

---

**Pölyn hallinta Valio Oy:n Turengin tehtaassa massanvalmistusosastolla**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Bio- ja elintarviketekniikka, meijeriteknologian sv

Visamäki, kevät 2014

Juho Kiviranta



Visamäki  
Bio- ja elintarviketekniikka  
Meijeriteknologia

---

<b>Tekijä</b>	Juho Kiviranta	<b>Vuosi</b> 2014
<b>Työn nimi</b>	Pölyn hallinta Valio Oy:n Turengin tehtaassa massanvalmistusosastolla	

---

## TIIVISTELMÄ

Pölysaaste on yksi yleisimmistä ammattitautien aiheuttajista Suomessa. Erityisesti leipomot ja muut jauheiden kanssa työskentelevät altistuvat työpäivänsä aikana orgaaniselle jauhopölylle, joka aiheuttaa ammatillisia hengityselinallergioita ja – ihotauteja.

Työn toimeksiantaja on Valio Oy:n Turengin tehdas, jonka massanvalmistusosasto kärsii jauhopölyn aiheuttamista ongelmista, johtuen kasvavasta tuotevalikoimasta. Tehtaalla suoritettiin 7.2.2013 työterveyslaitoksen asiantuntijoiden suorittamia mittauksia orgaanisen pölyn pitoisuuksien lähtötason selvittämiseksi.

Työn tarkoituksena on parantaa massanvalmistusosastolla työskentelevien työntekijöiden työturvallisuutta ja olosuhteita, käymällä läpi massanvalmistusolosuhteita, toimintamalleja ja työtapoja, lisäksi tehtaassa valmistusprosessin kustannustehokkuutta ja siisteyttä halutaan parantaa.

Työn tutkimusosiossa pölysaasteen määrän kehittymistä tutkittiin analysoimalla sameusmittarilla maljoja, joita asetettiin massanvalmistusosastolle määrääjäksi ja seuraamalla pölynpoistossa käytettävän imulaitteiston hävikin määrää viikoittain.

Työssä käytetään hyväksi pölynhallintaan suunniteltua työturvallisuuskeskuksen lanseeraamaa ”Pölyt pois yhteistyöllä”-opasta, joka tarjoaa erilaisia työkaluja jauhepölyn määrän vähentämiseksi työpisteellä.

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että pölysaasteen määrä ei olisi vähentynyt prosessiin tehdyistä parannuksista huolimatta.

Tutkimustuloksiin tulee kuitenkin suhtautua kriittisesti ja työn pääasiallinen tarkoitus oli tuottaa mahdollisimman toteuttamiskelpoisia ratkaisuehdotuksia pölysaasteen määrän vähentämiseksi, koska tarkemmat tiedon pölysaasteen oikeasta tilasta saadaan, kun TTL:n asiantuntijat suorittavat pölytilanteesta uusintamittaukset.

Työn teoriaosiossa käsitellään eri pölytyyppejä, pölyn alkuperää ja niiden vaikutuksia ihmisen terveyteen, sekä käsitellään ”Pölyt pois yhteistyöllä”-oppaan sisältöä, sekä viranomaisten asettamien asetusten, kuten HTP-arvon sisältämiä vaatimuksia.

**Avainsanat** Orgaaninenpöly, ammattitauti, ”Pölyt pois yhteistyöllä”, HTP-arvo

**Sivut** 33 s. + liitteet 3 s.

Visamäki  
Degree Programme in Biotechnology and Food Engineering  
Dairy Technology

---

<b>Author</b>	Juho Kiviranta	<b>Year</b> 2014
<b>Subject of Bachelor's thesis</b>	Dust management in a pulping process department in a UHT factory	

---

## ABSTRACT

Dust pollutants are one of the most common causes of occupational diseases in Finland. Especially those who work at bakeries and in other fields of food industry suffer a lot from occupational asthma and occupational skin diseases because they are closely in touch with flour and powder-like products

This Bachelor's thesis was commissioned by Valio Ltd UHT factory at Turenki, Finland. The factory's personnel at the pulping process department have been struggling with dust problems some time due to the large range of products to be manufactured. The dust content in the indoor air of the department was measured in February 2013 by the experts from the Finnish Institute of Occupational Safety to find out the dust content level. The main goal of this thesis was to improve the working conditions and work safety of the employees by examining the working habits. Also, the aim was to improve the general tidiness.

The theoretical part of the thesis deals with different kind of dust types, the origin of dust and their impact on the human body and health. In addition, the requirements set by the legislation and decrees, e.g. HTP value, were examined. The development of the amount of dust content was investigated by petri dishes placed at certain points in the department for a certain time. They were analyzed with a turbidity meter. In addition, the amount of waste produced by the suction device was also followed every week. A guide called "Pölyt pois yhteistyöllä" published by The Finnish Institute Occupational Safety was used in the study. The guide offers various tools to decrease the amount of dust pollutants in the working places.

The results of the study show that the amount of dust didn't decrease despite all the improvements made in the process. However, the results should be taken with a critical approach because more accurate information will be obtained after new measurements of the dust content are conducted.

**Keywords** Dust, Organic dust, occupational disease, HTP-value

**Pages** 33 p. + appendices 3 p.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	PÖLY.....	2
2.1	Orgaaninen pöly .....	2
2.2	Pölyn muodostuminen.....	2
2.3	Miksi pölyongelmiin kannattaa puuttua työpaikoilla?.....	3
2.3.1	Atex pölyräjähdys.....	3
2.3.2	Pölyn hygieniariskit.....	3
2.4	Terveysvaikutukset.....	4
2.4.1	Pölyn alkuperän vaikutus terveyteen.....	4
2.4.2	Altistuminen .....	4
2.4.3	Pölyjakeen koon vaikutus.....	4
2.4.4	Työn raskauden merkitys .....	6
2.5	Ammattitauti.....	6
2.5.1	Työperäiset hengityselin sairaudet .....	7
2.5.2	Ammatilliset ihotautisairaudet.....	8
2.6	Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet, eli HTP-arvo.....	8
3	PÖLYTUTKA – PÖLYT POIS YHTEISTYÖLLÄ .....	10
3.1	Kuvaus Pölyt pois työkalusta .....	10
3.1.1	Tilanteen arviointi .....	11
3.1.2	Ratkaisujen kehittäminen .....	12
3.1.3	Ratkaisujen arviointi.....	12
4	ILMAN SUODATUKSESTA.....	15
4.1	Suodatusprosessi .....	15
4.1.1	Keskuspölynimuri.....	17
5	PROSESSI JA ONGELMIEN ESITTELY .....	18
5.1	Jauhepuolen prosessi.....	19
5.2	Prosessiin liittyvät ongelmat .....	19
5.2.1	Imulaitteisto .....	19
5.2.2	Prosessi.....	20
5.2.3	Työtekijät / työtavat.....	20
5.2.4	Raaka-aineet .....	21
5.2.5	Työympäristö.....	21
5.2.6	Yhteenvedo ongelmista .....	21
6	TULOKSET .....	22
6.1	Kyselylomake (Liite 1).....	22
6.1.1	Kyselystä saatuja tuloksia.....	22
6.1.2	Yhteenvedo kyselyn tuloksista.....	22
6.2	Pölypitoisuuden mittaus maljatutkimuksella .....	23
6.2.1	Tarvikkeet ja reagenssit.....	23
6.3	Mittausten suoritus .....	24
6.4	Tulokset.....	24

---

6.4.1	Vuorokauden näytteet.....	25
6.4.2	Viikonloppumittaukset .....	26
6.4.3	Tulosten tilastollinen analysointi.....	27
6.4.4	Analysoinnin tulokset .....	27
6.5	Imulaitteiston tuottaman hävikin seuranta .....	28
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMINTA EHDOTUKSET .....	29
	LÄHTEET .....	30

Liite 1	Kyselylomake jauhomajan työntekijöille
Liite 2	Maljatutkimuksen mittaus tulokset matriisimuodossa
Liite 3	Imulaitteiston tuottaman hävikin seuranta
Liite 4	Tuloksista lasketut keskiarvot
Liite 5	Kahden riippumattoman otoksen vertailu t-testillä tulokset

## 1 JOHDANTO

Työn toimeksiantaja on Valio Oy:n Turengin tehdas. Nykyinen tehdas on vuodesta 1987 valmistanut erilaisia lastenruokia, UHT- ja ESL-käsiteltyjä maitoja ja kermoja. Nykyään tehdas työllistää n.125 henkilöä ja tuotanto on noin 46 miljoonaa litraa vuodessa.

Työn aihe on pölyn hallinta Valio Oy:n Turengin tehtaassa massanvalmistusosastolla. Työn tavoitteena on parantaa massanvalmistusosastolla työskentelevien työntekijöiden työturvallisuutta ja työolosuhteita, käymällä läpi massanvalmistusolosuhteita, toimintamalleja ja työtapoja, lisäksi tehdään valmistusprosessin kustannustehokkuutta ja siisteyttä halutaan parantaa.

Jauhepölylle altistuminen on yksi suurimmista ammattitautiin johtavista syistä elintarviketeollisuudessa, pääosin pölysaasteongelmasta kärsitään leipomoteollisuudessa, mutta ongelmaa esiintyy muillakin elintarviketeollisuuden aloilla.

Lisäksi jauhepöly on hygieniariski ja työturvallisuustekijä, joka suurina pitoisuuksina työtilassa aiheuttaa paloturvallisuus-, työterveys- ja tuhoisuuksien riskin.

Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus on asettanut ”haitalliseksi tunnettu pitoisuus”, eli HTP-arvon, joka kuvaa pienintä epäpuhtauspitoisuutta, jonka virasto arvioi aiheuttavan haittaa työntekijän terveydelle. HTP-arvon ylittyminen edellyttää työnantajalta toimenpiteitä pölyn määrän hallitsemiseksi. Tästä syystä työnantajat ovat alkaneet kiinnittää huomiota pölyhallintaan ja työtapojen kehittämiseen.

Aiheen rajaus on suoritettu niin, että tutkimuksessa analysoidaan prosessilaitteisiin tehtyjen muutosten vaikutus sisäilman pölypitoisuuteen ja häviön määrään, sekä selvitetään mahdolliset hengitysilman pölypitoisuudesta aiheutuneita terveysvaikutuksia jauheosaston työntekijöille.

Pölypitoisuuden analysointi tapahtuu maljatutkimuksella, joka suoritetaan kesän ja syksyn 2013 ja kevään 2014 aikana ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen kyselylomakkeella, johon massanvalmistusosaston työntekijät vastaavat.

Työtapojen ja toimintamallien muokkaamiseen sovelletaan työturvallisuuskeskuksen (TTK) leipomoihin lanseeraamaa Pölytutka – ”Pölyt pois yhteistyöllä!” - työkalua.

## 2 PÖLY

Pöly on yleisnimitys ilmassa olevalle epäpuhtaudelle. Epäpuhtaudet ovat pienpartikkeleita, halkaisijaltaan 1-100 µm mittaisia. Partikkelit muodostavat kaasun, eli hengitysilman kanssa aerosoli-seoksen. Pöly on siis yleisnimitys määrittelemättömälle määrälle pienpartikkeleita ilmassa.

Partikkeleita esiintyy ilmassa luonnostaan, sekä ihmisen toiminnan seurauksena. Esimerkiksi puiden tuottaman siitepöly ja ihmisen liikenteen aiheuttamat hiukkaspäästöt ovat pienpartikkeleiden syntylähteitä.

Pienpartikkelien joutuminen ja käyttäytyminen ilmassa johtuu niiden alkuperästä, fysikaalisista ominaisuuksista, sekä ympäristössä vallitsevista ominaisuuksista.

Esimerkkejä pölytyypeistä ovat:

- Orgaaninen pöly (esimerkiksi maitojauhe ja mausteet)
- Kemiallinen pöly (esimerkiksi Torjunta-aineet, kemikaali jauheet)
- Home- ja siitepöly
- Metallipöly (esimerkiksi Lyijy- ja kadmiumpöly)
- Mineraalipölyt (esimerkiksi Kivihiili- ja sementtipöly)

Tässä työssä pääasiallinen pölytyyppi on orgaaninen pöly ja siihen lukeutuvat pölylähteet.

(Kulmala, Heinonen Riipinen, Säämänen & Welling, 2004)

### 2.1 Orgaaninen pöly

Orgaaniseksi pölyksi kutsutaan eloperäisestä aineesta lähtöisin olevia hiukkasia. Näihin lukeutuvat esimerkiksi maitojauhe, mausteet ja eliöiden tuotteet, esimerkiksi eläinhilse on orgaanista pölyä. Orgaaninen pölyhiukanen voi olla myös elävä pienorganismi, kuten ilman mukana kulkeutuva punkki, virus tai bakteeri.

(Riipinen, Lehtipalo 2008 – 2014)

### 2.2 Pölyn muodostuminen

Pölyn muodostumisen ehkäisemiseksi on tärkeää tunnistaa, selvittää ja ymmärtää pölyn syntymissyyt, syntylähteitä ja pölyn leviämistä työympäristöön. Pölyä muodostuu pääsääntöisesti kahdella tavalla, mekaaninen jauhaantumalla ja pölyämällä, jota kutsutaan myös dispergoitumiseksi.

Mekaanisella jauhaantumisella tarkoitetaan mekaanisen rikkoutumisprosessin, kuten esimerkiksi jauhaantumisen, hankauksen, kaivamisen ja tärinän vaikutuksesta syntyvää pölyä, tällä tavalla syntyvää pölyä kutsutaan primääriseksi pölyksi.

(Kulmala, ym. 2004)

Toinen tavallinen pölyn syntymekanismi on pölyäminen. Pölyämisessä jo valmiiksi jauhamaista materiaalia käsiteltäessä, kuten esimerkiksi siirrettään, punnitaan tai sekoitetaan niin, että ainetta pääsee kulkeutumaan ilmapirran mukana laajalle alueelle.

(Kulmala, ym. 2004)

### 2.3 Miksi pölyongelmiin kannattaa puuttua työpaikoilla?

Pöly aiheuttaa ongelmia työpaikoilla, suuret pölymäärät voivat aiheuttaa pölyräjähdysten, heikentää elintarviketurvallisuutta ja lisätä työterveyteen liittyviä riskejä.

(Riipinen ym. 2008 - 2014)

#### 2.3.1 Atex pölyräjähdys

Pölyräjähdys tapahtuu, kun riittävä määrä hiukkasia syttyy palamaan liekistä tai kipinästä. Liekki tai kipinä voi syntyä esimerkiksi koneen tai laitteen vioittuessa.

Melkein mikä tahansa ilmassa leijuva pöly, sahajauhasta metallipölyyn voi syttyä palamaan, kun sen pitoisuus on riittävä (20 - 200 g/m<sup>3</sup>) ja happea on riittävästi saatavilla. Tällöin ilman nopea lämpölaajeneminen voi nostaa paineen niin korkeaksi, että tapahtuu räjähdys.

(Riipinen ym. 2008 – 2014)

#### 2.3.2 Pölyn hygieniariskit

Kuten aiemmissa tutkimuksissa on osoitettu, suuret pölykertymät aiheuttavat erilaisia haittoja työpaikoilla. Erityisesti orgaaninen pöly voi sisältää erilaisia ei-toivottuja komponentteja elintarviketeollisuudessa hygienian näkökulman kannalta. Yleisimpiä orgaanisen pölyn epätoivottuja komponentteja voivat olla homeet, bakteerit tai torjunta-ainejäämät.

Yleinen tilojen epäsiisteys lisää työntekijän altistumista jauhepölylle, jos siisteyteen ei puututa sen vaatimalla vakavuudella, lisää pitkäaikainen epäsiisteys tuhoeläinten esiintymisriskiä ja heikentää elintarviketurvallisuutta.

Tuhoeläimet jaetaan neljään ryhmään:

- Elintarviketuholaisiin, ovat kuoriaisia ja lentäviä hyönteisiä, jotka elävät jonkin elinvaiheensa elintarvikkeessa. Ne voivat olla haittana erityisesti kuivissa elintarvikkeissa, kuten kuivatuissa hedelmissä ja jauhoissa.
- Sisätilojen tuholaiset, ovat esimerkiksi turkiskuoriaiset ja torakat. Ne elävät yleensä muualla, kuin elintarvikkeessa, mutta saattavat saastuttaa elintarvikkeet välillisesti.
- Satunnaisiin vierailijoihin kuuluvat yleensä ulkona elävät hyönteiset, kuten hämähäkit ja kärpäset, voivat aiheuttaa hygieniaongelmia elintarviketiloissa.
- Haittaeläimiin, kuuluvat pienjyrsijät ja linnut, levittävät tauteja ja ovat haitallisia elintarvikehygienialle.

(S. Rantanen, T. Pääkkönen 2008, Elintarviketurvallisuusvirasto, 2012)

## 2.4 Terveysvaikutukset

Jos pölyä pääsee tilaan enemmän, kuin sitä keskimäärin on ulkoilmassa, voivat sen seuraukset vaihdella lievästä epämiellyttävyyden tunteesta, hengenvaarallisiin sairauskohtauksiin asti. Pitkäkestoinen altistuminen voi aiheuttaa ammattitaudin. Pölystä aiheutuvat terveyshaitat ja – vaarat määräytyvät, sen fysikaalisista, kemiallisista ja mineralogisista ominaisuuksista.

(Kulmala ym. 2004)

### 2.4.1 Pölyn alkuperän vaikutus terveyteen

Pölyn alkuperällä on suuri merkitys, sen aiheuttamiin haittoihin, eri pölytyypit aiheuttavat erilaisia oireita, alla on listattu kohdat 1-4 yleisimmät pölytyypit ja niiden aiheuttamat yleisimmät oireet.

1. Metallipöly, erityisesti raskasmetallit haitallisia, imeytyvät hengityselinten kautta verenkiertoon, tyypillisiä oireita pahoinvointi, munuais- ja maksavauriot, pitkäaikaisessa altistumisessa hermoston toimintahäiriöitä.
2. Homepölyn yleisoireita ovat päänsärky, nivelkipu, hengenahdistus, nuha, yskä, vilunväristykset ja niihin liittyvä lihassärky.
3. Orgaaninen pölylle altistuminen aiheuttaa astmaa, ihosairauksia, syöpää, allergista nuhaa ja yliherkkyyttä.
4. Mineraalipöly aiheuttaa ihon, silmien ja hengitysteiden ärsytystä.

(Strong-Finland Oy)

### 2.4.2 Altistuminen

Altistuminen riippuu ajasta ja pitoisuudesta, mitkä henkilö on joutunut viettämään tilassa, jossa pölyä keskimääräisesti on enemmän, mutta todellinen elimistöön kertyvä annos on usean tekijän summa.

Näitä tekijöitä ovat:

- Jakeen halkaisija (hengitys elimistöön kertyminen)
- Liukoisuus ominaisuudet (liukoiset aineet imeytyvät elimistöön hengityselimistön kaikissa osissa)
- Pysyvyys
- Muoto
- Työnrasittavuus (hengitystiheys)

(Kulmala ym. 2004)

### 2.4.3 Pölyjakeen koon vaikutus

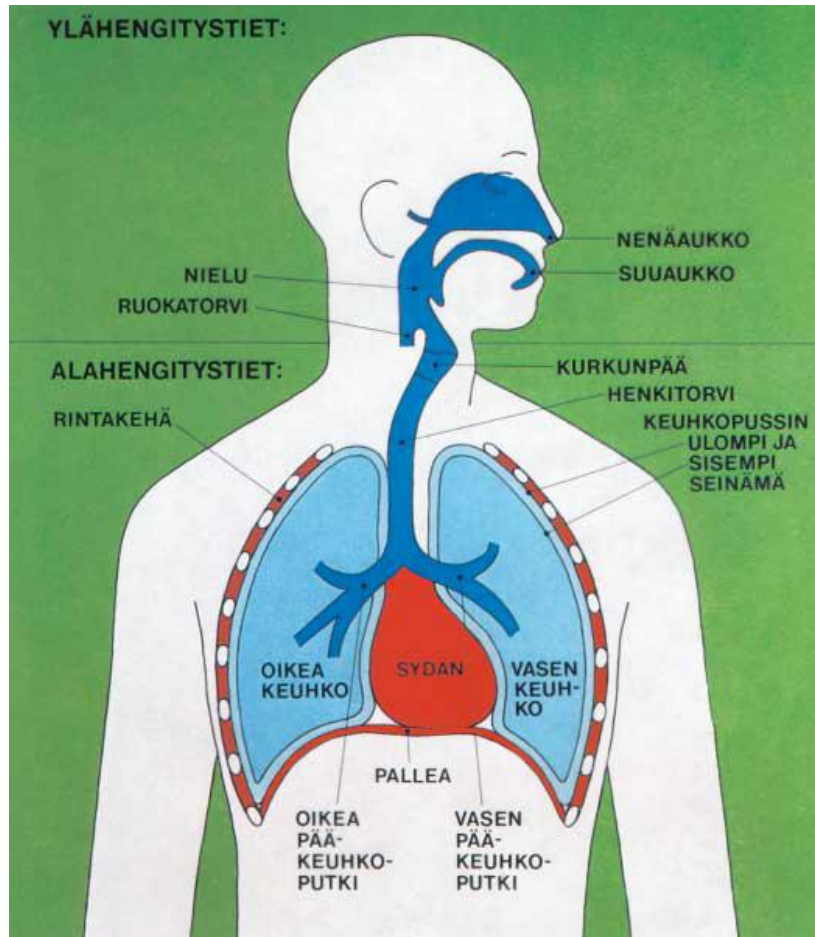
Mitä pienempi pölyjakeen koko on, sitä haitallisempaa se pääsääntöisesti on ihmisen terveydelle, koska hiukkasesta tulee haitallisempi, mitä syvemmälle hengityselimistöön se pääsee tunkeutumaan (Kuva 1.). Haitallisimpia pölypartikkeleita ovat niin sanotut alveolipölyhiukkaset, jotka tunkeutuvat keuhkorakkuloihin asti.

(Kanerva 2012)

Pölyjakeet voidaan jakaa karrikoidusti kolmeen luokkaan (Kuva 1.):

1. Hengittävöpölyjakeet  $< 100\mu\text{m}$  tarkoitetaan pääasiassa ylähengitysteihin, eli nenäonteloon, kurkunpään ja nieluun jääviä jakeita.
2. Keuhkojakeet  $< 10\mu\text{m}$  jakeet pääsevät alahengitysteihin, eli henkitorveen ja henkitorveen.
3. Alveolijakeet  $< 4\mu\text{m}$  pääsevät keuhkorakkuloihin asti.

(Kanerva 2012)

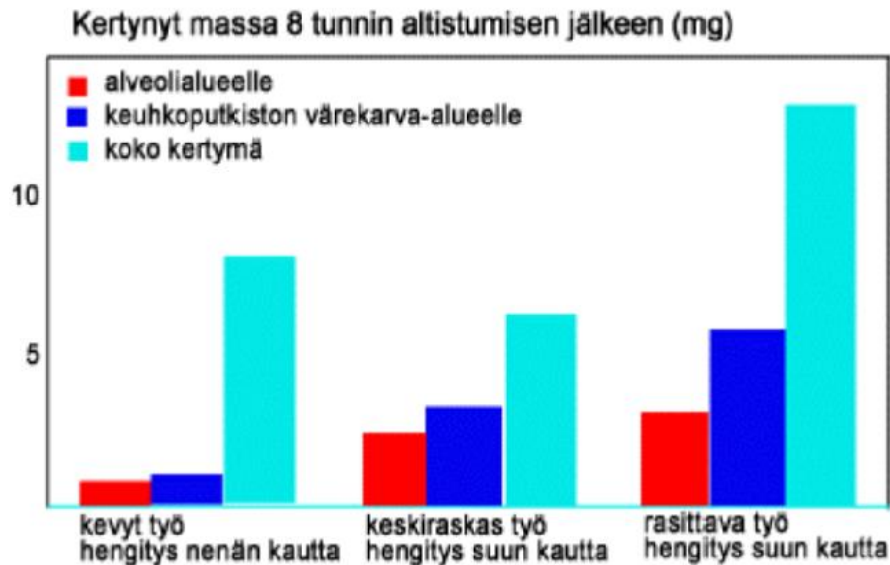


Kuva 1. Kuvassa nähdään pölyjakeen tunkeutuvuus jaekoon perusteella: 1. Hengittävöpölyjakeet, eli halkaisijaltaan  $< 100\mu\text{m}$  jakeet jäävät ylähengitysteihin, 2. Keuhkojakeet, eli halkaisijaltaan  $< 10\mu\text{m}$  jakeet pääsevät alahengitysteihin ja 3. Alveolijakeet, eli halkaisijaltaan  $< 4\mu\text{m}$  jakeet pääsevät keuhkorakkuloihin asti. (HELI ry)

#### 2.4.4 Työn raskauden merkitys

Työn raskauden merkityksestä on mallinnettu laskennallinen malli (taulukko 1.), jolla pystytään kuvaamaan teoreettisesti hiukkasten kertymistä hengityselimissä.

Taulukko 1. Taulukko kuvaa fyysisenrasituksen ja suu- ja nenähengityksen vaikutusta pölynkertymään hengitys elimistössä, taulukosta nähdään, että työn fyysisyyden lisääntyminen ja suun kautta hengittäminen kasvattaa merkittävästi keuhkojen alveolialueelle pääsevien hiukkasten määrää. (Kulmala ym. 2004)



#### 2.5 Ammattitauti

Ammattitaudit ovat sairauksia, joiden pääasiallinen lähde on työperäinen altistuminen biologiselle, kemialliselle tai fysikaaliselle tekijälle.

Ammattitauti eroaa työperäisestä sairaudesta sillä, että ammattitaudissa työstä aiheutuvan haitan osuus sairastumisesta on yli 50 prosenttisesti työperäistä.

Jauhöpöly on yksi suurimmista ammattitautien aiheuttajista Suomessa. Etenkin elintarviketeollisuudessa jauhepöly aiheuttaa paljon työperäisiä allergisia hengityselin- ja ihosairauksia.

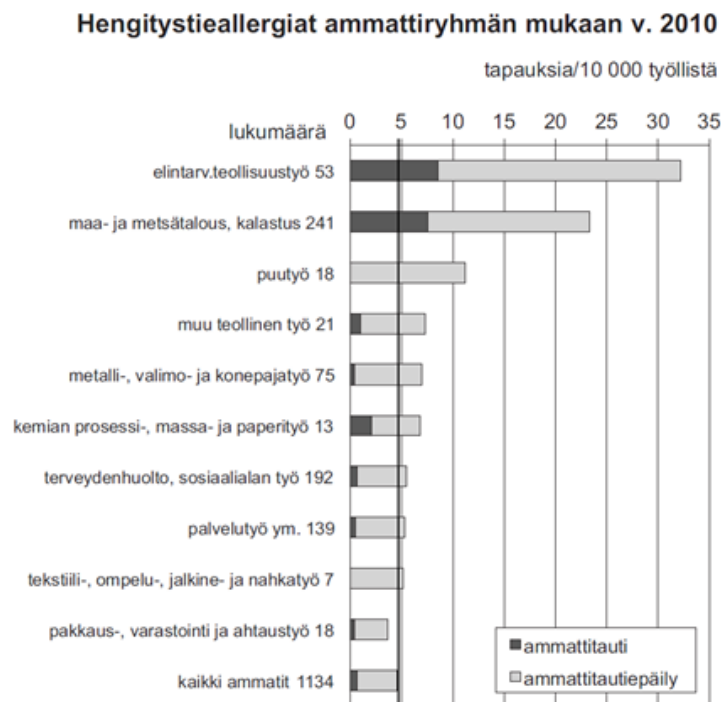
(P. Oksa ym. TTL 2012)

## 2.5.1 Työperäiset hengityselin sairaudet

Työperäisiin hengityselinsairauksiin kuuluu ammattiastma, ammattinuha, ammattikurkunpää tulehdus ja ammattikeuhkorakkulatulehdus, eli ammattialveoliitti. Vuonna 2010 kirjattiin 1134 hengitystieallergiatapausta, joka oli 19 % kaikista ammattitauti- ja ammattitautiepäilytapauksista.

Ammattiryhmittäin verrattuna elintarviketeollisuuden työntekijät ovat suurin työperäisiin hengityselinsairauksiin sairastuva ryhmä, ammattitauteja ja ammattitautiepäilyitä kirjattiin 32 kpl/10 000 työntekijää tältä sektorilta. (Kuva 2.)

(P. Oksa ym. TTL 2012, 8-13)

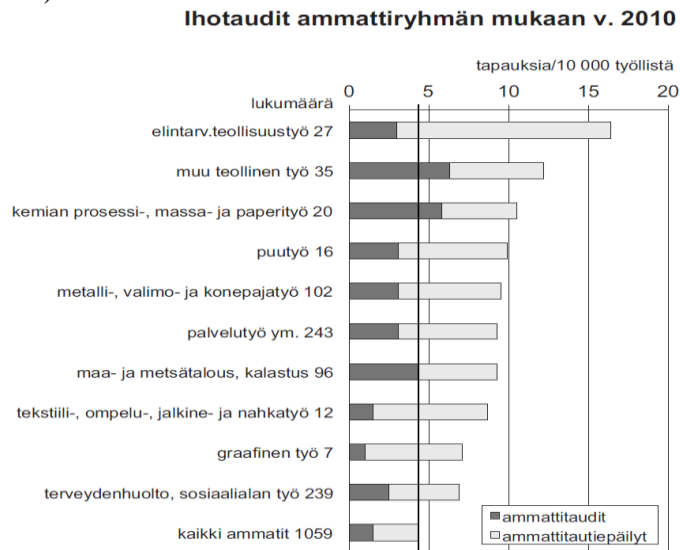


Kuva 2. Kuvasta 2. nähdään, että elintarviketeollisuus on suurin ammatillisiin hengitystieallergioihin altistava teollisuuden ala vuonna 2010. Lähde: (P. Oksa ym. 2012, 12)

## 2.5.2 Ammatilliset ihotautisairaudet

Työperäisiin ihotautisairauksiin kuuluvat ärsytyskosketusihottuma, allerginen kosketusihottuma, proteiinikosketusihottuma, ihoinfektio ja muut ihotaudit.

Elintarviketeollisuus oli suurin ammatillisiin ihosairauksiin ja ammatillisiin ihosairaus epäilyihin altistava teollisuuden ala, 17 kpl/10 000 työntekijää (Kuva 3). Vuonna 2010 ihotauteja, kaikista ammattitaudeista ja ammattitautiepäilyistä oli 18 %, eli 1059 tapausta. (P. Oksa ym. 2012, 22 - 25)



Kuva 3. Kuvasta 3. nähdään, että elintarviketeollisuustyö on suurin ammatillisiin ihotauteihin ja ihotautiepäilyihin altistava teollisuuden ala. Lähde: (P. Oksa ym. 2012, 25)

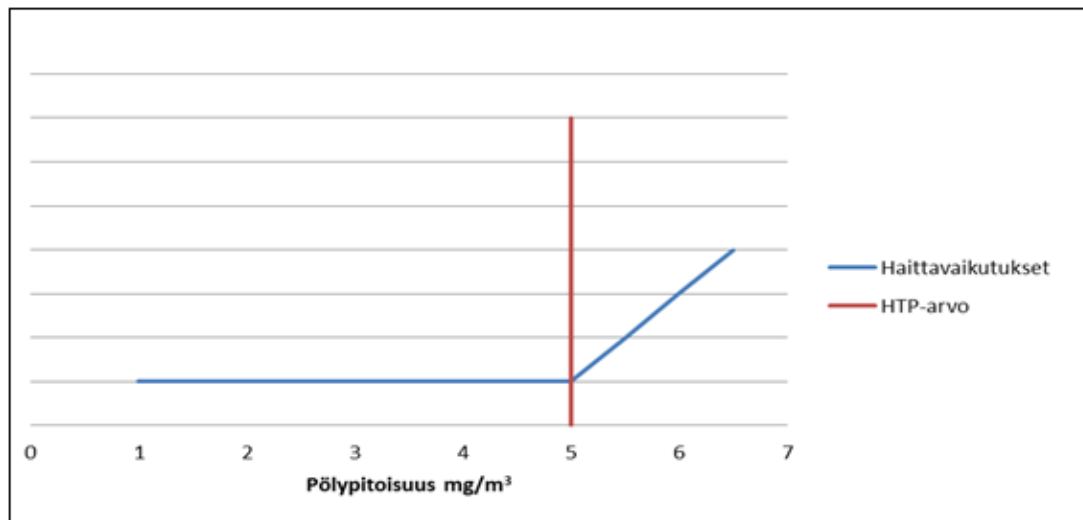
## 2.6 Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet, eli HTP-arvo

HTP-arvo on sosiaali- ja terveysviraston asetus. HTP-arvon tarkoitus on asettaa lain takaamat normit suojelemaan työntekijöiden terveyttä hengitysteitse terveyshaittoja aiheuttavilta altisteilta.

HTP-arvo on määritelty hengityksen kautta tapahtuvan altistumispiteisyyksien raja-arvot aineen tai aineryhmän mukaan.

1. Kahdeksan tunnin (HTP<sub>8h</sub>)
  2. 15 minuutin hetkelliselle keskipitoisuudelle (HTP<sub>15min</sub>)
- (HTP-arvot 2012 Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2012:5)

Taulukko 2. Taulukossa yksinkertaistetusti esitettyä HTP-arvon tehtävä. Punainen viiva kuvaa HTP-arvoa suhteessa sinisen viivan hättävaiikutuksiin, eli HTP-arvon tehtävä on estää hättävaiikutuksien synty rajoittamalla sallittua pölypitoisuutta.



HTP-arvot on määritelty hengityksen kautta tapahtuvan altistumispiitoisuuksien raja-arvot aineen tai aineryhmän mukaan.

3. Kahdeksan tunnin (HTP<sub>8h</sub>)
4. 15 minuutin hetkelliselle keskipitoisuudelle (HTP<sub>15min</sub>)

Orgaanisen pölyn raja-arvot ovat HTP<sub>8h</sub> 5mg/m<sup>3</sup> (taulukko 2.) ja HTP<sub>15min</sub> 10 mg/m<sup>3</sup>. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että esimerkiksi leipomossa, jossa jauhepöly on orgaanistapölyä pölypitoisuus ei saa ylittää 10 mg/m<sup>3</sup> 15 minuutin aikana ja keskimääräisen pölypitoisuuden tulee olla alle 5 mg/m<sup>3</sup> normaalimittaisen 8 h työpäivän aikana. HTP-arvoista julkaistaan kerran kahdessa vuodessa julkaisu, joka päivittää ja ylläpitää tietoa raja-arvoista eri aineista ja niiden vaaroista, taulukossa 3. on esitetty lista tärkeimmistä raja-arvoista.

(HTP-arvot 2012, Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2012:5)

Taulukko 3. Taulukko tärkeimmistä eri aineryhmien raja-arvoista (HTP-arvot 2012, Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2012:5, 19–46)

Aine tai aineryhmä	HTP <sub>8h</sub>	HTP <sub>15min</sub>
Orgaaninen pöly	5mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
Hiididioksidi	9100 mg/m <sup>3</sup>	-
Hiiimonoksidi	35 mg/m <sup>3</sup>	87 mg/m <sup>3</sup>
Puupöly	2 mg/m <sup>3</sup>	-
Rauta, liukoiset suolat	1 mg/m <sup>3</sup>	-
Epäorgaaninen pöly	10 mg/m <sup>3</sup>	-

### 3 PÖLYTUTKA – PÖLYT POIS YHTEISTYÖLLÄ

Pölytutka on Työterveyslaitoksen, Työturvallisuuskeskuksen ja elintarvikealojen työalatoimikunnan kehittämä työkalu jauhopölyn hallintaan.

Pölytutka on tarkoitettu pääosin leipomotyöntekijöille, mutta sitä voidaan soveltaa myös muussa elintarviketeollisuudessa, jossa kärsitään jauhepölyongelmasta.

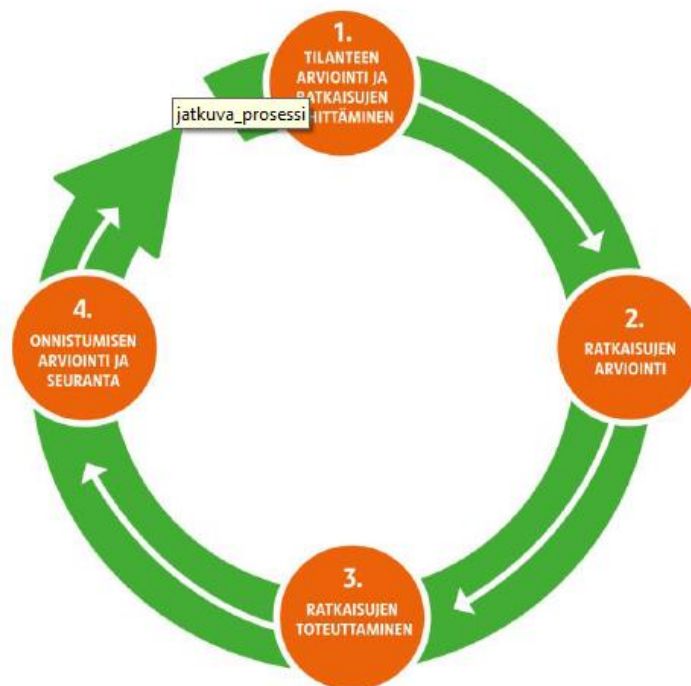
(Arto Säämänen, Riikka Ruotsalainen, Päivi Piispanen, Tomi Kanerva TTK 2012,1)

#### 3.1 Kuvaus Pölyt pois työkälusta

”Pölyt pois yhteistyöllä”-työkalulla pyritään jatkuvaan prosessin kehittämiseen. Menetelmän ajatus on, että teollisuuden vaatimukset ja toiminta muuttuvat ajan myötä ja sen vuoksi pölypitoisuuden tilanne tulee tarkistaa aika-ajoin uudestaan. Tästä syystä jauhopölyn hallinta on jatkuvasti seurattava prosessi.

Alla olevassa kuvassa (Kuva 4.) on hahmoteltu prosessin vaiheet 1-4.

1. Tilanteen arviointi ja ratkaisujen kehittäminen
  2. Ratkaisujen arviointi
  3. Ratkaisujen toteuttaminen
  4. Onnistumisen arviointi ja seuranta
- (Säämänen ym. 2012,10)



Kuva 4. Laatuympyrä pölynhallinnasta Demingin tapaan. (Säämänen ym. 2012,10)

### 3.1.1 Tilanteen arviointi

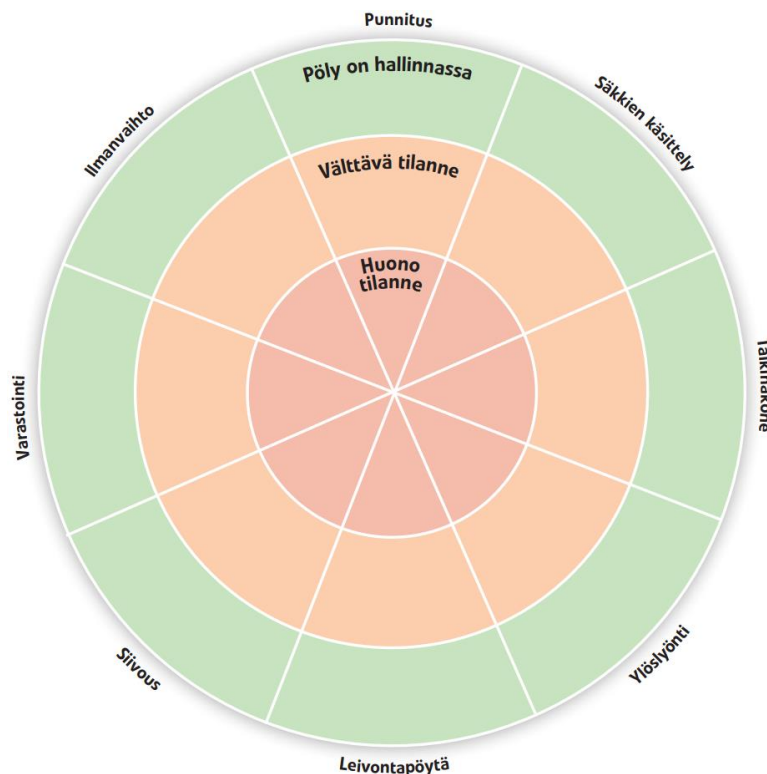
Tilanteen arviointiin käytetään pölytutkaa (kuva 5.). Pölytutka on työkalu, jonka tarkoitus on avata yleistä keskustelua, niin työntekijöiden, kuin eri sidosryhmien kesken tilanteesta. Keskustelun tavoite johtaa arvioon siitä, minkälainen tilanne työpaikalla hallitsee jauhopölyn suhteen.

Pölytutkassa on jaoteltu leipomoiden haitallisimmat työvaiheet sektoreitain. Tämän lisäksi jokainen sektori on jaettu kolmeen eri osaan, joiden avulla voidaan arvioida jokaisen työvaiheen tilannetta yksitellen ja muodostaa kokonaiskuva työpaikan jauhopölyongelmasta.

1. Hyvä tilanne
2. Välttävä tilanne
3. Huono tilanne

Pölytutkaa käytetään lisäämällä sektorille paperilappu, johon on kirjoitettu työvaiheen osa. Lappu sijoitetaan sektorin kohtaan, johon lapun sijoittaja kokee työvaiheen kuuluvan.

Pölytutkaa voidaan soveltaa myös muuhun elintarviketeollisuuden käyttöön muuttamalla sektoreiden määrää ja nimiä. (Säämänen ym. 2012, 13–15)



Kuva 5. Kuvasta nähdään, että pölytutka on jaettu kahdeksaan eri sektoriin, jotka on jaoteltu hyvä tilanne, välttävä tilanne ja pöly on hallinnassa-tilanne. (Säämänen ym. 2012, 13)

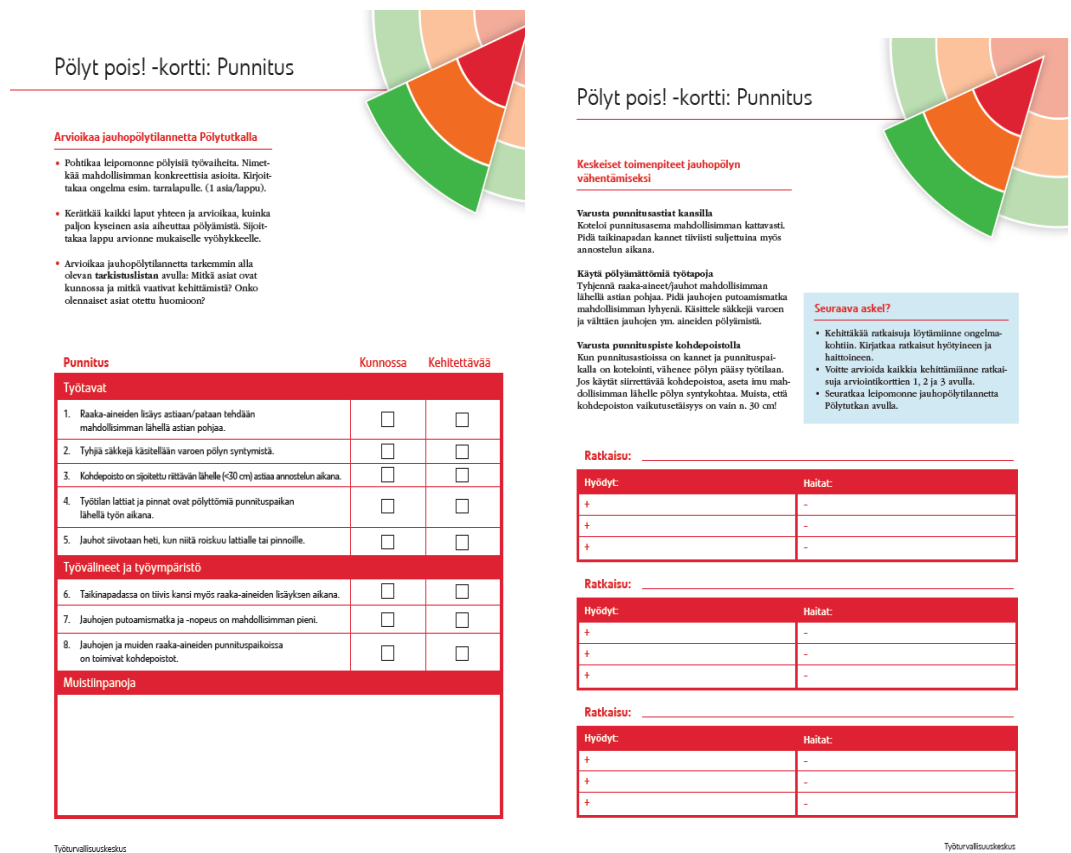
### 3.1.2 Ratkaisujen kehittäminen

Ratkaisujen kehittämiseen käytetään tarkastuskortteja. Jokaista pölytutkan sektoria kohden löytyy yksi kaksipuolinen tarkastuskortti.

Tarkastuskorteilla käydään jauhopölyn tilannetta jokaisen työvaiheen osalta tarkemmin läpi.

Ensimmäisellä sivulla on esitelty väittämiä työtavoista, sekä työvälineistä ja ympäristöstä, joiden tarkoituksena on löytää mahdollisia ongelmakohtia työvaiheesta. (Kuva 6.)

Tarkastuskortin toisella sivulla on ratkaisukohdat ensimmäiseltä sivulta löydettyihin ongelmiin. Ratkaisukohdille on jaoteltu lisäksi haitat ja hyödyt kentät, joilla voidaan punnita ratkaisun toimivuutta käytännössä. (Säämänen ym. 2012, 16-23)



Kuva 6. Tarkastuskortin molemmat sivut, sivulla yksi on esitelty kortin oikein väärin väittämät ja sivulla kaksi on esitelty ratkaisukentät. (Säämänen ym. 2012, 32–33)

### 3.1.3 Ratkaisujen arviointi

Arviointikortit auttavat valitsemaan tehokkaimmat ratkaisut ja kohdistaa ne mahdollisimman tarkasti sinne, missä niistä on eniten hyötyä ja auttaa toteuttamaan ratkaisut mahdollisimman tehokkaasti, jotta päästäisiin mahdollisimman hyvään lopputulokseen.

Arviointikortteja on yhteensä kolme ja ne on jaoteltu siten, että kortti 1.(Kuva 7.) on suunniteltu ratkaisujen mahdollisimman tehokkaaseen

kohdistamiseen ja kortit 2. ja 3. on tarkoitettu ratkaisujen käytännön toteuttamisen tukemiseen.

Arviointikortti numero yksi on jaoteltu kolmeen eri kenttään.

1. Jauhöpölyn lähde.
2. Työntekijä.
3. Yleisilma.

Kenttien tarkoituksena on kohdistaa kehitetty ratkaisu mahdollisimman tehokkaasti kohtaan numero 1. eli jauhopölyn lähteeseen.

(Säämänen ym. 2012, 24–25)

#### Arviointikortti 1: Pölykenttä



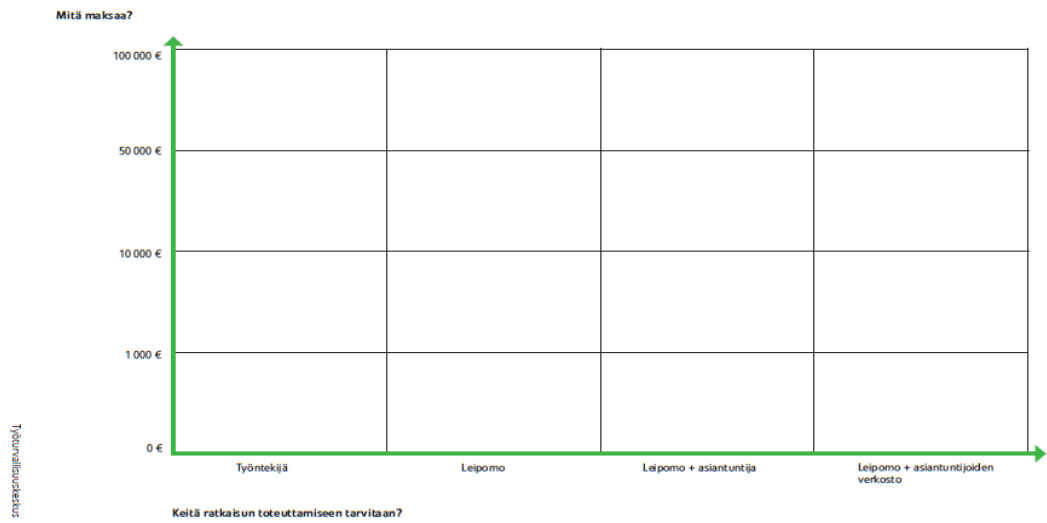
Kuva 7. Kuva arviointikortista 1., jossa näkyvät Kentät 1., 2. ja 3., kehitetyt ratkaisut tulisi kohdistaa mahdollisimman tehokkaasti ensimmäiseen kenttään. (Säämänen ym. 2012, 24)

Arviointikortti 2.(Kuva 8.) auttaa arvioimaan yhdessä kehitettyjä ratkaisuja niiden toteuttamisen näkökulmasta. Tämän kortin avulla voidaan päätellä, mitkä kehitettävistä ratkaisuista on toteutettavissa yrityksen omin toimenpitein ja mitkä ratkaisut vaativat asiantuntijoiden tarjoamaa erityisosaamista.

Lisäksi kortti auttaa hahmottamaan resurssien tarvetta, jota ratkaisujen toteuttamiseen vaadittavat investoinnin kustantavat.

(Säämänen ym. 2012, 25–26)

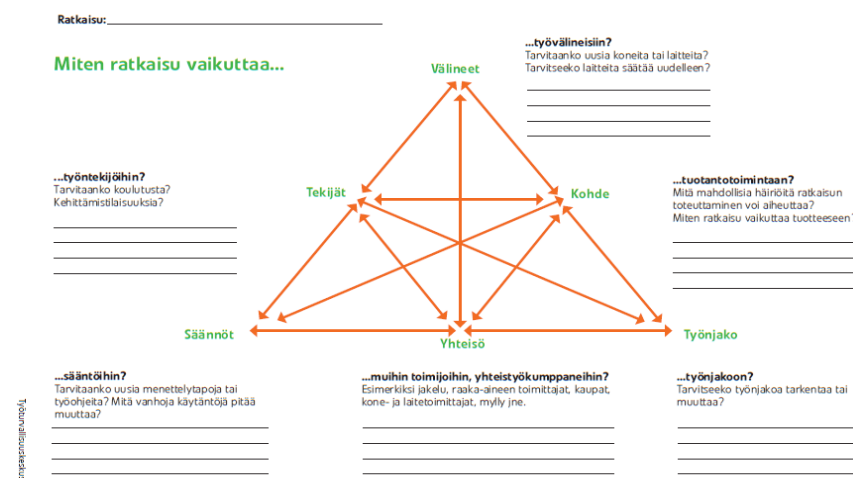
Arviointikortti 2: Koordinaatisto



Kuva 8. Kuva arviointikortista numero 2, jossa on jaoteltu X-akselille eri sidosryhmittä, joita ratkaisujen toteuttamisessa voidaan tarvita, vastaavasti Y-akselilla resurssien hahmottamiseen käytettävä hinta-arvio taulukko. (Säämänen ym. 2012, 26)

Arviointikortti 3. tarkoitus on auttaa selvittämään, kuinka ratkaisu vaikuttaa yrityksen toimintaan. Kehittämisessä on melko tavallista, että ongelmiin löydetään melko nopeasti ja pienellä vaivannäöllä ratkaisuja, jotka auttavat välittömässä tilanteessa, mutta eivät poista ongelman perimmäisiä syitä, eivätkä siten johda käytäntöjen kehittymiseen. Arviointikortti 3.(Kuva 9.) on havainnollistettu kolmiomallin avulla ratkaisun aiheuttamia muutoksia eri sidosryhmissä. (Säämänen ym. 2012, 25–27)

Arviointikortti 3: Kolmiomalli



Kuva 9. Kuvassa arviointikortti 3. Arviointi kortilla havainnollistetaan kolmiomallin avulla, kuinka eri sidosryhmien työt muuttuvat ja vaikuttavat toisiinsa muutosten jälkeen. (Säämänen ym. 2012, 29)

## 4 ILMAN SUODATUKSESTA

Turengin tehtaan massanvalmistusosastolla pöly pyritään saamaan pois kohdepoistoilla, jotka on sijoitettu lähelle raaka-aineiden lisäysasemia. Kohdepoiston toiminta-ajatus on poistaa työvaiheissa syntyvä pölysaaste mahdollisimman tehokkaasti, heti sen synnyttyä.

Massanvalmistusosastolla on käytössä Extor - laitevalmistajan erotussykloni, suodatusyksikkö mallia 3500-3f ja keskuspölynimuri mallia 480 - 27.

( Honkonen Ilpo, 2014 Puhelin haastattelu 31.1.2014)

### 4.1 Suodatusprosessi

Turengin tehtaalla suodatusprosessi tapahtuu kolmessa vaiheessa.

Ensimmäisessä vaiheessa laitteen sykloniosa (Kuva 10.) erottaa kohdepoisto keräämästä imuilmasta suurimmat partikkelit keräilyastiaan, syklo- ni poistaa imuilman pölystä noin 75 %.

( Honkonen Ilpo, 2014 Puhelin haastattelu 31.1.2014)



Kuva 10. Kuvassa Turengin tehtaan erotussykloni.

Toisessa vaiheessa imuilma suodatetaan imulaitteiston (Kuva 11.) pääsuodattimissa. Tämän jälkeen laitteisto puhdistaa suodattimet pneumaattisella puhdistuslaitteella. Laitetoimittajan ilmoittama maksimi ilmamäärä, jonka laite suodattaa on 3200 m<sup>3</sup>/h, mutta Turengissa painehäviöiden takia laitteisto suodattaa noin 2900 m<sup>3</sup>/h. (Taulukko 4.)

( Honkonen Ilpo, 2014 Puhelin haastattelu 31.1.2014)

Taulukko 4. Suodatusyksikkö Extor 3500-3f tekniset tiedot (www.extor.fi)

Malli	Extor 3500-3f 4kW
Max. ilmamäärä m <sup>3</sup>	3200
Max. alipaine Pa	4000
Jännite V	400
Virta A	8,0
Teho kW	4,0
Melutaso dB (A)	69
<b>Mitat</b>	
Korkeus mm	2500
Leveys mm	800
Syvyys mm	800
Paino kg	232

Pääsuodatinten suodatuspinta-ala on 25 m<sup>2</sup> ja erotusaste 0,3 µm partikkeleilla 95 %.

Kolmannessa vaiheessa suodatettu ilma johdetaan kontrollisuodattimeen, joka suodattaa ilman vielä kerran, ennen sen palauttamista työtilaan.

Kontrollisuodattimen suodatuspinta-ala on 16 m<sup>2</sup> ja erotusaste 0,5µm partikkeleilla 99,996 %. (Taulukko 5.)



Kuva 11. Vasemmassa kuvassa vasemmalla pääsuodatin ja oikealla kontrollisuodatin ja oikeassa kuvassa suodatusyksikkö mallia Extor 3500-3f.

Taulukko 5. Taulukossa käytettävien suodatin tyyppien tekniset tiedot. (www.extor.fi)

Suodatin tyyppi	Pääsuodatin	Kontrollisuodatin
Materiaali	Teflon membraani	Lasikuitu
Suodatus pinta-ala	25m <sup>2</sup>	16 m <sup>2</sup>
Erotusaste	0,3 µm / 95 %	0,5 µm / 99,996

#### 4.1.1 Keskuspölynimuri

Erotussyklonin ja suodatuslaitteiston, lisäksi massanvalmistusosastolla on käytössä keskuspölynimuri (kuva 12.) mallia 480 - 27. Imurin ilmoitettu imuteho on 530 m<sup>3</sup>/h (taulukko 6).

Imuria käytetään aina loppuviikon siivouksissa, sekä suurempien pölyker-  
tymien siivoamisessa.

(Honkonen Ilpo, 2014 Puhelin haastattelu 31.1.2014)

Taulukko 6. Extor 480 - 27 teknisetiedot (www.extor.fi)

<b>Malli</b>	480 – 27
Max. Ilmamäärä m <sup>3</sup> /h	530
Max. Alipaine kPa	30
Jännite V	400
Virta A	13,6
Teho kW	5,5
<b>Mitat</b>	
Pituus mm	2200
Leveys mm	1300
Syvyys mm	2100
Keräilyastian tilavuus l	1000
Paino kg	1100



Kuva 12. Kuva tehtaan keskuspölynimurista

## 5 PROSESSI JA ONGELMIEN ESITTELY

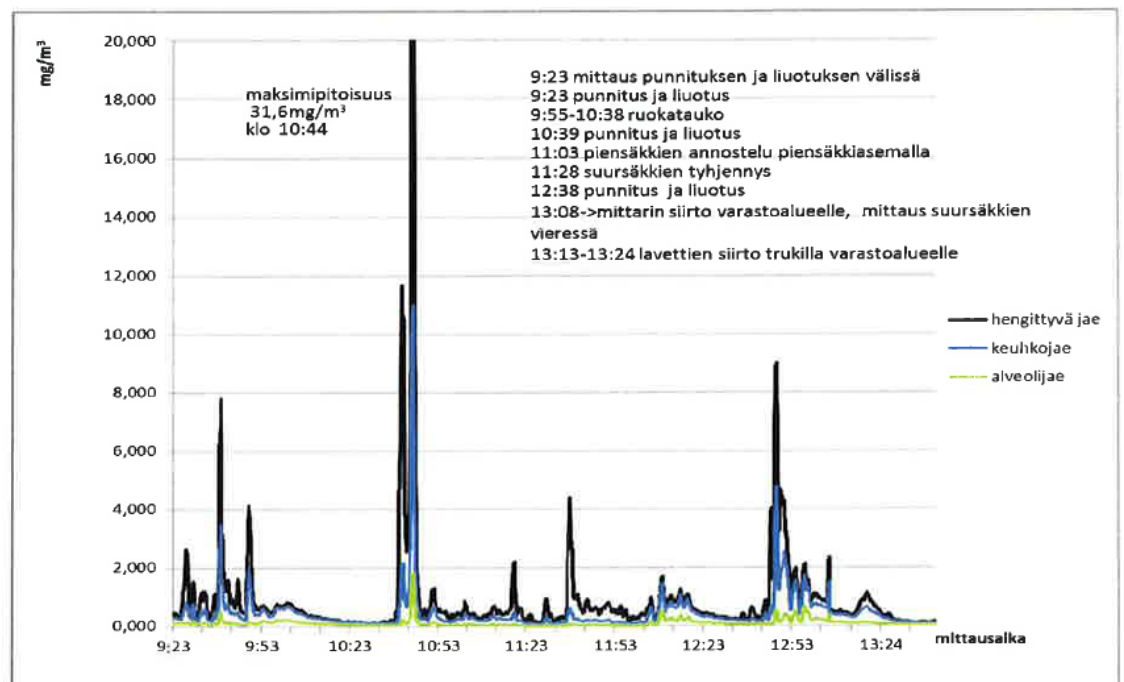
Turengin tehdas on ollut toiminnassa samalla tontilla, vuodesta 1987. Tehtaan massanvalmistusosaston prosessilaitteisto ja tehtaan tilat ovat pääsääntöisesti alkuperäisiä.

Muun muassa tilojen ahtaus, johtuen kasvavasta tuotevalikoimasta ja prosessilaitteiden käyttöään tuomat vajavaisuudet, ovat tehneet jauhopölystä ongelman Turengin tehtaan massanvalmistusosastolla.

Tehtaan esimiehet nimesivät työryhmän 28.12.2012 parantamaan jauhopölytilannetta työpisteellä, jonka jälkeen tilannetta on pyritty kartoittamaan ja parantamaan työryhmän ehdottamilla toimenpiteillä.

Turengin tehtaan massanvalmistusosastolla suoritettiin 7.2.2013 työterveyslaitoksen asiantuntijan mittauksia orgaanisen pölyn pitoisuuksien lähtötason selvittämiseksi.

Mittauksista selvisi, että hengittyvän pölyn pitoisuus yleisilmassa oli noin 11 % HTP<sub>8h</sub>-arvosta ja työntekijän hengitysvyöhykkeellä HTP<sub>8h</sub>-arvo ylittyi 1,1 kertaisesti, eli yleisilman pölytilanne pisteellä on hyvällä tasolla, mutta työntekijän hengitysalueella ilmeni ongelmia. Muuta huomioitavia asioita olivat, että alveolihiukkasten osuus hengittyvästä pölystä oli pie-nehkö, keskimäärin 12 % hengittyvästä pölystä. Lisäksi on hyvä ottaa huomioon, että tuotannon vaikean ennustettavuuden vuoksi mittausten aikana ei valmistettu tuotteita, joiden tiedetään pölyävän kaikista eniten.



Kuvio 1. Kuvioista nähdään pölypitoisuuksien muutos eri työvaiheiden aikana, kiinteissä mittauspisteissä. Hengittyvä jae <100µm mustalla, keuhkojake <10µm sinisellä ja alveolijake <4µm vihreällä. Huomioitavaa on pölysaasteen pitoisuuksista se, että terveydelle kaikista haitallisimman alveolijakeen osuus hengittyvästä pölystä on varsin pieni. Sekä työvaiheen ”punnitus ja liuotus” pitoisuuden huomattava nousu. (Kuvio 1. Ilpo Ahonen, Mikael Fingerroos, 12.3.2013)

Suurinta altistuminen oli kuiva-aineiden punnituksen ja liuotinsuppiloon lisäyksen aikana (kuvio 1.). Lisäksi keuhkorakkuloihin pääsevän alveolipölyn osuus oli noin 11 % hengittyvästä pölystä.

Tulos antoi ymmärtää, että tilanne ei ole pahin mahdollinen, mutta kuitenkin työntekijöiden kyselylomakkeissa kolme viidestä kyselyyn vastanneesta ilmoitti saaneensa oireita jauhopölystä, joten asiaan on hyvä puuttua.

## 5.1 Jauhepuolen prosessi

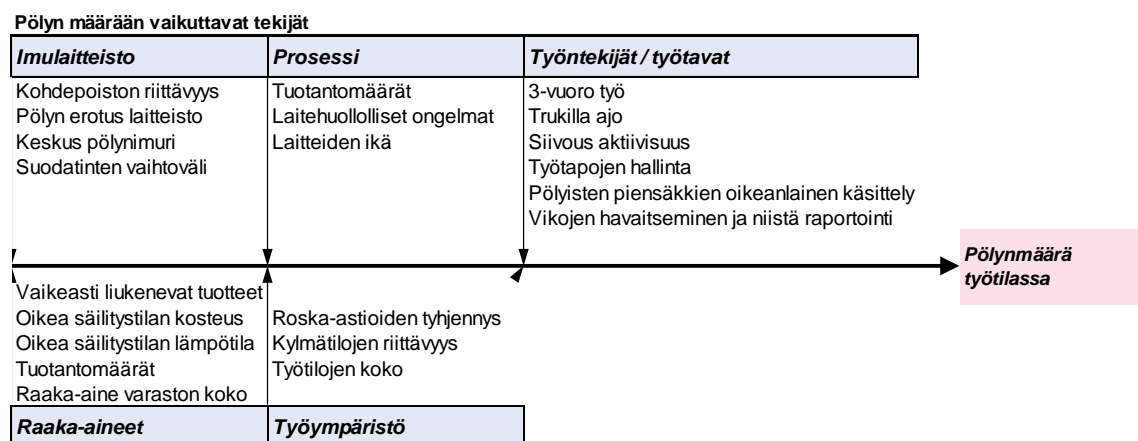
Tehtaan massanvalmistus tapahtuu liuottamalla tuotteiden valmistuksessa käytettävät raaka-aineet liuotuslinjaa pitkin nestemäisiin raaka-aineisiin tai veteen välivarastosäiliöön.

Eniten käytetyt valmistusaineet, kuten esimerkiksi erilaiset maitojauheet, tärkkelys ja taloussokeri säilytetään siiloissa, joista niitä lisätään prosessiin tietokoneohjelmaa käyttäen. Muut, vain tietyille tuotteille käytettävät raaka-aineet, kuten kaakaojauhe lisätään reseptin ohjeiden mukaan piensäkkiaseman kautta tai suoraan liuotussuppilon kautta manuaalisesti. Vaikeasti liukenevat raaka-aineet lisätään myllyllä, jossa ruuvikompressorilla liuotetaan raaka-ainetta linjaan.

## 5.2 Prosessiin liittyvät ongelmat

”Pölyt pois yhteistyöllä”-työkalua apuvälineenä käyttänyt työryhmä löysi ongelmakohtia, kuvassa 13. kalanruotokaavio-tyyppinen esitys löydettyistä ongelmista.

Ongelmakohtia käytiin läpi kokouksissa, joita pidettiin kevään ja kesän 2013 aikana.



Kuva 13. Kuvassa olevassa kalanruotokaaviossa on havainnollistettu prosessiin liittyviä ongelmakohtia ja pyritty löytämään suurimmat pölyä lisääviä tekijät, joihin esitetään ratkaisuja. (www.Vertex42.com)

### 5.2.1 Imulaitteisto

Ongelmat:

- Työpisteellä sama imulaitteisto hoitaa kaikki poistokohteet: suppilo, vaaka, suursäkkienpurku ja pikkusäkkien purku, mikä aiheuttaa imutehon heikkoutta ja imulaitteiston suodatinten tukkeutumisen varsin nopeasti, alle kolmessa kuukaudessa.

- Imulaitteiston teho todettiin sulkupellin jälkeen riittäväksi, mutta ongelmana on saada kohdistettua imu tarpeeksi tehokkaasti.
- Imulaitteiston puhdistama ilma johdetaan suoraan takaisin työpisteen ilmatilaan.
- Pölynerotukseen käytettävän keskipakoseulan kansi vuotaa, päästää pölyistä ilmaa työtilaan.

Ratkaisu ehdotus:

- Asennetaan imulaitteiston päähaarakohtaan sulkupelti, joka kohdistaa kaiken imutehon haluttuihin poistokohteisiin.
- Vaihdataan kaikki tavalliset suodattimet teflonsuodattimiin. Suodattinten etuna on, että ne voidaan imutehon heikentyessä pestä vedellä 4-6 kertaa.
- Hankitaan uudet imukärsät kohdepoiston tehon parantamiseksi.
- Huomioidaan uusien tilojen suunnittelussa.
- Uusitaan keskipakoseulan kansi.

## 5.2.2 Prosessi

Ongelma:

- Laitteiden ikä, vanhat laitteet, eivät ole niin kustannustehokkaita, toimintavarmuus heikkenee ja pölyäminen lisääntyy.
- Tuotantomäärien kasvu aiheuttaa kiirettä ja epäsiisteyttä.

Ratkaisu ehdotus:

- Lisätään ennakkohuoltojen määrää, tarkistusvälejä, tarkastellaan laitteistoa päällisin puolin useammin. (muun muassa sokeri- ja laktoosikairan päiden tiivistys.)
- Uusitaan prosessilaitteita pienissä erissä.
- Ennakoidaan kiireiset vaiheet valmistautumalla etukäteen hyvin, tehostetaan siivousta ja huomioidaan työtavat.

## 5.2.3 Työtekijät / työtavat

Ongelma:

- 3-vuorotyö aiheuttamat ongelmat, (unettomuus, stressi jne.)
- Trukilla ajo nostaa ilman pölypitoisuuden jopa viisinkertaiseksi lähtötasoon nähden.
- Siivousaktiivisuus.
- Työtapojen muuttaminen. (Vältetään pölyävien raaka-aineiden vapaata putoamista)
- Vikojen havaitseminen ja aktiivinen raportointi.

Ratkaisu ehdotus:

- Työkyvyn ylläpitäminen, niin työntekijän itsensä, kuin työnantajan toimesta.
- Käytetään trukkia harkiten.
- Tehostetaan siivousseurantaa.
- Työntekijöiden kouluttaminen.
- Käydään läpi työntekijöiden kanssa aika-ajoin työpaikan toimintamallit.

#### 5.2.4 Raaka-aineet

Ongelma:

- Vaikeasti liukenevien tuotteiden kohdepoisto ei riittävä.
- Raaka-ainevaraston koko, suuri varastokoko aiheuttaa tilojen ahtausta ja lisää pölyämistä.
- Raaka-ainevaraston lämpötila ja kosteus aiheuttavat ongelmia tuotteiden liukoisuudessa vuodenaikasta riippuen.

Ratkaisu ehdotus:

- Tilataan uusi huuva myllytyspaikalle, joka sopii paremmin myllyn kohdepoistolle.
- Pyritään löytämään keinoja varastokokojen optimoimiseksi.
- Nykyiselle varastolle vaikea tehdä mitään, otettava huomioon uuden raaka-ainevaraston suunnittelussa.

#### 5.2.5 Työympäristö

Ongelma:

- Roska-astiat pölyävät, kun tyhjennetyt piensäkit pölyävät helposti.
- Työtilojen ahtausta ongelmat, lisää trukilla ajoa ja vaikeuttaa työntekoa.

Ratkaisu ehdotus:

- Tyhjennetään piensäkit mahdollisimman tyhjiksi ja vaihdetaan roska-astiat heti uusiin, kun piensäkkien tyhjentäminen on päättynyt.
- Lisää tilaa tulevaan varastoon.

#### 5.2.6 Yhteenveto ongelmista

Yhteenvetona tuloksista voidaan sanoa, että ongelmia aiheutui ilman-suodatuslaitteiston mitoituksen puutteesta. Se, että kaikki prosessin kohdepoistot: Suppilo, vaaka, suursäkkienpurku ja piensäkkien purku, on kohdistettu samalle kohdepoistolle, aiheutti imutehon heikkoutta ja imulaitteiston vanhan mallisten suodatinten tukkeutumisen nopeasti, jopa alle kolmessa kuukaudessa.

Ongelmien ratkaisuna käytetty sulkupelti, joka sulki aina tarpeettoman kohdepoiston, kohdisti ja lisäsi tehoja haluttuihin kohteisiin toimi ratkaisuna hyvin. Myös uuden mallisten teflonsuodattimien on huomattu kestävän pidempään ja tuovat lisäksi säätöjä uudelleen käytettävyyden ansiosta. Työtapojen tärkeydestä kertoo esimerkiksi (kuvio 1.) punnitus ja liuotustyövaiheiden huomattava pölysaastepitoisuuden nousu.

Lisäksi TTL:n asiantuntijan suorittamien pölymittausten aikana havaittiin, että trukilla ajo nostatti pölypitoisuuden osastolla, jopa viisinkertaiseksi 15 minuutiksi. Sen vuoksi työntekijöiden tulee miettiä uusia työtapoja, joiden avulla trukilla vähenisi.

## 6 TULOKSET

Tässä kappaleessa käsitellään, kyselylomakkeesta, maljatutkimuksesta ja imulaitteiston tuottaman hävikin seurantaan liittyviä tutkimustuloksia.

### 6.1 Kyselylomake (Liite 1)

Jauhepuolen työntekijöille teetettiin kyselylomake, jossa kysyttiin yleistä mielipidettä työpisteen nykyisestä tilasta. Lomake koostuu neljästä kysymyksestä, jotka käsitelivät: Toiveita siitä, miten itse voit vaikuttaa jauhepölyn määrään ilmassa, kysyttiin tekijöitä, jotka ovat joko lisänneet tai vähentäneet jauhepölyn määrää, kysyttiin työntekijöiden mielipidettä parannusehdotuksiin ja viimeinen kysymys koski mahdollisista terveyshaitoista, joita pölysaaste on työpisteellä mahdollisesti saattanut aiheuttaa.

#### 6.1.1 Kyselystä saatuja tuloksia

Kyselyyn vastasi osaston kuudesta työntekijästä viisi. Ensimmäisenä asiana kysyttiin omakohtaisia kokemuksia asioista, joilla työntekijä voisi itse vaikuttaa **jauhepölyn määrään ilmassa**.

Kolmessa vastauksessa viidestä, työntekijät ilmoittivat suurimmaksi yksittäiseksi tekijäksi työtavat. Yksi vastaus kertoi pölynimurin käyttötavan olevan tärkeä tekijä, lisäksi yhden vastaajan mielestä olisi hyvä suhteuttaa työtapoja sen mukaan, minkälaisia raaka-aineita käsittelee.

Toinen kysymys käsiteli mielipidettä pölysaasteen määrää **vähentäneistä ja lisänneistä tekijöistä**.

Vastauksissa kolme vastaajaa viidestä totesi kohdepoiston imukärsän toimineen yleisenä pölynpoistajana hyvin. Lisäksi kahdessa vastauksessa pölynmäärään koetaan lisääntyneen laajentuneen tuotevalikoiman myötä. Yksittäisissä vastauksissa arvioitiin ilmastoinnin vian ja suodatinten vaihto välin liian pitkän venymisen oletetaan lisänneen pölynmäärää.

Kolmas kysymys käsiteli **parannusehdotuksia**, jotka **vähentävät pölysaasteen määrää ilmassa**.

Yksittäisiä parannusehdotuksia tuli useita, toivottiin muun muassa uutta keskuspölynimuria, parannusta yleisilmastointiin, kehitystä prosessilaitteisiin. Lisäksi yksi toive koski ilmansuodatus laitteiston siirtämistä erillisiin tiloihin, pois massanvalmistus tiloista.

Viimeisenä kysely lomakkeessa kysyttiin **mahdollisia pölysaasteen aiheuttamia oireita**.

Tähän kohtaan kolme vastannutta ilmoitti saaneensa pölysaasteesta oireita. Oireet ovat ilmenneet työpäivän jälkeen aivasteluna, yskimisenä, ärsytyksenä limakalvoilla, ja yleisenä tukkoisuutena.

#### 6.1.2 Yhteenveto kyselyn tuloksista

Kyselyn vastausten perusteella voidaan yhteenvetona sanoa, että työntekijät ovat tiedostaneet massanvalmistusosaston ongelmia ja pohtineet mahdollisia parannustoimenpiteitä.

Työntekijöiden vastaukset ensimmäiseen kysymykseen, jossa kysyttiin asioita, joilla he itse voivat vaikuttaa pölysaasteen määrään ilmassa. Tähän

työntekijät vastasivat neljässä vastauksessa viidestä, että työtavoilla on oikeasti merkitystä, tästä esimerkkinä kuvio 1. (s. 14) punnitus- ja liuotustyövaiheet, joiden aikana huomattava nousu pölypitoisuudessa.

Lisäksi työntekijöiden vastaukset parannusehdotuksiin olivat hyviä. Esi-merkiksi ehdotus suodatuslaitteiston siirtämisestä pois samasta tilasta, jossa työntekijät työskentelevät tullaan todennäköisesti toteuttamaan.

Yksi vastaaja epäili yleistä ilmanvaihdon puutetta ongelmien syyksi. Tämä on usein esille tuotu syy pölysaaste ongelmiin, mutta se ei kuitenkaan ratkaise ongelmaa. Jos yleistä ilmanvaihdon tehoa lisätään merkittävästi, se nostattaa pölysaastetta niin, että se jää leijumaan ilmaan työntekijän hengitysalueelle ja aiheuttaa altistumista.

## 6.2 Pölypitoisuuden mittaus maljatutkimuksella

Maljatutkimus suoritetaan tuotantolaitoksen tiloissa kesän, syksyn 2013 ja kevään 2014 aikana. Mittaukset suoritetaan siten, että jauhomajaan asetetaan petri-maljoja eri pisteisiin, pisteet numeroidaan sijoituspaikan mukaan 1-5 (Taulukko 7.). Sijoituspaikat määräytyivät mitattavien kohteiden mukaan niin, että työpisteestä saataisiin mahdollisimman laajakuva pölysaasteen tilanteesta.

Taulukko 7. Taulukossa maljatutkimuksen mittauspisteet 1-5 ja niitä kuvaavan mitta-  
uspaikka ja kuvaus.

Malja nro.	1.	2.	3.	4.	5.
Mittausta- paikka ja kuvaus.	Yleisilma, kuva- y- leisilman laatua.	Kohdepoiston toimivuus, syöttösoppi- lon alueella.	Kohdepois- ton toimi- vuus, mittaus- vaa'an alu- eella.	Siilot ja kuljetin kairat, nii- den toi- minta.	Piensäk- sä- kiase- man pöly- ävyys.

Mittausten tarkoitus oli selvittää pölyn määrän lähtötaso ennen massanvalmistusprosessiin tehtyjä parannuksia ja mitata pölytaso samalla menetelmällä uudestaan tehtyjen parannusten jälkeen ja tutkia, oliko pölyn määrä työpisteellä vähentynyt.

### 6.2.1 Tarvikkeet ja reagenssit

Tutkimuksen suorittamiseen tarvittiin seuraavia tarvikkeita ja reagensseja:

- Petri-maljoja
- Sameusmittari Hanna Instruments HI 93703 - 10.
- Kyvettejä, laitteen mukana olevat lasikyvetit
- Kalibroitiluios 10 NTU HI – 93703 – 10.
- Ultrapuhdasta vettä

### 6.3 Mittausten suoritus

Mittaukset suoritettiin Hämeen ammattikorkeakoulun Visamäenyksikön kemianlaboratorioissa.

Ennen näytteiden analysointia sameusmittari kalibroitiin käyttöohjeiden mukaan ultrapuhtaalla vedellä ja kalibrointi liuksella. Lisäksi laitteen kyvetit pyyhittiin käsipaperilla aina näytteiden mittausten välissä, koska kyvetin pinnalla olevat tahrat ja sormenjäljet vääristäisivät mittaustulosta.

Näytteisiin lisättiin 30 ml ultrapuhdasta vettä, sekoitetaan ja annetaan liueta. On tärkeää, että kaikki näyte sekoittui veden kanssa hyvin.

Liukenemisen jälkeen näyte pipetoitiin kyvettiin, asetettiin sameusmittariin ja mitattiin sameusarvo. Sameusarvo mitattiin kahteen kertaan tuloksen varmentamiseksi.

### 6.4 Tulokset

Tulokset on esitetty taulukoissa 8 ja 9.

Vuorokauden näytteet asetettiin mittauspisteille aina yhden vuorokauden ajaksi, mittaukset toistettiin kuusi kertaa, kolme kertaa ennen ja kolme kertaa prosessiin tehtyjen parannusten jälkeen.

Viikonloppumittaukset asetettiin viikonlopun ajaksi samaisille mittauspisteille ja mittaukset toistettiin samalla tavalla, kuin vuorokausinäytteet.

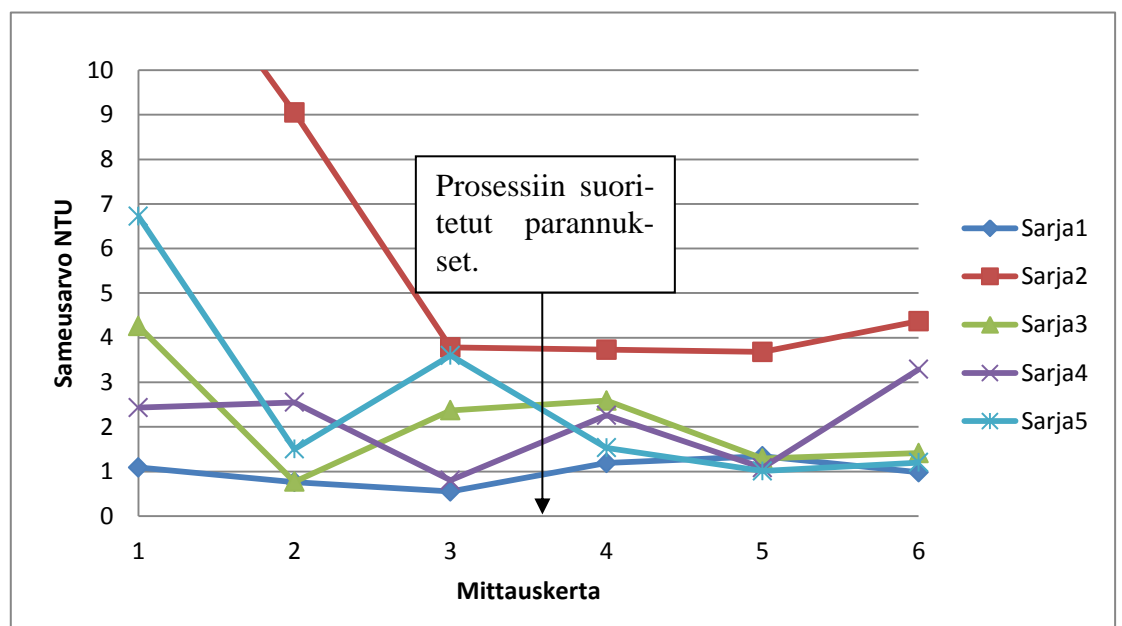
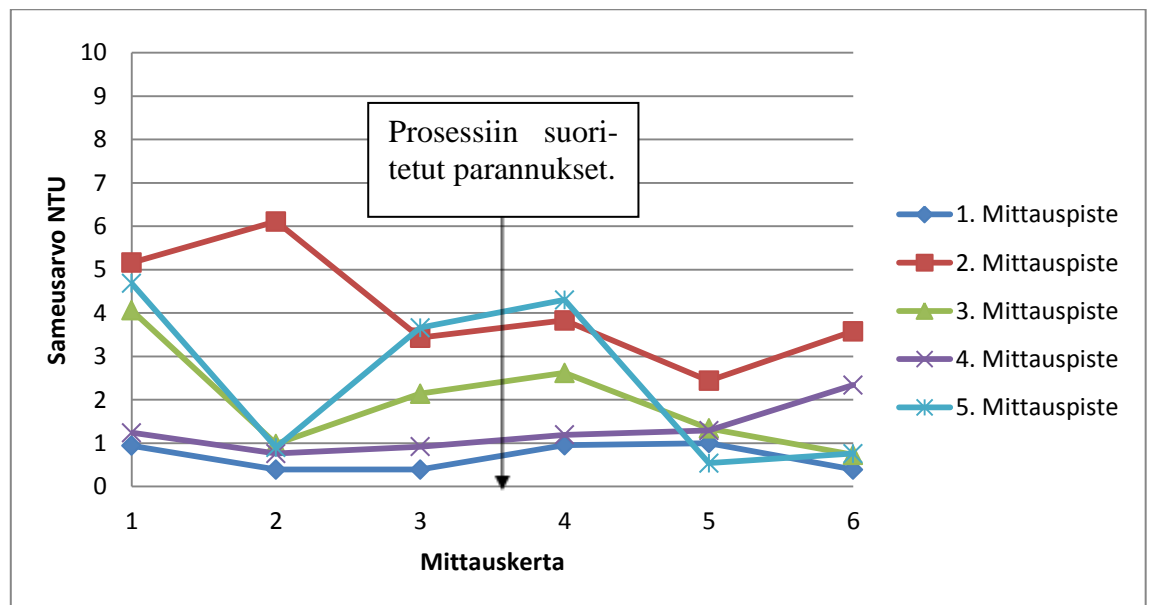
Tuloksista suoritettiin tilastollinen analysointi.

### 6.4.1 Vuorokauden näytteet

Yleinen silmäys tuloksiin, näyttää, ettei mitään ratkaisevaa eroa näytä tapahtuneen tuotannon aikana, mutta mittauspisteiden välisiä eroja tuloksissa on.

Tulokset näyttävät pääsääntöisesti samalta sekä ennen, että jälkeen parannustoimenpiteiden, eli mitään varmaa ei voida sanoa tilanteen paranemisesta.

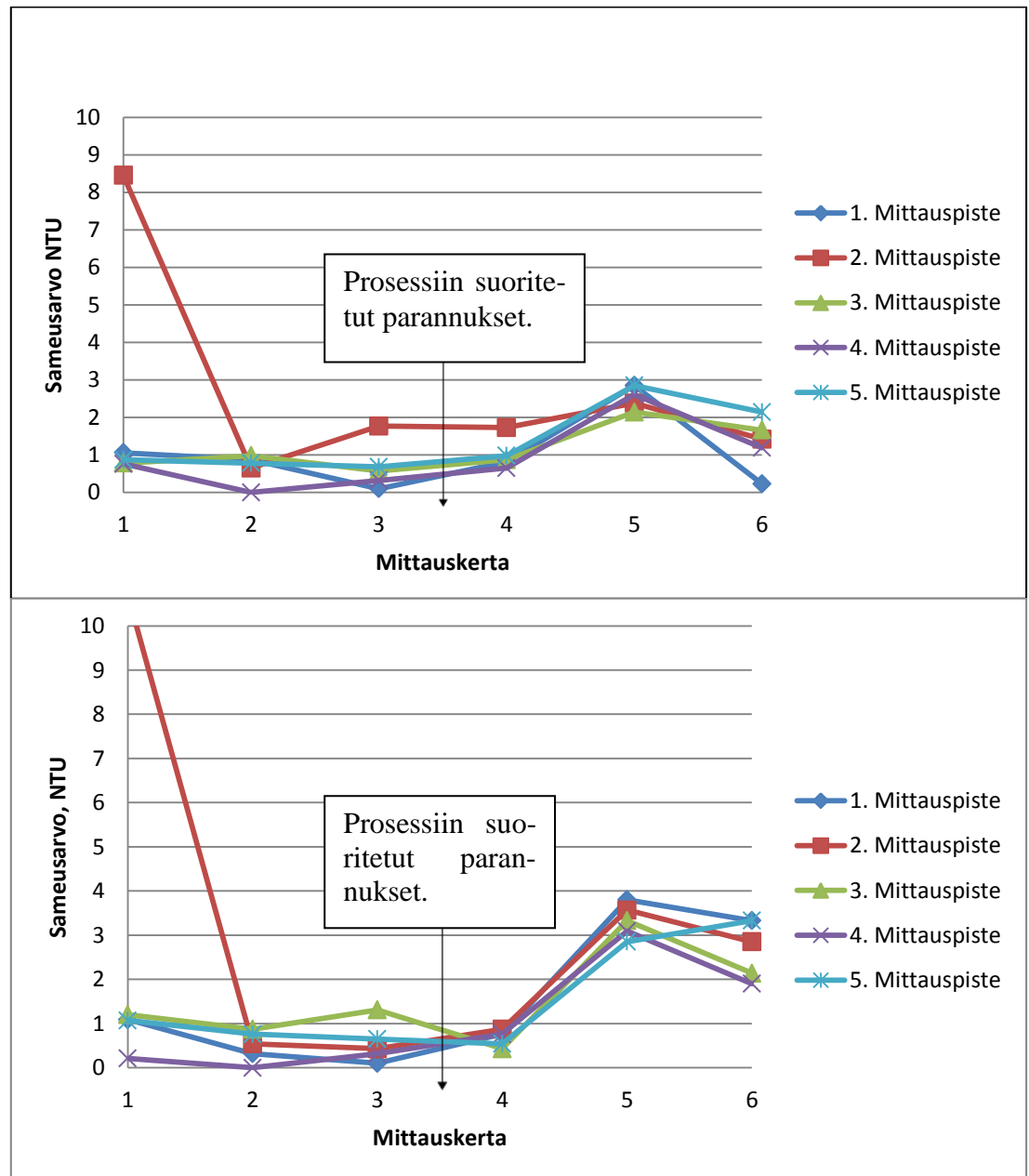
Taulukko 8. 1. vrk tarkistusmittaus taulukot on laadittu liitteen 2 tuloksista. Tulokset kertovat, että mitään suuria muutoksia ei ole tapahtunut kumpaankaan suuntaan. Yleisilman pitoisuus (mittauspiste 1.) työpaikalla on hyvällä tasolla tämä kävi ilmi alkumittauksissa todettu yleisilman pölypitoisuus, joka oli noin 10 % HTP8h-arvosta.



### 6.4.2 Viikonloppumittaukset

Yleisesti silmältyinä tuloksista nähdään, että viikonloppunäytteiden mukaan tuloksissa ei näytä tapahtuneen suurta muutosta. Tulokset näyttävät jopa kohoavan kahden viimeisen näytteen kohdalla.

Taulukko 9. Taulukot on laadittu liitteen 2. tuloksista. Vkl-mittausten osalta tilanne näyttää huonontuneen, prosessiin suoritettujen parannusten jälkeen pölypitoisuudet näyttävät kohoaneen, jopa kaksinkertaiseksi.



### 6.4.3 Tulosten tilastollinen analysointi

1. Asetetaan nollahypoteesi  $H_0$  vaihtoehtoinen hypoteesi  $H_1$ .
  - $H_0$ = Pölytilanne massanvalmistusosastolla on pahentunut tai pysynyt samana, eli  $H_0: \mu_1 \geq \mu_2$ .
  - $H_1$ = Pölytilanne massanvalmistusosastolla on parantunut, eli  $H_1: \mu_1 < \mu_2$
2. Valittu tilastollinen testi: Kahden riippumattoman otoksen vertailu t-testin avulla.

### 6.4.4 Analysoinnin tulokset

Johtopäätökset vuorokauden näytteistä:

1. mittaus vapausperustein  $f=6$ , 5 % merkitsevyys asteella kriittinen arvo  $t= 1,943$  yksisuuntaisessa testissä ja tulos  $0,640 < 1,943$
2. mittaus vapausperustein  $f=5$ , 5 % merkitsevyys asteella kriittinen arvo  $t= 2,015$  ja tulos  $1,028 < 2,015$ .

Nollahypoteesia ei voida kummankaan mittauksen osalta hylätä.

Tulkinta: Tutkimuksen perusteella ei voida osoittaa, että prosessin eri osiin tehdyillä parannuksilla olisi ollut vaikutusta ilman pölypitoisuuteen.

Johtopäätökset vkl-näytteistä:

1. mittaus vapausperustein  $f=4$ , 5 % merkitsevyys asteella kriittinen arvo  $t= 2,132$  yksisuuntaisessa testissä ja tulos  $-0,590 < 2,132$
2. mittaus vapausperustein  $f=4$ , 5 % merkitsevyys asteella kriittinen arvo  $t= 2,132$  yksisuuntaisessa testissä ja tulos  $-1,361 < 2,132$

Nollahypoteesia ei voida kummankaan mittauksen osalta hylätä viikonloppunäytteiden tutkimuksissa.

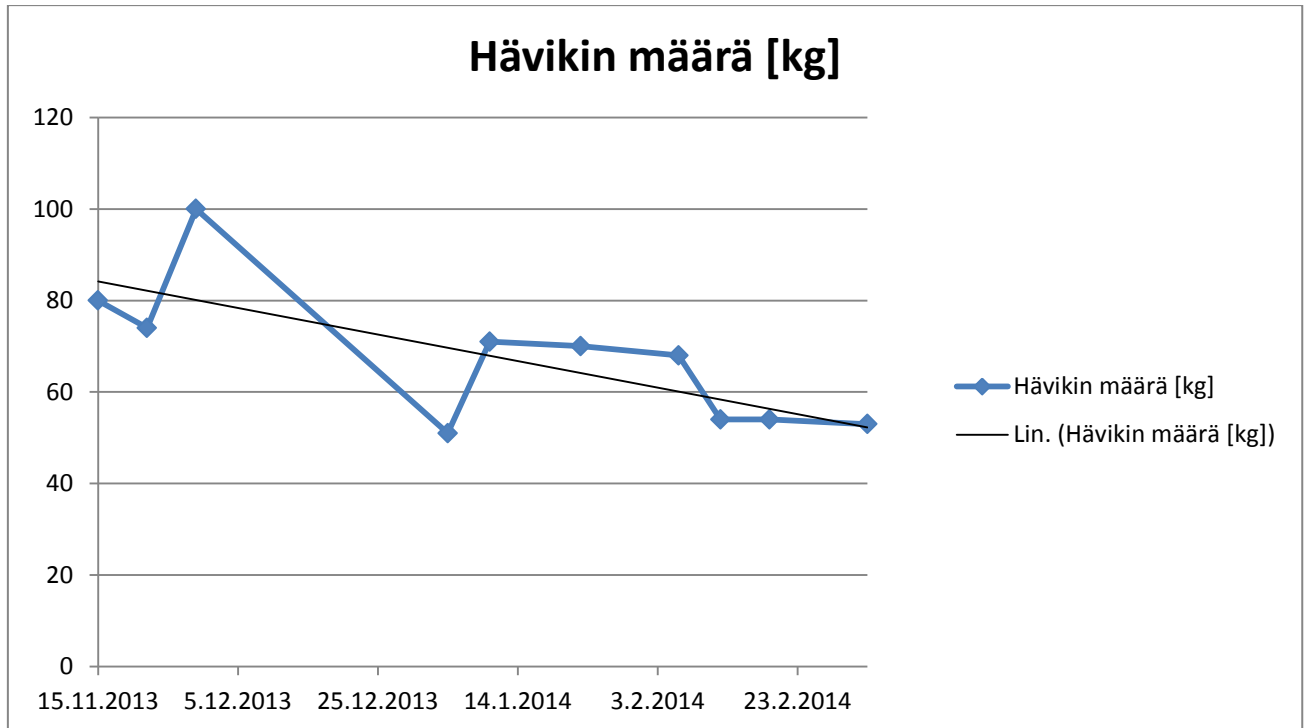
Tulkinta: Tutkimuksen perusteella ei voida osoittaa, että prosessin eri osiin tehdyillä parannuksilla olisi ollut vaikutusta ilman pölypitoisuuteen.

Yleisesti voidaan sanoa, että tulokset eivät vastaa odotuksia. Olisi ollut oletettavaa, että parannusten jälkeen saatujen tulosten pohjalta nollahypoteesi olisi voitu hylätä, mutta tulokset ovat hyvin vahvasti päinvastaisia, pölymäärän määrä ei tulosten pohjalta ole laskenut, vaan jopa noussut. Saadut tulokset eivät tarkkuudeltaan vastaa asiantuntijoiden suoraan ilmasta tekemiä, mutta antavat kuvaa siitä, että tehdyt parannukset eivät ole auttaneet ongelman ratkaisussa.

## 6.5 Imulaitteiston tuottaman hävikin seuranta

Imulaitteiston tuottamaa hävikkiä seurattiin noin neljän kuukauden ajan. Kuten taulukosta 10. nähdään hävikin saantimäärät näyttäisivät laskevan. Hävikin määrää kuvaava trendiviiva on aleneva, eli hävikin määrä on vähentynyt.

Taulukko 10. Taulukko on laadittu liitteen 4. tuloksista. Hävikin seuranta-  
taulukko, josta nähdään, että prosessiin ja imulaitteistoon tehdyistä parannuksista huolimatta hävikin määrä on vähentynyt.



## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMINTA EHDOTUKSET

Johtopäätöksenä yleisesti tilanteesta voidaan sanoa, että tilanne pölysaasteen osalta ei näytä parantuneen.

Pölylaskeuma tutkimustulosten pohjalta tehtyjen tilastollisten tarkastelujen, sekä imulaitteiston hävikin määrän seurannasta saadut tulokset tukevat käsitystä, jonka mukaan pölysaasteen määrä työntekijän hengitysilmassa ei olisi pienentynyt prosessiin tehtyjen parannusten myötä.

Tuloksia katsoessa on kuitenkin hyvä muistaa, että tarkemmat tiedon pölysaasteen oikeasta tilasta Valio Oy saa teettämällä uudet TTL:n asiantuntijoiden suorittamat pölynmittaukset.

Uusintamittausten jälkeen saatujen tulosten pohjalta työryhmän on ryhdyttävä jämerämpiin toimenpiteisiin, jos tulokset eivät osoita kehitystä parempaan suuntaan.

Työnantajan on lisäksi syytä olla huolissaan osalla työntekijöistä ilmenneistä pölysaasteen aiheuttamista terveyshaitoista, koska pitkässä juoksussa, jos ongelmaan ei puututa, voi vaarana olla työntekijän terveyden heikkeneminen ja mahdollisesti, jopa ammattitauti, hengityssuojainten käyttö on erittäin suositeltavaa työpäivän aikana.

Tämän lisäksi asiaan hoitoon nimitetyn työryhmän on syytä jatkaa ajoittaisia kokoontumisiaan, joissa pohditaan uusia toimintatapoja pölysaasteen syntymisen ehkäisemiseksi (mm. trukilla-ajon järjeittäminen) ja sovittaisiin tarkempi aikataulu prosessin parantamiseen liittyvien asioiden toteuttamisesta. Kokoontumisissa olisi hyvä kohdistaa kehitettäviä ratkaisuja kohteisiin, joissa maljatutkimuksen perusteella pölyä näyttäisi olevan enemmän.

Lisäksi työryhmän tehtävä on huolehtia siitä, että hyviksi havaituista prosessin parannusehdotuksista, kuten esimerkiksi imulaitteiston suodatusyksikön siirtämisestä pois työtilasta pidetään kiinni. Myös työntekijöiden kouluttaminen esimerkiksi kerranvuodessa on suositeltavaa.

## LÄHTEET

Arto Säämänen, Riikka Ruotsalainen, Päivi Piispanen, Tomi Kanerva

Viitattu 23.3.2014

Pölyt pois yhteistyöllä, Työturvallisuuskeskus TTK 2012

Ilpo Kulmala, Kimmo Heinonen, Hannu Riipinen, Arto Säämänen ja Irma Welling 31.1.2004

1) VTT 2) TaTTL 3) LaTTL Tietoverkko pölytorjunnan avuksi,

Viitattu 15.3.2014

<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/polyverkko/>

Panu Oksa, Lea Palo, Anja Saalo, Riitta Jolanki, Ilpo Mäkinen, Timo Kauppinen

Viitattu 15.3.2014

Ammattitaudit ja ammattitauti epäilyt 2010, 8-13, 22-25

Työterveyslaitos Helsinki 2012

Tomi Kanerva - Hyvinvointia työstä Tomi Kanerva 2012 Työterveyslaitos, TTL

Viitattu 15.3.2014

[http://www.ketek.fi/oske/Tomi%20Kanerva\\_Hiukkaspitoisuudet%20tyopaikkojen%20ilmasta.pdf](http://www.ketek.fi/oske/Tomi%20Kanerva_Hiukkaspitoisuudet%20tyopaikkojen%20ilmasta.pdf)

Strong-Finland Oy, Vantaa

Viitattu: 10.2.2014

<http://www.polyntorjunta.fi>

Hengitysliitto ry Hengitys-kalvosarja terveydenhuollon käyttöön

Viitattu 13.3.2013

[http://www.heli.fi/content/Julkaisut\\_materiaalit/Materiaalit\\_terveydenalan\\_henkilostolle/Hengitys-kalvosarja.pdf](http://www.heli.fi/content/Julkaisut_materiaalit/Materiaalit_terveydenalan_henkilostolle/Hengitys-kalvosarja.pdf)

Kari Rissa / Karissa Oy

Viitattu 23.3.2014

Hiekkapöly poissa keuhkoista Työturvallisuuskeskus TTK 2008

[http://www.ttk.fi/files/2469/Hiekkapoly\\_poissa\\_keuhkoista.pdf](http://www.ttk.fi/files/2469/Hiekkapoly_poissa_keuhkoista.pdf)

Kari Rissa Työturvallisuuskeskus TTK 2012

Viitattu: 10.3.2014

[http://www.tyoturva.fi/toimialat/elintarviketeollisuus/polyt\\_pois\\_yhteistyolla\\_-\\_vahenna\\_jauhopolya\\_leipomossa](http://www.tyoturva.fi/toimialat/elintarviketeollisuus/polyt_pois_yhteistyolla_-_vahenna_jauhopolya_leipomossa)

Elintarviketurvallisuusvirasto, 2012

Viitattu 10.3.2014

<http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/hygieniaosaaminen/tietopaketti/tuhoelaintorjunta/>

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus  
haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista  
Helsingissä 29 päivänä marraskuuta 2011  
Viitattu: 10.3.2014  
Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2012:5

Extor Oy, Kotka  
Viitattu: 31.1.2014  
[www.extor.fi](http://www.extor.fi)

Ilpo Ahonen, Mikael Fingerroos, 12.3.2013  
Viitattu: 13.3.2014  
TTL Lausunto AR12-2013-217442

Extor suodatus yksikkö  
Viitattu: 31.1.2014  
<http://www.fiima.net/data/files/EXTOR.pdf>

Ilona Riipinen, Katrianne Lehtipalo 2008 – 2014  
[www.hiukkastieto.fi](http://www.hiukkastieto.fi)  
Viitattu: 23.3.2014  
Helsingin yliopisto  
Masinotek Oy  
Työsuojelurahasto

Salme Rantanen, Rauno Pääkkönen 2008  
Viitattu: 23.3.2014  
Työsuojelujulkaisuja 86  
Työhygieniä  
Kemialliset ja fysikaaliset tekijät  
Tampere

Honkonen Ilpo, aluepäällikkö Extor Oy, puhelinhaastattelu 31.1.2014

Kuva 1.  
Kuva hengitysteistä  
Viitattu: 23.3.2014  
[http://www.heli.fi/content/Julkaisut\\_materiaalit/Materiaalit\\_terveydenalan\\_henkilostolle/Hengitys-kalvosarja.pdf](http://www.heli.fi/content/Julkaisut_materiaalit/Materiaalit_terveydenalan_henkilostolle/Hengitys-kalvosarja.pdf)

Kuva 2.  
Taulukkokuva hengitystieallergioista ammattiryhmien mukaan vuonna 2010, viitattu: 23.3.2014  
Panu Oksa, Lea Palo, Anja Saalo, Riitta Jolanki, Ilpo Mäkinen, Timo Kauppinen  
Ammattitaudit ja ammattitautiepäilyt 2010, 12  
Viitattu: 23.3.2014  
Työterveyslaitos Helsinki 2012

Kuva 3.

Taulukkokuva ihotaudeista ammattiryhmien mukaan 2010

Viitattu: 23.3.2014

Panu Oksa, Lea Palo, Anja Saalo, Riitta Jolanki, Ilpo Mäkinen, Timo Kauppinen

Ammattitaudit ja ammattitauti epäilyt 2010, 25

Työterveyslaitos Helsinki 2012

Kuva 4.

Laatuympyrä Demingin tapaan

Viitattu: 23.3.2014

Arto Säämänen, Riikka Ruotsalainen, Päivi Piispanen, Tomi Kanerva

Pölyt pois yhteistyöllä, Työturvallisuuskeskus TTK 2012, 10

Kuva 5.

Kuva pölytutkasta

Viitattu: 23.3.2014

Arto Säämänen, Riikka Ruotsalainen, Päivi Piispanen, Tomi Kanerva

Pölyt pois yhteistyöllä, Työturvallisuuskeskus TTK 2012, 13

Kuva 6.

Esimerkkikuva tarkastuskortista

Viitattu: 23.3.2014

Arto Säämänen, Riikka Ruotsalainen, Päivi Piispanen, Tomi Kanerva

Pölyt pois yhteistyöllä, Työturvallisuuskeskus TTK 2012, 32-33

Kuva 7.

Arviointikortti 1: Pölykenttä

Viitattu: 23.3.2014

Arto Säämänen, Riikka Ruotsalainen, Päivi Piispanen, Tomi Kanerva

Pölyt pois yhteistyöllä, Työturvallisuuskeskus TTK 2012, 24

Kuva 8.

Arviointikortti 2: Koordinaatisto

Viitattu: 23.3.2014

Arto Säämänen, Riikka Ruotsalainen, Päivi Piispanen, Tomi Kanerva

Pölyt pois yhteistyöllä, Työturvallisuuskeskus TTK 2012, 26

Kuva 9.

Arviointikortti 3: Kolmiomalli

Viitattu: 23.3.2014

Arto Säämänen, Riikka Ruotsalainen, Päivi Piispanen, Tomi Kanerva

Pölyt pois yhteistyöllä, Työturvallisuuskeskus TTK 2012, 29

Kuva 10.

Kalanruotokaavio

Viitattu: 23.3.2014

<http://www.vertex42.com/Files/download2/excel.php?file=fishbone-diagram.xls>

Kuvio 1.

Kuvio massanvalmistus osaston pölytilanteesta työpäivän aikana.

Viitattu: 23.3.2014

Ipo Ahonen, Mikael Fingerroos, 12.3.2013

TTL Lausunto AR12-2013-217442

Taulukko 1.

Taulukko fyysisenrasituksen ja suu- ja nenähengityksen vaikutusta pölynkertymään hengitys elimistössä.

Viitattu: 23.3.2014

Ipo Kulmala, Kimmo Heinonen, Hannu Riipinen, Arto Säämänen ja Irma

Welling 31.1.2004

1) VTT 2) TaTTL 3) LaTTL Tietoverkko pölytorjunnan avuksi,

<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/polyverkko/>

Taulukko 3.

Taulukko tärkeimmistä eri aineryhmien pölypitoisuus raja-arvoista.

Viitattu: 23.3.2014

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus

haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista

Helsingissä 29 päivänä marraskuuta 2011

Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2012:5, 19-46

# Kyselylomake jauhomajan työntekijöille

---

Vastaa kysymyksiin mahdollisimman selkeästi ja lyhyesti.

- Minkälaiset **omakohtaiset** asiat mielestäsi vaikuttavat **jauhepölyn määrään ilmassa**? (Onko esim. työvuoroilla tai työtavoilla mielestäsi vaikutusta)
  
- Mitkä yleiset tekijät ovat mielestäsi **lisänneet** tai **vähentäneet** ilman pölymäärää työpaikallasi viimeaikoina? (Uusia tuotteita, parempia apuvälineitä?)
  
- Parannus ehdotuksia? (Uudempia laitteita tai rakenteellisia muutoksia nykyisiin työtiloihin?)
  
- Oletko saanut minkäänlaisia oireita ilmassa olevasta pölystä **viime aikoina**? (yskää, sairaus poissaoloja jne. **nimenomaan pölyn aiheuttavia!**)

Vkl-näytteet

1. mittaus	1	2	3	4	5	6
Malja nro	20.-23.6	29.6-1.7	15.- 17.11	22.-24.11	6.-8.1	17.-19.1
1	1,06	0,87	0,1	0,82	2,85	0,23
2	8,45	0,65	1,77	1,73	2,38	1,42
3	0,78	0,98	0,57	0,87	2,14	1,66
4	0,76	-	0,32	0,65	2,61	1,19
5	0,87	0,78	0,68	0,98	2,85	2,14

2. mittaus	1	2	3	4	5	6
Malja nro	20.-23.6	29.6-1.7	15.- 17.11	22.-24.11	6.-8.1	17.-19.1
1	1,09	0,32	0,1	0,76	3,8	3,33
2	10,7	0,54	0,43	0,87	3,57	2,85
3	1,2	0,87	1,31	0,43	3,33	2,14
4	0,21	-	0,32	0,76	3,09	1,9
5	1,07	0,76	0,65	0,54	2,85	3,33

1. Vkr

1.mittaus	1	2	3	4	5	6
Malja nro	2.-3.7	8.-9.7	9.tammi	13.tammi	14.tammi	15.tammi
1	0,94	0,39	0,39	0,95	1	0,39
2	5,16	6,11	3,43	3,83	2,44	3,58
3	4,06	0,98	2,14	2,62	1,34	0,73
4	1,24	0,76	0,92	1,19	1,29	2,34
5	4,68	0,9	3,66	4,3	0,54	0,76

2.mittaus	1	2	3	4	5	6
Malja nro	2.-3.7	8.-9.7	9.tammi	13.tammi	14.tammi	15.tammi
1	1,09	0,76	0,55	1,19	1,34	0,98
2	13,89	9,05	3,78	3,73	3,68	4,37
3	4,26	0,77	2,37	2,59	1,29	1,41
4	2,43	2,55	0,8	2,26	1,08	3,29
5	6,72	1,5	3,6	1,53	1,01	1,2

Päivä määrä	Hävikin määrä [kg]
15.11.2013	80
22.11.2013	74
4.1.2014	51
10.1.2014	71
23.1.2014	70
6.2.2014	68
12.2.2014	54
19.2.2014	54
5.3.2014	53

Vkl-näytteet	(1-3)	(4-6)	Vkl- näyt- teet	(1-3)	(4-6)
1. mittaus	Ennen $\mu 1$	Jälkeen $\mu 2$	2. mittaus	Ennen $\mu 1$	Jälkeen $\mu 2$
Malja nro			Malja nro		
1	0,68	1,30	1	1,30	1,05
2	3,62	1,84	2	1,84	6,35
3	0,78	1,56	3	1,56	2,10
4	0,54	1,48	4	1,48	2,11
5	0,78	1,99	5	1,99	3,04
1. Vkr	(1-3)	(4-6)	1. Vkr	(1-3)	(4-6)
1.mittaus	Ennen $\mu 1$	Jälkeen $\mu 2$	2.mittaus	Ennen $\mu 1$	Jälkeen $\mu 2$
Malja nro			Malja nro		
1	0,57	0,78	1	5,00	1,00
2	4,90	3,28	2	8,91	3,93
3	2,39	1,56	3	0,78	1,05
4	0,97	1,61	4	3,28	7,95
5	3,08	1,87	5	1,56	3,63

Kahden riippumattoman otoksen vertailu t-testillä tulokset

Liite 5

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

1. mittaus 1 vkr

2. mittaus 1 vkr

	<i>Variable</i>	<i>Variable</i>		<i>Variable</i>	<i>Variable</i>
	<i>1</i>	<i>2</i>		<i>1</i>	<i>2</i>
Mean	2,382	1,82	Mean	3,61	2,064
Variance	3,02617	0,83185	Variance	10,0543	1,26438
Observations	5	5	Observations	5	5
Hypothesized Mean Difference	0		Hypothesized Mean Difference	0	
df	6		df	5	
t Stat	0,63979		t Stat	1,02754	
P(T<=t) one-tail	0,27297		P(T<=t) one-tail	0,17564	
t Critical one-tail	1,94318		t Critical one-tail	2,01505	
P(T<=t) two-tail	0,54595		P(T<=t) two-tail	0,35128	
t Critical two-tail	2,44691		t Critical two-tail	2,57058	

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

1. mittaus VKL-näytteet

Vkl-näytteen 2. mittaus

	<i>Variable</i>	<i>Variable</i>		<i>Variable</i>	<i>Variable</i>
	<i>1</i>	<i>2</i>		<i>1</i>	<i>2</i>
Mean	1,28	1,634	Mean	1,324	2,238
Variance	1,7208	0,07748	Variance	2,16398	0,09087
Observations	5	5	Observations	5	5
Hypothesized Mean Difference	0		Hypothesized Mean Difference	0	
df	4		df	4	
t Stat	-0,5903		t Stat	-1,361	
P(T<=t) one-tail	0,29337		P(T<=t) one-tail	0,12257	
t Critical one-tail	2,13185		t Critical one-tail	2,13185	
P(T<=t) two-tail	0,58674		P(T<=t) two-tail	0,24513	
t Critical two-tail	2,77645		t Critical two-tail	2,77645	