

↗ Turpeen alkuainemääritykset Geologian tutkimuskeskuksessa – tuloksia laajasta analyysiaineistosta

The element assays of peat in the Geological Survey of Finland

Teuvo Herranen & Tapio Toivonen

Teuvo Herranen, Geologian tutkimuskeskus; phone +358 29 503 5243,

e-mail:teuvo.herranen@gtk.fi

Tapio Toivonen, phone:+358 40 540 8539, email: tapio.toivonen2@gmail.com

Geologian tutkimuskeskus (GTK) on tutkinut vuoteen 2019 mennessä Suomen noin 5,1 milj. ha:n geologisesta suoalasta yli 2,29 milj. ha. Turvekartoituksessa syntynyt data on tallennettu GTK:n turvetietokantaan, jossa on tietoja lähes 18 000 suosta (yhteensä yli 1,75 milj. tutkimus- ja syvyyspistettä). Soita, joista on otettu näytteitä tarkempia laboratoriotutkimuksia varten, on lähes 9 900. Näillä soilla on yli 19 000 näytepistettä, joista alkuainemäärityspisteitä on yli 1 700.

Turvenäytteistä on määritetty lähes aina turvelajin ja maatumisasteen lisäksi tuhka- ja vesipitoisuus. Tuhkapitoisuusmäärityksiä on lähes 219 000 ja vesipitoisuusmäärityksiä lähes 217 000. Tilavuustarkoista näytteistä (lähes 182 000) on määritetty kuiva-ainemäärä. Lämpöarvomäärityksiä on yli 125 000. Lähes 66 000 näytteestä on määritetty rikkipitoisuus ja yli 175 000 näytteestä pH-arvo. Lisäksi yli 8 500 näytteestä on määritetty hiili- ja typpipitoisuus.

Valtaosa GTK:n turvetutkimusten yhteydessä otetuista näytesarjoista ulottuu suon pinnasta lähelle pohjaa, ja näytteet ovat yleensä katkeamattomana sarjana 20 cm:n pätkissä. Alkuaineet on pyritty määrittämään yleensä joka toisesta tai kolmannelta näytteestä turvekerrostuman paksuuden mukaan. Määrittämenetelmänä on käytetty menetelmää, jossa kuivattu ja hienonnettu turve (0,5 g) hajotetaan typpihapolla mikroaaltouunissa (US EPA 3051A) ja alkuaineiden analysointi ICPOES- ja ICPMS-tekniikoilla. ICPMS (Labtiumin menetelmä 503M) antaa tuloksia hyvin pienistäkin alkuainepitoisuuksista.

Suo-, kunta- ja maakuntakohtaiset yhteenvetotiedot tutkituista soista ovat nähtävissä internetissä GTK:n turvevarojen tilinpidossa (www.gtk.fi/turvevarat), ja palvelua täydennetään vuosittain kertyvällä aineistolla. Aikaisemmin julkaistut kuntakohtaiset raportit, joita on lähes 470 kappaletta, löytyvät GTK:n Hakku-tietopalvelussa (<https://hakku.gtk.fi/fi/reports>).

Turpeen useimmat alkuainepitoisuudet ovat alemmalla tai selvästi alemmalla tasolla kuin mineraalimaan ja usein samaa luokkaa humuskerroksen arvojen kanssa. Turpeen rikkipitoisuuden mediaani on lähes viidesosan korkeampi kuin humuskerroksen vastaava arvo. Mineraalimaan arvoihin verrattuna turpeen rikkipitoisuus on n. 8–39-kertainen. Rikki näyttää siten rikastuvan turve- ja humuskerrokseen. Poikkeuksellisen korkeat alkuainepitoisuudet turpeessa indikoivat usein lähistöllä olevaa mustaliuskevyyhykettä, ja anomalisia tuloksia voidaan hyödyntää myös malminetsinnässä.

Korkeimmat alkuainepitoisuudet ovat yleensä turvekerrostuman keski- ja pohjaosassa. Muista alkuaineista poiketen lyijy on rikastunut pintaturpeeseen.

Asiasanat: turvemaa, turvenäyte, alkuainepitoisuudet

Keywords: peatlands, peat sample, elements

Johdanto

Geologian tutkimuskeskus on tehnyt turpeen alkuainemäärittäjäksiä 1970-luvulta lähtien. Ensimmäisessä vaiheessa alkuaineita on määritetty kuivapolttona tuhkasta, jossa näytteet tuhkistettiin muhveliuunissa. 1990-luvulta lähtien alkuainemäärittäjäksiä on tehty märkäpolttona turpeen kuiva-aineesta, mikä antaa realistisemman ja vertailukelpoisen kuvan alkuaineiden pitoisuuksista turpeessa.

Aivan koko Suomen kattavia tutkimuksia turpeen alkuainepitoisuuksista ei ole, koska aiemmin turpeen alkuainemäärittäjäksiä tehtiin vähän. Erityisesti lupa- ja valvontaviranomaiset sekä turveteollisuus ovat peräänkuuluttaneet tietoa turpeen keskimääräisistä alkuainepitoisuuksista. Turpeen rikkipitoisuutta Suomessa on käsitelty laajasti Herrasen (2009) turvetutkimusraportissa. Turpeen muita alkuainepitoisuuksia on käsitelty useissa Virtasen julkaisuissa (Virtanen 1978, 1986, 1994, 1995, 2004, 2005, Virtanen et al. 1997 ja Virtanen & Lerssi 2006, 2008). Luukkanen (2014) on tehnyt julkaisun Iisalmen turpeiden kemiasta.

Turpeen alkuainepitoisuuksista voi olla hyötyä malminetsinnässä jopa siten, että suon alla olevan malmin tärkeimmät komponentit esiintyvät suurimpina pitoisuuksinaan malmin päällä olevassa turpeessa (Salmi 1955), tai että esim. suurimpia arseenipitoisuuksia on tavattu tunnettujen arseenipitoisten malmien läheisyydessä tai kallioperältä tuntemattomilla alueilla (Virtanen 2004). Turpeen käyttö malminetsinnässä lisääntyi 1960- ja 1970-lukujen vaihteessa, ja uusi kiinnostus asiaan heräsi 2010-luvulla (Virtanen 2017).

Mustaliuskeiden läheisyys lisää monien alkuaineiden pitoisuuksia turpeessa. Mustaliuskeet ovat helposti rapautuvia sedimenttikiviä, jotka sisältävät runsaasti hiiltä ja metallisulfideja. Turve sitoo tehokkaasti alkuaineita, ja läheisestä kallioperästä rapautuneet metallit pidättyvät usein turpeeseen (Karinen 2013).

Turpeen alkuainemäärittäjä tuloksia voidaan hyödyntää geokemiallisen kartoituksen apuna mm. alueellisesti maankäytön suunnittelussa. Lisäksi on mahdollista saada parempi käsitys alueellisesta geokemiasta ja raskasmetallien riskialueista. Geokemiallisia tutkimustuloksia voidaan hyödyntää ympäristön perustilaselvityksissä ja lu-

prosessissa sekä riskinhallintatoimenpiteiden arvioinnissa mm. kaavoituksessa, rakentamisessa, vesihuollossa, maa- ja kiviainestuotannossa tai maamassojen käsittelyssä (Hatakka et al. 2010).

Turpeen alkuainepitoisuudet jäävät yleensä selvästi kynnsarvojen (Ympäristöministeriö 2007) alapuolelle. Kynnsarvojen soveltamisesta on määrätty valtioneuvoston PIMA-asetuksessa; *Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistusturpeen arviointi* (VnA 214/2007). Kynnsarvo on asetettu pitoisuustasoon, jossa maa-aineksessa olevan haitallisen aineen aiheuttamia ympäristö- ja terveysriskejä voidaan pitää merkityksettömän pieninä riippumatta siitä, missä kyseinen maa-aines sijaitsee tai mihin sitä käytetään. Pitoisuuksiltaan kynnsarvot alittavista maa-aineksista ei pitäisi aiheutua maaperän, pohjaveden tai muun ympäristön pilaantumisen riskiä (Reinikainen 2007).

GTK:ssa on tehty mm. maaperän alkuaineiden taustapitoisuusmäärittäjä yhteydessä humusnäytteistä alkuainemäärittäjäksi eri puolilta Suomea lähes 1 300. Maalajinäytteiden ottopaikat on valittu maaperäkartojen vallitsevien maalajien perusteella. Maalajinäytteitä on otettu n. 4 000. Tässä luvussa eivät ole mukana taajamanäytteet ja harjunäytteet, jotka ovat erityistapauksia muuhun aineistoon nähden. GTK ylläpitää valtakunnallista maaperän taustapitoisuusrekisteriä (<http://gtkdata.gtk.fi/Tapir/>), johon pintaturvenäytteiden (0–50 cm) alkuaineanalyysit on lisätty tänä keväänä.

Tämä tutkimuskatsaus on pääosin lyhennelmä Herrasen & Toivosen (2018) tutkimusraportista *Turpeen alkuainemäärittäjä GTK:ssa*, ja tässä ovat mukana myös vuonna 2017 otettujen turvenäytteiden alkuainemäärittäjä tulokset. Vuoden 2017 näytteistä on määritetty lisäksi arseeni ja kadmium tarkemmalla menetelmällä (Labtium 503PM), jotta saataisiin tarkempaa taustatietoa näiden keskeisten alkuaineiden todellisesta pitoisuudesta turvekerrostumassa. Vuosien 2018–2019 näytteistä ei ole vielä käytettävissä analyysitietoja.

Tutkimusmenetelmät

2000-luvun alkupuolella GTK:n turvenäytteenotossa siirryttiin ottamaan tilavuustarkat näytteet 5 cm:n läpimittaisella ja 50 cm pitkällä venäläi-



Kuva 1. Venäläinen laippakaira. Kuva: Jukka Turunen, GTK.

Figure 1. Russian peat corer. Photo: Jukka Turunen, GTK.



Kuva 2. Laatikkonäytteenotin. Kuva: Jukka Turunen, GTK.

Figure 2. Box corer. Photo: Jukka Turunen, GTK.

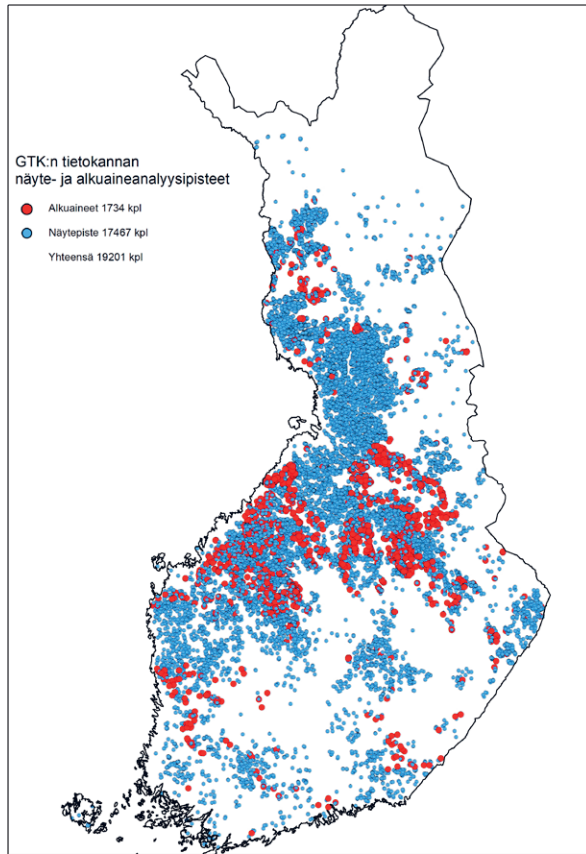
sellä laippakairalla, jolloin otetaan näytteet kahdesta vierekkäisestä reiästä samasta syvyydestä ja jaetaan näytteet 20 cm:n pätkiin (Kuva 1). Pintaturpeiden, varsinkin heikosti maatuneiden, osalta venäläisellä kairalla tilavuustarkkojen näytteiden ottaminen on haasteellista.

Viime vuosina onkin siksi siirrytty pintaturvenäytteiden otossa käyttämään pääsääntöisesti metrin turvesyvytyteen saakka laatikkonäytteenotinta (Kuva 2). Tällä saadaan myös heikosti maatuneesta pintaturpeesta tilavuustarkkoja näytteitä. Samalla on kiinnitetty huomiota näytteiden maantieteellisen kattavuuden parantamiseen.

Alkuainemääritykset on aikaisemmin tehty GTK:n kemian laboratoriossa ja sen yhtiöittämissä jälkeen vuodesta 2006 Eurofins Labtium Oy:ssä. Määrittämenetelmänä on käytetty menetelmää, jossa kuivattu ja hienonnettu turve (0,5 g) hajotetaan typpihapolla mikroaaltouunissa (US EPA 3051A) (märkäpoltto) ja alkuaineiden analysointi ICPOES- ja ICPMS-tekniikoilla. ICPMS (Labtiumin menetelmä 503M) antaa tu-

loksia hyvin pienistäkin alkuainepitoisuuksista. Menetelmän määrittärajat ovat alhaisemmat ja siten tarkemmat kuin yleisimmin käytetyn 503P-menetelmän. Turvenäytteiden analysointi on tehty hajottamalla turve mikroaaltouunissa, jolloin orgaaninen aine hajoaa kokonaan. Liuosten mittausta on suoritettu sitten ICPOES-laitteella. ICPOES on korvannut aiemmin käytetyn ICPAES-tekniikan. ICPOES on lyhenne induktiivisesta kytketystä optisesta plasmaemissiospektrometriasta. Alkuaineiden analysoimiseksi turpeesta hyvin pienissä pitoisuuksissa mitataan liuokset lisäksi ICPMS-tekniikalla (Labtiumin koodi tälle ICPOES + ICPMS- yhteistekniikalle on 503 PM).

Aineiston tilastollisessa yhteenvedossa on käytetty Excel-taulukkolaskentaa. Tilastollinen käsittely ja grafiikka on tehty SPSS-tilasto-ohjelmalla. Tilastollisten arvojen laskennassa ovat mukana kaikki näytteet lukuun ottamatta runsastuhkaisia näytteitä (tuhkapitoisuus yli 25 %), jotka todennäköisesti ovat olleet liejua, saostumaa tai liejunsekaista turvetta. Alle määri-



Kuva 3. GTK:n tutkimien soiden näytepisteet ja alkuainenäytepisteet. Sinisellä ovat turvenäytepisteet GTK:n tietokannassa. Tilanne 01/2020. Alkuainenäytepisteet on merkitty punaisella värillä. Näytepisteitä on kaikkiaan 19 201 kpl ja alkuainenäytepisteitä 1 734 kpl. (Pohjakartta © Maanmittauslaitos).

Fig 3. The peat sampling points and element points of the peatlands investigated by the GTK. Blue are peat sampling points in the database of the Geological Survey of Finland. State in January 2020. The peat sampling points for element analyses are marked with red color. There are in all 19 201 peat sampling points and 1 734 element sampling points (Base map © National Land Survey of Finland).

tysrajan jääneille tuloksille on annettu arvo nollan ja määritysrajan puolivälistä. Määritysrajatkin ovat vuosikymmenien saatossa vaihdelleet osalla alkuaineista ja eri tutkijoilla, mikä on vaatinut alkuperäisiin tietokannasta löytyviin lukuarvoihin perustuvaa päättelyä korvaavien lukujen valinnassa. Näyte- ja alkuaineanalyysipisteet on esitetty kuvassa 3.

Tulokset

Taulukossa 1 on kaikkien alkuainemääritysten lukumäärä, suurin ja pienin arvo, keskiarvo, me-

diaani ja keskihajonta. Laskennassa ovat olleet mukana kaikki määritykset. Alkuaineanalyysituloksia on taulukossa 1 yhteensä 261 003 kpl.

Turvenäytteistä tehtyjen alkuainemääritysten peruspakettiin kuuluu 25 alkuainetta, mutta turpeesta on tehty jonkin verran myös joidenkin peruspakettiin kuulumattomien alkuaineiden määrityksiä, jotka näkyvät taulukoissa. Näiden alkuaineiden näytemäärät ovat usein pieniä. Tässä artikkelissa on tarkemmin kerrottu joukosta valikoituja alkuaineita. Kaikkien alkuaineiden osalta esitetyt tarkastelut löytyvät Herrasen ja Toivosen (2018) raportista.

Taulukko 1. Turpeen alkuainemäärittysten yhteenvetotulokset. Kaikki määrittymiset (tuhkapitoisuus enintään 25 %). Tilanne 4.10.2019. * huomattavasti nolla-arvoja.

Table 1. The summarize results of the element assays of peat. All assays (ash content max. 25%). The state on the fourth of October 2019. Keskiarvo = Mean, Mediaani = Median, Keskihajonta = Std. Dev. * considerably zero values.

	Al	As	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Li
	mg/kg													
Lkm	7195	7133	7171	7171	7145	7195	7273	7272	7202	7272	7272	7195	822	2301
Min	26	0	0	1,96	0	148	0	0,05	0,1	0,2	74,1	5	0*	0*
Max	25300	4220	67	1090	18	33000	6,5	1550	220	389	142000	7390	348	14
Keskiarvo	2679	3,80	2,68	57,9	0,23	3998	0,26	1,63	5,67	11,26	6529	166,4	9,69	0,45
Mediaani	1860	2,50	2,50	45	0,1	2870	0,25	0,5	3	5,4	4420	50	4	0,1
Keskihajonta	2753	51,6		1,52	56,5	0,58	3456	0,16	18,9	9,34	18,1	11006	350,8	
21,8	1,06													
	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	S	Sb	Sc	Si	Sr	Th	Ti
	mg/kg													
Lkm	7195	7272	4648	7171	7272	7196	7271	7173	7171	770	819	7171	39	7170
Min	23	0,5	0	2,5	0,1	52	0,025	64,5	0*	0*	4,2	0,5	0,02	0,25
Max	4260	3590	75	1010	4270	7430	3840	147000	51	10,3	1030	355	3	928
Keskiarvo	659	78,7	0,73	47,1	6,38	550	4,5	2853	2,99	1,17	143	27,5	0,72	70,9
Mediaani	523	36,3	0,5	25	3,0	471	2,5	1770	0,01	0,60	132	23,3	0,21	38
Keskihajonta	494	129,8	2,76	58,2	59,8	1135	45,5	5743	3,71	1,55	88,2	19,44	0,93	105,6
	U	V	Y	Zn	Zr	C	H	N	S					
	mg/kg					%								
Lkm	60	7170	770	7271	2022	8515	233	8523	58482					
Min	0,02	0,05	0*	0,5	0*	27,0	5,3	0,06	0					
Max	80,8	786	115	6750	46,2	62,7	7,91	4,52	14,6					
Keskiarvo	4,19	12,32	5,28	13,88	2,18	51,67	6,69	1,80	0,25					
Mediaani	0,64	5,44	2,5	3,9	1	52,1	6,93	1,84	0,18					
Keskihajonta	12,9	29,95	8,96	140	3,84	3,73	0,65	0,58	0,37					

Alkuainekohtaiset tulokset

Alkuainepitoisuuksien vertailuarvot on saatu lähdeluettelossa olevista lähteistä ja GTK:n taustapitoisuusraporteista. Tarkoituksena oli verrata, poikkeavatko turpeen arvot merkittävästi humuksen ja maaperän arvoista. Toisaalta turvetta orgaanisena aineena ei voi suoraviivaisesti verrata esimerkiksi moreeniin.

Turpeen liian korkeat haitallisten aineiden pitoisuudet estävät niiden käytön tuhkalannoituksessa ja kasvualustoissa (Evira 2018).

Arseni ja kadmium ovat haitallisia alkuaineita, joiden pitoisuuksille on asetettu enimmäispitoisuusarvoja metsälannoituksessa, As 40 mg/kg ja Cd 25 mg/kg (MMM asetus 24/11) (Maa- ja metsätalousministeriö 2011). Kasvuturpeessa

ja kasvualustoissa enimmäispitoisuusarvot ovat vielä tätä alhaisemmat eli arseenille 25 mg/kg ja kadmiumille 1,5 mg/kg (Kauppapuutarhaliitto 2018). Suurimmat arseenipitoisuudet esiintyvät usein tunnettujen arseenipitoisten malmien läheisyydessä.

Kupari on elimistölle tarpeellinen hivenaine ja toisaalta tärkeä malmimineraali. Nikkeliä käytetään mm. yhtenä akkujen katodimateriaalina. Kuparin ja nikkelin enimmäispitoisuusrajat kasvuturpeessa ovat 600 mg/kg (Cu) ja 100 mg/kg (Ni) (Kauppapuutarhaliitto 2018). Lehtovaara et al. 2014 ovat koonneet laajan selvityksen turpeen elohopea-, kadmium-, nikkeli- ja lyijypitoisuuksista TASO-hankkeen (Turvetuotannon ja metsätalouden vesiensuojelun kehittäminen 2011–2013) turvetuotantoalueilla sekä verranneet

tuloksia GTK:n, Ruotsin, Viron ja Norjan tuloksiin ko. aineiden pitoisuuksista turpeessa.

Lyijy on yksi tunnetuimmista haitallisia terveysvaikutuksia omaavista raskasmetalleista. Sen enimmäispitoisuusrajana kasvuturpeessa on 100 mg/kg (Kauppapuutarhaliitto 2018) ja metsälannoitukseen käytettävässä tuhkassa 150 mg/kg (Huotari 2012).

Turpeen rikkipitoisuudella on huomattavaa merkitystä soiden käyttökelpoisuuteen turvetuotannossa. Tämä johtuu lähinnä voimalaitoksen laitteistoihin kohdistuvista korroosivaikutuksista, mutta toisaalta myös poltossa syntyvien rikkipäästöjen arviointi ja minimointi on tärkeää (Virtanen 2005). Energiaturpeen laatuohjeessa (2017) turpeet on jaettu yhdeksään luokkaan niiden sisältämän rikkipitoisuuden mukaan.

Sinkki on raskasmetalli, jonka kohonneita pitoisuuksia turpeessa tavataan kulkeutuneina ja rikastuneina tasaisesti soiden pohjaturpeissa mustaliuskeiden läheisyydessä (Virtanen & Lerssi 2005). Sinkin enimmäispitoisuusrajana kasvuturpeessa on 1 500 mg/kg (Kauppapuutarhaliitto 2018).

Turpeen hiilipitoisuus on kiinnostavaa etenkin tehtäessä laskelmia soiden hiilivarastosta sekä soista hiilinieluina ja toisaalta päästölähteinä.

Seuraavassa on näiden 8 kiinnostavan alkuaineen alkuainetarkastelut ja histogrammit. Arseenille ja kadmiumille on esitetty erikseen tiedot ja histogrammit vuoden 2017 näytteistä, koska silloin ko. alkuaineiden kohdalla on käytetty aiempaa alhaisempia määritysrajoja.

Arseeni (As)

Turvenäytteiden (7 133 kpl) arseenipitoisuuden keskiarvo on 3,80 mg/kg (Kuva 4a) ja mediaani 2,50 mg/kg. Minimi-arvo GTK:n turvenäytteissä on 0 mg/kg ja maksimi 4 220 mg/kg. Arseenin määritysraja on aiemmin ollut yleensä 5 mg/kg (Labtiumin menetelmä 503P), ja valtaosa määrityksistä on jäänyt tämän arvon alle. Tämän katsauksen tilastollisessa tarkastelussa alle määritysrajan olevat tulokset ovat mukana siten, että niille on annettu lukuarvo nollan ja määritysrajan keskiarvona. Vuoden 2017 näytteet on määritetty menetelmällä 503PM, jonka määritysraja arseenille on 0,05 mg/kg. Turvenäytteiden

(598 kpl) arseenipitoisuuden keskiarvoksi saatiin tällä tarkemmalla menetelmällä 1,65 mg/kg (Kuva 4b) ja mediaaniksi 0,94 mg/kg. Humuskerroksen ja pintamaan arvot ovat viimeainittuja korkeampia, sillä kallioperän lisäksi ihmisen toiminta vaikuttaa pintamaan ja erityisesti humuskerroksen arseenipitoisuuksiin (Tarvainen 2004, Salminen et al. 2003). Humuskerroksen arseenipitoisuuden keskiarvo on 1,86 mg/kg ja mediaani 1,56 mg/kg (Salminen et al. 2011). Maaperässä on arseenia keskimäärin 5 mg/kg (Koljonen 1992).

Tulokset vuoden 2017 näytteistä kuvastavat totuudenmukaisemmin arseenin pitoisuutta turvekerrostumissa. Kolme suurinta pitoisuutta (719–4 220 mg/kg) on tavattu Kruunupyyn Latonevan ja Stormossen-Lanjärvmossenin runsastuhkaisista pohjaturvekerrostuman näytteistä. Viime mainitun suon itäpuolen mustaliuskealueelta eteläosan läpi virtaava Lanjärvbäcken näyttäisi johtavan arseenin ja monen muunkin alkuaineen kohonneisiin pitoisuuksiin Stormossen-Lanjärvmossenilla. Myös Latonevan kohonneisiin arseenipitoisuuksiin lienee syynä suon länsipuolella oleva mustaliuskevyöhyke. Latonevan korkean arseenipitoisuuden omaavien näytteiden tuhkapitoisuus on 10,6–18,1 % ja Stormossen-Lanjärvmossenin näytteen 20,7 %.

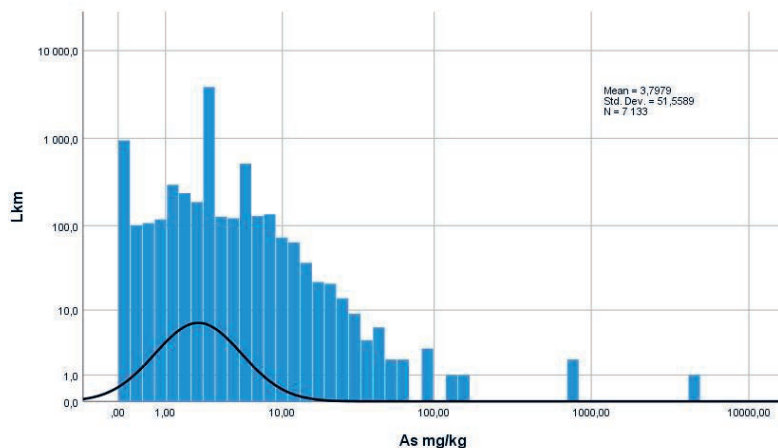
Osa korkeimmista turpeen arseenipitoisuuksista sijoittuu mustaliuskevyöhykkeille, mutta osassa ei ole tiedossa lähellä olevia mustaliuskevyöhykkeitä. Korkeimmat arvot on useimmiten tavattu soiden pohjaturvekerroksesta, mutta myös korkeita pintaturpeen arseeniarvoja on tavattu.

Kadmium (Cd)

Turvenäytteiden (7 273 kpl) kadmiumpitoisuuden keskiarvo on 0,26 mg/kg (Kuva 5a) ja mediaani 0,25 mg/kg. Minimi-arvo GTK:n turvenäytteissä on 0 mg/kg ja maksimi 6,5 mg/kg. Mediaani ja keskiarvo eivät anna oikeaa kuvaa turpeen kadmiumpitoisuudesta, koska määritysten alaraja on aiemmin ollut 0,5 mg/kg, ja osa määrityksistä on jäänyt sen alapuolelle. Tämän katsauksen tilastollisessa tarkastelussa alle määritysrajan olevat tulokset ovat mukana siten, että niille on annettu lukuarvo nollan ja määritysrajan keskiarvona. Vuoden 2017 näytteet on määritetty menetelmällä 503PM, jonka määritysrajat ovat alhaisemmat.

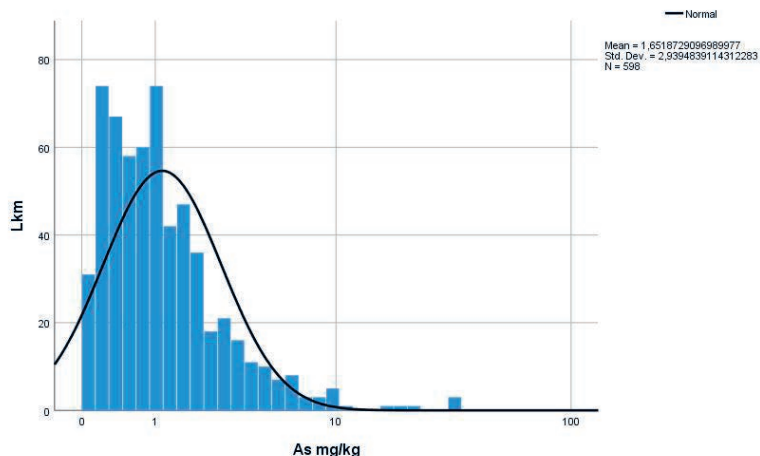
Kuva 4a. Turpeen arseenipitoisuusjakauma kaikissa näytteissä (N = 7133).

Figure 4a. The frequency of the arsenic content of peat in all assays.



Kuva 4b. Turpeen arseenipitoisuusjakauma vuoden 2017 näytteissä (N = 598).

Figure 4b. The frequency of the arsenic content of peat in the samples of the year 2017.



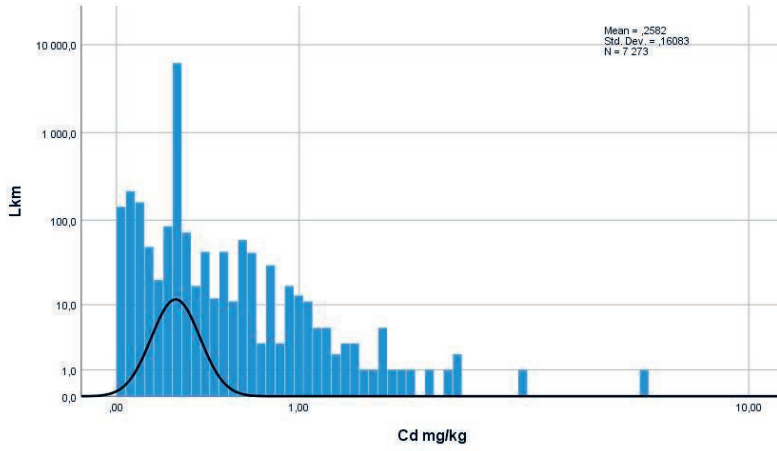
Turvenäytteiden (598 kpl) kadmiumpitoisuuden keskiarvoksi saatiin tällä tarkemmalla menetelmällä 0,13 mg/kg (Kuva 5b) ja mediaaniksi 0,07 mg/kg. Humusnäytteiden vastaavat arvot (0,42 mg/kg ja 0,40 mg/kg) ovat korkeampia kuin turvenäytteissä (Salminen et al. 2011). Maaperän kadmiumpitoisuus on keskimäärin 0,3 mg/kg (Koljonen 1992).

Tulokset vuoden 2017 näytteistä kuvastavat totuudenmukaisemmin kadmiumin pitoisuutta turvekerrostumissa. Suurin arvo 6,5 mg/kg on tavattu Paltamon Lakkasuo runsastuhkaisesta (11,2 %) pohjaturpeesta ja toiseksi suurin arvo 3,7 mg/kg Sonkajärven Särkkäsuon runsastuhkaisesta (23,8 %) pintaturpeesta. Lakkasuo on mustaliuskealueella. Särkkäsuon läheisyydessä ei ole mustaliuskeita.

Osa korkeimmista turpeen kadmiumpitoisuuksista sijoittuu mustaliuskevyöhykkeille, mutta osassa ei ole tiedossa lähellä olevia mustaliuskevyöhykkeitä. Korkeimmat turpeen kadmiumpitoisuudet on yleensä tavattu soiden pohjaturvekerrostumasta, mutta joitain korkeita kadmiumpitoisuuksia on myös pintaturpeista.

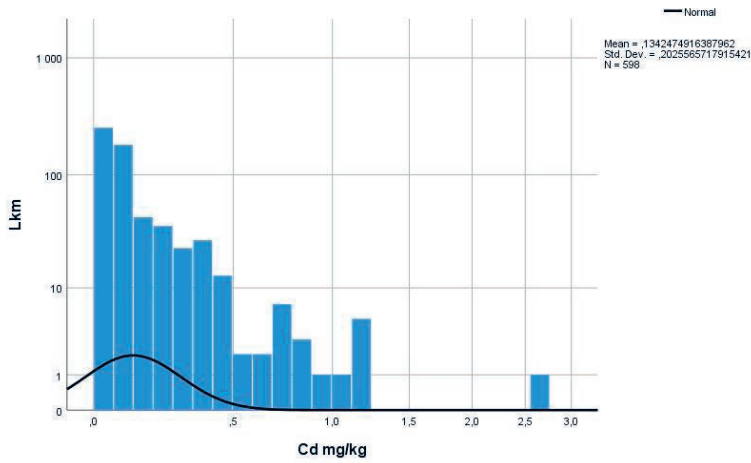
Kupari (Cu)

Turvenäytteiden (7272 kpl) kuparipitoisuuden keskiarvo on 11,3 mg/kg (Kuva 6) ja mediaani 5,4 mg/kg. Minimiarvo GTK:n turvenäytteissä on 0,2 mg/kg ja maksimi 389 mg/kg. Suurin arvo on tavattu Paltamon Lakkasuo pohjaturvekerroksesta mustaliuskealueelta. Näytteen tuhkapitoisuus on 11,2 %. Humusnäytteiden kuparipitoisuuden



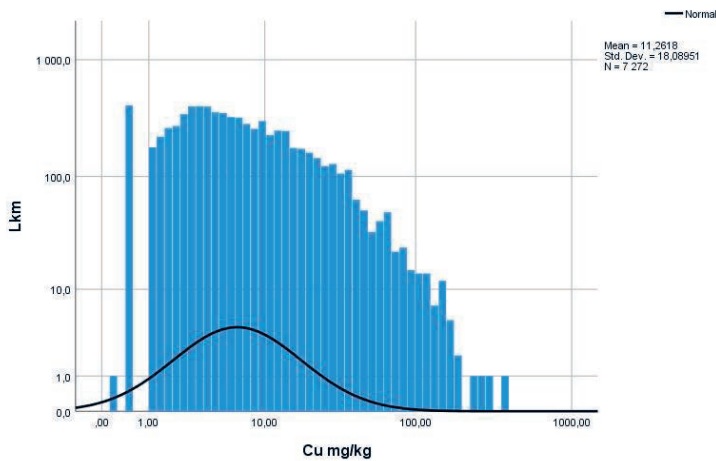
Kuva 5a. Turpeen kadmiumpitoisuusjakauma kaikissa näytteissä (N = 7273).

Figure 5a. The frequency of the cadmium content of peat in all assays.



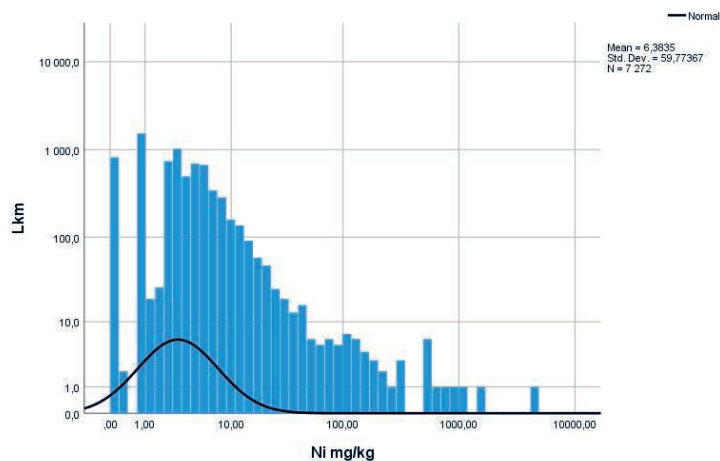
Kuva 5b. Turpeen kadmiumpitoisuusjakauma vuoden 2017 näytteistä (N = 598).

Figure 5b. The frequency of the cadmium content of peat in the samples of the year 2017.



Kuva 6. Turpeen kupari- pitoisuusjakauma kaikissa näytteissä (N = 7272).

Figure 6. The frequency of the copper content of peat in all assays.



Kuva 7. Turpeen nikkeli-
pitoisuusjakauma kaikissa
näytteissä (N = 7272).

*Figure 7. The frequency of
the nickel content of peat
in all assays.*

keskiarvo on 9,3 mg/kg ja mediaani 7,6 mg/kg (Salminen et al. 2011) ja maaperän kuparipitoisuuden keskiarvo 25 mg/kg (Koljonen 1992).

Osa korkeimmista kuparipitoisuuksista turpeessa on tavattu mustaliuskevyöhykkeiltä, mutta osaan korkeista kuparipitoisuuksista turpeessa näyttää olevan joku muu syy. Korkeimmat turpeen kuparipitoisuudet on yleensä tavattu soiden pohjaturvekerrostumasta, mutta myös joitain korkeita arvoja on pintaturpeesta.

Nikkeli (Ni)

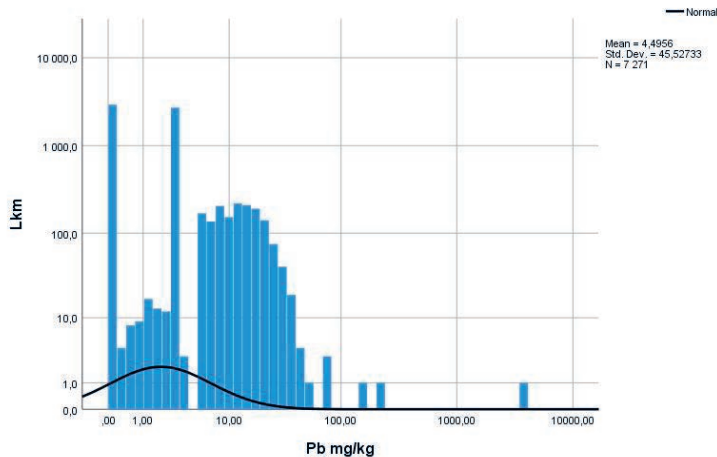
Turvenäytteiden (7272 kpl) nikkeli-
pitoisuuden keskiarvo on 6,4 mg/kg (Kuva 7) ja mediaani 3,0 mg/kg. Minimiarvo GTK:n turvenäytteissä on 0,1 mg/kg ja maksimi 4270 mg/kg. Suurin arvo on tavattu Kruunupyyn Stormossen-Lanjärvmossenin turvenäytteistä. Näytteen tuhkapitoisuus on 20,7 %. Korkeita arvoja esiintyy koko turvekerrostumassa. Suon itäpuolella oleva mustaliuskevyöhyke on todennäköisesti ainakin osasy kohonneisiin arvoihin. Toiseksi korkein arvo 525 mg/kg on tavattu Sotkamon Valumasuon runsastuhkaisesta pohjaturvekerroksesta liejukerrostuman yläpuolelta. Näytteen tuhkapitoisuus on 10,9 %. Suon luoteispuolelta on mustaliuskelohkarehavainto, josta on havaittu myös nikkeliä. Humusnäytteiden nikkeli-
pitoisuuden keskiarvo on 6,38 mg/kg ja mediaani 5,06 mg/kg (Salminen et al. 2011). Maaperän nikkeli-
pitoisuuden keski-
arvo on 20 mg/kg (Koljonen 1992).

Osa korkeimmista turpeen nikkeli-
pitoisuuksista sijoittuu mustaliuskevyöhykkeille, mutta osassa ei ole tiedossa lähellä olevia mustaliuskevyöhykkeitä. Suurin osa turpeen korkeista nikkeli-
pitoisuuksista on tavattu pohjaturvekerrostumasta.

Lyijy (Pb)

Turvenäytteiden (7271 kpl) lyijypitoisuuden keskiarvo on 4,5 mg/kg (Kuva 8) ja mediaani 2,5 mg/kg. Minimiarvo GTK:n turvenäytteissä on 0,025 mg/kg ja maksimi 3840 mg/kg.

Selvästi suurin arvo 3840 mg/kg on tavattu Lapinlahden Ruunasuon pintaturpeesta, jonka tuhkapitoisuus on 6,6 %. Arvo on yli 17 kertainen seuraavaksi suurimpaan arvoon (224 mg/kg Sonkajärven Kuikkasuon pintaturpeesta, jonka tuhkapitoisuus 1,9 %) verrattuna. Ruunasuon pintaturpeen kohonnut lyijypitoisuus voi olla peräisin lähellä n. 650 metrin päässä olevalta yläpuoliselta ampumaradalta. Perhon Vehmassuon näytteen korkea lyijypitoisuus 44 mg/kg turvekerrostuman keskiosasta voi johtua lähistöllä ylempänä aiemmin toimineen Vehmassuon kaatopaikan valumista. Näytteen tuhkapitoisuus on 5,5 %. Mustaliuskeita ei ole näiden soiden läheisyydessä. Humusnäytteiden lyijypitoisuuden keskiarvo on 33,3 mg/kg ja mediaani 31,1 mg/kg (Salminen et al. 2011). Maaperän lyijypitoisuus on keskimäärin 17 mg/kg (Koljonen 1992).



Kuva 8. Turpeen lyijypitoisuusjakauma kaikissa näytteissä (N = 7271).

Figure 8. The frequency of the lead content of peat in all assays.

Lähes kaikki turpeen korkeimmat lyijypitoisuudet on tavattu pintaturpeista.

Rikki (S)

Alkuainepaketin yhteydessä menetelmällä 503P analysoidujen turvenäytteiden (7173 kpl) rikkipitoisuuden keskiarvo on 2853 mg/kg (Kuva 9) ja mediaani 1770 mg/kg. Minimiarvo GTK:n turvenäytteissä on 64,5 mg/kg ja maksimi 147000 mg/kg. Alkuainemäärityksessä osa rikistä haihtuu, ja siksi pitoisuudet ovat yleensä alhaisempia kuin perinteisellä rikkianalysointimenetelmällä saadut tulokset, joskin yleensä samansuuntaisia. Suurin arvo on tavattu Sotkamon Loukkusuon runsastuhkaisesta (24,5 %) pohjaturpeesta. Pitkä mustaliuskejuotti on suon länsipuolella noin kahden kilometrin päässä. Korkeita arvoja (99600–102000 mg/kg) on tavattu myös Kruunupyyn Stormossen- Lanjärvmossenin turpeista. Näytteiden tuhkapitoisuus on 17,9–20,7 %. Suon itäpuolella oleva mustaliuskevyöhyke on todennäköisesti syynä kohonneisiin arvoihin. Humusnäytteiden rikkipitoisuuden keskiarvo ja mediaani ovat molemmat 1540 mg/kg (Salminen et al. 2011). Maaperän rikkipitoisuus on keskimäärin 800 mg/kg (Koljonen 1992).

Suurin osa turpeen rikkimäärityksistä (58482 kpl) GTK:ssa on tehty rikkianalysointorilla pyrolyttisellä menetelmällä 810L polttamalla turve happivirrassa 1400 asteessa ja analysoimalla rikki palokaasuista rikkidioksidina IR-detektioinnilla.

Tulokset ilmoitetaan prosentteina turpeen kuiva-aineesta. Rikkipitoisuuden keskiarvo tällä menetelmällä on 0,25 % (Kuva 10a) ja mediaani 0,18 %. Korkein arvo 14,6 % on Hämeenlinnan Sammalsuon runsastuhkaisesta (23,1 %) pohjaturvekerrostumasta. Suon lähellä ei ole mustaliuskeitä. Rikkianalyysin sisältävistä näytteistä 97,7 % on rikkipitoisuudeltaan alle 1 % (Kuva 10b).

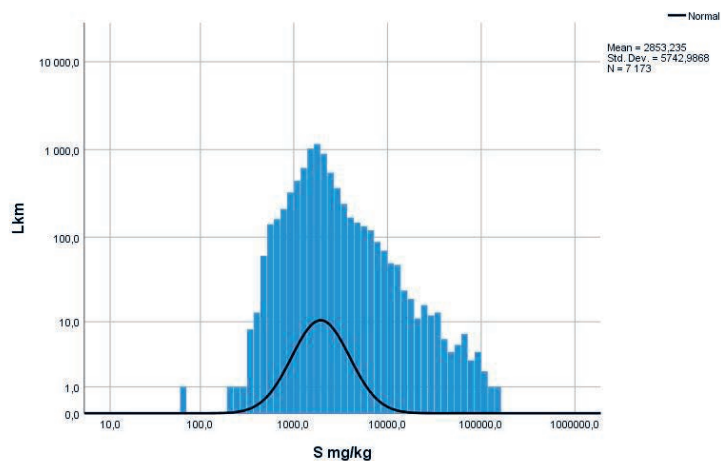
Korkeimmat arvot on yleensä tavattu pohjaturvekerrostumasta. Joitain suurimpia arvoja on tavattu hyvin runsastuhkaisista lieju- ja saostumanäytteistä. Näillä eri menetelmillä saadut jakaumat ovat samantyyppisiä ja tulokset samansuuntaisia.

Sinkki (Zn)

Turvenäytteiden (7271 kpl) sinkkipitoisuuden keskiarvo on 13,9 mg/kg (Kuva 11) ja mediaani 3,9 mg/kg, Minimiarvo GTK:n turvenäytteissä on 0,5 mg/kg ja maksimi 6750 mg/kg. Suurin arvo on tavattu Sotkamon Valumasuon liejukerrostuman yläpuolisen pohjaturvekerrostuman runsastuhkaisesta (10,9 %) näytteestä. Suuri osa Valumasuon näytteistä on turvekerrostuman alapuolisista lieju- ja saostumakerrostumista. Ne eivät ole mukana analyysituloksien laskennassa. Suo on Talvivaaran mustaliuskevyöhykkeellä kaivoksen kaakkoispuolella. Talvivaaran Ni-Cu-Zn-Co-esiintymä vaikuttaa suon kohonneisiin sinkkipitoisuuksiin. Humusnäytteiden sinkkipitoisuuden keskiarvo on 49 mg/kg ja mediaani 44,4 mg/kg

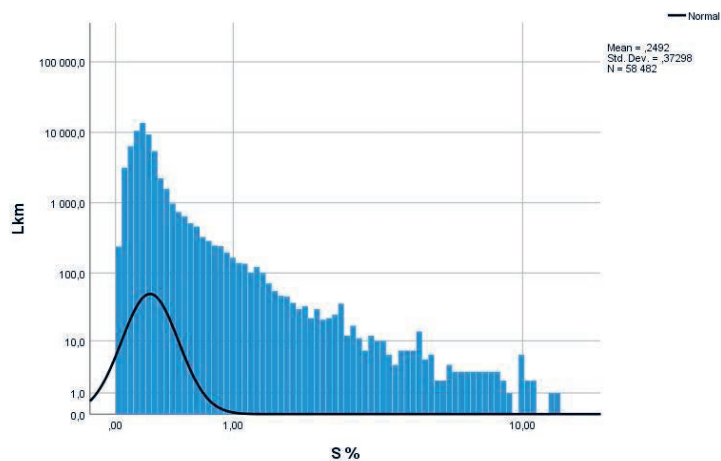
Kuva 9. Turpeen rikki-
pitoisuusjakauma mg/kg
kaikissa näytteissä (N =
7 173).

*Figure 9. The frequency of
the sulphur content of peat
mg/kg in all assays.*



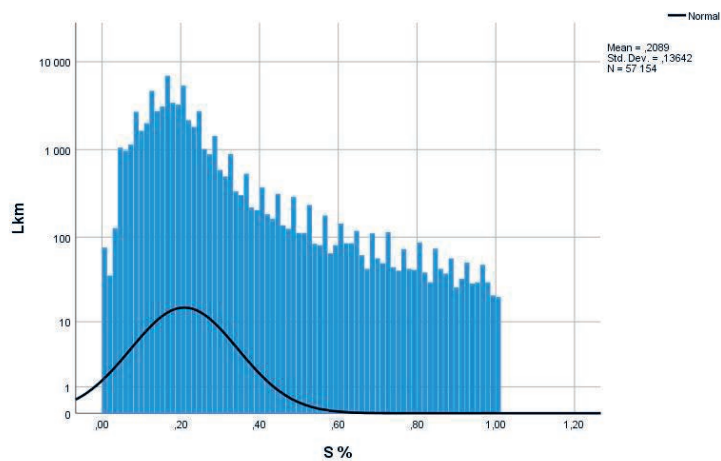
Kuva 10a. Turpeen rikki-
pitoisuusjakauma prosenttiyksiköittäin
näytteissä (N = 58482).

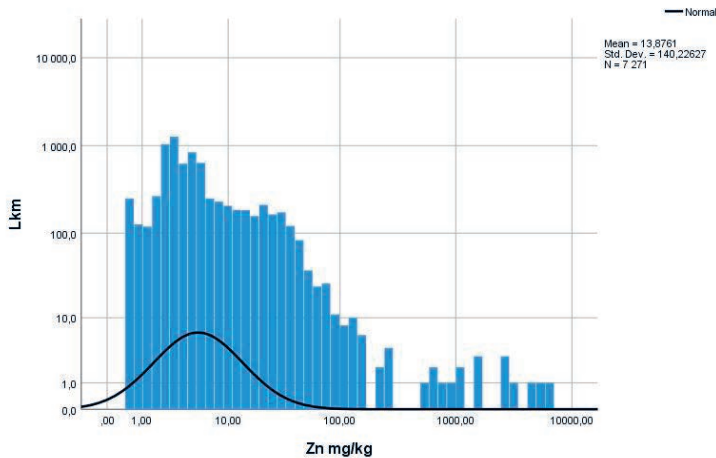
*Figure 10a. The frequency
of the sulphur content of
peat per per cent unit in
all assays.*



Kuva 10b. Turpeen rikki-
pitoisuusjakauma prosenttiyksiköittäin
alle 1 %:n rikkipitoisuuksissa (N =
57154).

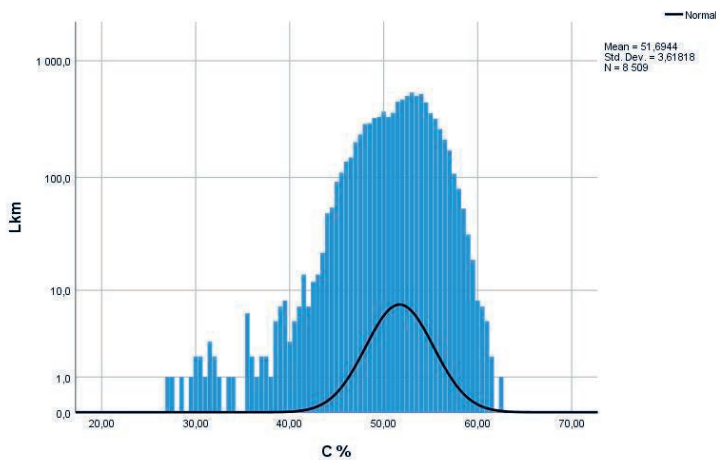
*Figure 10b. The frequency
of the sulphur content of
peat per per cent unit in the
samples below 1 % sulphur
content.*





Kuva 11. Turpeen sinkkipitoisuusjakauma kaikissa näytteissä (N = 7271).

Figure 11. The frequency of the zinc content of peat in all assays.



Kuva 12. Turpeen hiilipitoisuusjakauma kaikissa näytteissä (N = 8509).

Figure 12. The frequency of the carbon content of peat in all assays.

(Salminen et al. 2011). Maaperän sinkkipitoisuus on keskimäärin 70 mg/kg (Koljonen 1992).

Korkeimmat turpeen sinkkipitoisuudet on useimmiten tavattu pohjaturvekerrostumasta, mutta jonkin verran korkeita sinkkipitoisuuksia on myös pintaturpeissa.

Hiili C

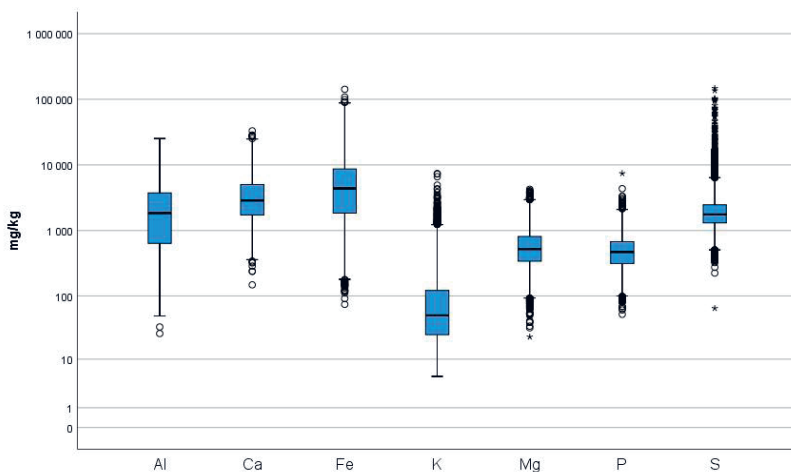
Turvenäytteiden (8 509 kpl) hiilipitoisuuden keskiarvo on 51,7 % kuiva-aineesta (Kuva 12). Näytteistä 96 % on hiilipitoisuudeltaan välillä 45–62 %. Mediaani on 52,1 %. Hiilen minimipitoisuus turvenäytteissä on 27 % ja maksimi 62,7 %. Kun kaikkien turvenäytteiden keskimääräinen kuivatilavuuspaino eli tiheys on

92,4 kg/m³, on hiiltä keskimäärin 47,8 kg/m³. Hiili, vety ja typpi on määritetty LECO-CHN hiili-vety-typpianalysaattorilla (Labtiumin menetelmä 820L). Humusnäytteiden hiilipitoisuuden keskiarvo on 37,6 % ja mediaani 40,8 % (Salminen et al. 2011).

Korkein turpeen hiilipitoisuus 62,7 % on tavattu Paltamon Etäisensuon turvekerrostuman keskiosasta. Turve on hyvin maatonutta (H₈) sara-rahkaturvetta. Piste on mustaliuskevyöhykkeiden alueella. Neljä arvoa yhdestätoista korkeimmasta turpeen hiilipitoisuudesta on Kuopion Kurkimäen Varkaansuon näytesteiltä hyvin maatonneista (H₇₋₈) rahkavaltaisista turpeista turvekerrostuman keskiosasta. Korkeita turpeen hiilipitoisuuksia on tavattu myös Rautavaaran Vehkasuon sara-

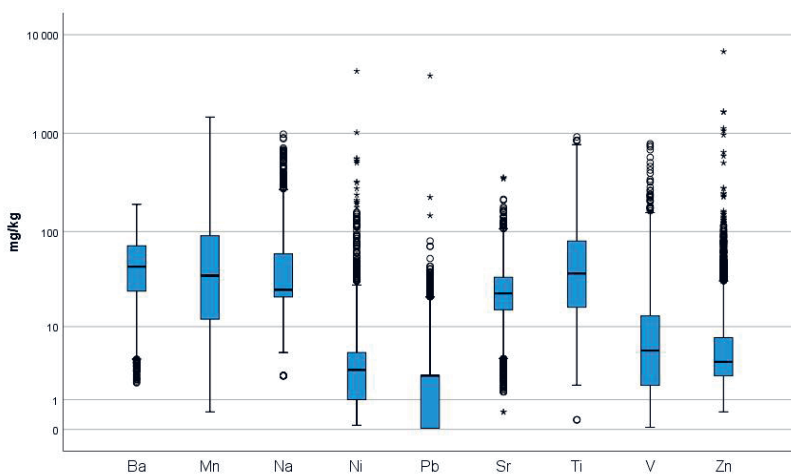
Kuva 13. Turpeen alumiini-, kalsium-, rauta-, kalium-, magnesium-, fosfori- ja rikkipitoisuusjakauma laatikko-janakuviolla esitettyinä (N = 7 090).

Figure 13. The distribution of aluminium, calcium, iron, potassium, magnesium, phosphorus and sulphur in peat represented as a boxplot-figure.



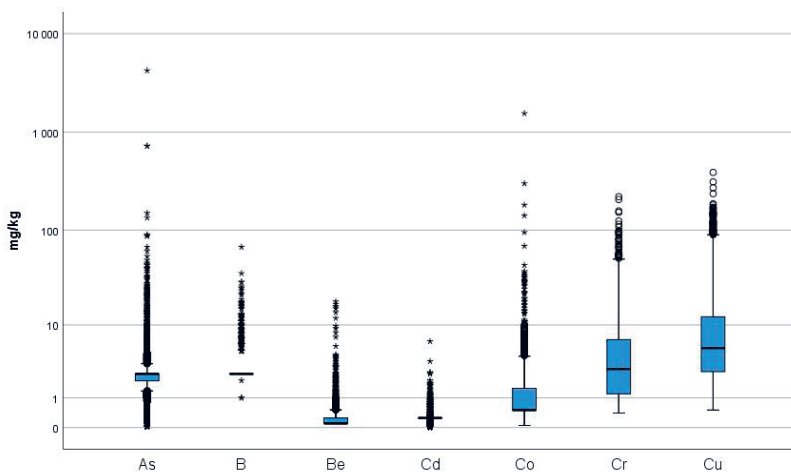
Kuva 14. Turpeen barium-, mangaani-, natrium-, nikkeli-, lyijy-, strontium-, titaani-, vanadiini ja sinkkipitoisuusjakauma laatikko-janakuviolla esitettyinä (N = 6 969).

Figure 14. The distribution of barium, manganese, sodium, nickel, lead, strontium, titanium, vanadium and zinc in peat represented as a boxplot-figure.



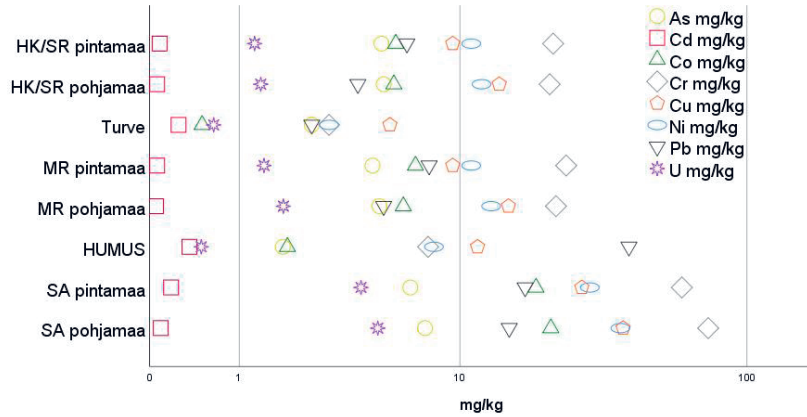
Kuva 15. Turpeen arseni-, boori-, beryllium-, kadmium-, koboltti-, kromi- ja kuparipitoisuusjakauma laatikko-janakuviolla esitettyinä (N = 6 920).

Figure 15. The distribution of arsenic, boron, beryllium, cadmium, cobalt, chromium and copper in peat represented as a boxplot-figure.



Kuva 16. Arseenin, kadmiumin, kobolttin, kromin, kuparin, nikkelin, lyijyn ja uraanin mediaanipitoisuudet eri maalajeilla.

Figure 16. The median contents of arsenic, cadmium, cobalt, chromium, copper, nickel, lead and uranium in peat, humus and various soil types. HK = sand, SR = gravel, Turve = peat, MR = moraine and SA = clay.



valtaisen turvekerrostuman keski- ja pohjaosista. Korkeita pitoisuuksia tavataan yleensä turvekerrostumien keski- ja pohjaosien hyvin maatuneista sararahka- tai rahkasaturpeista. Hiilipitoisuus riippuu lähes aina maatuneisuudesta. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat kasvillisuuskoostumus ja pH. Saraturpeiden hiilipitoisuus on yleensä jonkin verran korkeampi kuin rahkaturpeilla.

Kuvissa 13–15 on esitetty laatikko-janakuviolla alkuaineiden jakauma turpeessa ja kuvassa 16 eräiden alkuaineiden mediaanipitoisuudet turpeessa, humuksessa ja eri maalajeilla.

Tulosten tarkastelua

Turpeen alkuainepitoisuudet ovat vertailun perusteella useimmilla alkuaineilla alemmalla tai selvästi alemmalla tasolla kuin mineraalimaassa, mutta usein samaa luokkaa kivennäismaiden humuskerroksen arvojen kanssa. Turpeen alkuainepitoisuuksien vertailu GTK:n maaperän taustapitoisuusraporteista koottuihin tietoihin humus- ja mineraalimaanäytteiden alkuainepitoisuusmediaanien keskiarvoista on esitetty liitteessä 1.

Vertailuaineistona mineraalimaiden osalta on käytetty GTK:n maaperän taustapitoisuusraporteja sekä Koljosen (1992) pitoisuuskeskiarvoja eri alkuaineille maaperässä. Taustapitoisuusraporteista koottujen humusanalyysitietojen lisäksi on käytetty myös Salmisen ym. (2011) tietoja humusnäytteiden alkuainepitoisuuksista. Taustapitoisuusraporttien mineraalimaa-analyysien tulokset ovat suurelta osin samansuuntaisia Kol-

josen (1992) maaperän alkuainepitoisuuksien keskiarvojen kanssa. Useilla alkuaineilla Koljosen (1992) tulokset maaperälle ja moreenin hienoainekselle ovat jopa monikymmenkertaisia turpeen pitoisuuksiin nähden ja lähimpänä maankamaran keskimääräisiä pitoisuuksia ja GTK:n taustapitoisuusraporttien savien pitoisuuksia. Humusanalyysien mediaanitiedot sekä taustapitoisuusraporteissa että Salmisen (2011) humusaineistossa ovat samansuuntaisia turpeen alkuainepitoisuusmediaanien kanssa.

Kun alkuainemäärityksiä on riittävästi, voidaan yksitaitapauksissa arvioida, poikkeavatko turpeesta määritetyt alkuainepitoisuudet turpeen yleisistä taustapitoisuusarvoista. Korkeimmat alkuainepitoisuudet tavataan usein soiden pohjaturvekerrostumien tai turpeen alla olevien liejakerrosten runsastuhkaisissa näytteissä. Alkuainemäärityksiä on runsaasti soiden turvekerrostumien eri osista ja vuosi vuodelta kattavammin myös eri puolilta maata.

Poikkeuksellisen korkeat alkuainepitoisuudet turpeessa indikoivat usein lähistöllä olevaa mustaliuskevyöhykettä, mutta niistä voi olla hyötyä myös malminetsinnässä. Turpeeseen mustaliuskeiden läheisyydessä rikastuneita alkuaineita ovat tämän tutkimuksen perusteella ainakin alumiini, arseeni, kadmium, koboltti, kupari, nikkeli, rikki ja sinkki. Virtasen ja Lerssin (2006) tutkimuksessa selvästi normaalin yläpuolella olevia alkuainepitoisuuksia mustaliuskealueilla tavattiin seuraavilla alkuaineilla: barium, koboltti, kromi, rauta, mangaani, nikkeli, lyijy, rikki, titaani, vanadiini ja sinkki. Useimmat alkuaineet ovat edellä mainitun

tutkimuksen mukaan keskittyneet mustaliuske-muodostumien lähelle, mutta jotkut alkuaineet ovat kulkeutuneet vesien mukana satoja metrejä ja jakautuneet tasaisesti korkeina pitoisuuksina suoaltaan pohjakerrokseen. Myös emäksisten kivilajien alueilla Pohjois-Pohjanmaalla Kainuussa ja Koillismaalla on turpeissa tavattu huomattavan korkeita kupari-, lyijy- ja sinkkipitoisuuksia. Myös turpeen rauta-, mangaani ja kalsiumpitoisuudet näillä alueilla ovat korkeita (Holappa 2010).

Mustaliuskevyöhykkeiden huomioiminen ja tiheämpi alkuaineanalyysipisteiden sijainti mustaliuskevyöhykkeiden läheisyydessä voi olla perusteltua, mikäli suo osoittautuu potentiaaliseksi turvetuotantosuoksi, tai suo soveltuu johonkin muuhun käyttöön.

Turpeen arseenipitoisuuden mediaani (0,94 mg/kg) vuoden 2017 tarkemmalla määrittämissä näytteissä on humusnäytteiden vastaavaa arvoa alempi, kun verrataan turpeen arseenipitoisuuden mediaania GTK:n taustapitoisuusaineiston humusnäytteisiin (1,8 mg/kg) ja Salmisen ym. (2011) aineistoon (1,56 mg/kg). Mineraalimaalajien arseenipitoisuudet maaperän taustapitoisuusaineistossa (mediaani 4,6–7,4 mg/kg) ja Koljosen (1992) aineistossa (keskiarvo 5 mg/kg) ovat moninkertaisia vuoden 2017 alemmalla määrittämissä näytteisiin verrattuna. Turpeen arseenipitoisuuden keskiarvo vuoden 2017 näytteissä on 1,65 mg/kg).

Turpeen arseenipitoisuuden mediaani koko aineistossa (2,50 mg/kg) on puolet valtioneuvoston haitallisten aineiden asetuksen mukaisesta arseenin kynnysarvosta (5 mg/kg, VnA 214/2007). Lähinnä Kruunupyyn Latonevan ja Stormossen-Lanjärvmossenin poikkeuksellisen korkeat arvot nostavat keskiarvon (3,80 mg/kg) lähelle kynnysarvoa. Soilla, joilla arseenipitoisuudet ovat poikkeuksellisen suuria, sitä voi olla missä tahansa turvekerrostuman osassa, mutta suurimmat arseenipitoisuudet ovat yleensä suon pohjalla mineraalainesta sisältävissä turpeissa (Virtanen 2004), mikä tuli hyvin esille tässäkin laajassa aineistossa. Aiempien tutkimusten mukaan polttoturpeen arseenipitoisuuden keskiarvo on 3,28 mg/kg ja mediaani 3,1 mg/kg (Alakangas et al. 2016, Vähä-Savo et al. 2016).

Koko turvenäyteaineiston kadmiumpitoisuuden mediaani (0,25 mg/kg) on neljäsosa valtioneuvoston kadmiumille asettamasta kynnysarvosta (1 mg/kg, VnA 214/2007). Vuoden 2017 näytteet analysoitiin tarkemmalla menetelmällä 503PM, ja turvenäytteiden kadmiumpitoisuudelle saatiin keskiarvoksi 0,13 mg/kg ja mediaaniksi 0,07 mg/kg. Turpeen kadmiumpitoisuus on vuoden 2017 näytteissä samaa luokkaa tai alempi kuin mineraalimaassa, kun vertailuaineistona ovat GTK:n maaperän taustapitoisuusaineistot (mediaani 0,05–0,18 mg/kg) ja Koljosen (1992) aineisto (keskiarvo 0,3 mg/kg). Turpeen kadmiumpitoisuuden mediaani on selvästi alempi kuin humuksessa verrattuna maaperän taustapitoisuusaineistoon (0,36 mg/kg) ja Salmisen ym. (2011) aineistoon (0,40 mg/kg).

Korkeimmat kadmiumpitoisuuden mediaanit ovat humuksessa. Humuksen kadmiumpitoisuus on 4–5-kertainen vuoden 2017 turvenäytteisiin verrattuna ja myös korkeampi kuin koko turvenäyteaineistossa. Koko turvenäyteaineiston kadmiumpitoisuuden mediaani on n. 3–5-kertainen hiekka- ja moreeninäytteiden arvoihin nähden. Saven pintamaanäytteiden kadmiumpitoisuuden mediaani on vajaan kolmanneksen pienempi kuin koko turvenäyteaineistossa ja saven pohjamaanäytteiden mediaanipitoisuus reilu kolmannes turvenäyteaineiston vastaavasta arvosta. Mineraalimaanäytteistä erityisesti pohjamaanäytteissä on kadmiumin pitoisuus jäänyt usein alle määrittämissä rajan. Liitteen 1 taulukossa on siksi alle määrittämissä rajan olevat mineraalimaanäytteiden arvot otettu mukaan laskentaan antamalla niille arvo nollan ja määrittämissä rajan puolivälistä.

Sekä arseenin että kadmiumin analyysitulosten mediaani ja keskiarvo koko turvenäyteaineistossa antavat kuitenkin liian korkeita pitoisuuksia, sillä ennen vuotta 2017 otetuissa näytteissä yli 90 % kadmium- ja kaksi kolmannesta arseeninäytteistä on jäänyt käytetyimmän menetelmän 503P määrittämissä rajojen alapuolelle. Alle määrittämissä rajan jääneet tulokset ovat katsauksessa mukana siten, että niille on annettu lukuarvo oletetun määrittämissä rajan ja nollan puolivälistä. Silti arseenin ja kadmiumin keskiarvot ja mediaanit näyttäisivät jäävän jonkin verran todellisuutta korkeammiksi. Polttoturpeen kadmiumpitoisuuden keskiarvo on 0,13 mg/kg ja mediaani 0,12 mg/kg (Vähä-Savo et al. 2016).

Turpeen kuparipitoisuuden mediaani 5,4 mg/kg on alempi kuin humuksella (7,6 mg/kg) (Salminen et al. 2011) ja selvästi alempi kuin maaperän kuparipitoisuuden keskiarvo (25 mg/kg) (Koljonen 1992). GTK:n maaperän taustapitoisuusaineiston tulokset ovat samansuuntaiset (mediaaniarvo humusnäytteissä 11,6 mg/kg ja mineraalimaalajeilla 9,4–37,8 mg/kg). Talvivaaran alueen turpeista n. 100 metrin päässä kaivoksesta on tavattu näihin verrattuna hyvin korkeita kuparipitoisuuksia. Tuossa aineistossa turpeen kuparipitoisuuden maksimiarvo 316 mg/kg (Mäkilä et al. 2012) on turvetietokannan korkeimpien arvojen tasolla, ja tutkimuspisteiden keskiarvot olivat välillä 17–179,4 mg/kg. Kupari onkin yleensä rikastunut malmin päällä olevaan turpeeseen (Virtanen 2017). Polttoturpeen kuparipitoisuuden keskiarvo on 7,41 mg/kg ja mediaani 6,9 mg/kg (Vähä-Savo et al. 2016).

Turvenäytteiden nikkelpitoisuuden mediaani (3 mg/kg) on vain reilu puolet humusnäytteiden vastaavasta arvosta (5,06 mg/kg) (Salminen et al. 2011). Hiekka- ja moreeninäytteiden nikkelpitoisuuden mediaani on noin nelinertainen ja savinäytteiden 10–12-kertainen turvenäytteisiin verrattuna. Samansuuntaiseen tulokseen on Koljonen (1992) päättänyt saatuaan maaperän nikkelpitoisuuden keskiarvoksi 20 mg/kg. Turvenäytteiden nikkelpitoisuuden keskiarvo on 6,4 mg/kg. Talvivaaran Ni-Cu-Zn-Co-esiintymä vaikuttaa läheisen Valumasuon näytteiden kohonneisiin koboltti-, rauta-, nikkeli- ja sinkkipitoisuuksiin, mutta ei niin selvästi näy suosta otettujen näytteiden kohonneina kuparipitoisuuksina. Tämä johtuu kuparin huonommasta liikkuvuudesta ja nopeasta pidätyksestä humukseen (Karinen 2013). Talvivaaran viereisen suon turvenäytteiden keskimääräinen nikkelpitoisuus 238,9 mg/kg (Mäkilä et al. 2012) on lähes 26-kertainen GTK:n turvetietokannan keskimääräiseen nikkelpitoisuuteen verrattuna. Talvivaaran vaikutus näkyy myös läheisen Valumasuon kohonneina turpeen ja sen alla olevien liejujen ja saostumien nikkelpitoisuuksina. Nikkelillä on erittäin vahva taipumus rikastua suon pohjaturvekerrostumaan (Yliruokanen 1981, Virtanen 1978). Polttoturpeen nikkelpitoisuuden keskiarvo on 4,4 mg/kg ja mediaani 3,8 mg/kg (Vähä-Savo et al. 2016).

Turvenäytteiden lyijypitoisuuden mediaani (2,5 mg/kg) on vajaa kuudestoista osa GTK:n maaperän taustapitoisuusaineiston humusnäytteiden vastaavasta arvosta (39,6 mg/kg). Salmisen et al. (2011) tutkimuksessa humusnäytteiden lyijypitoisuuden mediaani oli samaa luokkaa (31,1 mg/kg). Lyijy näyttääkin selvästi rikastuneen humuskerrokseen. Hiekka- ja soranäytteiden kuten moreeninäytteidenkin lyijypitoisuuden mediaanit ovat GTK:n maaperän taustapitoisuusaineistossa turvenäytteiden mediaaniarvoa korkeampia (4–7,7 mg/kg). Savinäytteiden mediaanien keskiarvo on 6–7-kertainen turvenäytteisiin verrattuna (15,1–17,2 mg/kg). Koljosen (1992) mukaan maaperän lyijypitoisuuden keskiarvo on 17 mg/kg. Turvenäytteiden lyijypitoisuuden keskiarvo on 4,5 mg/kg. Suurimmat lyijypitoisuudet on lähes poikkeuksetta tavattu pintaturpeista. Joissakin tapauksissa on epäiltävissä läheisellä ampumaradalla tai kaatopaikalla voivan olla osuutta kohonneisiin pitoisuuksiin. Lähes puolet lyijymäärittäyksistä on antanut hyvin pieniä arvoja, mikä näkyy hyvin myös jana-laattakokuviosta. Polttoturpeen lyijypitoisuuden keskiarvo on 3,65 mg/kg ja mediaani 3,4 mg/kg (Vähä-Savo et al. 2016).

Tutkimuksessamme havaittiin korkeimpien lyijypitoisuuksien esiintyvän yleensä pintaturpeessa. Tämä johtuu lyijylaskeuman sitoutumisesta tiukasti turpeeseen ja pysymisestä suurelta osin liikkumattomana pohjaveden korkeuden vaihdelllessakin (Vile et al. 1999). Yleinen käsitys on, että lyijyioni on vähiten liikkuva turpeessa johtuen voimakkaasta sitoutumisesta orgaaniseen ainekseen (Smieja-Król et al. 2010). Tämä selittänee suurelta osin lyijyn muista alkuaineista poikkeavan käyttäytymisen. Myös aiemmissa tutkimuksissa (Salmi 1956, Shoty et al. 2016) on havaittu suurimpien lyijypitoisuuksien esiintyvän turvekerrostuman pinnan lähellä.

Turpeen rikkipitoisuuden mediaani (1 770 mg/kg) on lähes viidesosan korkeampi kuin humuskerroksen vastaava arvo GTK:n maaperän taustapitoisuusaineistossa (1 454 mg/kg). Samaa luokkaa on humusnäytteiden rikkipitoisuuden mediaani (1 540 mg/kg) Salmisen et al. (2011) tutkimuksessa. Mineraalimaanäytteiden mediaaniarvoihin (45–216 mg/kg) GTK:n maaperän

taustapitoisuusaineistossa verrattuna turpeen rikkipitoisuus on n. 8–39-kertainen. Koljosen (1992) mukaan rikkipitoisuuden keskiarvo maaperässä on 800 mg/kg. GTK:n turvenäytteissä rikkipitoisuuden keskiarvo on 2 853 mg/kg. Rikki näyttää siten selvästi rikastuvan turve- ja humuskerrokseen. Korkeimmat arvot johtunevat lähinnä suon lähellä olevista mustaliuskeista. Siksi mustaliuskeiden läheisyydessä on usein tarvetta tiheämmälle analyysipisteiden sijainnille. Rikki on makroravinne, jota kasvit keräävät, mikä heijastuu kasvien hajoamistuotteista muodostuneen turpeen pitoisuuksissa erityisesti järvi-ruokoturpeissa. Useimmat metalliset haitta-aineet muodostavat rikin kanssa pelkistävässä oloissa sulfidisaostumia (Heikkinen 2000).

Turvenäytteiden sinkkipitoisuuden mediaani (3,9 mg/kg) on n. 16 kertaa alempi kuin humusnäytteiden vastaava arvo GTK:n maaperän taustapitoisuusaineistossa (62,6 mg/kg). Salmisen et al. (2011) tutkimuksessa humusnäytteiden mediaaniksi saatiin 44,4 mg/kg. Hiekan ja soran sekä moreenin mediaanipitoisuudet sinkille GTK:n maaperän taustapitoisuusaineistossa (33,6–55,7 mg/kg) ovat noin 9–14-kertaiset turpeen vastavaan arvoon verrattuna, savella (103–103,9 mg/kg) noin 26–27-kertaiset. Koljosen (1992) mukaan maaperän sinkkipitoisuuden keskiarvo on 70 mg/kg. GTK:n turvenäytteiden sinkkipitoisuuden keskiarvo on 13,9 mg/kg. Polttoturpeen sinkkipitoisuuden keskiarvo on 7,54 mg/kg ja mediaani 7,3 mg/kg (Vähä-Savo et al. 2016).

Turvenäytteiden hiilipitoisuuden keskiarvo on 51,7 % kuiva-aineesta. Näytteistä 96 % on hiilipitoisuudeltaan välillä 45–62 %. Alakangas et al. (2016) ovat saaneet turpeen hiilipitoisuudeksi 46–59 %. Vitt et al. (2000) saivat mantereisen Länsi-Kanadan soiden hiilipitoisuudeksi keskimäärin 51,8 %, Tomlinson ja Davidson (2000) Pohjois-Irlannin neljältä kohosuolta keskiarvoksi 51,1 %. Korkeita pitoisuuksia tavataan yleensä turvekerrostumien keski- ja pohjaosien hyvin maatuneista sararahka- tai rahkasaturpeista. Hiilipitoisuus riippuu lähes aina maatuneisuudesta. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat kasvillisuuskoostumus ja pH: Saturpeiden hiilipitoisuus on yleensä jonkin verran korkeampi kuin rahkaturpeilla. Humusnäytteiden hiilipitoisuuden

keskiarvo on 37,6 % ja mediaani 40,8 % (Salmisen et al. 2011).

Korkeimmat alkuainepitoisuudet ovat yleensä turvekerrostuman keski- ja pohjaosassa. Muista alkuaineista poiketen lyijy on selvästi rikastunut humukseen ja myöskin pintaturvekerrostumaan. Korkeita alkuainepitoisuuksia näyttää esiintyvän trofialtaan erilaisilla suotyypeillä. Tämä osoittaa GTK:n alkuaineanalyysiaineiston tulosten olevan samansuuntaisia esim. Virossa (Orru & Orru 2006) tehtyjen tutkimusten kanssa. Eutrofisten suotyyppien vähäisyys turpeen alkuaineaineistossa ja soiden kehityshistoriasta johtuva tulointaprotektiikka vaatisi perusteellisempaa asian selvittelyä ennen kunnon johtopäätöksiä alkuainepitoisuuksien ja ravinteisuuden suhteesta. Korkeimmat turpeen alkuainepitoisuudet liittyvät usein runsastuhkaisiin pohjaturpeisiin. Lyijy on selvä poikkeus tästä.

Alkuainemääritysten tarkkuuden lisäämiseksi on turpeen alkuainemäärityksissä siirrytty jo vuoden 2017 näytteiden analysoinnissa käyttämään enemmän menetelmää 503PM, jolla saadaan alempien määritysrajojen ansiosta tarkkoja arvoja myös monilla etenkin haitallisilla alkuaineilla (arseeni ja kadmium) hyvin pienistä pitoisuuksista turpeessa.

Kirjallisuus

- Alakangas, E., Hurskainen, M., Laatikainen-Luntama, J. & Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettävien polttoturpeiden ominaisuuksia. VTT Technology 258: 1–263. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T258.pdf>
- Energiaturpeen laatuohje 2017. <https://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2017/VTT-M-05993-17.pdf>
- Evira 2018. Tuhkan käyttö lannoitteena. <http://aineisto.ruokavirasto.fi/evira20181231/www/kasvit/viljely-ja-tuotanto/lannoitevalmisteet/kierratysravinteet/tuhkan-kaytto-lannoitteena/index.html>
- Hatakka, T., Tarvainen, T., Jarva, J., Backman, B., Eklund, M., Huhta, P., Kärkkäinen, N. & Luoma, S. 2010. Pirkanmaan maaperän geokemialliset taustapitoisuudet. Geologian

- tutkimuskeskus, tutkimusraportti 182: 1–105. http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_182.pdf
- Heikkinen, P. 2000. Haitta-aineiden sitoutuminen ja kulkeutuminen maaperässä. Summary: Retention and migration of harmful substances in the soil. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti – Geological Survey of Finland, Report of Investigation 150: 1–74. http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_150.pdf
- Herranen, T. 2009. Turpeen rikkipitoisuus Suomessa. Geologian tutkimuskeskus, Turvetutkimusraportti 398: 1–55. http://tupa.gtk.fi/raportti/turve/tr_398.pdf
- Herranen, T. & Toivonen, T. 2018. Turpeen alkuainemääritykset GTK:ssa. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimustyöraportti 73: 1–45. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/73_2018.pdf
- Holappa, K. 2010. Pohjois-Pohjanmaan, Kainuun ja Koillismaan suotyyppien suokasvien ekologiat. *Res. Terrae Ser. A* 30: 1–126. https://www oulu.fi/resterr/jutut/A30_Holappa.pdf
- Huotari, N. 2012. Tuhkan käyttö metsälannoitteena. *Metsäntutkimuslaitos* 49 s. <http://www.metla.fi/julkaisut/isbn/978-951-40-2371-2/tuhkan-kaytto-metsalannoitteena.pdf>
- Karinen, J. 2013. Mustaliuskekallioperän vaikutus turpeen geokemiaan Sotkamon Talvivaarassa, Pro-Gradu, Helsingin yliopisto, Matemaattisluonnontieteellinen tiedekunta, Geotieteiden ja maantieteen laitos. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41128/Karinen_Pro-Gradu.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Kauppapuutarhaliitto 2018. Kasvuturpeen ja turvepohjaisten kasvialustojen laatuohje. 12 s. <https://kauppapuutarhaliitto.fi/wp-content/uploads/2018/12/Kasvuturve-laatuohje.pdf>
- Koljonen, T. 1992. Kartoituksen tulokset. *Julkaisussa: Koljonen, T. (toim.). Suomen geokemian atlas, Osa 2: Moreeni. Geologian tutkimuskeskus: 106–125.*
- Lehtovaara, J., Ovaskainen, J. & Wichmann, A. 2014. Turpeen elohopea-, kadmium-, nikkeli- ja lyijypitoisuudet TASO-hankkeen turvetuotantoalueilla. *Vapo Oy*. 43 s. <http://ymparisto.fi/download/noname/%7B904ED0EE-63E4-4CEB-8AEB.../99800>
- Luukkanen, A. 2014. Iisalmen turpeiden kemiaa. Geologian tutkimuskeskus, Turvetutkimusraportti 451: 1–63. http://tupa.gtk.fi/raportti/turve/tr_451.pdf
- Maa- ja metsätalousministeriö 2011. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista. Asetus nro 24/11. Helsinki, 13.9.2011. <https://mmm.fi/elaimet-kasvit/lannoitevalmisteet>
- Maaperän taustapitoisuudet karttapalvelu. Geologian tutkimuskeskus. <https://gtkdata.gtk.fi/Tapir/>
- Mäkilä, M., Loukola-Ruskeeniemi, K. & Säävuori, H. 2012. High pre-mining metal concentrations and conductivity in peat around the Talvivaara nickel deposit, eastern Finland. *Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti* 196: 1–36. http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_196.pdf
- Orru, H. & Orru, M. 2006. Sources and distribution of trace elements in Estonian peat, *Global and Planetary Change* 53(4): 249–258. <https://www.sciencedirect.com/journal/global-and-planetary-change/vol/53/issue/4>
- Reinikainen, J. 2007. Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määrittämisperusteet. *Suomen ympäristö* 23: 1–168. <https://core.ac.uk/download/pdf/14927040.pdf>
- Salmi, M. 1955. Prospecting for bog-covered ore by means of peat investigations. *Geological Survey of Finland, Bulletin - Bulletin de la Commission Géologique de Finlande* 169: 1–34. http://tupa.gtk.fi/julkaisu/bulletin/bt_169.pdf
- Salmi, M. 1956. Peat and bog plants as indicators of ore minerals in Vihanti ore field in western Finland. *Geological Survey of Finland, Bulletin - Bulletin de la Commission Géologique de Finlande*. 175: 22 s. http://tupa.gtk.fi/julkaisu/bulletin/bt_175.pdf
- Salminen, R., Bogatyrev, I., Chekushin, V., Glavatskikh, S. P., Gregorauskiene, V., Niskavaara, H., Selenok, L., Tenhola, M. & Tomilina, O. 2003. Barents Ecogeochemistry - a large geochemical baseline study of heavy metals and other elements in surficial deposits, NW-Russia and Finland. In: *Geological Survey of Finland, Current Research 2001-2002. Geological Survey of Finland. Special Paper* 36: 45–52. http://tupa.gtk.fi/julkaisu/specialpaper/sp_036.pdf
- Salminen, R., Chekushin, V., Gilucis, A.,

- Gregorauskiene, V., Petersell, V. & Tomilina, O. 2011. Distribution of Elements in Terrestrial Mosses and the Organic Soil Layer in the Eastern Baltic Region. Geological Survey of Finland, Special Paper 50: 1–31. http://tupa.gtk.fi/julkaisu/specialpaper/sp_050.pdf
- Smieja-Król, B., Fialkiewicz-Koziel, B., Sikorski, J. & Palowski, B. 2010. Heavy metal behaviour in peat – A mineralogical perspective. *Science of the Total Environment* 408 (23): 5924–5931. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969710008934?via%3Dihub>
- Shotyk, W., Appleby, P.G., Bicalho, B., Davies, L., Froese, D., Grant-Weaver, I., Krachler, M., Magnan, G., Mullan-Boudreau, G., Noerberg, T., Pelletier, R., Shannon, B., van Bellen, S. & Zaccone, C. 2016. Peat bogs in northern Alberta, Canada reveal decades of declining atmospheric Pb contamination. *Geophys Res. Lett.* 43: 9964–9974. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2016GL070952>
- Tarvainen, T. 2004. Arseeni maaperässä. Julkaisussa: Loukola-Ruskeeniemi, K. ja Lahermo, P. (toim.). Arseeni Suomen luonnossa, ympäristövaikutukset ja riskit. Geologian tutkimuskeskus: 45–49. http://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej_045.pdf
- Tomlinson, R. & Davidson, L. 2000. Estimates of carbon stores in four 695 Northern Irish lowland raised bogs. *Suo* 51(3): 169–179. <http://suo.fi/pdf/article9801.pdf>
- Valtionneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (214/2007) 2007. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070214>
- Vile, M. A., Kelman Wieder, R. & Novák, M. 1999. Mobility of Pb in Sphagnum-derived peat. *Biogeochemistry* 45(1): 35–52. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00992872>
- Virtanen, K. 1978. Mineralisaation kuvastuminen turpeessa kolmella Keski-Pohjanmaan suolla. Pro gradu -tutkielma, Turun yliopisto, maaperägeologia. 1–152 s.
- Virtanen, K. 1986. Suoekosysteemi raskasmetallien pidättäjänä. Lisensiaattityö. Turun yliopisto maaperägeologia: 1–79 s. (+ 91 liitesivua).
- Virtanen, K. 1994. Geological control of iron and phosphorus precipitates in mires of the Ruukki-Vihanti area, Central Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 375: 1–69 s. http://tupa.gtk.fi/julkaisu/bulletin/bt_375.pdf
- Virtanen, K. 1995. Turpeen geokemialliset tutkimukset Ylivieskan Sydännevalalla (2431 07). Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti P. 45.002: 1–12 s. (+ 5 liitettä). http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/p45_002.pdf
- Virtanen, K. 2004. Arseeni Pohjois-Pohjanmaan soiden turvekerrostumissa. Arseeni Suomen luonnossa, ympäristövaikutukset ja riskit. Geologian tutkimuskeskus: 51–58. http://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej_045.pdf
- Virtanen, K. 2005. Turpeen geokemiasta. Julkaisussa: Salminen, R. (toim.), Seitsemännet geokemian päivät 24.–25.2.2005. Vuorimiesyhdistys, Sarja B 83: 35–40.
- Virtanen, K. 2017. Soiden ja turpeen tutkimuksen kehitys 100 vuoden aikana Suomessa. Suot 100 vuotiaassa Suomessa osa II Suoseuran seminaari 21.11.2017, Tieteiden talo, Helsinki. <http://www.suoseura.fi/wp-content/uploads/2018/01/Virtanen-suoseuran-esitys.pdf>
- Virtanen, K., Kokkola, M. & Sandberg, E. 1997. Turpeen geokemialliset tutkimukset Ilomantsin Pampalossa. Julkaisussa: Lestinen, P. (toim.). Neljännet geokemian päivät, 12.–13.11.1997, laajat tiivistelmät. Vuorimiesyhdistys, Sarja B 64: 103–109.
- Virtanen, K. & Lerssi, J. 2006. Mustaliuskekilajin vaikutus turpeen alkuainepitoisuuksiin. Geologian tutkimuskeskus (GTK). Itä-Suomen yksikkö. S42/0000/2006/1. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/s42_0000_2006_1.pdf
- Virtanen, K. & Lerssi, J. 2008. The influence of metal bearing black schist bedrock to metal and sulphur contents of peat deposits. Julkaisussa: Farrell, C. & Feehan, J. (toim.). After Wise Use – The Future of Peatlands. Proceedings of the 13th International Peat Congress, Tullamore, Ireland 8–13 June 2008. Volume 2, Poster presentations. International Peat Society: 55–59.
- Vitt, D.H., Halsey, L.A., Bauer, I.E. & Campbell, C. 2000. Spatial and temporal trends in carbon storage of peatlands of continental western Canada through the Holocene. *Canadian Journal of Earth Sciences* 37: 683–693. <https://>

www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.1139/e99-097

Vähä-Savo, N., Salonen, M. & Lehtovaara, J. 2016. Heavy metal content in fuel peat. Proceedings of the 15th International Peat Congress, Kuching, Sarawak, Malaysia, 15–19 August 2016.

Ylirokanen, I. 1981. The occurrence of copper and nickel in some Finnish peat bogs. *Kemia*

– Kemi 4: 229–233.

Ympäristöministeriö 2007. Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. Abstract: Assessment of soil contamination and the remediation need. *Ympäristöhallinnon ohjeita 2: 1–210*. Helsinki, Ympäristöministeriö. http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/41523/OH_2_2007.pdf

Liite 1. Alkuainepitoisuuksien mediaanit turpeessa, humuksessa ja eri maalajeissa. Tulokset on saatu GTK:n analyysitietokannasta ja maaperän taustapitoisuusraporteista. *Appendix 1. Medians of the elements in peat, humus and different soil types. The results have been received from the analysis database and the geochemical baseline reports of GTK.*

	Turve	Humus	Hiekka & Sora pintamaa	Hiekka & Sora pohjamaa	Moreeni pintamaa	Moreeni pohjamaa	Savi pintamaa	Savi pohjamaa
	Peat	Humus	Sand & Gravel surface soil	Sand & Gravel bottom soil	Moraine surface soil	Moraine bottom soil	Clay surface soil	Clay bottom soil
	mg/kg							
Al	1860	3138	11589	9314	14146	12296	24263	29648
As	2,5	1,8	5	5,1	4,6	4,9	6,5	7,4
Ba	4,5	88,5	35,2	41,8	41,1	40,5	140,3	180,1
Be	0,1	0,1	0,4	0,3	0,5	0,4	1	1,1
Ca	2870	3991	1121	1360	985	1239	3919	5087
Cd	0,25	0,36	0,08	0,06	0,06	0,05	0,18	0,09
Co	0,5	1,9	5,7	5,6	6,8	6,1	18,8	21,2
Cr	3	7,6	21,6	21	24	22,1	60,1	73,9
Cu	5,4	11,6	9,4	13,9	9,4	15	27,2	37,8
Fe	4420	4240	15746	14114	19325	15392	38509	46502
K	50	1095	887	1522	864	1688	4784	7132
Mg	523	935	3581	4111	3540	4010	9101	12140
Mn	36,3	438	161,6	141,7	188	144,9	604,9	600,7
Mo	0,5	0,6	0,5	0,4	0,8	0,7	1,3	1
Na	25	78	71	89	85	106	226	385
Ni	3	8	11	12	11	13	29	37
P	471	893	542	354	389	356	644	592
Pb	2,5	39,6	6,3	4	7,7	5,1	17,2	15,1
S	1770	1454	112	45	158	90	216	62
Sr	23,3	27,3	6,7	6,7	6,7	6,8	29,7	32,9
Ti	38	307	793	772	1059	1031	1935	2497
U	0,64	0,49	1,25	1,36	1,42	1,81	4,12	4,83
V	5,44	13,37	29,54	26,55	35,62	30,43	77,54	89,36
Zn	3,9	62,6	40,8	34,1	55,7	33,6	103	103,9

Summary: The element assays of peat in the Geological Survey of Finland – results of wide scale peat analyses

The Geological Survey of Finland (GTK) has thus far studied 2.29 million ha of the total peatland area of Finland (5.1 million ha). The peat data generated in peat mapping has been saved in a peat database maintained by GTK. This contains data on nearly 18 000 peatlands, totalling more than 1.75 million study and depth points. Samples have been taken for more detailed laboratory analyses from almost 9 900 peatlands. In these peatlands, there have been over 19 000 sampling points, over 1 700 of which have been elemental assay points.

In addition to recording the peat type and humification, the peat samples have also nearly always been assayed for their ash and water content. Almost 219 000 ash content and almost 217 000 water content assays have been conducted. For those samples that have been precisely volume weighted (almost 182 000), the dry bulk density has been assayed. Over 125 000 calorific value determinations have been performed. The peat sulphur content has been assayed for over 66 000 samples and the pH value for over 175 000 samples. In addition, the carbon and nitrogen content has been determined for over 8 500 samples.

The majority of the peat sample series taken in connection with peat studies have extended from the surface to near the bottom of the peat layer, with the samples being a continuum of 20-cm clip-pings. Most of the elemental assays in connection with peat mapping have been carried out so that in addition to samples taken from surface and bottom parts, assays have also been conducted on several samples between them. It has been attempted to assay elements from every second or third sample, mainly depending on the thickness of the peat stratum.

Elemental assays were formerly carried out in the chemistry laboratory of GTK, but following its incorporation in 2006, they have been carried out Eurofins Labtium. The assay method used is that involving nitric acid dissolution of dried and comminuted peat (0.5 g) in a microwave oven (US EPA 3051A), and the element concentrations are determined by ICP-OES and ICP-MS. ICP-MS (method 503M of Labtium) can detect elements at very low concentrations.

A summary of the peatland, municipality and county-specific data is available via the Internet in the peat resource accounting of GTK (www.gtk.fi/turvevarat), in which the study data are updated. The earlier published municipal reports, nearly 470 in total, can be found in the Hakku data service of GTK (<https://hakku.gtk.fi/fi/reports>).

The contents of most elements in peat are lower or clearly lower than in mineral soil and are often at the same level as in the humus layer. The median of the sulphur content of peat is almost one third higher than the corresponding value of humus. Compared with mineral soil, the median of the sulphur content of peat is approximately 8–39 times higher. Sulphur therefore clearly appears to be enriched in the peat and humus layer. Exceptionally high element contents of peat often indicate the presence of black schist zones nearby, and high element contents can also be useful in ore prospecting.

The highest element contents are usually in the middle part and bottom part of peat stratum. Lead contrast other elements and is clearly enriched in surface stratum of peat. This derives from the immobility of lead in peat and from the fact that much of lead has come of fall-out. Often the highest element contents are found in the samples with high ash content. Lead makes an exception. The samples with high lead content have low ash content.