



**TARKASTELU BAT-PÄÄTELMIEN MUKAISEN HIUKKASPÄÄSTÖTASON NOUDATTAMISTA
KOSKEVAN VAATIMUKSEN KOHTUULLISUUDESTA FERROKROMITEHTAAN
ILMAPÄÄSTÖKOHTEESSA F3-9 SINTRAUSUUNI 3, SINTRAUSVYÖHYKE**

1 JOHDANTO

Tämä tarkastelu koskee ilmapäästökohteen F3-9 Sintrausuuni 3, sintrausvyöhyke hiukkaspäästöjä, jotka eivät ole menneinä vuosina useinkaan saavuttaneet BAT-päätelmien mukaista päästötasoa 10 mg/Nm^3 , joka on myös kohteelle lainvoimaisessa ympäristöluvassa lupamääräyksellä 6 määrätty päästöraja-arvo. Kohteen hiukkaspäästöt ovat vuosien 2014 – 2018 mittausjaksojen keskiarvoina ovat vaihdelleet välillä $9 - 14 \text{ mg/Nm}^3$.

Tämä tarkastelu sisältää teknisen selvityksen sintrausvyöhykkeen hiukkaspäästöjen käsittelyn nykytilasta ja mahdollisuuksista tehostaa päästöjen käsittelyä, saavutettavissa olevasta päästöjen vähenemästä, arvion päästöjen vähenemän merkittävydestä sekä vaikutuksesta Tornion tehtaiden lähialueen ilmanlaatuun. Tarkastelun lopussa arvioidaan, onko käsillä YSL 78 §: n tarkoittama tilanne, jossa päästöjen vähenemällä saavutettava BAT-päätelmien mukainen päästötaso johtaisi kohtuuttomaan korkeisiin kustannuksiin suhteessa saavutettaviin ympäristöhötyihin.

2 TEKNISSÄ TALOUDELLINEN TARKASTELU BAT-PÄÄTELMIEN MUKAISEN PÄÄSTÖTASON SAAVUTTAMISESTA

2.1 Sintrausuunin päästöt

Tornion tehtaisiin kuuluvalla ferrokromitehtaalla on kaksi sintraamoja, Sintraamo 2 ja Sintraamo 3, jotka ovat toimintaperiaatteiltaan samanlaisia. Sintrausprosessin tehtävänä on pelletoida ferrokromin valmistukseen käytettävä hienorikaste sopivaan palakokoon ja sen jälkeen sintrata pelletit sintrausuunissa mekaanisesti lujiksi pellettien jatkokäsiteltävyyden mahdollistamiseksi. Sintrausprosessi alkaa hienorikasteen jauhatuksella ja pelletoinnilla, jonka jälkeen pelletoinnissa valmistetut märkäpelletit sintrataan sintrausuunissa.

Sintrausuuni 3 on jatkuvatoiminen nauhasintrausuuni, joka koostuu eri vyöhykkeistä, jotka eroavat toisistaan lämpötilojen suhteen. Vyöhykkeiden läpi kulkee teräksinen sintrausnauha, jonka päällä pelletit kulkevat sintrausuunin läpi. Ensimmäisessä vyöhykkeessä pelletit kuivuvat (kuivausvyöhyke), sitten pelletit kuumennetaan (kuumennusvyöhyke), jonka jälkeen pelletit sintrataan (sintrausvyöhyke).



Korkein lämpötila saavutetaan sintrausvyöhykkeellä, jossa pellettien sidosmateriaalit sitoutuvat yhteen ja pelleteistä muodostuu lujia ja kestäviä. Sintrauksen jälkeen pelletit jäähdytetään puhaltamalla niiden läpi ilmaa (jäähdytysvyöhyke).

Päästöjen muodostumisen kannalta sintrausuunissa märkäpelleteille tapahtuvista reaktioista ovat tärkeimpiä hiilen ja rikin palaminen, kosteuden haihtuminen ja pölyn irtoaminen. Pöly irtoaa pellettien pinnasta, joten hiukkaspäästöiksi päätyvä pöly vastaa pellettien koostumusta. Jäähdytysvyöhykkeillä jäähdytysilmaan sitoutunut energia otetaan talteen kierrättämällä lämmennyt jäähdytysilma sintrausuunin alkuvyöhykkeille. Ilmapäästöjä sintrausuunilta syntyy siten kuivaus-, kuumennus- ja sintrausvyöhykkeiltä.

Tässä tarkastelussa keskitytään pölyn irtoamisesta aiheutuviin hiukkaspäästöihin, mutta sivutaan myös rikkipäästöjä siltä osin kuin ne liittyvät hiukkaspäästöihin.

2.2 Sintrausuunilla käytössä olevat puhdistustekniikat

Sintrausuuni 3: lla jokaisen vyöhykkeen kaasut puhdistetaan omalla kaskadipesurilla siten, että kuivausvyöhyke 1: llä, kuivausvyöhyke 2: llä, kuumennusvyöhykkeellä ja sintrausvyöhykkeelle on käytössä omat kaasunpuhdistusyksikkönsä, jotka koostuvat kaskadipesurista, pisananerottimesta, puhaltimesta ja poistupiipusta.

Kaskadipesuri on matalapaineinen märkäpesuri, johon aiheutetaan alipaine pesurin jälkeisellä puhaltimella. Puhdistettava kaasu saavuttaa kaskadipesurissa suuren nopeuden ja virtaa vesipintaa kohti. Kaasun ja veden törmäys synnyttää kaskadiputken päässä veden pisaroitumista, mistä aiheutuu vesisumua. Törmäys vedenpintaan aiheuttaa isojen partikkelien irtoamisen kaasusta nesteeseen, kun taas vesisumu sitoo pieniä partikkeleita ja puhdistaa kaasumaisia komponentteja. Pesurin jälkeisen pisanerottimen tehtävänä on estää vesipisaroiden ja niihin sitoutuneiden epäpuhtauksien kulkeutuminen poistopiippuun.

Kuitu- tai sähkösuodattimien erotustehokkuus on kirjallisuuden mukaan partikkelikoosta riippuen pääsääntöisesti yli 95 %, kun taas märkäpesureiden tyypillinen erotustehokkuus on tätä alhaisempi. Kuitu- ja sähkösuodattimien erotustehokkuus erityisesti partikkelikooltaan pienten hiukkasten suhteen on lähtökohtaisesti parempi kuin märkäpesureiden. Märkäpesureiden etuna kuitu- ja sähkösuodattimiin verrattuna on kuitenkin niiden kyky sitoa hiukkaspäästöjen ohella kaasumaisia yhdisteitä, kuten happamia yhdisteitä. Lisäksi puhdistettavan kaasun ominaisuudet vaikuttavat soveltuvaan puhdistustekniikkaan siten, että esimerkiksi puhdistettavan kaasun sisältäessä räjähtäviä tai syövyttäviä komponentteja vain märkämenetelmät voivat olla ainoita soveltuvia menetelmiä. Puhdistettavan kaasun kosteus voi myös kylmässä ilmastossa talvikaan tukkia kuivat suodattimet, mistä heikentää kuivien puhdistusmenetelmien käytettävyyttä.



2.3 Sintrausvyöhykkeen päästöjen erityispiirteitä

Vuonna 2016 sintraamolla tehtiin diplomityö, jossa selvitettiin mm. sintrausuuni 3: n hiukkaspäästöjä. Diplomityössä tehtyjen mittausten mukaan sintrausvyöhykkeeltä ulkoilmaan johdettavien hiukkasten raekoko on pieni: koko sintrausvyöhykkeen hiukkaspäästömassa koostui raekooltaan alle 2,5 µm hiukkasista. Erona muihin sintrausuunin vyöhykkeisiin on se, että vaikka myös kuivaus- ja kuumennusvyöhykkeiltä ulkoilmaan johdettavat hiukkaspäästöt koostuivat valtaosaltaan alle 2,5 µm hiukkasista, koostuivat näiden vyöhykkeiden hiukkaspäästöt osaltaan myös hiukkasmassasta, jonka raekoot olivat 2,5 – 10 µm tai sen yli.

Diplomityössä tehtyjen vyöhykekohtaisten kaskadipesureiden reduktiomittausten mukaan kuivausvyöhykkeiden pesureiden hiukkasreduktio oli > 90 %, kun se kuumennus- ja sintrausvyöhykkeillä jäi alle 80 %. Raekokoanalyysien perustella diplomityössä selvisi, että kaskadipesurit puhdistavat isokokoisia partikkeleita tehokkaasti ja ulkoilmaan päätyvät hiukkaspäästöt muodostuvat pääasiassa partikkeleista, joiden raekoko on alle 2,5 µm. Kirjallisuudessa on esitetty arvioita, että pesureiden toimivuuden kannalta rajaraekoko on noin 0,7 – 1 µm eli tätä kokoluokkaa pienempien hiukkasten pesutehokkuus on heikko.

Hiukkaspäästöjen muodostumisen kannalta diplomityöhön kuuluvissa mittauksissa havaittiin, että pellettien märkäsyötön määrä vaikuttaa hiukkaspäästöjen määrään: mitä suurempi märkäsyötön (t/h) määrä on, sitä suuremmat syntyvät hiukkaspäästöt ovat. Muina prosessilähtöisinä hiukkaspäästöihin vaikuttavina tekijöinä voivat olla pellettien laatu (koksin osuus liian pieni, mistä aiheutuu hiertolujuuden aleneminen) ja uunin lämpötilaprofiilin vaihtelut. Pellettien alhainen hiertolujuus lisää hiukkasten irtoamista pellettien pinnasta kaasuvirtaan, kun taas epäsuotuisa lämpötilaprofiili lisää jäähdystarvetta ja aiheuttaa suurempia kaasuvirtaamia ja voi irrottaa lisää hiukkasia kaasuvirtauksen mukaan. Mainittujen seikkojen lisäksi ilman johdettavan kaasun hiukkaspitoisuuteen vaikuttaa merkittävästi itse kaskadipesurin toiminta.

Lähtökohtaisesti sintrausvyöhykkeellä käytössä oleva kaskadipesuri puhdistaa tehokkaasti isoja partikkeleita. Sen erotustarkkuus ei kuitenkaan ole riittävä kaikkein pienikokoisimmille hiukkasille, vaan osa kaikkein pienimmistä hiukkasista leijuu kaasuvirran mukana pesurin läpi osumatta vesipisaroihin. Erityyppiselläkin pesurilla ei saada kaikkia hiukkasia kiinni. Kaskadipesurin käyttö kuitenkin mahdollistaa samanaikaisesti sekä hiukkaspäästöjen että rikkidioksidipäästöjen käsittelyn kompaktissa yksikössä erillisten puhdistusprosessien sijasta. Kuumennus- ja sintrausvyöhykkeillä muodostuvia rikkipäästöjä pystytään kaskadipesureilla vähentämään arviolta noin 30 – 50 %. Mikäli sintrausvyöhykkeellä olisi käytössä muun tyyppinen hiukkaspuhdistinlaite kuin pesuri, jouduttaisiin kaasut käsittelemään hiukkaspuhdistimen lisäksi rikin oksideja poistavassa puhdistinlaitteessa, mistä aiheutuisi lisäkustannuksia. Pesureiden vahvuus on nimenomaisesti niiden kyky käsitellä samassa laitteessa sekä hiukkaspäästöjä että rikkipäästöjä.



2.4 Keinot hiukkaspäästöjen vähentämiseksi

Nykyisin käytössä olevan kaskadipesurin toimintaa on mahdollista tehostaa erinäisin keinoin. Kaskadipesuri on kuitenkin mitoitettu tietyille kaasuvirtaamalle ja tuotantotasolle, eikä kaskadipesurin toiminta pysty riittävän joustavasti mukautumaan tuotannollisessa toiminnassa esiintyviin tuotantotasojen ja kaasuvirtaamien muutoksiin. Toisin sanoen, kaskadipesurin hiukkasten erotuskyky vaihtelee jossain määrin tuotannollisten tekijöiden ja kaasun virtaamien vaihdellessa, eikä nykyisen kaskadipesurin toimintaa parantamalla voida varmuudella päästä hiukkaspäästötasoon 10 mg/Nm³ tai sen alle.

Varmuudella raja-arvoon 10 mg/Nm³ pääsemiseksi nykyisen kaskadipesurin ja pisaranerotin perään tulisi rakentaa uusi puhdistinlaite, joka voisi olla tyypiltään kuitu- tai sähkösuodatin. Uudella, nykyisen kaskadipesurin perään rakennettavalla pesurilla ei saavutettaisi riittävän alhaista päästötasoa johtuen raekooltaan pienten hiukkasten suuresta osuudesta.

Sekä kuitu- että sähkösuodattimet puhdistavat lähtökohtaisesti tehokkaasti raekooltaan pieniä hiukkasia, joista sintrausvyöhykkeen poistokaasut koostuvat. Useat kuitusuodattinmateriaalit ovat kuitenkin herkkiä sintrausvyöhykkeen kaasujen sisältämille happamille komponenteille, mistä aiheutuu korroosiota. Happamien komponenttien vaikutusta voitaisiin kuitenkin torjua erityismateriaalivalinnoilla, kuten keraamisilla tai teflonisilla suodattimilla. Kuitusuodattimien heikkoutena on myös se, sintrausvyöhykkeen kaasujen sisältämä suuri kosteuspitoisuus aiheuttaa suodattimen tukkeutumista, minkä aiheutuu talviaikaan lisäksi suodattimen jäätyminen. Ympäristön olosuhteet ovat siten sellaiset, että kuitusuodattimen käytettävyyttä jää tosiasiallisesti niin alhaiseksi, että kuitusuodattimen käyttäminen sintrausvyöhykkeen kaasuille on lähinnä teoreettinen vaihtoehto¹. Sähkösuodatin soveltuu kuitusuodatinta paremmin happamien ja kosteiden kaasujen käsittelyyn, mutta sen heikkoutena on se, että laitteiston investointikustannus on suuri ja itse laitteisto on iso ja vaatii näin suurehkon tilan.

Hinta-arvio uudelle puhdistimelle kaikkine tarvittavine putkistoineen ja puhaltimineen on kuitusuodattimen osalta 1 M€ ja sähkösuodattimen osalta 1,5 M€ investointikuluina. Puhdistimen käyttämisestä syntyy lisäksi käyttökustannuksia käytön aikana. Käyttökuluja aiheutuu kaikilla puhdistinlaitetyypeillä kunnossapidosta ja sähköstä, mutta valittavasta puhdistinlaitetypistä riippuen

¹ Vertaa ferrokromin valmistuksen BAT-päätelmät numero 155, jonka mukaan pussisuodattimen sovellettavuutta voi rajoittaa matala ympäristön lämpötila (- 20 °C ... - 40 °C) ja poistokaasun suuri kosteus sekä kalsiumpiin murskaaminen turvallisuussyistä.



näiden lisäksi voi syntyä merkittäviä muita kulueriä. Esimerkiksi letkusuodintyyppisessä kuitusuodattimessa määrävälein tehtävistä suodatinelementtien vaihtamisesta aiheutuu satojen tuhansien kertaeriä käyttökustannuksina.

3 SELVITYS PÄÄSTÖTASON NOUDATTAMISEN YMPÄRISTÖHYÖDYISTÄ SUHTEESSA PAIKALLISIIN YMPÄRISTÖOLOIHIN

3.1 Sintrausvyöhykkeen, ferrokromitehtaan ja Tornion tehtaiden hiukkaspäästöt

Tarkasteltava olevan sintrausvyöhykkeen hiukkaspäästöt ovat viimeisen viiden vuoden (2014 – 2018) aikana vaihdelleet välillä 1,7 – 3,5 t/a siten, että keskimääräinen päästö on ollut 2,6 t/a. Samalla ajanjaksolla sintrausvyöhykkeen mittausjaksojen keskimääräinen hiukkaspitoisuus on vaihdellut välillä 9 – 14 mg/Nm³ keskiarvon ollessa 11 mg/Nm³. Korkein yksittäinen mittausarvo vuoden 2014 jälkeen päästömittauksissa on ollut 24 mg/Nm³ (vuoden 2019 päästömittaus). Vuodelta 2019 ei ole vielä käytettävissä vuositason päästötietoa.

Hiukkaspitoisuuden 10 mg/Nm³ alle varmuudella pääsemiseksi vaadittaisiin nykytilaan verrattuna sitä, että vuosipäästöt olivat nykyisen keskimääräisen 2,6 t/a sijasta 1,9 t/a. Hiukkaspitoisuus olisi silloin keskimäärin 8 mg/Nm³. Vastaavasti, mikäli sintrausvyöhykkeellä haluttaisiin saavuttaa hiukkaspitoisuus 5 mg/Nm³, olisivat vuosipäästöt keskimäärin 1,2 t/a.

Vuosina 2014 – 2018 ferrokromitehtaan hiukkaspäästöt yhteensä ovat olleet keskimäärin 213 t/a (vaihteluväli 108 – 313 t/a) ja koko Tornion tehtaiden hiukkaspäästöt yhteensä 256 t/a (vaihteluväli 162 – 351 t/a). Sintrausvyöhykkeen keskimääräiset päästöt ovat viime vuosina olleet ferrokromitehtaan keskimääräisistä päästöistä noin 1,2 % ja koko Tornion tehtaiden keskimääräisistä päästöistä noin 1,0 %. Mikäli sintrausvyöhykkeen hiukkaspäästöt laskisivat tasolle 1,9 t/a, olisi niiden osuus ferrokromitehtaan keskimääräisistä päästöistä noin 0,9 % ja koko Tornion tehtaiden keskimääräisistä päästöistä noin 0,7 %. Tämä noin 0,7 t/a hiukkaspäästöjen vähenemä merkitsisi suhteellisesti, että ferrokromitehtaan päästöt vähenisivät noin 0,3 % ja koko Tornion tehtaiden päästöt vähenisivät 0,3 %. Vastaavasti, mikäli sintrausvyöhykkeen hiukkaspäästöt laskisivat tasolle 1,2 t/a, olisi niiden osuus ferrokromitehtaan päästöistä noin 0,6 % ja koko Tornion tehtaiden keskimääräisistä päästöistä noin 0,5 %. Tällöin noin 1,4 t/a hiukkaspäästöjen vähenemä merkitsisi suhteellisesti, että sekä ferrokromitehtaan että Tornion tehtaiden päästöt vähenisivät noin 0,3 %.



3.2 Ilmanlaatu Tornion tehtaiden lähialueilla

Lupahakemuksen kohdassa 8.1.4 on annettu selvitystä Tornion tehtaiden toimintojen vaikutuksesta lähialueiden ilmanlaatuun. Kuluneen lupakauden aikana hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia (PM_{10}) Tornion tehtaiden lähialueilla on mitattu vuosina 2011, 2013, 2014 ja 2017 ja pienhiukkasten ($PM_{2,5}$) pitoisuuksia on mitattu vuonna 2013. Mittauspaikkoja on ollut useilla eri näyteasemilla Torniossa ja Ruotsin Haaparannalla. Vuosien 2013, 2014 ja 2017 mittausten yhteydessä on mitattu myös hengitettävien hiukkasten metallipitoisuuksia. Lisäksi Tornion tehtaiden vaikutusta alueelliseen ilmanlaatuun on selvitetty vuonna 2015 mallintamalla hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten leviämistä ympäristöön.

Hengitettävälle hiukkasille lainsäädännössä asetetut normatiiviset raja-arvot ovat täyttyneet jokaisella tutkimuskerralla ja jokaisella näyteasemalla ja tilanne on sama pienhiukkasten osalta. Vastaavasti, myös hengitettävälle hiukkasille lainsäädännössä asetetut normatiiviset ohjearvot ovat täyttyneet jokaisella tutkimuskerralla ja jokaisella näyteasemalla. Myös hengitettävien hiukkasten metallipitoisuudet ovat jokaisella tutkimuskerralla jokaisella näyteasemalla täyttäneet ilmanlaadulle säädetty raja- ja ohjearvot. Viimeisimmän, vuoden 2017 mittausten osalta todettakoon, että hengitettävien hiukkasten pitoisuus lähimmällä asutusalueella Puuluodossa oli sekä vuosi- että vuorokausitasolla asetettujen raja-arvojen osalta $< 40 \%$ raja-arvoista eikä vuorokausitasolla asetettua raja-arvopitoisuutta $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylitetty kertaakaan. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet Puuluodossa suhteessa ilmanladun ohjearvoon olivat suurimmillaan 50% ohjearvosta, ollen kuitenkin tyypillisesti välillä $20 - 30 \%$ suhteessa ohjearvoon.

4 KUSTANNUSTEN JA YMPÄRISTÖHYÖTYJEN VERTAILU

Edellä kappaleissa 2 ja 3 on tuotu esille, että sintrausvyöhykkeen hiukkaspäästöissä ei laitokselta saadun käyttökokemuksen ja päästömittausten perusteella nykyisin varmuudella saavuteta hiukkasille asetettua päästöraja-arvoa $10 \text{ mg}/\text{Nm}^3$. Kyseisen päästörajan saavuttamiseksi vaadittaisiin investointi uuteen puhdistinlaitteeseen, jonka taloudellinen arvo olisi noin valittavasta puhdistinlaitetypistä riippuen $1 - 1,5 \text{ M€}$. Puhdistinlaitteinvestoinnin lisäksi vuosittaiset käyttökustannukset olisivat valittavasta puhdistinlaitetypistä riippuen muutamista tuhansista euroista satoihin tuhansiin euroihin. Tällä rahallisella panostuksella saavutettaisiin parhaimmassa tapauksessa noin $1,4 \text{ t/a}$ keskimääräinen hiukkaspäästöjen vähenemä. Vähenemän merkitys suhteutettuna ferrokromitehtaan tai Tornion tehtaiden kokonaispäästöihin on marginaalinen ($< 1 \%$) eikä sen vaikutusta voida käytännössä tehdastason mittakaavassa havaita.

Ilmanlaatu Tornion tehtaiden lähialueilla on lukuisissa ilmapäästöjen mittauksissa todettu täyttävän lainsäädännössä hengitettävälle hiukkasille ja pienhiukkasille säädetty ilmanladun raja-arvot sekä hengitettävälle hiukkasille säädetty ohjearvot. Ilmanlaatu on vastaava myös muidenkin komponenttien



osalta. Ilmanlaadun voidaan siis sanoa olevan jo nykyisellään hyvä, kun mittapuuna käytetään sille lainsäädännössä säädettyjä laatuparametrejä.

Kustannusten ja ympäristöhyötyjen vertailussa keskeinen kysymys on, miten mahdollinen noin 1,4 t/a hiukkaspäästöjen vähenemä vaikuttaisi alueen ilmanlaatuun. Ottaen huomioon saavutettavissa olevan päästöjen massamääräisen vähennyspotentiaalin ja sen suhteellisen vähäisen osuuden Tornion tehtaiden kokonaispäästöistä sekä ilmanlaadun nykyisen hyvän tilan, toiminnanharjoittajat arvioivat, että tarkasteltavana oleva päästövähennemällä ei voitaisi osoittaa olevan vaikutusta ilmanlaatuun Tornion tehtaiden lähialueilla. Riippumatta siis siitä, vähennettäisiinkö sintrausvyöhykkeen hiukkaspäästöjä vai ei, olisi ilmanlaatu Tornion tehtaiden lähialueilla sama kuin se nykyään on.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET BAT-PÄÄTELMIEN NOUDATTAMISTA KOSKEVAN VAATIMUKSEN KOHTUULLISUUDESTA

Punnittuaan sintrausvyöhykkeen hiukkaspäästöjen vähentämisestä koituvia hyötyjä ja haittoja tässä tarkastelussa esitetyin menetelmin suhteessa hiukkaspäästövähennemästä aiheutuviin kustannuksiin toiminnanharjoittajat katsovat, että hiukkaspäästöjen vähentämisestä aiheutuisi YSL 78.1 §:n tarkoittamalla tavalla kohtuuttoman korkeat kustannukset verrattuna saavutettavissa oleviin ympäristöhyötyihin ottaen huomioon lähialueen jo nykyisen hyvän ilmanlaadun.

VIITE:

Jänkälä, Henna-Maria, Kromiittipellettien sintrauskaasujen puhdistus, 2016, Diplomityö, Oulun yliopisto, Ympäristötekniikka.