

Sulaton päästöt ympäristön- ja työsuojelun näkökulmasta

Seija Meskanen, Teknillinen korkeakoulu

Päästöjä syntyy valimossa melkein jokaisessa työvaiheessa. Niiden määrä ja laatu vaihtelevat runsaasti. Valimopäästöt koostuvat lähinnä pölystä, mutta myös joitakin haitallisia kaasuja, mm. hiilimonoksidia (CO) eli häkää, syntyy etenkin kupoliuunisulatuksen ja valun yhteydessä. Myös pölyn määrä ja luonne vaihtelee voimakkaasti prosessin työvaiheesta ja -tavasta riippuen. Sulatuksen ja valun päästöt ovat pienempiä kuin muualla valimossa syntyvät pölypäästöt, mutta ne ovat huomattavasti hienompaa ainesta ja vaikeammin puhdistettavissa korkeiden lämpötilojen takia. Syntyvän pölyn ja huurun määrä riippuu kuitenkin ratkaisevasti sulatustavasta. Induktiouunisulatuksessa, joka on yleisin uunityyppi suomalaisissa valimoissa, päästöt ovat huomattavasti pienemmät kuin kupoliuuni- ja valokaariuunisulatuksessa. Valokaariuunien huonot puolet liittyvätkin lähinnä vaikeuksiin noudattaa alati tiukkenevia ympäristövaatimuksia. Kuumanapidossa päästöt ovat olennaisesti pienemmät kuin sulatuksessa. Kuumanapidossa syntyy lähinnä vain metallihuuruja. Sulatuksessa sen sijaan syntyy metallihuuruja lisäksi myös öljysavua sekä pölyä, joka koostuu yleensä grafiitista, koksista ja metallioksideista. Sulatuksen päästöt riippuvat raaka-aineiden laadusta ja niiden sisältämistä epäpuhtauksista.

Metalleja tai niiden yhdisteitä ja muita sulatuksessa käytettyjä aineita leviää pölynä ilmaan uunien panostuksen yhteydessä sekä höyrystymällä sulatuksen ja uunien tyhjennyksen aikana. Sulatuksen raaka- ja apuaineiden käsittely on yleensä turvallista, koska harkkoina, paloina tai murskeena oleva tavara synnyttää pölyä vähän ja pöly on karkeajakoista ja vaikealiukoista. Työhygieenisesti merkityksellistä on sulasta tilasta tapahtuva höyrystyminen. Pienen hiukkaskoon vuoksi huuрут tunkeutuvat helposti syvälle keuhkoihin ja oksidimuodostus sekä hienojakoisuus lisäävät liukoisuutta kudostenesteisiin. Metallipölyä ja -huuruja syntyy myös valupaikkojen ympäristössä sulan metallin käsittelyn yhteydessä sekä hitsauksen ja polttoleikkauksen yhteydessä. Työntekijöiden metallihuurualtistuksen voimakkuus riippuu ennen kaikkea sulatettavan metallin laadusta ja sen epäpuhtauksista, sulatusmenetelmästä ja työolosuhteista.

Valimoissa esiintyvien pölymäisten epäpuhtauksien hiukkaskoko vaihtelee laajoissa rajoissa (0,1-1000mm). Vaarallisinta on ilmassa leijuva hieno pöly (0,1-30 mm), jota sen pienen hiukkaskoon vuoksi ei voi paljaalla silmällä nähdä. Pölyjen haitallisia komponentteja voidaan verrata toisiinsa mm. niiden karsinogeenisuuden ja haitalliseksi tunnettujen pitoisuuksien suhteen. Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos (International Agency for Research on cancer, IARC) arvioi aineiden karsinogeenisuutta luokittelemalla ne luokkiin 1-4. Luokkaan 1 kuuluvat aineet, joiden on todettu aiheuttavan syöpää ihmisessä ja todennäköisesti syöpää aiheuttamattomat altisteet on sijoitettu luokkaan 4. Suomessa sosiaali- ja terveysministeriö on julkaissut v. 2000 työsuojelusäädöksen no 3, joka koskee työpaikan ilman epäpuhtauksia. Julkaisussa on annettu haitalliseksi tunnetut pitoisuudet (HTP-arvot) tärkeimmille työpaikoilla käytettäville kemiallisille yhdisteille.

Pöly- ja huurualtistuksen torjunnassa käytetään kohdepoistoja, hyvin suunniteltua yleisilmanvaihtoa, kotelointia ja henkilökohtaisia suojaimia. Yleispoistossa joudutaan käyttämään suuria ilmamääriä, jolloin pölypitoisuudet kuutiometriä ilmaa kohden jäävät pieniksi. Suodatinlaitteiden erotuskyky on huono pienillä pölypitoisuuksilla. Tämän takia yleispoistojen yhteyteen ei useinkaan asenneta erottimia. Nykyään valimon sisäistä ilmaa pyritään yhä enemmän parantamaan ilmansuojeluakin edistävien kohdepoistojen avulla. Kohdepoistojärjestelmää suunniteltaessa pyritään pölylähte koteloimaan eri työvaiheissa mahdollisimman tehokkaasti, jolloin pöly ei pääse työtiloihin ja edelleen yleispoiston kautta ulkoilmaan.

Valimoprosessin tiettyjen vaiheiden kohdepoistoilmat voidaan yhdistää ja puhdistaa yhteisellä pölynerottimella ennen ulospäästämistä tai ilman kierrättämistä valimon sisällä. Puhdistettavan

kaasumäärän ja pölypitoisuuden lisäksi suodatinlaitteen valintaan vaikuttavat puhdistettavan kaasun ja pölyn ominaisuudet. Sulatuksessa syntyvien päästöjen määrä ja laatu poikkeaa muista päästöistä ja lisäksi se tapahtuu valimon muusta prosessista niin erillään, että sulatuksen synnyttämät päästöt käsitellään omassa puhdistuslaitteistossa. Kaasujen lämpötila on otettava huomioon, sillä liian kuumia kaasuja varten joudutaan usein hankkimaan kaasun jäähdytyslaitteet. Erotuslaitteen ominaisuuksista suodatinlaitteen valintaan vaikuttavat sen pölyn erotuskyky (maksimiemissio suodatuksen jälkeen), kustannukset, energian ja tehon tarve. Verrattaessa pölynerottimia toiminnallisesti puhutaan usein pölyn erotuskyvystä prosentteina. Tämä antaa kuitenkin helposti harhaanjohtavan kuvan niiden tehokkuudesta. Parempi kuva pölynerottimien pölyn erotuskyvystä saadaan, kun puhutaan kaasujen maksimiemissiosta suodatuksen jälkeen.

Ylläpitokustannukset, sisältäen käyttö- ja huoltokustannukset, vaihtelevat eri suodatintyyppien välillä erotettavan pölyn luonteesta riippuen. Märkäerottimien yhteydessä on otettava huomioon syntyvän lietteen käsittely, veden kulutus sekä laitteiston korroosioauriot. Sähkösuodattimien ylläpitokustannuksia aiheuttavat erityisesti emissioelektrodien kuluminen. Kuitusuodattimien toiminta vaatii yleensä huoltoa ja tarkkailua tukkeutumisen ja kulumisen varalta.

Valimopäästöistä merkittävimmät ilmansuojelun kannalta ovat pöly, hiilimonoksidi ja rikkidioksidi. Valimoiden hiilimonoksidipäästöt ovat valtakunnallisesti katsoen hyvin pienet. Muita epäorgaanisia kaasuja syntyy valimossa niin vähän, että niillä ei ole suurtakaan merkitystä ilmansuojelun kannalta. Pölyistä on kuitenkin haittaa sekä elolliselle että elottomalle luonnolle. Pöly vaikuttaa maaperään muuttaen sen happamuusastetta ja kemiallista koostumusta.

Jätelainsäädännön mukaan jätteiden syntymistä tulisi ensinnäkin välttää, mutta koska kaiken jätteen syntymistä on mahdotonta estää, tulisi jäte hyödyntää, jos se on teknisesti mahdollista ja jos siitä ei aiheudu kohtuuttomia lisäkustannuksia verrattuna muulla tavoin järjestettyyn jätehuoltoon. Ensisijaisesti on pyrittävä hyödyntämään jätteen sisältämä aine ja toissijaisesti sen sisältämä energia. Vasta viimeisenä vaihtoehtona pitäisi olla jätteen vieminen kaatopaikalle. Luonnon raaka-aineiden korvaaminen jätteellä on siis myös jätelainsäädännön tavoitteiden mukaista. Käyttö edellyttää kuitenkin, että materiaalit osoitetaan teknisesti soveltuviksi ja ympäristölle haitattomiksi. Materiaalien käyttökelpoisuuden osoittamisista varten on lainsäädännöllisiä vaatimuksia sekä niiden lisäksi on annettu suosituksia materiaalin ympäristökelpoisuuden ja teknisen soveltuvuuden tutkimuksista, joilla materiaalien käyttökelpoisuus maanrakenteissa voidaan osoittaa.

Valimoiden kaatopaikoille ajautuvasta sivutuotteiden määrästä valimohiekkojen osuus on luokkaa 80 %. Kuitenkin valimoissa muodostuu sivutuotteita myös muissa prosesseissa, joista sulatuskuona on määränsä puolesta selvä kakkonen. Muita sulatossa syntyviä sivutuotteita ovat tulenkestävät materiaalit ja suodatinpölyt. Suomessa sulatuskuonien hyötykäyttöä on tutkittu suhteellisen paljon johtuen terästeollisuuden laajuudesta maassamme. Tulenkestävät materiaalit ovat rapauduttuaan yleensä suhteellisen inerttiä jätettä, jota voidaan käyttää erilaisiin maanrakennuksen käyttötarkoituksiin. Sulaton suodatinpölyt sisältävät runsaasti eri metalleja, mutta juuri niiden raskasmetallipitoisuuden takia ne ovat ongelmajätettä. Sulaton pölyjä voidaan sulattaa ja arvokkaat metallit käyttää uudelleen panoksen seosaineina ja siten välttämään niiden viemiseltä ongelmajätelaitokselle.

Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden määrittelyperiaatteet vaihtelevat huomattavasti eri maissa ja esim. EU:ssa yhtenäistämismenettely menetelmien osalta on vasta meneillä. Suomessa ei ole annettu virallisia kaatopaikkakelpoisuuskriteerejä. Esimerkiksi VTT onkin tarvittaessa arvioinut eri jätteiden kaatopaikkakelpoisuutta lähinnä tapauskohtaisesti ja vanhan käytännön perusteella. Kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnissa käytetyt kriteerit ja raja-arvot voivat myös vaihdella alueellisesti ja kaatopaikkakohtaisesti (riippuvat kaatopaikan tasosta). Kaatopaikkasijoituksessa voidaan hyväksyä merkittävästi suurempia pitoisuuksia kuin hyötykäytössä, koska se on sijoituskohteena kontrolloitu ympäristö, jossa altistumismahdollisuudet ovat vähäisiä muun kuin työperäisen altistumisen osalta. Myös ympäristöolosuhteet ovat kaatopaikoilla erilaiset kuin maarakennuskohteissa.

Valimopäästöt

Päästöjä syntyy valimossa melkein jokaisessa työvaiheessa. Niiden määrä ja laatu vaihtelevat runsaasti. Valimopäästöt koostuvat lähinnä pölystä, mutta myös joitakin haitallisia kaasuja, mm. hiilimonoksidia (CO) eli häkää, syntyy etenkin kupoliuunisulatuksen ja valun yhteydessä. Myös pölyn määrä ja luonne vaihtelee voimakkaasti prosessin työvaiheesta ja -tavasta riippuen. Pölypäästöjä syntyy erityisesti hiekanvalmistuksessa, muottien tyhjennyksessä, hiekkojen elvytyksessä sekä valukappaleiden puhdistuksessa. Sulatuksen ja valun päästöt ovat pienempiä, mutta ne ovat huomattavasti hienompaa ainesta ja vaikeammin puhdistettavissa korkeiden lämpötilojen takia. Syntyvän pölyn ja huurun määrä riippuu kuitenkin ratkaisevasti sulatustavasta. Induktiouunisulatuksessa, joka on yleisin uunityyppi suomalaisissa valimoissa, päästöt ovat huomattavasti pienemmät kuin kupoliuuni- ja valokaariuunisulatuksessa. Pöly ja huuru eroavat toisistaan syntyntapansa perusteella: pölyllä tarkoitetaan kiinteän aineen hiukkasten ja ilman seosta, joka on syntynyt mekaanisella prosessilla tai sekoittamalla. Huuru tarkoittaa kiinteän aineen hiukkasten ja ilman seosta, joka on syntynyt kemiallisen reaktion seurauksena tai sulasta tapahtuvan haihtumisen jälkeen.

Valimoissa esiintyvien pölymäisten epäpuhtauksien hiukkaskoko vaihtelee laajoissa rajoissa (0,1–1000 µm). Vaarallisinta on ilmassa leijuva hieno pöly (0,1–30µm), jota sen pienen hiukkaskoon vuoksi ei voi paljaalla silmällä nähdä. Karkea pöly laskeutuu nopeasti alas ja aiheuttaa lähinnä puhtaanapitovaikeuksia. Ihmisen hengityselimien anatomiasta johtuu, että vain hyvin hienojakoinen pöly (0,1–5 µm) pääsee keuhkoihin, karkeampi pöly jää ylempiin hengityselimiin. Vielä hienempi pöly ei pääosiltaan ehdi laskeutua keuhkorakkuloihin vaan tulee hengitysilman mukana ulos.

Pölyjen haitallisia komponentteja voidaan verrata toisiinsa mm. niiden karsinogeenisuuden ja haitalliseksi tunnettujen pitoisuuksien suhteen. Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos (International Agency for Research on cancer, IARC) arvioi aineiden karsinogeenisuutta luokittelemalla ne luokkiin 1–4. Luokkaan 1 kuuluvat aineet, joiden on todettu aiheuttavan syöpää ihmisessä ja todennäköisesti syöpää aiheuttamattomat altisteet on sijoitettu luokkaan 4.

Suomessa sosiaali- ja terveysministeriö on julkaissut v. 2000 työsuojelusäädöksen no 3, joka koskee työpaikan ilman epäpuhtauksia. Julkaisussa on annettu haitalliseksi tunnetut pitoisuudet (HTP-arvot) tärkeimmille työpaikoilla käytettäville kemiallisille yhdisteille. HTP-arvot ovat pienimpiä ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia, joiden on arvioitu voivan vahingoittaa työntekijää työturvallisuuslain (299/58) 16§:ssä tarkoitetulla tavalla. Julkaisua uudistettaessa HTP-arvot tarkistetaan vastaamaan viimeisintä tutkimustietoa. Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet ovat luonteeltaan eräänlaisia ohjeraja-arvoja, mutta työpaikkaa valvovat suojeluviranomaiset voivat työsuojelun valvonnasta annetun lain (131/73) nojalla vaatia niiden noudattamista työpaikoilla. Lainsäädännöllisesti sitovat suurimmat sallitut pitoisuudet on Suomessa annettu vain harvoille aineille (mm. asbesti, lyijy, bentseeni). Sitovan raja-arvon ylittäminen työpaikalla velvoittaa työnantajaa välittömiin toimenpiteisiin altistumisen vähentämiseksi. HTP- ja raja -arvot ilmoitetaan normaalisti työpaikan ilmassa olevan aineen 8 tunnin työvuoron aikapainotettuna keskiarvona. Toisin sanoen ne ovat pitoisuuksia, joissa voidaan oleskella 8 tuntia päivässä. Yleensä aineet imeytyvät elimistöön hengittämällä. Useat aineet voivat kuitenkin helposti imeytyä haitallisessa määrin elimistöön ehjän ihon läpi. Näiden aineiden elimistöön joutuvia määriä ja elimistöön joutuneesta aineesta aiheutuvaa vaaraa ei voida näin ollen arvioida pelkästään aineiden ilmapitoisuuksien avulla. Tämän vuoksi näiden aineiden HTP-arvojen yhteyteen on otettu tämän ominaisuuden osoittamiseksi merkintä "iho". Voimakkaat hapot ja emäkset voivat aiheuttaa iholle jouduttuaan ihon ärsyyntymistä tai syöpymistä. Tätä ei ole iho-merkinnöissä otettu huomioon. Jotkut aineet voimistavat toistensa vaikutuksia. Tällöin sanotaan, että niiden vaikutukset ovat synergisiä. Tällaisille aineille tapahtuvan yhteisaltistumisen haittavaikutusta ei voida arvioida niiden HTP-arvoista.

Muutamille aineille on annettu myös HTP-arvoja tiukempia suosituksia: ne ovat yhdyskuntailman ohjearvoja. Ero selittyy sillä, että yhdyskuntailmassa tulee voida olla koko ajan, kun taas HTP-arvot

koskevat ainoastaan työsuojelua eli ovat pitoisuuksia, joissa voidaan oleskella 8 tuntia vuorokaudessa.

Pöly- ja huurualtistuksen torjunnassa käytetään kohdepoistoja, hyvin suunniteltua yleisilmanvaihtoa, kotelointia ja henkilökohtaisia suojaimia. Valimoprosessin tiettyjen vaiheiden kohdepoistoilmat voidaan yhdistää ja puhdistaa yhteisellä pölynerottimella. Sulatus tapahtuu valimon muusta prosessista niin erillään ja lisäksi sulatuksessa syntyvien päästöjen määrä ja laatu poikkeaa muista päästöistä, että ne käsitellään omassa puhdistuslaitteistossa. Työvaihepäästöjen käsittelyä voidaan sen sijaan päästöjen määrän ja laadun puolesta paremmin yhdistää. Näiden vaiheiden päästöt kerätään yhteen kohdepoistojen avulla ja käsitellään sitten samassa suodatinlaitteistossa. Myös valukappaleiden puhdistus on yleensä muusta valimoprosessista niin erillään, että puhdistamon päästöt pyritään käsittelemään omassa laitteistossa.

Valimopäästöistä merkittävimmät ilmansuojelun kannalta ovat pöly, hiilimonoksidi ja rikkidioksidi. Valimoiden hiilimonoksidipäästöt ovat valtakunnallisesti katsoen hyvin pienet. Muita epäorgaanisia kaasuja syntyy valimossa niin vähän, että niillä ei ole suurtakaan merkitystä ilmansuojelun kannalta. Pöly on yleensä suhteellisen inerttiä eikä sillä ole siten biologisesti aktiivisia vaikutuksia. Huurut ovat kuitenkin biologisesti hyvin aktiivisia verrattuna saman aineen mekaanisesti muodostamaan pölyyn. Metallihuurut agglomeroituvat kuitenkin ulkoilmassa suuremmiksi hiukkasiksi lämpötilan laskiessa ja edullisissa hapettumisolosuhteissa muodostaen inerttiä pölyä. Pölyistä on kuitenkin haittaa sekä elolliselle että elottomalle luonnolle. Sen haittavaikutukset riippuvat suuresti sen hiukkaskokojakaumasta. Pöly saattaa vaikuttaa kasvien kasvuun ja kehitykseen haitallisesti. Pöly vaikuttaa myös maaperään muuttaen sen happamuusastetta ja kemiallista koostumusta.

Sulatuksen päästöt

Metalleja tai niiden yhdisteitä ja muita sulatuksessa käytettyjä aineita leviää pölynä ilmaan uunien panostuksen yhteydessä sekä höyrystymällä sulatuksen ja uunien tyhjennyksen aikana. Sulatuksen raaka- ja apuaineiden käsittely on yleensä turvallista, koska harkkoina, paloina tai murskeena oleva tavara synnyttää pölyä vähän ja pöly on karkeajakoista ja vaikealiukoista. Työhygieenisesti merkityksellistä on sulasta tilasta tapahtuva höyrystyminen. Työntekijöiden metallihuurualtistuksen voimakkuus riippuu ennen kaikkea sulatettavan metallin laadusta ja sen epäpuhtauksista, sulatusmenetelmästä ja työolosuhteista.



Kuva 1. Höyryjä sulatusuunilla.

Kupoliuunin poistokaasujen mukana poistuu pölyä ja tuhkaa 5-15g/m³ kaasua vastaten 4-12kg pölyä jokaista sulatettua rautatonna kohden ja lisäksi hiilimonoksidia 72,5kg/t. Kupoliuunien aiheuttamat pölypäästöt ovatkin valimoiden aiheuttamista ympäristöhaitoista merkittävimmät. Kupoliuuneja on aikaisemmin käytetty paljon valurautojen sulatusuuneina, mutta viime vuosina on yhä enemmän ryhdytty käyttämään induktiuuneja. Kupoliuunien syrjäytymiseen on vaikuttanut niiden ympäristöhaittojen lisäksi sulatettavan raudan metallurgiaan liittyvät vaikeudet, tuotannon ohjaukselliset ongelmat (jatkuva sulatus) ja lisäksi sähkö on Suomessa halpaa verrattuna esimerkiksi Saksaan. Kupoliuuneja on Suomessa käytössä enää muutama kappale ja nekin suhteellisen pienissä valimoissa. Käytännössä induktiuunit ovat syrjäyttäneet ne.

Induktiouneissa voidaan sulattaa kaikkia metalleja. Ne ovat nykyisin yleisin suomalaisessa valimoissa käytetty uunityyppi. Valurautojen laatuvaatimusten kohoaminen ja induktiuunien tekninen kehitys sekä kupoliuunien aiheuttamat pölypäästöt ovat lisänneet induktiuunien määrää suhteessa kupoliuuneihin. Induktiounit eivät vaadi niin tehokkaita ja kalliita pölyn poisto- ja erotuslaitteita kuin kupoliuunit.

Induktiouneja käytetään paitsi sulatukseen myös metallien kuumanapitoon. Kuumanapidossa päästöt ovat olennaisesti pienemmät kuin sulatuksessa. Kuumanapidossa syntyy lähinnä vain metallihuuruja. Sulatuksessa sen sijaan syntyy metallihuurujen lisäksi myös öljysavua sekä pölyä, joka koostuu yleensä grafiitista, koksista ja metallioksideista. Sulatuksen päästöt riippuvat raaka-aineiden laadusta ja niiden sisältämistä epäpuhtauksista. Induktiounit saavat sulatusenergiansa kokonaan sähköstä, joten sulatukseen ei tarvita fossiilista polttoainetta. Tästä syystä päästöt aiheutuvat pääasiassa lisättävistä hiiletysaineista tai öljyisestä romusta. Rautaa sulatettaessa päästöt ovat suuremmat kuin terästä sulatettaessa, koska tällöin joudutaan sulaan lisäämään päästöjä synnyttäviä hiiletysaineita. Induktiounien päästöinä voidaan pitää teräkselle 0,05 kg/t ja raudalle 0,75 kg/t. Päästöt ovat kokonaisuudessaan huomattavasti pienemmät kuin kupoliuuni- ja valokaariuunisulatuksessa.

Valokaariuuneja käytetään etupäässä teräksen sulatukseen. Valokaariuunit ovat olleet eniten käytettyjä sähkösulatusuuneja. Tosin etenkin pienemmässä uunikoossa induktiounit ovat nykyään osoittaneet paremmutensa verrattuna valokaariuuneihin, sillä valokaariuunien hyötysuhde huononee panoskoon pienentyessä. Alle 5 tonnin vetoisissa uuneissa käytetään siten mieluummin induktiouneja, vaikka niissä ei päästäkään samaan teräksen laatutasoon kuin valokaariuuneissa.

Valokaariuunien huonot puolet liittyvät lähinnä vaikeuksiin noudattaa alati tiukkenevia ympäristövaatimuksia. Valokaariuunin savunmuodostus aiheuttaa suuria sisäisiä ja ulkoisia ympäristöhaittoja. Ulkoisia haittoja voidaan torjua kalliilla suodatinlaitteella, mutta sisäisiä haittoja on vaikeampi torjua.

Valokaariuuneissa syntyvien päästöjen määrä ja laatu riippuu kulloinkin meneillä olevasta sulatusvaiheesta. Sulatusvaiheessa valokaariuuni on melko hyvin suljettu prosessi, jolloin siitä ei juuri pääse savukaasupäästöjä ympäristöön. Mutta panostuksen ja kaadon yhteydessä syntyy hyvin nopeasti suuria savumääriä, joiden riittävä poisto ei ole onnistunut hallin kattoon sijoitetun suurenaan koontasuppiloiden avulla, vaikka on käytetty 500.000-1.500.000m³/h imutehoja. Päästöjen suuruus riippuu merkittävästi myös romun laadusta. Romussa olevat epäpuhtaudet, kuten maaliit sekä kumi ja muoviset päällysteet saattavat aiheuttaa huomattavan päästön esikuumennus- ja sulatusvaiheessa.

Panostuskorin tyhjentäminen tapahtuu uunin kansiholvin ollessa auki. Syntyvä pöly on vaikeasti hallittavissa ja sen imemiseen tarvitaan suurille ilmamäärille mitoitettu huuva.

Sulatuksen aikana uunissa on suuria painevaihteluita ja kaasujen kehitys on voimakasta. Päästöjen käsittely voi tapahtua kansiholvissa olevan nk. neljännen reiän kautta, koska kansi on kiinni. Sulatuksessa syntyvien päästöjen poisimeminen vaatii vähintään 1000 m³/h imun terästonnia kohti. Tämä koskee suoraimua uunista sulatuksen aikana. Vaihtoehtoinen yläpuolinen huuva vaatii n. 2,5–3,5-kertaisen imun. Kuona-aukkojen ollessa auki, pääsee metallihuuruja ym. pölyä ympäris-

töön, ellei myös näiden aukkojen kohdalle ole asennettu kohdeimua. Päästöt ovat kuitenkin huomattavasti pienemmät kuin panostusvaiheessa.

Laskun aikana ei neljännen reiän imua voida pitää yllä, vaan pölypitoiset kaasut ja metallihuurut on imettävä uunin päälle sijoitetun huuvan avulla.

Syntyvän pölyn koostumus riippuu kulloinkin sulatettavasta teräslaadusta. Teräslaatu määräytyy seostuksessa, jolloin sulaan lisätään erilaisia ferroseoksia. Kuitenkin raudan oksidien määrä on aina hallitseva pölyssä. Valokaariuunipöly on erittäin hienoa. Yleensä 30 % pölyhiukkasista on pienempää kuin 1mm. Pölyn hiukkaskokojakauma vaihtelee tuotettavan terästyypin mukaan. Päästön suuruuteen vaikuttavat lisäksi uunin koko, sulatusteho ja käytetyn romun puhtaus.

Vuonna 1994 Nordberg-Lokomo Oy Lokomo Steels:illä tehdyn (holvin alta imu) päästömittaussarjan tuloksena saatiin ominaispäästöksi teräkselle 1,195 kg/t. Ahlström Pumput Oy Karhulan Valimo ilmoittaa valokaariuunin teräksen ominaispäästön arvoksi 1,69 kg/t.

Sulatuksen jälkeen runsaasti seostetut teräkset voidaan käsitellä AOD- tai VODC -konvertterissa. Niitä käytettäessä valokaari- tai induktiuunia käytetään vain sulatukseen. Mellotusta, raffinointia, pelkistystä ja analyysin täsmennystä varten sula teräs siirretään konvertteriin. Mellotuksen yhteydessä rauta hapettuu. Syntynyt rautaoksidi reagoi hiilen kanssa muodostaen hiilimonoksidia, jolloin muodostuu sankea punertava savu. Uunista imettävät kaasut ovat erittäin kuumia, joten ne on jäähdytettävä ennen suodattimeen johtamista.

Ahlström Pumput Oy Karhulan Valimon AOD-konvertterissa syntyy päästöjä 1,44kg/t. Nordberg-Lokomo Oy Lokomo Steels:illä ei ole tehty VODC-konvertterin päästöjen mittausta, mutta heidän arvionsa päästöjen määräksi on < 3 kg/t.

Sulatuksen ja valun kaasupäästöt

Pölypäästöjen lisäksi valimoteollisuudessa syntyy haitallisia kaasupäästöjä etenkin kupoliuunisulatuksen ja valun yhteydessä. Kaasumaisista epäpuhtauksista yleisin valimoiden työilmassa on hiilidioksidi, jonka HTP-arvo on 9100 mg/m³(= 5000 ppm, ppm = cm³/m³).

Muita kaasumaisia epäpuhtauksia, joita syntyy sulatuksen yhteydessä, ovat hiilimonoksidi, typenoksidit ja hiilivedyt. Kupoliuunisulatuksessa uunikaasut sisältävät suhteellisen paljon hiilimonoksidia (CO) eli häkää. Myös valun yhteydessä orgaanisten side- ja lisäaineiden hajotessa muotissa syntyy hiilimonoksidia. Valussa syntyvän hiilimonoksidin määrä on pienempi kuin kupoliuunisulatuksessa. Hiilimonoksidi on myrkyllinen kaasu, joka yhtyy veren hemoglobiiniin tehden sen hapen kuljetukseen kelpaamattomaksi. Hiilimonoksidin haitalliseksi tunnettu pitoisuus eli HTP-arvo on 34mg/m³ (= 30 ppm).

Orgaanisten sideaineiden hajotessa valun yhteydessä syntyy hiilimonoksidin lisäksi myös muita haitallisia kaasuja. Furaanihartsien hajotessa syntyy pieniä määriä furfuryylialkoholia, formaldehydiä ja ureapitoisten furaanihartsien hajotessa myös ammoniakkaa. Ilmaan höyrystynyt furfuryylialkoholi aiheuttaa silmien ja hengityselinten ärsytystä. Sen HTP-arvo on 8,1 mg/m³ (= 2 ppm) (iho). Formaldehydi ärsyttää silmiä, hengityselimiä ja ihoa. Formaldehydin HTP-arvo on 0,37 mg/m³ (= 0,3 ppm). Ammoniakki ärsyttää silmiä ja hengityselimiä, lisäksi se aiheuttaa päänsärkyä. Sen HTP-arvo on 18 mg/m³ (= 25 ppm). Molemmat furaanihartsien kovettimet fosforihappo (H₃PO₄) ja paratolueenisulfonihappo (PTS) ovat vaikeasti haihtuvia syövyttäviä aineita. Oleellisinta on estää happoroiskeet iholle ja silmiin. Fosforihapon HTP-arvo on 1 mg/m³. PTS:n hajoamistuloksena voi valun yhteydessä esiintyä rikkidioksidia. Se on hengityselimiä ärsyttävä kaasu, jonka HTP-arvo on 2,7 mg/m³ (= 1 ppm).

Cold-box -keurnojen sideaineen komponentteina ovat polyisosyanaatti ja fenoliformaldehydi. Polyisosyanaatti ärsyttää hengityselimiä ja pisarat saavat aikaan ihon ja silmien ärsytystä. Polyisosyanaatin höyrystymistäipumus on pieni. Isosyanaattien 15 minuutin HTP-arvo on 0,035 mg/m³. Valimoiden ilmassa esiintyvä fenolihöyry (yksinkertaisin fenoli C₆H₅OH eli hydroksibentseeni eli karbolihappo) on peräisin sideaineena käytetystä fenoliformaldehydihartsista. (Myös Alphaset -

menetelmässä kaavaushiekan sideaineena on fenoliformaldehydi.) Fenolia voi vapautua työpaikan ilmaan kaavauksen, keernanvalmistuksen, valun ja tyhjennyksen yhteydessä. Työpaikan ilmassa oleva fenolihöyry imeytyy elimistöön sekä sisäänhengitetyn ilman mukana että suoraan ihon läpi. Ihon läpi imeytyvä määrä on suoraan verrannollinen ilman fenolipitoisuuteen. Myös vesiliuoksista fenoli imeytyy helposti ihon läpi. Imeytynyt ainemäärä on riippuvainen pitoisuudesta, liuoksen lämpötilasta ja altistumisajasta. Fenoli on voimakkaan hajuinen (hajuraja ilmassa on $0,18\text{mg}/\text{m}^3$) myrkyllinen yhdiste. Fenolimyrkytyksen vaaraa ei esiinny fenolihartseja tai niitä sisältäviä tuotteita käytettäessä, koska näistä vapautuva fenolin määrä jää hyvin pieneksi. Fenolihartsien esikondensaatti voi kuitenkin ärsyttää ihoa ja aiheuttaa allergista ihottumaa. Fenoli imeytyy ihon läpi erittäin nopeasti, siksi nestemäistä hartsia tai kovettumatonta hartsihiekkää ei saa käsitellä paljain käsin. Lisäksi fenoli on melkoinen ympäristöhaitta, joka pilaa helposti mm. juomaveden.

Cold-box -keernojen valmistuksessa käytettävät amiinikaasut dimetyylietyyliamiini (DMEA) ja trietyyliamiini (TEA) ovat helposti haihtuvia aineita. Aineiden haittavaikutuksia ovat silmien ja hengityselinten ärsyntyminen. TEA-höyry voi aiheuttaa myös myrkytystiloja. Sen HTP-arvo on $4,2\text{mg}/\text{m}^3$ (1ppm).

Sulatuksessa syntyvät haitalliset metallihuurut

Metallipölyä ja -huuruja sekä niiden yhdisteitä syntyy pääasiassa metallien sulatuksen yhteydessä. Sulasta tilasta höyrystynyt metalli hapettuu ja tiivistyy ilmassa muodostaen hienojakoista metallioksidihuuruja. Huurut ovat yleensä biologisesti hyvin aktiivisia verrattuna saman aineen mekaanisesti muodostamaan pölyyn. Pienen hiukkaskoon vuoksi huurut tunkeutuvat helposti syvälle keuhkoihin ja oksidimuodostus sekä hienojakoisuus lisäävät liukoisuutta kudostenesteisiin. Metallipölyä ja -huuruja syntyy myös valupaikkojen ympäristössä sulan metallin käsittelyn yhteydessä sekä hitsauksen ja polttoleikkauksen yhteydessä.

Kevytmetalli (Al). Metallista alumiinia käytetään teräksen sulatuksessa loppupelkistykseen. Lisäksi alumiinia voidaan käyttää pieninä määrinä seosaineina raudan ja teräksen joukossa. Alumiini (metallipöly) ja alumiinioksidihuuru (Al_2O_3) ovat ns. vähätehoisia pölyjä. Alumiini ei sinällään ole kovin haitallinen, mutta suurina pitoisuuksina sen on epäilty aiheuttavan ihmiselle Alzheimerin tautia. Alumiinioksidihuuru kehittyy merkittävästi vain alumiinin hitsauksessa. Alumiinin ja sen seosten sulatuksessa on huurun syntyminen hyvin vähäistä, koska sulatuslämpötilat ovat matalia.

Raskasmetallit (As, Cd, Co, Cr, Cu, Pb ja Zn). Raskasmetalleista myrkyllisimpiä ovat kadmium ja lyijy. Myös arseenin yhdisteet arsiini (AsH_3) ja arsenikki (As_2O_3) ovat myrkyjä. Ihmiselle syöpää aiheuttavia aineita eli IARC:n luokkaan 1 kuuluvia aineita raskasmetalleista ovat arseeni, kadmium ja kuusiarvoinen kromi. Arseenia, kromia ja kuparia käytetään tarvittaessa valuraudoissa ja teräksissä seosaineina. Myös kobolttia käytetään seosaineena joissakin teräslaaduissa, mutta sen käyttö seosaineena on kuitenkin vähäistä. Kadmiumia, lyijyä ja sinkkiä kulkeutuu valimoihin romun mukana. Kadmium-, lyijy- ja sinkkihuurujen syntyminen torjutaan parhaiten siten, ettei sulatukseen joutu maalista tai öljyistä romua eikä sellaisia metalleja, jotka sisältävät kyseisiä alkuaineita.

Arseenia tai sen epäorgaanisia yhdisteitä kuumennettaessa arseeni höyrystyy ja hapettuu ilmassa arseenitrioksidiksi eli arsenikiksi, joka tiivistyy jäähtyessään kiinteäksi aineeksi. Työympäristön ilmassa esiintyvien arseeniyhdisteiden kemiallista muotoa ei tunneta tarkasti. Yleensä arseenin oletetaan joutuvan ilmaan arseenitrioksidina, kiinteinä arseeniyhdisteiden pölyinä tai pelkistäväissä olosuhteissa syntyvänä kaasumaisena arsiinina.

Kadmiumin höyrystyessä syntyy hienojakoista ja erittäin myrkyllistä kadmiumoksidihuuruja (CdO). Kadmiumia pidetäänkin elohopean jälkeen myrkyllisimpänä raskasmetallina. Kadmiumia ei käytetä raudan eikä teräksen seosaineena. Sitä saattaa kuitenkin kulkeutua valimoihin raakaaineromun mukana, joka voi sisältää kadmiumipitoisia juotosmetalleja tai kadmiumilla pinnoitettua terästä. Helposti höyrystyvänä aineena voi tällöin sulatushuuruissa ja valun yhteydessä esiintyä satunnaisesti kadmiumoksidia.

Kobolttiyhdisteille tai metalliselle koboltille altistumisen on kuvattu aiheuttavan allergista kosketusihottumaa. Kobolttipitoisen pölyn hengittäminen voi aiheuttaa hengitystietulehduksia, astmaa, pneumokonioosia ja keuhkojen toiminnan vajautta.

Kromia käytetään seosaineena ferrokromina. Kromi esiintyy yhdisteissä kaksi-, kolmi- ja kuusiarvoisena. Yleisimpiä yhdisteitä ovat kolmiarvoinen kromioksidi (Cr_2O_3) eli kromiyhdisteet, kuusiarvoinen kromitrioksidi eli kromihappo (CrO_3) ja kromaattit, kaksi- tai kolmiarvoinen kromisulfaatti sekä kuusiarvoiset kaliumkromaatti ja natriumkromaatti. Kromiyhdisteiden terveydelliset vaikutukset riippuvat yhdisteen valenssista ja samanvalenssisilla yhdisteillä niiden liukoisuudesta. Kromin ja sen yhdisteiden haitalliset vaikutukset ilmenevät lähinnä ihon ja limakalvojen syöpyminä sekä pahanlaatuisten kasvainten kehittymisenä. Kromipitoisille pölyille ja huuруille altistuminen saattaa aiheuttaa myös astmaa ja allergista ihottumaa. Teräsvalimoissa altistuvat metalliselle, kolmiarvoiselle ja kuusiarvoiselle kromille erityisesti polttoleikkaajat ja hitsaajat. Sulatuksessa ja valussa pitoisuudet ovat pienempiä. Uunihuuruissa kromi on hapettuneena pääasiassa vähäliukoiseksi kolmiarvoisen kromin oksidiksi (Cr_2O_3). Pieni osa kromista esiintyy todennäköisesti 6-arvoisen kromin yhdisteinä.

Kuparioksidihuurun liiallinen hengittäminen aiheuttaa ohimenevää metallikuumetta. Pysyviä haittavaikutuksia ei kupariyhdisteiden ole todettu aiheuttavan. Metallikuumeen mahdollisuus on olemassa kuparimetallien sulatuksessa ja valussa, kupariseosten hitsauksessa sekä käytettäessä kuparipäälysteisiä kaaritalttaushiiliä rauta- ja teräsvalujen korjauksessa. Seosaineena muiden metallien läsnäollessa kupari ei reagoi hapen kanssa. Sitä ei myöskään höyrysty, vaan kuparilisäykset sulavat ja liukenevat rautaan. Seosaineena kupari ei aiheuta metallikuumeen vaaraa.

Lyijy on teknisesti vahingollinen aine raudan ja teräksen sulatuksessa. Lyijyn esiintyminen valimoiden ilmassa johtuu raaka-aineena käytettävän romun epäpuhtaudesta. Metallista lyijyä tai lyijyseoksia saattaa huonon lajittelun vuoksi olla sellaisenaan pieniä määriä romun seassa. Lisäksi romun joukossa saattaa olla lyijypitoista maalia. Lyijy on monivaikutteinen elinmyrkkä. Lyijyaltistumisen torjunnassa on hengitysteitse tapahtuvan altistumisen lisäksi syytä kiinnittää huomiota ruoansulatuskanavan ja ihon kautta tapahtuvan altistumisen ehkäisyyn. Matala HTP-arvo ja varastoituminen luustoon pitkäksi aikaa korostavat tehokkaiden torjuntatoimien merkitystä. Raudan ja terästen sulatuksessa lyijypitoisuudet pysyvät varmimmin kurissa, kun pidetään huolta siitä, että käytettävä romu ei sisällä lyijyä eikä lyijypitoisia maaleja. Valtioneuvoston päätöksessä lyijyn haittavaikutusten torjunnasta on säädetty, että metallisen lyijyn ja lyijyn epäorgaanisten yhdisteiden pitoisuus työpaikan ilmassa ei saa ylittää arvoa $0,1 \text{ mg/m}^3$.

Sinkkioksidihuurun liiallinen hengittäminen aiheuttaa sinkkikuumeen. Oireet menevät ohi muutamien tuntien kuluessa jättämättä pysyviä haittoja. Sinkin ei ole todettu aiheuttavan pysyviä vaurioita. Sinkitys on eniten käytetty metallinen pinnoitusmenetelmä. Sinkkiä kulkeutuukin valimoihin romun mukana. Sinkkioksidia esiintyy lähinnä vain sulatushuuruissa, koska se helposti höyrystyvänä metallina haihtuu sulatusvaiheessa.

Taulukko 1. Sulatuksessa ja valussa syntyvien metallihuurujen ja kaasujen IARC- ja HTP-arvoja

Aine	IARC-luokka	8 tunnin HTP-arvot	15 minuutin HTP- arvot
alumiini (hitaushuurut)	***	1,50mg/m ³	
alumiini (liukoiset yhdisteet)	***	2,00mg/m ³	
arseeni ja sen epäorgaaniset yhdisteet (As:na)	1	0,01mg/m ³	
kadmium ja sen yhdisteet (Cd:na)	1	0,02mg/m ³ (iho)	
kadmiumoksidihuuru (Cd:na)	1	0,01mg/m ³ (iho)	
koboltti ja sen epäorgaaniset yhdisteet	2B	0,05mg/m ³	
kromi(VI)-yhdisteet (Cr:nä)	1	0,05mg/m ³	
kromi ja sen (II, III)-yhdisteet (Cr:nä)	3	0,50mg/m ³	
kupari ja sen yhdisteet	**	1,00mg/m ³	
kuparioksidi (Cu:na)	**	0,10mg/m ³	
lyijy ja sen epäorgaaniset yhdisteet	1	0,10mg/m ³ *	
sinkkikloridihuuru	**	1,00mg/m ³	
sinkkioksidihuuru	**	5,00mg/m ³	
ammoniakki		14mg/m ³ = 20ppm	36mg/m ³ = 50ppm
fenoli	3	8mg/m ³ = 2ppm (iho)	20mg/m ³ = 5ppm (iho)
formaldehydi	2A	0,37mg/m ³ = 0,30ppm	HETKELLINEN ARVO 1,2mg/m ³ = 1ppm
fosforihappo		1mg/m ³	2mg/m ³
furfuryylialkoholi		8,1mg/m ³ = 2ppm (iho)	41mg/m ³ = 10ppm (iho)
hiilidioksidi (CO ₂)		9100mg/m ³ = 5000ppm	
hiilimonoksidi (CO)		35mg/m ³ = 30ppm	87mg/m ³ = 75ppm
isosyanaatit			0,035
rikkidioksidi	3	2,7mg/m ³ = 1ppm	11mg/m ³ = 4ppm
trietyyliamiini			4,2mg/m ³ = 1ppm (iho)
typpioksidi		31mg/m ³ = 25ppm	
* sitova raja-arvo; valtioneuvoston päätös (356/82) **eivät aiheuta pysyviä haittoja ihmiselle ***ei määritetty			
<p>Luokka 1 aineet, jotka ovat ihmiskarsinogeenisiä Luokka 2A/B aineet, jotka todennäköisesti/mahdollisesti ovat ihmiskarsinogeenisiä Luokka 3 aineet, jotka eivät ole luokiteltavissa karsinogeenisuuden suhteen Luokka 4 aineet, jotka eivät todennäköisesti ole ihmiskarsinogeenisiä</p> <p>iho = aine imeytyy helposti haitallisessa määrin elimistöön hengittämällä tapahtuvan imeytymisen lisäksi myös ehjän ihon läpi</p>			

Pölynerotustekniikat

Pöly- ja huurualtistuksen torjunnassa käytetään kohdepoistoja, hyvin suunniteltua yleisilmanvaihtoa, kotelointia ja henkilökohtaisia suojaimia. Yleispoistossa joudutaan käyttämään suuria ilmamääriä, jolloin pölypitoisuudet kuutiometriä ilmaa kohden jäävät pieniksi. Suodatinlaitteiden erotuskyky on huono pienillä pölypitoisuuksilla. Tämän takia yleispoistojen yhteyteen ei useinkaan asenneta erottimia. Nykyään valimon sisäistä ilmaa pyritään yhä enemmän parantamaan ilmansuojeluakin edistävien kohdepoistojen avulla. Kohdepoistojärjestelmää suunniteltaessa pyritään pölylähte koteloidaan eri työvaiheissa mahdollisimman tehokkaasti, jolloin pöly ei pääse työtiloihin ja edelleen yleispoiston kautta ulkoilmaan. Kohdeimua käytettäessä tullaan toimeen huomattavasti pienemmällä ilmamäärillä kuin yleispoistolla. Kohdepoistojen keskittämisestä erityisen runsaasti pölyä synnyttäviin työkohteisiin on seurauksena, että ilma sisältää suhteellisesti enemmän pölyä kuin yleispoistoilma. Mitä tehokkaammin kohde on koteloitu, sitä suurempi on ilman pölypitoisuus. Koska kohdeimujen käsittelemät ilmamäärät ovat pieniä, voidaan pölynpuhdistuslaitteet mitoittaa pienemmille kaasumäärille, josta seuraa edelleen pienemmät laitteen hankinta- ja käyttökustannukset.



Kuva 2. Letkusuodatinlaitos

Valimoprosessin tiettyjen vaiheiden kohdepoistoilmat voidaan yhdistää ja puhdistaa yhteisellä pölynerottimella ennen ulospäästämistä tai ilman kierrättämistä valimon sisällä. Sulatus tapahtuu valimon muusta prosessista niin erillään, että sulatuksen synnyttämät päästöt käsitellään omassa puhdistuslaitteistossa. Lisäksi sulatuksessa syntyvien päästöjen määrä ja laatu poikkeaa muista päästöistä. Työvaihepäästöjen käsittelyä voidaan sen sijaan päästöjen määrän ja laadun puolesta paremmin yhdistää. Näiden vaiheiden päästöt kerätään yhteen kohdepoistojen avulla ja käsitellään sitten samassa suodatinlaitteistossa. Myös valukappaleiden puhdistus on yleensä muusta valimoprosessista niin erillään, että puhdistamon päästöt pyritään käsittelemään omassa laitteistossa. Kohdeimun käyttö on yleensä sitä vaikeampaa mitä vähäisempi on valimon mekanisointiaste. Koko ilmanvaihdosta kohdeimun käyttö on harvoin suurempi kuin 50–70 %. Uusia ilmastointisuunnitelmia tehtäessä pyrkimys on kuitenkin nostaa kohdeimun osuutta jopa 90–100 %:iin asti. Kohdepoisto-osuuden suurentamista ajaa mm. kiristyneet työ- ja ilmansuojelulliset vaatimukset. Valimon kokonaisilmanvaihdon suunnittelussa pyritään usein siihen, että ilmavirtaukset eri osastojen välillä tapahtuisivat puhtaimmista pölyisimpään päin. Pölyisimpiä ovat tavallisesti hiekanvalmistamot, puhdistamot ja sulatot. Näillä osastoilla tulisi siis vallita pieni alipaine muihin osastoihin nähden.

Puhdistamatta voidaan päästää ulos vain sellaiset kaasut, joiden pölypitoisuus ei ole kovin korkea, kuten valuasemilta, jäädytystunneleista ja induktiouuneilta.

Taulukko 2. Suodattimia

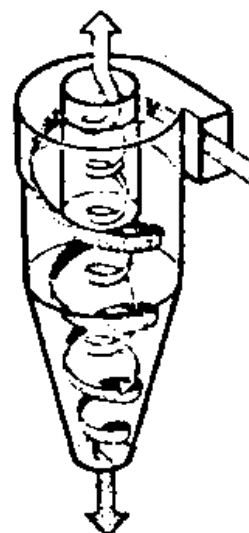
Suodatintyyppi	50mm	5mm	1mm
sykloni	95	16	3
multisykloni	96	73	27
kuitusuodatin	100	99	99
kuiva sähkösuodatin	98	98	88
märkäsuodatin	100	98–99	97–98

Puhdistettavan kaasumäärän ja pölypitoisuuden lisäksi suodatinlaitteen valintaan vaikuttavat puhdistettavan kaasun ja pölyn ominaisuudet. Kaasujen lämpötila on otettava huomioon, sillä liian kuumia kaasuja varten joudutaan usein hankkimaan kaasun jäähdytyslaitteet. Lämpötilan ohella myös kosteus tai kaasun sisältämät kemiallisesti vaikuttavat epäpuhtaudet voivat saada aikaan äkillistä kulumista laitteissa, jos niihin ei ole varauduttu asianmukaisesti. Erotuslaitteen ominaisuuksista suodatinlaitteen valintaan vaikuttavat sen pölyn erotuskyky (maksimiemissio suodatuksen jälkeen), kustannukset, energian ja tehon tarve. Verrattaessa pölynerottimia toiminnallisesti puhutaan usein pölyn erotuskyvystä prosentteina. Tämä antaa kuitenkin helposti harhaanjohtavan kuvan niiden tehokkuudesta. Oheisessa taulukossa on esitetty eri suodatintyyppien erotuskykyprosentteja eri hiukkaskokoluokilla. Parempi kuva pölynerottimien pölyn erotuskyvystä saadaan, kun puhutaan kaasujen maksimiemissiosta suodatuksen jälkeen.

Ylläpitokustannukset, sisältäen käyttö- ja huoltokustannukset, vaihtelevat eri suodatintyyppien välillä erotettavan pölyn luonteesta riippuen. Märkäerottimien yhteydessä on otettava huomioon syntyvän lietteen käsittely, veden kulutus sekä laitteiston korrosioauriot. Sähkösuodattimien ylläpitokustannuksia aiheuttavat erityisesti emissioelektrodien kuluminen. Kuitusuodattimien toiminta vaatii yleensä huoltoa ja tarkkailua tukkeutumisen ja kulumisen varalta. Laitteen tehon tarve riippuu erotintyyppistä. Kuiva- ja märkäerottimilla tehontarve on suoraan verrannollinen laitteen painehäviöön. Sähkösuodattimilla tehontarve muodostuu pääasiassa sähkökentän synnyttämiseen tarvittavasta energiasta.

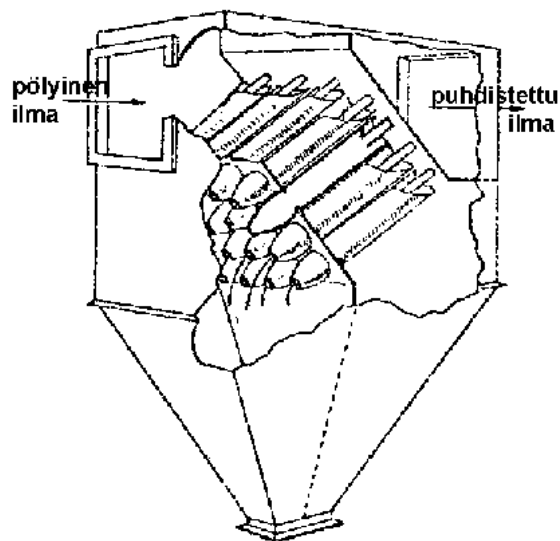
Kuivasuodattimet

Syklonit ja multisyklonit. Syklonien erotuskyky perustuu keskipakovoimaan. Niiden erotuskyky riippuu pölyn raejakaumasta. Jos pöly on hienojakoista, ei syklonin erotuskyky ole riittävä. Ne sopivat erittäin hyvin esierottimiksi tehokkaampien erottimien yhteyteen poistamaan ilmasta karkean pölyn ennen varsinaista hienopölyn erottamista. Syklonissa on teräslevystä valmistettu vaippa, joka supistuu alapäästään kartiomaiseksi. Puhdistettava ilma johdetaan sykloniin sivuajan suunnassa, jolloin se primääripyörteenä painuu alaspäin ja pöly irtoaa siitä kerääntyen syklonin pohjalla olevaan säiliöön. Puhdistunut ilma nousee sekundääripyörteenä syklonin keskellä poistoaukkoon. Kuvassa 3 on esitetty syklonin toimintaperiaate.



Kuva 3. Syklonin toimintaperiaate.

Pölyn erottuminen on sitä parempi, mitä nopeammin ilma liikkuu ja mitä pienempi on syklonin halkaisija. Ilman nopeutta ei voi nostaa kovin suureksi, koska syklonin vaippa kuluu muutenkin voimakkaasti. Sen sijaan syklonin halkaisijaa voidaan pienentää. Koska tällöin myös läpivirtaavan ilman määrä pienenee, yhdistetään useita pieniä sykloneja ryhmäksi, jolloin syntyy multisykloni. Multisykloneilla saavutetaan parempi erotusaste kuin yksittäisillä sykloneilla, mutta ne vaativat tasaisemman kaasuvirtauksen. Vaikka multisyklonin erotuskyky voi olla jopa 90 %, niillä on vaikea saavuttaa alle 250 mg/m³ maksimiemissiota suodatuksen jälkeen varsinkin hienojakoisella pölyllä. Multisyklonin erotuskyky voi ulottua vain 5mm suuruisiin hiukkasiin asti. Kuvassa 4 on esitetty multisyklonin toimintaperiaate.

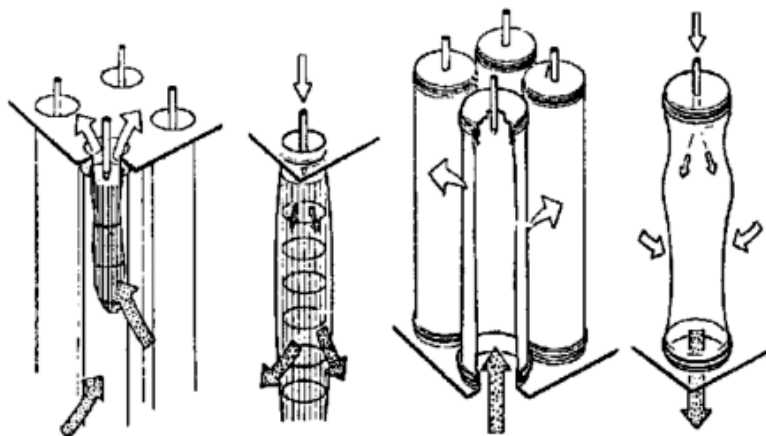


Kuva 4. Multisyklonin toimintaperiaate.

Sykloneja voidaan käyttää 300 °C:seen ulottuvissa lämpötiloissa. Multisyklonit ovat arempia korkeille kaasulämpötiloille ja vaativat tavallisesti kaasujen jäähdyttämisen. Ne eivät ole kuitenkaan yhtä herkkiä korkealle lämpötilalle kuin kuitusuodattimet. Syklonien painehäviö on vähäinen kuitu- ja märkäerottimiin verrattuna (mekaanisilla erottimilla tehontarve on suoraan verrannollinen painehäviöön suodattimen yli). Syklonit ovat rakenteeltaan yksinkertaisia, toimintavarmoja ja hankintahinnaltaan melko halpoja pölynerottimia, mutta ne kulumista voidaan kuitenkin pienentää vulkanoimalla tai liimaamalla syklonin kuluvimpiin kohtiin kumia tai käyttämällä valkoisesta valuraudasta valettua vuorauslevyä.

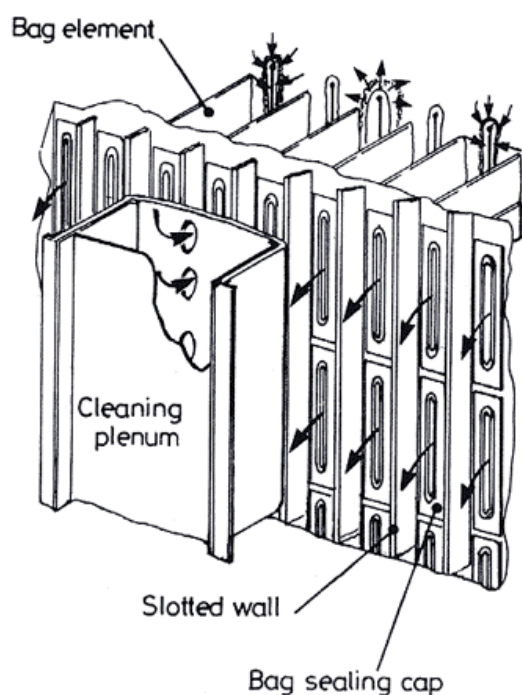
Kuitusuodattimet. Kuitusuodattimia on viime vuosina yhä enemmän ryhdytty käyttämään märkäerottimien asemesta. Syynä tähän on märkäerottimissa syntyvän liejun edelleen käsittelymiseen ja poistamiseen liittyvät vaikeudet. Kuitusuodattimen erotusteho on erittäin hyvä myös pienhiukkasille. Kuitusuodattimissa erotus tapahtuu suodatinmateriaalin avulla. Pölypitoisen kaasun kulkiessa suodatinmateriaalin läpi jää pöly materiaalin pintaan tai sisään, josta se erilaisilla puhdistusmenetelmillä irrotetaan ja kerätään talteen. Kuitusuodattimien haittatekijänä on mainittava kuitumateriaalin rajoitettu käyttölämpötila, joka voi hetkellisestikin olla korkeintaan <300 °C. Kuitusuodattimet ovat hankintakustannuksiltaan hieman märkäerottimia kalliimpia, mutta käyttökustannuksiltaan halvempia. Toisaalta hankintakustannuksiltaan ne ovat halvempia kuin sähkösuodattimet, mutta käyttökustannuksiltaan hieman niitä kalliimpia. Jos puhdistettavan kaasun karkean pölyn määrä on suuri, liitetään kuitusuodattimen eteen usein esierottimeksi sykloni. Kuitusuodattimissa voidaan erottaa kaksi päätyyppiä: letku- eli pussisuodattimet ja kasettisuodattimet.

Letku- eli pussisuodattimet. Letkusuodattimet ovat suomalaisten valimoiden yleisimpiä pölynerotuslaitteita ja niitä rakennetaan suurempina yksiköinä kuin kasettisuodattimia. Niitä käytetään lähinnä ulospuhallettavan pölypitoisen ilman puhdistamiseen. Puhdistettava ilma kulkee niissä suodatinmateriaalipussien eli letkujen lävitse ja puhdistuu samaan tapaan kuin pölynimurissa.



Kuva 5. Nykyaikaisen (vas.) ja vanhanmallisen (oik.) letkusuodattimen toimintaperiaate.

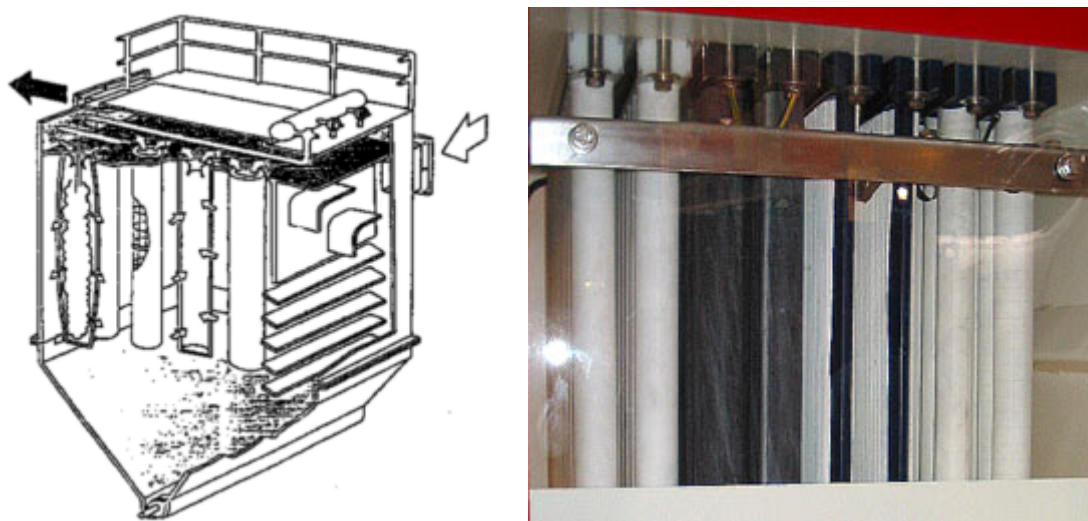
Vanhanmallisissa letkusuodattimissa puhdistettava ilma johdetaan letkujen sisään niiden avonaisesta alapäästä ja imetään letkujen väliseen tilaan ja sieltä edelleen ulos. Pöly suotautuu letkujen sisäpinnalle, mistä se irrotetaan joko käsin tai koneellisesti tärkastämällä tai myös vastavirtahuuhtelulla. Pölyn kuluttava vaikutus kohdistuu tällöin erityisesti letkujen alapäähän tehden ne nopeasti käyttökelvottomiksi suuremman osan letkun pinnasta ollessa vielä käyttökuntoista. Nykyisin markkinoilla olevissa letkusuodattimissa pölyinen ilma johdetaan aina letkujen ulkopuoliseen tilaan ja puhdistettu ilma virtaa letkun sisällä sen avoimen yläpään kautta pois. Jotta letku ei menisi alipaineen johdosta kasaan, täytyy sen sisällä olla tukikehyks. Letkujen pituus vaihtelee 3-6 m laitteen koon mukaan. Kuvassa 5 on esitetty nykyaikaisen ja vanhanmallisen letkusuodattimen toimintaperiaate. Kuvassa 6 on esitetty letkusuodattimen halkileikkaus.



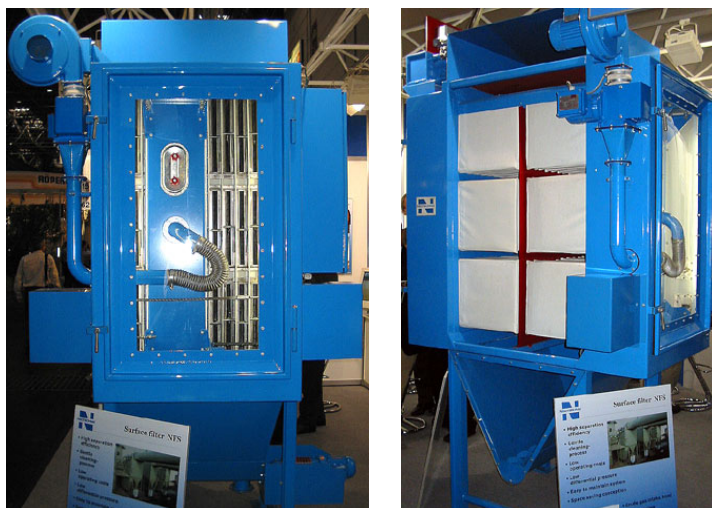
Kuva 6. Letkusuodattimen halkileikkaus.

Täristyksen asemesta käytetään pölyn irrottamisessa nykyään yhä enemmän paine- tai vastavirtamenetelmää. Ensin mainitussa menetelmässä annetaan jokaisen letkun yläpuolelle asennetun paineilmasuuttimen sopivin väliajoin puhalttaa 1-3 sekuntia kestävä paineilmasuihku letkun sisään, jolloin letku pullistuu ulospäin. Syntyvä muodonmuutos ja läpivirtaava ilma irrottavat pölyn suodatinmateriaalin pinnalta. Pöly putoaa koontasuppiloon. Vastavirtairrotuksessa ei tarvita paineilmaa, vaan käytetään hyväksi suodattimen ilmanpuhaltimen aiheuttamaa alipainetta. Tällöin katkaistaan puhdistettavan letkuryhmän yhteys imupuolelle ja yhdistetään sen sijaan ulkopuoliseen normaalipaineeseen. Syntyvä paine-ero normaalipaineen ja laitteen oman alipaineen välillä saa aikaan letkujen pullistumisen ja pölyn irtoamisen. Pölyisen ilman johtaminen letkujen ulkopuolelle ja letkujen puhdistaminen paineilmaiskulla ovat parantaneet kuitusuodattimien suorituskykyä aikaisemmin tavanomaisesta määrästä 50–60 m³/m²·h (m³/m²·h = aikayksikössä suodatinpinnan yhden m²:n läpi virtaava kaasumäärä) jopa 180 m³/m²·h asti. Paremman tehon ansiosta näissä korkeatehoisissa suodatinlaitteissa tarvitaan huomattavasti pienempi letkupinta-ala samaa kaasumäärää kohden kuin vanhanmallisissa suodattimissa. Poistokaasujen pölypitoisuus letkusuodatuksen jälkeen laskee parhaimmillaan alueelle 10–50 mg/m³. Letkusuodattimia rakennetaan teholtaan 3.000–350.000 m³/h suuruisiksi.

Kasettisuodattimet. Kasettimalliset suodattimet ovat valtaamassa alaa letkusuodattimilta, koska kasettisuodattimen vaatima tilavuus on huomattavasti pienempi kuin vastaavan tehoisen letkusuodattimen. Kasettisuodattimen puhdistus ja vaihto on lisäksi helpompaa kuin letkusuodattimen. Kasettisuodattimia käytetään paitsi ulospuhallettavan epäpuhtaan ilman puhdistamiseen tavallisesti myös sisäänpuhallettavan ulkoilman puhdistamiseen ennen sen joutumista valimon ilmastointilaitoksen lämmönvaihtimiin. Kasettisuodattimissa toimivat pölynerottimina ohuet suodatinmateriaalikennot, joita on sijoitettu useita samaan kehykseen eli kasettiin. Pöly kerääntyy kennojen ulkopinnalle ja puhdas ilma imetään sisäkautta pois. Kennojen pintapuhdistus pölystä voidaan suorittaa paineilmaiskun avulla kuten letkusuodattimissa tai ne voidaan vetää ulos (kasetin paino on n. 20–30 kg) puhdistusta tai korjausta ja suodatinmateriaalin vaihtoa varten. Kasettisuodattimet vaativat huomattavasti vähemmän tilaa kuin vastaavantehoiset letkusuodattimet. Kaasujen maksimiemissio kasettisuodatuksen jälkeen laskee parhaimmillaan alueelle 10–50 mg/m³. Kasettisuodattimia valmistetaan tavallisesti 3.000–30.000 m³/h kaasutilavuuksille.



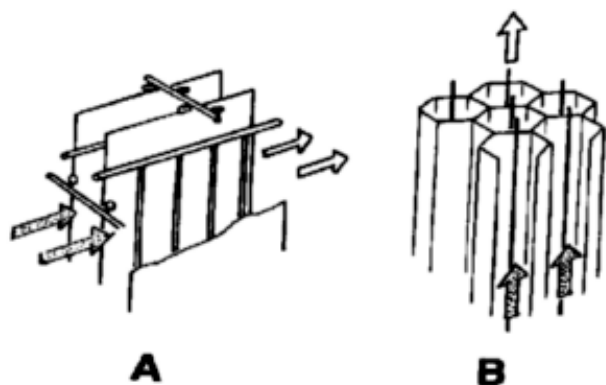
Kuva 7. Kasettisuodattimen halkileikkaus.



Kuva 8. Kasettisuodatin.

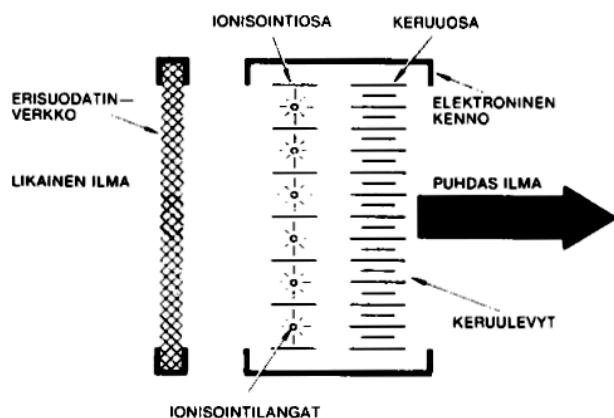
Sähkösuodattimet

Sähkösuodattimet ovat tehokkaita ja toimintavarmoja erottimia. Ne eroavat kuitusuodattimista siinä, että niiden erotuskyky ei riipu hiukkaskoosta. Niiden erotusaste riippuu ratkaisevasti ilman nopeudesta. Ajettaessa kullekin pölylaadulle sopivimmalla ilmavirran nopeudella päästään 99,9 % erotusasteeseen. Jopa 0,1 mm:n kokoiset hiukkaset saadaan erotettua. Sähkösuodattimissa painehäviö on yleensä vähäinen (10–100 Pa), eikä se kasva elektrodien likaantumisen myötä kuten kuitusuodattimilla. Muihin suodattimiin verrattuna sähkösuodattimilla on muitakin etuja; niiden energian kulutus on pieni, käyttökustannukset ovat pienet ja kaasujen lämpötila voi nousta jopa 400 °C:een. Varjopuolena ovat kuitenkin niiden korkeat hankintakustannukset. Sähkösuodattimet sopivat hyvin teollisuuslaitosten kiertoilman puhdistukseen, jolloin niiden avulla voidaan päästä huomattaviin energiasäästöihin.



Kuva 9. Erotuselektrodien rakennevaihtoehdot.

Sähkösuodattimien toiminta perustuu pölypitoisen ilman johtamiseen ns. emissioelektrodien muodostaman suurjännitekentän lävitse, jolloin pölyhiukkaset ionisoituvat ja saavat joko positiivisen tai negatiivisen varauksen. Ohittaessaan sen jälkeen erotuselektrodin, jolla on vastakkaismerkkinen varaus, tarttuu pöly siihen kiinni. Pöly irrotetaan siitä joko täristemällä (tai märkäsuoatuksessa huuhtomalla vedellä) tietyn aikaohjelman mukaan. Kuvassa 9 on esitetty erotuselektrodien rakennevaihtoehdot ja kuvassa 10 on esitetty sähkösuodattimen kaksivaiheinen toimintaperiaate.



Kuva 10. Sähkösuodattimen kaksivaiheinen toimintaperiaate.

Riippuen käyttötarkoituksesta voidaan sähkösuodattimet jakaa kolmeen ryhmään: suuret prosessikaasujen, ilmastointijärjestelmiin sopivat kiertoilman ja poistoilman puhdistuslaitteet. Suuret sähkösuodattimet toimivat suurjännitteisellä (40–80 kV) tasasähköllä, joka synnytetään laitteeseen kuuluvalla muuntajakoneistolla. Negatiivisesti varatut emissioelektrodit ovat joko suoria tai spiraalimaisia lankoja ja erotuselektrodit positiivisesti varattuja levyjä tai putkia. Suodatin kokonaisuudessaan muodostuu joko yhdestä tai useammasta rinnakkaisesta lohkoista, jotka ovat mekaanisesti tai sähköisesti täysin riippumattomia toisistaan. Kukin lohko sisältää oman elektrodijärjestelmänsä ja voidaan ajaa toisista lohkoista riippumatta. Ilmastointijärjestelmiin sopivissa sähkösuodattimissa pölyinen ilma puhdistetaan aluksi esisuodattimen avulla suurimmista hiukkasista. Ensimmäisessä vaiheessa saavat pölyhiukkaset tavallisesti positiivisen varauksen kulkiessaan ionisointiosan lävitse. Toisessa vaiheessa ne tarttuvat keruuosan levyihin, joilla on negatiivinen varaus. Elektrodien välinen jännite on 8–12 kV. Pienen jännitteen ja erotuselektrodin negatiivisuuden vuoksi on otsonin syntyminen niin vähäistä, että siitä ei ole terveydellistä haittaa. Sähkösuodattimia rakennetaan tavallisesti 5.000–10.000 m³/h nimellisteholle.

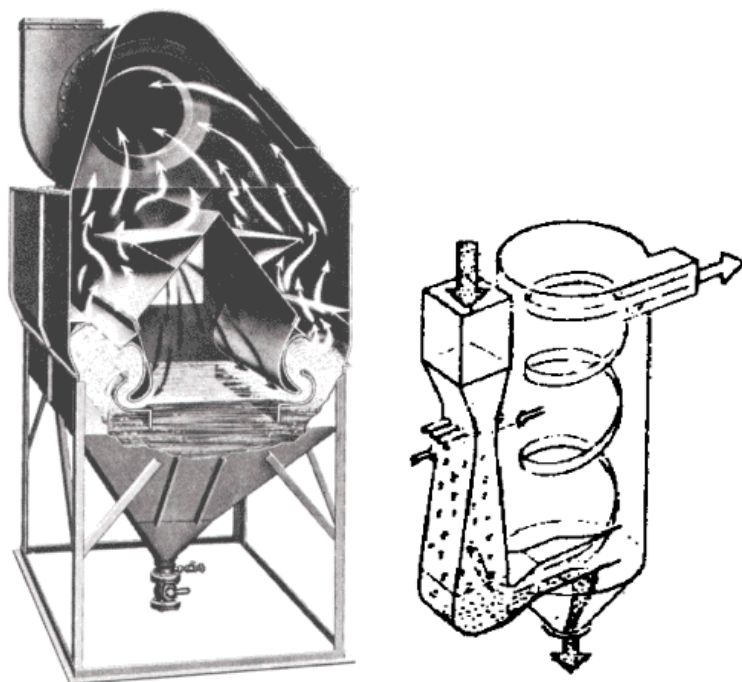
Märkäsuodattimet

Kuitusuodattimia on viime vuosina yhä enemmän ryhdytty käyttämään märkäerottimien asemesta. Syynä tähän on märkäerottimissa syntyvän liejun edelleen käsittelemiseen ja poistamiseen liittyvät vaikeudet, suurempi häiriöherkkyys ja kalleus. Märkäerottimilla ylläpitokustannuksissa, verrattuna muihin suodattimiin, täytyy lisäksi ottaa huomioon syntyvän lietteen käsittely, vedenkulutus ja laitteiston korrosiovauriot. Suomessa märkäsuodattimia on käytössä enää muutamissa valimoissa.

Märkäsuodattimet jaetaan matala- ja korkeapaine-erottimiin tai pien- ja suurpaine-erottimiin. Kaikkien märkäerottimien toimintaperiaatteelle on yhteistä se, että pölypitoiset kaasut pakotetaan hyvin läheiseen kosketukseen pisaroiden tai sumun muotoon saatetun veden kanssa, joka tehokkaasti kastelee pölyhiukkaset. Kun pöly ja vesi joutuvat kosketuksiin keskenään hiukkaset agglomeroituvat. Nämä agglomeroituneet hiukkaset voidaan erottaa. Märkäerottimien erotuskyky riippuukin juuri niiden kyvystä sekoittaa puhdistettava kaasu ja vesi erottimessa. Tähän on eri erottimissa käytetty useita menetelmiä. Pesureista tuleva kostea ilma johdetaan tavallisesti pisananerottimeen, jossa suurin osa vedestä erottuu, ennenkuin ilma johdetaan ulos. Märkäerottimet kestävät yleensä hyvin kuumia kaasuja, mutta toisaalta kaasujen jäädyttäminen on usein välttämätöntä suuren erotuskyvyn ylläpitämiseksi. Märkäsuodattimien tehon tarve on huomattavan suuri, mistä syystä niiden käyttökustannukset ovat suhteellisen suuret.

Matalapainemärkäsuodattimista käytetyin on kaskadipesuri. Siinä kaasuvirta kohtaa nestepinnan suurella nopeudella aiheuttaen voimakkaan nesteen pisaroimisen. Nestepisaroiden suuntaa muutetaan heijastinlevyjen avulla. Tällöin kaasu kulkee hienojakoisen nestesuihkun lävitse. Suuren nopeuden ja voimakkaan turbulenssin ansiosta nestepisarot ja kaasu sekoittuvat tehokkaasti ja kaasussa olevat kiinteät hiukkaset tarttuvat nestepisaroihin. Pöly erottuu kaasusta ja laskeutuu erottimen alla olevaan lietelaatikkoon. Laitteen etuna on se, että erotusteho ei ole herkkä kaasuvirran vaihtelulle. Kuvassa 11 on esitetty kaskadipesurin kuva.

Korkeapainepesureista venturierotin on käytetyin ja lisäksi yksi yleisimmin käytetty märkäerotintyyppi. Erottimella voidaan erottaa monenlaisia pölyjä. Venturierotimessa kaasut imetään suurella nopeudella kuristetun putken lävitse ja samalla niihin ruiskutetaan vesisuihku. Kaasun suuren nopeuden vuoksi vesi hajaantuu pieniksi pisaroiksi, jolloin pölyhiukkaset sekoittuvat tehokkaasti vesipisaroiden kanssa ja syntynyt lieju erotetaan kaasuista jäljempänä olevassa erottimessa. Pölyn tehokkaan erottumisen vuoksi täytyy kaasun virtausnopeuden olla hyvin suuri (60–150 m/s), mistä aiheutuu suuri painehäviö, tehonkulutus ja suhteellisen korkeat käyttökustannukset. Kuvassa 11 on esitetty venturierottimen kuva.



Kuva 11. Vasemmalla: Kaskadipesuri. Oikealla: Venturierotin.

Kiristyneet ympäristönsuojelumääräykset

Ilmansuojelulain (67/82) mukaan valimot ovat joutuneet jättämään ilmansuojeluilmoituksen 31.3.1986 mennessä. Sen perusteella on annettu valimoille yksilöllinen päätös, jossa hiukkaspäästöt on rajoitettu laitospäätöksi ottaen huomioon laitoksen sijaintipaikka mm. asutus ja muut häiriintyvät kohteet sekä laitoksen taloudelliset toimintaedellytykset. Valimot olivat tehneet toiminnastaan syntyvistä jätteistä jätehuoltosuunnitelman vuoden 1987 jätehuoltolain mukaan. Siitä on annettu hyväksymispäätös. Aikaisemmin valimo toimi näiden velvoittavien päätösten mukaisesti. Kiristynyt ympäristönsuojelu on tuonut mukanaan ilmansuojelulain muutoksen, jätelain ja lopuksi nämä kumonnet uuden ympäristönsuojelulain (YSL, 86/2000 tuli voimaan 1.3.2000). Nämä ovat tuoneet mukanaan lupavelvollisuuden ja luvanvaraisuuden (uusi termi, joka on käytössä ympäristönsuojelulaissa.).

Lupavelvollisuus ja luvanvaraisuus

Vuonna 1994 voimaantulleen jätelain mukaan valimot joutuivat hakemaan jäteluvan toiminnalleen. Jätelupa on uusittu lähes kaikille valimoille, koska laki määräsi jäteluvan haettavaksi vuoden 1996 loppuun mennessä. Uudistetun ilmansuojelulain (muutos 1711/95, astui voimaan 1.4.1996) mukaan

valimoiden ilmansuojeluilmoitusvelvollisuus muuttui lupavelvollisuudeksi. Sen mukaan kaikkien vanhojen valimoiden olisi pitänyt hakea ilmalupa toiminnalleen 31.12.2000 mennessä ja ympäristönsuojelulakiehdotuksen mukaan yhdistetty ympäristölupa 31.12.2001. Nämä kuitenkin yhdistettiin siten, että valimot eivät hakeneet pelkkää ilmalupaa, koska hyvissä ajoin tiedettiin, että se kumoutuu ympäristönsuojelulain voimaansaattamisen jälkeen. Nykyisin ilmansuojelua koskevat määräykset ovat sisällä YSL:ssa. Ilmansuojelulain nojalla annetut yleiset määräykset ja ohjeet jäävät voimaan, vaikka ilmansuojelulaki ja -asetus kumottiin.

Ympäristönsuojeluasetuksen (169/2000) 1§:n kohdan 2d mukaan luvanvarainen on valimo tai sulatto, jonka tuotantokapasiteetti (ei siis tuotanto) on vähintään 200 tonnia vuodessa. Luvan hakevat 31.12.2003 mennessä §:n 42 mukaan valimo tai muu sulatto, jonka tuotantokapasiteetti on yli 20 tonnia vuorokaudessa tai lyijyn ja kadmiumin tuotantokapasiteetti on yli 4 tonnia vuorokaudessa. Luvan silloin hakevat siis vain suuret valimot, joiden tuotantokapasiteetti on noin 5000 tonnia. Muut luvanvaraiset valimot tekevät ilmoituksen toiminnastaan seuraavasti:

- 28.2.2001 ne valimot, joilla ei ole mitään ympäristölupamenettelyn mukaista lupaa (ilmalupa, jätelupa jne.)
- 28.3.2002 ne valimot, joilla jokin yllä mainituista luvista on.

IPPC-direktiivi ja parhaan käytökelpoisen tekniikan periaate (BAT)

IPPC-direktiivi (direktiivi 96/61/EY) (directive on integrated pollution prevention and control = direktiivi ympäristön pilaantumisen ehkäisemisen ja vähentämisen yhtenäistämiseksi) tuli voimaan EU:ssa marraskuussa 1999 ja toimeenpantiin meillä ympäristönsuojelulakina. Direktiivin edellyttämät lainsäädännön muutokset tuli jäsenmaissa saattaa voimaan 31.10.1999 mennessä. Ympäristönsuojelulaki tuli meillä voimaan vasta vuonna 2000. Ympäristönsuojelulain keskeisin sisältö ja valmistelun peruslähtökohta on ollut ympäristönsuojelulainsäädännön yhtenäistäminen ja yhtenäisen ympäristölupajärjestelmän luominen. Siinä kaikki päästöjä koskevat luvat yhdistettiin samaan hallinnolliseen menettelyyn. Ympäristönsuojelulaki on pilaantumisen torjunnan yleislaki, joka sisältää yhtenäiset säädökset maaperän, vesien ja ilman suojelusta.

IPPC-direktiivin mukaan lupaehtojen päästörajoja määritettäessä on otettava huomioon paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT), laitoksen tekniset erityispiirteet ja paikalliset luonnonolosuhteet. Toistaiseksi joka päätöksen yhteydessä joudutaan pohtimaan asia juuri tämän laitoksen kohdalla tässä paikassa, koska BAT:ia ei ole määritetty. Vuonna 1999 EU:ssa alkoi valimoiden ja takomoiden BAT-tekniikan määrittely koko toiminnalle. Siinä tullaan tarkkaan määrittelemään tekniikat, päästöt eri kohteista ilmaan, vesiin ja maaperään, energiatehokkuus, raaka-aineet, häiriötilanteet sekä jätteet. BAT-työ on edelleen kesken, mutta referenssi valmistuu aikanaan. BREF (best available techniques reference)-raportit antavat lupaviranomaisille suuntaa-antavia tietoja niistä päästötasoista, joita BAT-tekniikalla voidaan saavuttaa. BREF-raportit on tarkoitus uusien kolmen vuoden välein. Toiminnan harjoittaja ei ole sidottu noudattamaan BREF-raporteissa kuvattuja teknisiä keinoja. Hän voi valita ne tekniset ratkaisut, joilla pystytään täyttämään lupaehdot ja niissä määritetyt päästötasot.

Valimopäästöt ja ilmanlaadun ohjearvot

Tällä hetkellä tilanne maamme ilmansuojelun osalta on sellainen, että valimon päästöille ei ole olemassa ohjearvoja eikä normeja. Ainoastaan yhdyskuntailman epäpuhtauspitoisuuksille mm. hiukkasille kokonaisleijumana on annettu ohje- ja raja-arvo. Valtioneuvoston päätöksellä 711/2001 tulivat voimaan uudet raja-arvot ilmanlaadulle 15.8.2001. Ne korvasivat vanhat vuonna 1996 annetut raja-arvot. Valtioneuvoston päätöksen 481/1996 ohjearvot ovat edelleen voimassa. Ohjearvot ilmaisevat ilmansuojelun tavoitteita, mutta ne eivät ole luonteeltaan sitovia. Hiilimonoksidin 8 tunnin ohjearvo terveydellisten haittojen ehkäisemiseksi on 8 mg/m³ (yhden tunnin ohjearvo on 20 mg/m³), rikkidioksidin yhden vuorokauden ohjearvo on 80 mg/m³ (yhden tunnin ohjearvo on 250

mg/m³), kokonaisleijuman yhden vuorokauden ohjearvo 120 mg/m³ (yhden vuoden ohjearvo on 50 mg/m³) ja ohjearvo hengitettävälle pölylle yhden vuorokauden aikana on 70 mg/m³.

Sulaton sivutuotteiden uusiokäyttö ja kaatopaikkasijoituskelpoisuus

Valimoiden kaatopaikoille ajautuvasta sivutuotteiden määrästä valimohiekkojen osuus on luokkaa 80 %. Kuitenkin valimoissa muodostuu sivutuotteita myös muissa prosesseissa, joista sulatuskuona on määränsä puolesta selvä kakkonen. Muita sulatossa syntyviä sivutuotteita ovat tulenkestävät materiaalit ja suodatinpölyt.

Jätelainsäädännön mukaan jätteiden syntymistä tulisi ensinnäkin välttää, mutta koska kaiken jätteen syntymistä on mahdotonta estää, tulisi jäte hyödyntää, jos se on teknisesti mahdollista ja jos siitä ei aiheudu kohtuuttomia lisäkustannuksia verrattuna muulla tavoin järjestettyyn jätehuoltoon. Ensisijaisesti on pyrittävä hyödyntämään jätteen sisältämä aine ja toissijaisesti sen sisältämä energia. Vasta viimeisenä vaihtoehtona pitäisi olla jätteen vieminen kaatopaikalle. Luonnon raaka-aineiden korvaaminen jätteellä on siis myös jätelainsäädännön tavoitteiden mukaista. Käyttö edellyttää kuitenkin, että materiaalit osoitetaan teknisesti soveltuviksi ja ympäristölle haitattomiksi. Materiaalien käyttökelpoisuuden osoittamista varten on lainsäädännöllisiä vaatimuksia sekä niiden lisäksi on annettu suosituksia materiaalin ympäristökelpoisuuden ja teknisen soveltuvuuden tutkimuksista, joilla materiaalien käyttökelpoisuus maanrakenteissa voidaan osoittaa.

Ympäristökelpoisuuden arviointiin esitetään kolme arviointitasoa:

- I. materiaalin koostumus
- II. haitta-aineiden liukeneminen päällystämättömästä ja päällystetystä rakenteesta
- III. mahdollinen ympäristöriski

Arviointitasoille I ja II annetaan haitta-ainekohtaiset koostumuksen ja liukoisuuden raja-arvot. Orgaanisten haitta-aineiden merkitystä sijoituspaikalla arvioidaan yleensä kokonaispitoisuuksien perusteella. Haitallisten metallien ympäristövaikutukset riippuvat yleensä niiden liukoisuusominaisuuksista. Jos raja-arvot joiltakin osin ylittyvät, saattaa olla mahdollista osoittaa materiaali käyttökelpoiseksi riskinarvioinnin perusteella. Vaikka lainsäädännön päähuomio kiinnitetään ympäristövaikutuksiin, on materiaalien tekninen kelpoisuus aina osoitettava. Tämä on tärkeää myös ympäristövaikutusten minimoimiseksi. Em. kriteerit on määritelty alueille, joihin kohdistuu muuta kuin sivutuotteen sijoituksesta aiheutuvaa kuormitusta. Kriteeristöjä ei tule soveltaa pohjavesialueilla eikä herkissä ympäristöissä. Eli ne soveltuvat ainoastaan tapauksiin, jossa ei ole pohjaveden pilaantumisen vaaraa. Jotta sivutuote olisi ylipäättään ympäristökelpoinen maanrakentamisessa, tulee sen täyttää tavanomaiselle jätteelle annetut kaatopaikkakelpoisuus-kriteerit.

Jätteiden maanrakennuskäytön ympäristölupavelvollisuus on perustunut 1.3.2000 alkaen ympäristönsuojelulain 28.2§:n 4 kohtaan, jonka mukaan ympäristölupa on oltava "jätteen laitos- ja ammattimaiseen hyödyntämiseen tai käsittelyyn".

Kaatopaikkakelpoisuuden määrittelyperiaatteet vaihtelevat huomattavasti eri maissa ja esim. EU:ssa yhtenäistämismenettely menetelmien osalta on vasta meneillä. Suomessa ei ole annettu virallisia kaatopaikkakelpoisuus-kriteerejä. Esimerkiksi VTT onkin tarvittaessa arvioinut eri jätteiden kaatopaikkakelpoisuutta lähinnä tapauskohtaisesti ja vanhan käytännön perusteella. Kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnissa käytetyt kriteerit ja raja-arvot voivat myös vaihdella alueellisesti ja kaatopaikkakohtaisesti (riippuvat kaatopaikan tasosta). Kaatopaikkasijoituksessa voidaan hyväksyä merkittävästi suurempia pitoisuuksia kuin hyötykäytössä, koska se on sijoituskohteena kontrolloitu ympäristö, jossa altistumismahdollisuudet ovat vähäisiä muun kuin työperäisen altistumisen osalta. Myös ympäristöolosuhteet ovat kaatopaikoilla erilaiset kuin maarakennuskohteissa.

Kuonat

Sulatusprosessin yhteydessä syntyvän kuonan koostumus riippuu käytetystä sulatustekniikasta eli onko kyseessä kupoli-, valokaari- vai induktiouunisulatus. Kuitenkin kaikissa kuonissa on ainakin seuraavia aineyhdisteitä: CaO (kalkki), SiO₂ (kvartsi), Al₂O₃, MgO sekä erilaisia raudan oksideja.

Suomessa sulatuskuonien hyötykäyttöä on tutkittu suhteellisen paljon johtuen terästeollisuuden laajuudesta maassamme. Seuraavassa on kerätty yhteen yleisimmät uusiokäyttökohteet masuuni- ja teräskuonille, jotka vastaavat hyvin pitkälle rauta- ja teräsvalimoiden kuonia:

- betonin sideaine
- eristys/vuorivillat
- kevytsora
- maanparannusaineet (kalkitus- ja lannoitusaineena)
- keramiikka- ja lasituotteet
- maanrakentaminen (käytetyimpiä kohteita kuonille ovat mm. teiden alusrakenteet, maabetonit sekä pohjamaan stabiloinnit)

Valimokuonat ovat koostumukseltaan hyvin lähellä masuuni- ja teräskuonia, joten em. hyödyntämismahdollisuudet ovat täysin mahdollisia myös valimokuonille. Valimoissa syntyvä kuonamäärä on kuitenkin vain murto-osa terästeollisuuden kuonista. Suomessa toimii Rautaruukki Oy:n ja Fundia Ab:n omistama SKJ yhtiöt Oy (ent. Suomen Kuonajaloste Oy), jonka toiminta-ajatuksena on kehittää ja valmistaa kuonista ja muista terästeollisuuden sivutuotteista niiden ominaisuudet parhaiten hyödyntäviä jalosteita ja markkinoida ne maanrakentamiseen, maanparannukseen sekä rakennusaine- ja muuhun teollisuuteen.

Sulaton kuonat ovat suhteellisen inerttiä materiaalia ja siten kaatopaikkakelpoisia tavanomaisen jätteen kaatopaikoille. Sulaton kuonaa ei kannata laittaa sekajätelavoille, vaan kerätä se erilliseksi jakeeksi. Inertin materiaalin käsittelykustannukset kaatopaikoilla ovat edullisemmat kuin sekajätteen.

Tulenkestävät materiaalit

Tulenkestävät materiaalit eli uunien ja senkkojen (ja konverttereiden) tulenkestävät tiilet ja massat ovat rapauduttuaan yleensä suhteellisen inerttiä jätettä, jota voidaan käyttää erilaisiin maanrakennuksen käyttötarkoituksiin. SKJ yhtiöiden tuotevalikoimaan kuuluu myös tulenkestävien tiilien uudelleenhyödyntäminen. Vastaanotettavien erien laadun tulee olla tarkasti tiedossa, jotta niiden käsittely on mahdollista sekä prosessiin soveltuva. Valimoilta tulevat tiilierät ovat määrältään pienempiä ja laadultaan vaihtelevia, mutta mikäli valimo sijaitsee sopivan kuljetusmatkan päässä, kannattaa hyötykäyttömahdollisuudet selvittää. Valimon sisäisesti kannattaa harkita tiilien murskaamista ja käyttämistä esim. valokaariuunien korjausmassan valmistukseen. Näin menetellään useassa terästehtaassa Suomessa.

Tulenkestävät materiaalit ovat muuten alkuperäistä koostumusta, vain jonkin verran metallioksideja on muodostunut pintaan. Massat ovat yleensä vain osittain sintrautuneet. Inerttinä materiaalina se on kaatopaikkakelpoista tavanomaisen jätteen kaatopaikoille. Ne kannattaa toimittaa kaatopaikalle erillisenä jakeena, koska inertin materiaalin käsittelykustannukset kaatopaikoilla ovat edullisemmat kuin sekajätteen.

Sulaton suodatinpölyt

Sulaton suodatinpölyt sisältävät runsaasti eri metalleja, mutta juuri niiden raskasmetallipitoisuuden takia ne ovat ongelmajätettä. Sulaton pölyjä voidaan sulattaa ja arvokkaat metallit käyttää uudelleen panoksen seosaineina ja siten välttyään niiden viemiseltä ongelmajätelaitokselle. Tämän lisäksi erilaisia valimopölyjä voidaan käsitellä kemiallisesti (neutralointi)(nämä eivät sovellu sulaton suodatinpölyille). Lisäksi haitalliset aineet voidaan poistaa (erotella) tai sitoa (ekobetoni, betoni, tiili, asfaltti, sementti, vuorivilla). Yksikään menetelmä ei sovellu täydellisesti kaikille valimopölyille.

(Mm. hiekanvalmistuksen yhteydessä syntyvät suodatinpölyt eroavat koostumukseltaan huomattavasti sulaton suodatinpölyistä!) Oikein valittu menetelmä voi vähentää hävittämiskustannuksia huomattavastikin kuten seuraavasta esimerkistä käy ilmi.

Sulzer Pumps Finland Oy Karhulan valimolla suodatinlaitos käynnistyi vuonna 1994. Suodatinlaitoksella syntyy pölyä noin 50 tonnia vuodessa. Pöly on voimakkaasti raskasmetallivoittoista, koska valimolla sulatetaan runsaasti haponkestäviä teräksiä. Karhulan valimon pöly toimitetaan ScanDust Ab:lle Ruotsiin, missä yritys sulattaa pölyn plasmalla kuilu-uunissa ja ottaa arvokkaat metallit talteen. Huomattavaa on, että raskasmetallipitoinen pöly vaatii maastavientiluvan. Saannoksi arvioidaan noin 50 % ja siten varsinaisista käsittelykuluista saadaan melkoinen osa kuoletettua metallien talteenotolla. Esimerkiksi Karhulan valimon ScanDust:lle toimittaman 22 tonnin pölyerän kustannuksista saatiin käsittelyn jälkeen 66 % takaisin talteenotettujen arvometallien ansiosta.

Jos sulaton suodatinpölyt vietäisiin ekobetonoitavaksi, voisi myös kuonat toimittaa samaan paikkaan. Sillä myös kuonia voidaan käyttää hyödyksi ekobetonoinnissa.

Lähteet

Meskanen Seija - "Valimoiden suodatinpölyjen haitallisuus ja uusiokäyttömahdollisuudet"

Mroueh U., Mäkelä E. Wahlström M., Kauppila J., Sorvari J., Heikkinen P., Salminen R., Juvankoski M. & Tammirinne M. - "Sivutuotteet maanrakenteissa - käyttökelpoisuuden osoittaminen"

Orkas Juhani - "Valimomateriaalien uusiokäyttö"

Sorvari Jaana - "Ympäristökriteerit mineraalisten teollisuusjätteiden käytölle maanrakentamisessa"

Sosiaali- ja terveysministeriö - "HTP-arvot 2002" ja "IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Human, International Agency for Research on Cancer"