



# **Kiviaineksen murskauslaitteiston pölynhallinnan parantaminen**

## **Mittaukset koelaitoksella**

Kirjoittajat: Kimmo Heinonen, Seppo Enbom ja Aimo Taipale

Luottamuksellisuus: Julkinen

Julkaistu Työsuojelurahaston tuella



Raportin nimi <b>Kiviaineksen murskauslaitteiston pölynhallinnan parantaminen. Mittaukset koelaitoksella</b>		
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot Metso Minerals Juhamatti Heikkilä Lokomonkatu 3 33101 Tampere		Asiakkaan viite
Projektin nimi <b>Kiviaineksen murskauslaitteiston pölynhallinnan parantaminen</b>		Projektin numero/lyhytnimi 75413
Tiivistelmä  <p>Kiviaineksen murskausprosessissa ja murskeen käsittelyssä syntyy runsaasti pölyä, josta on haittaa murskauslaitoksen työntekijöille ja lähialueella työskenteleville henkilöille. Hankkeen tavoitteena oli parantaa murskauslaitosten ja niiden lähiympäristössä työskentelevien henkilöiden työturvallisuutta ja työolosuhteita parantamalla murskauslaitoksen pölynhallintaa.</p> <p>Hankkeessa tutkittiin parhaita sovellettavissa olevia pölynhallintakeinoja joita olivat kiviaineksen kastelu vedellä, kiviaineksen kastelu pölynsitoutumista edistävää ainetta sisältävällä vedellä sekä merkittävimpien pölyn vapautumiskohtien varustaminen koteloin, kohdepoistoin ja poistoilman suodatuslaittein.</p> <p>Pölynhallintakeinojen tehokkuus todennettiin mittaamalla koko murskauslaitoksen pölypäästön määrää eri ratkaisulla ja vertaamalla tuloksia lähtötilanteeseen. Projekti toteutettiin Metso Mineralsin uudessa koelaitoksessa, koska se tarjosi erinomaiset olosuhteet kontrolloitujen mittausten tekemiseen ja optimaalisten pölyntorjuntaratkaisujen löytämiseen.</p> <p>Tulosten perusteella murskauslaitoksen pölypäästöön ja laitosalueen pölypitoisuuteen voidaan vaikuttaa merkittävästi kiviaineksen kostutuksen ja pölynsidonta-aineen avulla. Niiden keskinäistä paremmuusjärjestystä ei kuitenkaan pystytty tässä tutkimuksessa luotettavasti selvittämään säätöparametrien optimoinnin keskeneräisyyden ja kokeiden riittämättömän toistomäärän takia.</p> <p>Hanke on toteutettu Työsuojelurahaston tuella.</p>		
Tampere 9.3.2012 Laatija	Tarkastaja	Hyväksyjä
Kimmo Heinonen, Erikoistutkija	Aimo Taipale, Erikoistutkija, Tiimipäällikkö	Johannes Hyrynen, Johtava tutkija, Teknologiapäällikkö
VTT:n yhteystiedot VTT, Tekniikankatu 1, 33101, Tampere		
Jakelu (asiakkaat ja VTT) Metso Minerals: Juhamatti Heikkilä 1 kpl, VTT 1 kpl		
<i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i>		

1	Tausta ja nykytila.....	3
2	Tavoitteet.....	3
3	Menetelmät ja hankkeen toteutus .....	3
4	Pölynhallintakokeet koelaitoksella .....	4
5	Pölynhallintakokeiden tulokset .....	5
6	Tulosten tarkastelu .....	15
7	Johtopäätökset .....	17

## 1 Tausta ja nykytila

Kiviaineksen murskausprosessissa ja murskeen käsittelyssä syntyy runsaasti pölyä, josta on haittaa murskauslaitoksen työntekijöille ja lähialueella työskenteleville henkilöille.

Todennäköisesti merkittävimmän työhygieenisen haitan aiheuttaa kiviainespölyn sisältämä hienojakoinen kvartsi, jonka kansainvälinen syöpätutkimuslaitos IARC (1997) on luokitellut syöpävaaralliseksi aineeksi. Hienojakoisen kvartsin haitallisuudesta johtuen on hienojakoisen kvartsin HPT8h nykyään  $0.05 \text{ mg/m}^3$  aiemman arvon  $0.2 \text{ mg/m}^3$  sijasta. Näin alhaisiin pitoisuuksiin pääseminen edellyttää murskaamoiden pölynhallinnan parantamista.

Metso Minerals Oy:n merkittävimpiä tuotteita ovat siirrettävät murskauslaitokset, joita tyypillisesti käytetään murskaamaan ja lajittelemaan kalliomursketta. Murskauslaitteiden siirtotarpeista johtuen murskauslaitteisiin on vaikea liittää suurikokoisia pölynpoistolaitteita.

Murskaustoiminnan pölynhallinnan periaatteita voivat olla lähinnä pölyn vapautumisen vähentäminen tai vapautunutta pölyä sisältävän ilman poistaminen ja puhdistaminen.

## 2 Tavoitteet

Hankkeen tavoitteena oli parantaa murskauslaitosten ja niiden lähiympäristössä työskentelevien henkilöiden työturvallisuutta ja työolosuhteita parantamalla murskauslaitoksen pölynhallintaa.

## 3 Menetelmät ja hankkeen toteutus

Hankkeessa tutkittiin parhaita sovellettavissa olevia pölynhallintakeinoja joita olivat

- kiviaineksen kastelu vedellä
- kiviaineksen kastelu pölynsitoutumista edistävää ainetta sisältävällä vedellä
- merkittävimpien pölyn vapautumiskohtien varustaminen koteloin, kohdepoistoin ja poistoilman suodatuslaittein.

Pölynhallintakeinojen tehokkuus todennettiin mittaamalla koko murskauslaitoksen pölypäästön määrää eri ratkaisuilla ja vertaamalla tuloksia lähtötilanteeseen. Projekti toteutettiin Metso Mineralsin uudessa koelaitoksessa, koska se tarjosi erinomaiset olosuhteet kontrolloitujen mittausten tekemiseen ja optimaalisten pölyntorjuntaratkaisujen löytämiseen. Hankkeessa saadut tulokset ovat helposti siirrettävissä reaali maailman tilanteisiin ja sitä kautta laajasti hyödynnettävissä murskauslaitoksissa.

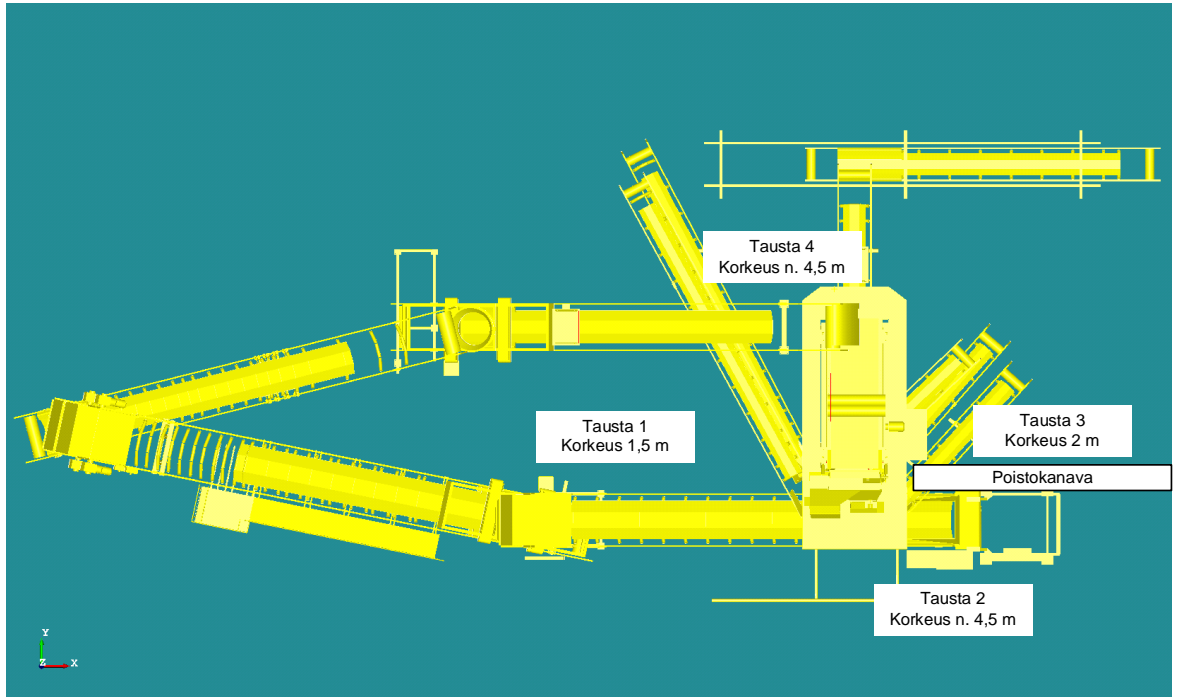
#### 4 Pölynhallintakokeet koelaitoksella

Metso Minerals Oy:n koelaitoksella Tampereella tehtiin pölypitoisuusmittauksia 10.6. – 15.6. 2011. Mittauksien tavoitteena oli verrata eri pölynhallintamenetelmien vaikutusta pölypäästöön. Mittauksilla ei pyritty määrittämään absoluuttista päästöä, vaan vertaamaan eri tilanteiden päästöjä keskenään. Kiveä murskattiin noin 2,0 – 2,4 tonnia jokaisen mittauksen aikana.

Mittaustilanteet olivat:

1. Poistoilmavirta seualta
2. Ei poistoilmavirtaa seualta
3. Vesisumutus 40 bar, 37 l, kolme paria suuttimia kolmessa pisteessä, poistoilmavirta seualta
4. Vesisumutus 80 bar, 49 l, kolme paria suuttimia kolmessa pisteessä, poistoilmavirta seualta
5. Vesisumutus 120 bar, 61 l, kolme paria suuttimia kolmessa pisteessä, poistoilmavirta seualta
6. Vesisumutus 40 bar, 32,5 l, kolme suutinta kolmessa pisteessä, poistoilmavirta seualta
7. Vesisumutus 40 bar, 18,9 l, kaksi paria suuttimia kahdessa pisteessä (keskimmäiset pois), poistoilmavirta seualta
8. Pölynsidontavaahto, säätö 1, kolme paria suuttimia kolmessa pisteessä, poistoilmavirta seualta
9. Pölynpoistoimurit päällä, poistoilmavirta seualta
10. Pölynsidontavaahto, säätö 2, vesi 25,2 l, kaksi paria suuttimia kahdessa pisteessä (keskimmäiset pois), poistoilmavirta seualta
11. Pölynsidontavaahto, säätö 2, vesi 53,1 l, kolme paria suuttimia kolmessa pisteessä, poistoilmavirta seualta
12. Vesisumutus 40 bar, pölynsidontavaahto, säätö 2, vesi noin 44 l, kaksi paria suuttimia kahdessa pisteessä (keskimmäiset pois), poistoilmavirta seualta
13. Vesisumutus 40 bar, pölynsidontavaahto, säätö 2, vesi noin 24 l, yksi pari suuttimia ensimmäisessä pisteessä, pölynpoistoimurit päällä, poistoilmavirta seualta

Mittauksia tehtiin koelaitoksen hallin ilmasta murskaimen seulan ympäriltä sekä seulasta imetystä ilmapirrasta (0,7 m<sup>3</sup>/s). Seula oli koteloitu mittauksia varten. Koteloon oli kytketty poistoilmakanava, jonka päässä oli puhallin. Poistokanavasta mitattiin seulalla poistoilmaan vapautuvan pölyn pitoisuutta. Mittauspisteet on esitetty kuvassa 1. Kuljettimien ja seulan koteloinnista sekä seulan poistoilmakanavoinnin rakentamisen teki Creanex Oy.



**Kuva 1. Mittauspisteiden sijainti**

Mittausmenetelminä käytettiin suodatinnäyte- ja kaskadi-impaktorimittauksia, jotka ovat keräviä pölypitoisuusmittausmenetelmiä, sekä jatkuvatoimista suoraanosoittavaa pölypitoisuusmittausta (DustTrak –aerosolifotometri).

Suodatinnäytteet otettiin halkaisijaltaan 37 mm suodattimille, joiden läpi mittauksien aikana imettiin kaasukellolla mitatut ilmamäärät. Suodattimiin kertyneen pölyn massa mitattiin VTT:n laboratoriossa punnitsemalla suodatin ennen ja jälkeen mittauksen. Pitoisuus määritettiin suodattimeen kertyneen pölyn massan ja suodattimen läpi imetyn ilmamäärän perusteella. Kaskadi-impaktorimittauksessa pölynäyte jakautuu seitsemälle rasvatulle alumiinifolioalustalle ja päätesuodattimelle aerodynaamisen hiukkaskoon mukaisesti. Alustoille ja päätesuodattimille kertyneen pölyn massat määritettiin punnitsemalla ja näytteenottoilmamäärä näytteenoton tilavuusvirran ( $25 \text{ dm}^3/\text{min}$ ) sekä näytteenottoajan tulona.

## 5 Pölynhallintakokeiden tulokset

Mittaustilanteet ja niiden tulokset on esitetty taulukossa 1. Vedenkulutuksen mittaamisesta vastasi Creanex Oy.

**Taulukko 1. Mittaustilanteet ja – tulokset.**

Mittaus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Vesi			X	X	X	X	X					X	X
Vaaho								X		X	X	X	X
Paine 40 bar			X			X	X					X	X
Paine 80 bar				X									
Paine 120 bar					X								
Suuttimia 1						X							
Suuttimia 2			X	X	X		X	X		X	X	X	X
Pisteitä1													X
Pisteitä 2							X			X		X	
Pisteitä 3			X	X	X	X		X			X		
Parametrit 1								X					
Parametrit 2										X	X	X	X
Pölynpoisto- imurit									X				X
Poisto seulalta	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tausta (mg/m <sup>3</sup> )	257	180	30	15	9.4	16	15		171	92	37	42	24
Poistokanava (mg/m <sup>3</sup> )	225 6		56	22	14	22	44		101 4	78	27	36	24
Tausta < 4 µm (mg/m <sup>3</sup> )	14	9.4 7	2.4	1.4	1.8	2.6	1.2	1.5	7.9	6.6	2.4	3.3	1.0
Poistokanava < 4 µm (mg/m <sup>3</sup> )	80		5	2.9	2	2.6	3.9	3.0	27	7.2	3.1	3.4	2.9
Tausta1, Max. DustTrak (mg/m <sup>3</sup> )	170 0	135 0	280	640	180	64	150	105	135 0	840	380	370	400
Vesi (l)			37	49	61	32. 5	18. 9			25. 2	53. 1	44. 1	23. 8

7 Keskimmäiset suuttimet pois

8 Murskain meni tukkoon

10 Keskimmäiset suuttimet pois. Yksi suutin suuntasi vähän yli.

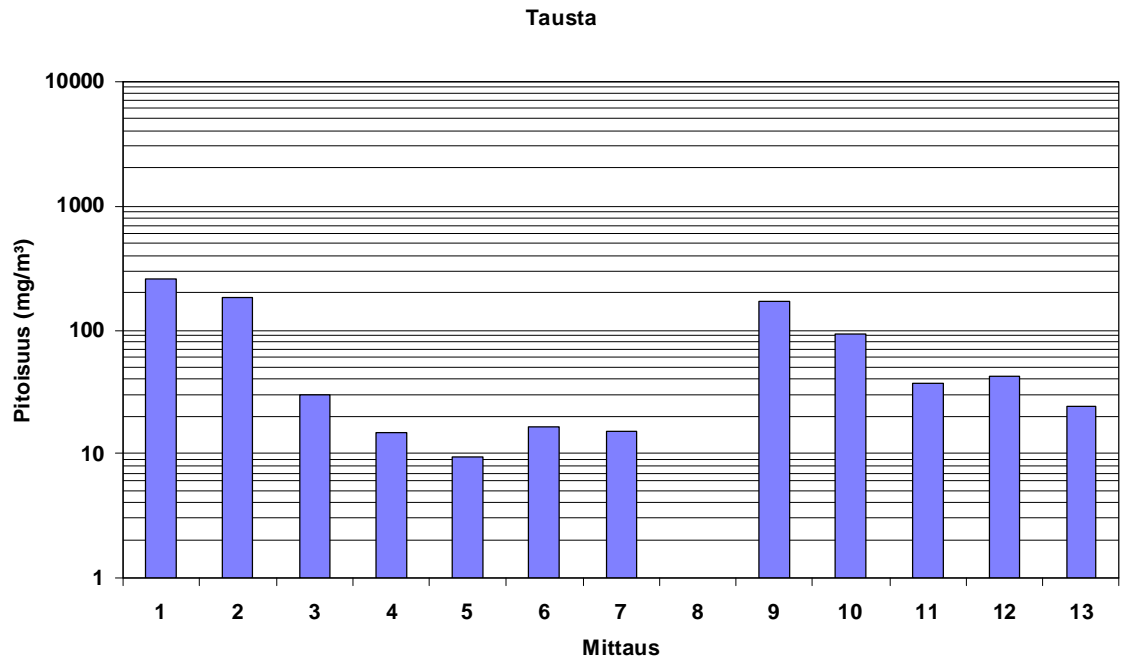
11 Murskain meinasi tukkeutua.

12 Keskimmäiset suuttimet pois. Vesisumutuksen vedenkulutus arvioitu mittauksesta 7.

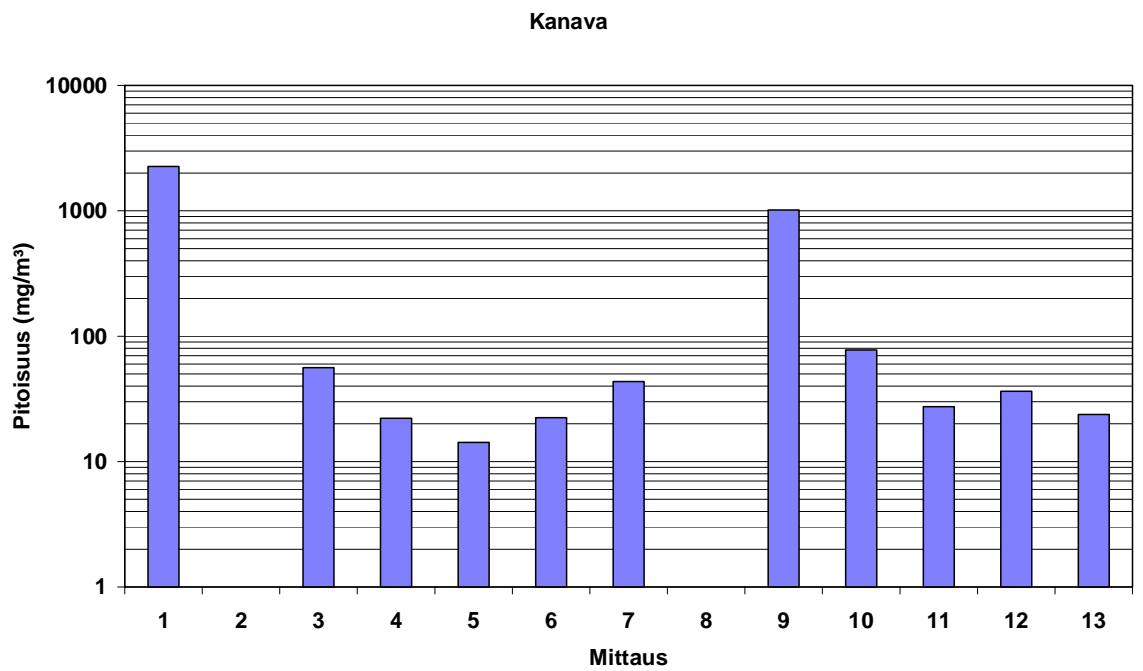
13 Ensimmäiset suuttimet käytössä. Vesisumutuksen vedenkulutus arvioitu muista mittauksista.

Kuvissa 2 – 18 on mittaustulokset esitetty kuvaajina.

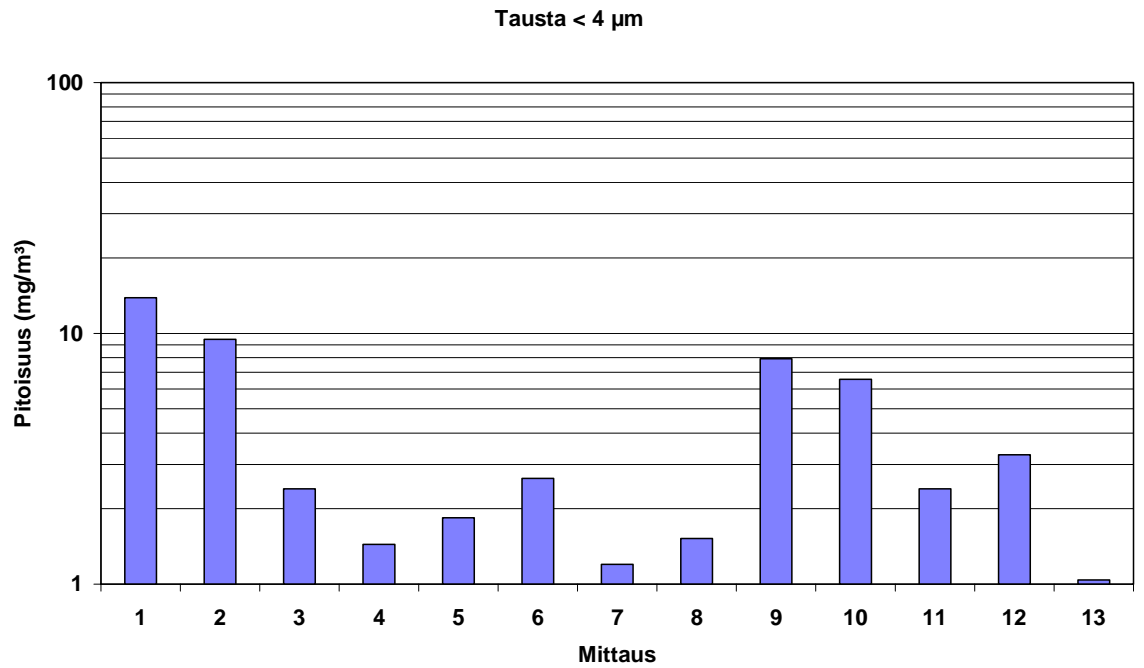




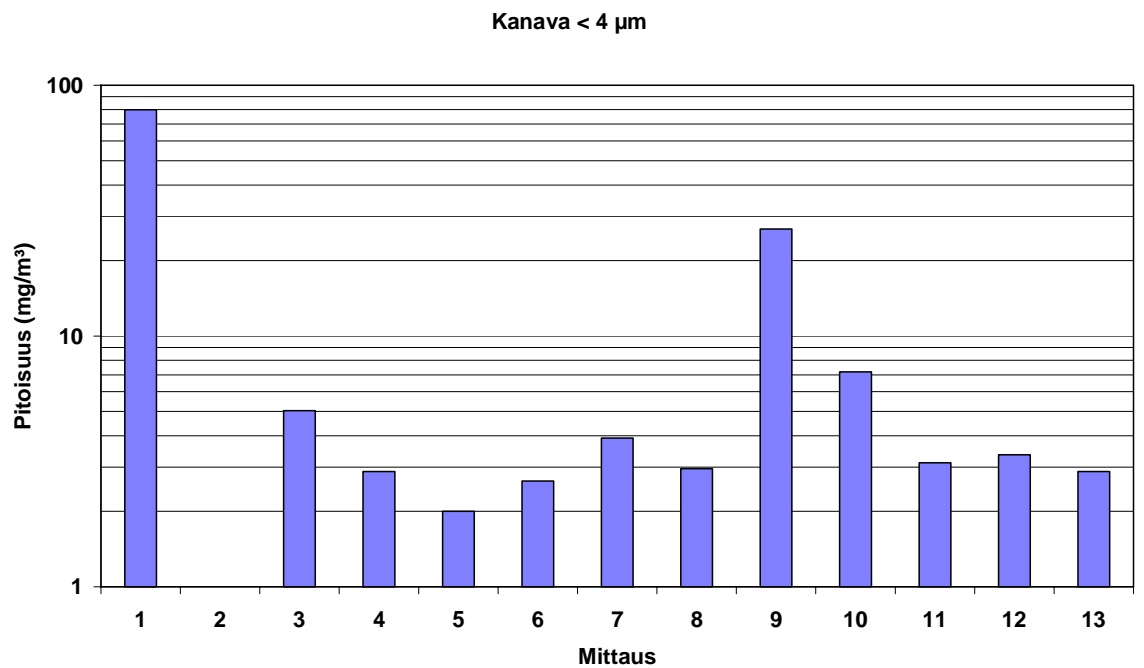
**Kuva 2. Taustapisteistä mitatut kokonaismassapitoisuudet (keskiarvo) eri koetilanteissa.**



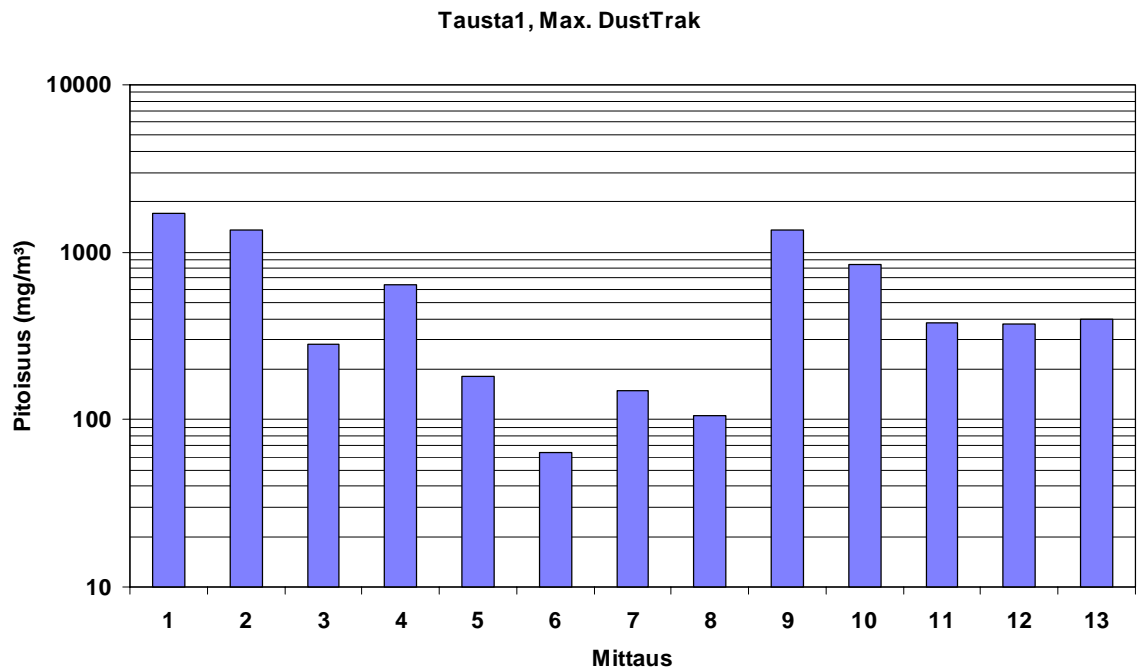
**Kuva 3. Seulan kohdepoistokanavasta mitatut kokonaismassapitoisuudet eri koetilanteissa.**



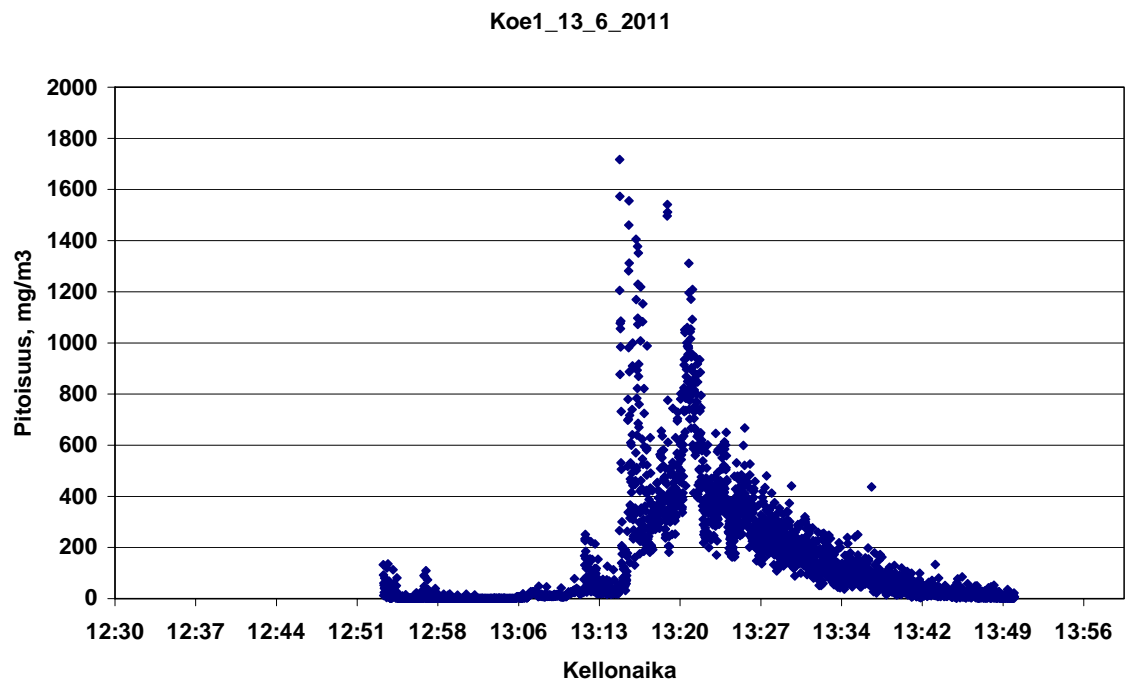
**Kuva 4. Taustapisteistä mitatut alle 4  $\mu\text{m}$  hiukkasten massapitoisuudet (keskiarvo) eri koetilanteissa.**



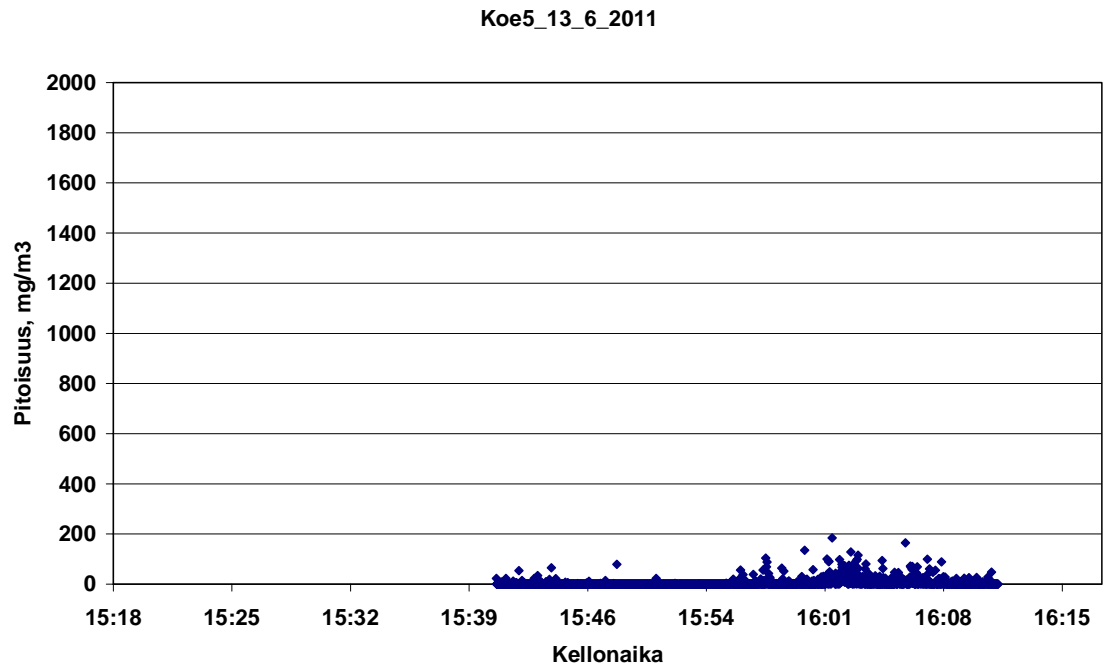
**Kuva 5. Seulan kohdepoistokanavasta mitatut alle 4  $\mu\text{m}$  hiukkasten massapitoisuudet eri koetilanteissa.**



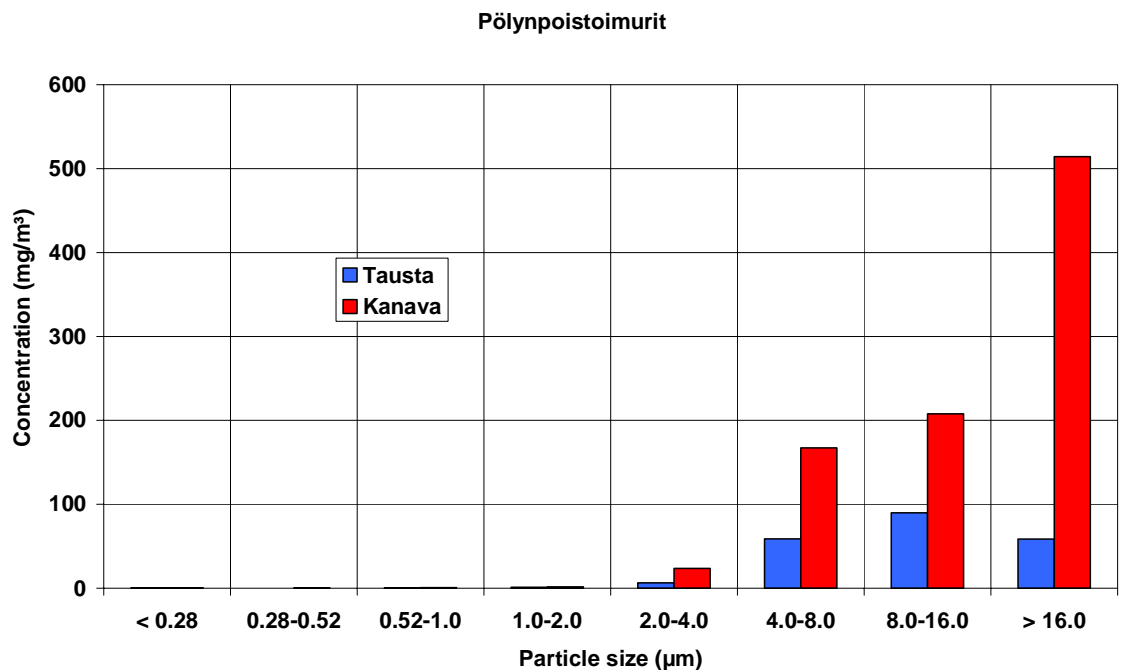
Kuva 6. Taustan hetkelliset massapitoisuuden maksimiarvot eri koetilanteissa optisella analysaattorilla (DustTrak) mitattuna.



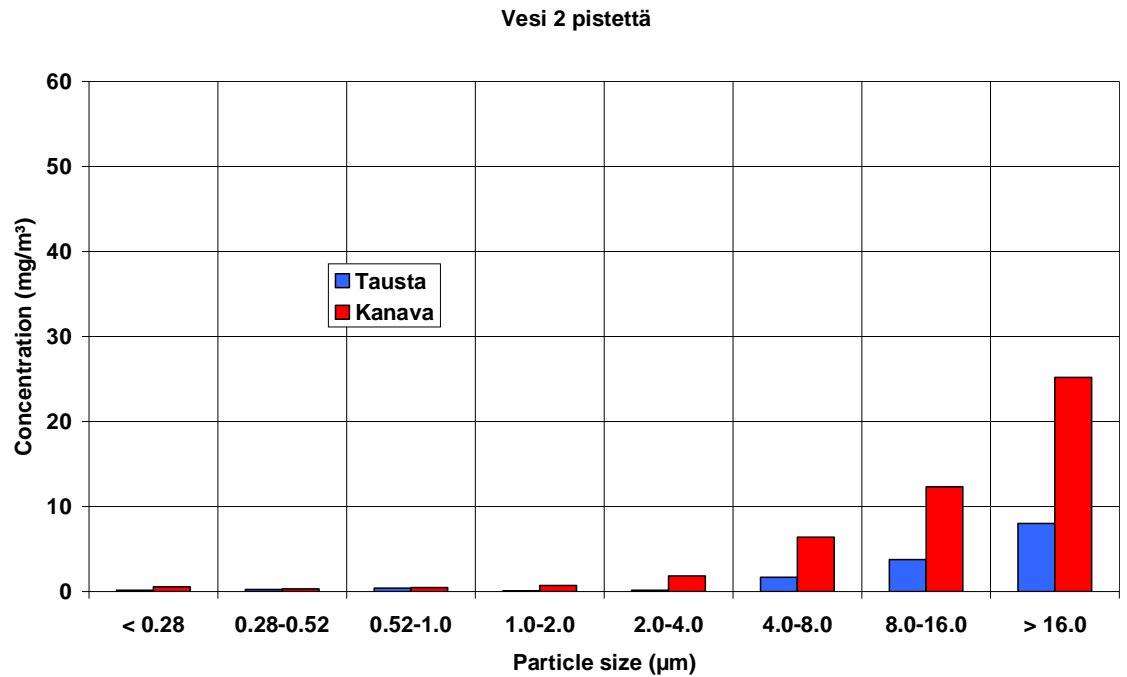
Kuva 7. Kokeen 1 (poisto seuralta) aikainen taustan massapitoisuus ajan funktiona optisella analysaattorilla (DustTrak) mitattuna. Murskausaika n. klo 13:14 – 13:19.



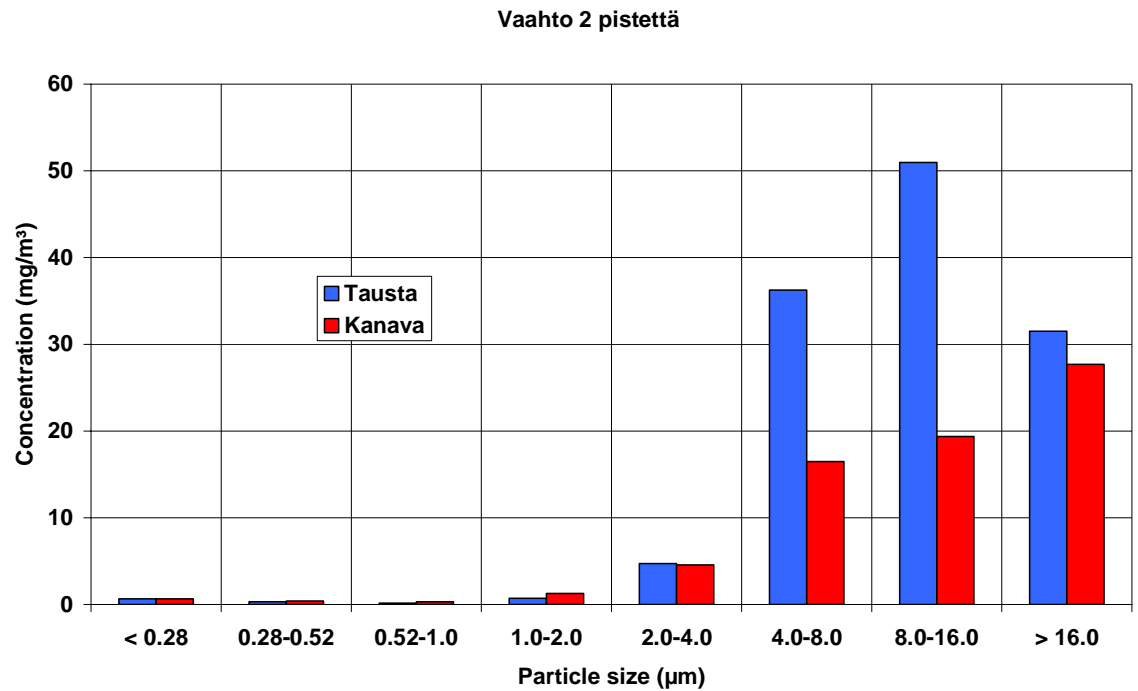
**Kuva 8. Kokeen 5 (vesisumutus 120 bar) aikainen taustan massapitoisuus ajan funktiona optisella analysaattorilla (DustTrak) mitattuna. Murskausjakso klo 15:56 – 16:02.**



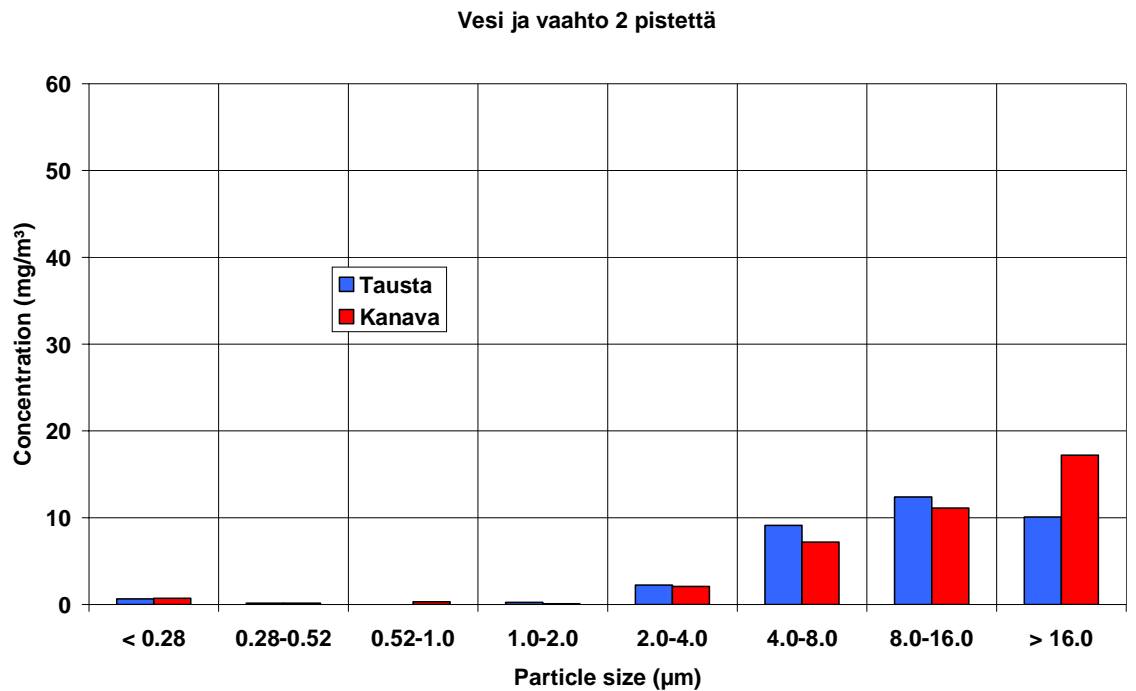
**Kuva 9. Taustan ja seulan poistoilman pölyn hiukkaskokojakaumat (pölynpoistoimurit käytössä).**



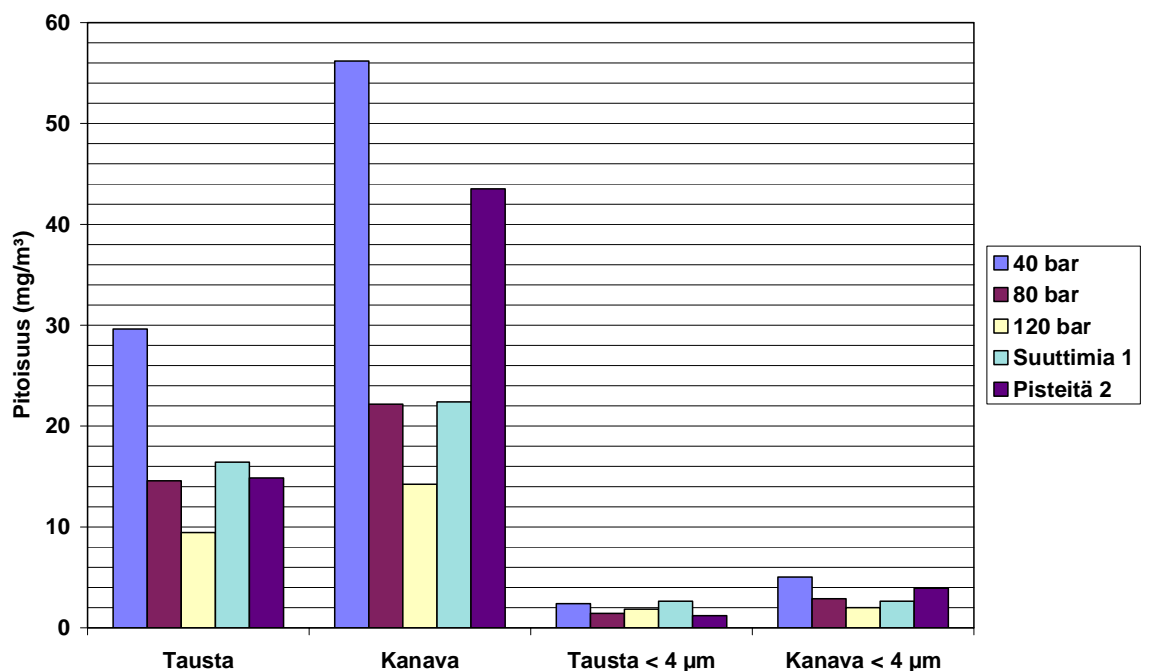
**Kuva 10. Taustan ja seulan poistoilman pölyn hiukkaskokojakaumat (vesisumutus kahdesta pisteestä).**



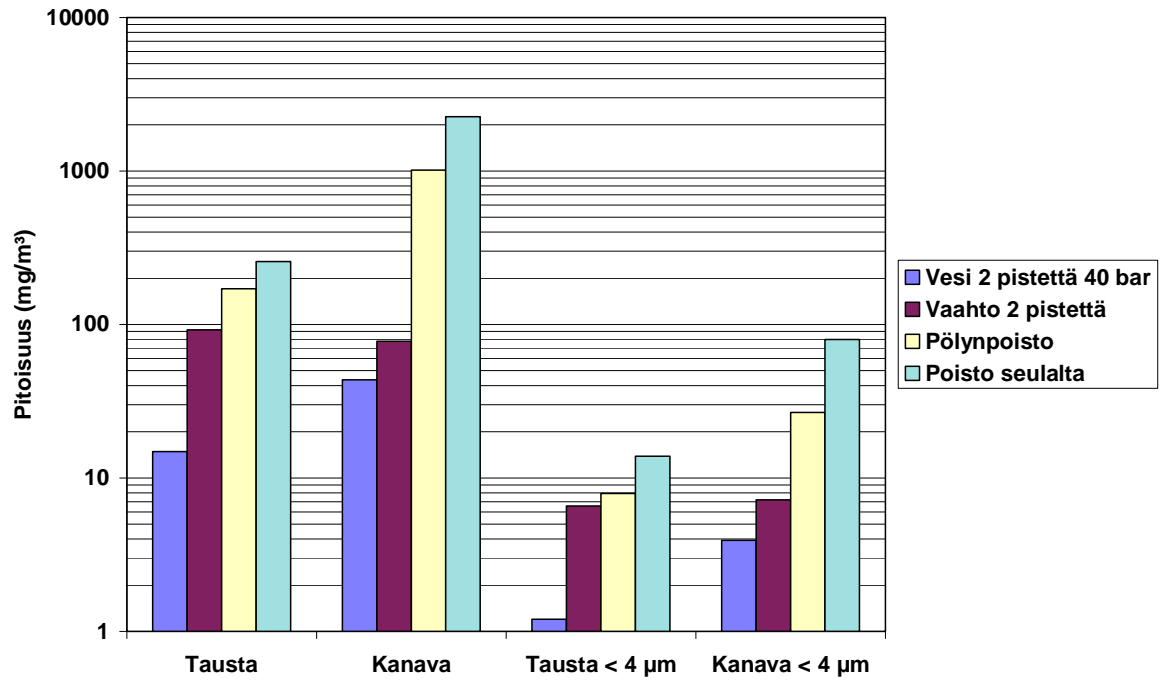
**Kuva 11. Taustan ja seulan poistoilman pölyn hiukkaskokojakaumat (pölynsidontavaahto kahdesta pisteestä).**



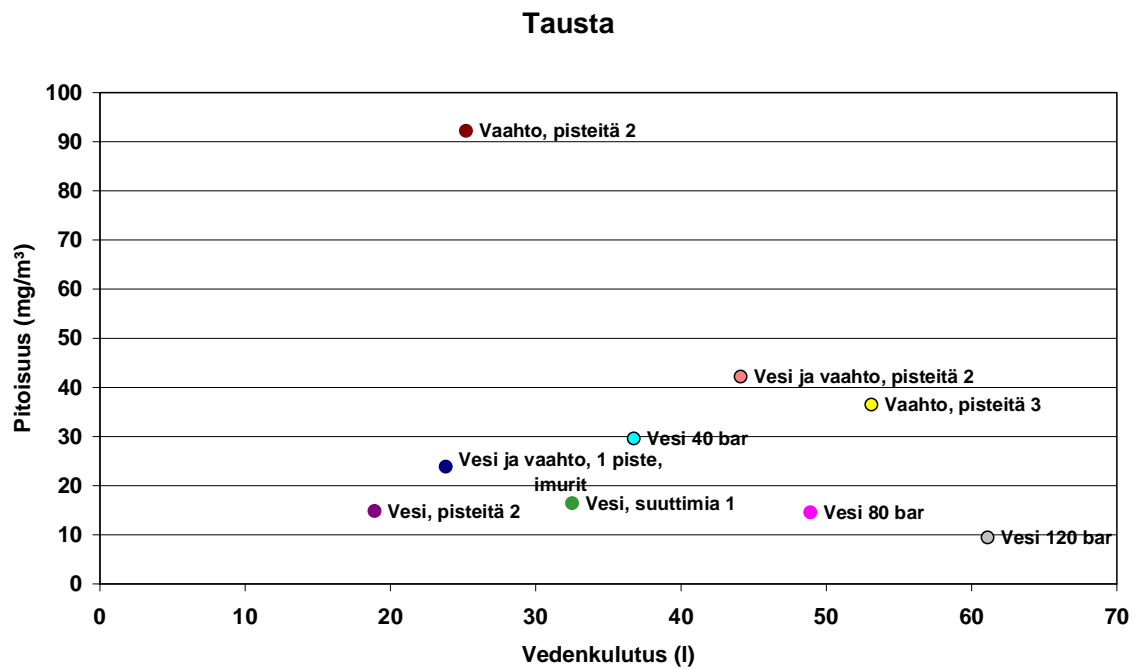
**Kuva 12. Taustan ja seulan poistoilman pölyn hiukkaskokojakaumat (vesisumutus ja pölynsidontavaahto kahdesta pisteestä).**



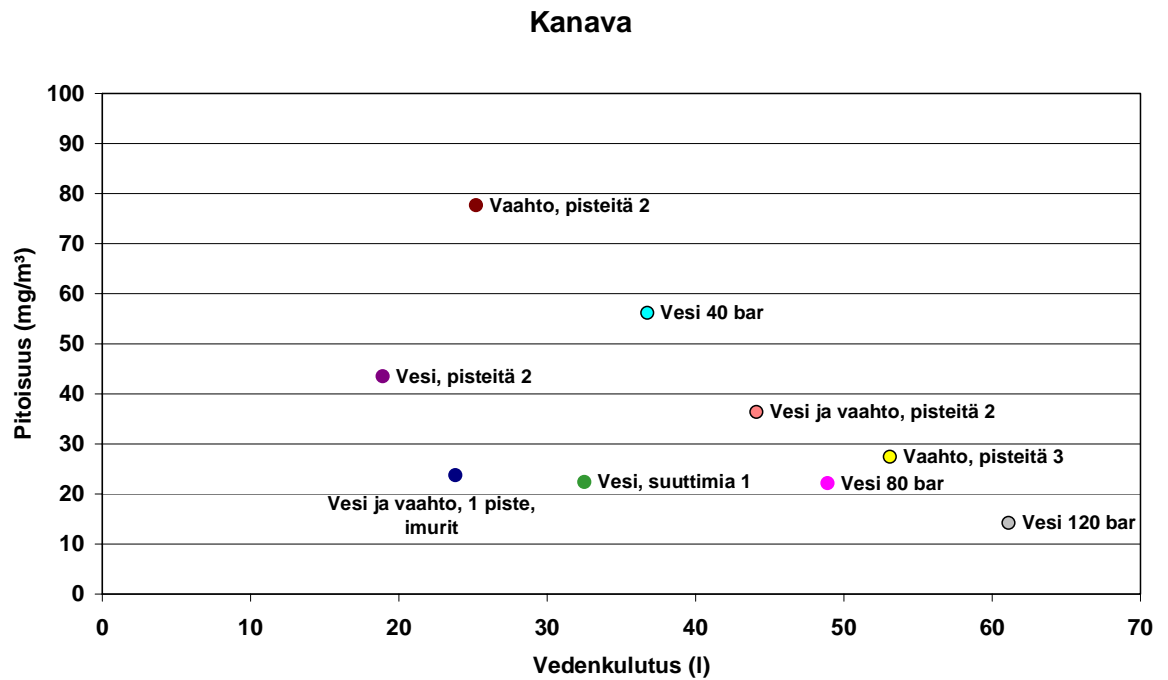
**Kuva 13. Vesisumutuskokeiden aikaiset mitatut massapitoisuudet.**



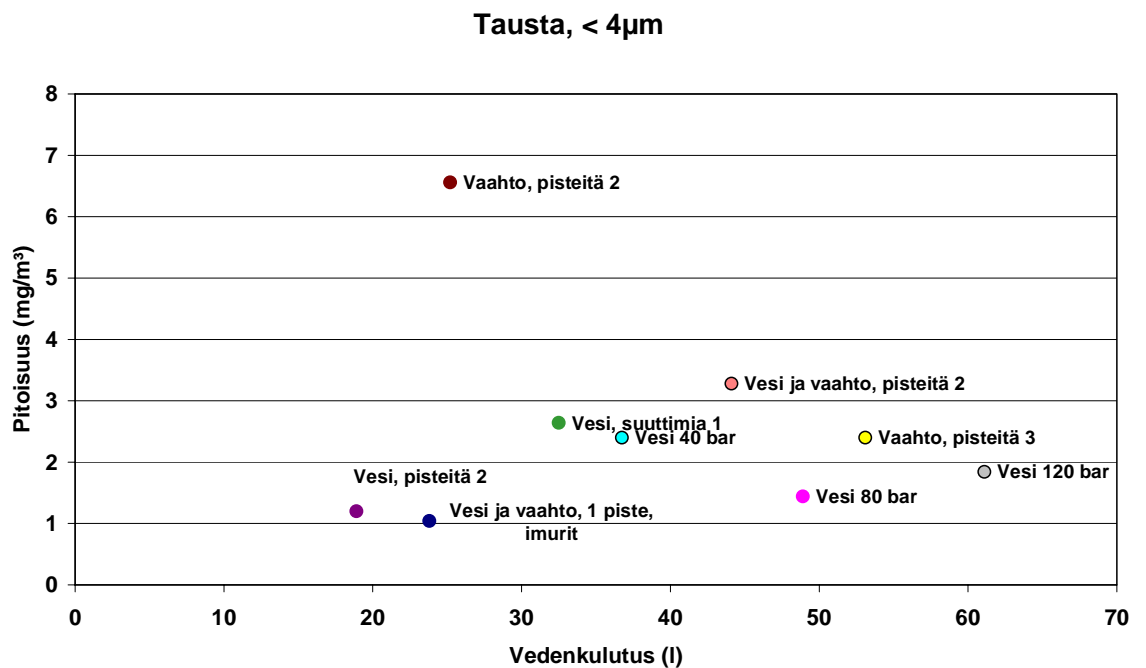
Kuva 14. Eri pölyhallintamenetelmien aikana mitatut massapitoisuudet.



Kuva 15. Taustasta mitatut massapitoisuudet verrattuna vedenkulutukseen eri koetilanteissa.

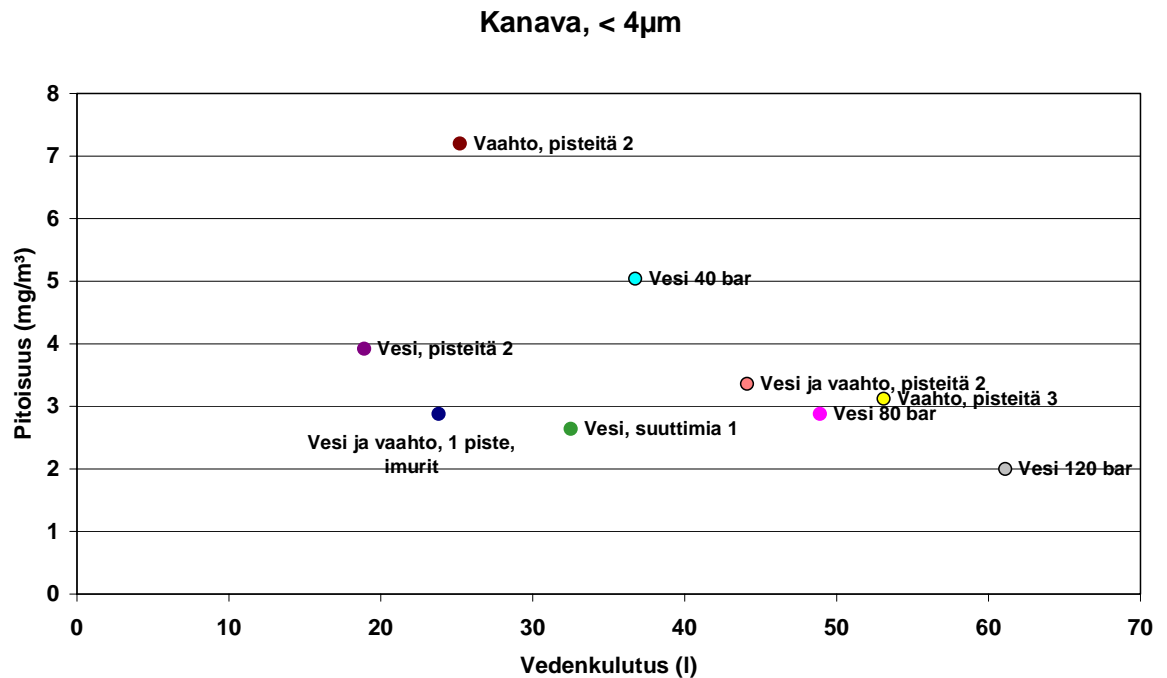


**Kuva 16.** Seulalta poistetusta ilmasta mitatut massapitoisuudet verrattuna vedenkulutukseen eri koetilanteissa.



**Kuva 17.** Taustasta mitatut alle 4  $\mu$ m hiukkasten massapitoisuudet verrattuna vedenkulutukseen eri koetilanteissa.





**Kuva 18.** Seulalta poistetusta ilmasta mitatut alle 4  $\mu$ m hiukkasten massapitoisuudet verrattuna vedenkulutukseen eri koetilanteissa.

## 6 Tulosten tarkastelu

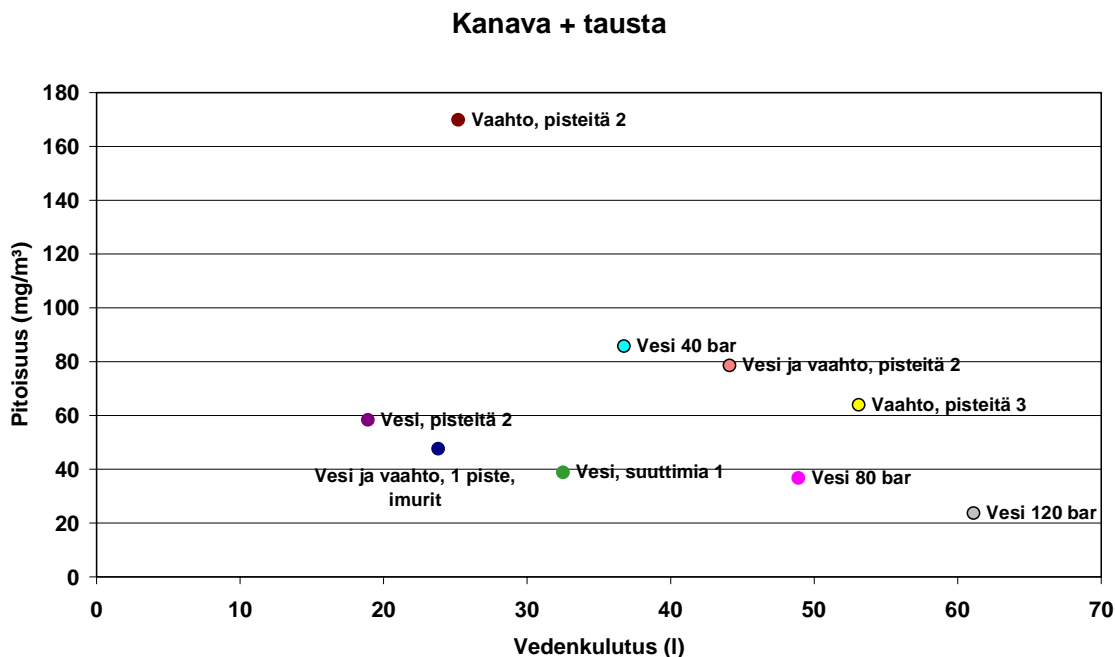
Mittaustuloksista voidaan laskea seulan nettopäästölle vertailuluku vähentämällä poistokanavasta mitatusta pitoisuudesta taustailmasta mitattu pitoisuus. Vaahtoa käytettäessä erotus on jopa negatiivinen (Taulukko 2.). Tämä tarkoittaa, että seulalla oleva murskeen ja vaahton sekoitus toimi suodattimena.

Kun tarkastellaan tilannetta koko laitoksen pölypäästön kannalta, niin vertailuluvun on oltava summautuva. Voimakkaasti yksinkertaistaen vertailuluku on laskettu taustapitoisuuden ja poistokanavasta mitatun pitoisuuden summana (Taulukko 2.). Hienojakoisen kvartsin kannalta tehokkaita pölynsidontakeinoja olivat vesisumutus ja pölynsidontavaahto (< 4  $\mu$ m hiukkaset).

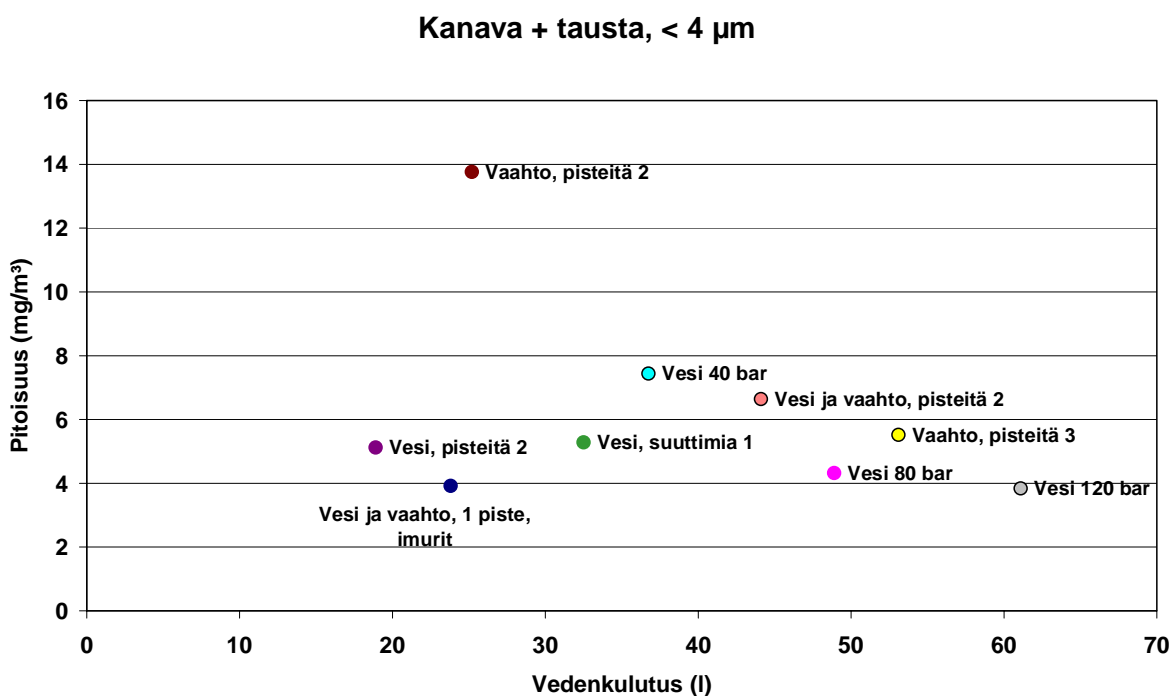
**Taulukko 2.** Pölypäästön vertailuluku eri tilanteissa.

	Mittaus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	12	13
Nettopäästöön verrannollinen pitoisuus seulalta	Poistokanava – Tausta (mg/m <sup>3</sup> )	1998		27	7.6	4.8	6.0	29		843	-15	-9.1	-5.8	-0.1
	Poistokanava – Tausta < 4 $\mu$ m (mg/m <sup>3</sup> )	66	9.5	2.6	1.4	0.2	0	2.7		18.8	0.64	0.72	0.08	1.84
Päästöpotentiaali: seula ja muu laitos (kasalle pudotus ei ole mukana)	Poistokanava + Tausta (mg/m <sup>3</sup> )	2513	180	86	37	24	38.8	58.4		1185	170	64.0	78.6	47.6
	Poistokanava + Tausta < 4 $\mu$ m (mg/m <sup>3</sup> )	93.7	9.5	7.4	4.3	3.8	5.3	5.1		34.6	13.8	5.5	6.6	3.9

Vertaamalla edellä mainittuja vertailulukuja käytettyyn vesimäärään voidaan nähdä isoja eroja (Kuvat 19 ja 20). Vedenkulutusarvoja vertailtaessa on kuitenkin huomattava, ettei mittauksissa voitu ottaa huomioon lopputuotteen kasalle pudotuksen pölypäästöä, koska pudotuskohta oli ulkona. Pölynsidontavaahdon mahdollista vaikutusta lopputuotekasan pölyävyyteen varastointivaiheessa ei myöskään ole otettu huomioon.



Kuva 19. Vertailuluku vedenkulutukseen verrattuna.



Kuva 20. Vertailuluku vedenkulutukseen verrattuna (alle 4 µm hiukkaset).

## 7 Johtopäätökset

Hankkeen tavoitteena oli parantaa murskauslaitoksen työntekijöiden työturvallisuutta parantamalla pölynhallintaa. Työ toteutettiin Metso Minerals Oy:n koemurskauslaitoksella tehdyillä mittauksilla. Keinoina käytettiin ilman imulaitteita, kuljettimien kotelointia sekä kiviaineksen kostutusta vedellä ja/tai veden ja pölynidonta-aineen seoksella (vaahto).

Saatuja mittaustuloksia on syytä arvioida ainoastaan suuruusluokkatasolla, sillä kustakin koetilanteesta voitiin tehdä ainoastaan yksi mittausta. Toisaalta tämä järjestely mahdollisti usean eri tilanteen mittaamisen.

Tulosten perusteella murskauslaitoksen pölypäästöön ja laitosalueen pölypitoisuuteen voidaan vaikuttaa merkittävästi kiviaineksen kostutuksen ja pölynsidonta-aineen avulla. Niiden keskinäistä paremmuusjärjestystä ei kuitenkaan pystytty tässä tutkimuksessa luotettavasti selvittämään säätöparametrien optimoinnin keskeneräisyyden ja kokeiden riittämättömän toistomäärän takia.

Toteutetun koejärjestelyn avulla ei myöskään ollut mahdollista tutkia varastokasojen pölyävyyttä pitkällä aikavälillä. Mahdollista kuitenkin on, että vaahdon avulla voidaan vaikuttaa myös valmiin murskekasan pölyävyyteen esim. tuulen vaikutuksesta.

Tutkimuksen tulosten perusteella ei voida arvioida miten tehokkaasti tutkitut pölynhallintakeinot alentavat esimerkiksi hienojakoisen kvartsin pitoisuutta käytännön murskauslaitoksilla, joissa murskauksen lisäksi pölypitoisuuteen vaikuttavat mm. murskeen varastokasojen pölyäminen ja liikenne.

Tutkimus osoitti, että murskauslaitoksen pölypäästöä on mahdollista alentaa merkittävästi tehokkailla pölyntorjuntatoimenpiteillä. Pölynhallintajärjestelmän kehitystyötä ja optimointia kannattaa jatkaa.