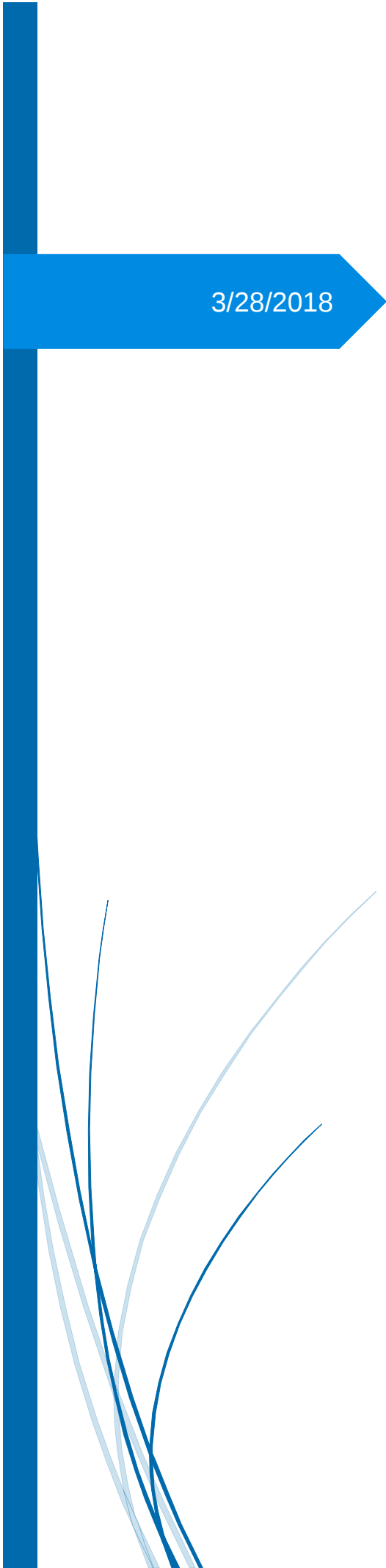
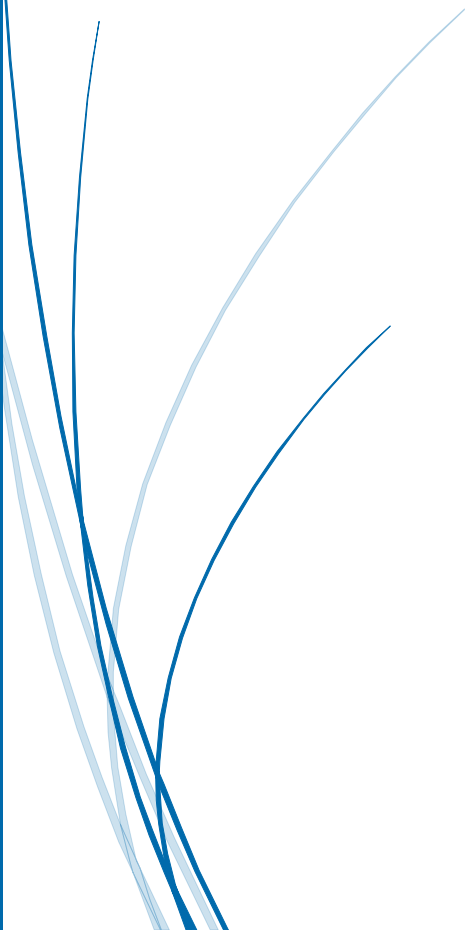




3/28/2018

Terässulaton raskasmetallipäästöt sekä dioksiini- ja furaanipäästöt

Selvitys



Sisällysluettelo

1	Johdanto	2
2	Haitalliset aineet	3
2.1	Raskasmetallit	3
2.2	Elohopea	5
2.3	Dioksiinit ja furaanit	6
3	Haitalliset aineet Tornion tehtaiden ympäristössä.....	9
3.1	Sammalten metallipitoisuuksia	9
3.1.1	Elohopea	9
3.1.2	Lyijy, kadmium ja arseeni	10
3.2	Dioksiini- ja furaanipitoisuuksia maaympäristössä	11
4	Tornion tehtaiden terässlaton päästöt.....	12
4.1	Raskasmetallit	12
4.2	Elohopea	13
4.3	Dioksiini- ja furaanipäästöt	14
5	Ympäristöluvan raja-arvot	15
5.1	Elohopea	15
5.2	Dioksiinit ja furaanit	16
6	Päästöjen vähentäminen.....	17
6.1	BAT-tekniikat	17
6.2	Elohopea	17
6.2.1	Jatkuvatoiminen mittaus ja raportointijärjestelmä	17
6.2.2	Elohopean poistolaitteisto	18
6.3	Dioksiinit, furaanit ja raskasmetallit	19
7	Tulevaisuuden toimenpiteitä	19
8	Yhteenveto	20
9	Viitteet.....	21



1 Johdanto

Pohjois-Suomen Aluehallintovirasto on velvoittanut Outokumpu Oy:n Tornion tehtaille 15.8.2012 annetun lupapäätöksen Nro 83/12/1 lupamääräyksessä 73 luvan saajan laatimaan yksityiskohtaisen selvityksen terässulaton elohopean, muiden höyrystyneiden metallien, dioksiinien ja furaanien päästöistä. Lisäksi lupamääräyksen mukaan selvitykseen on liitettävä teknis-taloudellinen arvio mahdollisuuksista tehostaa niiden poistomahdollisuuksia sulaton savukaasuista.

Tässä selvityksessä käydään läpi terässulaton elohopeapäästöjä perustuen sulaton omiin jatkuvatoimisiin mittalaitteisiin. Dioksiinien ja furaanien päästölaskennat puolestaan perustuvat ulkopuolisen akreditoidun mittalaboratorion tekemiin tarkkailuohjelman mukaisiin kertamittauksiin. Muista höyrystyvistä metalleista on tehty kertaluontoinen mittaus. Teknis-taloudellista arviota poistomahdollisuuksien tehostamisesta ei ole tehty, sillä terässulaton on asetettu puhdistinlaitteisto lupapäätöksen antamisen jälkeen.

Terässulatolla on tehty vuosien ajan aktiivisesti tutkimustyötä eteenkin elohopeapäästöjen vähentämiseksi. Valokaariuuneilla ja AOD-konverttereilla on käytössä jatkuvatoimisia elohopeamittalaitteita ja koekäyttöjen jälkeen vuonna 2015 on suurimmalle elohopeapäästölähteelle VKU2:lle investoitu elohopean poistolaitteisto. Poistolaitteiston myötä elohopeapäästöt ovat laskeneet selkeästi. Lisäksi poistolaitteiston voidaan olettaa vaikuttavan myös dioksiini- ja furaanipäästöihin sekä muihinkin raskasmetallipäästöihin vähentämällä niidenkin pitoisuuksia poistokaasuissa.



2 Haitalliset aineet

Haitallisilla aineilla tai haitta-aineilla tarkoitetaan usein tietoisesti tuotettuja ja käytettyjä kemikaaleja, erilaisissa prosesseissa tahattomasti syntyviä aineita sekä ympäristössä luonnostaan esiintyviä aineita, joilla on todettu tai joilla epäillään olevan haitallisia vaikutuksia ihmisiin tai ympäristöön jo suhteellisen pieninäkin pitoisuuksina. Haitallisten vaikutusten lisäksi haitta-aineille on ominaista kertyä maaperään ja vesistöihin. Lisäksi niiden puhdistaminen maaperästä, jätevesistä tai poistokaasuista on usein haasteellista. (Koskinen et al. 2005)

Elohopea sekä muut raskasmetallit ja dioksiinit kuuluvat niin sanottuihin klassisiin ympäristömyrkkyihin, joiden aiheuttamat ympäristöongelmat on tunnistettu jo vuosikymmeniä sitten. Niiden käyttöä on rajoitettu voimakkaasti, ja päästöt ja pitoisuudet ovatkin laskeneet vesiympäristöissä viime vuosikymmeninä. Esimerkiksi teollisuuden vesiin ja ilmaan kohdistuva metallikuormituksen globaali väheneminen näkyy Suomessa mm. pienten latvajärvien sedimentteihin kertyvien metallien vähenemisenä. Nykyisin haitallisten aineiden taso Suomessa muodostuu paikallisista päästölähteistä, kaukokulkeumasta sekä aiemmista päästöistä. Näiden aiempien päästöjen vuoksi haitta-aineita on kertynyt ympäristöön ja ne kiertävät yhä ekosysteemeissä. (Ympäristöhallinto 2017)

2.1 Raskasmetallit

Metallialkuaine luokitellaan raskasmetalliksi, jos sen tiheys on suurempi kuin 5 g/cm^3 . Raskasmetalleista osa on pieninä määrinä eli ns. hivenaineina elintärkeitä ja niitä onkin luonnostaan niin maaperässä, kasveissa kuin eläimissäkin. Liian suurina määrinä raskasmetallit ovat kuitenkin myrkyllisiä ja kerääntyvät elimistöön ja ravintoketjuihin. Ympäristön kannalta haitallisimpia ovat elohopea, lyijy ja kadmium. Lisäksi arseenia ja sen vaikutuksia on tutkittu laajasti. (Ympäristöhallinto 2017) Elohopea käsitellään tässä selvityksessä erikseen kappaleessa ”2.2 Elohopea”.

Lyijy on myrkyllistä hermostolle, ja vaikutukset näkyvät ensin ääreishermostossa ja sitten keskushermostossa. Lisäksi lyijyaltistuksesta seuraa munuaisten myrkyttymistä ja anemiamia. Kehityksen aikana herkin elin on kehittyvä keskushermosto, ja etenkin älyllinen kehitys kärsii. Lyijyä on käytetty bensiinissä nakutuksenestoaineena 1980-luvulle saakka. Käytön kieltämisen jälkeen esimerkiksi lasten veren lyijypitoisuudet ovat laskeneet merkittävästi. (Duodecim 2018)

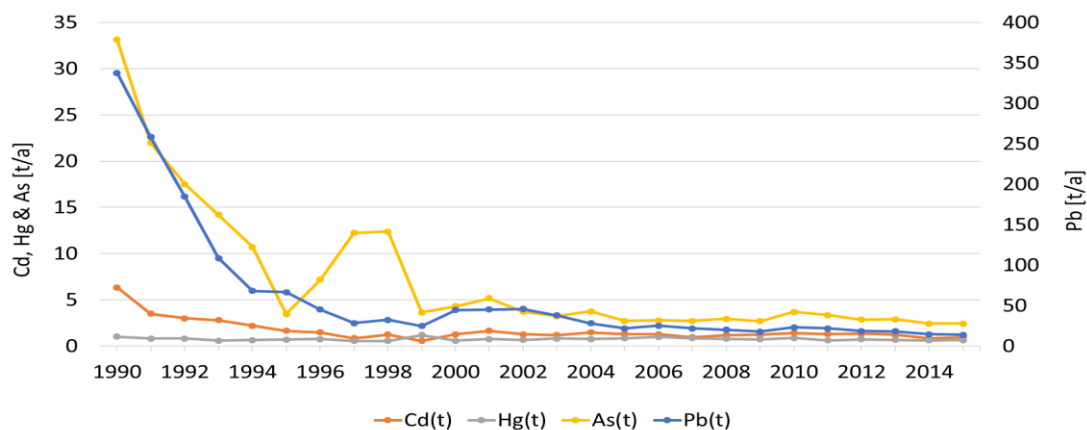
Kadmium on raskasmetalleista ainoa, jota kertyy merkittävästi juurien kautta kasveihin ja sitä kautta mm. riistaeläinten maksaan ja munuaisiin. Kadmiumin puoliintumisaika on kaikista raskasmetalleista pisin, noin 30 vuotta, joten elimistöön päädyttyään vain hyvin vähän siitä ehtii poistua eliniän aikana. Kadmium kertyy maksaan ja munuaisiin ja voi vuosien kuluessa aiheuttaa munuaisvaurion. Suurina määrinä kadmium vaikuttaa myös luukudoksen aineenvaihduntaan. Työaltistus kadmiumhuuruille voi aiheuttaa syöpää. (Duodecim 2018)

Arseni, ja ennen kaikkea arseenitrioksidi eli arsenikki, aiheuttaa suurina annoksina äkillisen myrkytyksen, jossa on oireina ripulia sekä muita ruoansulatuskanavan oireita. Lisäksi voi ilmetä myös muiden sisäelinten oireita, sillä arseeni vaikuttaa kaikkien solujen keskeisiin aineenvaihduntatoimintoihin. Verenkiertoelimistön pettäessä seuraa kuolema. Äkillisiä myrkytyksiä tärkeämpiä ovat kuitenkin arseenin pitkäaikaisesta saannista seuraavat haitat, joita ovat mm. ihomuutokset, ääreishermoston vauriot ja maksavauriot sekä kohonnut virtsarakon syöpäriski. (Duodecim 2018)

Lyijyn ja arseenin myrkyllisyys on tiedetty jo antiikin aikana. Suomessa ei vesijohtoverkostoissa ole käytetty lyijyä, toisin kuin muualla maailmassa, ja lyijyn käyttö kiellettiin Suomessa yleisestikin jo hyvin

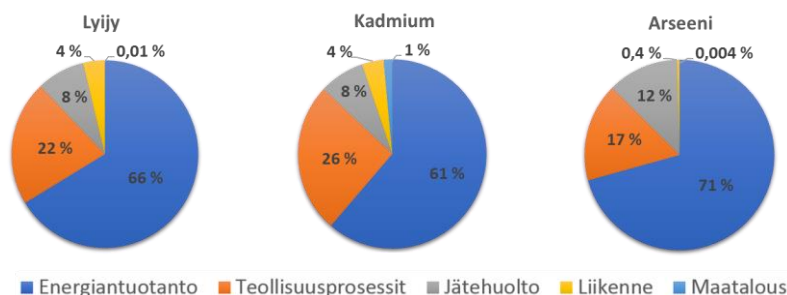
varhain. Esimerkiksi lyijypigmenttien, kuten lyijyvalkoisen, käyttö sisämaaleissa on kielletty jo 1920-luvulla. Tällä hetkellä lapset Suomessa altistuvat lyijylle mm. ruuan kautta (pitoisuudet kuitenkin alle suositusrajojen) sekä satunnaisten lelujen ja vaatteiden sisältämien lyijy-yhdisteiden kautta. Kadmiumia on päässyt aiemmin maaperään mm. lannoitteiden kautta. Nykyään Suomessa tuotetussa fosfaatissa on hyvin vähän kadmiumia, mutta aikaisemmin maahan tuoduissa fosfaateissa sitä oli melko paljonkin. Työympäristön altistusten lisäksi suurimmat kadmiumin lähteet ovat elintarvikkeet ja tupakka. Arseenin suurimmat lähteet Suomessa ovat ravinto ja juomavesi. Erityisesti tiettyjen alueiden porakaivojen vedessä on korkeita arseenipitoisuuksia. (Duodecim 2018)

Rajoitustoimien myötä etenkin arseenin ja lyijyn ilmapäästöt ovat pienentyneet Suomessa selkeästi vielä 1990-luvun alussakin (kuva 1). Lasku on jatkunut loivana myös 2000-luvulla. Myös kadmium- ja elohopeapäästöt ovat laskeneet viimeisten vuosikymmenten aikana. Elohopea päästöt tosin nousivat hiukan 2000-luvun alussa kääntyen taas loivaan laskuun. (Ympäristöhallinto 2017)



Kuva 1. Kadmiumin (Cd), elohopean (Hg), arseenin (As) ja lyijyn (Pb) vuosittaiset päästöt (t/a) ilmaan Suomessa vuosina 1990–2015. Vasen pystyakseli kuvaa kadmiumin, elohopean ja arseenin vuosittaisia tonnimääriä ja oikeanpuoleinen lyijyn. (Ympäristöhallinto 2017)

Vuonna 2015 ilmaan johdetut lyijypäästöt Suomessa olivat 19,1 t/a, kadmiumpäästöt 1,3 t/a ja arseenipäästöt 2,9 t/a. Suurin ilmapäästöjen tuottaja oli energiantuotanto, jonka osuus lyijypäästöistä oli 66 % (12,7 t/a), kadmiumin 61 % (0,8 t/a) ja arseenin 71 % (2,1 t/a). Teollisuuden osuus lyijypäästöistä oli 22 % (4,1 t/a), kadmiumpäästöistä 26 % (0,3 t/a) ja arseenipäästöistä 17 % (0,5 t/a). Myös jätehuolto tuotti em. päästöjä sekä pienemmässä määrin myös liikenne ja maatalous. Eri sektoreiden prosenttiosuudet vuoden 2015 ilmapäästöistä on esitetty kuvassa 2. (Ympäristöhallinto 2017)



Kuva 2. Lyijyn, kadmiumin ja arseenin päästölähteet Suomessa vuonna 2015. (Ympäristöhallinto 2017)



Edellä käsiteltyjen aineiden lisäksi raskasmetalleja ovat myös mm. koboltti, kromi, kupari, nikkeli, molybdeeni, sinkki ja vanadiini, jotka ovat myös ihmisen tarvitsemia hivenaineita. Vuonna 2015 Suomen ihmisperäiset kromipäästöt olivat 15,6 t/a, kuparipäästöt 39,6 t/a, nikkelpäästöt 16,9 t/a ja sinkkipäästöt 129,1 t/a. (Ympäristöhallinto 2017)

2.2 Elohopea

Elohopea kuuluu raskasmetalleihin ja sitä esiintyy luonnossa metallisena, epäorgaanisina suoloina ja orgaanisina yhdisteinä. Sitä pääsee ilmaan enemmän luonnollisista päästölähteistä (tulivuoret, metsäpalot, maaperä, ym.) kuin ihmisperäisen toiminnan aiheuttamana. Nestemäinen elohopea höyrystyy helposti erilaisiksi yhdisteiksi ja leviää ympäristöön, jolloin ilmakehän kaasumainen elohopea saattaa kulkeutua päästölähteestä tuhansien kilometrienkin päähän. Eläville organismeille elohopea on myrkyllistä. Suomessa ihmiset altistuvat elohopealle pääasiassa petokaloja syömällä. (LUKE 2013)

Elohopean esiintymismuodoista ympäristöterveydelle haitallisinta on orgaaninen metyylielohopea (MeHg), joka imeytyy parhaiten elimistöön ja läpäisee parhaiten myös veriaivoesteen päästen aivoihin. Kaikki elohopean muodot ovat kuitenkin suurina pitoisuuksina myrkyllisiä ja ne aiheuttavat laajan kirjon erityyppisiä oireita. Ihmiselle välittömät elohopeamyrkytyksen oireet ovat keskushermostoperäisiä, kuten käsien vapinaa, keskittymiskyvyn häiriöitä, tunto-, näkö- ja kuulohäiriöitä sekä raajojen puutumista. Pitkäaikaisaltistus vaurioittaa keskushermostoa ja saattaa nostaa myös sydän- ja verisuonitautien riskiä. Sikioaikainen altistuminen voi aiheuttaa lapsen kehityksen viivästymistä. (Duodecim 2018)

Suomessa elohopeaa pääsee ilmaan pääasiassa sähkön ja lämmön tuotannossa (energiatuotanto) sekä teollisuuden prosesseista. Vuonna 2015 Suomen ilmaan johdetut ihmisperäiset elohopeapäästöt olivat noin 0,8 t/a, josta 47 % tuotti energiatuotanto (~0,4 t/a) ja 41 % teollisuusprosessit (~0,3 t/a). Kuvassa 3 on esitetty ihmisperäisten elohopeapäästölähteiden prosentuaaliset osuudet sekä sektoreiden tuottamat päästömäärät Suomessa vuonna 2015. (LUKE 2013)



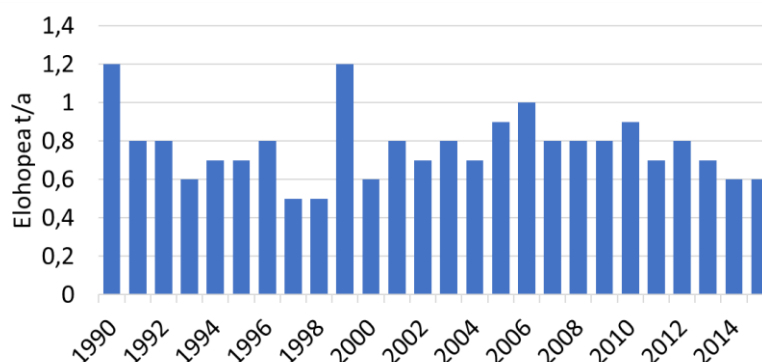
Kuva 3. Ihmisperäiset elohopeapäästölähteet ja päästömäärät Suomessa vuonna 2015. (Ympäristöhallinto 2017)

Suomessa on aiemmin käytetty elohopeaa eteenkin paperiteollisuudessa puu- ja paperimassan limoittumisen estossa, minkä vuoksi elohopeaa on päässyt suuria määriä vesistöihin. Lisäksi sitä on käytetty mm. paristoissa, akuissa ja viljan peittauksessa. (LUKE 2013) Nykyään elohopean käyttöä on rajoitettu Euroopan unionin säädöksillä sekä vuonna 2013 allekirjoitetulla Minamatan yleissopimuksella, joka kieltää mm. merkittävimpien elohopeaa sisältävien tuotteiden valmistuksen, viennin ja tuonnin vuodesta 2020 alkaen. Sopimus myös säätelee elohopeaa sisältävän jätteen käsittelyä ja käytöstä poistetun elohopean varastointia. Suomelle yleissopimuksesta ei tule merkittäviä uusia velvoitteita, sillä



elohopean haittojen rajoittamista sääntelevät Euroopan unionin säädökset, joita Suomi tällä hetkellä noudattaa, sisältävät jo yleissopimuksen määräyksiä vastaavat vaatimukset. (Ympäristöhallinto 2017)

Maaialmanlaajuisesti suurimmat elohopean päästölähteet ovat kehitysmaiden käsin tehty pienimuotoinen kullantuotanto sekä kivihiilen käyttö, joka tuottaa neljänneksen ihmisperäisestä elohopeapäästöstä. Euroopan ja Pohjois-Amerikan elohopeapäästöt ovat vähentyneet viimeisten vuosikymmenten aikana merkittävästi, mutta Aasian teollistuvissa maissa päästöt ovat kasvaneet reilusti. (Mannio et al. 2016) Suomessa elohopeapäästöt laskivat 1990-luvulla, mutta nousivat hiukan tultaessa 2000-luvulle (Kuva 4). Viimeisten vuosien aikana (2006–2015) ihmisperäiset elohopeapäästöt ovat vaihdelleet 0,6–1,0 tonnin välillä vuosittain. Tällä hetkellä Suomen elohopeapäästöt ovat hienoisessa laskusuunnassa. (Ympäristöhallinto 2017)



Kuva 4. Ihmisperäisten elohopeapäästöjen määrä Suomessa vuosina 1990–2015 (kg/a). 1990-luvun alun laskun jälkeen päästöt ovat tasaantuneet välille 600–1000 kg/a. (Mukaillen Ympäristöhallinto 2017)

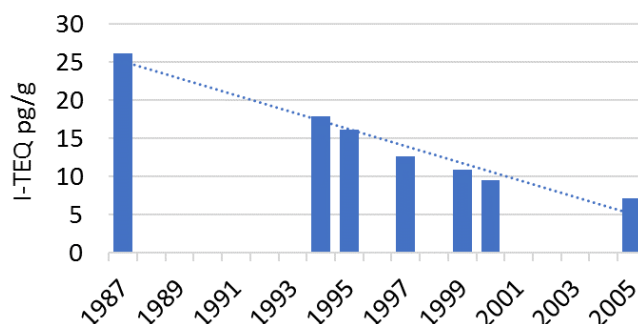
2.3 Dioksiinit ja furaanit

Dioksiinit ja furaanit eli PCDD/F-yhdisteet (Polyklooratut dibentso-para-dioksiinit ja polyklooratut dibentsofuraanit) ovat tasomaisia kolmirenkaisia yhdisteitä, joiden rakenne ja ominaisuudet ovat hyvin samankaltaisia. PCDD/F-yhdisteet voivat sisältää yhdestä kahdeksaan klooriatomia, minkä vuoksi dioksiineja voi olla 75 ja furaaneja 135 eri isomeeriä. Ympäristön kannalta haitallisimpia ovat 2,3,7,8-kloorisubstituutiot (17 eri dioksiiniyhdistettä), ja niitä myös esiintyy yleisimmin ihmisten ja eläinten kudoksissa. (Koskinen et al. 2005)

Dioksiinit ja furaanit ovat rasvaliukoisia ja kemiallisesti hyvin pysyviä, joten ne kertyvät iän myötä elimistöön. Ihmisillä tunnetuin dioksiinien aiheuttama vaikutus on hankala ja pitkäkestoinen klooriakne eli märkänäppyläinen ihottuma, joka ilmenee vain erittäin suurten altistusten seurauksena. Lisäksi dioksiinien on todettu lisäävän suurina, lähinnä työperäisinä altistuksina ihmisten syöpäriskiä. Rajoitusten ansiosta ei nykyisin esimerkiksi ruuan kautta tulevalle altistumiselle ole enää merkittävää syöpäriskiä, mutta ravinnon kautta tapahtuva altistuminen saattaa silti pitkällä aikavälillä lisätä riskiä kehityshäiriöille sekä häiritä immuunipuolustusjärjestelmää, hormonitoimintaa ja lisääntymiskykyä. (THL 2017)

Hyvänä esimerkkinä PCDD/F-yhdisteiden määrän vähenemisessä ympäristössä voidaan pitää äidinmaidon dioksiinipitoisuuksia. Tutkimusten mukaan 1980-luvulla syntyneillä, äidinmaidon kautta dioksiineille ja PCB-yhdisteille altistuneilla lapsilla on todettu lieviä poskihampaiden

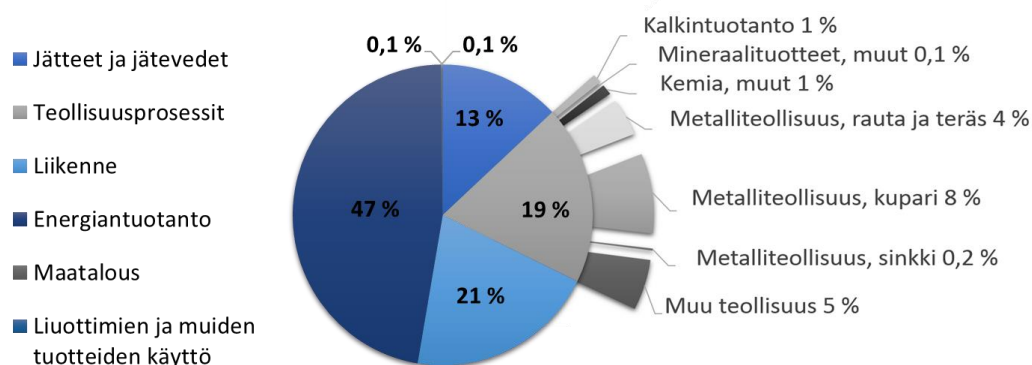
mineralisaatiohäiriöitä. Vuonna 1987 ensisynnyttäjien äidinmaidon dioksiinipitoisuus oli noin 26 I-TEQ pg/g ja nykyään pitoisuudet ovat laskeneet yli 70 prosenttia 1980-luvun lukemista (kuva 5). Nykyisillä altistumistasoilla ei ole enää todettu olevan vaikutuksia lasten hampaiden kehitykseen. (THL 2017)



Kuva 5. Ensisynnyttäjien rintamaidon dioksiinipitoisuudet Suomessa vuosina 1987–2005 (mukaillen Kiviranta 2009).

PCDD/F-yhdisteitä ei varsinaisesti valmisteta teollisiin tarkoituksiin, mutta niitä syntyy tahattomasti orgaanisten aineiden ja kloorin reagoitessa tietyissä olosuhteissa poltto- ja teollisuusprosesseissa sekä tulipaloissa. Vuositasolla päästöt vaihtelevat polttoaineiden ja tuotannon vaihteluiden mukaan. Lisäksi dioksiineja voi esiintyä epäpuhtauksina muissa kemikaaleissa, kuten PCB:ssä, kloorifenoleissa ja fenoksihapoissa. PCDD/F-yhdisteitä muodostuu mm. yhdyskuntajätteen ja ongelmajätteen poltossa, krematorioissa, sellun kloorivalkaisussa, metalliteollisuudessa sekä energiantuotannossa. (Koskinen et al. 2005)

Kuvassa 6 on esitetty Suomessa vuonna 2015 ilmaan päätyneiden dioksiini- ja furaanipäästöjen lähteet toimialoittain sekä teollisuusprosessien sektorin osa-alueet eriteltynä. Suurimmat dioksiinipäästöt aiheutuivat energiantuotannosta (47 %), liikenteestä (21 %), teollisuudesta (19 %) sekä jätteenkäsittelystä (13 %). Teollisuuden toimialoista eniten päästöjä tuottaa kuparin tuotanto (8 % vuoden 2015 PCDD/F-päästöistä), rauta- ja terästeollisuus (4 % vuoden 2015 PCDD/F-päästöistä) sekä muu teollisuus (5 % vuoden 2015 PCDD/F-päästöistä). (SYKE 2017).



Kuva 6. Ilmaan päätyneet dioksiini- ja furaanipäästöt Suomessa sektoreittain vuonna 2015. Teollisuusprosessien sektorin yksittäiset osa-alueet on eritelty toimialoittain. (SYKE 2017).



Dioksiinien ja furaanien myrkyllisyys vaihtelee riippuen klooriatomien määrästä sekä sijainnista molekyylissä. Toksisuusekvivalenttikertoimella (TEF) kuvataan aineen tai yhdisteen suhteellista myrkyllisyyttä. Kertoimen lukuarvot ovat 0 ja 1 välillä olevia lukuja, ja myrkyllisimmälle dioksiinille (2,3,7,8-TCDD) kertoimen arvoksi on asetettu 1. Eri isomeerien myrkyllisyyden vertaamiseksi on otettu käyttöön ns. myrkyllisyusekvivalentti I-TEQ, joka muodostetaan kertomalla kunkin aineen seoksessa oleva pitoisuus aineen TEF:llä ja laskemalla näin saadut luvut yhteen. I-TEQ -luku kertoo, kuinka suurta pitoisuutta tai määrää 2,3,7,8-TCDD:a tutkittava ainesos myrkyllisyyden osalta vastaa. Yleensä näiden pitoisuuksien yksikkönä käytetään ng/g tai pg/g. Esimerkiksi 150 I-TEQ ng/g tarkoittaa, että seos on yhtä myrkyllistä kuin seos, jossa on 150 nanogrammaa 2,3,7,8-TCDD:a grammassa seosta. (SYKE 2017)

Taulukkoon 1 on kerätty Suomen dioksiinien ja furaanien ilmapäästöjen jakautuminen päästölähteiden kesken vuonna 2015. Yhteensä ilmapäästöt vuonna 2015 olivat 14,25 g I-TEQ, josta suurin kuormittaja energiantuotanto tuotti 6,72 g I-TEQ. Teollisuusprosessit tuottivat dioksiini- ja furaanipäästöjä ilmaan yhteensä 2,74 g I-TEQ. Suurin teollisuuden osa-alueen kuormittaja oli kupariteollisuus (1,16 g I-TEQ). Rauta- ja terästeollisuus tuotti ilmaan päätyneitä dioksiini- ja furaanipäästöjä yhteensä 0,54 g I-TEQ. (SYKE 2017)

Taulukko 1. Suomen dioksiinien ja furaanien ilmapäästöjen jakautuminen päästölähteiden kesken vuonna 2015 (vas.). Teollisuusprosessien eri toimialojen tuottamat ilmapäästöt sekä niiden prosentuaalinen osuus kokonaispäästöistä on eritelty erikseen (oik.). (SYKE 2017)

	g I-TEQ	%			g I-TEQ	%
Energiantuotanto	6,72	47,1	→ Teollisuus	Kalkintuotanto	0,13	0,9
Liikenne	2,91	20,4		Mineraalituotteet, muut	0,01	0,1
Teollisuusprosessit	2,74	19,3		Kemia, muut	0,15	1,1
Jätteet ja jätevedet	1,86	13,0		Metalliteollisuus, rauta ja teräs	0,54	3,8
Maatalous	0,02	0,1		Metalliteollisuus, kupari	1,16	8,1
Liuottimien ja muiden tuotteiden käyttö	0,01	0,1		Metalliteollisuus, sinkki	0,03	0,2
YHT	14,25	100,0		Muu teollisuus	0,73	5,1
				YHT.	2,74	19,3

Vuosittain Suomeen tulevan dioksiini- ja furaanipäästöjen kaukolaskeuman on arveltu olevan noin 58 g I-TEQ, eli yli nelinkertainen verrattuna Suomen ilmapäästölähteiden tuottamaan päästöön. Suomen suurin PCDD/F-päästöjä tuottava energiasektori käyttää jo parasta käyttökelpoista tekniikkaa (BAT-tekniikkaa), joten lyhyellä aikavälillä ei sen osalta ole odotettavissa suuria vähennyksiä. Suomen dioksiini- ja furaanilaskeuman pienentymisen onkin todettu olevan riippuvainen pitkälti muun Euroopan kehityksestä. (SYKE 2017)

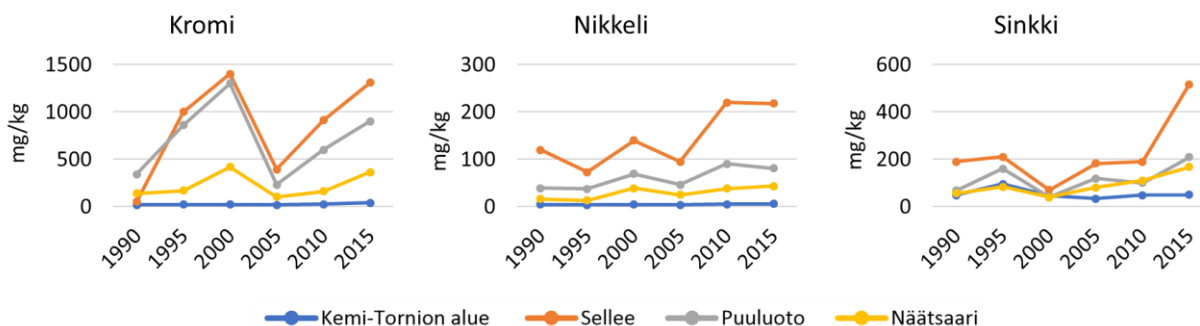
3 Haitalliset aineet Tornion tehtaiden ympäristössä

Haitallisten aineiden pitoisuuksia ja vaikutuksia ympäristöön seurataan tutkimalla sekä kasvistoja että eläimistöjä. Tornion tehtaiden ympäristössä on tehty esimerkiksi sammalten metallipitoisuuksien seurantaa yli 30 vuotta. Lisäksi on tutkittu mm. tehtaan työntekijöiden terveydentilaa, eläimistöjä sekä marjojen raskasmetallipitoisuuksia. Tehtaan läheisyydessä on kasvustossa havaittu korkeitakin pitoisuuksia, mutta pitoisuudet pienenevät selkeästi mentäessä kauemmas tehdasalueelta. Esimerkiksi läheisten asuinalueiden ravintokasvien suurkuluttajillakaan eivät tutkimusten mukaan ylity kromi- tai nikkeliannosten saantisuosituksia. (Hookana 2005)

3.1 Sammalten metallipitoisuuksia

Suomessa on mitattu viiden vuoden välein tehtävässä valtakunnallisessa raskasmetallilaskeuman kartoituksessa sammalten raskasmetallipitoisuuksia ensimmäisen kerran vuonna 1985, ja elohopea analysoitiin ensimmäisen kerran vuonna 1995. Lisäksi Kemi-Tornio-Haaparanta -alueella on tehty sammalanalyysyjä useina eri kertoina vuosina 1985–2015. Yleisesti Suomen raskasmetallilaskeuma on pienentynyt selkeästi tutkittujen vuosien aikana. (LUKE 2013)

Vuonna 2015 Kemi-Tornion alueelta tutkittujen sammalnäytteiden metallien (Pb, Cd, As, Hg, Ba, Cr, Co, Cu, Mo, Ni, Sb, V ja Zn) kohdalla nähdään, että sammalten suurimmat pitoisuudet bariumia ja antimonia lukuun ottamatta löytyvät tehdasalueen läheisyydestä. Pitoisuudet kuitenkin pienenevät selvästi mentäessä kauemmas tehdasalueesta. Selkeimmin koholla olivat nikkeli, kromi ja sinkki (Kuva 7), joiden pitoisuudet ovat olleet maanlaajuisen trendin vastaisesti hienoisessa nousussa viimeisten tutkimusvuosien aikana. Selkeä sijaitsee 0,5 km päässä tehdasalueesta, Puuluoto noin 2 km ja Näätsaari noin 3,5 km päässä. (Pöyry 2017)



Kuva 7. Sammalten kromi-, nikkeli ja sinkkipitoisuudet Kemi-Tornion alueella sekä kolmella tehdasalueella lähellä sijaitsevalla näytteenottopaikalla vuosina 1990–2015 (Pöyry 2017).

3.1.1 Elohopea

Vuonna 1995 sammalten elohopeapitoisuus Suomessa oli keskimäärin 0,053 mg/kg, minkä jälkeen pitoisuudet ovat laskeneet. Vuonna 2010 keskimääräinen pitoisuus oli 0,042 mg/kg. Seurantavuosien korkeimmat pitoisuudet Suomessa mitatuista sammalnäytteistä ovat olleet välillä 0,112–0,180 mg/kg. (LUKE 2013) Vuonna 2015 Kemi-Tornio-Haaparanta -alueen tutkimuksissa, joissa sammalnäyte otettiin 52 eri paikasta tehdasalueen välittömästä läheisyydestä aina 60 km päähän ulottuvalta alueelta, elohopeapitoisuus oli välillä < 0,04–0,11 mg/kg. Korkeimmat pitoisuudet (0,069–0,11 mg/kg) mitattiin

tehdasalueen välittömässä läheisyydessä sekä muutamassa kauempana sijaitsevassa pisteessä. Useissa näytteenottopaikoissa elohopeapitoisuus oli alle määrittäysrajan 0,04 mg/kg. Mediaani vuonna 2015 tehdyssä tutkimuksessa oli 0,04 mg/kg. (Pöyry Oy 2017)

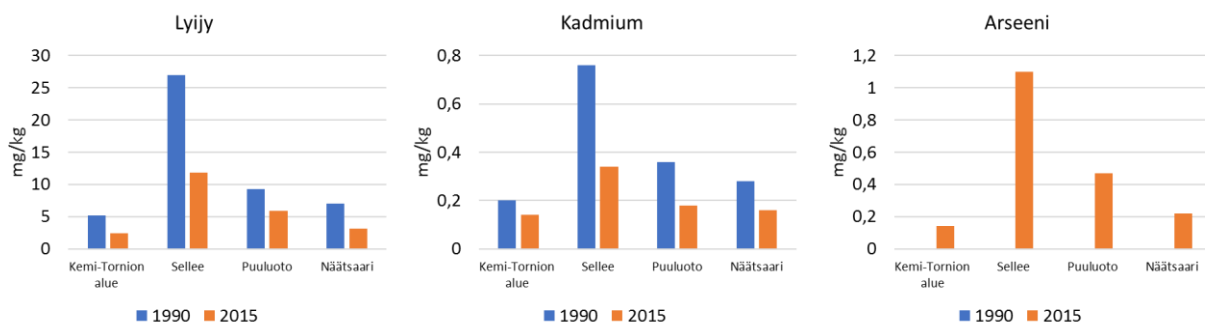
3.1.2 Lyijy, kadmium ja arseeni

Vuonna 2015 tehtyjen tutkimusten perusteella Kemi-Tornion alueen sammalten lyijypitoisuudet (mediaani 2,4 mg/kg) olivat hiukan korkeampia kuin Suomessa keskimäärin (2,05 mg/kg vuonna 2010). Pitoisuudet olivat kuitenkin pienempiä kuin Kokkola-Pietarsaari -alueen (2,6 mg/kg vuonna 2012) ja Raahen alueen (3,5 mg/kg vuonna 2013 & 2013), joissa myös sijaitsee metalliteollisuutta. Vuoden 2015 yksittäisistä näytteenottopaikoista korkeimmat pitoisuudet (11,8–5,9 mg/kg 3 kpl) sijaitsivat tehdasalueen läheisyydessä. Vuonna 1987 Haaparannan alueen sammalten lyijypitoisuus oli 14,9 mg/kg. (Pöyry 2017)

Kadmiumin pitoisuus sammalissa Kemi-Tornion alueella vuonna 2015 oli noin 0,14 mg/kg (mediaani), mikä on hiukan enemmän kuin Suomessa keskimäärin (0,12 mg/kg vuonna 2010). Verrattuna Kokkola-Pietarsaari -alueeseen (0,24 mg/kg) ja Raahen alueeseen (0,23 mg/kg) pitoisuus oli selvästi pienempi. Yksittäisistä näytteenottopaikoista korkeimmat kadmiumpitoisuudet (0,34–0,28 mg/kg 2 kpl) sijaitsivat tehdasalueen läheisyydessä (Sellee ja Prännärinniemi). (Pöyry 2017)

Sammalten arseenipitoisuus Kemi-Tornion alueella oli noin 0,14 mg/kg (mediaani), mikä on hiukan enemmän kuin Suomessa keskimäärin (0,11 mg/kg vuonna 2010). Verrattuna Kokkola-Pietarsaari -alueeseen (0,23 mg/kg) ja Raahen alueeseen (0,24 mg/kg) pitoisuus oli selvästi pienempi. Myös arseenin kohdalla yksittäisistä näytteenottopaikoista korkeimmat pitoisuudet (1,1–0,39 mg/kg 4 kpl) sijaitsivat tehdasalueen läheisyydessä (Sellee, Prännärinniemi, Puuluoto ja Kiuasletto). (Pöyry 2017)

Lyijyn, kadmiumin ja arseenin pitoisuuksia sammalissa on tutkittu Kemi-Tornion alueella myös vuonna 1990. Kuvaan 8 on koottu sekä vuoden 1990 että vuoden 2015 sammalnäytteiden Pb-, Cd- ja As-pitoisuuksia Kemi-Tornion alueella (mediaani) sekä Selleen, Puuluodon ja Näätsaaren näytteenottopaikoilta. Vuonna 1990 näytteenottopaikkoja oli yhteensä 31 ja vuonna 2015 vastaavasti 52. Vuoden 2017 kaukaisin näytteenottopaikka oli noin 60 km päässä tehdasalueelta. Vuoden 1990 arseenipitoisuudet olivat kaikissa 31 näytteenottopaikassa < 0,2 mg/kg, joten ne eivät ole vertailukelpoisia. Lyijyn ja kadmiumin pitoisuudet sammalissa ovat laskeneet niin Kemi-Tornion alueella kuin tehtaan läheisyydessä olevilla näytteenottopaikoilla. Arseenin kohdalla ei samaa voida sanoa 1990 vuoden puutteellisten tulosten vuoksi, mutta Metsäntutkimuslaitoksen mukaan arseenipitoisuudet sammalissa ovat laskeneet vuodesta 1995 (arsenin keskimääräinen pitoisuus Suomessa 0,26 mg/kg) vuoteen 2010 (0,11 mg/kg) (LUKE 2013). Arseeninkin kohdalla nähdään pitoisuuden selvä lasku mentäessä kauemmas tehdasalueesta.



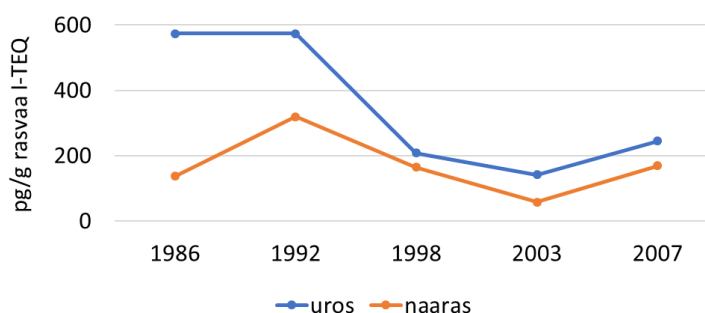
Kuva 8. Kemi-Tornion alueen sekä Selleen, Puuluodon ja Näätsaaren alueiden sammalnäytteiden lyijy-, kadmium- ja arseenipitoisuudet vuosina 1990 ja 2015 (Pöyry 2017).



3.2 Dioksiini- ja furaanipitoisuuksia maaympäristössä

Suomessa on tehty dioksiini- ja furaanipitoisuusmääryksiä mm. jäkälästä, luposta, naavasta, metsämyyristä, poroista sekä hivistä. Vuonna 2003–2014 Lapissa tehtyjen tutkimusten mukaan poronjäkälän dioksiinipitoisuudet ovat suurempia keskisellä ja eteläisellä poronhoitoalueella kuin pohjoisella. Kokoomanäytteiden keskimääräiset jäkälän dioksiinipitoisuudet olivat 0,78 pg/g I-TEQ, mikä on noin kymmenesosa Portugalissa vuonna 2007 mitattujen jäkälänäytteiden pitoisuuksista. Yksittäisten naavakokoelmanäytteiden dioksiinipitoisuudet olivat selkeästi suurempia kuin poronjäkälän. (Mannio et al. 2016)

Vuosina 1986–2007 Lapista pyydettyjen metsämyyrien maksa- ja lihasnäytteistä tutkittujen dioksiinipitoisuuksien havaittiin pienenevän vuodesta 1986 vuoteen 2003. Vuonna 2007 pitoisuudet olivat kasvaneet hiukan. Lihasten dioksiinipitoisuudet vuonna 2007 olivat keskimäärin 47 pg/g rasvaa I-TEQ, mikä on samaa suuruusluokkaa kuin Japanissa samaan aikaan tutkituissa peltohiirien, myyrien sekä pesukarhujen lihasrasvassa. Verrattaessa suomalaisten porojen näytteisiin pitoisuudet olivat selvästi suurempia. Sama trendi on nähtävissä myös metsämyyrien maksanäytteiden dioksiinipitoisuuksissa (Kuva 9). (Mannio et al. 2016)



Kuva 9. Metsämyyrien maksan dioksiinipitoisuudet vuosina 1986–2007 Suomen Lapissa. Näytteet on kerätty Värriön näytteenottopaikalla. (Mannio et al. 2016)

Porojen ja hirvien tutkimuksessa dioksiinit on määritetty yhdessä PCB-yhdisteiden kanssa. Vasojen keskimääräinen *dioksiini-PCB -pitoisuus* oli 3,2 pg/g rasvaa I-TEQ ja aikuisilla keskimäärin 2,3 pg/g rasvaa I-TEQ. Suurin osa yhdistetyistä pitoisuuksista oli peräisin PCB-yhdisteistä. Pohjois-Ruotsissa on vastaavasti mitattu poroista keskimäärin 2,6 pg/g rasvaa I-TEQ -pitoisuuksia, mutta toisin kuin Suomessa, Ruotsissa suurin osa pitoisuudesta on peräisin dioksiineista. Venäjällä Kuolan niemimaalla tehdyssä tutkimuksessa porojen *dioksiinipitoisuus* oli 0,92 pg/g rasvaa I-TEQ ja *dioksiininkaltaisten PCB-yhdisteiden* pitoisuus 3,6 pg/g rasvaa I-TEQ, eli kokonaismäärä oli suurempi kuin Suomessa tehdyissä tutkimuksissa. (Mannio et al. 2016)

Vuosien varrella tehtyjen tutkimusten tuloksia on vaikea verrata niiden analyttivalikoiman vaihdellessa, mutta ainakin PCB-pitoisuuksien on todettu vähentyneen Suomessa 2000-luvun alussa. Aikuisten hirvien lihan dioksiini- ja PCB-pitoisuudet ovat olleet tutkimuksissa samaa suuruusluokkaa kuin aikuisten porojen. Hirven vasojen dioksiininkaltaisten PCB-yhdisteiden pitoisuus puolestaan oli selvästi poronvasojen pitoisuuksia pienempiä (0,7 pg/g rasvaa I-TEQ). Hirvenlihassa ei ollut alueellista vaihtelua toisin kuin poroilla, mikä johtunee mm. porojen lisäruokinnasta puhtaammalla kaupallisella rehulla tietyillä alueilla. (Mannio et al. 2016) Vuonna 2000 naudanlihan keskimääräinen *dioksiinipitoisuus* oli 0,02 pg/g rasvaa I-TEQ ja sianlihan 0,3 pg/g rasvaa I-TEQ (Vartiainen et al. 2001).

4 Tornion tehtaiden terässulaton päästöt

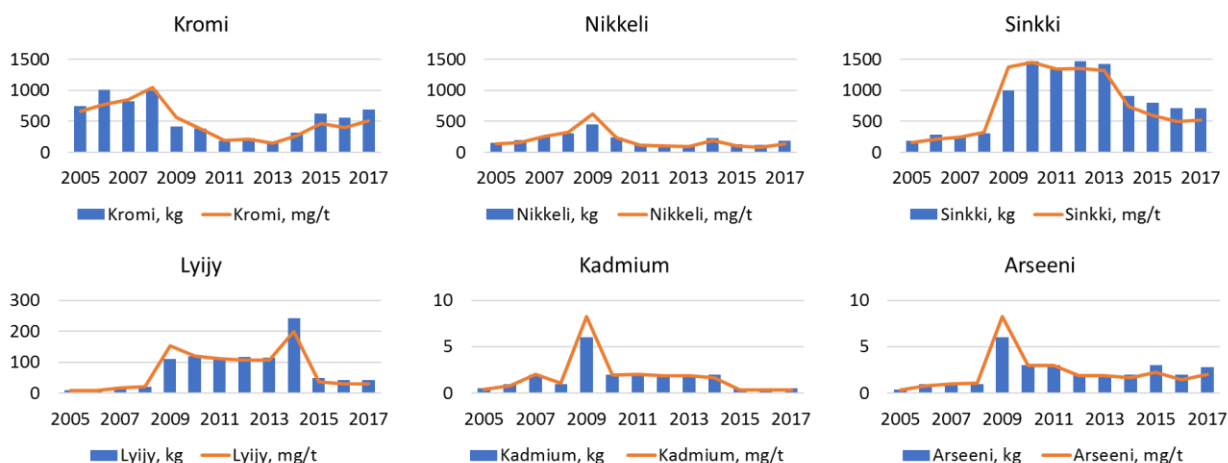
Outokumpun Tornion tehtaiden terässulattolalla valmistetaan teräsaihoita kahdella eri aihiontuotantolinjalla (linja 1 ja linja 2). Raaka-aineina käytetään kierrätysterästä, ferrokromia ja ferroseoksia sekä muita seosaineita. Kierrätysteräs ja osa seosaineista sulatetaan valokaariuuneissa (VKU1 ja VKU2). Kromikonvertertiin (CRK) tuodaan viereiseltä ferrokromitehtaalta saatava sula ferrokromi, jonka sisältämää piitä ja hiiltä poltetaan puhaltamalla konvertertiin happi- ja inerttikaasuja. Vapautuva lämpö hyödynnetään kierrätysteräksen sulattamiseen.

Valokaariuuneista, ja linjalla 1 myös kromikonverterista, sula siirretään AOD-konverttereille (AOD1 ja AOD2), joissa siitä poistetaan hiiltä puhaltamalla sulaan happi- ja inerttikaasuja sekä tehdään tarvittavat seosainelisykset. Senkkakäsittelyssä (SA1 ja SA2) viimeistellään teräksen koostumus ja säädetään sulan lämpötila valua varten. Sula teräs valetaan aihioiksi jatkuvavalukoneilla (JVK1 ja JVK2). Suurin osa aihioista voidaan kuljettaa kuumavalssaamolle valssaukseen sellaisenaan, ja ahiot, joihin on valun aikana tullut pintavikoja, hiotaan hiomossa ennen kuumavalssaukseen vientiä.

4.1 Raskasmetallit

Terästeollisuuden suurimmat ilmapäästöt muodostuvat hiukkaspäästöistä. Eri prosessivaiheissa syntyy hienojakoista pölyä, joka leviää poistokaasujen mukana helposti ympäristöön ilman tehokkaita puhdistustoimia. Tornion tehtaiden terässulaton prosesseissa syntyvät poistokaasut kerätään sekä kohdekohtaisesti että hajapölyinä. Kohdekohtaiset poistot on sijoitettu jokaiseen yksikköprosessiin ja hajapölyjä imetään huuvien avulla mm. hallitiloista. Poistokaasut johdetaan käsittelylaitoksille, joissa kaasut puhdistetaan tekstiilisuodattimien avulla. VKU2:lla on lisäksi elohopean poistolaitteisto. Käsittelylaitosten pölyt kerätään talteen ja pakataan kontteihin jatkokäsittelyä varten.

Ilmaan johdettavista puhdistetuista poistokaasuista mitataan suurimmissa päästökohteissa jatkuvatoimisesti hiukkaspitoisuus sekä tilavuusvirtaus. Lisäksi hiukkasista analysoidaan viiden vuoden välein niiden sisältämät metallit (Cr, Ni, Zn, Pb, As, V, Cu ja Cd) voimassa olevan tarkkailuohjelman mukaisesti. Kuvassa 10 on esitetty kuuden raskasmetallin laskennalliset päästöt sekä ominaispäästöt vuosilta 2005–2017. Kuvia tulkittaessa on muistettava, että raskasmetallianalyysit tehdään viiden vuoden välein kertamittauksena, mikä lisää tulosten epävarmuutta.



Kuva 10. Terässulaton laskennalliset kromi-, nikkeli-, sinkki-, lyijy-, kadmium- ja arseenipäästöt (kg/a ja ominaispäästö mg/t tuotettu teräsaiho) vuosina 2005–2017.

Vuonna 2015 tehtiin kertaluontoisena mittauksena kaasumaisen lyijyn, kadmiumin ja arseenin pitoisuusmittaukset linjalla 2, joka on kapasiteetiltaan suurempi kuin linja 1. Kokeessa otettiin kolme näytettä molemmista mittauspaikoista neljän tunnin ajan. Taulukossa 2 on esitetty näiden kolmen mittauksen analyysien keskimääräiset pitoisuudet sekä hiukkasten sisältämille metalleille että kaasumaisille metalleille.

Tuloksista nähdään, että kaasumaisten metallien pitoisuus on korkeampi verrattuna hiukkasten sisältämiin metalleihin kaikkien kolmen raskasmetallin kohdalla. VKU:n hiukkaset (3,40 µg/m³N) sisälsivät enemmän lyijyä kuin AOD:n hiukkaset (0,75 µg/m³N), kun taas kaasumaisen lyijyn pitoisuus oli korkeampi AOD:llä (21 µg/m³N) kuin VKU:lla (1,3 µg/m³N). Hiukkasten kadmiumpitoisuus oli samaa suuruusluokkaa sekä VKU:lla (0,07 µg/m³N) että AOD:llä (0,06 µg/m³N). AOD:llä oli hiukan suurempi kaasumaisen kadmiumin pitoisuus (0,76 µg/m³N) kuin VKU:lla (0,57 µg/m³N). Arseenin pitoisuus hiukkasissa oli hiukan suurempi AOD:llä (0,63 µg/m³N) kuin VKU:lla (0,54 µg/m³N). Myös arseenin kohdalla kaasumaisen pitoisuus oli suurempi AOD:lla (1,20 µg/m³N) kuin VKU:lla (0,90 µg/m³N). VKU2:n keskimääräinen virtaama mittausten aikana oli 225 692 m³N/h ja AOD2:n 182 264 m³N/h.

Taulukko 2. Terässulaton linjan 2 valokaariuunin (VKU2) ja AOD-konvertterin (AOD2) poistokaasujen lyijy-, kadmium- ja arseenipitoisuudet mitattuna sekä hiukkasista että kaasumaisessa muodossa. Mittaukset on tehty kertaluontoisesti vuonna 2015. Esitetyt tulokset ovat kolmen mittauksen keskimääräiset pitoisuudet.

VKU2 225 692 m ³ N/h						
	Hiukkaset µg/m ³ N	Mittaus- epävarmuus %	Kaasumaiset µg/m ³ N	Mittaus- epävarmuus %	Kokonaispäästö [g/h]	Kaasumaisen %-osuus
Lyijy	3,40	38	1,30	38	5,40	28
Kadmium	0,07	31	0,57	40	0,71	90
Arseeni	0,54	30	0,90	33	1,60	63

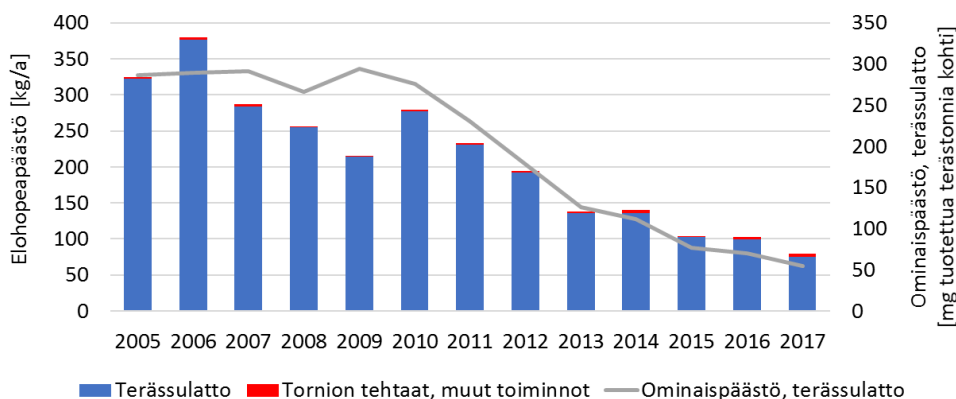
AOD2 182 264 m ³ N/h						
	Hiukkaset µg/m ³ N	Mittaus- epävarmuus %	Kaasumaiset µg/m ³ N	Mittaus- epävarmuus %	Kokonaispäästö [g/h]	Kaasumaisen %-osuus
Lyijy	0,75	25	21,0	76	24,0	97
Kadmium	0,06	17	0,76	30	0,7	93
Arseeni	0,63	24	1,20	25	1,6	66

4.2 Elohopea

Ruostumattoman teräksen valmistuksessa elohopeapäästöt johtuvat pääasiassa kierrätysteräksen mukanaan tuomasta elohopeasta, ja Tornion tehtaidenkin merkittävin elohopealähde on raaka-aineeksi ostettu ruostumaton kierrätysteräs. Lisäksi pieniä määriä elohopeaa voi tulla muidenkin raaka-aineiden tuomana, kuten hiilen, koksen, ferroseosten ja kalkin mukana. Elohopea poistuu sulatusprosessissa savukaasujen mukana. Pieni osa siitä voi sitoutua myös pölyihin, ja sitoutumisaste riippuu pölyjen senhetkisestä koostumuksesta. Terässulaton tuotteissa ei kuitenkaan elohopeaa ole mitattavia määriä.



Tornion tehtaiden elohopeapäästöt ovat olleet 2000-luvun alussa noin 300–380 kg vuodessa. Päästöt ovat laskeneet tasaisesti vuoden 2006 jälkeen, ja vuonna 2016 elohopeapäästöt olivat noin 103 kg/a ja vuonna 2017 noin 80 kg/a. Tehdasalueen elohopeapäästöistä yli 99 prosenttia esiintyy kaasufaasissa, ja pääsääntöisesti (94–99 %) ne syntyvät terässlattolla. Terässlaton sekä koko Tornion tehtaiden elohopeapäästöt vuosina 2005–2017 on esitetty kuvassa 11 sekä kiloina (kg/a) että terässlaton ominaispäästönä (mg elohopeaa / tuotettu terästonni).



Kuva 11. Tornion tehtaiden sekä terässlaton elohopeapäästöjen kehitys vuosina 2005–2017. Suurin osa tehdasalueen elohopeapäästöistä muodostuu terässlattolla, ja viime vuosien toimien myötä elohopeapäästöjä on saatu vähennettyä merkittävästi.

4.3 Dioksiini- ja furaanipäästöt

Dioksiini- ja furaanipäästöjä syntyy terästeollisuudessa korkeissa lämpötiloissa. Esimerkiksi valokaariuunien lämpötila voi nousta jopa 1 800 °C asteeseen, joten olosuhteet dioksiini- ja furaanipäästöille ovat lämpötilan puolesta otolliset.

Terässlattolla dioksiini- ja furaanipäästöjä mitataan voimassa olevan ympäristöluvan edellyttämän tarkkailuohjelman mukaisesti valokaariuuneilta sekä AOD-konverttereilta kertaluontoisesti kahden vuoden välein. Ensimmäiset voimassa olevan tarkkailuohjelman mukaiset mittaukset on tehty vuonna 2014. Kromikonvertterilta ei PCDD/F-päästöjä muodostu ainakaan mitattavissa olevia määriä.

Tornion tehdasalueen vuosittaiset laskennalliset dioksiini- ja furaanipäästöt ovat olleet kahden viimeisen vuoden (2016–2017) aikana 0,45 g/a I-TEQ ja 0,4 g/a I-TEQ. Suurin osa PCDD/F-päästöistä muodostuu terästehtaalla, jonka vuosittaiset laskennalliset päästöt ovat olleet 0,41 g/a I-TEQ (vuonna 2016) ja 0,39 g/a I-TEQ (vuonna 2017).

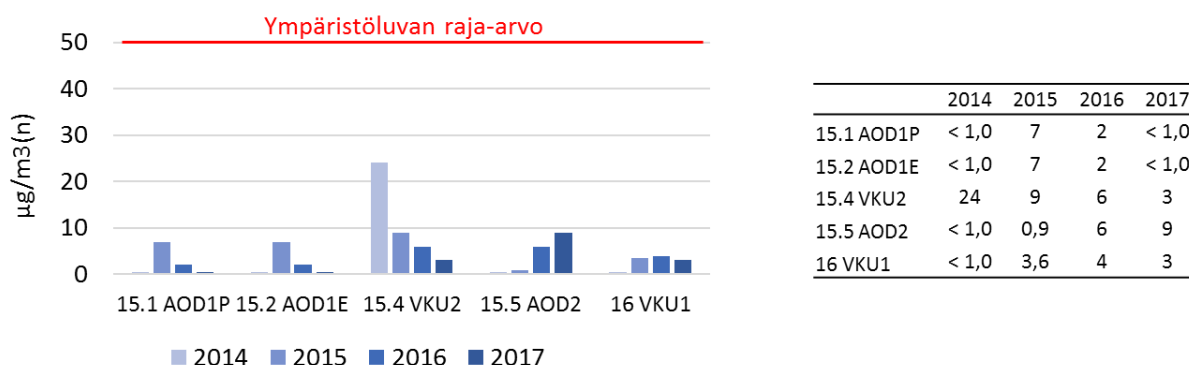
5 Ympäristöluvan raja-arvot

Pohjois-Suomen Aluehallintoviraston Outokumpu Oy:n Tornion tehtaille 15.8.2012 antamassa lupapäätöksessä Nro 83/12/1 on määrätty terässulatolle kolmelle eri ilmapäästökseen raja-arvoja: hiukkaspäästöille, elohopeapäästöille sekä dioksiini- ja furaanipäästöille. Lisäksi elohopealle on määrätty jatkuvatoimisia mittauksia.

5.1 Elohopea

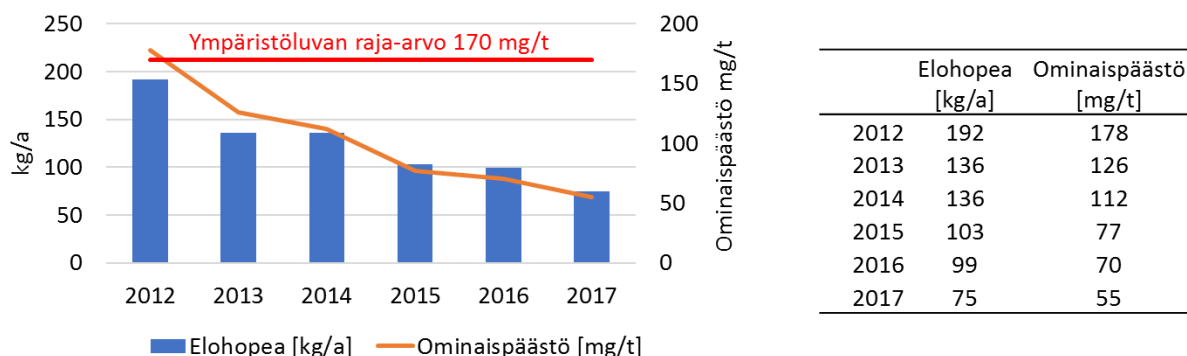
Ympäristöluvan lupamääräyksessä numero 12 määrätään elohopean osalta seuraavaa: ”Kohteiden 15.1, 15.2, 15.4, 15.5 ja 16 sekä mahdollisen uuden VOD-konverterin päästökohdeiden käsitellyn poistokaasun elohopeapitoisuus saa olla enintään $50 \mu\text{g}/\text{m}^3(\text{n})$ mitattuna vähintään 8 tunnin pituisen jakson aikana. Terässulaton vuotuinen elohopean ominaiskuormitus on oltava alle 170 mg tuotettua terästönä kohden. Edellä mainittujen terässulaton päästölähteiden elohopeapitoisuutta on mitattava 1.9.2012 alkaen jatkuvatoimisesti vähintään yhdellä päästöpisteiden välillä jatkuvasti kiertävällä mittalaitteella. Mittausyksikön on oltava kerrallaan kullakin päästöpisteellä niin kauan, että elohopeapäästöjen vaihteluväli voidaan arvioida. Mittaukset on aloitettava ennalta arvioiden suurimmasta elohopean päästölähteestä (VKU2) ja siirryttävä sen jälkeen vähäisemmiksi arvioituihin päästökohteisiin.”

Kuvassa 12 on esitetty kaikkien lupapäätöksessä esitettyjen viiden ilmapäästökseen (15.1 AOD1P, 15.2 AOD1E, 15.4 VKU2, 15.5 AOD2 ja 16 VKU1) vuosittaiset keskimääräiset elohopeapitoisuudet vuosina 2014–2017. Jokaisen päästökseen keskimääräiset pitoisuudet ko. vuosina ovat olleet alle ympäristöluvan asettaman raja-arvon $50 \mu\text{g}/\text{m}^3(\text{n})$. Elohopeapäästöjä on mitattu vuodesta 2012 jatkuvatoimisten mittalaitteiden avulla siten, että mittalaite on kiertänyt päästökohdeiden välillä ollen kohteessa aina tietyn ajanjakson ajan (useita päiviä – viikkoja). Vuonna 2014 suurimmalle päästölähteelle VKU2:lle on asennettu jatkuvatoiminen mittalaite, minkä jälkeen VKU2:n elohopeapäästöjä on mitattu koko ajan jatkuvatoimisesti. Toista mittalaitetta kierrätetään edelleen muissa kohteissa (VKU1, AOD1 E & P ja AOD2).



Kuva 12. Terässulaton elohopeapäästölähteiden vuosittaisen mittausjaksojen keskimääräiset vuositasen pitoisuudet kohdekohtaisesti vuosina 2014–2017. Ympäristöluvan (Nro 83/12/1) asettama raja-arvo käsitellyn poistokaasun elohopeapitoisuudelle on enintään $50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ mitattuna vähintään 8 tunnin pituisen jakson ajan.

Terässulaton vuosittaiset elohopeapäästöt ovat laskeneet selvästi vuodesta 2012 (195 kg) vuoteen 2017 mennessä (75 kg). Sama on tapahtunut myös elohopean ominaispäästölle. Vuonna 2012 ominaispäästö oli 178 mg tuotettua terästönä kohden ja vuonna 2017 vastaava luku oli 55 mg, joten viime vuosina ympäristöluvassa asetettu raja-arvo 170 mg tuotettua terästönä kohden on alittunut selvästi. Terässulaton vuosien 2012–2017 elohopeapäästöt (kg/a) ja ominaispäästöt (mg / tuotettu terästönä) on esitetty kuvassa 13.



Kuva 13. Terässulaton elohopeapäästö (kg/a) ja ominaispäästö (mg elohopeaa / tuotettu terästönä) vuosina 2012–2017. Ympäristöluvan (Nro 83/12/1) mukaan vuotuinen elohopean ominaiskuormitus on oltava alle 170 mg tuotettua terästönä kohden.

5.2 Dioksiinit ja furaanit

Ympäristöluvan lupamääräyksessä 12 määrätään dioksiinien ja furaanien osalta seuraavaa: "Vastaavasti näiden päästökohteiden dioksiini- ja furaanipitoisuus (PCDD/F) on oltava alle 0,1 I-TEQ ng/m³(n) mitattuna vähintään 8 tunnin jakson aikana." Tässäkin tapauksessa päästökohteilla tarkoitetaan molempien linjojen valokaariuuneja sekä AOD-konverttereita.

Terässulatolla dioksiinien ja furaanien päästömittaukset tehdään voimassaolevan tarkkailuohjelman mukaisesti kahden vuoden välein. Päästömittaus sisältää vähintään kolme yksittäistä mittausta ja on kokonaiskestoltaan vähintään kahdeksan tuntia. Voimassaolevan tarkkailuohjelman mukaisia mittauksia on tehty vuosina 2014 ja 2016. Kaikissa päästökohteissa on molempina mittausvuosina täytynyt ympäristöluvan lupamääräyksen 12 vaatimustaso. Vuonna 2014 pitoisuudet olivat välillä 0,0002–0,04 I-TEQ ng/m³(n) ja vuonna 2017 välillä 0,00002–0,0004 I-TEQ ng/m³(n). Päästökohteiden keskimääräiset PCDD/F-pitoisuuksien mittaustulokset on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Terässulaton valokaariuunien ja AOD-konverttereiden tarkkailuohjelman mukaisten päästömittausten keskimääräiset dioksiini- ja furaanipitoisuudet vuosilta 2014 ja 2016. Ympäristöluvan mukaisesti dioksiini- ja furaanipitoisuuden tulee olla alle 0,1 I-TEQ ng/m³(n).

	2014 I-TEQ ng/m ³ (n)	2016 I-TEQ ng/m ³ (n)
15.1 AOD1P	0,00020	0,00002
15.2 AOD1E	0,00020	0,00002
15.4 VKU2	0,00300	0,00002
15.5 AOD2	0,00300	0,00002
16 VKU1	0,04000	0,00004



6 Päästöjen vähentäminen

Tornion tehtailla on tehty tutkimus -ja kehitystyötä vuosien mittaan kaikilla tuotanto-osastoilla ympäristövaikutusten pienentämiseksi. Lisäksi eri tuotanto-osastojen prosesseja on integroitu siten, että mm. materiaalin uudelleenkuumentamisesta johtuvia ympäristövaikutuksia on saatu pienennettyä. Esimerkiksi terässulatolle tuodaan viereiseltä ferrokromitehtaalta sula ferrokromi kromikonverteriin, jolloin vältetään ferrokromin uudelleenkulutuksen aiheuttamilta ympäristövaikutuksilta. Terässulatolta puolestaan viedään kuumia aihioita valssaukseen kuumavalssaamolle, mikä taas vähentää päästöjä sekä energiankulutusta, kun aihioita ei tarvitse kuumentaa uudelleen.

6.1 BAT-tekniikat

Terässulatolla käytetään laajasti rauta- ja terästuotannon (2012/135/EU) parasta käyttökelpoista tekniikkaa (BAT-tekniikkaa). Alla on listattu terästehtaalla käytettäviä muutamia menetelmiä, joilla on vaikutusta mm. raskasmetalli- sekä dioksiini- ja furaanipäästöihin.

- Materiaalien hallintaan liittyviä toimenpiteitä, joilla vähennetään epäpuhtauksien päästötasoja, mm. kierrätysterästen laadun määrittäminen ostosopimuksissa
- Piipun kautta ulosjohdettavien poistokaasujen epäpuhtauksia mitataan EN-standardeihin perustuvilla mittauksilla
- Valokaariuuneilla on sekä primäärinen että sekundäärinen pölynpoisto ja imetty kaasu johdetaan suoraan letkusuodinlaitoksille
- VKU2:lla on kalkkihiliseoksen syöttöön perustuva puhdistinlaite

6.2 Elohopea

Terässulaton elohopeapäästöjen vähentämiseksi on tehty tutkimus -ja kehitystyötä jo useiden vuosien ajan, ja viime vuosien suuret investoinnit ovatkin tuottaneet myönteisen kehityksen terässulaton elohopeapäästöihin. T&K -työtä on tehty sekä raaka-aineiden tutkimuspuolella, päästöjen mittauksessa että kohteeseen soveltuvan puhdistusmenetelmän hankinnassa.

6.2.1 Jatkuvatoiminen mittaus ja raportointijärjestelmä

Vuoden 2012 lopussa terässulatolla otettiin käyttöön jatkuvatoiminen elohopeapitoisuusmittari, jolla mitataan elohopean pitoisuutta poistokaasuissa. Tuolloin mittaria kierrätettiin kaikissa kohteissa, joissa muodostuu elohopeapäästöjä (VKU1, VKU2, AOD1 ja AOD2). Kesällä 2014 hankittiin toinen samanlainen elohopeapitoisuusmittari, joka asennettiin pysyvästi merkittävimpään päästökohteeseen, VKU2:lle. Ensimmäiseksi hankittu elohopeapitoisuusmittari on tällä hetkellä ns. kiertävä mittalaite ja sitä siirretään määrävälein elohopeapäästöjä muodostavien prosessipaikkojen (VKU1, AOD1 ja AOD2) välillä. VKU2:lla kiinteästi sijaitsevan elohopeapitoisuusmittarin laadunvarmistusta on kehitetty vuonna 2016 tekemällä mittarille standardin SFS EN 14181 mukainen QAL2-tarkastelu.

Elohopeapäästöjen vähentäminen on yksi terässulaton ympäristötavoitteista, ja mittalaitteiden hankinnan lisäksi on kehitetty elohopeapäästöjen seurantaa, raportointia ja henkilöstön koulutusta. Jatkuvatoimisten mittareiden keräämää dataa seurataan usean eri henkilön toimesta ja automaattikka hälyttää välittömästi, jos elohopeapäästö kohoaa. Hälytys tulee valvomon lisäksi usealle eri henkilölle sekä puhelimeen että sähköpostiin. Päästön kohotessa aloitetaan välittömät toimenpiteet, mm. keskeytetään ko. kierrätysteräserän lastaaminen ja muutetaan panostusta, jotta elohopeapitoisuus saadaan laskemaan. Sisäistä raportointijärjestelmää, joka on ns. monitasoinen raportointi, on kehitetty edelleen mm.



sisällyttämällä siihen myös laskennallinen vuositason elohopeapäästön ennuste toteutuneisiin päästöihin ja tuotantoennusteisiin perustuen.

Aikaisempina vuosina ulkopuolisen akkreditoidun mittauslaboratorion tekemien kertaluontoisten elohopeapäästömittausten yhteydessä on selvitetty linjojen 1 ja 2 elohopeapäästöjen lähdettä eli sitä, mistä tietyistä raaka-aineista ja raaka-aine-eristä merkittävimmät elohopeapäästöt syntyvät. Tuolloin tulokset ovat jääneet vajaiksi vähäisten mittaustulosten vuoksi. Vuonna 2013 on tehty laajempi selvitys (Herranen 2013), jossa vertailtiin usean kuukauden ajan suurimmalla elohopean päästölähteellä eli VKU2:lla eri sulatusten elohopeapitoisuuksia. Tarkoituksena oli mm. saada selville kohdentuvatko korkeat elohopeapäästöjaksot tiettyihin kierrätysteräseriin tai tietyn toimittajan toimittamiin materiaaleihin. Tuloksena ei saatu tietoa elohopeapäästöjen kohdentumisesta tietyille toimittajille tai tietyn tyyppisille kierrätysteräserille, mutta elohopeapäästöjen nähtiin vaihtelevan erien välillä.

Kierrätysteräksen erien seurannan ohella on kehitetty yhteistyötä teräksen toimittajien kanssa. Ostosopimukseen on määritetty kierrätysterästen laatu eikä sopimuksissa hyväksytty elohopeaa sisältävien kierrätysterästen toimittamista Tornion tehtaille. Lisäksi toimittajille on ilmoitettu jatkuvatoimisista elohopean mittauksista ja siitä, että yhteyttä raaka-aineiden ja elohopeapäästön välillä seurataan. Toimittajille on myös ilmoitettu toimitusten tarkkuudella, missä erissä elohopeapitoisuudet ovat olleet huomattavan korkeita, jolloin kierrätysteräksen toimittajat voivat selvittää materiaalivirtojen elohopeasisältöä. Mikäli korkeita elohopeapitoisuuksia sisältäviä eriä on toimitettu terässulattolle, on ne asetettu käyttökieltoon ja jopa palautettu takaisin kierrätysteräksen toimittajalle. Toimittajat ovat ottaneet kehitystoimet ja niihin liittyvät vaateet tosissaan huomioon, ja he ovat kehittäneet myös omia toimintatapojaan mm. tekemällä omalla tahollaan selvitystyötä lähteistä, joista elohopeaa sisältävää materiaalia on tullut tai voi tulla.

6.2.2 Elohopean poistolaitteisto

Tuotantolinjan 2 valokaariuunille (VKU2), joka on elohopean suurin lähde terässulattolla, on asennettu vuonna 2015 savukaasujen elohopean poistolaitteisto. Laitteistolla injektoidaan kalkin ja aktiivihillen seosta VKU2:n savukaasuun primääri- ja sekundäärikanavien liitoskohtaan. Injektiokohta sijaitsee savukanavassa ennen suodatinlaitosta, jolloin kalkki-aktiivihilliseokseen sitoutunut materiaali jää suodattimille ja siitä edelleen kerättyyn savukaasupölyyn. Kerätty metallipitoinen pöly käsitellään ulkopuolisen toimijan toimesta sulattamalla, ja siitä otetaan talteen metallit uudelleenkäytettäväksi terässulattolla. Pölyjen jatkokäsittelyssä muodostuvat kaasumaiset elohopeapäästöt sidotaan seleenisuodattimiin.

Kaasumainen elohopea sitoutuu aktiivihilleen, joka on hyvin huokoista materiaalia ja jonka pinta-ala massayksikköä kohti on erityisen suuri. Kalkin tarkoitus puolestaan on estää hillen syttyminen esimerkiksi kipinöiden vaikutuksesta. Elohopean poistolaitteisto on toiminut varsin luotettavasti. Sen poistotehokkuuden mittaaminen on haasteellista, mutta epäsuorasti arvioituna sen poistotehon arvioidaan olevan noin 70 %. Tehokkuus näkyy myös terässulaton pienentyneissä elohopeapäästöissä (kuva 13).

Aktiivihillen syöttölaitteistoa on kehitetty sen käyttöönoton jälkeen mm. vaihtamalla kuluvien osien materiaaleja kestävämmiksi sekä ottamalla käyttöön injektolaitteen automaattinen säätö. Automaattisen säädön avulla kalkki-aktiivihilliseoksen annostelu muuttuu jatkuvatoimisen päästömittauksen elohopeapitoisuuden perusteella, jolloin laitteisto reagoi nopeasti, mikäli sulatuksessa on korkea elohopeapitoisuus. Seuraavan sulatuksen aikana sidonta-aineen annostelu on suurempi ja näin elohopeapäästöjä saadaan pienennettyä.



6.3 Dioksiinit, furaanit ja raskasmetallit

Dioksiini- ja furaanipäästöjen sekä raskasmetallipäästöjen primääreihin vähentämiskeinoihin sisältyy yhtenä osa-alueena sellaisten materiaalien käytön välttäminen, joista tiedetään prosessissa muodostuvan ko. päästöjä (Wielgosinski 2011). Päästöjen muodostumisen ehkäisemiseksi Tornion tehtaille toimitettavan kierrätysteräksen ostosopimuksissa on määritetty selkeästi ostettavan kierrätysteräksen laatu. Yhtenä kriteerinä sopimuksissa edellytetään, ettei kierrätysteräs saa sisältää öljyjä tai vastaavia epäpuhtauksia, jotka voivat aiheuttaa raskasmetalli-, PCDD/F tai PCB-päästöjä. Sopimusehtojen noudattamista valvotaan mm. kierrätysteräksen analyysin, tasesulatuksin sekä silmämääräisesti arvioiden (mm. öljyjäämät).

Sekundäärisistä poistomenetelmistä yhdeksi tärkeimmistä menetelmistä dioksiinien ja furaanien kohdalla on esitetty katalyyttisten menetelmien lisäksi aktiivihieillä tapahtuva kaasujen puhdistus. Aktiivihie voi olla kiinteänä petinä, jonka läpi kaasu johdetaan, tai se voidaan syöttää puhdistettavaan kaasun jauhemaisessa muodossa jatkuvana virtana. Jälkimäinen menetelmä vaatii myös suodatinyksikön kaasujen lopullista puhdistamista varten. Polttolaitosten poistokaasujen dioksiini- ja furaanipäästöjen poistossa on käytetty aktiivihieitä jo 1990-luvulta alkaen, ja tällä vuosituhannella aktiivihie on käytössä mm. eräässä belgialaisessa terästehtaassa. Aktiivihieiden dioksiini- ja furaanipäästöjen poistotehon arvioidaan olevan noin 95 %. Lisäksi sen todetaan sitovan elohopean lisäksi myös muita raskasmetalleja. (Wielgosinski 2011)

Terässulatolla on otettu käyttöön vuonna 2015 VKU2:lla kalkki-aktiivihieiden injektioilla toimiva elohopean poistolaitteisto, jonka ensisijainen käyttötarkoitus on ollut elohopeapäästöjen vähentäminen. Laitteisto on toiminut oletetusti ja elohopeapäästöt ovat pienentyneet. Kirjallisuuteen perustuvan tiedon (Wielgosinski 2011) mukaan poistolaitteiston voidaan olettaa sitovan elohopean lisäksi myös dioksiineja, furaaneja sekä muita raskasmetalleja ja vaikuttavan näin niidenkin pitoisuuden pienenemiseen poistokaasuissa.

Valokaariuunilta johdettavat primääri- ja sekundäärikaasut ovat karkeita ja niiden lämpötila on vielä melko korkea ennen kalkki-aktiivihieiden injektiokohtaa, minkä vuoksi niiden koostumuksen mittaaminen ennen suodatinlaitosta on haasteellista. Muun muassa tämän vuoksi elohopean poistolaitteiston erotusasteen määrittämistä ei ole voitu tehdä. Vuonna 2014 tarkkailuohjelman mukaisissa PCDD/F-mittauksissa mitattiin VKU2:n poistokaasujen pitoisuudet ennen ja jälkeen elohopean poistolaitteiston. Poistolaitteisto oli tuolloin vuokrattuna koekäyttöön. Dioksiini- ja furaanipitoisuuksien mittaustuloksiksi saatiin tuolloin 0,008 I-TEQ ng/m³(n) ennen poistolaitteiston käyttöönottoa ja 0,003 ng/m³(n) poistolaitteiston käyttöönoton jälkeen.

7 Tulevaisuuden toimenpiteitä

Tulevina toimenpiteinä elohopeapäästöjen kohdalla terässulatolla on tarkoitus hankkia jatkuvatoimiset mittalaitteet kaikkien elohopeapäästöjä tuottavien prosessivaiheiden poistokaasujen seurantaan. Tällä pyritään varmistamaan eri päästölähteiden elohopeapäästön taso mahdollisimman tarkasti. Mittalaitteiden hankinta on tarkoitus ajoittaa vuosille 2018 ja 2019, ja ensimmäisenä mittalaitte on suunniteltu asennettavan AOD2-konvertterille. Lisäpuhdistinlaitteiden tarvetta voidaan arvioida, kunhan mittalaitteiden avulla saadaan riittävästi pitkäaikaista seurantadataa kohteiden elohopeatasoista.

Lisäksi vuoden 2018 aikana on tarkoitus siirtyä toimintamalliin, jossa raaka-aine-erät testataan myös elohopean suhteen aina silloin, kun toimittaja tai raaka-ainelähde vaihtuu. Syynä testaukseen on se, että eri alueilta tulevan saman materiaalin (esim. kalsiumfluoridi) on havaittu sisältävän eri pitoisuuksia elohopeaa ja muita haihtuvia haitta-aineita.



8 Yhteenveto

Teollisissa prosesseissa muodostuu ympäristölle haitallisia aineita, jotka voivat levitä ilman asianmukaisia puhdistusmenetelmiä kauaskin päästölähteistään. Haitallisten aineiden vaikutuksista on tiedetty jo useiden vuosikymmenten ajan, ja aktiivisten toimien myötä Suomessa on saatu vähennettyä mm. raskasmetallipäästöjä sekä dioksiinien ja furaanien päästöjä. Päästöjen väheneminen on nähtävissä pitkällä aikavälillä myös kasvustoille ja eläimistöille tehtävissä seurannoissa. Suomeen saapuu yhä haitta-aineita kaukokulkeumana, joten myös muilla kuin Suomessa tapahtuvilla toimilla on merkitystä niiden kulkeutumisessa ympäristöön.

Tornion tehtaiden terässulaton elohopea- sekä dioksiini- ja furaanipäästöt johtuvat suurimmaksi osaksi kierrätysteräksen mukana tulevista epäpuhtauksista. Päästöjen vähentämiseksi terässulattolla on tehty pitkäjänteisesti tutkimus- ja kehitystyötä, ja tuloksena on kehitetty niin primäärejä kuin sekundäärisiäkin vähentämismenetelmiä. Tehdyt toimenpiteet näkyvät selkeästi eteenkin terässulaton elohopeapäästöissä, jotka ovat laskeneet tämän vuosikymmenen aikana yli 70 %.

Toimenpiteitä on tehty niin raaka-aineiden laadun, prosessien seurannan kuin poistokaasujen puhdistuksenkin saralla. Kierrätysteräksen toimittajien kanssa on parannettu yhteistyössä terässulattolle saapuvan kierrätetyn teräksen puhtautta, minkä ansiosta materiaalin mukana tulevat epäpuhtaudet ja niistä johtuva päästöt ovat vähentyneet. Elohopean mittaamiseksi ja päästöjen seuraamiseksi on hankittu jatkuvatoimisia mittalaitteita, joiden avulla nähdään sulatusten elohopeatasot ja tarvittaessa voidaan reagoida kohonneisiin pitoisuuksiin asianmukaisin toimin. Lisäksi on kehitetty seuranta- ja raportointijärjestelmiä sekä koulutettu henkilöstöä. Yhtenä suurena hankintana on investoitu elohopean poistolaitteistoon, joka on toiminut odotetulla tavalla vähentäen elohopeapäästöjä. Kirjallisuuteen perustuen aktiivihiihen injektioon perustuvan poistolaitteiston voidaan olettaa vähentävän elohopean lisäksi myös dioksiini- ja furaanipäästöjä sekä muita raskasmetallipäästöjä.

Tehtyjen toimenpiteiden jatkoksi terässulattolla ollaan edelleen kehittämässä niin elohopeapäästöjen seurantaa kuin kierrätysteräksen laadunvarmistustakin. Näillä toimenpiteillä pyritään selvittämään elohopeapiikkejä aiheuttavat tekijät ja vähentämään niitä edelleen.



9 Viitteet

Duodecim, 2018. Duodecim, terveystietokirjasto [verkkodokumentti]. Helsinki: Suomalainen lääkärisseura Duodecim Oy. Saatavissa: <https://www.duodecim.fi/> [viitattu 7.3.2018].

Herranen, A., 2013. Elohopeapäästöjen seuranta terässlaitolla, sisäinen raportti. Tornio: Outokumpu Stainless Oy. 20 s.

Hookana, H., 2005. Chromium in soil and food plants adjacent to a stainless steel works – the additional dietary intake for humans. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, ProGradu-työ. 89 s.

Kiviranta, H., 2009. Itämeren kalan ympäristömyrkyttöisyydet – muutokset [verkkodokumentti]. Helsinki: Terveystietokeskus ja hyvinvoinnin laitos THL. Saatavissa: <http://slideplayer.fi/slide/1946206/> [viitattu 6.3.2018].

Koskinen, P., Silvo, K., Mehtonen, J., Ruoppa, M., Hyytiä, H., Silander, S. & Sokka, L., 2005. Esiselvitys tiettyjen haitallisten orgaanisten aineiden päästöistä. Helsinki: Suomen ympäristökeskus SYKE. ISBN 952-11-2136-X.

LUKE, 2013. Raskasmetalli- ja typpilaskeuma Suomessa – kartoitus sammalten pitoisuuksien perusteella 1985–2010 [verkkodokumentti]. Helsinki: Luonnonvarakeskus LUKE. Saatavissa: <http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/raskasmetalli/kartta-elohopea.htm> [viitattu 1.2.2018].

Mannio, J., Rantakokko, P., Kyllönen, K., Anttila, P., Kauppi, S., Ruokojärvi, P., Hakola, H., Kiviranta, H., Korhonen, M., Salo, S., Seppälä, T. & Viluksela, M., (2016). Kaukokulkeutuvat ympäristömyrkyt Suomen pohjoisilla alueilla – LAPCON, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 33/2016. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia. 86 s.

Pöyry Oy, 2017. Outokumpu Stainless Oy, Tornion tehtaasta, Seinäsaamalten metallipitoisuuksien kehitys 1987-2015. Oulu: Pöyry Finland Oy. 49 s.

SYKE, 2017. Tukholman Sopimus NIP luonnos 11.10.2017. Helsinki: Suomen ympäristöhallinto. 101 s.

THL, 2017. Dioksiinit ja PCB-yhdisteet [verkkodokumentti]. Helsinki: Terveystietokeskus ja hyvinvoinnin laitos THL. Saatavissa: <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/tarkempaa-tietoa-ymparisto-myrkyista/dioksiinit-ja-pcb-yhdisteet> [viitattu 6.3.2018].

Vartiainen, T., Kiviranta, H., Hallikainen A. & Strandman, T., 2001. Elintarvikkeiden orgaaniset ympäristömyrkyt ja niiden siirtyminen ihmiseen. Duodecim 2001, 117: s. 91–7.

Wielgosinski, G., 2011. The Reduction of Dioxin Emissions from the Processes of Heat and Power Generation. J. Air & Waste Manage. Assoc. 61: s. 511–526.

Ympäristöhallinto, 2017. Ympäristö.fi, Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu [verkkodokumentti]. Helsinki: Suomen ympäristökeskus SYKE. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi> [viitattu 1.2.2018].