhtä hyvin kuin toiset käsitellyt menetelmät kaikissa sammalturpeissa (sekä Sphagnum- että Bryales-turveryhmittä). Sensijaan saraturpeissa ja puuturpeissa sen avulla ei voitu ensinkään selvittää turpeen lämpöarvon vaihtelua.

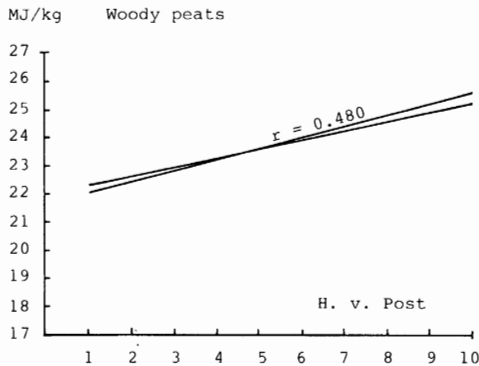
Kolorimetrinen maatumisaste NaOH-menetelmällä

Koska Saksassa on vuosikymmenien perinte turpeen maatumisasteen määrittämisessä sen alkaliuutteen värin perusteella (ks. esim. Overbeck 1975:74), haluttiin se tässäkin työssä ottaa mukaan vertailuun. Alunperin menetelmä on kehitetty rahkaturpeisiin. Niissä se näyttää toimivan erinomaisen hyvin myös käsillä olevan aineiston perusteella (taulukot 6-9). Saksalaisten käyttämä vakiosuodin on vastannut aallonpituutta 570 nm. Kaikkein



Kuva 2. Turpeen lämpöarvon ja maatumisasteen välinen riippuvuus Suomen soissa Salmen (1954) aineiston perusteella keskiarvotietojen valossa (S), Mäkilän (1980a, b) mukaan (M) sekä oman aineistoni valossa (T). Lähemmän tekstissä.

Fig. 2. The gross calorific value of Finnish peats vs. the degree of decomposition as calculated from the average values given by Salmi (S) and according to Mäkilä (1980a, b) (M) as well as the present material (T). The number of samples was 300 (S), 284 (M), and 282 (T).

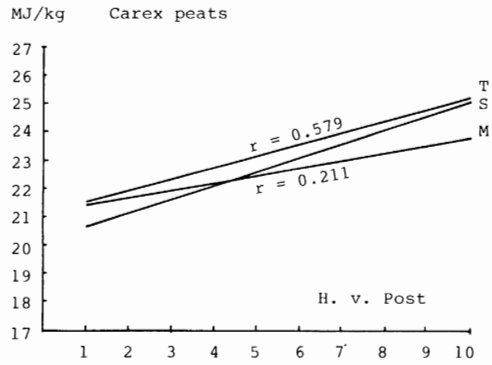


Kuva 3. Turpeen lämpöarvon ja maatumisasteen välinen riippuvuus puuturpeissa. Vrt. kuva 2.

Fig. 3. The gross calorific value of Finnish peats vs. degree of decomposition in woody peats (cf. Fig. 2).

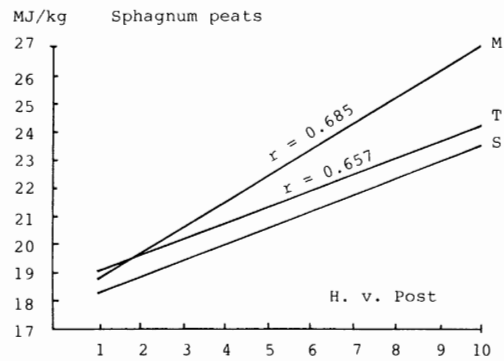
korkein korrelaatio turpeen lämpöarvon ja kolorimetrisen menetelmän antamien arvojen välillä löytyi aineistossani kuitenkin aallonpituudella 280 nm ($r = 0.903$, kuva 6). Käytettäessä samaa aallonpituutta löytyi ”hyvä” korrelaatio myös Bryales-turpeiden ryhmässä. Saraturpeiden ryhmässä korrelaatiot olivat paljon alhaisemmat, joskin yleensä tilastollisesti merkitseviä (riski alle 5 %), käytettiinpä mitä tahansa valituista neljästä aallonpituudesta (570 nm ja 664 nm antoivat parhaat tulokset).

Puuturpeisiin menetelmä ei ollenkaan näyttänyt sopivan (vrt. Tolonen 1967).



Kuva 4. Turpeen lämpöarvon ja maatumisasteen välinen riippuvuus saraturpeissa. Vrt. kuva 2.

Fig. 4. The gross calorific value of Finnish peats vs. degree of decomposition in sedge (Carex) peats (cf. Fig. 2).



Kuva 5. Turpeen lämpöarvon ja maatumisasteen välinen riippuvuus rakkaturpeissa. Vrt. kuva 2.

Fig. 5. The gross calorific value of Finnish peats vs. degree of decomposition in Sphagnum peats (cf. Fig. 2).

JOHTOPÄÄTÖKSET

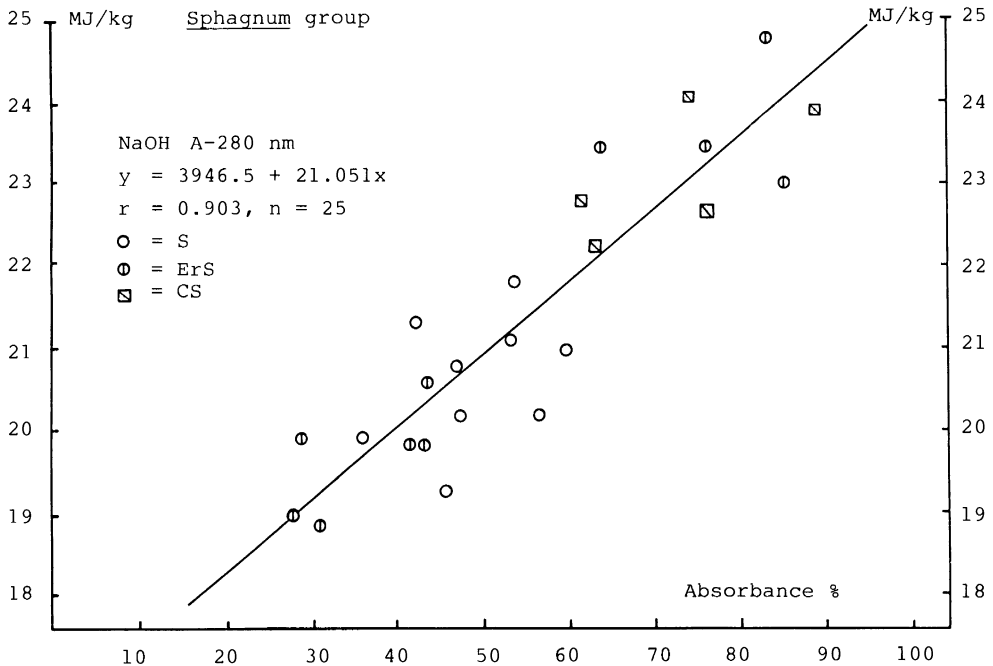
Puuturpeiden aineisto oli suppea (vain 12 näytettä kahdelta suolta) ja sikäli epäedustava, että lämpöarvon hajonta siinä oli pieni. Myös ruskosammalturpeista (Bryales) näyttöä useissa analyyseissä oli vähän (14–36). Ne olivat kuitenkin 10 eri suolta ja edustivat lämpöarvoltaan ja maatuneisuudeltaan erilaisia turpeita, joten niistä saatua tulosta voi pitää luotettavampana. Sara- ja rakkaturpeista oli eniten aineistoa, molemmista ryhmistä suurinpiirtein yhtä monta useimmissa määrittelyissä.

Saadut tulokset ovat yleensä hämmästyttä-

Taulukko 6. Tuhkattoman kalorimetrinen lämpöarvo (MJ/kg) lineaariset regressioyhtälöt NaOH-menetelmällä määritetyn maatumaisuuden (absorbanssi %) suhteen, kun aallonpituudet olivat seuraavat $x_6 = 472$ nm, $x_7 = 570$ nm, $x_8 = 280$ nm ja $x_9 = 664$ nm. Aineisto peräisin kuvan 1 soilta numerot: 2, 3, 5, 11, 13, 14, 15 ja 16. Merkitsevyyssotat samoin kuin taulukossa 1.

Table 6. Ash-free calorific value (MJ/kg) vs. absorbance percentage by NaOH-method using the following wave lengths $x_6 = 472$ nm, $x_7 = 570$ nm, $x_8 = 280$ nm ja $x_9 = 664$ nm. Material from sites numbers: 2, 3, 5, 11, 13, 14, 15 and 16 in Fig. 1. Significance levels as in Table 1.

Peat type	interc.	slope	linear r	r ² %	n
Sphagnum group	18.13	0.0994 x_6	0.745 ³	55.5	25
"	18.10	0.0616 x_7	0.842 ³	70.9	24
"	16.52	0.0881 x_8	0.903 ³	81.5	25
"	18.61	0.0649 x_9	0.811 ³	65.8	26
Carex group	22.63	0.0197 x_6	0.383 ^{ns}	14.7	23
"	22.52	0.0157 x_7	0.508 ¹	25.8	23
"	22.36	0.0157 x_8	0.375 ^{ns}	14.1	23
"	22.22	0.0264 x_9	0.561 ²	31.5	23
Bryales group	19.94	0.0695 x_6	0.532 ¹	28.3	15
"	21.71	0.0242 x_7	0.511 ^{ns}	26.1	14
"	20.19	0.0428 x_8	0.736 ²	54.2	14
"	21.95	0.0264 x_9	0.455 ^{ns}	19.8	13
Woody peats	21.43	0.0043 x_6	0.072 ^{ns}	0.5	12
"	24.03	-0.0034 x_7	-0.106 ^{ns}	1.1	12
"	23.63	0.0014 x_8	0.041 ^{ns}	0.2	12
"	23.99	-0.0043 x_9	-0.129 ^{ns}	1.7	12



Kuva 6. Turpeen tuhkaton kalorimetrinen lämpöarvo kolorimetrinen maatumisasteen (NaOH-absorbanssi 280 nm) funktiona rahkaturpeissa. Lähemmin tekstissä.

Fig. 6. The ash-free gross calorific value of peat vs. the absorbance (%) by NaOH method (280 nm) in Finnish Sphagnum peats.

vän hyvin sopusoinnussa niukkojen aiemmin julkaistujen kanssa.

On todettava, että kaikkien turveryhmien osalta näytteiden määrä oli liian pieni tilastollisten riippuvuuksien varmaan määrittämiseen. Siitä syystä esitetyillä regressioyhtälöillä ei ole taloudellisen suunnittelun vaatimaa yleistämiskelpoisuutta. Jos sellaisia halutaan laatia, aineistojen pitäisi olla suurempia.

Toisaalta tutkimus antoi selviä viitteitä eri menetelmien soveltuvuudesta ja eräitten keinojen ilmeisestä käyttökelpottomuudesta Suomessa yleisimmin tavattavien eri turvelajien lämpöarvojen (per massa) epäsuoraan arvioimiseen.

Kun kaikista turvenäytteistä oli tiedossa myös turpeen tiheys (ent. "todellinen" tilavuuspaino, bulk density) voitiin tuloksia tarkastella myös siten että energiasisältö ilmaistiin luonnon tilavuutta kohti (MJ/m^3). Havaittiin, että riippuvuus näin ilmaistun energiasisällön ja minkätähansa tutkitun maatuineisuuden määrittämiskeinon välillä oli vieläkin

heikompi kuin ilmaistaessa lämpöarvo massaa kohti (vrt. Tolonen 1982: Table 5). Tämä on luonnollista, koska luonnontilaisissa turvekeroksissa turpeen tiheyden ja traditonaalisten, käytettyjen maatuineisuuden määrittämismenetelmien välinen korrelaatio on suhteellisen alhainen ja varsinkin saraturpeissa heikko (esim. Tolonen & Saarenmaa 1979, Korpijaakko ym. 1981).

Mikäli mm. turvevarojen käytön taloudellisessa suunnittelussa nojataan epäsuoriin arvioihin kuten esimerkiksi maatuineisuuden ja lämpöarvon väliseen riippuvuuteen, olisi julkaiseni tarpeellista, että tästä seikasta julkistettaisiin nyt esitettyä suurempia aineistoja.

Kaikenkaikkiaan näyttää kuitenkin siltä, että luotettavimmin kuin tässä tarkastelluin konventionaalisin keinoin voidaan turpeen energiasisältöä epäsuorasti ennustaa uusien elektronisin menetelmin, joita on hiljattain kehitetty maassamme (Pohjola ym. 1980, Tiuri & Toikka 1982, ks. myös Tolonen ym. 1982b).

KIRJALLISUUS

- Eurola, S. & Ruuhijärvi, R. 1961: Über die regionale Einteilung der finnischen Moore. — Arch. Soc. Zool. Bot. Fennicae "Vanamo" 16: 49—63.
- Mäkilä, M. 1980a: Tutkimut Toholammin turvevarojen käyttökelpoisuudesta ja turpeen eri ominaisuuksien välisistä riippuvuuksista. (Summary: The peat resources of Toholampi municipality and their potential use both correlations between different peat factors.) — Geol. tutkimuslaitos, maaperäosasto, Raportti P 13.6/8015: 1—137.
- Mäkilä, M. 1980b: Turpeen ominaisuuksien välinen riippuvuus ja suon energiasisällön määrittäminen. (Abstract: Interdependence of peat properties, and determination of the energy content of a peatland.) — Turveteollisuus 1980, (4): 41—45, 93.
- Overbeck, F. 1975: Botanisch-geologische Moorkunde. — 719 pp. Wachholz, Neumünster.
- Pohjola, P., Eloranta, J., Nyrönen, T. & Tolonen, K. 1980: On the determination of the degree of humification of peat. An application of the electron paramagnetic resonance (EPR) spectroscopy. — Proc. 6th Int. Peat Congress, Duluth, Minnesota, U.S.A., August 17—23, 1980, pp. 649—654.
- Ranta, J. 1979: Turpeen maatumisasteen ja termoanalyttisen informaation vertailu. (Summary: A comparison between the decomposition degree of peat and thermo-analytical information.) — Suo 30: 43—46.
- Salmi, M. 1947: Turpeiden tuhkapitoisuuksista ja lämpöarvoista. (Summary: The heat value and percentage of ash in peat.) — Tekn. Aikak. lehti 4: 151—153.
- Salmi, M. 1949: Physical and chemical peat investigations on the Pinomäensuo bog, SW Finland. — Bull. Comm. Géol. Finl. 145: 1—31.
- Salmi, M. 1954: Investigation of the caloric values of peats in Finland. — 1st Int. Peat Congress Dublin, Ireland, July 1954, Section B3, 9 pp.
- Salmi, M. 1961: Turve ja sen käyttö. — Geol. tutkimuslaitos, Geotekn. Julk. 65: 52—62.
- Tiuri, M. & Toikka, M. 1982: Radio wave probe for *in situ* water content measurement of peat. (Tiivistelmä: Radioaaltoanturi turpeen vesipitoisuuden maastomittaukseen.) — Suo 33: 65—70.
- Tolonen, K. 1967: Über die Entwicklung der Moore im Finnischen Nordkarelien. — Ann. Bot. Fennici 4: 219—416 + Beil. 1—VI.
- Tolonen, K. 1982: Usefulness of five common methods of determining the degree of decomposition in estimating the amount and energy content of fuel peat in Finland. (Tiivistelmä: Viiden yleisesti käytetyn maatumisasteen määrittämismenetelmän käyttökelpoisuus polttoturpeen määrän ja energiapitoisuuden arvioimiseen Suomessa.) — Suo 33: 133—142.
- Tolonen, K. & Saarenmaa, L. 1979: The relationship of bulk density to three different measures of the degree of peat humification. — Proc. Int. Symp. Classification of Peat and Peatlands. Hyytiälä, Finland: International Peat Society, Helsinki, 227—238.
- Tolonen, K., Keys, D. & Klemetti, V. 1982a: Predicting energy content of *in situ* peats by means of their moisture content and bulk density. (Tiivistelmä: Luonnontilaisien turvekerostumien energiasisällön ennustamisesta turpeen vesipitoisuuden ja tilavuuspainon perusteella.) — Suo 33: 17—24.
- Tolonen, K., Tiuri, M., Toikka, M. & Saarihahti, M. 1982b: Radiowave probe in assessing the yield of peat and energy in peat deposits in Finland. (Tiivistelmä: Radioaaltoanturin käyttömahdollisuudet turpeen määrän ja energiasisällön selvittämiseen Suomen soissa.) — Suo 33: 105—112.

SUMMARY:

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE CALORIFIC VALUE AND THE HUMIFICATION OF PEAT

In Finland there is a long tradition in using the degree of humification according to v. Post's field method, as an indirect evaluation of the calorific value of peat (Salmi 1947, 1949, 1954, 1961). The peat samples used in those early studies chiefly originated from southwestern Finland and the examination was made on the basis of means for different peat groups and, therefore, the statistical variation remained unknown. In the fairly comprehensive material of Mäkilä (1980a, b) from the Toholampi area western Finland, the mutual relationship between the two properties were studied by means of regression analysis. Woody and Bryales (Hypnum) peats, however, are absent from this data and only v. Post's method is used in determining the degree of humification.

The current study compares results of peat analyses from mires in different parts of Finland (Fig. 1) with those presented earlier using v. Post's method. Further more, several other methods for measuring the peat decomposition are compared with the calorific value of peat samples. The methods used include: the fiber content of peat, the centrifuge method, the pyrophosphate index, Pyavchenko's laboratory volume weight method and the colorimetric method by NaOH (using wave lengths 280, 472, 570 and 664 nm). References concerning these methods are given in Tolonen (1982).

The results concerning the relationship between the calorific value and v. Post's degree of humification were found to be in good agreement with the results of earlier published studies for most peat groups (Figs 2—5). Dif-

ferences between the various data are most striking for the Sphagnum peats (Fig. 5), indicating a need for larger study material.

The usability of the other methods is as follows. The correlation coefficients are similar using both the "physical" methods (v. Post, fiber content, centrifuge and Pyavchenko) and "chemical" methods (pyrophosphate index and different spectra of the NaOH extract). Regarding Carex (sedge) peats, only the fiber content method seemed capable of predicting the energy content. The fiber content method was also well correlated to the energy content of Bryales peats ($r^2 = 50.6\%$). The correlation between decomposition and energy contents of Sphagnum peats were relatively high for all methods. The suitability of the methods for woody peats remained unclear due to the scarcity and the unrepresentativeness of the data.

The regression equations presented are, however, based on too few samples and do not offer a firm basis for any other than rough application.

The energy content is expressed per mass unit (MJ/kg), but even weaker correlation coefficients between peat decomposition and its calorific value expressed per volume unit *in situ* (MJ/m³) have been found (see Tolonen 1982, Table 5).

Better and more universal standard methods for the indirect forecasting of the dry mass and energy yield of peat than those examined in this paper may be available using new electronic techniques recently described in Finland (Pohjola et al. 1980, Tiuri & Toikka 1982, see also Tolonen et al. 1982b).