

Viljo Puustjärvi:

VILJELLYN TURPEEN VAIHTOKAPASITEETISTA

Turpeen kolloidikemiallisista ominaisuuksista on epäilemättä tärkein sen vaihtokapasiteetti. Mitä korkeampi se on, sitä aktiivisempaa turve on. Turpeen vaihtokapasiteetista puhuttaessa tarkoitetaan yleensä sen kationivaihtokapasiteettia tietyssä pH:ssa.

Pääpiirteittäin voidaan sanoa, että pH 7:n alapuolella todettava vaihtokapasiteetti perustuu lähinnä karboksyliryhmistä dissosioituneiden vetyionien vaihtumiseen emäskationeihin. Alkaalisessa reaktiossa dissosioituvat taas lähinnä fenolisten hydroksyliryhmien vetyionit. Kun peltoviljelyssä ei alkaalinen reaktio tule juuri kyseeseen, on tutkimuksessa vaihtokapasiteetti määritelty pH 7:ssä (Puustjärvi 1956).

Kirjoittaja on eräässä aikaisemmassa julkaisussaan (Puustjärvi 1956) käsitellyt luonnontilaisten turpeiden vaihtokapasiteetteja. Tässä esitetyn tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää viljelytoimenpiteiden vaikutusta vaihtokapasiteettiin. Tässä mielessä on aineisto koottu siten, että pääosa siitä on näytepareja, toinen suoviljelyltä ja toinen viereiseltä luonnontilaiselta suolta. Näytteenottoa paikkojen välinen etäisyys toisistaan on ollut korkeintaan muutamia kymmeniä, useissa tapauksissa vain muutamia metrejä. Luonnontilaisen suotyypin on näinollen voitu katsoa olevan saman kuin mitä suoviljely on aikoinaan ollut.

Lisäksi on otettu näytteitä muutamista eri turvelajille järjestetystä kalkituskoekes-
ta (Leteensuo, Tohmajärvi ja Apukka).

Eri viljelytoimenpiteistä voitaisiin erityisesti kalkituksen odottaa suurentavan turpeen vaihtokapasiteettia. Kalkittaessa turvetta pidätty kalsium aluksi vaihtuvaan muotoon, mutta sittemmin, pH:n koho-
tuttua riittävän korkealle, alkaa muodostua humaatteja (Puustjärvi 1960). Humushapoilla on varsin korkea vaihtokapasiteetti. Pitkälle hapettuneessa muodossa saattaa niiden ekvivalenttipaino olla jopa 111 (Puustjärvi 1955). Tätä

vastaava vaihtokapasiteetin arvo on 900 me/100 g. Humushappojen ansiosta saattaa vaihtokapasiteetti siis kohota hyvinkin korkealle.

Kalkituksen vaikutusta turpeen vaihtokapasiteettiin pyrittiin selvittämään muhityskokeilla. Turvenäytteisiin lisättiin kohoavat määrät kalkkia ja annettiin näytteiden muhia sopivan kosteina neljän kesäkuukauden ajan. Suurin kalkkimäärä (200 me/100 g) ylitti miltei kaksinkertaisesti turpeen vaihtokapasiteetin. Seuraava kalkkimäärä (100 me/100 g) vastasi suunnitteen vaihtokapasiteettia. Muhimisaikana oli painon vähennys suurimman kalkkimäärän saaneissa näytteissä n. 30 % turpeen kuivapainosta. Mitä pienempi kalkkilisäys oli, sitä pienempi oli painon vähennys.

Taulukko 1. Kohoavien kalkkimäärien vaikutus muhityskokeessa turpeen vaihtokapasiteettiin (me/100 g)

CaCO ₃ me/100 g	St H ₁	LS _t H ₇	BC _t H ₄	BC _t H ₅	L _t H ₆
0	123	121	115	82	120
5	125	123	115	82	117
10	128	123	115	83	113
15	130	123	115	85	118
20	131	125	115	85	118
50	131	128	115	90	120
100	132	130	116	90	122
200	137	136	121	93	123

Muhimiskokeen tulokset on esitetty taulukossa 1. Vaihtokapasiteetit on laskettu orgaanista kuivapainoa kohti. Saraja metsäturpeissa vasta ylisuuri kalkkimäärä on hieman kohottanut vaihtokapasiteettia. Rahka- ja ruskosammalsaraturpeissa on sitävastoin tapahtunut vähäistä nousua pienempienkin kalkkilisäysten vaikutuksesta.

Kalkituksen vaikutus vaihtokapasiteettiin muhityskokeessa on ollut yllättävän vähäinen. Tämä saattaa viitata siihen, että osa humaatista ei ole aktivoitunut suolahappokäsittelyn vaikutuksesta. Osa hu-

maateista on saattanut taas hajautua fulvohappojen kaltaisiksi yhdisteiksi, mitkä ovat saattaneet huuhtoutua näytteistä suolahappokäsittelyn jälkeisessä pesussa.

Erityisen yllättävää on se, ettei metsäturpeessakaan vaihtokapasiteetti muhimsen vaikutuksesta ole kohonnut. Siinähan ligniinin metoksylyryhmien hydrolysoituessa fenoli- ja karboksylyryhmiksi odottaisi turpeen maatuessa sen vaihtokapasiteetin kohoavan. Ilmiön selvittämiseksi määritettiin dialysoidun näytteen vaihtokapasiteetti sekä kalkitsemmattomasta että 50 me/100 g kalkkia saaneesta näytteestä. Vaihtokapasiteetit olivat 107 ja 89 me/100 g. Kalkitus oli siis alentanut vaihtokapasiteettia. Tämä lienee ymmärrettävissä siten, että voimakas dialysointi (220 voltia) oli hajottanut pienimolekyylisimpiä humushappoja, joita ilmeisesti oli erityisen runsaasti nimenomaan kalkitusnäytteessä. Sama ilmiön suunta oli todettavissa myös saraturpeessa, mutta ei kummasakaan rahkaturvella.

Taulukko 2. Kalkituksen vaikutus turpeen vaihtokapasiteettiin kenttäkokeissa

Rahkaturve, H ₁ ¹⁾		Metsäturve ²⁾		Rusko-sammal-turve ³⁾	
CaCO ₃ , t/ha	T, me/100 g	CaCO ₃ , t/ha	T, me/100 g	CaCO ₃ , t/ha	T, me/100 g
0	147	0	130	0	94
2	148	6	138	2	96
4	150	14	144	4	91
6	157	22	145	6	92
8	158			8	90

¹⁾ Suoviljelysyhdistyksen Leteensuon koeaseman kalkituskoje, perustettu 1921.

²⁾ Leteensuon Tohmajärven koeaseman kalkituskoje, perustettu 1926.

³⁾ Teuravuoman tilan kalkituskoje Kolarissa, perustettu 1955.

Kenttäkokeiden turvenäytteet otettu v. 1956.

Kalkituksen vaikutus turpeen vaihtokapasiteettiin kenttäkokeissa ilmenee taulukosta 2. Analyysitulokset ovat kerrannaisuutujen (4) keskiarvoja.

Leteensuon kalkituskoje on sijoitettu raa'alle turvepehkuosulle. Turvelajit (St, H₁) on tässä kokeessa siis aivan sama kuin muhituskojeen rahkaturve. Ilmiön suunta on kummassakin aivan sama. Muhituskojeessa on kalkkimäärä 100 me/100 g suurentanut vaihtokapasiteettia 9:llä ja

kenttäkokeessa suunnilleen vastaava määrä kalkkia 10:llä me:llä. Pitkäaikainen kalkituskoje (35 v) on siis antanut saman tuloksen kuin 4 kk:n muhituskoje.

Metsäturpeen osalta poikkeavat muhituskojeen ja kenttäkokeen tulokset toisistaan. Kenttäkokeessa on vaihtokapasiteetti kalkituksen vaikutuksesta odotusten mukaisesti suurentunut, mitä se ei muhituskojeessa ole tehnyt.

Teuravuoman kalkituskoje on ilmeisesti ollut liian lyhytaikainen antaakseen vaihtokapasiteetin osalta säännöllistä tulosta. Huolellisesta näytteenotosta huolimatta ovat näytteet ilmeisesti olleet verraten epätasaisia.

Taulukossa 3 on esitetty suotyypeittäin viljelyn vaikutus turpeen vaihtokapasiteettiin. Viljelyaika on ollut hyvin vaihteleva. Tämä luonnollisesti osaltaan tekee aineiston epähomogeeniseksi. Ilmiön suunta on kuitenkin sama kuin edelläesilösteituissa muhitus- ja kalkituskojeissa. Taulukossa 3 on tulokset laskettu turpeen orgaanista kuivapainoa kohti, siis kuten edellä muhitus- ja kalkituskojeissakin.

Taulukosta 3 huomataan, että puupitoisten turpeiden vaihtokapasiteetit ovat viljelyn vaikutuksesta yleensä suurentuneet eniten. Kuten edellä on jo mainittu, aiheutuu tämä metoksylyryhmien hydrolysoitumisesta fenoli- tai karboksylyryhmiksi — lähinnä luonnollisesti viimeainituiksi.

Kirjallisuuden mukaan vaihtelee huemuksen vaihtokapasiteetti 100—500 me/100 g (Sheffer & Ulrich 1960). Laaja vaihtelu aiheutuu osittain erilaisista määritysmenetelmistä. Useimmiten on määrittäminen suoritettu pH 7:ssä, mutta joskus myös pH 8—8.5:ssä. Vaihtamiseen käytetyt kationit ja anionit vaikuttavat niinkään tuloksen suuruuteen.

Alla on esitetty Broadbentin (1952) mukaan saman turvenäytteen vaihtokapasiteetti eri menetelmillä määritettynä.

	T, me/100 g
Ba(OH) ₂	379
KOH	296
NaOH	254
K-asettaatti	69
Ba-asettaatti	193

Edelläesilösteetyt tutkimuksessa määritetyt vaihtokapasiteetit on määritetty Ba-asettaatilla. Kuten ylläolevasta asetelmasta

Taulukko 3. Viljeltyjen ja niitä vastaavien luonnontilaisten soiden turpeiden vaihtokapasiteetti suotyypeittäin.

Suotyyppi	Näyte- parien luku	Suoviljely		Luonnontil. suo		Tpelto— Tuonn. Tpelto— Tuonn.
		Keski- arvo	Vaiht. alue	Keski- arvo	Vaiht. alue	
Lettokorpi	12	175	137—206	142	133—151	33
Lettoräme	12	146	128—161	131	101—161	15
Ruoho- ja heinä- korpi	10	141	123—165	137	116—168	5
Nevakorpi	12	135	117—162	132	97—155	3
Warnst.letto	8	127	110—135	128	103—160	1
Ruoh. sararäme	8	127	117—134	108	98—119	19
Koivuletto	6	123	122—124	105	92—129	18
Suursaraneva	28	113	97—130	102	75—116	11
Huonohko sara- räme	10	110	107—116	83	92—115	27
Kalvakkaneva	8	99	90—111	96	77— 94	3
Ruoh. rimpineva	38	97	74—118	96	69—125	1
Rimpiletto	6	89	75—104	90	75—117	—1
	158	123		113		

käy selville, olisivat hydroksidit ilmeisesti antaneet suurempia tuloksia. Kirjoittaja on käyttänyt muiden tutkimusten yhteydessä myös hydroksidititrauksia vaihtokapasiteetin määrittämiseen. Nämä menetelmät ovat antaneet luotettavia tuloksia aina n. pH 5:een saakka, mutta tämän pH:n yläpuolella on epätarkkuus tullut sitä suuremmaksi, mitä yleemmäksi pH:ssa on menty. Ba-asetatimenetelmää käytettäessä eivät lukuisatkaan rinnakkaismääritykset ole sitävästoin sanottavasti laisinkaan poikenneet toisistaan. Niinpä tutkimuksessa onkin päädytty tämän menetelmän käyttöön.

Käytettyjen määritysmenetelmien erilaisuudesta aiheutuen ei kirjallisuudessa esitettyjä kaikkia vaihtokapasiteetin arvoja voida verrata keskenään. Humuksen keskimääräiseksi vaihtokapasiteetin arvoksi mainitaan usein 200 me/100 g. Tähän verrattuna ovat tutkimuksessa saadut arvot huomattavasti pienempiä (taulukko 3). On ymmärrettävää, että turpeen vaihtokapasiteetti onkin humuksen vastaavaa arvoa pienempi. Turpeen maatuessa varsinaiseksi humukseksi tulisi sen vaihtokapasiteetin nähtävästi lähentyä humuksen vastaavaa arvoa. Taulukossa 3 esitetty aineisto on viljellynkin turpeen osalta vielä verraten lähellä luonnontilaista turvetta. Vaihtokapasiteettien erotkaan eivät näinollen ole olleet kovinkaan suuria.

Kuinka suureksi turpeen vaihtokapasiteetti sen humukseksi maatuessa saattaa kohota? Tämän seikan selvittämiseksi

koottiin tutkimusaineistoa vanhoilta suoviljelyksiltä, joissa eloperäinen aine rakenteeltaan oli jo pikemminkin humusta kuin varsinaista turvetta. Tuhkapitoisuus oli tällöin myös yleensä jo verraten korkea.

Alla on esitetty sellaiset näytteet, joiden vaihtokapasiteetti on ylittänyt 200 me/100 g.

Vaihtokapasiteetti me/100 g	Tuhka %	Todennäköinen suotyyppi
347	60	
294	58	Turveniitty
246	58	Tupasvillaräme
224	64	Korpi
224	52	Lettokorpi
224	40	— „ —
214	82	Mustikkakorpi

Asetelmasta huomataan, että orgaanisen aineen vaihtokapasiteetti on saattanut ylittää jopa 300 me/100 g. Näin korkeat turvehumuksen vaihtokapasiteetin arvot lienevät kuitenkin verraten harvinaisia.

Edellä ovat kaikki vaihtokapasiteetin arvot laskettu turpeen painoyksikköä kohti. Käytännön viljelyssä on useimmiten kuitenkin tärkeämpää tietää tilavuusyksikön vaihtokapasiteetti. Tilavuuspainot määritettiin kuivatuista ja jauhetuista näytteistä. Tulokset on esitetty suotyypeittäin taulukossa 4 (sama aineisto kuin taulukossa 3).

Käytännön kannalta lienee kiintoisinta tarkastella tilavuusyksikön vaihtokapasiteettia ilmaistuna sinä kalkkivijauhemää-

Taulukko 4. Viljelyn turpeen vaihtokapasiteetit tilavuusyksikköä kohti (me/l, CaCO₃ t/ha) laskettuina.

Suotyyppi	Vaihtokapasiteetti	
	me/l	CaCO ₃ t/ha
Lettokorpi	362	36.2
Ruoho- ja heinäkorpi	356	35.6
Nevakorpi	328	32.8
Lettoräme	293	29.3
Isovarpuinen räme	260	26.0
Ruuhoinen sara-räme	219	21.9
Sararäme	208	20.8
Suursaraneva	208	20.8
Warnstorflanumletto	205	20.5
Rimpineva	192	19.2
Kalvakkaneva	174	17.4
Rimpiletto	157	15.7

ränä, minkä kalsium vastaa 20 cm:n syvyisessä muokkauskerroksessa hehtaarin alalla olevaa vaihtokapasiteettia, siis

CaCO₃ t/ha. Tämähän on tärkeä tietää suon kalkitustarvetta arvioitaessa.

Kuivattu ja jauhettu näyte on yleensä tiiviimpää kuin mitä se on pellolla. Näinollen taulukon 4 luvut ovat hieman suurempia kuin mitä ne todellisuudessa pellolla ovat.

Kalkitustarvetta arvioitaessa katsotaan, että maassa tulisi olla kalsiumia kalkkikivijauhoksi laskettuna 12 t/ha. Taulukon 4 mukaan olisi rimpiletolla turpeen emäskyllästysaste tällöin 77 % ja lettokorvessa 33 %. Jos pyrittäisiin esim. 50 %:n emäskyllästysasteeseen, tulisi lettokorven turpeessa vaihtuvan kalkin määrän olla 18.1 t/ha, kun rimpileton turpeessa samaan tulokseen päästäisiin jo 7.9 tonnilla. Huomataan näinollen, että turpeen kalkitus-tarve määräytyy mitä suurimmassa määrässä sen tilavuusyksikön vaihtokapasiteetin mukaan ja että tämä vaihtelee varsin laajalla alueella.

KIRJALLISUUTTA

- BROADBENT, F. E. & BRADFORD, G. R. 1952. Cation-exchange groupings in the soil organic fraction. *Soil science* 74, 447—457.
- PUUSTJÄRVI, V. 1955. On the humic acids of peat soils. *Acta Agriculturae Scandinavica* V: 2—3, 257—279.
- 1956. On the cation exchange capacity of

- peats and on the factors of influence upon its formation. *Sama* VI, 410—449.
- 1960. On the effect of lime upon the forms of bases in peat soils. *S. maat.tiet.seur. julk.* 95, 1, 1—43.
- SCHEFFER, F. & ULRICH, B. 1960. Humus und Humusdüngung. 266 s. Stuttgart.

ON THE EXCHANGE CAPACITY OF CULTIVATED PEATS

In incubation tests, addition of lime (0—200 me/100 g) has increased the exchange capacity in Sphagnum-dominated peats with increasing lime addition, up to 15 me/100 g. In other kinds of peat no worthwhile effect has been observable although the loss of substance due to incubation has been even as high as 30 %. In the case of forest peat this has been thought to be caused by the fact that the humates formed in the process may not have been activated in the hydrochloric acid treatment that has been performed, or that part of the humates may have been decomposed in the said acid treatment. In long-term field tests the exchange capacity of the peat has increased with the added lime quantity, the greatest increase having been 15 me/100 g (22 tons CaCO₃ per hectare; woody peat).

A fairly extensive series of samples has been

collected from cultivated bog areas and from the corresponding unreclaimed bogs (158 pairs of samples). The cultivation age of the fields has been variable.

The higher the dominance of woody constituents in the peat (and thus obviously also the higher the lignin content), the greater increase of the exchange capacity as a result of the cultivation measures can be noted. In sedge peats hardly any increase has occurred, or it has been fairly negligible. The average increase of exchange capacity with the peats of different bog types varied between 0 and 33 me/100 g. The exchange capacities per unit volume, for the different bog types, varied in the range 157—362 me/l. The observation is made on the strength of this that the need of lining of peat is determined in a very high degree by its exchange capacity per unit volume.