

Tammervoima Oy:n Tarastenjärven hyötyvoimalaitoksen neulastutkimus vuonna 2017

Nab Labs Oy

Henna Toivanen

5



Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Aineisto ja menetelmät	1
2.1	Tutkimusalat ja alueen kuvaus	1
2.2	Neulasten alkuaine- ja yhdistepitoisuudet ja niiden määrittäminen	2
2.3	Tutkittujen alkuaineiden ja yhdisteiden esiintyminen neulasissa	4
3	Tulokset.....	6
	Viitteet.....	10

Liite 1. Dioksiini- ja furaanipitoisuudet näytteissä

Jyväskylässä 16.5.2017



Henna Toivanen
ympäristöasiantuntija

1 Johdanto

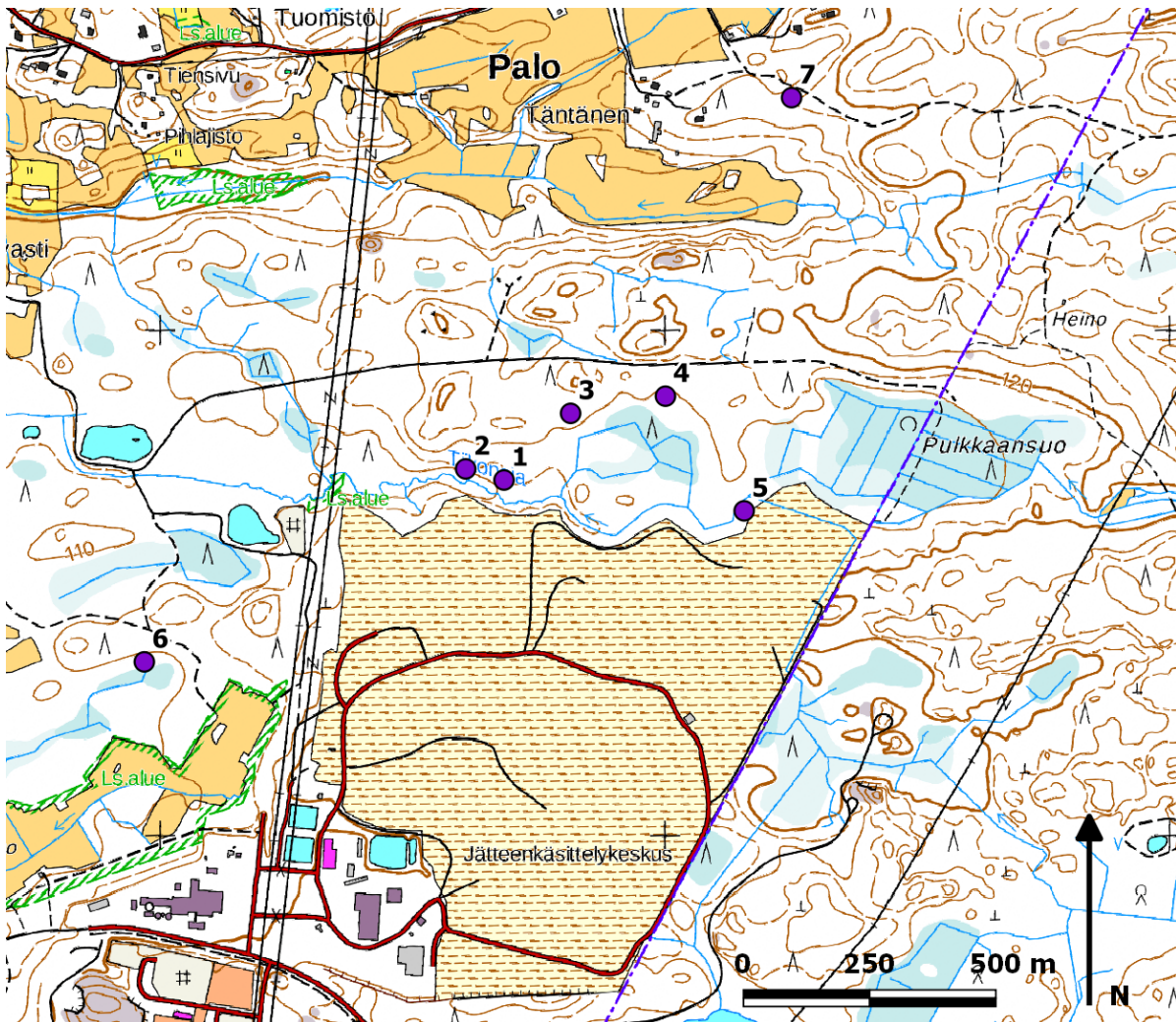
Nab Labs Oy selvitti Tammervoima Oy:n toimeksiannosta Tarastenjärven hyötyvoimalaitoksen ympäristön neulaspitoisuuksia vuonna 2017. Laboratorioinsinööri Tony Pirkola otti neulasnäytteet 26.1.2017 ja ympäristöasiantuntija Henna Toivanen koosti raportin.

Raportissa käytetyt kartat ovat Maanmittauslaitoksen avointa aineistoa.

2 Aineisto ja menetelmät

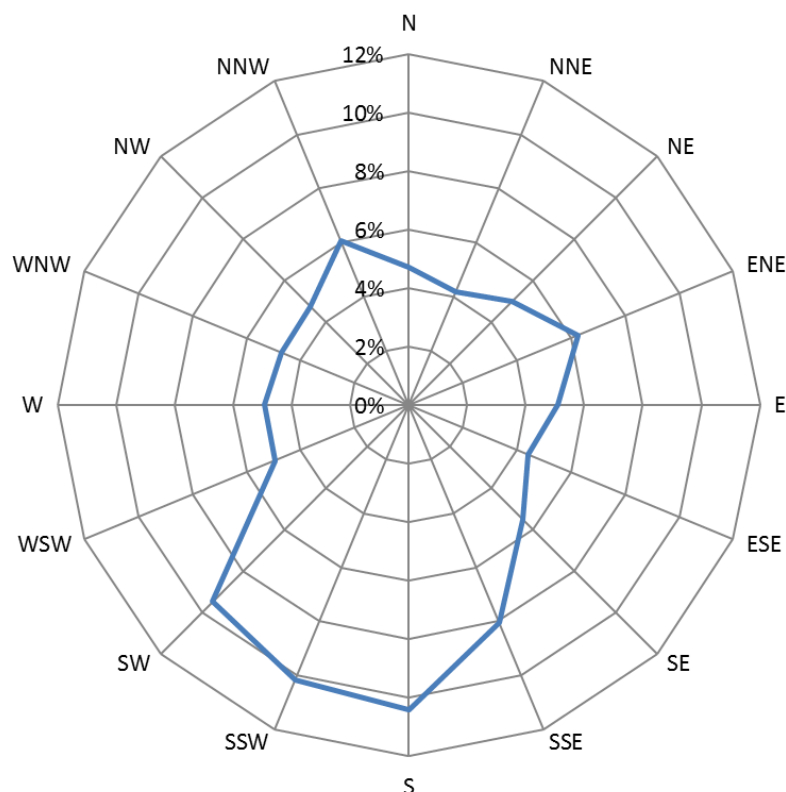
2.1 Tutkimusalat ja alueen kuvaus

Tarastenjärven hyötyvoimalaitos sijaitsee Tampereella noin 10 km kaupungin keskustasta koilliseen. Laitoksen lähin asutus on pohjoisessa ja luoteessa n. 700-800 m etäisyydellä alueesta. Neulastutkimus tehtiin laitoksen ympäristöön sijoittuvilla 7 tutkimusalalla, joista alat 1-5 ovat olleet mukana vuonna 2013 tehdyssä alkutilaselvityksessä (Metla 2013). Kaksi alaa perustettiin uusina. Uusien alojen perustamisessa pyrittiin valitsemaan kasvuolosuhteiltaan mahdollisimman tasalaatuisia, ki-
vennäismaalla sijaitsevia alueita. Alojen näytepuulaji oli valtalajin mukaisesti joko mänty tai kuusi.



Kuva 1. Tutkimusalojen sijainti.

Tampereella tuulet puhalsivat yleisimmin etelän ja lounaan suunnasta (yhteensä 30 %) (Kuva 2.) Tutkimusalojen sijoittelu vastaa vallitsevaa tuulensuuntaa hyvin, sillä kaikki tutkimusalat sijaitsivat hyötyvoimalaitoksen pohjois- ja koillispuolella.



Kuva 2. Tampereella vuonna 2016 vallinneet tuulensuunnat. Sää tiedot ovat Siilinkarin säähavainto-asemalta.

2.2 Neulasten alkuaine- ja yhdistepitoisuudet ja niiden määrittäminen

Kultakin koealalta otettiin 5 koepuuta. Vuoden 2013 puita ei ollut merkitty maastoon, mutta vanhojen alatietojen perusteella pyrittiin löytämään samat puut kuin aikaisemmassa tutkimuksessa. Tutkimusalat merkittiin valkoisella spraymaalimerkillä 1. puun runkoon.

Koealoilla 1, 3 ja 6 näytepuulaji oli mänty ja muilla kuusi. Neulasnäytteet otettiin elävän latvuksen ylimmästä kolmanneksesta. Koepuista mitattiin niiden alakohtainen keskimääräinen pituus ja puun ympärysmitta rinnankorkeudelta. Alalla 6 oli tehty harvennustöitä.

Näytteet esikäsiteltiin puukohtaisesti irrottamalla näyteoksista neulaset neulasvuosikerroittain (uusimmat eli vuonna 2016 syntyneet neulaset ja vuonna 2015 syntyneet neulaset). Näytteet yhdistettiin vuosikerroittain alakohtaisiksi näytteiksi. Neulasnäytteet kerättiin standardin SFS 5669 mukaisesti talvella 2015 samoilta tutkimusaloilta, joilta jäkälähavainnot edellisenä kesällä tehtiin. Neulasnäytteet kerätään puiden lepoaikana, jolloin neulasten alkuainepitoisuuksissa on vähemmän vaihtelua kuin kasvukaudella (esim. Raitio ja Merilä 1998). Näytepuista katkaistiin 3-4 oksaa eri puolilta latvustoa 8-12 metrin korkeudelta. Näytteet pakattiin muovipusseihin, joita säilytettiin pakastimessa näytteiden esikäsittelyyn asti. Näytteistä erotettiin toisen vuosikasvaimen neulaset (vuoden 2013 vuosikerta), jotka kuivatettiin paperipusseissa noin 40°C lämpötilassa noin viikon ajan. Kuivatut neu-

lasit jauhettiin homogeeniseksi massaksi ja hajotettiin väkevän typpihapon avulla märkäpoltolla mikroaaltopolttolaitteistossa. Jäähtyneet näytteet laimennettiin vedellä ja sentrifugoitiin. Neulasnäytteiden alkuainepitoisuudet typpeä lukuun ottamatta ICP-OES -laitteistolla (Jobin-Yvon Ultima 2) standardin SFS-EN ISO 11885:98 mukaisesti ja ICP-OES -laitteistolla (Agilent 7500ce) standardin SFS-EN ISO 17294-2:05 mukaisesti (taulukko 15). Rinnakkaismääritysten lisäksi alkuainemääritysten laadunvarmistukseen käytetään laboratorion sisäisiä kontrollinäytteitä. Tulokset on ilmoitettu kuiva-ainetta (105 °C) kohti. Orgaanisista yhdisteistä dioksiinit ja furaanit analysoitiin sisäisellä menetelmällä (perustuu EPA 1613) GC-MSMS-laitteistolla. HCB ja PCB analysoitiin sisäisellä menetelmällä GC-ECD-laitteistolla.

Näytteistä analysoitiin samat alkuaineet kuin vuonna 2013: alumiini (Al), arseeni (As), boori (B), barium (Ba), kalsium (Ca), kadmium (Cd), kromi (Cr), kupari (Cu), rauta (Fe), kalium (K), magnesium (Mg), mangaani (Mn), molybdeeni (Mo), typpi (N), natrium (Na), niobium (Nb), nikkeli (Ni), fosfori (P), lyijy (Pb), palladium (Pd), rikki (S), tina (Sn), strontium (Sr), tantaali (Ta), telluuri (Te), vanadiini (V), volframi (W) ja sinkki (Zn).

Lisäksi analysoitiin hiili (C), typpi (N), niobium (Nb), palladium (Pd), tantaali (Ta), telluuri (Te) ja sinkki (Zn), sekä dioksiinit (PCDD), furaanit (PCDF), polyklooratut bifenyylit (PCB) ja heksaklooribentseeni (HCB). Näytteet käsiteltiin ja analysoitiin Nab Labs Oy:n akkreditoidussa testauslaboratoriossa. Typpi- ja hiilianalyysit tehtiin Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:ssä. Taulukossa 1 on esitetty tutkittujen alkuaineiden ja yhdisteiden määritysrajat ja määrittämisvarmuudet.

Taulukko 1. Akkreditoinnit ja menetelmät.

AL-KU-AINE	MENETELMÄ	AKKREDITOITU	MÄÄRITYSRAJA mg/kg	MITTAUSEPÄVARMUUS
Al	ICP-OES	x	5	5-15 mg/kg $\pm$ 3 mg/kg > 15 mg/kg $\pm$ 20 %
As	ICP-MS	x	0,05	0,05-0,15 mg/kg $\pm$ 0,03 mg/kg > 0,15 mg/kg $\pm$ 20 %
B	ICP-OES	x	1	1-3 mg/kg $\pm$ 0,6 mg/kg > 3 mg/kg $\pm$ 20 %
Ba	ICP-OES		0,5	0,5-2,5 mg/kg $\pm$ 0,5 mg/kg > 2,5 mg/kg $\pm$ 20 %
Ca	ICP-OES	x	10	10-40 mg/kg $\pm$ 6 mg/kg > 40 mg/kg $\pm$ 15 %
Cd	ICP-MS	x	0,05	0,05-0,15 mg/kg $\pm$ 0,03 mg/kg > 0,15 mg/kg $\pm$ 20 %
Cr	ICP-MS	x	0,1	0,1-0,3 mg/kg $\pm$ 0,06 mg/kg > 0,3 mg/kg $\pm$ 20 %
Cu	ICP-OES	x	1	1-4 mg/kg $\pm$ 0,6 mg/kg > 4 mg/kg $\pm$ 15 %
Fe	ICP-OES	x	3	3-20 mg/kg $\pm$ 2 mg/kg > 20 mg/kg $\pm$ 15 %
K	ICP-OES	x	30	30-150 mg/kg $\pm$ 15 mg/kg > 150 mg/kg $\pm$ 10 %
Mg	ICP-OES	x	10	10-50 mg/kg $\pm$ 5 mg/kg > 50 mg/kg $\pm$ 10 %
Mn	ICP-OES	x	0,2	0,2-0,7 mg/kg $\pm$ 0,1 mg/kg > 0,7 mg/kg $\pm$ 15 %
Mo	ICP-MS	x	0,1	0,1-0,3 mg/kg $\pm$ 0,06 mg/kg > 0,3 mg/kg $\pm$ 20 %
N				
Na	ICP-OES	x	30	30-100 mg/kg $\pm$ 15 mg/kg > 100 mg/kg $\pm$ 15 %
Nb	ICP-MS		1	1- 2,5 mg/kg $\pm$ 1 mg/kg > 2,5 mg/kg $\pm$ 20 %
Ni	ICP-OES	x	1	1-5 mg/kg $\pm$ 1 mg/kg > 5 mg/kg $\pm$ 20 %
P	ICP-OES	x	10	10-50 mg/kg $\pm$ 5 mg/kg > 50 mg/kg $\pm$ 10 %
Pb	ICP-MS	x	0,05	0,05-0,15 mg/kg $\pm$ 0,03 mg/kg > 0,15 mg/kg $\pm$ 20 %
Pd	ICP-MS		1	1- 2,5 mg/kg $\pm$ 1 mg/kg > 2,5 mg/kg $\pm$ 20 %
S	ICP-OES	x	15	15-80 mg/kg $\pm$ 8 mg/kg > 80 mg/kg $\pm$ 10 %
Sn	ICP-MS		0,2	0,2-0,5 mg/kg $\pm$ 0,1 mg/kg > 0,5 mg/kg $\pm$ 20 %
Sr	ICP-OES		0,5	0,5-1,5 mg/kg $\pm$ 0,3 mg/kg > 1,5 mg/kg $\pm$ 20 %
Ta	ICP-MS		1	1- 2,5 mg/kg $\pm$ 1 mg/kg > 2,5 mg/kg $\pm$ 20 %
Te	ICP-MS		1	1- 2,5 mg/kg $\pm$ 1 mg/kg > 2,5 mg/kg $\pm$ 20 %
V	ICP-MS	x	0,1	0,05-0,15 mg/kg $\pm$ 0,03 mg/kg > 0,15 mg/kg $\pm$ 20 %
W	ICP-MS		1	1- 2,5 mg/kg $\pm$ 1 mg/kg > 2,5 mg/kg $\pm$ 20 %
Zn	ICP-OES	x	1	1-5 mg/kg $\pm$ 1 mg/kg > 5 mg/kg $\pm$ 20 %
PCDD /F	sis. men, GC-MSMS		0,005	
PCB	sis. men, GC-ECD		0,05*	
HCB	sis. men, GC-ECD		0,005	

* Kokonaispitoisuudelle

2.3 Tutkittujen alkuaineiden ja yhdisteiden esiintyminen neulasissa

Neulasiin kertyy epäpuhtauksia sekä juuristojen kautta, että suoraan ilmasta neulasten pintasolu-koista, ja osa laskeumasta jää neulasten pinnoille kulkeutumatta eteenpäin (Jussila ym. 1999). Neulasten alkuainepitoisuudet kuvaavat kuormitusta suhteellisesti, sillä osa alkuaineista on aina peräisin maaperän luontaisista ravinnevaroista (Jussila ym. 1999). Alkuainepitoisuuksien perusteella voi-

daan tehdä päätelmiä ravinteiden keskinäisistä suhteista, puutostiloista tai myrkyllisen korkeista pitoisuuksista. Voimakkaat sateet laskevat neulasten alkuainepitoisuuksia (Huttunen 1982). Myös latvustosta voi huuhtoutua ravinteita alempien neulasten pinnoille; nämä ravinteet ovat peräisin lehtisolukoista ja kuivalaskeumasta (Helmisaari 1993). Neulasten vanhetessa helposti liikkuvien ravinteiden (N, S, Mg, K) pitoisuudet pienenevät, ja heikosti liikkuvien (Ca, Mn) pitoisuudet kasvavat. Neulasten iän vaikutusta on tutkimuksissa pyritty vakioimaan tekemällä analyysit toisen vuosikerran neulasista. Kuormitetuilla alueilla rikkipitoisuudet voivat kuitenkin päinvastoin kasvaa neulasten vanhetessa (Nieminen ym. 1993, Helmisaari 1993).

Yksiselitteisiä ohjearvoja neulasten alkuainepitoisuuksille ei juurikaan ole arvojen vaihdellessa eri lähteissä (vrt. Reinikainen ym. 1998). Neulasten eri (ravinne)pitoisuuksille annettuja viitearvoja on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Neulasten alkuainepitoisuuksien viitearvoja kangasmaan metsille (Reinikainen ym. 1998, Braecke 1995, Mätkönen 1991 ja Raitio 1994 mukaan).

Mänty	Ankara puutos	Sopiva (optimi)	Keskiarvo	Minimi	Maksimi
B mg/kg	alle 4	yli 8,0	12,1	3,6	27,6
Ca g/kg	1,0 - 2,1	yli 3,0	1,85 - 2,28	1,14	4,24
Cu mg/kg	1,9 - 3,0	ei optimiarvoa	2,6 - 3,2	0,8	5,9
Fe mg/kg	27 - 30	ei optimiarvoa	46,4	24,3	148
K g/kg	3,0 - 4,1	5,0 - 7,0	4,82 - 4,87	3,1	8
Mg g/kg	0,3 - 0,7	0,5 - 1,0	0,99 - 1,07	0,52	1,48
Mn mg/kg	alle 7,0	ei optimiarvoa	409 - 555	157	767
N %	1,1 - 1,3	1,5 - 2,1	1,23	0,74	2,25
P g/kg	0,8 - 1,2	1,4 - 1,8	1,46 - 1,52	0,98	3
S g/kg	0,5 - 0,9	yli 0,9	0,94	0,66	1,42
Zn mg/kg	alle 5,0	ei optimiarvoa	40 - 46	25,5	61

Dioksiinit on yhteisnimitys monille kemikaaleille, joihin kuuluu polykloorattuja dibentso-p-dioksiineja (PCDD-yhdisteitä), polykloorattuja dibentsofuraaneja (PCDF-yhdisteitä) ja eräitä ns. dioksiininkaltaisia polykloorattuja bifenyylejä (PCB-yhdisteitä). Dioksiinit ja PCB-yhdisteet ovat erittäin kestäviä sekä kemiallista että mikrobiologista hajoamista vastaan, ja siten hyvin pysyviä ympäristössä. Rasvaliukoisina ne kertyvät ravintoketjussa ylöspäin siirryttäessä entistä suuremmiksi pitoisuuksiksi (THL 2017). Myös heksaklooribentseeni on ympäristössä erittäin pysyvä. Edellä mainittuja yhdisteitä on käytetty teollisuuskemikaaleina, palonestoaineina tai torjunta-aineina ja niitä muodostuu myös epätäydellisen palamisen seurauksena energiantuotannossa, liikenteessä ja jätteiden poltossa (Ympäristöministeriö 2017).

Neulasten dioksiini- ja furaanipitoisuuksille tai PCB- ja HCB -pitoisuuksille ei ole olemassa raja-arvoja. EU:n komission antaman direktiivin 2006/13/EY mukaan esimerkiksi kasviperäisten rehuaineiden sisältämille PCDD/PCDF-yhdisteille on asetettu enimmäisrajaksi 0,75 pg/g. Pitoisuus on ilmoitettu WHO:n toksisuusekvivalentteina käyttäen toksisuusekvivalenssikertoimia (2006/13/EY).

3 Tulokset

Alkuainepitoisuudet

Alkuainepitoisuuksien tulokset on esitetty taulukossa 3. Muiden ravinteiden osalta neulasten ravinnepitoisuudet vastasivat keskimäärin tyypillisten kangasmaan metsien ravinnetilaa, mutta kalsiumin, kaliumin ja raudan puutosta esiintyi jonkin verran.

Arseenin, molybdeenin, volframin, telluurin, palladiumin, niobiumin ja tinan pitoisuudet jäivät pääsääntöisesti alle menetelmien määritysrajojen tai lähelle määritysrajaa. Kromin ja kadmiumin pitoisuudet olivat hieman vähentyneet neulasissa edelliseen tutkimukseen verrattuna, ja alumiinin pitoisuudet kasvaneet. Suurimmat pitoisuudet esiintyivät vuoden 2015 neulasvuosikerroissa. Nikkeliä, fosforia, rikkiä ja sinkkiä mitattiin kuitenkin lähes kaikissa tapauksissa enemmän vuoden 2016 neulasvuosikerroista. Neulasvuosikertojen erot olivat kuitenkin pääsääntöisesti pieniä.

Raskasmetallien, kuten lyijyn ja kadmiumin suurimmat pitoisuudet mitattiin alalta 1. Lähimpänä hyötyvoimalaitosta sijaitsevan alan nro 6 alkuainepitoisuudet olivat samaa tasoa muiden alojen pitoisuuksien kanssa. Kauimpana laitoksesta eli hieman alle 2 km etäisyydellä sijaitsevalla alalla (nro 7) kadmium-, kromi- ja vanadiinipitoisuudet olivat hieman matalampia kuin lähempänä laitosta.

Orgaaniset yhdisteet

Dioksiinien ja furaanien pitoisuudet neulasissa WHO:n toksisuusekvivalentteina ilmaistuna on esitetty taulukossa 4. Kaikki tulokset ovat raportin liitteessä 1. Neulasten dioksiini- ja furaanipitoisuuksien summat vaihtelivat 1,6 – 3,4 pg/g välillä (Taulukko 4, ”summa”-sarake). Suurin summapitoisuus mitattiin alalta 1. Tällä alalla nuorimman ja vuotta vanhemman neulasvuosikerran välillä oli selvä ero, sillä vuoden 2015 neulasissa pitoisuus oli 3,4 pg/g ja 2016 vuosikerrassa 1,8 pg/g. Muutoin alojen tai neulasvuosikertojen välillä ei ollut havaittavissa selviä eroja.

Heksaklooribentseenin (HCB) ja polykloorattujen bifenyyliden (PCB) tulokset on esitetty taulukossa 5. Heksaklooribentseenistä ainoastaan alalla nro 4 pitoisuus (0,009 mg/kg) ylitti määritysrajan (0,005 mg/kg). PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuus jäi kaikilla aloilla alle määritysrajan.

Taulukko 3. Alkuainepitoisuudet aloilla. Kaikki alkuainepitoisuudet ovat mg/kg kuiva-ainetta. Neulasten kuivapaino on ilmoitettu 100 neulasta kohti (g). Nvk = neulasvuosikerta, missä C = 2016 ja C+1 = 2015.

Ala	Puu nro	nvk	kuiva- paino g	Al	As	B	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb	Pd	S	Sn	Sr	Ta	Te	V	W	Zn
1	1-5	C	1,5653	450	0,06	16	10	1 400	0,16	0,4	8	140	2 200	1 600	390	<0,1	21	<1	4	2 500	1,5	<1	1 600	0,5	10	<1	<1	0,11	<1	78
1	1-5	C+1	1,5999	590	0,1	14	14	2 000	0,16	0,6	9	270	2 100	1 400	550	0,1	69	<1	2	2 400	2,1	<1	1 600	0,4	15	<1	<1	0,22	<1	83
2	6-10	C	0,3031	130	<0,05	16	60	1 200	0,06	0,4	6	100	2 200	1 100	680	<0,1	15	<1	3	1 600	1	<1	950	0,7	33	<1	<1	0,08	<1	58
2	6-10	C+1	0,3466	140	0,05	11	61	1 900	0,06	0,4	5	120	2 100	960	960	<0,1	19	<1	2	1 500	0,9	<1	960	<0,2	35	<1	<1	0,1	<1	53
3	11-15	C	1,0137	440	0,05	16	9,3	740	0,09	0,1	5	97	1 800	1 100	460	0,1	18	<1	3	2 100	0,4	<1	1 300	0,6	9,7	<1	<1	0,09	<1	63
3	11-15	C+1	1,1833	490	0,06	9	13	1 100	0,08	0,2	5	110	1 600	980	570	<0,1	44	<1	<1	2 300	0,4	<1	1 300	<0,2	14	<1	<1	0,13	<1	60
4	16-20	C	0,3099	93	<0,05	8	66	1 200	<0,05	0,1	3	69	1 500	1 300	880	<0,1	12	<1	2	1 600	0,2	<1	980	0,7	36	<1	<1	0,06	<1	38
4	16-20	C+1	0,3668	100	<0,05	6	67	2 000	<0,05	0,1	3	76	1 500	1 100	940	<0,1	21	<1	1	1 300	0,2	<1	910	<0,2	38	<1	<1	0,09	<1	28
5	21-25	C	0,4709	180	0,16	17	61	1 400	0,05	0,2	4	190	1 600	1 400	1 300	<0,1	15	<1	2	1 700	0,2	<1	1 200	0,5	29	<1	<1	0,2	<1	55
5	21-25	C+1	0,5733	220	0,14	16	65	2 300	0,06	0,2	3	220	1 600	1 200	1 300	<0,1	19	<1	2	1 300	0,2	<1	1 100	<0,2	32	<1	<1	0,27	<1	46
6	26-30	C	1,4661	340	<0,05	9	3,9	610	0,07	0,1	4	84	1 400	1 300	680	<0,1	28	<1	3	2 400	0,2	<1	1 300	0,7	5,8	<1	<1	0,07	<1	64
6	26-30	C+1	1,5934	400	<0,05	6	4,7	1 100	0,06	0,2	4	120	1 500	1 100	830	<0,1	90	<1	1	2 400	0,3	<1	1 400	<0,2	7,5	<1	<1	0,12	<1	61
7	31-35	C	0,3393	80	<0,05	11	74	1 300	<0,05	<0,1	3	47	1 600	1 100	1 300	<0,1	<10	<1	3	2 000	<0,1	<1	920	0,6	31	<1	<1	<0,05	<1	51
7	31-35	C+1	0,3709	99	<0,05	9	72	1 700	<0,05	<0,1	3	58	1 300	750	1 500	<0,1	11	<1	2	1 200	0,1	<1	660	<0,2	34	<1	<1	<0,05	<1	47

Taulukko 4. Näytteiden dioksiini (PCDD)- ja furaanipitoisuudet (PCDF) WHO-TEF 2005 -ekvivalentteina. Tulokset ovat yksikössä pg/g.

Ala	nvk																		SUMMA PCDD ja PCDF
		1,2,3, 2,3,7,8- TCDD	1,2,3, 7,8- PeCDD	1,2,3, 4,7,8- HxCDD	1,2,3, 6,7,8- HxCDD	1,2,3, 7,8,9- HpCDD	1,2,3,4, 6,7,8- OCDD	1,2,3,4, 6,7,8,9- TCDF	1,2,3, 7,8- PeCDF	2,3,4, 7,8- PeCDF	1,2,3, 4,7,8- HxCDF	1,2,3, 6,7,8- HxCDF	2,3,4, 6,7,8- HxCDF	1,2,3, 7,8,9- HxCDF	1,2,3,4, 6,7,8- HpCDF	1,2,3,4, 7,8,9- HpCDF	1,2,3,4, 6,7,8,9- OCDF		
1	C	0,5	0,5	0,05	0,05	0,05	0,0125	0,00102	0,05	0,015	0,15	0,0825	0,05	0,05	0,05	0,153	0,01	0,014	1,8
1	C+1	0,5	0,5	0,05	0,05	0,05	0,015	0,0029	0,05	0,022	0,22	0,54	0,19	0,15	0,05	0,8	0,069	0,19	3,4
2	C	0,5	0,5	0,05	0,05	0,05	0,011	0,0013	0,05	0,015	0,15	0,05	0,05	0,05	0,05	0,12	0,021	0,073	1,8
2	C+1	0,5	0,5	0,05	0,05	0,05	0,01	0,00052	0,05	0,015	0,15	0,05	0,05	0,05	0,05	0,032	0,01	0,0051	1,6
3	C	0,5	0,5	0,05	0,05	0,05	0,01	0,00059	0,05	0,015	0,15	0,05	0,05	0,05	0,05	0,019	0,01	0,0003	1,6
3	C+1	0,5	0,5	0,05	0,05	0,05	0,013	0,001	0,05	0,015	0,15	0,095	0,05	0,05	0,05	0,095	0,012	0,026	1,8
4	C	0,5	0,5	0,05	0,05	0,05	0,01	0,00047	0,05	0,024	0,15	0,05	0,05	0,05	0,05	0,17	0,01	0,0052	1,8
4	C+1	0,5	0,5	0,05	0,05	0,05	0,01	0,00058	0,05	0,015	0,15	0,11	0,05	0,05	0,05	0,11	0,022	0,064	1,8
5	C	0,5	0,5	0,05	0,05	0,05	0,01	0,00094	0,05	0,015	0,15	0,13	0,054	0,05	0,05	0,2	0,029	0,091	2
5	C+1	0,5	0,5	0,05	0,05	0,05	0,01	0,00084	0,05	0,015	0,15	0,1	0,05	0,05	0,05	0,12	0,019	0,058	1,8
6	C	0,5	0,5	0,05	0,05	0,05	0,01	0,00067	0,05	0,015	0,15	0,05	0,05	0,05	0,05	0,26	0,01	0,019	1,9
6	C+1	0,5	0,5	0,05	0,05	0,05	0,01	0,00065	0,05	0,015	0,15	0,05	0,05	0,05	0,05	0,031	0,01	0,0018	1,6
7	C	0,5	0,5	0,05	0,05	0,05	0,01	0,00042	0,05	0,015	0,15	0,05	0,05	0,05	0,05	0,051	0,01	0,02	1,7
7	C+1	0,5	0,5	0,05	0,05	0,05	0,01	0,00029	0,05	0,015	0,15	0,06	0,05	0,05	0,05	0,3	0,01	0,0068	1,9

Viitteet

Brække, F. 1994. Diagnostiske grensevier for naeringselementer i gran-og furunåler. Aktuelt fra skog-forsk 15/94.

Euroopan komissio. 2006/13/EY. Komission direktiivi haitallisista aineista eläinten rehuissa annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2002-32-EY liitteiden I ja II muuttamisesta dioksiinin ja dioksiinin kaltaisten PCB-yhdisteiden osalta. Euroopan unionin virallinen lehti.

Helmisaari, H-S. 1993. Metsikön ja puun ravinnekierto. Teoksessa Hyvärinen, A., Jukola-Sulonen, E.-L., Mikkela, H. ja Nieminen, T. (toim.) Metsäluonto ja ilmansaasteet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 446, Helsinki.

Huttunen, S. 1982. Some experience on standardised monitoring of urban pollution in forest ecosystems. Teoksessa: Steubing, L. and Jäger, H.-J. (eds.): Monitoring of air pollutants by plants. Junk Publisher, The Hague. pp 155-161.

Jussila, I., Joensuu, E. ja Laihonen, P. 1999. Ilman laadun bioindikaattoriseuranta metsäympäristössä. Ympäristöopas 59. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Edita, Helsinki.

Metla 2013. Neulastutkimus Tampereen Tarastenjärvellä. Aro L. Dnro 932/28/2012.

Mälkönen, E. 1991. Maa- ja neulasanalyysin käyttökelpoisuus metsänhoitotoimenpiteiden suunnittelussa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 381. Joensuun tutkimusasema. 52-61.

Nieminen, T., Raitio, H. ja Salemaa, M. 1993. Neulasten kemiallinen koostumus elinvoimatunnukseksi. Teoksessa Hyvärinen, A., Jukola-Sulonen, E.-L., Mikkela, H. ja Nieminen, T. (toim.) Metsäluonto ja ilmansaasteet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 446, Helsinki.

Raitio, H. 1994. Kangasmetsien ravinnetila neulasanalyysin valossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 527. 25-34.

Reinikainen, A., Veijalainen, H. ja Nousiainen, H. 1998. Puiden ravinnepuutokset - metsänkasvattajan ravinneopas. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 688.

Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2017. Dioksiinit ja PCB-yhdisteet. Luettu 21.4.2017. <https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/tarkempaa-tietoa-ymparistomyrkyista/dioksiinit-ja-pcb-yhdisteet>

Ympäristöministeriö 2017. Ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa. Luettu 21.4.2017. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ilman_epapuhtauksien_paastot/Ilman_epapuhtauksien_paastot_Suomessa%289416%29

Liite 1. Dioksiini- ja furaanipitoisuudet näytteissä.

1395-1_14_PCDD_F TULOKSET

2017-1395

Liite



Nab Labs Oy / Jyväskylä
Survontie 9 YAD, 40500 Jyväskylä

Table 1a. The content of polychlorinated-p-dioxins and -furans in the sample.

Upper limit	Menetelmä	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5	Näyte 6	Näyte 7	Näyte 8	Näyte 9
		Neulaset	Neulaset	Neulaset	Neulaset	Neulaset	Neulaset	Neulaset	Neulaset	Neulaset
		väh nolla	väh nolla	väh nolla	väh nolla	väh nolla	väh nolla	väh nolla	väh nolla	väh nolla
Dioxins and furans	pg/g	1395-1	1395-2	1395-3	1395-4	1395-5	1395-6	1395-7	1395-8A	1395-8B
2,3,7,8-TCDD	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,7,8-PeCDD	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	1.0	1.5	1	1.3	1	1	1	1	1	1.5
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD	1.5	9.5	1.7	3.4	1.9	2.8	2.2	0.98	2.5	4.4
2,3,7,8-TCDF	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,7,8-PeCDF	0.5	0.72	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	0.74	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.5	5.4	0.5	0.95	1.1	1	0.5	0.6	0.79	0.86
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.5	1.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1.3	80	3.2	9.5	11	12	3.1	30	25	5.6
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	1.0	6.9	1	1.2	2.2	1.9	1	1	1	1
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDF	28	630	17	88	210	190	6.0	23	41	54
Summa PCDD ja PCDF	38	740	30	110	240	220	19	61	77	73

Table 1b. The content of polychlorinated-p-dioxins and -furans in the sample.

Upper limit	Menetelmä	Näyte 10	Näyte 11	Näyte 12	Näyte 13	Näyte 14	Näyte 15
		Neulaset	Neulaset	Neulaset	Neulaset	Neulaset	Neulaset
		väh nolla	väh nolla	väh nolla	väh nolla	väh nolla	väh nolla
Dioxins and furans	pg/g	1375-9	1375-10	1375-11	1375-12	1375-13	1375-14
2,3,7,8-TCDD	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,7,8-PeCDD	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	1.0	1.1	1	1	1	1	1
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD	1.5	4.2	2	1.6	3.1	2.2	1.4
2,3,7,8-TCDF	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,7,8-PeCDF	0.5	0.5	0.5	0.8	0.5	0.5	0.5
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.5	0.5	0.5	0.5	1.3	0.5	0.5
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.5	0.5	0.5	0.5	0.54	0.5	0.5
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.51	0.5
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1.3	12	1.9	17	20	26	5.1
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	1.0	2.1	1	1	2.9	1	1
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDF	28	240	1	17	300	63	66
Summa PCDD ja PCDF	38	270	13	44	340	99	81

Summa PCDD/F: määrittäjäraja tai määrittäjärajan ylittävien yhdisteiden summa.

Tutkimuslaskelmaa saa kopioida vain kokonaan.

Tulokset pätevät vain testatuille näytteille.

Menetelmän määrittäjäraja on: tetra-hexa PCDD/F 0.5 pg/g ja hepta-okta PCDD/F 1 pg/g

Nab Labs Oy, www.nablabs.fi, Pääkonttori: Survontie 9 YAD, 40500 Jyväskylä, Vat. No. FI 02831264

Raportoija Erik Sandell, Erikoisasiantuntija
Pvm. 22.03.2017



Nab Labs Oy / Jyväskylä
Survontie 9 YAD, 40500 Jyväskylä

Taulukko 2a. Näytteen dioksiini- ja furaanipitoisuudet, WHO-TEF 2005 ekvivalentteina.

"Upperbound limit" ZB-5ms	Näyte 1 Neulas 1395-1	Näyte 2 Neulas 1395-2	Näyte 3 Neulas 1395-3	Näyte 4 Neulas 1395-4	Näyte 5 Neulas 1395-5	Näyte 6 Neulas 1395-6	Näyte 7 Neulas 1395-7	Näyte 8 Neulas 1395-8A	Näyte 9 Neulas 1395-8B
Dioksiinit ja furaanit	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g
2,3,7,8-TCDD	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,7,8-PeCDD	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.015	0.01	0.013	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.015
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD	0.0029	0.00052	0.001	0.00058	0.00084	0.00065	0.00029	0.00074	0.0013
2,3,7,8-TCDF	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
1,2,3,7,8-PeCDF	0.022	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
2,3,4,7,8-PeCDF	0.22	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.54	0.05	0.095	0.11	0.1	0.05	0.06	0.079	0.086
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.19	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.15	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.8	0.032	0.095	0.11	0.12	0.031	0.3	0.25	0.056
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.069	0.01	0.012	0.022	0.019	0.01	0.01	0.01	0.01
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDF	0.19	0.0051	0.026	0.064	0.058	0.0018	0.0068	0.012	0.016
Summa PCDD ja PCDF	3.4	1.6	1.8	1.8	1.8	1.6	1.9	1.9	1.7

Taulukko 2 b. Näytteen dioksiini- ja furaanipitoisuudet, WHO-TEF 2005 ekvivalentteina.

"Upperbound limit" ZB-5ms	Näyte 10 Neulas 1375-9	Näyte 11 Neulas 1375-10	Näyte 12 Neulas 1375-11	Näyte 13 Neulas 1375-12	Näyte 14 Neulas 1375-13	Näyte 15 Neulas 1375-14
Dioksiinit ja furaanit	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g
2,3,7,8-TCDD	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,7,8-PeCDD	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.011	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD	0.0013	0.00059	0.00047	0.00094	0.00067	0.00042
2,3,7,8-TCDF	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
1,2,3,7,8-PeCDF	0.015	0.015	0.024	0.015	0.015	0.015
2,3,4,7,8-PeCDF	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.05	0.05	0.05	0.13	0.05	0.05
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.05	0.05	0.05	0.054	0.05	0.05
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.05	0.05	0.05	0.05	0.051	0.05
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.12	0.019	0.17	0.2	0.26	0.051
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.021	0.01	0.01	0.029	0.01	0.01
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDF	0.073	0.0003	0.0052	0.091	0.019	0.02
Summa PCDD ja PCDF	1.8	1.6	1.8	2.0	1.9	1.7

Summa PCDD/F: määräysraja tai määräysrajan ylittävien WHO-toksisuusekvivalenttien summa.

Tutkimuslauseen saa kopioida vain kokonaan.

Tulokset pätevät vain testatuille näytteille.

Nab Labs Oy, www.nablabs.fi, Pääkonttori: Survontie 9 YAD, 40500 Jyväskylä, Vat. No. FI 02831264

Raportoiija Erik Sandell, Consulting Specialist
Pvm. 22.03.2017