



Työterveyslaitos

Tietoa työstä

Pölyntorjunta betoniteollisuudessa

Tommi Vehviläinen
Petri Mannonen
Markku Linnainmaa
Antti Karjalainen



Työterveyslaitos

Pölyntorjunta betoniteollisuudessa

Tommi Vehviläinen
Petri Mannonen
Markku Linnainmaa
Antti Karjalainen

Työterveyslaitos

Helsinki 2012

Työterveyslaitos

Materiaali- ja hiukkastutkimus -tiimi

Topeliuksenkatu 41 a A

00250 Helsinki

www.ttl.fi

Toimitus: Antti Karjalainen

Valokuvat: Tommi Vehviläinen, Markku Linnainmaa

Kansi: Mainostoimisto Albert Hall Finland Oy Ltd

© 2012 Työterveyslaitos ja kirjoittajat

Julkaisu on toteutettu Rakennustuotteiden Laatu Säätiön tuella.

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain (404/61, siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman asianmukaista lupaa.

ISBN 978-952-261-183-3 (PDF)

TIIVISTELMÄ

Betoniteollisuuden tuotteita tehdään teollisuushalleissa, joissa suurikokoisten kappaleiden valmistus, purku ja siirrot ovat tyypillisiä työvaiheita. Monet tuotantovaiheet sijoittuvat yleensä samoihin tiloihin, mikä osaltaan aiheuttaa useiden henkilöiden altistumisen haitallisille epäpuhtauksille.

Elementti-, betonituote- ja valmisbetonituotannossa työntekijät voivat altistua merkittävästi kiteiselle piidioksidille, jonka yleisin muoto on kvartsi. Sitä esiintyy runsaasti monissa kivi-, hiekka- ja maa-aineksissa. Kiteistä piidioksidia sisältävän hienojakoisen pölyn hengittäminen lisää esimerkiksi silikoosin ja keuhkosyövän riskiä.

Useat eurooppalaiset työmarkkinajärjestöt tekivät vuonna 2006 NEPSI-sopimuksen, joka edellyttää hienojakoisen kvartsipölyn aiheuttamien terveyshaittojen torjumista. Sopimuksessa sitoudutaan kartoittamaan kvartsipölyn aiheuttamat terveysriskit koko työpaikan ja yksittäisten työntekijöiden kannalta. Työpaikoilla tehtävää riskien arviointia ohjaa myös kansallinen lainsäädäntö. Työnantajien tulee antaa työntekijöille riittävää koulutusta ja ohjausta terveysvaaroista, toimintatavoista ja suojautumisesta.

Ainoa tapa selvittää altistumisen todellista tasoa on kvartsipölyn pitoisuuksien määrittäminen työntekijöiden hengitysilmaasta. Kvartsipölyn vähentäminen betoniteollisuudessa -projektin yhteydessä v. 2007–2008 mitattiin kvartsipölypitoisuuksia työntekijöiden hengitysvyöhykkeeltä ja kiinteistä mittauspaikoista 10:ssä betoniteollisuuden tehtaassa. Suurimmat pitoisuudet mitattiin betonin valmistuksen, kiviaineksen varastoinnin ja siirron, ontelolaattojen sahausken ja pintojen viimeistelyn yhteydessä. Kvartsin alveolijakeen pitoisuudet olivat HTP-arvoon (0,05 mg/m³) verrattuna korkeimmillaan kolminkertaisia hengitysvyöhykkeeltä ja viisinkertaisia kiinteistä mittauspaikoista mitattuna. Tosin joissakin kyseisissä työvaiheissa työntekijä on paikalla hetkellisesti tai ei lainkaan.

Kvartsipölyaltistumisen vähentämiseksi betoniteollisuuden tehtaissa on kiinnitettävä huomiota työympäristön parantamiseen suunnitteluun ja toteutukseen sekä mahdollisimman pölyttömiin työmenetelmiin tuotantotiloissa ja eri työprosesseissa. Työnantajat ovat velvollisia seuraamaan työoloja säännöllisesti ja työntekijöiden tulee noudattaa yhteisesti hyväksytyjä, turvallisia työmenetelmiä ja hyviä käytäntöjä.

ABSTRACT

Pouring concrete and unloading and transferring large-scale objects are typical processes in the concrete industry. Several phases of production are usually carried out in the same industrial halls. Therefore, many workers are simultaneously exposed to harmful substances.

In the precast concrete, concrete product and ready-mixed concrete industry, workers may be significantly exposed to crystalline silica, the most common form of which is quartz, a natural constituent of many rock, grit and soil materials. Respiratory exposure to crystalline silica dust increases the risk of, for example, silicosis and lung cancer.

In 2006, many European labour market organizations entered into the NEPSI contract, which requires the controlling of the health hazards of fine quartz dust. The concrete industry committed themselves to identifying risks related to individual workers and to workplaces as a whole. Risk assessment at workplaces is also controlled by national legislation. Employers are obliged to provide workers with adequate training and guidance regarding health risks, safe working methods and the use of personal protective equipment.

The only reliable way to define exposure levels is by measuring quartz dust concentrations in the breathing zones of workers. The "Reducing of quartz dust in the concrete industry" project in 2007–2008 measured quartz dust concentrations in workers' breathing zones and at stationary sampling sites in 10 factories. The highest concentrations were measured in concrete manufacturing, the storing and unloading of rock material, the sawing of cored slab, and the finishing of surfaces. The highest concentrations of respirable quartz dust were threefold in the breathing zone and fivefold at the stationary sites compared to the Finnish OEL (0.05 mg/m³). However, in some of these production stages the workers are only temporarily present or not at all.

In order to reduce workers' exposure to respirable quartz dust, the work environment of the concrete industry must be improved by designing and implementing less dusty work methods in all phases of production. Employers are obliged to regularly observe working conditions, whereas workers must follow jointly agreed safe working methods and good practices.

ALKUSANAT JA KIITOKSET

Tämän pölyntorjuntaohjeen aineisto on koottu betoniteollisuuden ja Työterveyslaitoksen toteuttaman Kvartsipölyn vähentäminen betoniteollisuudessa -projektin yhteydessä. Projektin hyvät käytännöt ja prosessikohtaiset menetelmäparannukset on kehitetty kuuden yrityksen kanssa tehtaissa tehtyjen työhygieenisten mittausten sekä torjuntateknisten selvitysten tuloksena.

Kirjoittamiseen ja kokoamiseen ovat osallistuneet DI Tommi Vehviläinen ISS Proko Oy:stä, DI Petri Mannonen Betoniteollisuus ry:stä, FT, dosentti Markku Linnainmaa Työterveyslaitokselta ja FM Antti Karjalainen Työterveyslaitokselta. Neuvoa-antavaan taustaryhmään ovat kuuluneet Arto Suikka Betonikeskus ry:stä, Kari Laamanen Mikkelin Betoni Oy:stä, Jouni Rimpiläinen ja Martti Skantz Parma Oy:stä, Valtteri Repo Napapiirin Betoni Oy:stä, Timo Suutarinen ja Janne Vilve Suutarinen Ky:stä, Ari Väisänen ja Marko Valtanen Lujabetoni Oy:stä sekä Urpo Kreander Rudus Oy:stä. Projektia on avustanut taloudellisesti Rakennustuotteiden Laatu Säätiö.

Haluamme kiittää kaikkia ohjeen laatimiseen osallistuneita asiantuntijoita yhteistyöstä sekä Rakennustuotteiden Laatu Säätiötä taloudellisesta tuesta. Työn tuloksena on syntynyt ajantasainen, kattava ja tärkeä tietopaketti, jota toivomme betoniteollisuuden hyödyntävän työpaikoilla, pyrkimyksenä työympäristön laadun parantamiseen.

Kuopiossa huhtikuussa 2012

Tekijät

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	9
2	TAVOITTEET.....	11
3	KVARTSIPÖLY.....	12
3.1	Kvartsin esiintyvyys ja käyttö.....	12
3.2	Terveysvaikutukset	12
3.3	Kvartsipöly ja betoniteollisuus	13
3.4	Mittausmenetelmät ja riskien arviointi	13
3.5	Mitatut pölypitoisuudet betoniteollisuudessa	15
4	TUOTANTOTILOJEN TYYPILLISIÄ PÖLYNTORJUNTAMENETELMIÄ.....	18
4.1	Yleistä tuotantotiloista ja torjuntaratkaisusta.....	18
4.2	Kohdeilmanvaihto- ja pölynpoistojärjestelmät	19
4.3	Osastointi ja päästölähteen eristäminen.....	21
4.4	Valvomot	22
4.5	Yleisilmanvaihtoratkaisut	22
4.6	Märkä- ja kuivapuhdistus	23
4.7	Yleinen hygienia.....	24
4.8	Henkilökohtaisten suojavarusteiden käyttö.....	25
5	BETONITEOLLISUUDEN TYÖVAIHEITA JA NIIDEN PÖLYNTORJUNTA	27
5.1	Raaka-aineet ja valmistus.....	27
5.1.1	Raaka-aineiden punnitus ja siirrot	27
5.1.2	Betonin valmistus.....	28
5.1.3	Kuivatuotteiden valmistus.....	29
5.2	Muottien varustelu ja puhdistus sekä betonin valu	29
5.3	Betonituotteiden ja -elementtien viimeistely	31
5.3.1	Jännepunosten katkaisu	31
5.3.2	Ontelo- ja kuorilaattapetien peittäminen	33
5.3.3	Ontelo- ja kuorilaattojen sahaukset	34
5.3.4	Pintojen viimeistely ja varausten puhdistus.....	35

5.3.5	Hiekkapuhallus	36
5.3.6	Seinä- ja porraselementtien hionta.....	36
5.3.7	Elementtien viimeistely työmailla	36
6	BETONIJÄTTEEN KIERRÄTYS.....	37
	KIRJALLISUUTTA	38

1 JOHDANTO

Betoniteollisuuden tuotantotilat on rakennettu pääosin 1970- ja 1980-luvuilla. Betonituote-, valmisbetoni- ja betonielementtitehtaiden tuotteita tehdään teollisuushalleissa, joissa suurikokoisten kappaleiden valmistus, purku ja siirrot ovat tyypillisiä työvaiheita. Monet tuotantovaiheet sijoittuvat yleensä samoihin tiloihin, mikä osaltaan aiheuttaa useiden henkilöiden altistumisen haitallisille epäpuhtauksille.

Betonia valmistetaan betoniasemilla sekoittamalla pääraaka-aineet: sementti, vesi ja runkoaine (kiviaines). Raaka-aineet annostellaan pääosin automaattisesti varastosiiloista punnitsemalla. Pitkälle automatisoiduilla asemilla työskentelevät betonimyllyrit ohjaavat tuotantoa valvomotiloista, jotka ovat eristetty tuotantotiloista. Normaalisti valvomotiloissa on oma yleisilmanvaihto, joka perustuu koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtoon. Betoniasemien vaaka- ja sekoitustilat ovat alipaineisia muihin tiloihin nähden.

Eräät betonin raaka-aineista ja betonituotteet sisältävät kiteistä piidioksidia, jolle työntekijät voivat altistua merkittävästi useissa eri työvaiheissa. Kiteinen piidioksidi, jonka yleisin muoto on kvartsi, kuuluu maankuoren yleisimpiin mineraaleihin ja sitä esiintyy runsaasti monissa kivi-, hiekka- ja maa-aineksissa. Kiteistä piidioksidia sisältävän hienojakoisen pölyn hengittäminen lisää keuhkosairauksien riskiä.

Vuodesta 2007 lähtien sosiaali- ja terveysministeriön HTP-arvot-julkaisussa (uusin versio on "HTP-arvot 2012") kiteisen piidioksidin HTP-arvo eli haitalliseksi tunnettu pitoisuus on ollut $0,05 \text{ mg/m}^3$ (8 tunnin keskipitoisuus hienojakoiselle pölylle eli ns. alveolijakeelle). HTP-arvot ovat arvioita työntekijöiden hengitysilman epäpuhtauksien pienimmistä pitoisuuksista, jotka voivat aiheuttaa haittaa tai vaaraa työntekijöiden terveydelle tai turvallisuudelle. Aikaisemmin alveolijakeisen kiteisen piidioksidin HTP-arvo oli $0,2 \text{ mg/m}^3$.

Useat eurooppalaiset työmarkkinajärjestöt tekivät vuonna 2006 NEPSI-sopimuksen, joka edellyttää hienojakoisen kvartsipölyn aiheuttamien terveyshaittojen torjumista. Tavoitteena on estää kvartsipölylle altistuminen työpaikoilla kokonaan tai saada altistuminen mahdollisimman vähäiseksi. Sopimus koskee yrityksiä, jotka käyttävät tuotannossaan kiteistä piidioksidia, ja se kattaa kyseisen aineen tuotannon, käytön, käsittelyn, varastoinnin ja kuljetuksen. Suomen betoniteollisuudesta NEPSI-sopimuksen piiriin kuuluvat betonielementti- ja betonituoteollisuus. Sidosyritysten tulee lisätä tietoa hyvistä käytännöistä ja kvartsipölyn terveyshaitoista tutkimuksen ja valvonnan avulla. Suomessa kyseisen sopimuksen koordinoija ja maakohtaisten seurantatietojen raportoija on Teknologiateollisuus ry.

Työpaikoilla tehtävää riskien arviointia ohjaa myös kansallinen lainsäädäntö, joka velvoittaa työnantajilta työolojen säännöllistä seuraamista ja riittävän järjestelmällistä työpaikkojen haitta- ja vaaratekijöiden tunnistamista sekä niiden torjuntaa. Edellä mainittu NEPSI-sopimus, sosiaali- ja terveysministeriön linjaukset kvartsipölyn terveyshaitoista sekä kansallisen lainsäädännön vaatimukset ovat osaltaan lisänneet terveysriskeihin liittyviä selvityksiä työpaikoilla. Vastuu työntekijöiden terveys- ja turvallisuusasioista on käytännössä työnantajilla. Kyseisten asioiden yhteensovittaminen työpaikkojen turvallisuusjohtamisessa on todellinen haaste sekä työpaikkojen työsuojeluorganisaatioille että työterveyshuolloille.

Kvartsipölylle asetettu uusi raja-arvo koskee yleisesti eri rakennusteollisuuden sektoreita. Asetettujen tavoitteiden saavuttaminen vaatii työpaikoilta jäsenneltyjä työvaihe- ja prosessikohtaisia toimenpiteitä, joiden avulla kvartsipölyaltistumista voidaan torjua. Näiden toimenpiteiden koonti ja toteutus vaativat alakohtaista ohjeistusta.

2 TAVOITTEET

Teollisuuden vastuulla on tarjota työntekijöille riittävän puhtaat ja terveelliset työskentelyolosuhteet. Tämä ohje on tarkoitettu elementti-, betonituote- ja valmisbetoniteollisuudelle tehtaiden työympäristön parantamisen suunnitteluun ja toteutukseen sekä henkilöstön koulutukseen. Ohjeen tarkoituksena on tuoda esiin kvartsipölyaltistumiseen liittyviä riskejä sekä esittää menetelmiä altistumisen vähentämiseksi tuotantotiloissa ja eri työprosesseissa. Ohjetta voidaan käyttää soveltaen myös muussa kivipohjaisessa rakennusmateriaaliteollisuudessa.

3 KVARTSIPÖLY

3.1 Kvartsin esiintyvyys ja käyttö

Piidioksidi on nimitys ryhmälle yhdisteitä, jotka koostuvat piistä ja hapestä eli kahdesta maankuoren yleisimmästä alkuaineesta. Kiteinen piidioksidi on tärkeä teollisuuden raaka-aine ja sille altistutaan betoniteollisuuden lisäksi esimerkiksi kaivosteollisuudessa, valimotyössä, lasikeraamisessa teollisuudessa, tiilien ja laattojen valmistuksessa, rakennustyössä sekä elektroniikka-, lääke- ja kosmetiikkateollisuudessa.

Piidioksidi esiintyy luonnossa karkeakiteisenä, mikrokiteisenä ja amorfisena (ei-kiteisenä). Luonnossa esiintyvistä piidioksidin kiteisistä muodoista tyypillisimmät ovat kvartsi, kristobaliitti ja tridymiitti. Kvartsi on kyseisistä kideumuodoista tunnetuin ja yleisimmin esiintyvä. Kvartsia on runsaasti monissa kivissä, hiekoissa sekä erilaisissa maa-aineksissa, joista tunnetuimpia ovat harmaa ja punainen graniitti, kvartsiitti, hiekkakivi ja tavallinen harjuhiekkä.

Suomessa tuotetaan kvartsia noin 200 000 tonnia vuodessa. Rakennusteollisuus käyttää merkittäviä määriä kvartsipitoisia rakennustuotteita, kuten tiiliä, laastia, betonia, tasoitteita, kiveä ja soraa. Talon- ja maanrakennuksessa sekä rakennustuotteiden valmistuksessa käytetään vuosittain noin 50 miljoonaa tonnia soraa ja hiekkää, 23 miljoonaa tonnia kalliomursketta, 2,5 miljoonaa tonnia rakennuskiveä ja 0,5 miljoonaa tonnia graniittia. Betonin sisältämä kvartsi on pääosin peräisin kiviaineksesta (esim. sorasta), joka muodostaa noin 60 % betonin tilavuudesta.

3.2 Terveysvaikutukset

Kiteisen piidioksidin muodot ovat veteen liukenemattomia, värittömiä, hajuttomia ja palamattomia kiinteitä aineita, jotka vapautuvat hienojakoisena mineraalipölynä ilmaan mm. materiaaleja leikattaessa, hiottaessa tai jauhettaessa. Työstövaiheissa syntyviä mineraalipölykiteitä hajoaa ja leikkauspinnoille sekä ilmaan muodostuu pölyä. Suuret pölyhiukkaset jäävät joko lähengitysteihin tai keuhkoputkiin ja poistuvat limanerityksen avulla. Sen sijaan syvälle keuhkoihin tunkeutuvalla hienopölyllä eli alveolijakeella voi olla haitallisia terveysvaikutuksia, jotka riippuvat mm. pölyjakeen hiukkaskoosta, pölyn määrästä ja henkilökohtaisesta altistumisesta.

Hienojakoiselle kvartsipölylle altistumisen suurin terveysriski on silikoosi eli kivipölykeuhkosairaus, joka on maailman vanhin tunnettu ammattitauti. Silikoosi huonontaa vastustuskykyä ja lisää erityisesti tuberkuloosiriskiä. Klassisen eli kroonisen silikoosin kehittyminen vaatii keskimäärin 20 vuoden altistumisen kvartsipölylle. Silikoosista on havaittu myös muita muotoja, esimerkiksi ns. akuutti, nopeasti etenevä silikoosi, joka on seurausta massiivisista, lyhytaikaisista altistumisista. Silikoosin ennuste vaihtelee suuresti yksilöllisistä tekijöistä ja silikoosimuodosta riippuen.

Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos IARC on vuonna 1997 luokitellut kvartsipölyn luokkaan 1 eli syöpävaaralliseksi ihmiselle. Useimmiten keuhkosyöpä kehittyy silikoottiseen keuhkoon, mutta kvartsipölyn aiheuttama keuhkosyöpä voi kehittyä myös ilman silikoosia. Vuonna 2003 ammattitautiasetusta (252/2003) muutettiin Suomessa siten, että

kvartsipölyn aiheuttama keuhkosityöpä voidaan ilmoittaa ammattitaudiksi. Kyseisiä tapauksia on jo rekisteröity muutama.

Kvartsipölyn on osoitettu olevan yhteydessä krooniseen keuhkoputkentulehdukseen ja keuhkohtaumatautiin. Tupakoinnilla ja kvartsipölyllä on mahdollisesti keuhkojen toimintaa heikentävää yhteisvaikutusta, mikä voi lisätä riskiä sairastua silikoosiin ja keuhkosityöpään. Kvartsipölyllä on myös mahdollisesti yhteyttä joihinkin autoimmuunisairauksiin ja munuaissairauksiin.

3.3 Kvartsipöly ja betoniteollisuus

Betoniteollisuudessa pölylle altistavia työvaiheita ovat mm. kiviainesten siirrot, betonin valmistus, muottien varustelu ja puhdistus, jännepunosten katkaisu, ontelo- ja kuorilaattojen sahaus, elementtien hionta ja hiekkapuhallus sekä jätebetonin murskaus. Kyseisissä työvaiheissa kvartsipölylle altistuvat erityisesti betoni- ja elementtityöntekijät, raudoittajat, valu-, muotti- ja sahatyöntekijät, laaduntarkastajat, hiekkapuhaltajat, viimeistelijät, betonimyllylärit, nosturinkuljettajat, apumiehet ja siivoojat.

Vuosina 2007–2008 tehty NEPSI-kartoitus osoitti, että monissa betoniteollisuuden tehtaissa on jo tehty toimenpiteitä kvartsipölyn vähentämiseksi. Seuraavassa listassa on lueteltu käytössä olevia menetelmiä:

- keskuspölynimurien käyttö
- työympäristön siisteydestä ja turvallisuudesta huolehtiminen säännöllisesti
- kohdepoistojen asentaminen seinähallin viimeistelylinjoille
- pölynpoiston järjestäminen betoniasemien ohjaamoihin
- pölynpoiston asentaminen betoninsekoittajiin
- ontelosahojen pölynpoistolaitteiden kehittäminen
- lattioiden koneellinen siivous yleispölystä
- laikkaleikkauksen pölynpoistojärjestelmien kehittäminen
- henkilökohtaisten suojainten jako ja käytönopastus
- ylijäämäbetonimassan syntymisen estäminen ja poisto työpaikalta kosteana
- suurimpien roskien kokoaminen lastalla harjan sijasta
- henkilökohtaisten suojainten käyttö paikoissa, joissa ei voida käyttää pölynpoistoa
- tuulen vaikutuksen vähentäminen ulkotiloissa esim. pensailta ja puilla
- työntekijöiden menetelmäkoulutus
- johdon katselmukset tuotantotiloissa ja siisteyden vaatiminen
- ylipaineistaminen niihin työnjohdon työtiloihin, joihin kertyy pölyä.

3.4 Mittausmenetelmät ja riskien arviointi

Kvartsipölyn aiheuttamaa työperäistä altistumista voidaan tarkastella työhygieenisillä mittauksilla. Lainsäädännöllinen perusta työhygieenisille altistumismittauksille on annettu työturvallisuuslaissa (738/2002), jossa työnantajalle on asetettu työhön liittyvien erilaisten haitta- ja vaaratekijöiden tunnistamis- ja arviointivelvoite. Erilaisilla asetuksilla, standardeilla ja ohjeilla on jälkepäin tarkennettu altistumisselvityksiä ja mittauksia; mm. on esitetty, milloin, miten, missä ja kuinka usein niitä tulee tehdä.

Myös työterveyshuoltolaisissa (1383/2001) ja siihen liittyvässä asetuksessa (1484/2001) viitataan altistumisselvityksiin osana työpaikan työterveyshuoltotoimintaa. Valtioneuvoston asetus (715/2001) työntekijöiden suojelemisesta työssä esiintyvien kemiallisten tekijöiden aiheuttamilta vaaroilta ja haitoilta edellyttää altistumisen luonteen ja määrän selvittämistä niin, että turvallisuudelle ja terveydelle aiheutuvat vaarat voidaan arvioida. Kyseisessä asetuksessa on säädetty mm., milloin altistumismittaukset tulee tehdä.

Työhön liittyvää altistumista arvioidaan mittaamalla haitallisten aineiden pitoisuuksia hengitysilmosta. Mitattuja pitoisuuksia verrataan sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 1213/2011 vahvistettuihin työpaikan ilman HTP-arvoihin, jotka on esitetty HTP-arvot 2012 -julkaisussa. Aineiden vaikutustavasta riippuen HTP-arvot eri aineille on ilmoitettu keskipitoisuuksina käyttäen keskiarvostusaikana 8 tuntia, 15 minuuttia tai sitä lyhyempää hetkellistä aikaa, kattoarvoa.

Yleensä HTP-arvot on annettu hengittyvälle pölylle, mutta muutamalle altisteelle, mm. kvartsille, on annettu hienojakoisen pölyn eli alveolijakeen HTP-arvo. Työpaikan ilmassa esiintyvän pölyn eri fraktiot on määritelty standardissa SFS-EN 481. Altistuminen kvartsi-pölylle ja siitä aiheutuva riski arvioidaan kvartsin alveolijakeen pitoisuuden prosenttiosuutena HTP-arvosta ($0,05 \text{ mg/m}^3$) seuraavasti:

- alle 10 % HTP-arvosta, altistuminen on vähäistä
- 10–50 % HTP-arvosta, altistuminen on kohtalaista
- 50–100 % HTP-arvosta, altistuminen on merkittävää
- yli 100 % HTP-arvosta, altistuminen on liiallista.

Suomessa nykyisin käytössä olevat hiukkasmaisten epäpuhtauksien HTP-arvot on muutettu kansainvälisten kriteerien mukaisiksi ottaen huomioon epäpuhtauksien käyttäytymisen hengityselimissä. Hiukkasten keräykseen käytetään standardien SFS-EN 481 ja ISO 7708 mukaisesti hengittyvää keuhko- tai alveolijaetta mittaavia laitteistoja. Nykyisin käytössä olevat kvartsi-pölyn mittaamenetelmät perustuvat alveolijakeen keräämiseen hengitysvyöhykkeeltä syklonikeräimellä tai ns. vahtokeräimellä. Kvartsi määritetään näytteistä joko infrapunaspektrometrisesti tai röntgendiffraktiolla. Nykyisillä mittaamenetelmillä saadut tulokset eivät ole vertailukelpoisia vanhoilla mitta- ja analyysimenetelmillä saatujen tulosten kanssa.

Kvartsipölyaltistumisen arviointi

- Työpaikkojen riskinarviointi ja työhygieeniset mittaukset tulee tehdä yhteistyössä työterveyshuollon ja työpaikkojen työsuojeluorganisaation kanssa.
- Toteutettavat työhygieeniset mittaukset ja tarvittavat selvitykset kirjataan työterveyshuollon ja työsuojeluorganisaatioiden toimintasuunnitelmiin.
- Kansaneläkelaitokselta (Kela) on mahdollista hakea korvauksia henkilökohtaisten altistumismittausten kustannuksista (60 % mittausten kuluista).
- Työhygieeniset mittaukset tekee työterveyshuollon asiantuntijaksi päteväytynyt henkilö (työterveyshuoltolaissa 1383/2001 määritelty työhygienian asiantuntija).
- Pölyä mitataan yleisilmasta kiinteistä mittauspaikeista sekä työntekijöiden hengitysvyöhykkeeltä mukana kannettavilla pumpuilla (standardin SFS-EN 481 mukaisilla näytteenottolaitteilla).
- Kvartsipölyanalyysit tehdään akkreditoidussa tai kansainvälisessä vertailussa mukana olevassa laboratoriossa, esim. Työterveyslaitoksella.
- Mitattuja pitoisuuksia verrataan sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 1213/2011 vahvistettuun kvartsin alveolijakeen HTP-arvoon (0,05 mg/m³), joka on esitetty HTP-arvot 2012 -julkaisussa.

3.5 Mitatut pölypitoisuudet betoniteollisuudessa

Kvartsipölyn vähentäminen betoniteollisuudessa -hankkeen aikana tehtiin yhteensä 131 työhygieenistä mittausta (taulukot 1 ja 2), joista 68 oli hengittyvän pölyn ja 63 hienopölyn eli alveolijakeen mittauksia. Mitatusta hienopölyn alveolijakeesta tehtiin yhteensä 53 kvartsianalyysiä. Mittauksia tehtiin seitsemässä tuotantolaitoksessa; kahdessa valmisbetoni-, neljässä betonielementti- sekä yhdessä betonituotetehtaassa. Työhygieenisia torjuntaselvityksiä toteutettiin lisäksi kolmessa pilot-tehtaassa, joissa tehtiin myös työ- ja prosessikohtaisia menetelmäparannuksia.

Taulukko 1. Pölypitoisuudet hengitysvyöhykkeellä.

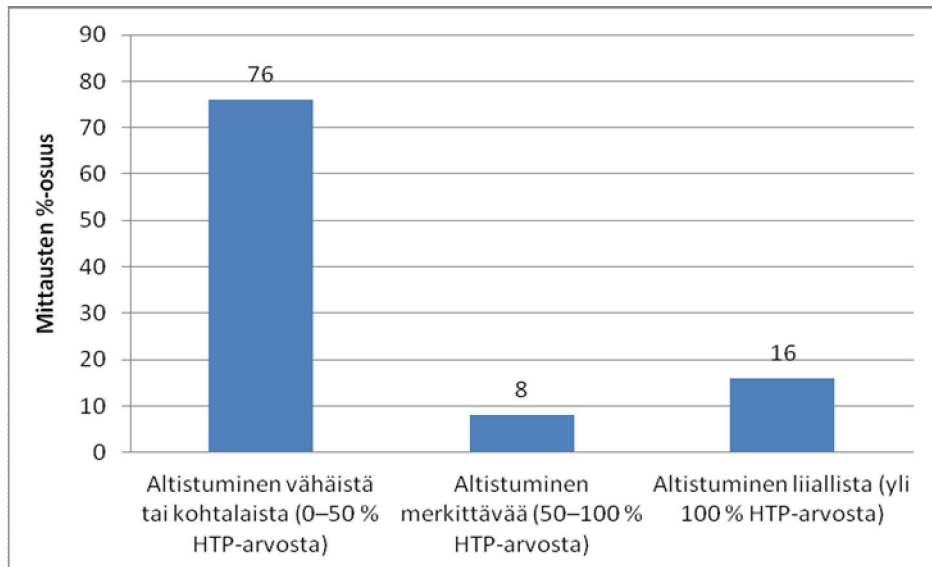
	Mittausten lkm	Keskiarvo mg/m ³	Vaihteluväli mg/m ³
Hengittyvä pöly	32	7,1	0,2–40
Pölyn alveolijae	30	0,8	0,11–2,8
Kvartsi, alveolijae	25	0,024	< 0,006–0,15

Taulukko 2. Yleisilman pölypitoisuudet.

	Mittausten lkm	Keskiarvo mg/ ³	Vaihteluväli mg/ ³
Hengittyvä pöly	36	6,4	0,12–75
Pölyn alveolijae	33	0,8	0,06–10
Kvartsi, alveolijae	28	0,03	< 0,004–0,25

Taulukko 3. Betoniteollisuuden eri työvaiheissa mitattuja kvartsipölypitoisuuksia.

Työvaihe	Mittausten lkm	% HTP-arvosta, vaihteluväli
Hihnavaaka (kiinteä mittauspaiikka)	1	500
Maatasku	1	340
Ontelolaatan sahaus	3	164–300
Pintojen viimeistely	4	38–100
Betoniaseman myllytila (kiinteä mittauspaiikka)	3	7–80
Muottien purku	5	12–38
Betoniaseman valvomo (henk. koht. mittari)	2	6–8
Betoniaseman valvomo (kiinteä mittauspaiikka)	2	1



Kuva 1. Kvartsipölyaltistuksen jakautuminen hengitysvyöhykkeellä. Luokat "altistuminen vähäistä" (0–10 % HTP-arvosta) ja "altistuminen kohtalaista" (10–50 % HTP-arvosta) on yhdistetty.

Hengitysvyöhykkeen suurimmat hengittyvän epäorgaanisen pölyn (HTP-arvo: 10 mg/m³) pitoisuudet mitattiin ontelolaattojen sahauksen, betonielementtien hionta- ja viimeistelytyön sekä jännepunoskatkaisun yhteydessä. Kyseisissä työvaiheissa myös hienopölyn pitoisuudet olivat poikkeuksetta korkeat.

Hengittyvän epäorgaanisen pölyn pitoisuudet (n = 32) jakaantuivat seuraavasti:

- 16 % pitoisuuksista ylitti HTP-arvon (altistuminen liiallista)
- 47 % pitoisuuksista oli yli 50 % HTP-arvosta (altistuminen merkittävää)
- 53 % pitoisuuksista oli alle 50 % HTP-arvosta (altistuminen kohtalaista tai vähäistä).

Hengitysvyöhykkeeltä mitattiin suurimmat kvartsipölypitoisuudet maataskusta ja ontelolaattojen sahauksen yhteydessä. HTP-arvon ylittäviä pitoisuuksia mitattiin myös punoskatkaisuun ja elementtien viimeistelyyn liittyvissä työvaiheissa. Valmisbetonitehtaissa pölypitoisuudet olivat alhaiset.

Yleisilman merkittävimmät kvartsipitoisuudet mitattiin betoniasemien mylly- ja siilotasoilta sekä betonielementtituotannosta. Betonielementtituotannossa altistuminen keskittyi vahvasti tiettyihin työ- ja prosessivaiheisiin. Tehdas- ja prosessikohtaiset vaihtelut olivat suuria riippuen torjuntaratkaisujen tasosta ja prosessien pölynhallinnan mahdollisuuksista. Hengittyvän pölyn pitoisuuksista 17 % ja alveolijakeisen kvartsin pitoisuuksista 14 % ylitti HTP-arvon.

4 TUOTANTOTILOJEN TYYPILLISIÄ PÖLYNTORJUNTAMENETELMIÄ

4.1 Yleistä tuotantotiloista ja torjuntaratkaisuksista

Betoniteollisuuden tuotantotiloissa työpisteet ovat yleensä ahtaita ja epäjärjestys on yleistä. Kaikissa toimitiloissa ei ole yleisilmanvaihtoa ja rakennusten vaipparakenteissa on vuotoaukkoja mm. siltanostureiden käytön vuoksi. Tuotantotilat lämmitetään pääosin kiertoilmälämmittimillä ja ovituuletus on yleistä myös talvisin. Oviverhoratkaisut ovat harvinaisia, joten lämpövaihtelut ovat tuotantotiloissa talviaikoina merkittäviä.

Teollisuusilmanvaihdon ratkaisuja sovellettaessa tulee teollisuuskiinteistöä tarkastella kokonaisuutena työhygieenisestä näkökulmasta. Yksi yleisimmistä virheistä torjuntaratkaisujen käytössä on liiallinen keskittyminen yksittäisiin päästölähteisiin ja niiden torjuntaan, jolloin teollisuustilojen ilmatasapainon merkitys usein unohtuu. Liiallinen keskittyminen kohdeilmanvaihdon ja pölynpoistotekniikoiden sovellutuksiin aiheuttaa puolestaan toissijaisia ongelmia, kuten hallitsemattomia ilmavirtauksia. Hallitsemattomat ilmavirtaukset saattavat nostaa laskeutuneen pölyn pinnoilta ja lattiatasoilta takaisin hengitysvyöhykkeelle, mikä lisää työntekijöiden altistumista. Hallitilojen liiallisesta alipaineisuudesta johtuvat lämpöoloihin ja vetoisuuteen liittyvät ongelmat ovat myös yleisiä.

Kvartsipölyn hallinnan ja torjunnan yleisperiaatteita ovat

- turvallisten työmenetelmien noudattaminen
- työmenetelmien ja prosessien muuttaminen
- siivousmenetelmät, siivoustavat ja niiden kehittäminen
- työntekijöiden opastus ja perehdyttäminen
- työntekijöiden ja työväihteiden eristäminen (valvomot, osastointi)
- työkierto
- henkilökohtaiset suojavarusteet, erityisesti hengityksensuojaimet
- koteloinnit ja kohdepoistot, kohdeilmanvaihtoratkaisut
- yleisilmanvaihdon parantaminen
- materiaalin kostuttaminen
- tehokas työterveyshuolto.

4.2 Kohdeilmanvaihto- ja pölypoistojärjestelmät

Monissa tapauksissa pelkkä hyvin toimiva yleisilmanvaihto ei riitä poistamaan epäpuhtauksia työilmasta. Teollisuuden rakennuksiin ja prosesseihin joudutaan usein suunnittelemaan kohdepoistoja tai laajempia kohdeilmanvaihdon ratkaisuja, joilla työvaiheissa syntyvät epäpuhtaudet pyritään poistamaan mahdollisimman tehokkaasti ennen niiden leviämistä työtilaan ja hengitysvyöhykkeelle.

Kohdepoistoratkaisuja mietittäessä on ensin syytä tutkia, voidaanko päästöjä pienentää muilla keinoin. Kiinteiden prosessien osalta tähän saattaa olla hyvätkin mahdollisuudet, esimerkiksi pienentämällä laitteiden läpivientiaukkoja, rakentamalla automaattisesti sulkeutuvia kansia, tiivistämällä rakoja ja varustamalla vaikeasti hallittavat aukot verhoratkaisuin. Hankalasti hallittavat epäpuhtauksia tuottavat prosessit tai työvaiheet tulee sijoittaa omille suljetuille osastoilleen.

Ennen kohdepoistojen suunnittelua pölylähteen ominaisuudet tulee selvittää tarkasti, jotta huuviin ilmatekniset vaatimukset, mitoitus ja sijoittelu, voidaan toteuttaa oikein. Taloudellisessa kohdepoistotekniikassa pyritään sijoittamaan kohdepoisto mahdollisimman lähelle päästölähdettä ja estämään sivuilta tulevat häiriövirtaukset. Kohdeilmanvaihdon suunnittelussa on aina huomioitava riittävä korvausilman saanti, joka yleensä vaatii yleisilmanvaihdollisia ratkaisuja.

Kohdeilmanvaihdon toimivuuden lähtökohtana on hyvin toteutettu tilasuunnittelu. Kohdepoistojärjestelmät toimivat keskitetysti, ryhmitellysti tai yksittäisesti. Järjestelmävaihtoehtoihin vaikuttavat toimintaetäisyyksien lisäksi mm. samanaikaisuuskertoimet. Keskitettyjä ja yksittäisiä järjestelmiä arvioitaessa tulee huomioida, kuinka monta toimipistettä vaatii samanaikaisen käytön, ovatko kohdeimut aina päällä vai käytetäänkö järjestelmää vain tietyn aikaa.

Kohdepoistojärjestelmät voidaan suunnitella matala- tai korkeapaineisiksi. Käsityökoneiden kohdeimut vaativat toimiakseen korkeapainejärjestelmän, kun taas matalapainejärjestelmät soveltuvat prosessien ja tiettyjen erillisten kohdeilmajärjestelmien poistoiksi. Korkeapainejärjestelmien, joiden toiminta perustuu pieneen tilavuusvirtaan ja suureen virtausnopeuteen, etuna on helppokäyttöisyys mm. pienikokoisten, keveitten ja helposti liikuteltavien poistoletkujen ansiosta. Korkeapainejärjestelmät vaativat suurta kanavanopeutta, joka normaalisti on luokkaa 40–60 m/s, sekä 10–30 kPa:n imupainetta. Korkeapainejärjestelmät soveltuvat yleensä keskussiivousjärjestelmiksi; niihin voidaan liittää erityyppisiä imusuulakkeita ja käsityökoneiden kohdeimuja.

Käsityökoneisiin liitettävien kohdepoistojärjestelmien valinnassa ja suunnittelussa tulee huomioida imuaukon virtausnopeuden riittävyyden lisäksi huuuvan koko ja paino. Imuaukon virtausnopeuden tulee olla hyvin toimivassa huuvoimussa 1,5 kertaa käsityökoneen kehänopeutta suurempi. Tämän saavuttaminen esimerkiksi jännepunosten katkaisun yhteydessä, käytettäessä kulmahiomakoneita, on käytännössä lähes mahdotonta (hiomalaikan ulkokehän nopeus on 80 m/s). Pelkkä kulmahiomakoneeseen liitettävä kohdeimu ei ole riittävä ratkaisu kvartsipölyaltistumisen torjunnassa, vaan kyseinen työvaihe vaatii lisäksi muita torjunnallisia ratkaisuja.

Käsityökalujen kohdepoistojen toimivuus riippuu monista eri tekijöistä, joiden optimointi on käytännössä vaikeaa. Imusuulakkeen rakenne on toimivuuden kannalta keskeinen asia. Huuvasuunnittelussa tulee huomioida edellä mainittujen tekijöiden lisäksi imurakojen leveys, poistoilman jakautumisaste aukossa ja vapautuvien hiukkasten hitausvoimat.

Matalapainejärjestelmän sovellutukset ovat yleisiä esimerkiksi koteloitujen prosessien ja hitsaustyöpisteiden huuvapoistoissa. Matalapainejärjestelmissä kanavahalkaisijat ovat suurempia ja virtausnopeudet pienempiä kuin korkeapainejärjestelmissä. Tyypillisesti järjestelmän kanavanopeus on luokkaa 5–20 m/s ja alipaine alle 5 kPa. Matalapainejärjestelmiin liittyviä huuvaimuja on pidetty hankalakäyttöisinä, mutta nykyään on saatavilla kaupallisesti erittäin toimivia järjestelmiä, joista voidaan räätälöidä betoniteollisuuden työvaiheisiin ja prosesseihin soveltuvia ratkaisuja.

Kohdeimu- ja kohdepoistojärjestelmiin liittyvät kiinteänä osana pölynpoisto- ja suodatinyksiköt, jotka mitoitetaan päästölähteen ja käyttötarkoituksen mukaan. Pölynpoistoyksiköt täytyy sijoittaa omiin eristettyihin tiloihin, jotta pölyn leviäminen tuotanto- ja sosiaalitaloihin voidaan estää. Pölynpoistojärjestelmän tulee sisältää esierotin ja hienopölyn suodatusjärjestelmä. Pölynpoisto voidaan tehdä esimerkiksi märkä-, kuiva- tai sähköerotustekniikalla. Käytössä olevista menetelmistä yleisimpiä ovat impaktioon, painovoimaan ja suodatukseen perustuvat kuivaerotusmenetelmät. Erotetun pölyn keräykseen ja tyhjenykseen on oltava omat suljettavat ja helposti tyhjennettävät keräysastiat. Pölynpoistojärjestelmän puhdistamaa ilmaa ei tule käyttää palautusilmana, jos puhdistettava jäteilma sisältää kvartsipölyä.

Kohdeilmanvaihto- ja pölynpoistojärjestelmän suunnittelu ja valinta on teetettävä pätevoityneellä prosessi- ja erotustekniikan ammattilaisella, prosessisuunnittelijalla tai riittävän pätevyyden omaavalla laitevalmistajalla tai -toimittajalla.

Kohdepoistojen ja -ilmanvaihtoratkaisujen suunnittelussa tulee huomioida

- epäpuhtauslähteen ja päästön määrittäminen; aine, aika ja suuntaus
- päästölähteen vaarallisuuden luokittelu
- kohdepoistotyypin valinta, virtauskentän muoto ja ilman nopeus otsapinnalla
- kohdepoiston mitoitus, kuten huuvamuodon, sieppausnopeuden ja ilmamäärän valinta
- poistokanaviston ryhmittely ja mitoitus, painehäviö ja tarvittava kuljetusnopeus
- poistoimurin tai puhaltimen valinta ja suunnittelu
- epäpuhtauksien puhdistaminen ja erotusprosessit, pölynpoistojärjestelmien mitoitus
- muiden korvaavien menetelmien käyttömahdollisuuden selvittäminen
- työ- tai prosessivaiheen osastoinnin soveltaminen
- pölynpoisto- ja ilmanvaihtojärjestelmän yhteensovittaminen
- työtilojen ilmasapainon huomioiminen ja yleisilmanvaihdon tarpeiden määrittäminen; alipaineisuutta ei saa olla liikaa.

Pölynpoistoyksikköjen valinnassa tulee huomioida

- pääkomponentit, kuten esierotin (sykloni), erotinyksikkö, jäteastiat yms.
- esierottimen tarve, esisykloni ennen suodatusta
- pölyn koostumus, kuten hiukkaskokojakauma, määrä ja kosteuspitoisuus
- suodattimen kokonaisilmavirta ja maksimilämpötila
- pölynpoistojärjestelmän vaatimukset, kuten tarvittava alipaine, painehäviöt, kuljetusnopeudet ja kanavamitoitukset
- pölynpoistoyksikön sijainti, esim. erillinen puolilämmin tila
- kvartsipölyn materiaalikohtainen kuljetusnopeus (suositus: 20–25 m/s)
- jäteilman ulospuhallus (palausilman käyttöä ei suositella)
- jäteastiat, niiden sijainti ja tyhjentäminen
- ympäristönsuojelliset melun ohjeavrot
- huoltokäytännöt ja vastuuhenkilöt, esim. huoltokirja
- ATEX-vaatimukset, tilaluokitukset ja räjähdysuojausasiakirja.

4.3 Osastointi ja päästölähteen eristäminen

Pölyävien työvaiheiden keskittäminen tiettyyn tuotantotilojen osaan voi joissakin tapauksissa olla mahdollista. Esimerkiksi betonielementtien viimeistelytyöt voidaan usein tehdä omalla alueella. Parhaassa tapauksessa jälkikäsitteilyprosesseille voidaan tehdä omat eristetyt osastot, jotka varustetaan torjuntateknisillä ratkaisuilla. Osastointi mahdollistaa myös ilmateknisten ratkaisujen paremman hyödyntämisen sekä estää pölyävistä työvaiheista vapautuvan kvartsipölyn leviämisen tuotannon muihin osiin.

Osastoinnin yhteydessä on kiinnitettävä erityistä huomiota osastoitavan tilan painesuhteisiin. Vaipan tiiveys ja ilmatasapaino täytyy suunnitella oikein. Puhtaamman ilman tulee aina virrata kohti likaisempia tiloja. Ilmavirtojen hallinta vaatii toimiakseen aina koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa, joka on toteutettu ottaen huomioon koko tehdaskiinteistön vaatimukset (likaiset tuotantotilat, puhtaat tuotantotilat, varastotilat, valvomot sekä sosi-aali- ja toimistotilat).

Osastoitavan työvaiheen yhteydessä tulee selvittää tarkasti materiaalien kulku ja niiden vaikutukset muihin työvaiheisiin ja varastointiin, siltanosturien kulkureitit, nosto-ovien käyttötarve ja sovellettavuus käytäntöön. Monissa tapauksissa nykyisten toimitilojen muuttaminen osastollisiksi saattaa olla hyvinkin haasteellista. Elementtivalmistuksessa kiertomuottilinjasto kuitenkin mahdollistaa jopa elementtien purku- ja puhdistusvaiheen osastoimisen omalle alueelle.

Tilojen ahtaus ja osastoinnin soveltumattomuus nykyisiin työtiloihin voivat olla rajoittavia tekijöitä eristämisprosesseissa. Osastoinnin eri muotoja täytyy kuitenkin pystyä arvioimaan työpistekohtaisesti. Osastoinnilla tai työvaiheiden keskittämisellä saavutetut edut ovat kvartsipölyaltistuksen kannalta tärkeitä. Jos osastointia ei pystytä täysin toteuttamaan, voidaan työvaiheiden tai prosessien keskittämisellä saada aikaan positiivisia vai-

kutuksia, jotka parantavat mm. kohdeilmanvaihdon soveltamismahdollisuuksia kvartsi-
pölyn leviämisen estämiseksi.

4.4 Valvomot

Tiettyjen pitkälle automatisoitujen työvaiheiden työntekijät voidaan eristää pölyävistä prosesseista valvomoiden avulla. Valvomoiden suunnittelussa on huomioitava vaipan tiiveys, tilojen väliset painesuhteet, yleinen hygienia, lattia ja sisustusmateriaalit, akustiset olot, valaistus, kulkureitit ja tilojen sijainti.

Valvomoihin tulee aina järjestää erillinen koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, joka täyttyy suunnitella ylipaineiseksi muihin tiloihin nähden, jotta ilmavirtojen suuntaa ja pölyn kulkeutumista voidaan hallita. Parhaiten pölyn kulkeutumista valvomoihin voidaan torjua yleisen hygienian, tilaratkaisujen ja tilojen välisten paine-erojen avulla. Hyvin toimivassa valvomossa tuotantotiloihin kuljetaan välitilojen kautta, jolloin paine-eroja voidaan paremmin hallita. Likaisten ja puhtaiden tilojen välisen paine-eron tulee olla yli 10 Pa.

4.5 Yleisilmanvaihtoratkaisut

Tuotantotilojen tiiviit vaipparakenteet mahdollistavat yleisilmanvaihtoratkaisujen hyödyntämisen. Yleisesti ottaen betoniteollisuuden nykyiset tuotantotilat ovat pääosin rakenteeltaan ja tiiviydeltään riittäviä. Ilmanvaihdon suunnittelua ja toteutusta säätelevät kansallinen lainsäädäntö ja ohjeistukset. Työturvallisuuslaki (738/2002) määrittelee selvästi, että työpaikan ilman tulee olla kelvollista ja ilmanvaihdon tulee olla riittävän tehokas ja taroituksenmukainen. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 ohjeet ja määräykset antavat teollisuustilojen ilmanvaihdon suunnittelulle minimitason, joka tuotantotiloissa tulee saavuttaa ilman laadun suhteen. Hyvin toimiva ja ilmavirtauksia hallitseva yleisilmanvaihto koostuu aina koneellisesta tulo- ja poistoilmanvaihdosta.

Ilmanvaihtoratkaisuja mietittäessä on kiinnitettävä erityistä huomiota ilmanjakotapaan ja sen soveltavuuteen. Teollisuustilojen ilmavirtausten hallintaa tulee aina tarkastella epäpuhtauspäästöjen näkökulmasta. Teknisesti tehokas ja epäpuhtauksia torjuva ilmanvaihto voidaan periaatteessa saavuttaa kahdella menetelmällä, syrjäytys- ja laimennusilmanvaihdoilla.

Syrjäytysilmanvaihdoilla tuloilmaa voidaan tuoda hengitysvyöhykkeelle puhtaana, jolloin epäpuhtauksia sisältävä ilma poistetaan suorinta reittiä ulos. Syrjäyttävällä ilmanjaolla mahdollistetaan epäpuhtauksien kerrostuminen ns. termisellä syrjäytyksellä, jolloin hengitysvyöhykkeelle muodostuu puhtaan ilman vyöhyke. Jos torjuttava epäpuhtaus virtaa selvästi tiettyyn suuntaan lähteestään, on kuitenkin yleensä aiheellista olla häiritsemättä virtausta. Termisten voimien aiheuttamat nousuvirtausten suuruudet riippuvat aina lämmönlähteiden pinta-alasta, pintalämpötiloista ja niiden sijoittumisesta. Monissa betoniteollisuuden prosesseissa, kuten esimerkiksi ontelolaattojen sahauksessa, muodostuvat pölypilvet suuntautuvat voimakkaasti hallitilojen yläosiin.

Teollisuustiloissa, joissa käsitellään esimerkiksi suuria seinäelementtejä, soveltuvin ilmanjakovaihtoehto on todennäköisesti syrjäytysilmanvaihto tai sen mahdolliset variaatiot. Pölynhallinnan kannalta syrjäyttävän ilmanjaon ratkaisut ovat suositeltavia, varsinkin jos

Ilmasuihkut voidaan ohjata hengitysvyöhykkeelle piennopeuslaitteilla. Piennopeusilmanjalla ohjattu tuloilmasuihku mahdollistaa pinnoille laskeutuneen pölyn hallinnan, jolloin jo laskeutunut pöly ei vapaudu takaisin hengitysvyöhykkeelle. Lämpökuormien ja termisten virtausten suunta ja merkitys korostuvat syrjäytysilmanjakoa suunniteltaessa.

Ilmanjakovaihtoehtoja tulee betoniteollisuuden prosesseissa tarkastella aina tapauskohtaisesti, mielellään ammattisuunnittelijan johdolla. Työhygienian asiantuntijoiden mukanaolo suunnittelutyössä on suositeltavaa. Ammattisuunnittelijan tehtävänä on selvittää erilaisten ilmanjakotapojen soveltuvuutta kuhunkin kohteeseen.

4.6 Märkä- ja kuivapuhdistus

Märkäpuhdistus estää hienoa pölyä leviämästä ilmaan. Märkäpuhdistusmenetelmiä ovat mm. pyyhkiminen, märkäharjaus sekä vesisuihku ja -kastelu. Puhdistusta varten tiloissa tulee olla asianmukaiset viemärit. On varmistettava, että vesivarastot ovat riittävän suuret ja että ne täytetään säännöllisesti. Talviolosuhteissa mahdollinen veden jäätyminen täytyy huomioida. Hienojakoinen sumu sitoo tehokkaimmin hienojakoista pölyä ja pelkkä vesisuihku puolestaan saattaa tehostaa pölyn leviämistä. Sähkölaitteet tulee suunnitella ja suojata siten, että ne kestävät märkäpuhdistuksen.

Kuivaharjauksen ja paineilman käyttö siivouksessa on kielletty pölyisissä työtiloissa. Siivousmenetelminä tulee käyttää keskuspölynimurijärjestelmiä tai märkäsiivoustyökaluja. Valupöytien puhdistaminen keskitetyllä pölynpoistojärjestelmällä on suositeltavaa. Yleensä liikuteltavien kuivaimurijärjestelmien käyttö huonontaa hengitysilman laatua, sillä usein kuivaimureiden palautusilmasuihku nostaa lattiapölyn ilmaan tai imurin suodatinyksikön erotusaste ei ole riittävä poistamaan hienojakoista kvartsipölyä. Liikuteltavia imurijärjestelmiä hankittaessa tulee suodattimen erotusaste sekä ilmasuihkun suunta ja vaikutus selvittää.

Jotta imujärjestelmät suoriutuvat massapäästöistä, niiden tulee olla erityisesti suunniteltuja kestäämään mahdolliset ylikuormitustilanteet sekä tukokset. On myös huomioitava, että imurijärjestelmät eivät yleisesti ottaen sovellu kosteille materiaaleille. Jos puhdistus joudutaan tekemään kuivapuhdistuksena harjaamalla, on työntekijöiden käytettävä työhön tarkoitettuja henkilökohtaisia suojavarusteita. Lisäksi on varmistettava, että pölyn leviäminen työalueen ulkopuolelle on estetty.



Kuva 2. Muotin puhdistamisessa tulee käyttää märkäsiivousmenetelmiä tai keskuspölynimuria. Mikäli tämä ei ole mahdollista, tulee siivottaessa käyttää pölynsuojaimia.

Imurilaitteet on tarkastettava silmämääräisesti vähintään kerran viikossa ja jos tietyt laitteet ovat jatkuvassa käytössä, ne tulee tarkastaa useammin. Jos joitakin laitteita käytetään epäsäännöllisesti, ne täytyy tarkastaa ennen jokaista käyttökertaa. Puhdistuslaitteet tulee tarkastaa vähintään kerran vuodessa ja tarkastuksista on pidettävä kirjaa lain-säädännön määrittelemältä ajanjaksolta, joka on minimissään viisi vuotta.

4.7 Yleinen hygienia

Teollisuudessa hygienialla tarkoitetaan henkilöstön toimintatapoihin, tilojen ja työympäristön toimivuuteen, puhtaanapitoon sekä prosessin vaiheisiin liittyviä tekijöitä, joilla vaikutetaan epäpuhtauksien leviämiskeinoihin. Yleinen hygienia käsittää työympäristön ja -tilojen puhtaanapidon, käytetyt työtavat ja -menetelmät, siivoustekniikan, yleisen järjestyksen, sosiaali- ja taukotilojen toimivuuden, suojavälineiden säilytyksen ja muut menetelytavat, joilla voidaan vaikuttaa altistumistasoihin.

Toimitilat tulee luokitella puhtauden mukaan eri segmentteihin, kuten tuotantotilojen pölyisiin ja pölyttömiin tiloihin, taukotiloihin, toimistotiloihin, sosiaalitiloihin jne. Kvartsi- ja silikaattipölyn leviäminen ja kulkeutuminen esimerkiksi työvaatteiden välityksellä tuotannosta sosiaalitiloihin tulee estää. Toimitilojen sijoittelussa ja tilajärjestelyissä on huomioitava yleinen hygieenisuus. Työpisteiden järjestys sekä pintojen ja tasojen puhtaus vaikuttavat merkittävästi pölyn leviämiseen. Lattioiden päivittäinen siivoaminen ei välttämättä ole riittävä pölyntorjuntaratkaisu, vaan työpisteissä syntyvä pöly tai kivijäte tulee siivota aina työvaiheen päätyttyä.

Betonielementtien valmistuksessa valupöytien puhtaudella on vaikutusta pölyn leviämiseen. Puhdistamattomilta valupöydiltä kuivunut ja laskeutunut betonipöly voi vapautua hengitysilmaan esimerkiksi tärytysten tai muottien purkamisen aikana. Lattiapintojen

kastelulla voidaan estää laskeutuneen pölyn vapautuminen hengitysilmaan, mutta kastelun vaikutusaika on yleensä lyhyt, 1–2 tuntia. Kastelua voidaan kuitenkin käyttää työvaihekohtaisesti esimerkiksi tärytysvaiheiden pölyntorjuntaan.

Henkilökohtaiset suojavälineet tulee pitää puhtaina ja huoltaa määrätyn väliajoin. Suojaimille on järjestettävä puhdas säilytyspaikka tuotantotilojen ulkopuolelta. Sosiaalitilat tulee luokitella puhtauden mukaan, esimerkiksi seuraavasti: tuotannon taukotilat, tuotannon WC-tilat, liikaiset pukuhuonetilat, suihku- ja peseytymistilat, puhtaat pukuhuonetilat, ruokailu- ja ruokalatilat jne. Pölyn leviäminen sosiaalitiloihin täytyy estää mm. pukeutumisjärjestelyjen ja oikeanlaisen ilmanvaihdon avulla.

4.8 Henkilökohtaisten suojavarusteiden käyttö

Suomessa markkinoitavien henkilönsuojainten on täytettävä valtioneuvoston päätöksen 1406/1993 vaatimukset ja oltava CE-merkittyjä. CE-merkityn tuotteen tulee täyttää sille henkilönsuojaindirektiivissä 89/686/EEC asetetut vaatimukset. Kyseinen direktiivi sisältää oleelliset terveyteen ja turvallisuuteen liittyvät vaatimukset, jotka jokaisen CE-merkityn henkilönsuojaimen tulee täyttää.

Henkilönsuojaimet luokitellaan kolmeen ryhmään sen mukaan, kuinka vakavilta vaaroilta ne suojaavat. Ryhmien 2 (muilta kuin vähäisiltä tai vakavilta vaaroilta suojaavat suojaimet, kuten kuulon- ja silmiensuojaimet) ja 3 (vakavilta vaaroilta tai hengenvaaroilta suojaavat suojaimet, kuten hengityksen- ja putoamissuojaimet) henkilönsuojaimille vaaditaan jossakin akkreditoitussa testilaitoksessa tehtävä tyyppitarkastus.

Kun ilmassa esiintyy haitallisia epäpuhtauksia, kuten pölyjä, höyryjä ja kaasuja, työssä tarvitaan hengityksensuojaimia hyvälaatuisen hengitysilman saamiseksi. Hengityksensuojaimet voidaan jakaa kahteen ryhmään, suodatinsuojaimiin ja hengityslaitteisiin eli eristäviin suojaimiin. Suojainten kasvo-osa eristää hengitystiet ympäröivästä ilmasta. Kasvo-osana käytetään yleensä puolinaamaria tai kokonaamaria, mutta myös suukappaletta, kypärää tai huppua.

Suodattavat hengityksensuojaimet jaetaan kolmeen ryhmään: hiukkasia suodattavat, kaasuja suodattavat ja yhdistetyt suojaimet. Suodatinsuojain poistaa ympäröivän ilman epäpuhtaudet ja käyttäjä saa hengitysilman kasvo-osaan yhdistetyn suodattimen kautta. Hengityslaitteella käyttäjä saa puolestaan ilmaa tai happea ulkopuolisesta, saastumattomasta lähteestä, joko letkulla tai kannettavasta säiliöstä.

Hiukkassuodatinsuojaimet, jotka suojaavat mm. pölyiltä, savuilta ja huuroida, jaetaan niiden suojaustehon perusteella kolmeen luokkaan, P1, P2 ja P3, seuraavasti:

- P1-luokka; suojaa vähätehoisilta ja ärsyttäviltä pölyiltä, joita ovat mineraalipölyt, kuten muokkauspöly ja lannoitepöly
- P2-luokka; suojaa P1-luokan lisäksi terveydelle vaarallisilta kiinteiltä ja nestemäisiltä hiukkasilta, kuten metallipölyltä
- P3-luokka; suojaa P1 ja P2 -luokkien lisäksi myrkyllisiltä pölyiltä, kuten homepölyltä, radioaktiivisilta yhdisteiltä, bakteereilta ja viruksilta.

Suodattavien hengityksensuojainten mallit jaetaan kevytsuojaimiin (suodattava puolinaamari), puolinaamareihin, kokonaamareihin ja moottoroituihin hengityksensuojaimiin eli puhallinsuojaimiin. Suodattavia suojaimia käytetään, jos ilman happipitoisuus on riittävä (yli 17 tilavuusprosenttia), eikä ilmassa ole happea syrjäyttäviä kaasuja, kuten häkää. Suodatinsuojaimia suositellaan käytettäväksi korkeintaan kaksi tuntia päivässä. Pitempää yhtämittaista käyttöä vaativissa töissä on oltava puhallinsuojain.

Hiukkasia suodattavat kevytsuojaimet jaetaan suojaustehokkuuden perusteella kolmeen luokkaan: FFP1, FFP2 ja FFP3. Käytännön suodatusteho on varsin vaatimaton FFP1- ja FFP2-luokan malleissa. Kyseisten suojainten merkinnöissä erityisen tärkeää on huomata suojaimen kertakäyttöisyys. Merkintä NR (Not Reusable) tarkoittaa kertakäyttöistä suojainta (suojaustehokkuus häviää yhden käyttökerran jälkeen), ja jos suojaimessa on merkintä R (Reusable), sitä voi käyttää useamman kerran. Sekä kaasuilta että hiukkasilta suojaavissa puolinaamareissa käytetään esimerkiksi merkintää FFA1P1, FFA1P2 tai FFA1P3.

Moottoroidun hengityksensuojaimen suojaustehokkuus määräytyy mm. kasvo-osan tai päähineen mallista. Puhallinsuojaimia, jotka on varustettu kypärällä tai hupulla, on kolme luokkaa: TH1, TH2 ja TH3 (Turbo Hood). Puhallinsuojaimia, joissa on maski tai koko- tai puolinaamari, on myös kolme luokkaa: TM1, TM2 ja TM3 (Turbo Mask). Luokkien TH3 ja TM3 suojaimet ovat hyvin tiiviitä ja peittäviä.

Hengityksensuojaimen käyttöaikaa ja tarvittavan lepoajan pituutta arvioitaessa on otettava huomioon työolot, suojaimen käyttökertojen määrä, suojaimen paino, muut käytettävät suojaimet, työhön vaikuttavat tekijät, kuten kuumuus, kylmyys, työn kuormittavuus ja työtilan ahtaus, sekä käyttäjän yksilölliset ominaisuudet, kuten kunto.

Henkilönsuojainten myyntiin erikoistuneiden liikkeiden yhteystietoja saa Suomen Työsuojelualan Yritysten Liitosta (<http://www.styl.fi>).

5 BETONITEOLLISUUDEN TYÖVAIHEITA JA NIIDEN PÖLYNTORJUNTA

5.1 Raaka-aineet ja valmistus

5.1.1 Raaka-aineiden punnitus ja siirrot

Betoniin käytettävä kiviaines tuodaan betoniasemille yleensä tehdasalueen ulkopuolelta, joko luonnon kiviaineksen ottopaikalta tai murskaamolta, ja varastoidaan silloon. Suomessa betoniasemat ovat joko torni-, rinne- tai maataskuasemia. Betoniaseman tontti määrää pääosin käytetyn betoniaseman tyyppin.

Yleisin betoniaseman tyyppi on torniasema. Kiviaines siirretään purkamalla kuorma maan tasalla olevaan maataskuun, josta se nostetaan hinnakuljettimella kiviaineslajitteen omaan silloon. Vaa'at sijaitsevat kiviainestornin alla.

Rinneasemat on rakennettu siten, että runkoaine voidaan purkaa suoraan silloon, jolloin erillistä maataskua ei tarvita. Maataskuasemissa kiviaines varastoidaan maanalaisissa säiliöissä, maataskuissa. Kuljetusautot tyhjentävät kiviaineksen suoraan näihin maanalaisiin varastoihin.

Kiviaineksen varastoinnin ja siirron yhteydessä pölyä syntyy purettaessa kiviainesta maataskuun tai silloon. Purku tehdään yleensä ulkotilassa. Kvartsiöpölyn vähentäminen betoniteollisuudessa -projektin yhteydessä mitattiin pölypitoisuuksia kahden eri betoniaseman maataskusta, joista toisesta määritettiin myös kvartsin alveolijakeen pitoisuus. Kyseinen pitoisuus ylitti HTP-arvon.

Kiviaineksen siirrossa syntyvän pölyn määrää voidaan vähentää asentamalla kiviaineksen purkupaikalle imurit, joilla pöly voidaan kerätä suodattimiin. Maataskun koon ja muodon on vastattava kuorma-autojen kapasiteettia. Tarvittaessa alueella työskentelevien tulee käyttää hengityksensuojaimia.

Tiettyjä kiviaineslajitteita voidaan varastoida betoniaseman lähistöllä kasoissa. Jos kiviainesta varastoidaan ulkona, sille tulee varata selkeästi oma alue, joka täytyy merkitä asi-aankuuluvilla merkeillä. Ulkovarastoalue on suunniteltava ja sijoitettava niin, että tuulen nostattaman pölyn määrä on mahdollisimman pieni. Ulkovarastokasojen korkeutta tulee rajoittaa huomioiden materiaalin ominaisuudet, kuten kosteuspitoisuus ja luonnollinen lepokulma. Jalankulkijoille ja kulkuneuvoille tulee järjestää erilliset reitit varastoalueella.

Kylmänä vuodenaikana betonin raaka-aineista vettä ja runkoainetta joudutaan lämmittämään. Runkoaine lämmitetään yleensä silloissa. Kuumailmalämmitys aiheuttaa pölyämistä.

Sementti siirretään paineilmalla kuljetusautosta silloon. Siilosta sementti siirretään ilmapohjakuljettimella tai ruuvisyöttimellä vaa'alle. Pölypäästöjen vähentämiseksi kuljetushihnojen lastaamis- ja purkupisteiden tulee olla suljettuja kuivamateriaalia käsiteltäessä.

Raaka-aineiden siirrot ja punnitus

- Kiviaineksen purkamisen pölypäästöjä voidaan vähentää asentamalla maataskuun poistohuuvat. Tarvittaessa purkamisen yhteydessä on käytettävä hengityksensuojaimia.
- Maataskut tulee mitoittaa riittävän suuriksi pölypäästöjen vähentämiseksi.
- Kiviaineksen ulkovarastointiin tulee varata oma varastoalue. Tuulen ja varastokasan korkeuden vaikutus pölyn leviämiseen on huomioitava.

5.1.2 Betonin valmistus

Betonin valmistuksessa käytettävä kiviaines annostellaan betoninsekoittimeen yleensä hihnavaa'an avulla. Hihnavaa'an pölypäästöjä voidaan vähentää sulkemalla vaaka-aluetta esimerkiksi pressulla ja järjestämällä vaa'alle pölynpoisto.



Kuva 3. Betoninsekoitin.

Projektissa mitattiin kolmen eri betoniaseman sekoitintilan pölypitoisuuksia. Hengittyvän pölyn ja alveolijakeisen kvartsin määrät olivat osalla asemista huomattavan suuret. Vaaka-alueella ja betoniaseman tuotantotilassa betonimyllyn vieressä ei kuitenkaan normaalisti työskennellä jatkuvasti.

Betonin valmistusta ohjataan nykyään erillisestä valvomotilasta. Valvomotilat ovat tavallisesti varustettu omalla ilmanvaihdolla ja lisäksi ne ovat yleensä ylipaineistettu. Kolmen eri betoniaseman valvomotiloissa mitatut pölypitoisuudet olivat varsin alhaisia.

5.1.3 Kuivatuotteiden valmistus

Betonin valmistuksen yhteydessä voidaan valmistaa myös muita kiviainespohjaisia materiaaleja, kuten betonielementtien paikkaukseen käytettäviä paikkausmassoja sekä rapauslaasteja. Jos käytettävä materiaali on pakattu pieniin säkkeihin, säkit voidaan avata pölynpoistolla varustetulla pussintyhjennysasemalla. Pienten säkkien tyhjentämistä varten suositellaan automaattista tai puoliautomaattista pussintyhjennysasemaa.

Jos säkkejä tyhjenetään käsin, säkkien sisältö tulee tyhjentää varovasti, ei kerralla tyhjentämällä. Tyhjennys on tehtävä niin, että säkin avoin suu on pois päin kaatajasta. Käsin tyhjennetyt säkit tulee laittaa tyhjennyksen jälkeen esimerkiksi metallikehyksen tukemaan suureen muovijätesäkkiin pölyhaittojen minimoimiseksi. Kun säkki on täynnä, se on suljettava ja vietävä sille varatulle jätelavalle. Toinen hyvä tapa hävittää tyhjat säkit on pölynkeräyslaitteella varustettu puristin. Puristin voi vaihtoehtoisesti olla ilmatiiviisti koteloitu.

Jos käytössä ovat kertakäyttöiset suursäkit ilman sisävuorausta, niiden pussintyhjennyslaitteessa tulee olla pyramidinmuotoiset leikkuuterät ja kumikalvo, joka tiivistää pussin pohjan. Jos suursäkin pohja leikataan auki manuaalisesti, leikkaajan on käytettävä hengityksensuojaimia.

Kestokäyttöisille suursäkeille tulee käyttää tärylevyllä varustettua tyhjennysjärjestelmää. Vuoratuille suursäkeille on saatavissa erityisiä pölyvapaita poistoputkiliitinjärjestelmiä, joissa on kaksoisrengastiivisteet ja täysin suljettu tuotetyhjennys. Säkkien tyhjennyskoneiden tulee sijaita – jos mahdollista – poissa ovien, ikkunoiden ja kävelyteiden läheisyydestä. Tällä tavoin estetään vedon synty, joka voi heikentää tyhjennyskoneen pölynpoiston tehoa.

5.2 Muottien varustelu ja puhdistus sekä betonin valu

Ontelo- ja kuorilaattoja valetaan pitkillä teräsvalualustoilla. Ennen uutta valua muotit puhdistetaan. Puhdistuksessa käytetään yleisesti harja- ja pesulaitteilla varustettuja puhdistuskoneita. Pölypäästöjen vähentämiseksi pesu täytyy tehdä vettä käyttäen.



Kuva 4. Valualustojen ja niiden välien puhdistus.

Muottien puhdistus on eräs pölyävimmistä työvaiheista betonielementtien valmistuksessa. Elementtien irrotuksen jälkeen valumuotit puhdistetaan yleensä joko harjalla tai lastalla, mutta myös paineilmaa voidaan käyttää. Lastauksessa muosteista irrotetaan kiinnijäänyt betonimateriaali ja muu mahdollinen tarttunut lika. Kuivaharjauksella käytetään yleisesti pintojen puhdistukseen ennen muottirakenteiden kokoamista. Kvartsipölyhankkeen aikana tehdyissä mittauksissa pölypitoisuus ylitti kuivaharjauksessa hetkellisesti jopa moninkertaisesti HTP-arvon, riippuen harjauksen voimakkuudesta ja alustan liikaisuudesta. Muottialustasta vapautunut pöly jää leijumaan hengitysvyöhykkeelle ja nostaa merkittävästi elementtityöntekijöiden työpäivän kokonaisaltistumistasoa.

Vaikka kuivaharjauksen ja paineilman käyttö on puhdistustyössä yleistä, niiden käyttöä täytyy kuitenkin pyrkiä välttämään. Korvaavia menetelmiä ovat esimerkiksi erityyppiset imurointijärjestelyt ja -järjestelmät. Keskitetty pölynimuri- tai pölynpoistojärjestelmä on suositeltavin vaihtoehto, mutta myös märkäsiivousvaihtoehdot tulee kartoittaa.

Betonia voidaan täryttää erillisellä sauvatäryttimellä tai kiinteään muottiin voidaan asentaa tärytyslaitteisto. Hankkeen mittausten mukaan elementtipöydän täryttäminen voi nostaa kokonaispölymäärän hetkellisesti jopa kolmekymmenkertaiseksi sallittuihin HTP-arvoihin nähden. Tärytyksen pölypäästöjen vähentämiseksi elementtipöydät tulee siivota huolellisesti muotin purkamisen yhteydessä.

5.3 Betonituotteiden ja -elementtien viimeistely

5.3.1 Jännepunosten katkaisu

Esijännitettyjen betonielementtien ja -laattojen jännepunokset katkaistaan ennen elementtien irrottamista ja siirtämistä valualustoiltaan. Katkaisu tehdään jännepunosten eri kohdista riippuen siitä, onko kyseessä esikatkaistu- vai viimeistelytyövaihe. Punoskatkaisu tehdään yleensä laikalla varustetulla kulmahiomakoneella. Kulmahiomakoneen käytön etuina ovat nopea katkaisuaika ja helppo käsiteltävyys.

Punosten esikatkaistu ei aiheuta altistumista kvartsipölylle, koska katkaisukohta on etäällä betonituotteesta. Esikatkaisussa syntyvä työstö- tai hiomapöly koostuu lähinnä metallipölystä, joka on koostumukseltaan pääosin rautaoksidia. Punoksen tyvialuetta viimeisteltäessä katkaisulaikka puolestaan osuu aina betonipintaan, minkä seurauksena ilmaan vapautuu metallihuurujen lisäksi myös merkittäviä määriä kvartsipölyä.

Työhygieenisten mittausten mukaan työntekijät altistuvat työpäivän aikana HTP-arvot ylittävälle pöly- ja kvartsipitoisuuksille jännepunosten katkaisussa. Työvaiheen kestosta ja viimeisteltävien elementtien määrästä riippuen työpäivän keskimääräiset altistumistasot saattavat nousta hyvinkin suuriksi.



Kuva 5. Jännepunoksen viimeistelykatkaisu kulmahiomakoneella. Työntekijän tulee käyttää moottoroitua tai paineilma-verkkoon liitettyä hengityksensuojainta.



Kuva 6. Katkaistaessa jännepunoksia kulmahiomakoneella osutaan aina samalla myös kovettuneeseen betoniin, mikä aiheuttaa pölypäästöjä.

Jännepunosten katkaisu tehdään usein samoissa tuotantotiloissa kuin muut tehtaan työvaiheet ja prosessit. Tämän vuoksi myös toiset kyseisissä tuotantotiloissa työskentelevät työntekijät altistuvat punoskatkaisun yhteydessä vapautuville epäpuhtauksille. Altistumisen voimakkuuteen vaikuttavat työtiloissa vallitsevat ilmavirtaukset, painesuhteet sekä lämpöolosuhteet, jotka edesauttavat epäpuhtauksien leviämistä. Puutteelliset torjuntatekniset ratkaisut lisäävät altistumista.

Torjuntaratkaisuja suunniteltaessa ja punoskatkaisun yhteydessä vapautuvien epäpuhtauksien hallintakeinoja mietittäessä tulee ensin selvittää, onko kulmahiomakone mahdollista korvata muulla katkaisumenetelmällä. Yksi keino vähentää katkaisussa syntyviä epäpuhtauksia on polttoleikkauksen käyttäminen.

Tyypillisiä kulmahiomakoneen torjunnallisia ratkaisuja ovat työvaiheen eristäminen, osastointi, hiomakoneeseen liitettävät imuratkaisut, yleishuuvaimujen ja liikuteltavien kohdepoistojen käyttö sekä kohdeilmavaihdon tehostaminen yleisilmavaihdolla ja työstöalueen alipaineistaminen. Oviverhoratkaisut tulee ottaa huomioon ovivedon ja ilman virtausten hallintakeinoina.

Keskitetyt kohdeimu- ja poistoratkaisut ovat suositeltavampia kuin liikuteltavat palautusilmakäyttöiset imurit. Voimakkaat palautusilmavirrat voivat nostaa pinnoille laskeutuneen pölyn takaisin hengitysilmaan.

5.3.2 Ontelo- ja kuorilaattapetien peittäminen

Ontelo- ja kuorilaatat peitetään valun jälkeen suojapeitteillä, joiden tarkoituksena on estää betonin kuivumisen aikana liialliset kosteus- ja lämpötilavaihtelut, vähentää lämmönhukkaa sekä taata tuotteen tasainen laatu. Suojapeitteet voidaan levittää monella eri tekniikalla, mutta yleisesti käytössä olevat menetelmät ovat käsi- ja rullalevitys.

Käsilevityksessä peite levitetään valettujen laattojen päälle osissa käyttäen useita erikoisia paloja. Peitteet puretaan taitoksistaan ja asetetaan laattavalun päälle. Käsilevitystä käytetään tapauksissa, joissa rullalevitys ei ole jälkityöstön kannalta käytännöllinen ratkaisu. Rullalevityksessä kerällä oleva peite kulkee yleensä valukoneen perässä rullatelineessä, josta sitä vapautetaan valetun laatan päälle. Peitteen helmataittuminen voidaan estää esimerkiksi rullaleveyttä säätämällä tai asentamalla telineeseen soveltuvat ohjaimet taittumisen estämiseksi. Peitteen helmoja joudutaan kuitenkin usein kohentamaan käsin.

Suojapeitteisiin jää usein hienojakoista pölyä, joka voi betonin kuivuttua vapautua hengitysilmään peitteiden levitys-, käsittely- ja siirtovaiheissa. Kyseisissä tilanteissa on kiinnitettävä huomiota pölyn hallintaan. Yleisesti käytössä olevat työtavat ovat syntyneet yrityskohtaisten innovaatioiden kautta.



Kuva 7. Ontelolaatan suojapeitteen levityksessä käytetään apuna rullatelinettä.

Kvartsi- ja silikaalipölyaltistumisen vähentämiseksi suojapeitteitä täytyy puhdistaa säännöllisesti. Puhdistus on tehtävä aina märkämenetelmillä. Peitteet tulee kuivata avoimena niille varatuissa kuivaustiloissa. Peitteiden puhdistuksessa voidaan käyttää myös pesukonetta.

5.3.3 Ontelo- ja kuorilaattojen sahaukset

Ontelo- ja kuorilaattojen katkaisu tehdään valualustasahauksena laatan päältä. Sahaus voidaan tehdä laatan pituus- tai poikittaissuuntaisesti tai vinoon. Pituus- ja poikittaissuuntaista sahausta käytetään yleisesti.



Kuva 8. Ontelolaatan sahaus. Saha on koteloitu ja varustettu kohdepoistolla.



Kuva 9. Ontelolaatan pituussuuntainen sahaus aiheuttaa runsaasti pölypäästöjä, jotka saattavat levitä kauas sahauskohdasta laatan onteloita pitkin.

Ontelo- ja kuorilaattojen sahaussesta muodostuu runsaasti hienojakoista kivipölyä. Toimitilojen ahtaus, valualustojen sijoittelu sekä siltanosturien vaatimat tilantarpeet rajoittavat tiettyjen torjuntateknisten ratkaisujen käyttöä. Ratkaisut ovat usein sahakohtaisia. Tyypillisiä ratkaisuja ovat sahan teräosan kotelointi ja alipaineistus sahan mukana liikkuvilla järjestelmillä. Ongelmia syntyy yleensä silloin, kun poistoilman suodatus ei ole riittävä tai suodatin tukkeutuu. Pyörösaahan suuri kehänopeus, teräosan kostutus ja laattojen aukkokohtaiset vaivat vaikuttavat merkittävästi epäpuhtauksien hallintaa. Lisäksi pölyn hallinta pelkästään ilmateknisillä ratkaisulla on yleensä vaikeaa, koska vapautuva pöly sisältää aina jonkin verran kosteutta.

Pituussuuntainen sahaus eli laatan halkaisu on pölyn muodostumisen ja sen torjunnan kannalta keskeisin asia. Tehtyjen selvitysten ja mittausten perusteella halkisahauksen muodostama pöly on vaikeasti hallittavissa. Mittausten mukaan kvartsin alveolijakeen kahdeksan tunnin HTP-arvo voi ylittyä moninkertaisesti.

5.3.4 Pintojen viimeistely ja varausten puhdistus

Betonielementteihin saattaa jäädä valupurseita, esimerkiksi muottien saumakohtiin ja varauksiin. Lisäksi varauksia saatetaan tehdä jo kovettuneeseen betoniin. Valupurseita poistetaan ja varauksia tehdään tapauksesta riippuen mm. kulmahioma- ja piikkauskoneilla, jotka aiheuttavat pölypäästöjä. Joissakin tapauksissa betoniseiniin on vaadittu tehtäväksi betonipinnan ns. sementtitiiman poisto hiekkapuhaltamalla tai laikkaamalla, mitä on perusteltu betonipinnan liian alhaisella tartuntalujuudella. Betoniteollisuuden näkemys tehtyjen testien perusteella on, että erilaiset betonipinnat antavat riittävän tartunnan pinnoille, kun pintakäsittely tehdään oikein, eikä pinnan hiontaan tai muihin jälkikäsittelyihin tuolloin ole tarvetta. Tällöin kustannuksia säästyy ja työntekijöiden pölyttömän työympäristön kehittäminen saa paremmat mahdollisuudet.



Kuva 10. Seinäelementin viimeistely käsihiomakoneella, johon on kytketty pölynpoistomuri.

Elementtien viimeistelytyö on merkittävä pölynlähde. Viimeistelyn pölypäästöjä voidaan vähentää kytkemällä hiomakoneeseen pölynpoistimuri, joka imee hienojakoista pölyä. Jos imurin suodattimen teho ei ole riittävä, hienojakoinen pöly leviää poistoilman mukana laajalle alueelle. Lisäksi imurin poistoilmavirta voi lisätä ilman pölypitoisuutta puhaltamalla pinnoilla olevaa pölyä uudestaan ilmaan.

5.3.5 Hiekkapuhallus

Betoniteollisuudessa käytetään hiekkapuhallusta elementtien viimeistelyyn. Hiekkapuhalluksessa käytetään hienojakoista hiekkaa, joka on usein osittain tai kokonaan kvartsihiekkää. Käytettäessä puhallusmateriaalina kvartsipitoista hiekkaa, nousee kvartsipitoisuus puhallushuoneessa tai avopuhalluksessa työpisteen läheisyydessä yleensä moninkertaiseksi HTP-arvoon nähden. Pölypäästöjen minimoimiseksi hiekkapuhallus tulee tehdä suljetussa tilassa ja hiekkapuhaltajan tulee käyttää henkilökohtaisia suojaimia.

5.3.6 Seinä- ja porraselementtien hionta

Hionta tehdään yleensä märkähiontana, jolloin itse hionta ei yleensä aiheuta liiallista pölynmuodostusta. Hionnassa syntyy lietettä, joka täytyy saada kerättyä ja siivottua pois ennen kuin se pääsee kuivumaan. Hiontapisteiden lattioiden tulee aina olla märät, kun niitä puhdistetaan.

5.3.7 Elementtien viimeistely työmailla

Elementtien käsittelyyn ja viimeistelyyn työmailla kuuluu samantyyppisiä työvaiheita kuin elementtitehtaissa. Elementeistä pitää katkaista teräksiset nostolenkit ja elementtien saumoja joudutaan mahdollisesti viimeistelemaan esimerkiksi kulmahiomakoneella. Lisäksi rakennusvaiheessa elementtien pintaan on saattanut tulla valuroiskeita. Työmailla tehdään myös hiontatöitä esimerkiksi vedeneristystä varten.

Työmaolosuhteissa kiinteiden pölynpoistojärjestelmien käyttö on hankalaa, joten pölyntorjunnassa joudutaan käyttämään enemmän henkilökohtaisia suojaimia. Toisaalta osa työvaiheista tehdään ulkotiloissa, missä pölypitoisuudet saattavat jäädä pienemmiksi.

6 BETONIJÄTTEEN KIERRÄTYS

Betoniteollisuuden prosesseissa muodostuu ylijäämätuotteita. Valmistuksessa syntyy pieniä määriä ylijäämäbetonia, joka voidaan pesurilaitteiston avulla erotella kiviainekseksi ja lietteeksi betonimassan ollessa vielä tuoretta. Myös betonimyllyjen ja betoniautojen vesipesussa ja betonin märkäsahauksessa syntyy hienoainespitoista lietettä. Betonin koivetuttua ylijäämät voidaan murskata.

Kun betonia murskataan, pölyn leviämistä on hyvin vaikea estää. Ajoittamalla murskaus sateiseen vuodenaikaan tai kastelemalla betonia voidaan pölyn määrää vähentää. Murskainlaitteen käyttäjän täytyy olla eristettynä pölystä ja laitteen ohjausyksikön tulee sijaita riittävän kaukana pölyn lähteestä. Tällöin voidaan käyttää apuna TV-kamerajärjestelmää. Jos murskausta valvotaan tai ohjataan murskaimen välittömässä läheisyydessä, tätä varten on järjestettävä tiivis, suljettu hytti. Lisäksi hyttiin tulee olla ylipaineistettu puhtaalla ilmalla tai vaihtoehtoisesti hytissä pitää olla tuloilman hienopölyn suodattava ilmansuodatin.



Kuva 11. Ylijäämäbetonin murskausta.

KIRJALLISUUTTA

Betonisen seinäelementin pinnan esikäsitteilyn vaikutus pintakäsittelyjen tartuntaan. Tutkimusselostus. Vahanen Oy, Helsinki 2010.

Brown T. Silica exposure, smoking, silicosis and lung cancer – complex interactions. *Occupational Medicine* 59 (2009), 89–95.

Good practice guide on workers health protection through the good handling and use of crystalline silica. NEPSI, Brussels 2011.

Goodfellow H. & Tähti E. (eds.): *Industrial ventilation design guidebook*. Academic Press, San Diego 2001.

Henkilönsuojainten valinta ja käyttö työpaikalla. Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 11. Aluehallintovirasto, työsuojeluhallinto, Tampere 2010.

HTP-arvot 2012: Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisu 2012:5. Sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki 2012.

Industrial ventilation: A manual of recommended practice for design. 26th Edition. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati 2007.

ISO 24095 Workplace air – Guidance for the measurement of respirable crystalline silica. International Organization for Standardization, Geneva 2009.

Linnainmaa M., Laitinen J., Leskinen A. et al.: Laboratory and field testing of sampling methods for inhalable and respirable dust. *J Occup Environ Hyg* 5 (2008):1, 28–35.

Oikarinen H., Sauni R., Linnainmaa M. & Oksa P.: Kvartsiöpöly – edelleen ajankohtainen ongelma työelämässä. *Työterveyslääkäri* 26 (2008):2, 105–111.

Oksa P., Palo L., Saalo A. ym.: *Ammattitaudit ja ammattitautiepäilyt 2009: Työperäisten sairauksien rekisteriin kirjatut uudet tapaukset*. Työterveyslaitos, Helsinki 2011.

Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto: Määräykset ja ohjeet 2010. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto, Helsinki 2010.

Rissa K.: *Hiekkapöly poissa keuhkoista: Kvartsihiekan oikea käsittely*. Työturvallisuuskeskus, Helsinki 2008.

SFS-EN 481 Workplace atmospheres – Size fraction definitions for measurement of airborne particles. Finnish Standards Association, Helsinki 1994.

Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 68. IARC, Lyon 1997.

Starck J., Harjanne K. & Kivinen K. (toim.): Henkilönsuojaimet työssä. 5. uud. p. Työterveyslaitos, Työturvallisuuskeskus, sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki 2007.

Starck J., Kalliokosti P., Kangas J. ym. (toim.): Työhygieniä. Työterveyslaitos, Helsinki 2008.

Tähti E., Selin M., Railio J. ym. (toim.): Teollisuusilmastoinnin opas. Raportti 44. Suomen Talotekniikan Kehityskeskus Oy, Helsinki 2002.

Vainio H., Liesivuori J., Lehtola M. ym. (toim.): Kemikaalit ja työ: Selvitys työympäristön kemikaaliriskeistä. Työterveyslaitos, Helsinki 2005.

Suurikokoisten kappaleiden valmistus, purku ja siirrot ovat tyypillisiä työvaiheita betoniteollisuudessa. Eräät betonin raaka-aineista ja betonituotteet sisältävät kiteistä piidioksidia, jolle työntekijät voivat altistua merkittävästi useissa eri työvaiheissa. Kiteisen piidioksidin yleisin muoto on kvartsi, jota esiintyy runsaasti monissa kivi-, hiekka- ja maa-aineksissa. Kiteistä piidioksidia sisältävän hienojakoisen pölyn hengittäminen lisää esimerkiksi silikoosin ja keuhkosyövän riskiä, joten altistumisen vähentämiseen on erityisen tärkeää kiinnittää huomiota.

Tämä pölyntorjuntaohje on kirjoitettu työhygienian parantamiseksi betoniteollisuuden tehtaissa ja se soveltuu tiedonlähteeksi työympäristön kehittämisen suunnitteluun ja toteutukseen sekä henkilöstön koulutukseen. Ohje keskittyy ensisijaisesti hienojakoisen kvartsipölyn vähentämiseen työtiloissa, mutta samalla se antaa hyödyllistä opastusta työtilojen pölynpoistosta ja valmistusprosessien kehittämisestä yleisesti.

TYÖTERVEYSLAITOS

Materiaali- ja hiukkastutkimus -tiimi
Topeliuksenkatu 41 a A, 00250 Helsinki

www.ttl.fi

ISBN 978-952-261-183-3 (PDF)