

Jukka Manni

Pölyn ja roskien talteenotto lämmöilmakuivaamossa

VAKOLA

VALTION MAATALOUSTEKNOLOGIAN TUTKIMUSLAITOS
STATE RESEARCH INSTITUTE OF ENGINEERING IN AGRICULTURE AND FORESTRY

Osoite: PPA 1, 03400 VIHTI

Puhelin: (90) 224 6211

Telefax: (90) 224 6210

ALKULAUSE

Viljankuivaamo on pölyisä työympäristö. Yleensä pölyjä tai pölyntorjuntatapoja ei ole kuitenkaan otettu huomioon kuivaamon rakentamisvaiheessa. Jälkeenpäin pölyn ja roskan keruu- ja käsittelylaitteiden asentaminen on kovin hankalaa.

Tässä tutkimuksessa pyrittiin löytämään käyttökelpoiset menetelmät pölyn ja roskan keräämiseksi kuivaamon poistoputkista ja antamaan suositukset edullisista ja käyttökelpoisista pölyn ja roskien keruulaitteistoista. Tutkimus liittyy kiinteästi toiseen Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitoksessa käynnissä olevaan tutkimukseen, jossa on selvitetty pölyhaitat ja niiden torjuntakeinot kuivaamon sisäpuolella.

Maatilatalouden kehittämisrahasto myönsi tutkimusta varten määrärahan ja asetti samalla tutkimukselle valvojakunnan, johon kuuluivat puheenjohtajana osastopäällikkö Antti Peltola sekä jäsenenä arkkitehti Kari Kolehmainen, arkkitehti Pertti Toivari ja maisteri Kirsti Tupi. Tutkimuksen johtajana toimi ylitarkastaja Henrik Sarin ja tutkijana tarkastaja Jukka Manni.

Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos kiittää maatilahallitusta, edellämainitun valvojakunnan jäseniä ja tutkimukseen osallistuneita maataloja.

Vihdissä, elokuussa 1991.

VALTION MAATALOUSTEKNOLOGIAN TUTKIMUSLAITOS

SISÄLLYSLUETTELO

ALKULAUSE	1
1. JOHDANTO	4
2. PÖLYN AIHEUTTAMAT HAITAT	4
2.1 Terveyshaitat	4
2.2 Muut haitat	5
3. TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN	6
3.1 Tutkimuskohteet	6
3.2 Pölyn ja roskien määrät ja ominaisuudet	6
3.3 Pölyn ja roskien erottelutavat	11
3.3.1 Tutkitut pölykammiot	12
3.3.2 Tutkitut pyörre-erottimet	14
3.4 Pöly kuivaamon ulkopuolella	15
4. SUOSITELTAVAT PÖLYN JA ROSKAN POISTOTAVAT ...	17
4.1 Kuivaamon ja putkistojen sijoittelu	17
4.2 Roskien erottelu	24
4.2.1 Pölykammio	24
4.2.2 Sykloni	28
4.3 Roskien jatkokäsittelytavat	32
4.4 Laitteistojen kustannukset	33
LÄHDELUETTELO	34

1. JOHDANTO

Viljankuivaamoiden pölyisyyteen on ryhdytty kiinnittämään huomiota osaksi syksyllä 1987 sattuneiden useiden kuivuripalojen takia (ANON 1988) ja osaksi työympäristövaatimusten takia, olivathan esimerkiksi vuonna 1988 maatalouden todettujen ammattitautien aiheuttajina 36 %:ssa tapauksista homesienet tai pölyt (ANON 1989). Ammatti-ihotautien osalta vastaava prosenttiluku oli 17. Aiheuttajaa näissä tilastoissa ei mainittu, mutta todennäköisesti suurin osa ammattitautitapauksista sattui kuitenkin kotieläinympäristössä. Vuonna 1988 tehtiin laaja palotarkastus viljankuivaamoissa SM:n kirjeen 1252/756/88 mukaan. Tarkastuksissa selvitettiin 96 kunnassa 4227 viljankuivaamon puutteet. Viljankuivaamo todettiin pölyiseksi 15 %:ssa kohteista ja kuivaamon ympäristön siisteyteen kiinnitettiin huomiota 8 %:ssa kohteista. Tarkastukset tehtiin kesäkuussa, joten aivan tyhjentävää vastausta pölyisyyteen ei saatu.

Pölyn keräykseen ja torjuntaan kuivaamoiden sisä- ja ulkopuolella ei ole ollut saatavana mainittavammin kaupallisia ratkaisuja, eikä niitä yleensä ole otettu huomioon kuivaamoja suunniteltaessa ja rakennettaessa (PUUMALA ym. 1989). Tässä selvityksessä on pyritty löytämään käyttökelpoiset tavat pölyn ja roskien keräämiseksi kuivaamon ilma- ja roskanpoistoputkista sekä annetaan suositukset edullisista ja toimivista ratkaisuista.

2. PÖLYN AIHEUTTAMAT HAITAT

Arvioitaessa pölyämistä viljankuivaamossa on otettava huomioon pölylähteet ja niiden sijainti sekä pölyn määrä ja laatu. Näiden perusteella pölyn aiheuttamat haitat voidaan jaotella karkeasti esimerkiksi seuraavasti: terveyshaitat, pölyräjähdysten ja tulipalon vaarat, mekaanisten vikojen riskit sekä ympäristöriskit.

2.1. Terveyshaitat

Pölyn hiukkaskoko mitataan mikrometreinä ($1 \mu\text{m} = 1/1000 \text{ mm}$). Yleensä pölyksi kutsutaan hiukkasia, joiden hiukkaskoko on 1 - 80 μm . Pienemmät hiukkaset ovat savua tai höyryä ja suuremmat hiukkaset roskia. Hengitettäessä pölyistä ilmaa kulkeutuvat alle 60 μm hiukkaset nenään, suuhun ja nieluun, joihin osa hiukkasista pysähtyy. Alle 20 μm hiukkaset kulkeutuvat keuhkoihin. Alle 5 μm hiukkaset kulkeutuvat alveoleihin eli keuhkorakkuloihin saakka, joihin ne kiinnittyvät ja voivat aiheuttaa keuhkovaurioita. Pöly luokitellaankin sen mukaan, mitä seurauksia siitä on. Osa pölystä ei tietävästi aiheuta sairastumisen vaaraa, mutta keuhkorakkuloihin joutuessaan se voi esimerkiksi estää hapen vaihtoa. Allergiaa aiheuttavat pölyt aikaansaavat allergisia reaktioita iholla ja hengitysteissä. Heinänuha ja homepölykeuhko ovat esimerkkejä tällaisten pölyjen aiheuttamista sairauksista. Jotkut pölyt aiheuttavat sidekudoksen kasvua keuhkoissa. Tämän tyyppin tunnetuin

keuhkosairaus on kivipölykeuhko. Myrkylliset pölyt, kuten esimerkiksi torjunta-ainepölyt aiheuttavat myrkytysreaktioita. Osa pölyistä on karsinogeenisia. Esimerkkinä olkoon arsenikki-, asbesti- ja nikkelipölyt.

Viljapölystä noin 85 % on orgaanista pölyä, joka sisältää usein myös mikrobeja. Loppu on epäorgaanista pölyä, josta kvartsipölyn osuus on ollut mittausten mukaan alle $0,1 \text{ mg/m}^3$. Viljapölyn tiedetään aiheuttavan ainakin akuutteja ja kroonisia tulehdusreaktioita, akuuttia kuumetta, ja muuta ärsytystä (silmä-ärsytystä, ihotulehduksia), jotka saattavat aikaa myöten aiheuttaa esimerkiksi astmaa tai homepölykeuhkon. Yksittäistä altistetta jollekin tietylle taudille ei kuitenkaan ole löydetty (DONHAM 1986). Pöly tiedetään kuitenkin haitalliseksi, kun sitä on riittävän paljon ja pölyisessä ilmassa oleskellaan riittävän kauan. Työsuojeluhallitus (ANON 1987) on määritellyt seuraavat pölyn haitallisiksi tunnetut pitoisuudet (HTP):

epäorgaaninen pöly	HTP _{8h}	= 10	mg/m ³
kvartsipöly, hienojakoinen	HTP _{8h}	= 0,2	mg/m ³
orgaaninen pöly	HTP _{8h}	= 5	mg/m ³
orgaaninen pöly	HTP _{15min}	= 10	mg/m ³

Esimerkiksi oleskelu 8 tuntia tiloissa, joissa orgaanisen pölyn pitoisuus on vähintään 5 mg/m^3 , on terveydelle haitallista.

2.2. Muut haitat

Ilma-pölyseos räjähtää kipinästä, jos pölyn pitoisuus on riittävä. Suomessa ei tiettävästi ole sattunut pölyräjähdysiksi viljankuivaamoissa, mutta esimerkiksi USA:ssa on vuosien 1958-1978 välisenä aikana tapahtunut 250 räjähdystä viljaa käsiteltäessä. Näissä onnettomuuksissa sai surmansa 164 ihmistä ja 605 ihmistä loukkaantui. Viljapölyn alin räjähdyspitoisuus on MANESSin (1979) mukaan noin 55 g pölyä/m^3 ilmaa. Lukuun vaikuttavat mm. pölyn hiukkaskoko ja vesisisältö. Normaalisti tällaisia pölypitoisuuksia ei ole kuivaamossa, mutta esimerkiksi siivouksen aikana saattavat pitoisuudet kasvaa tuntuvasti suuremmiksikin. Jos lattialla on 1 mm kerros pölyä ja se sekoitetaan ilmaan 1 m korkeudelle, on pölypitoisuus $1000 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ ilmaa. Jos pöly painaa $0,6 \text{ g/cm}^3$ on pölypitoisuus 600 g/m^3 ilmaa, joka ylittää kymmenkertaisesti syttymisrajan.

Pölyisessä kuivaamossa on aina suuri paloriski. Kuivaamon sisäpinnoille kiinnittyvät paksut pölykerrokset syttyvät helposti ja levittävät tulta tehokkaasti, suorastaan räjähdysmäisesti. Jos kuivaamon ulkopuolella on pölyä ja roskaa ilmassa, on aina mahdollista niiden imeytyminen kuivuriuunin ilmanottoaukkoon. Suomessa tapahtui syksyllä 1987 joukko selittämättömiä kuivaamopaloja öiseen aikaan jäätävissä olosuhteissa. Eräs mahdollinen syy näihin paloihin on kuivuriuuniin kertynyt pöly ja roska. Normaalioloissa roskat hehkuvat paakkuina uunin

nurkassa. Uunin imuaukon jäätyessä ilman virtaussuhteet muuttuvat voimakkaasti jolloin hehkuva paakku saattaa lähteä liikkeelle aina kuivaussiiloon saakka ja sytyttää kuivattavan viljan.

Sähkömoottoreiden ja muiden kone-elimien päälle kerääntyvä pöly voi johtaa ylikuumentumiseen, käämien palamiseen tai muuhun vastaavaan käyttökatkoon.

Roskasta aiheutuvat ympäristöhaitat ovat osaksi esteettisiä, osaksi rakennukseen ja ympäristöön kohdistuvia. Jos kuivaamon ulkopuolelle kertyvästä jätteestä ei huolehdita, se lahoaa hitaasti ja muodostaa ihanteellisen elinympäristön jyrksijöille ja muille pihapiirissä viihtyvälle tuholaisille. Haitalliset rikkasiemenet saattavat levitä tällaisesta jättekasasta tuulen ja lintujen mukana. Jos kuivaamon seinä on puuta, sekin lahoaa nopeasti.

3. TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

3.1. Tutkimuskohteet

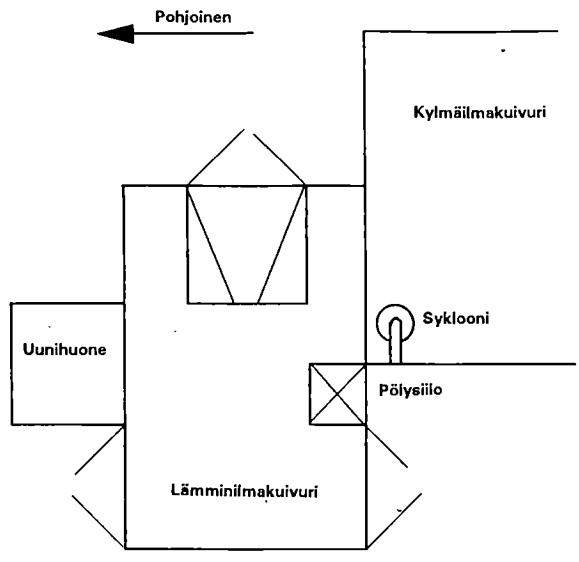
Roskien ja pölyn määriä ja keräystä selvitettiin viidessä lämminilmakuivaamossa, joissa oli kuvan 1 esittämät pölyn- ja roskanpoistojärjestelmät. Tutkimuskohteista mitattiin pölyn ja roskan määrät ja laatu sekä seurattiin laitteistojen toimintaa ja niiden teknisiä ominaisuuksia. Pölymittaukset tehtiin soveltuvien osien standardien SFS 3860 (työpaikan ilman pölypitoisuuden mittaaminen suodatinmenetelmällä), SFS 3863 (leijuvan pölyn määrittäminen ilmasta) ja SFS 3866 (pölypäästön määrittäminen) mukaan.

3.2. Pölyn ja roskien määrät ja ominaisuudet

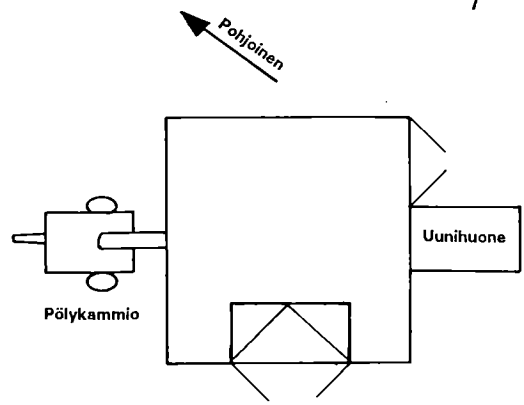
Viljan joukossa on aina pölyä ja roskia. Roskien määrä riippuu lähinnä viljan pintikosteudesta ja puimurin säädöistä. Lämminilmakuivaamossa pölyä ja roskaa pääsee kuivaamon ulkopuolelle kuivurin ilmanavasta, pohjaimurin ja esipuhdistimen poistoputkista sekä muista mahdollisista pölynpoistojärjestelmistä. Valtaosa roskista poistuu viljasta esipuhdistimen kautta jo kuivuria täytettäessä ja ensimmäisten kuivaustuntien aikana. Kuivauksen edistyessä roskamäärät pysyvät yleensä vakaalla tasolla. Koskaan ei roskien erottuminen lopu kokonaan. Viljasta irtoaa mekaanisen käsittelyn seurauksena pölyä ja kuorenkappaleita. Kuivuessaan suuremmat roskat, joita kuivauksen alussa ei pystytty erottelemaan, kevenevät niin paljon, että esipuhdistin pystyy poistamaan ne viljasta.

Kuvaan 2 on koottu esimerkinomaisesti roskien määrän, ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan kehittyminen kuivattaessa ohraa 10 m³ siilokuivurissa. Ohra kuvastaa hyvin kehitystä, sillä ohra yhdessä kauran kanssa on pölyävin vilja. Vehnää ja ruista kuivattaessa ovat pöly- ja roskamäärät pienempiä.

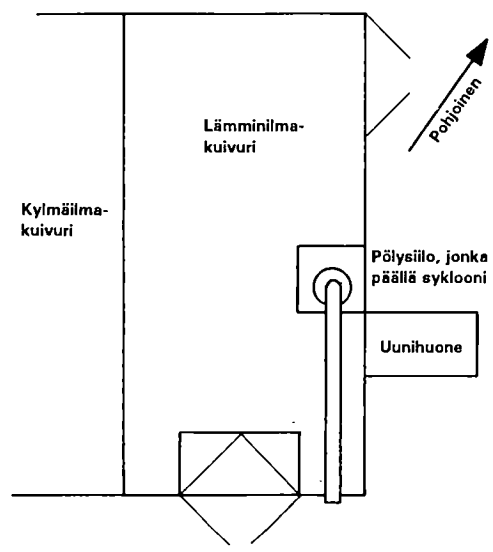
Kuivurin ilmanavasta kulkeutuvan pölyn ja roskan määrä riippuu kuivurin koosta ja toimintaperiaatteesta, kuivattavasta viljalajista, ilmamäärästä ja kuivausvaiheesta. Pölyn absoluuttinen määrä pysyy suhteellisen vakaana kuivauksen



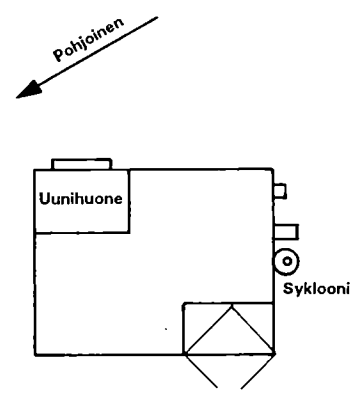
a) Pakettikuivaamo. Roskat esipuhdistimesta, pohjaimurista ja kuivausilmaputkesta johdettiin viljasiilosta rakennettuun pölysiiloon. Myös syklonia on mahdollista käyttää.



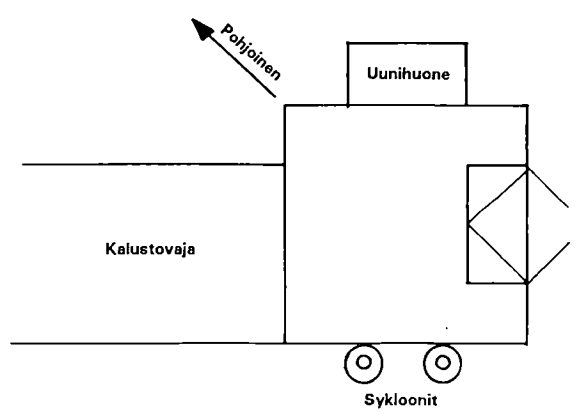
b) Pakettikuivaamo. Roskat esipuhdistimesta ja pohjaimurista johdettiin itsetehtyyn kuljetussäiliöön.



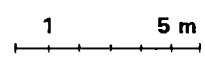
c) Pakettikuivaamo. Esipuhdistimen roskat johdettiin syklooniin, josta ne valuihin viljasiilosta rakennettuun roskavarastoon.



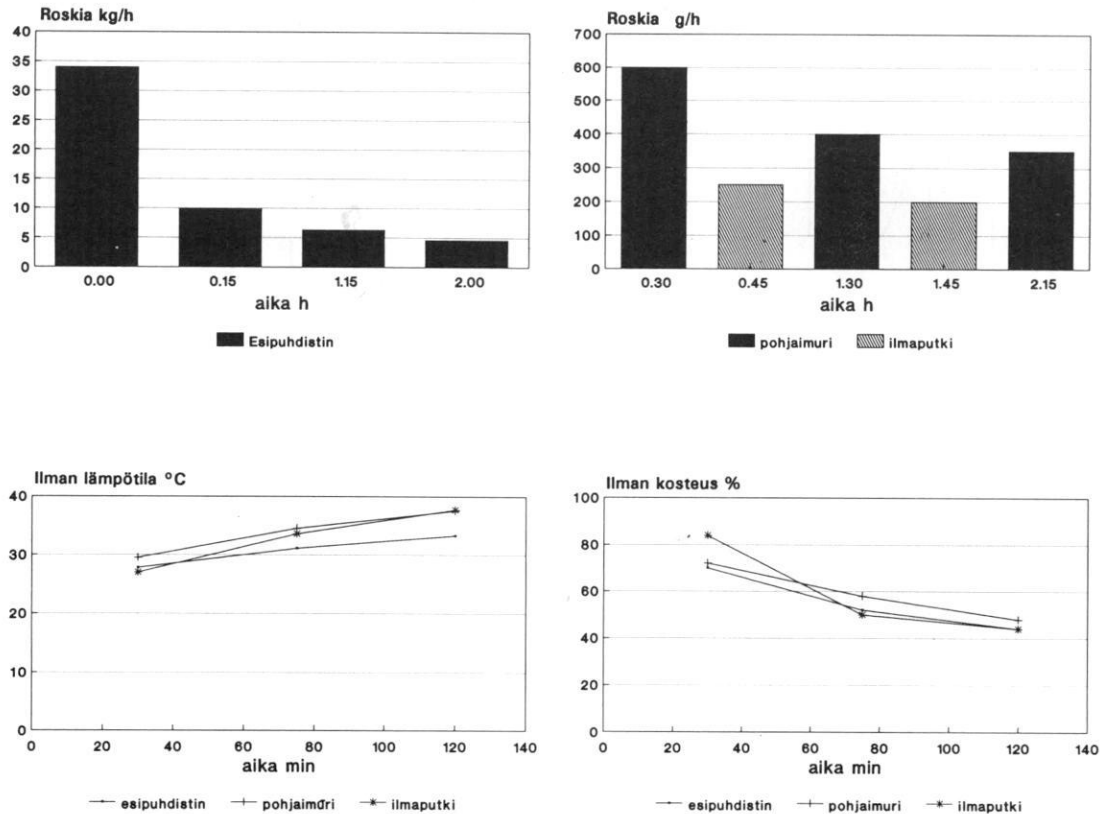
d) Puusta rakennettu kuivaamo. Esipuhdistimen roskat johdettiin seinustalla olevaan syklooniin.



e) Pakettikuivaamo. Esipuhdistimen ja pohjaimurin roskat johdettiin kumpikin omaan syklooniinsa.



Kuva 1. Tutkimuskohteet



Kuva 2. Esimerkki pölyn ja roskien määristä 10 m³ lämminilmakuivurissa ohraa kuivattaessa.

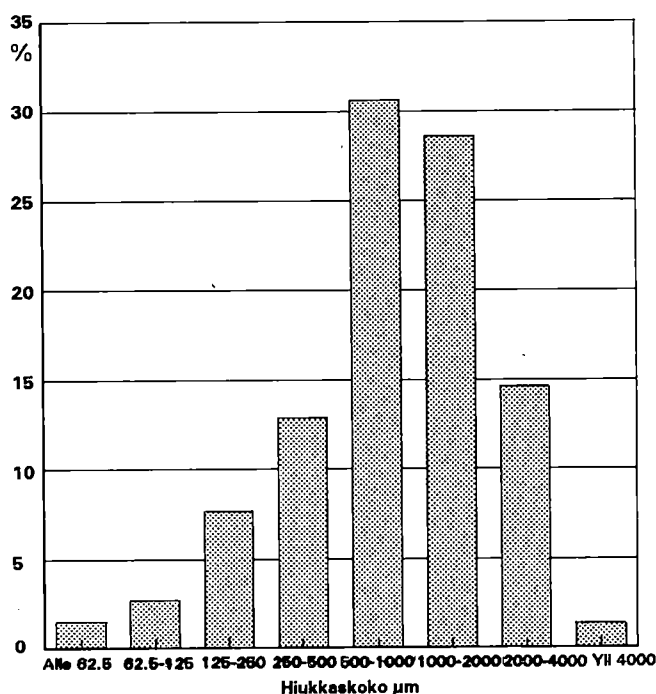
kuluessa kuitenkin siten, että poistoilman ollessa kylläistä pöly sitoutuu kuivausilmanakanavaan ja vesipisaroihin. Roskan kokojakauma muuttuu kuivauksen edistyessä siten, että kuivauksen loppuvaiheessa pölyn osuus on selvästi suurempi kuin kuivauksen keskivaiheilla. Keskimäärin pölyä ja roskia on 10 - 30 mg/m³ kuivausilmaa. Sopeutettuna ilmamäärään (10000-20000 m³/h kuivuriuunin koon ja vastapaineen mukaan) pölyn ja roskien määrä vaihtelee noin 100-500 g/h.

Esipuhdistin erottaa ja tuottaa suurimmat roskamäärät. Esipuhdistimen poistama roskamäärä on yleensä suurimmillaan kuivurin täytön aikana. Oleellinen vaikutus roskien määrään täyttövaiheessa on kuivurin täyttönopeudella ja esipuhdistimen ilmamäärän säädöllä. Pienempi vaikutus on viljalajilla ja kuivattavan viljan kosteudella. Kuivauksen aikana roskamääriin vaikuttavat lähinnä viljalaji ja esipuhdistimen ilmamäärä. Suurimmillaan poistettava määrä on noin 50 kg/h normaalitason ollessa noin 5 kg/h. Käytettävät ilmamäärät vaihtelevat normaalisti 1000 ja 2000 m³/h. Enimmillään roskia on esipuhdistimen poistoilmassa noin 50 g/m³.

Pohjaimurin poistamat roskamäärät ovat esipuhdistimen roskamääriä tuntuvasti pienempiä. Määrään vaikuttaa lähinnä ilmamäärän säätö. Yleensä määrät ovat noin 500 g/h. Ilmamäärät vaihtelevat normaalisti 500 ja 1500 m³ välillä tunnissa.

Pohjaimurin poistamassa roskassa on pölyä selvästi enemmän kuin esipuhdistimen roskassa.

Kuivurin poistoilmasta otettujen roskanäytteiden kosteus noudattaa yleensä viljan kosteutta siten, että kuivauksen alkuvaiheessa kosteus on viljan kosteutta selvästi suurempi. Muutaman tunnin kuluttua kosteus laskee viljan kosteuden alapuolelle ja seuraa sitä varsin tarkasti.



Kuva 3. Pölysiilosta kerättyjen roskien kokojakauma. $1000 \mu\text{m} = 1 \text{ mm}$.

Pölysiilosta kerätystä materiaalista analysoitu keskimääräinen roskien kokojakauma on esitetty kuvassa 3. Kuivauksen kuluessa roskien kokojakauma muuttuu. Kuivauksen alussa suurten roskien osuus on suuri. Mitä pitemmälle kuivauksessa edistytään sitä suuremmaksi kasvaa pölyn osuus. Keskimäärin pölyn osuus on roskasta 3 - 5 %.

Roskien tilavuuspaino vaihtelee normaalisti välillä $150 - 300 \text{ kg/m}^3$ sen mukaan miten ne ovat tiivistyneet ja mikä niiden kosteus on. Pölykammioon kerätty roska on yleensä tiiviimpää ja syklonilla kerätty roska löyhempää. Puhtaan pölyn tilavuuspaino on yleensä vähintään kaksinkertainen verrattuna pölyyn, jossa roskaa on runsaasti.

Roskien joukossa on myös mikrobeja. Erästä pölysiilosta otettiin näyte kuivauskauten jälkeen (taulukko 1). Puintikosteudet olivat olleet noin 20 %. Näytteen kosteus oli näytteenottohetkellä 13 %. Analyysin mukaan kuivassa, lämpimissä ja kuumissa oloissa viihtyviä sieniä ja niiden itiöitä on runsaasti. Myös

bakteereja esiintyy runsaasti. Tällaista pölyä voitaneen pitää terveydelle haitallisena, kun se esiintyy suurina pitoisuuksina.

Taulukko 1. Mikrobin kasvun runsaus. Kuopion aluetyöterveyslaitoksen analysoima näyte kuvan 1 a-kohdan kuivurista.

Tulokset ilmoitetaan suhteellisella asteikolla:

-	=	ei kasvua
+	=	niukka kasvu
++	=	kohtalainen kasvu
+++	=	rundas kasvu

Mikrobi/m-ryhmä	kasvun runsaus
Mesofiiliset sienet:	
Penicillium sp.	+++
Rhodotorula glutinis/hiivat	++
Cladosporium cladosporioides	+
Cephalosporium sp.	+
Hyalodendron sp.	+
Xerofiiliset sienet:	
Penicillium sp.	+++
Rhodotorula glutinis/hiivat	++
Aspergillus umbrosus	+
Termotolerantit sienet:	
Aspergillus fumigatus	+++
Mucor sp.	+
Penicillium sp.	+
Rhizopus nigricans	+
Termofiiliset aktinomykeetit:	
Thermoactinomyces vulgaris	+++
Thermoactinomyces thalophilus	+
Mesofiiliset bakteerit	
Streptomyces sp.	++

Xerofiiliset sienet = Aspergillus glaucus-ryhmän sienet ja muut kuivassa viihtyvät sienet

Termotolerantit sienet = viljan lämpenemistä ilmentävät sienet

Termofiiliset aktinomykeetit = viljan kuumenemistä ilmentävät "sädesienet"

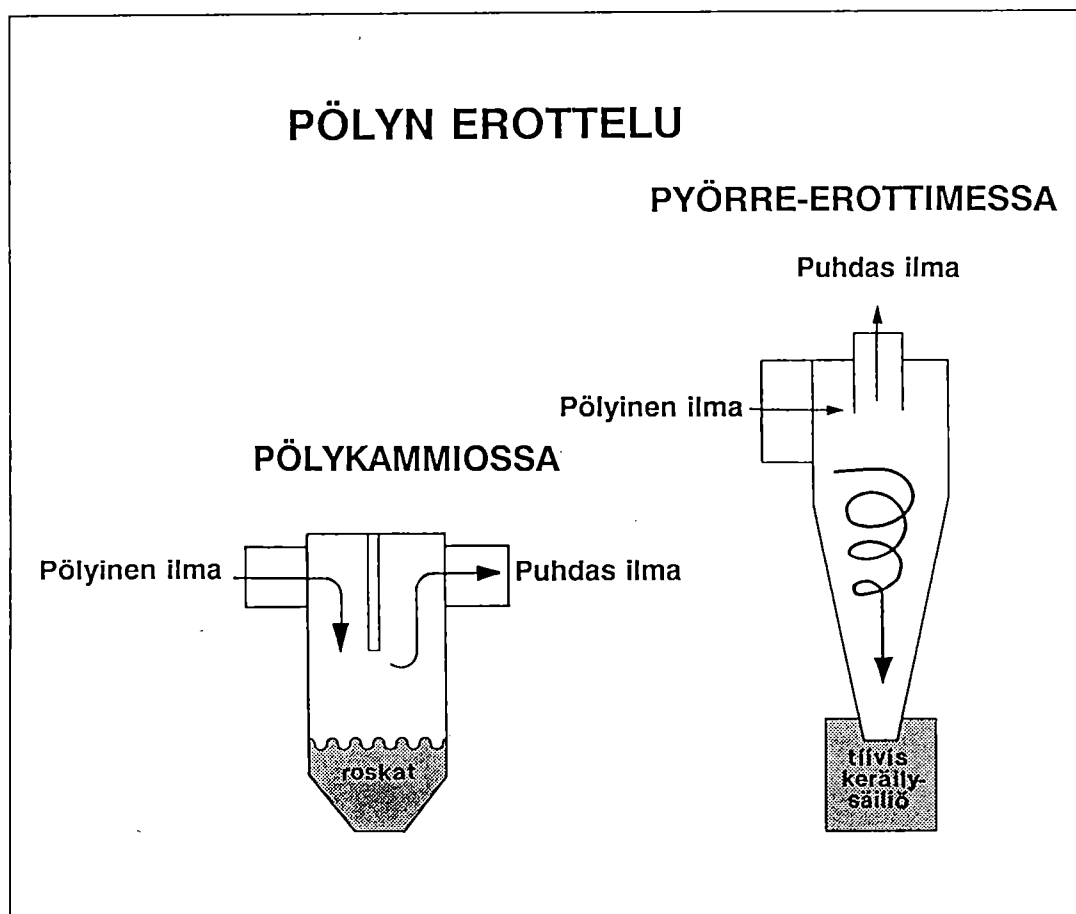
Roskia kertyy normaaleissa käyttöoloissa 3 - 5 kg yhtä kuivattavaa viljakuutiometriä kohti. Jos roskat kerätään talteen, on roskille varattava tilaa 0,2-0,3 m³ 10 viljakuutiometriä kohden.

3.3. Pölyn ja roskien erottelutavat

Pöly voidaan erotella kuivausilmasta sekä esipuhdistimen ja pohjaimurin poistoilmasta joko pölykammiolla tai syklonilla eli pyörre-erottimella. Pölykammion toiminta on yksinkertainen (kuva 4). Pölyinen ilma johdetaan kammioon putkella. Kammiossa ilman nopeus pienenee voimakkaasti, jolloin pölyhiukkaset laskeutuvat kammion pohjalle. GERECKEN (ref. LARSSON 1982) mukaan eri kokoisten hiukkasten laskeutumisnopeus on seuraava:

koko μm	8,2	10	12	16	20	24	30	38	55	80
laskeutumisnopeus mm/s	1	1,5	2,3	4	6	9	14	18	45	90

Esimerkiksi, jos halutaan erotella ilmavirrasta suurimpia pölyhiukkasia ($80 \mu\text{m} = 0,08 \text{ mm}$) tulee ilman nopeuden kammion poikkileikkauspintaa kohden olla alle $0,09 \text{ m/s}$.

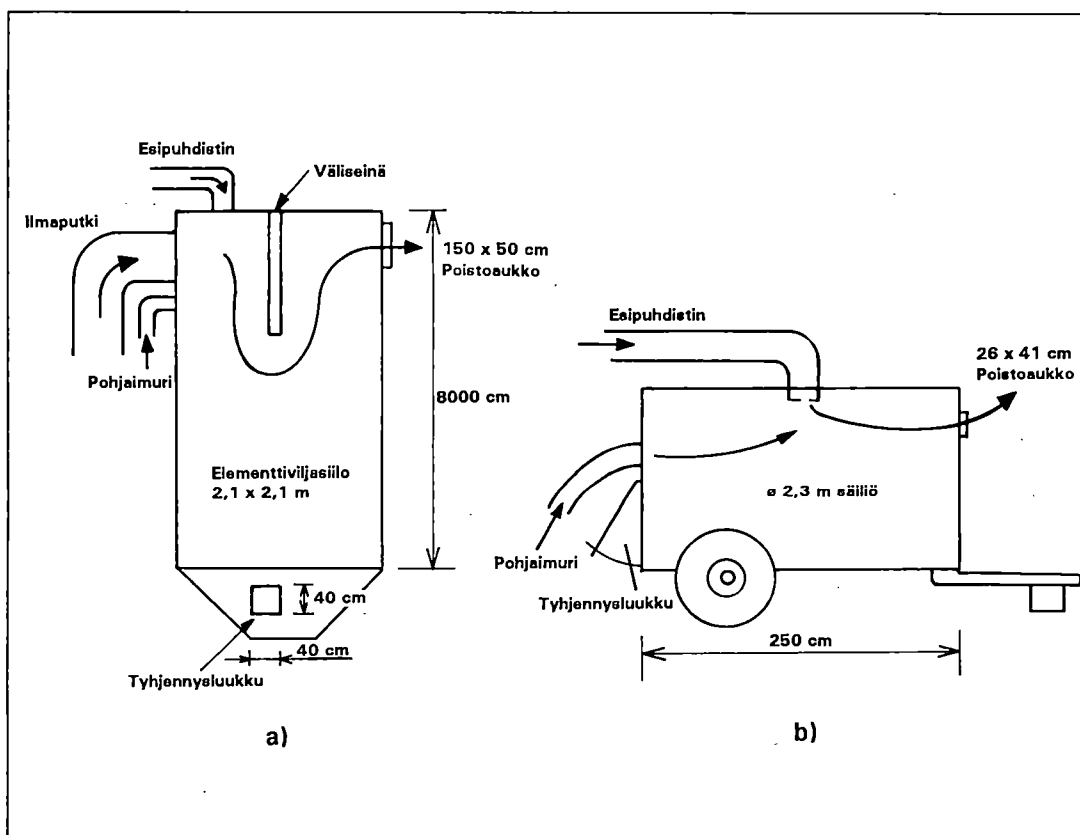


Kuva 4. Erotteluelimet ja erottelun periaate.

Pyörre-erottimen toiminta perustuu keskipakoisvoimaan. Roskainen ilma puhalletaan syklonin vaipan suuntaisesti yläierioon. Roskat ja pölyhiukkaset pyörivät kierteisesti syklonin seinämiä myöten purkuaukkoon. Puhdas ilma poistuu yläierion keskellä olevasta ilma-aukosta. Pölyn erotteluun tarkoitetuissa sykloneissa pystytään yleensä keräämään talteen suurin osa yli $50\ \mu\text{m}$ hiukkasista. Yleensä vain alle $10\ \mu\text{m}$ hiukkasets läpäisevät syklonin (esimerkiksi BAKER ja STEDRONSKY 1967).

3.3.1. Tutkitut pölykammiot

Tutkituista pölykammioista toinen oli rakennettu elementtiviljasiiloon (kuva 5). Kammion keskellä, ylhäällä oli 2 m korkea väliseinä. Kuivausilmaputki ja esipuhdistimen sekä pohjaimurin putket oli kaikki johdettu siiloon. Siilon ilmanpoistoaukon mitat olivat $50 \times 150\ \text{cm}$. Siilon pohjan särmään oli tehty $40 \times 40\ \text{cm}$ tyhjennysluukku, josta siilo tyhjennettiin perävaunuun. Roskat kompostoitiiin. Kuivauksen aikainen ilmamäärä siiloon vaihteli 15000 ja $20000\ \text{m}^3$ välillä tunnissa.



Kuva 5. Tutkitut pölykammiot.

Pölykammion erottelukyky oli heikko, jonka huomasi myös kuivaamon ympäristöstä. Kammion poistoaukko oli viereisen kylmäilmakuivurin katon ($200\ \text{m}^2$)

lappen kohdalla kuivurin seinustalla. Koko katto oli roskan peitossa noin 300 viljatonnin kuivauksen jälkeen. Paksuimmillaan roskaa oli katon harjalla noin 10 cm kerros. Suurimpien roskien pituus oli noin 10 mm.

Pölysiilon toimintaa tarkkailtiin tarkemmin kuivattaessa kauraa, jonka kosteus oli 19 %. Kuivausilman mukana pölysiiloon kertyi roskaa noin 4000 g/h. Pölysiilon läpi pääsi noin 1100 g/h. Toisin sanoen noin 25 % kuivurin tuottamista roskista joutui ympäristöön. Tulokset olivat ohraa kuivattaessa samanlaiset. Vehnää kuivattaessa päästöt olivat selvästi pienempiä. Luonteenomaista tuloksille on, että aivan kuivauksen alussa roskien ohivirtaus on vähäisempää kuin kuivauksen lopussa. Osaksi syynä on puhallusilman ja roskien kosteus, osaksi pienikokoisen roskan osuuden lisääntyminen kuivauksen kuluessa. Lähes kaikissa oloissa roskien ohivirtaus oli kuitenkin noin 25 %.

Pölysiilon huonoon erottelukykyyn oli syynä ilman liian suuri nopeus siilon sisällä ja poistoaukossa (noin 7 m/s). Pöly ja kevyet, suurikokoiset roskat eivät pysähtyneet siiloon.

Siilon tyhjennys perävaunuun oli hankalaa. Roskat holvautuivat siiloon jatkuvasti, vaikka roskien kosteus oli 13 %. Osaksi syynä oli siilon seinien epäedullinen muoto, osaksi ilmeisesti roskien jonkinasteinen palaminen ja paakkuuntuminen, josta on myös viitteitä roskista teetetyssä mikrobianalysissä. Roskia jouduttiinkin jatkuvasti pudottamaan peräkärriin. Työturvallisuuden kannalta tällainen siilon tyhjennys on arveluttavaa. Perävaunussa seisovan työntekijän hengitysvyöhykkeeltä mitatut pölypitoisuudet olivat 200 mg/m³ hengitysilmaa (HTP_{15 min} raja on 10 mg/m³). Myös altistuminen mikrobeille on ilmeinen.

Toisen tutkitun pölykammion toteutus oli erikoinen (kuva 5). Perävaunun rungolle oli sijoitettu ø 2,3 m lieriö, jossa oli kiinteät päädyt. Toisessa päädyssä oli ilmanpoistoaukko (mitat 26x41 cm) ja toisessa avattava, puolilympyrän muotoinen tyhjennysluukku. Kammioon oli ohjattu pohjaimurin ja esipuhdistimen putket. Mittausten aikana ilmamäärä kammioon oli noin 3500 m³/h.

Tämänkin pölykammion erottelukyky oli huono. Ohivirtaus oli noin 2 kg/h, kun kuivattiin ohraa, jonka vesipitoisuus oli 20 %. Huonoon erottelukykyyn oli syynä suuri (noin 10 m/s) ilmannoisuus kammion poistoaukossa. Myöskään putkien liitokset kammioon eivät olleet onnistuneet. Esipuhdistimen putki oli vedetty kammion päälle keskelle pystysuoraan ja pohjaimurin putki kammion takapäätyyn vaakaan. Lisäksi kammiossa ei ollut ohjaavia väliseiniä, jolloin pohjaimurin ilmavirta suorastaan työnsi esipuhdistimen roskaa kammion poistoaukkoon.

Suurimmat kammion läpäisseet roskat olivat kooltaan noin 10 mm. Maanpinta oli noin 10 m säteellä kammion ilmanpoistoaukosta pölyn ja pienten roskien peitossa.

Pölykammio tyhjennettiin kippaamalla. Kippausta vaikeutti kammion takapäädyn avautuminen vain puolilympyrän muotoiselta osalta sekä lieriön seiniin tarttunut

2-3 cm roskakerros. Osa roskista jouduttiin tyhjentämään kepakolla kopistaen. Roskien poltto maakuopassa kesti noin 2 viikkoa. Roskat paloivat hiljalleen kytemällä tuhkaksi. Katku ja savunmuodostus oli ajoittain voimakasta.

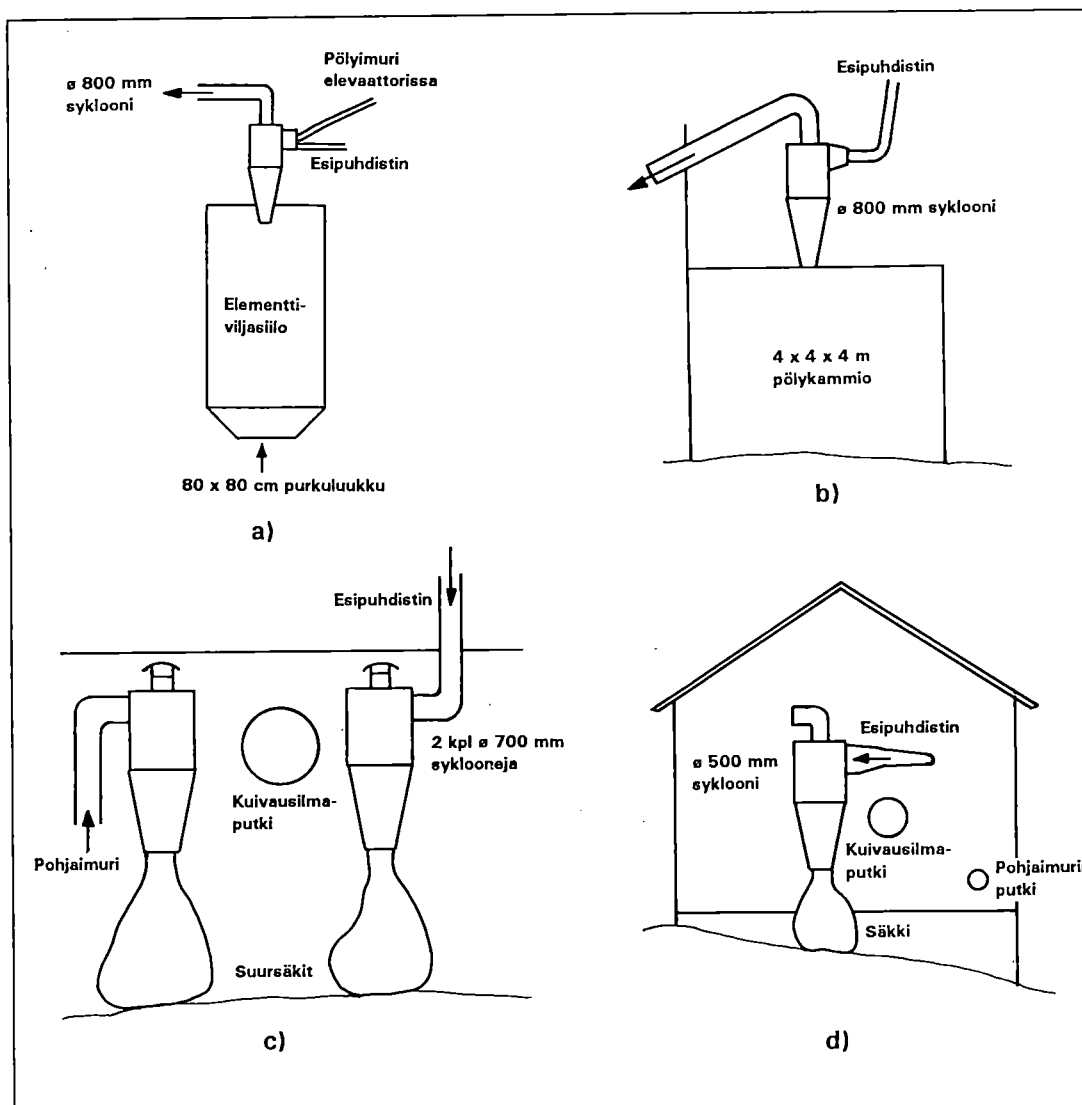
3.3.2. Tutkitut pyörre-erottimet

Pyörre-erottimien toiminta selvitettiin neljässä kohteessa (kuva 6). Ensimmäisessä kohteessa kuivaamon ylätasanteelle oli viljasiilon kanteen asennettu \varnothing 800 mm sykloni, joka oli alunperin varustettu noin 1 m korkealla pölysuodattimella (puuvillasukalla). Suodatin osoittautui huonoksi: se tukkeutui lähes välittömästi, minkä takia suodatin korvattiin \varnothing 400 mm ulosjohdetulla putkella. Esipuhdistin oli kytketty sykloniin. Pölysiilo tyhjennettiin siilon pohjalla olevasta 80x80 cm tyhjennysaukosta. Toisessa kuivaamossa (samassa, jossa kokeiltiin pölysiiloa) oli samanlainen sykloni, mutta syklonin purku oli ohjattu allaolevaan 4x4x4 m pölykammioon. Kolmannessa kuivaamossa oli kaksi \varnothing 700 mm syklonia kuivurin seinällä, joista toinen oli esipuhdistinta ja toinen pohjaimuria varten. Roskat kerättiin suursäkkiin. Neljännessä kuivaamossa oli \varnothing 500 mm sykloni kuivurin seinällä. Esipuhdistin oli johdettu sykloniin. Roskat kerättiin säkkiin.

Syklonit toimivat kaikissa tapauksissa moitteettomasti. Kuivattavan viljan alkukosteus vaihteli 15 ja 30 % välillä. Tukkeutumisia tai vastaavia käyttöhäiriöitä ei sattunut. Poistoilma oli valoa vasten katsottuna udun näköistä.

Syklonien erottelukyky oli varsin hyvä. Yleispiirteenä havaittiin, että mitä kostempaa vilja (ilma) on sitä parempi erottelukyky oli. Kun sykloniin johdettu ilma oli kylläistä eli ilman suhteellinen kosteus oli 100 %, ei syklonin poistoputkessa ollut mainittavia määriä pölyä. Kuivauksen edistyessä pölyn määrä kasvoi ja oli suurimmillaan kuivauksen loppuvaiheessa. Mittausten perusteella ei syklonien välillä ole oleellisia eroja erottelukyvyn suhteen. Suurimmillaan syklonin poistoilmaputkesta mitatut pölypitoisuudet olivat noin 70 mg/m³ ilmaa ja pienimmillään lähellä nollaa. Pölymäärät olivat suurimmillaan noin 100 g/h. Sykloniin tulevan roskan määrä oli tällöin noin 4000 g/h. Pölyä pääsi siis syklonista enimmillään 2.5 % koko roskamäärästä ulkoilmaan.

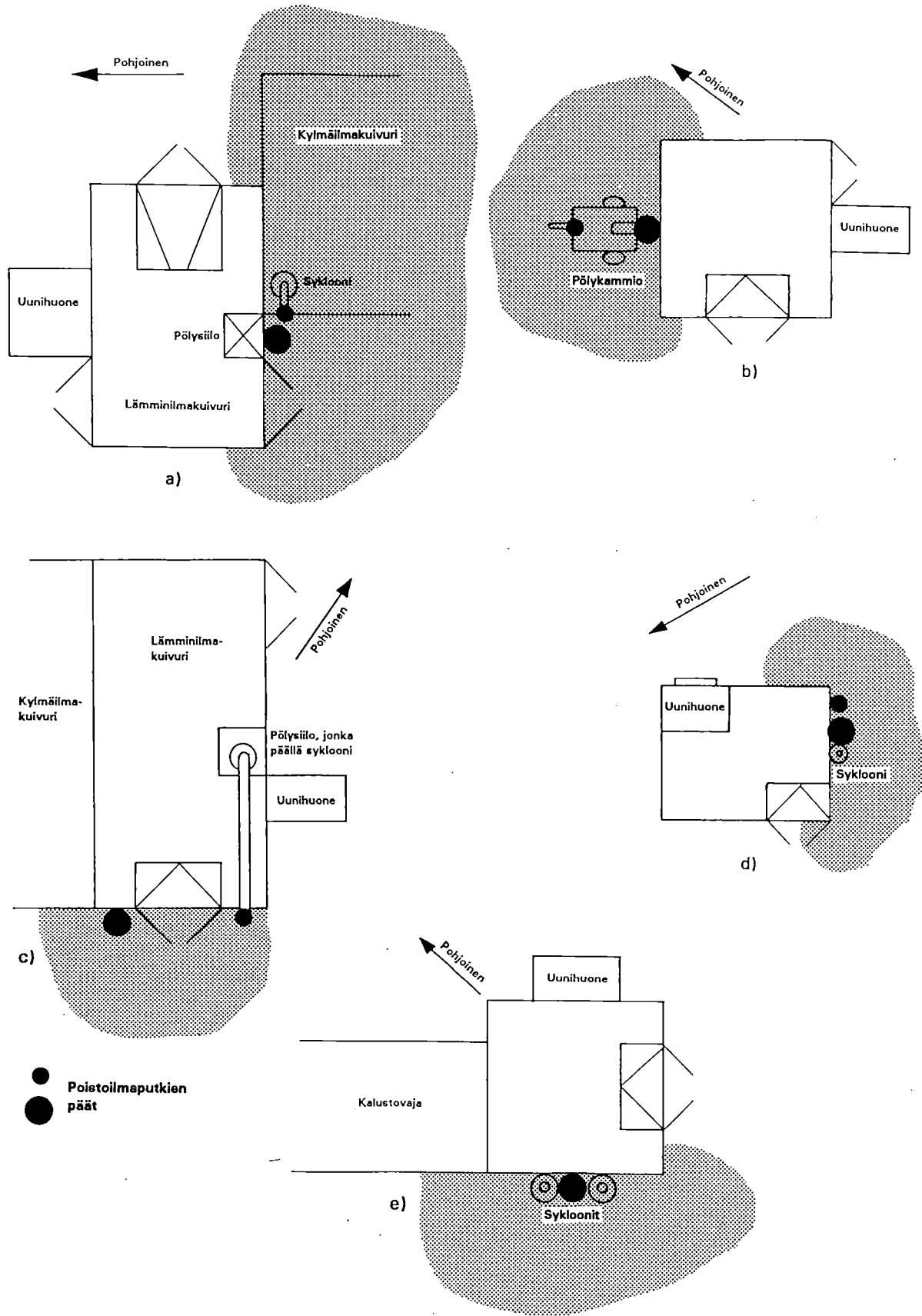
Elementtirakenteisen pölysiilon tyhjennys onnistui hyvin purkuaukosta kuorma-auton lavalle. Kopistelua ei tarvittu. Syynä oli pieni pintikosteus (n. 17 %). Suursäkkityhjennyksessäkään ei ollut ongelmia. Isäntä kuljetti suursäkit läheiseen metsikköön kompostoitavaksi.



Kuva 6. Tutkitut pyörre-erottimet.

3.4. Pöly kuivaamon ulkopuolella

Seurattaessa leijuvaa pölyä ja roskia kuivaamon välittömässä läheisyydessä johtopäätös on yksinkertainen. Ensinnäkin pölyt ja roskat kulkeutuvat aivan vallitsevien tuulisuhteiden mukaan. Toiseksi ilmassa on pölyä ja roskaa sen mukaan kuinka paljon sitä erotellaan poistoputkista. Täysin pölytöntä kuivaamon ympäristöä ei ole (kuva 7). Kuivausilmaputken ilmavirrasta mitattiin pölypitoisuuksia noin viiden metrin etäisyydellä kuivausilmaputken päästä. Syklonien ollessa toiminnassa olivat mitatut pölypitoisuudet 0,5-1,0 mg/m³. Määrä on niin pieni, että ei ole oleellista vaaraa roskien imeytymiseen kuivuriuuniin, jos ilmaputki on sijoitettu suositusten mukaisesti. Pölypitoisuudet nousivat 15 - 30 kertaisiksi, kun esipuhdistimen ilmavirta johdettiin samalle alueelle. Pölykammioita käytettäessä tulokset olivat samankaltaisia.



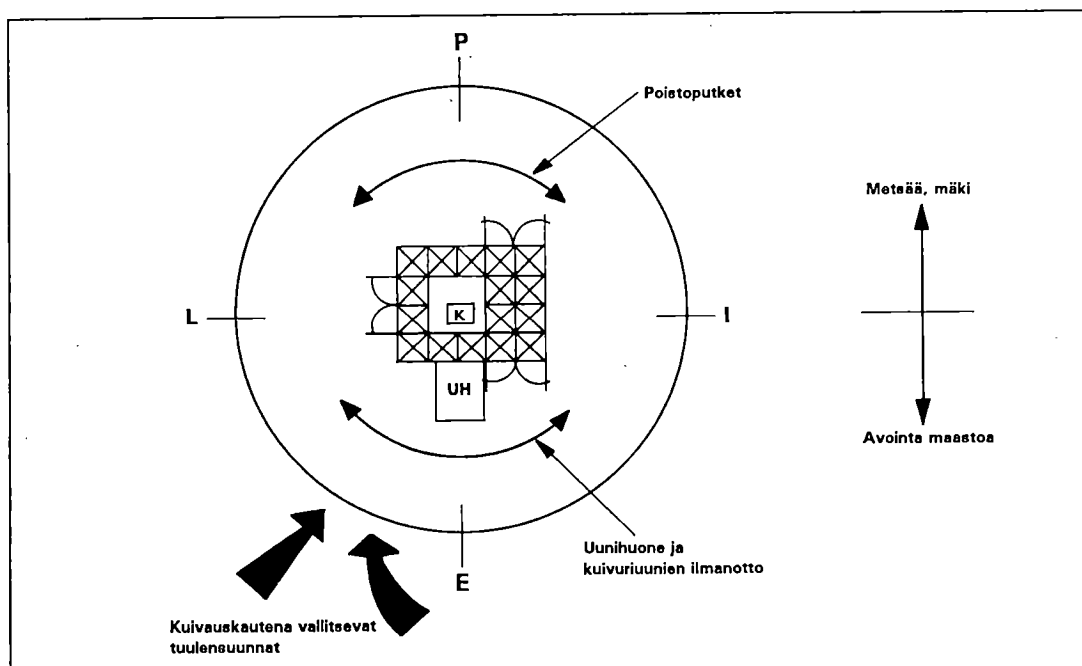
Kuva 7. Kuivaamoiden ympärillä maassa havaitut pölyt.

4. SUOSITELTAVAT PÖLYN JA ROSKAN POISTOTAVAT

Pölyn ja roskan erottelu olisi otettava huomioon jo kuivaamon suunnitteluvaiheessa. Pölyn ja roskien keräämisessä viljankuivaamossa ja roskanpoistolaitteiden valinnassa ja sijoittelussa on lähdettävä liikkeelle tilakohtaisten tekijöiden perusteella. Tehtävä investointi ei ole suoraan tuotannollinen investointi. Vaikutukset ovat välillisiä ja kohdistuvat pitkällä aikavälillä paloturvallisuuteen, työturvallisuuteen, työviihtyvyyteen ja ympäristön tilaan. Pölynpoistolaitteiston suunnittelijan on otettava huomioon tilan muu tuotantovälineistö ja suunniteltava laitteisto sen perusteella siten, että saavutetaan tyydyttävä torjunnan taso mahdollisimman pienillä kustannuksilla ottaen huomioon myös käytön helppous ja työturvallisuus. Esimerkiksi ei ole mielekästä suunnitella pölynkeruuta perustuvaksi suursäkkeihin, jos tilalla ei entuudestaan ole kalustoa suursäkkien käsittelyyn.

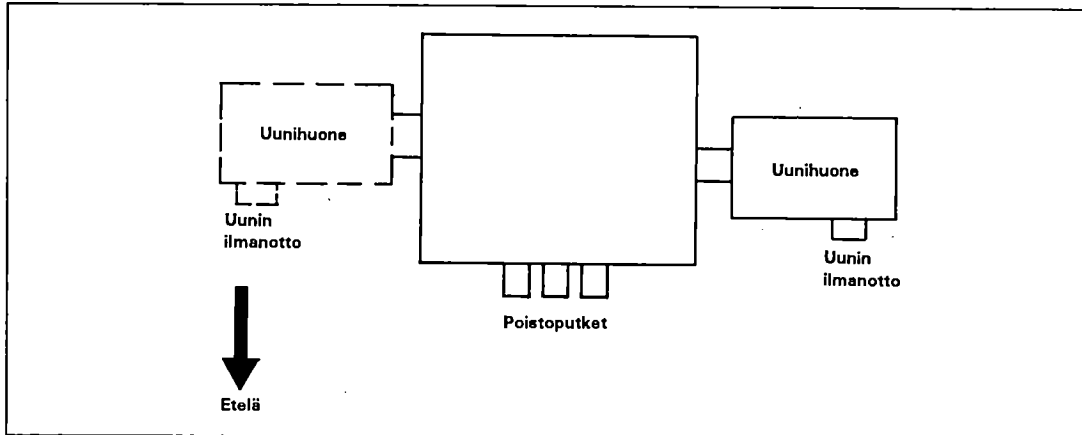
4.1. Kuivaamon ja putkistojen sijoittelu

Pölyjen torjunnassa on lähdettävä liikkeelle ilmaputkien ja roskaputkien sijoittelusta. Aina olisi pyrittävä siihen, että uunihuone sijoitetaan kuivaamorakennuksen itä-etelä-länsipuolelle jo yksinomaan energiansäästömahdollisuuksien takia (kuva 8). Myös kuivauskauden aikana vallitsevat yleiset tuulensuunnat tukevat tätä käsitystä (kuva 10). Kuivaamon poistoputket sijoitetaan tällöin edullisimmin rakennuksen pohjoispuolelle, jolloin niistä leviävä pöly suuntautuu rakennuksesta pois päin. Toisin sanoen silloin, kun kuivuri ja sen laitteet on sijoitettu energiataloudellisesti oikein, myös roskien ennakkotorjunta on tehty oikein.

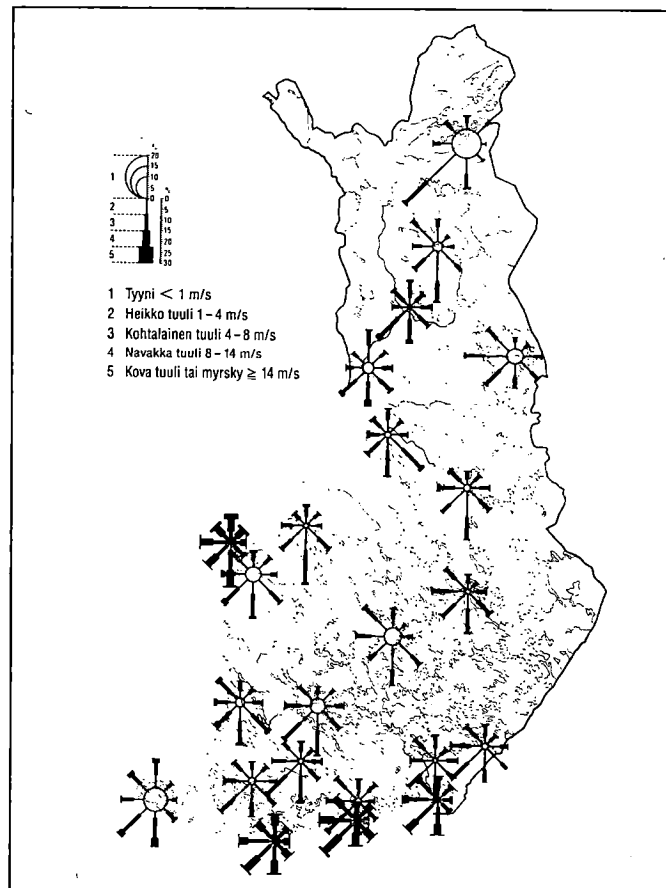


Kuva 8. Ilmaputkien sijoittelu kuivaamossa.

Mittaukset osoittavat selkeästi, että epäedullinen putkien sijoittelu ja kuivuriuunin ilmanottoaukkoon suuntautuva tuuli voivat aiheuttaa kuivurin poistoilmassa olevien roskien joutumisen kuivuriuuniin, jos roskaa ei kerätä talteen. Erityisen hankalia ovat kuvan 9 mukaiset ratkaisut, joissa kuivurin poistoaukot ovat eteläpuoleisella seinällä ja uunin ilmanotto joko samalla tai vierekkäisellä seinällä. Tuloksena on voimakas takaisinkierto kuivuriuuniin etelätuulen vallitessa. Erityisesti tällaisissa tapauksissa tulisi ryhtyä pölyntorjuntatoimiin.



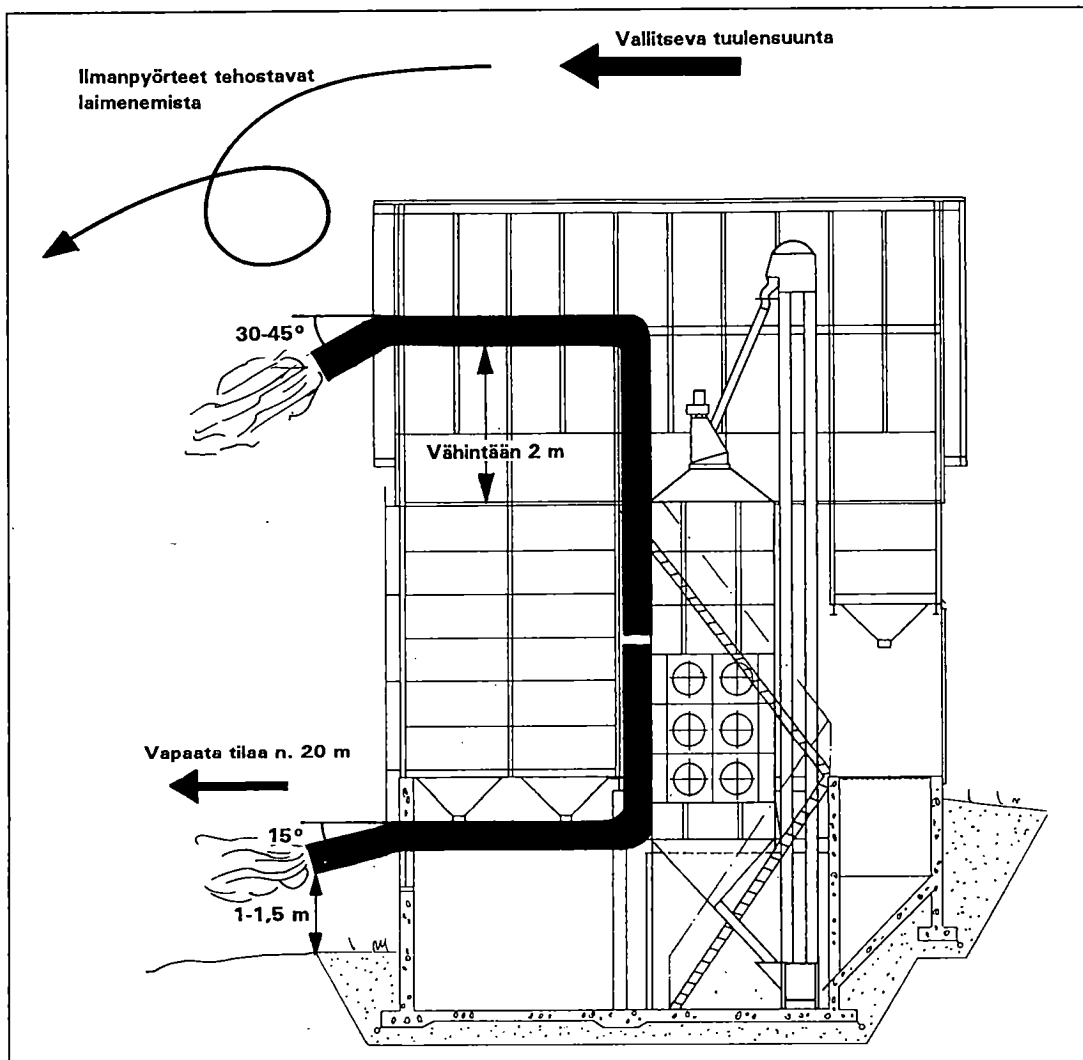
Kuva 9. Epäedullinen putkien sijoittelu.



Kuva 10. Syksyn tuulijakauma.

Myös paikallinen pinnanmuodostus on otettava huomioon. Kuivuria sijoitettaessa on huomattava, että ilmavirtaukset suuntautuvat alarinteestä ylöspäin ja lämpimästä kylmään. Rakennuksen suojanpuolelle muodostuu tuulella aina pyörteitä, jotka tehostavat pölyisen ilman sekoittumista ympäröivään ilmaan. Poistoputkien ympärillä tulisi olla n. 10-15 m esteetön alue, koska kuivausilmaputken heittopituus on tätä luokkaa.

Tyydyttävään erottelutulokseen päästään, kun roskat kerätään talteen esipuhdistimesta. Myös pohjaimuri ja muut mahdolliset pienet (alle 2000 m³/h) puhaltimet kannattaa johtaa pölynpoistosysteemiin. Kuivurin ilmaputkesta tulee kyllä roskaa kohtalaisen paljon, mutta niiden kerääminen edellyttää suuria ja kalliita laitoksia, joiden kannattavuus on kyseenalainen saatuun hyötyyn nähden. Jos ilmaputkesta halutaan kerätä roskat talteen, on erottelevaksi laitteeksi suositeltavampaa valita sykloni kuin pölykammio.



Kuva 11. Kuivurin ilmaputken oikea asennustapa lähelle maanpintaa. Asennus lähelle kuivamon katonharjaa on myös mahdollinen.

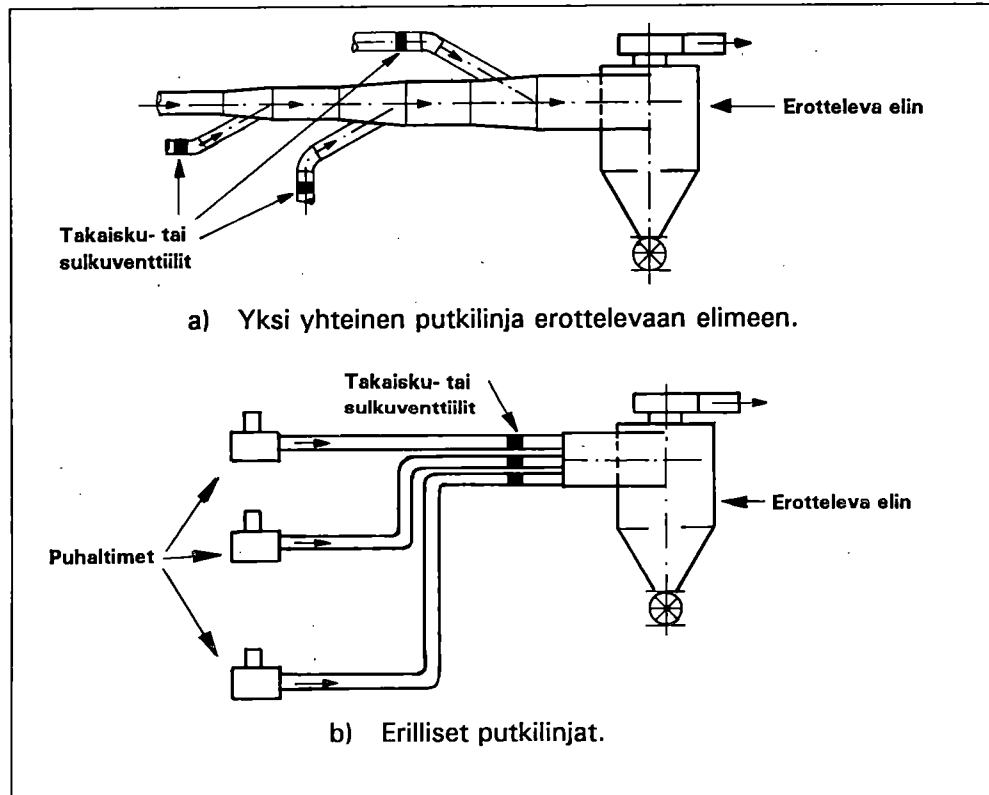
Ilmaputkesta tulevien pölyjen haittoja vähennetään tyydyttävälle tasolle, kun ilmaputki suunnataan oikein (kuva 11). Ilmaputki voidaan viedä lähelle maanpintaa loivassa n. 15° kulmassa maanpintaan nähden. Roska ja pöly sitoutuvat maanpintaan varsinkin, jos alue on hoidettua nurmea. Toinen mahdollisuus, vaikkakaan ei yhtä suositeltava, on, että putki viedään ylös, mielellään aivan katon harjalle, josta roskat leijailevat ympäröivän ilman mukana kauemmas ja sekoittuvat ja laimenevat. On muistettava, että tällaisiin pitkiin ilmaputkiin on rakennettava tarkastus- ja nuohousluukkuja.

Luontevat erottelukohteet ovat siis esipuhdistimen ja pohjaimurin putket. Jos kuivaamossa on muita pölynpoistoimureita, nekin on syytä kytkeä tähän systeemiin. Rakennettaessa putkistoja on otettava huomioon mm. kuvissa 12-14 esitetyt asiat. Kaikki pölynpoistoputkistot on rakennettava kuivaamon sisäpuolella ilmatiiwiiksi. Varsin käyttökelpoinen ja edullinen putkimateriaali on \varnothing 200-250 mm kierresaumaputki. Putkiston on oltava ilmatiivis. Se saadaan tiiviiksi helpoimmin käyttämällä tarkoitukseen valmistettuja kumitiivisteisiä yhteitä (kuva 14). Putkisto voidaan tehdä periaatteessa kahdella tavalla: vetämällä jokaisesta puhaltimesta erillinen putki erottelulaitteeseen tai yhdistämällä putket mahdollisimman lähellä puhaltimia yhteiseksi putkeksi. Tällöin putkiston putkikokoa tulisi aina suurentaa niin, että putkistojen poikkileikkauspinta-alat ennen ja jälkeen yhteen ovat samat. Putkistoa rakennettaessa tulisi pyrkiä mahdollisimman suoriin ja lyhyisiin putkivetoihin vastapaineen pitämiseksi pienenä. Taulukossa 2 on esitetty yleisimpien kierresaumaputkien ja yhteiden painehäviöt. Karkeana nyrkkisääntönä voidaan pitää, että pölynpoistolaitteiston kokonaisvirtausvastus ei saisi ylittää 500-600 Pa. Suuremmat virtausvastukset saattavat jo vaikuttaa oleellisesti puhaltimen ilmamäärään.

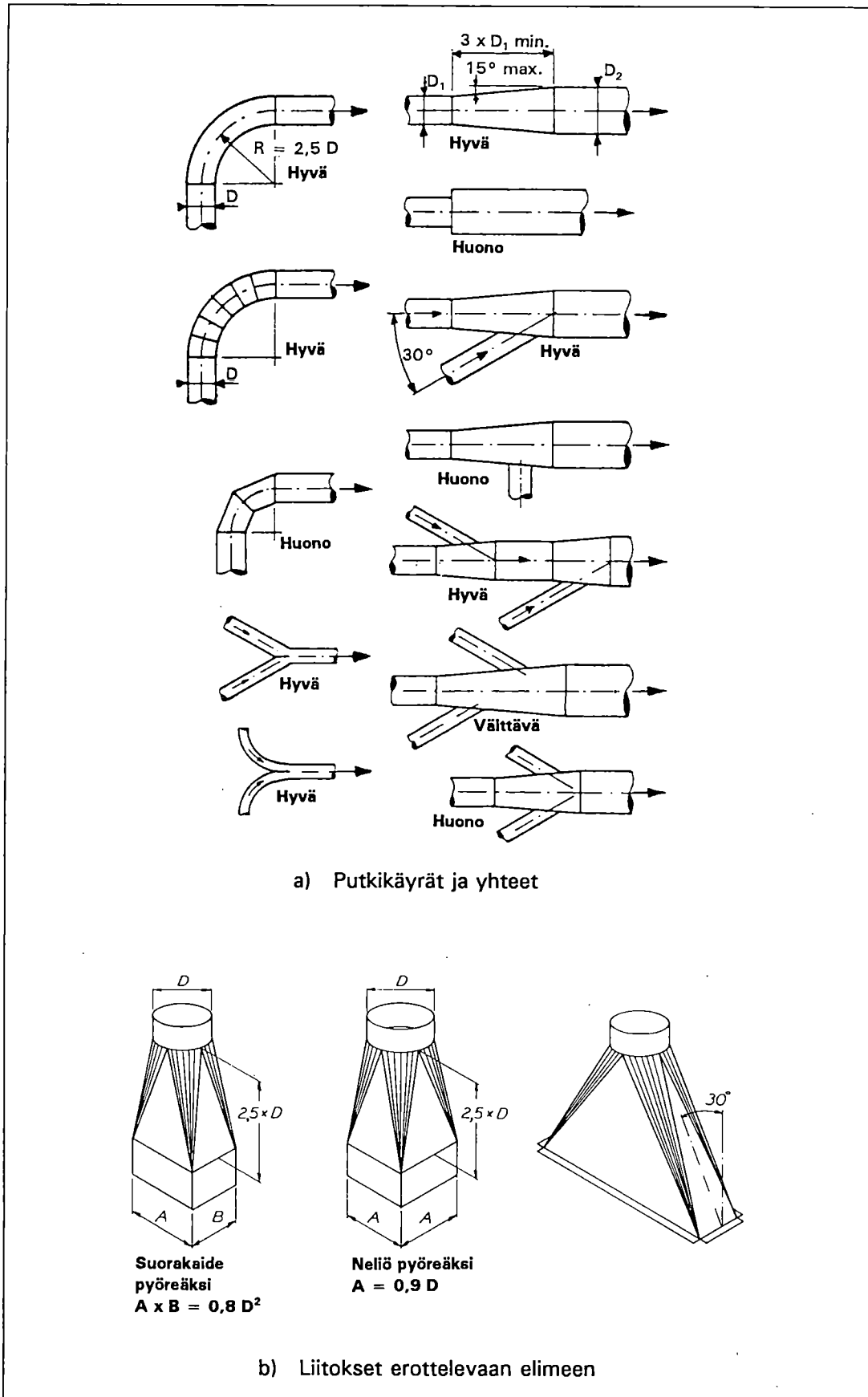
Takaisku- tai sulkuventtiilit putkiston haaroissa ovat välttämättömät, jos halutaan käyttää puhaltimia toisistaan riippumatta. Putkistot tulisi aina asentaa joko vaaka- tai pystysuoraan. Kokemus on osoittanut, että pohjaimurinkin putki voidaan vetää kuivaamon yläsanteelle, jos putkivedot halutaan tehdä keskitetysti esim. kuivaamon yläsanteella sijaitsevaan erotteluelimeen. Pitkiin putkivetoihin on aina rakennettava tarpeellinen määrä tarkastusluukkuja.

Taulukko 2. Kierresaumaputken painehäviöt.

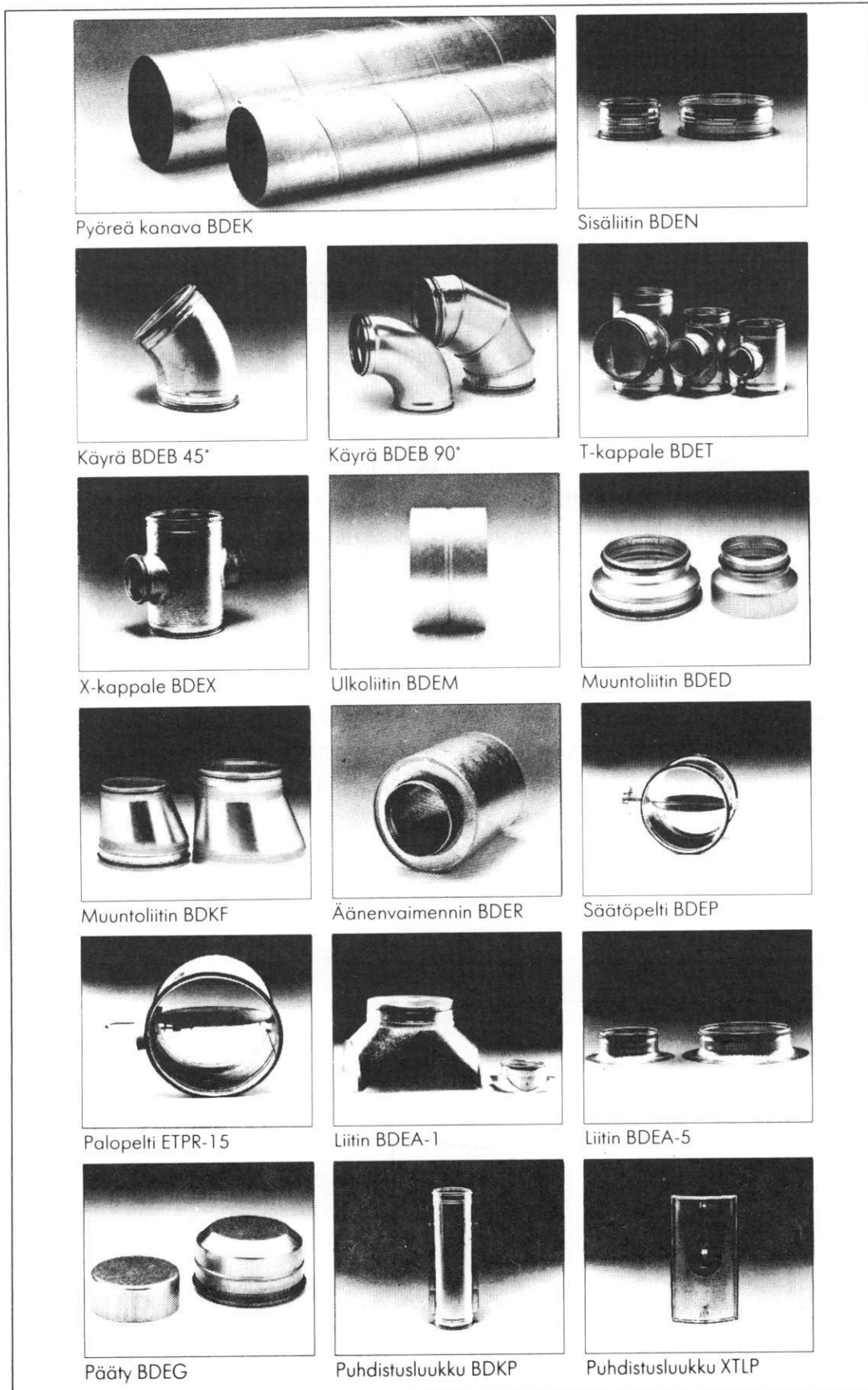
Halkaisija mm	Taivutussäde mm	Painehäviö, Pa								
		m suoraa putkea ilmannopeus			90° käyrä ilmannopeus			45° käyrä ilmannopeus		
		12 m/s	15 m/s	17 m/s	12 m/s	15 m/s	17 m/s	12 m/s	15 m/s	17 m/s
63	100	31	42	56	35	45	62	17	23	31
80	100	25	32	45	32	42	60	16	21	30
100	100	18	25	34	30	40	56	15	20	28
125	125	15	18	25	28	37	50	14	18	25
160	160	10	14	18	25	35	48	13	17	24
200	200	8	11	15	24	32	45	12	17	23
250	250	6	8	11	22	31	43	11	16	22
315	315	5	6	8	21	30	40	11	15	20
400	400	3	5	6	24	32	45	12	17	23
500	500	3	3	5	22	31	42	11	16	21



Kuva 12. Periaatteelliset putkivetojen vaihtoehdot.



Kuva 13. Putkistojen oikea muotoilu



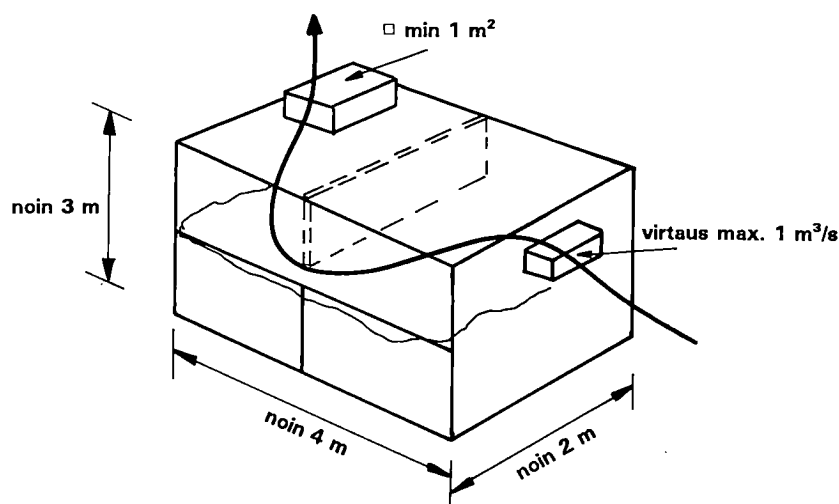
Kuva 14. Kaupallisesti valmistettuja putkiyhteitä.

4.2. Roskien erottelu

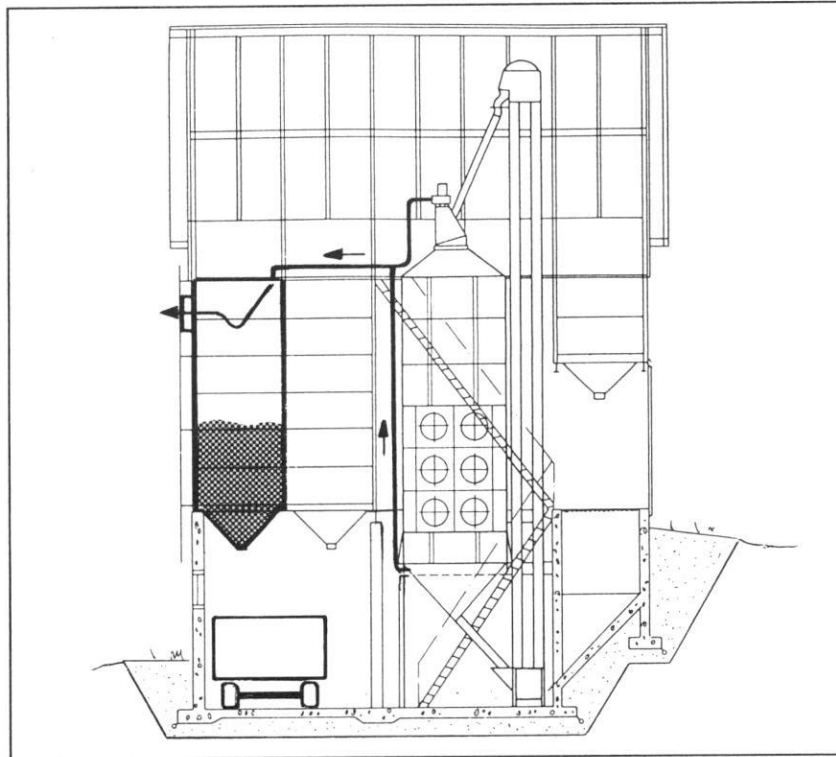
Roskien erottelussa voidaan käyttää joko pölykammiota tai pyörre-erotinta. Pyörre-erotin on suositeltavampi vaihtoehto, koska sen erottelukyky on normaalitapauksissa tuntuvasti pölykammiota parempi.

4.2.1. Pölykammio

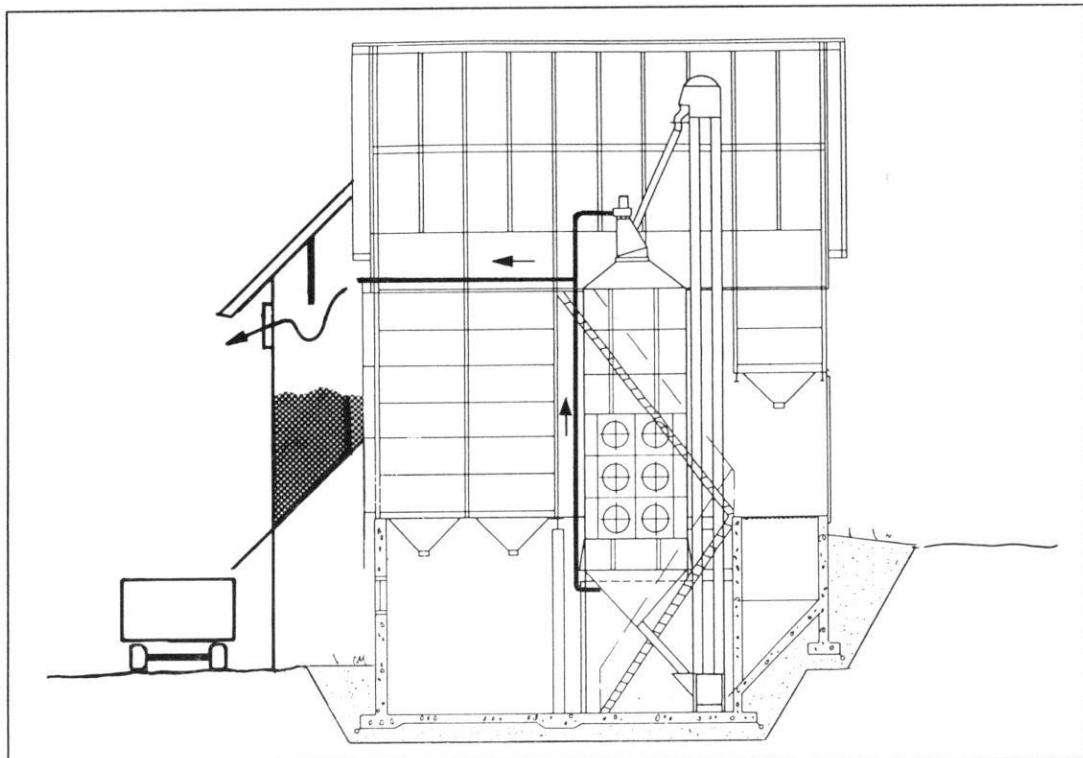
Jos roskien erotteluelimeksi valitaan pölykammio, on otettava huomioon erityisesti pölykammion tekninen toteutus ja kammion tyhjennystapa. Tutkitut pölykammiot eivät sellaisenaan sovellu tarkoitukseen. Pölykammion suunnittelussa on pyrittävä siihen, että ilma muuttaa useita kertoja suuntaa, jolloin keskipakovoima tehostaa pölyn ja roskien erottumista ilmapirrasta. Ilm nopeuden on pienennettävä tasaisesti pölykammion poistoaukkoa kohti, jotta kevyet ja suurikokoiset hiukkaset ehtivät laskeutua kammioon. Tämä saadaan aikaan vain rakentamalla ohjaavia seinämiä kammioon ja mitoittamalla kammio ja ilman poistoaukko väljästi. Tällöin ei pölykammio aiheuta mainittavaa vastapainetta. On kuitenkin huomattava, että jos pyritään kovin pienten hiukkasten erotteluun, kasvavat pölykammion mitat epärealistisen suuriksi. Esimerkiksi kuivurin ilmaputkeen liitetyn pölykammion poikkileikkauspinta-alan ilmapvirtaan nähden tulisi olla noin 40 m^2 , jotta edes teoriassa olisi mahdollista erotella $80 \mu\text{m}$ kokoluokkaa olevat eli suurimmat pölyhiukkaset. Tutkitussa kuivaamossa tämä ala oli 2 m^2 . Tutkitussa lieriömäisessä kammiossa ilm nopeus laski teoriassa noin $0,15 \text{ m/s}$:ssa, mutta erottelukyky ei kuitenkaan ollut mainittava osaksi virheellisten putkivetojen takia. Esimerkki periaatteiltaan oikeasta kammioista on kuvassa 15.



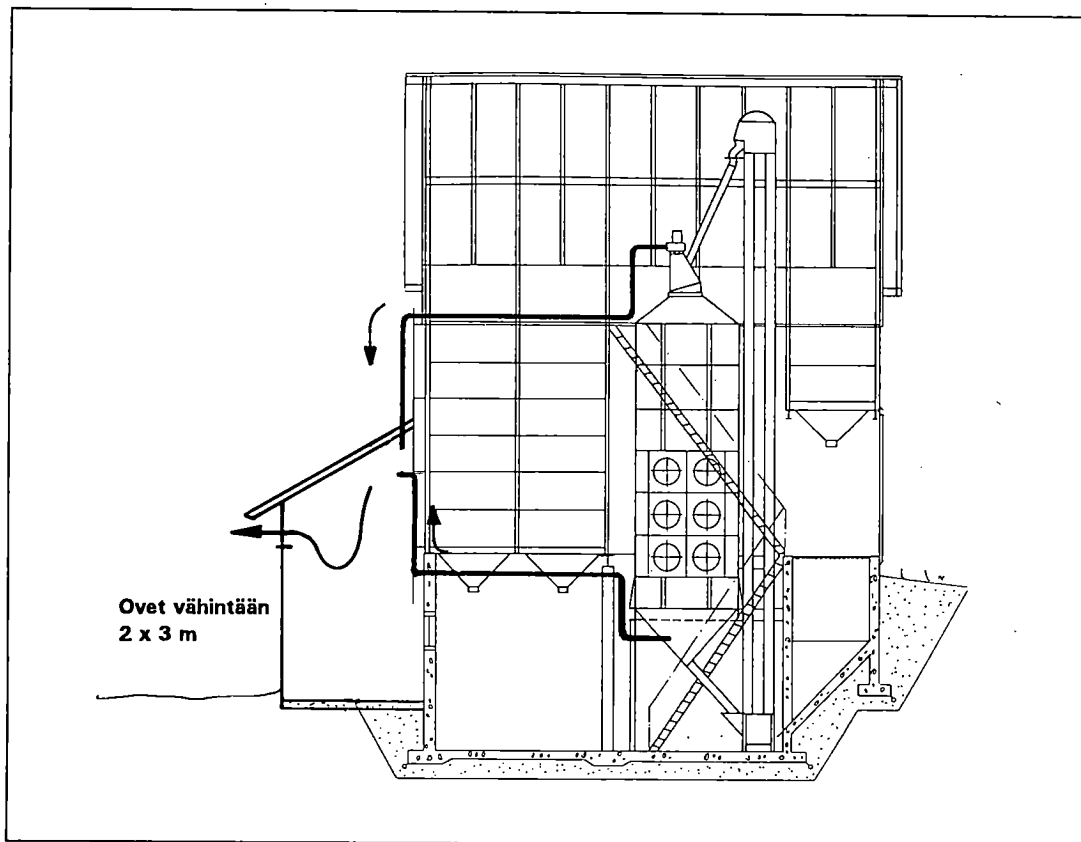
Kuva 15. Periaatteiltaan oikea pölykammio.



Kuva 16 a. Varataan elementtiviljasiilo pölykammioksi, lastaus peräkärriyn.



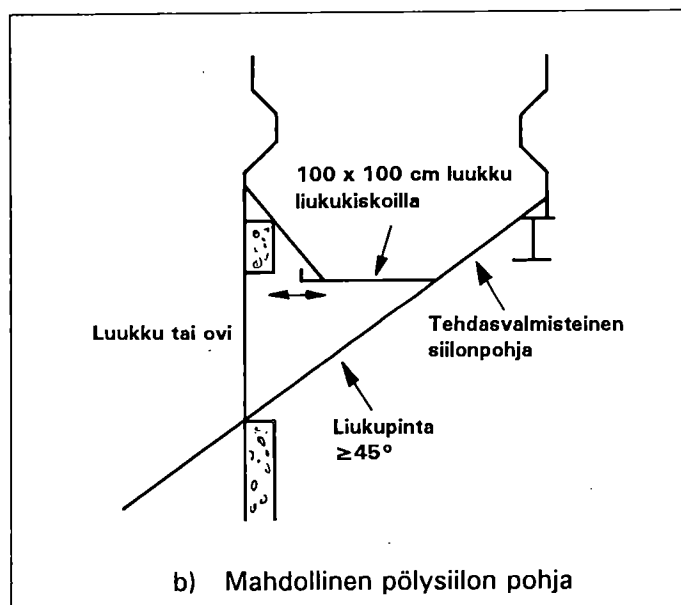
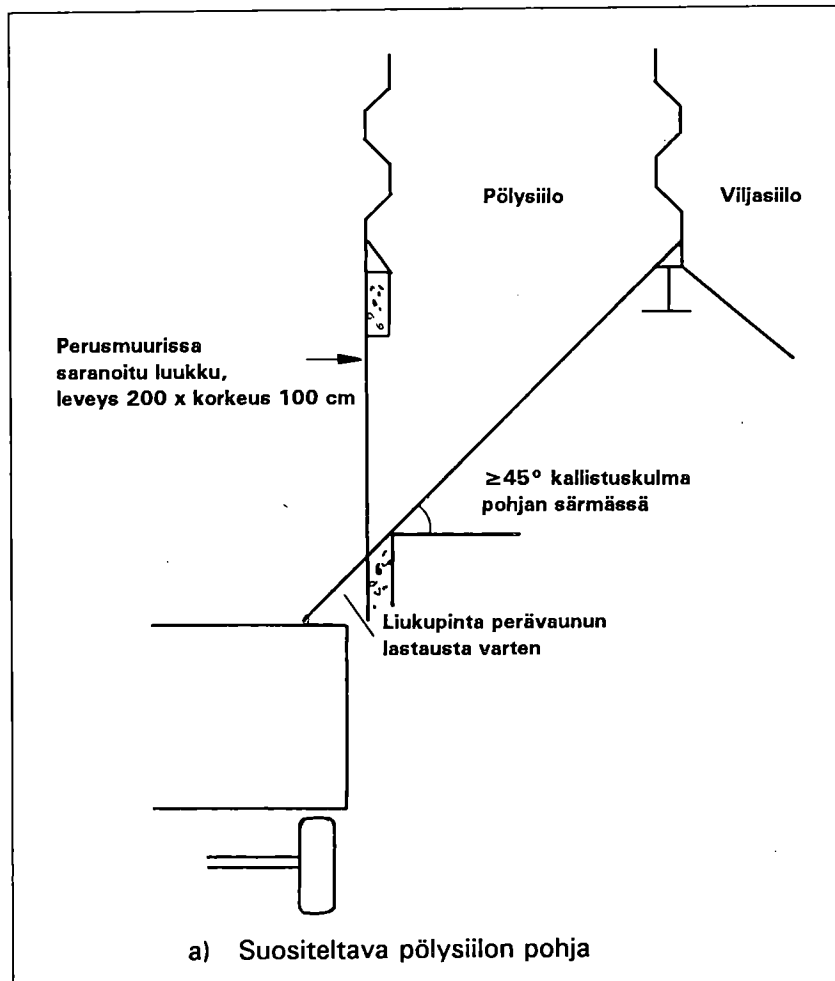
Kuva 16 b. Pölykammio rakennettu kuivaamon ulkopuolelle, lastaus peräkärriyn.



Kuva 16 c. Pölykammio kuivaamon ulkopuolella,
lastaus etukuormajalla.

Pölykammio pitäisi sijoittaa kuivaamon seinien ulkopuolelle, koska kuivaamon sisälle rakennetussa kammiossa ongelmina ovat kammion riittävä tiivistys ja kammion tyhjennystavan saaminen järkeväksi (kuva 16). Pöly karkaa pienestäkin reiästä kuivaamon sisäilmaan. Useimmissa tapauksissa kammion tyhjentäminen kuivurin sisäpuolella on mahdoton järjestää niin, että se olisi työturvallisuuden tai työterveyden kannalta järkevää. Kuivaamon sisäpuolella oleva pölysiilo muodostaa aina myös suuren paloriskin, onhan pöly ja roska kuivaa ja helposti syttyvää.

Pölykammion tyhjennysaukot on suunniteltava tyhjennystavan mukaan (kuva 17). Aina on pystyttävä kolistelemaan holvaantuvaa materiaalia kuivaamon ulkopuolelta. Järkevät tyhjennystavat ovat painovoimaan perustuva valutus perävaunuun ja kuormaus etukuormaimella. Tyhjennysaukon minimikoko on 1x1 m. Jos kammio tyhjenetään etukuormaimella tulisi kammion aukon leveyden olla vähintään kolme metriä.

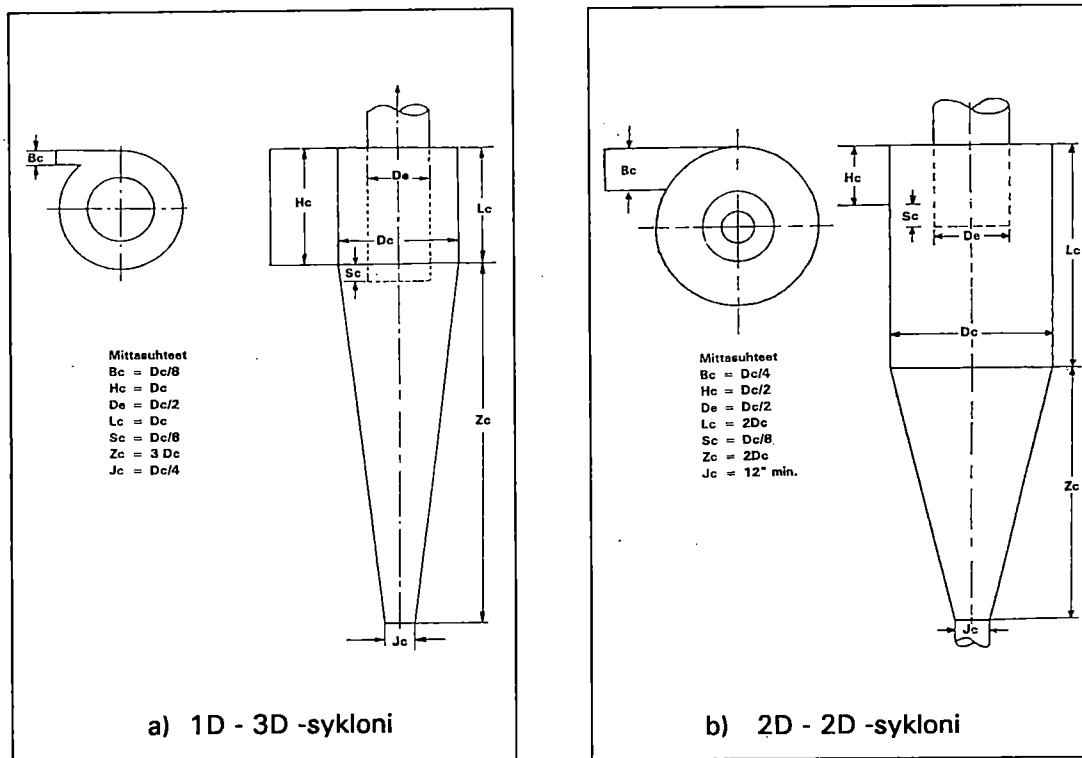


Kuva 17. Pölykammion pohjan muotoilu.

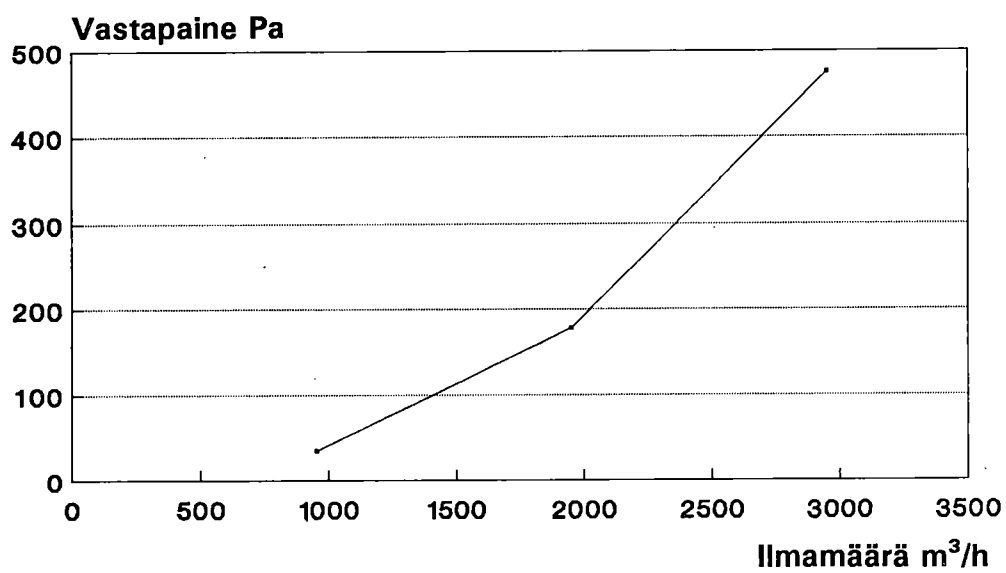
Kammion pohjamateriaali on valittava tyhjennystavan mukaan. Esimerkiksi etukuormaintyhyjennyksessä ainoa oikea materiaali on betonilaatta. Kammion seinämämateriaalina on käytettävä sileäpintaista kosteutta kestävästä materiaalista. Pelti ja filmivaneri ovat käyttökelpoisimmat. Seinämien lujuus voidaan suunnitella normaalisti 300 kg/m^3 tilavuuspainon perusteella, kun täyttökorkeus ei ylitä 5 metriä. Kammion tilavuus mitoitetaan edellä esitetyillä periaatteilla ja lisäksi varataan roskille varastotilaa sen mukaan kuinka usein kammio tyhjennetään kuivauskauden aikana. Normina voi käyttää tilavuutta $0,3 \text{ m}^3/10 \text{ m}^3$ viljaa.

4.2.2. Sykloni

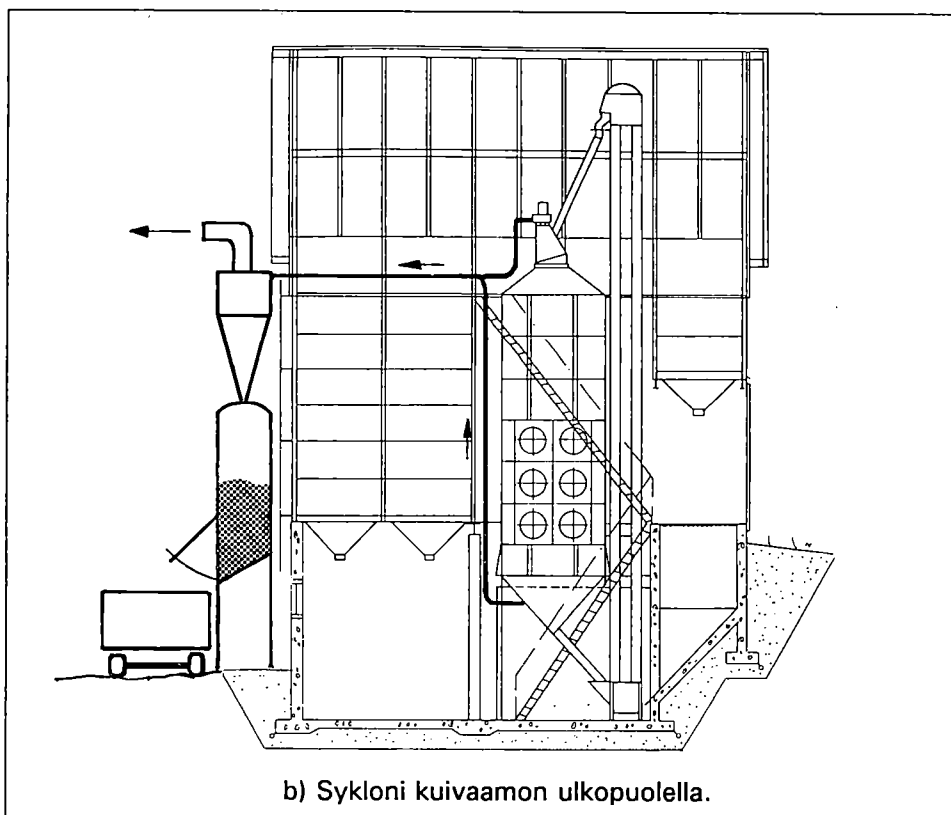
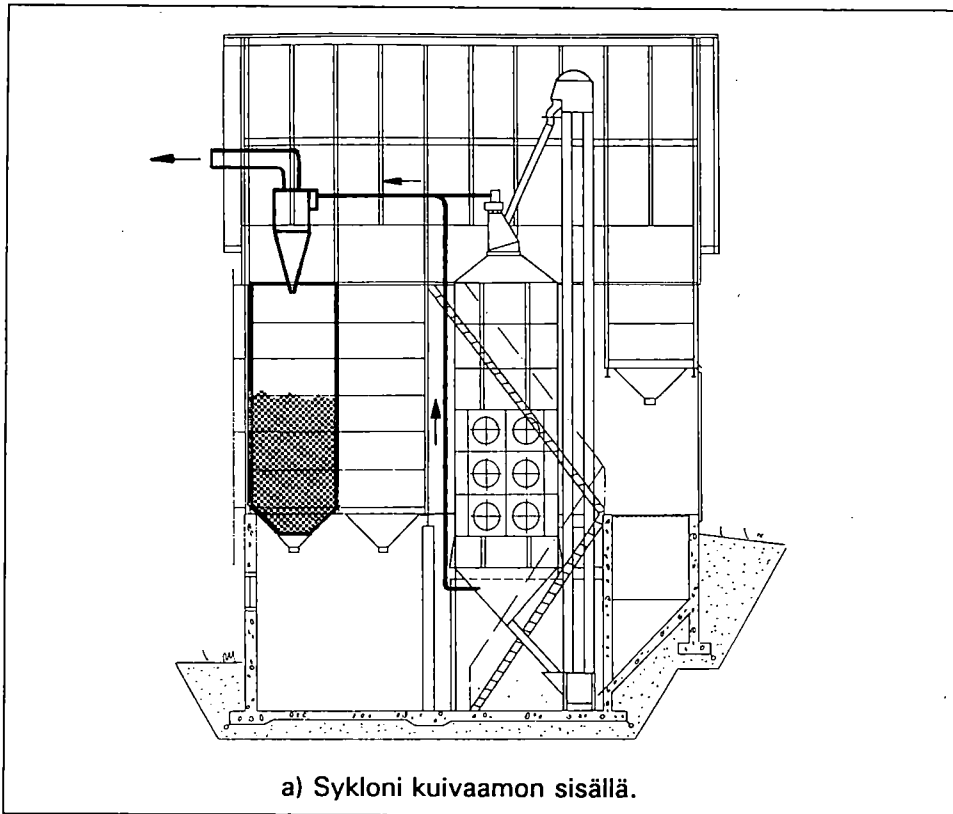
Syklonin erottelukyky on ylivoimainen pölykammioon nähden. Suomalaiset maatalouden pölynpoistoon suunnitellut syklonit ovat ns. 2D-2D-syklooneja, joiden suoran ylälieriön pituus samoin kuin pohjakartion pituus ovat $2x$ syklonin ylälieriön halkaisija. Mitta- ja ilmamääräeroista huolimatta ei tässä tutkimuksessa syklonien erottelukyvystä ollut oleellisia eroja. Ulkomaisten selvitysten mukaan (esimerkiksi PARNELL ym. 1982) ns. 1D-3D-sykloni, jossa ylälieriön pituus on sama kuin sen halkaisija ja pohjakartion pituus on $3x$ ylälieriön halkaisija, on oleellisesti 2D-2D sykloonia parempi. 1D-3D-syklonin erottelukyky on lähes kolminkertainen 2D-2D syklooniin verrattuna. Eroteltaessa puuvillapölyä olivat päästöt $61,8\text{--}73 \text{ mg/m}^3$ 2D-2D-syklonissa. Päästöt 1D-3D-syklonissa olivat $25,2\text{--}25,7 \text{ mg/m}^3$. Kuvassa 18 on esitetty esipuhdistimen ja pohjaimurin ilmamäärille sopivat sekä 2D-2D että 1D-3D syklonin mitat, joista jälkimmäinen on suositeltavampi. On huomattava, että jos kuivurin ilmaputki halutaan johtaa sykloniin, tulisi syklonin ylälieriön halkaisija olla ainakin 1600 mm. Syklonin halkaisijaa ei tulisi pienentää oleellisesti 800 mm:stä, koska syklonin aiheuttama vastapaine kasvaa tällöin nopeasti. Syklonin erottelukyky kasvaa kyllä halkaisijaa pienentämällä, mutta $\varnothing 800 \text{ mm}$ sykloninkin erottelukyky on aivan riittävä tähän tarkoitukseen. Kuvassa 19 on esitetty $\varnothing 800 \text{ mm}$ syklonin vastapaine ilmamäärän funktiona.



Kuva 18. Suositeltavat syklonin mitat.



Kuva 19. Syklonin vastapaine. Syklonin \varnothing 800 mm.

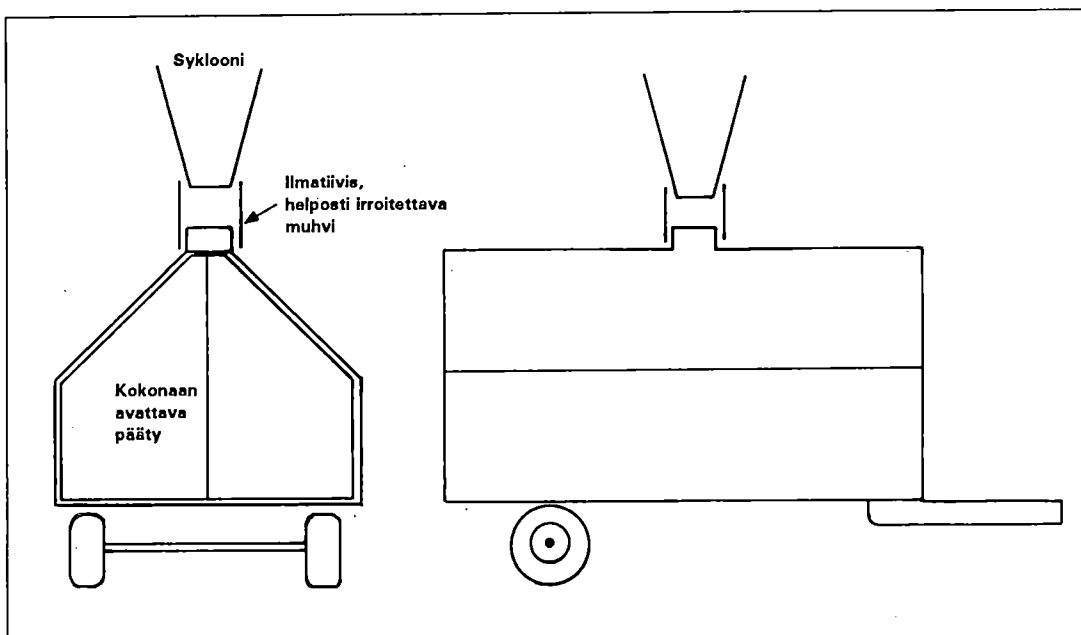


Kuva 20. Syklonin sijoittelumahdollisuudet.

Sykloni on aina asennettava niin, että sen alapuolella on tiivis keräyssäiliö, johon jäte putoaa. Keräyssäiliön vaihtoehtona on lokerosyötin ja pneumaattinen kuljetin, joilla roska siirretään kauemmas. Tällainen järjestely tulee kyseeseen kuitenkin vain poikkeustapauksissa kalleutensa takia. Syklonin poistoilma on aina vietävä rakennuksen ulkopuolelle putkella. Kangassuodattimet eivät toimi tällaisessa ympäristössä, jossa ilman suhteellinen kosteus vaihtelee 30 %:sta kyllästymispisteeseen saakka.

Sykloni tulisi mieluummin asentaa kuivaamon ulkopuolelle (kuva 20). Toimiva tapa on tietenkin tutkimuksessa esiintynyt ratkaisu, jossa yksi viljasiilo varataan pölysiiloksi ja sykloni asennetaan sen kanteen. Viljasiilo on kuitenkin tarpeettoman kallis keräyssäiliö, koska se on suunniteltu noin 800 kg/m^3 tilavuuspainoja varten. Siilon sisäpintojen muotoilu on erittäin epäedullinen ja roska holvaantuu helposti tyhjennyksessä, joka sekin on normaalisti erittäin hankalasti tehtävissä. Siilo on myös tiivistettävä hyvin, koska siinä on syklonin toimiessa noin 100 Pa (10 mm vp) ylipaine. Jos laitteisto halutaan toteuttaa näin, tulisi siiloksi valita uloin siilo ja tehdä siilon alapää esim. kuvan 17 a mukaan, jotta siilon tyhjennys sujuisi helposti ja turvallisesti. Mahdollinen on myös kuva 17 b vaihtoehto, vaikkakaan ei yhtä suositeltava kuin ensiksi mainittu.

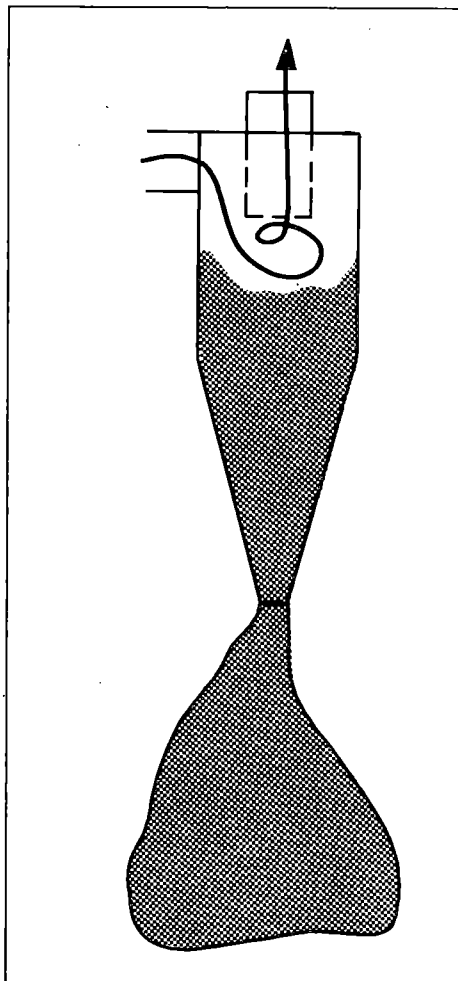
Kun sykloni sijoitetaan kuivaamon ulkoseinälle, syklonin korkeus maahan nähden tulee sovittaa ottaen huomioon roskien keräystapa syklonista. Keräystapoina voivat olla siilo, perävaunu, siirtolava ja suursäkki. Jos roskat kerätään kiinteään pölysiiloon, kammio on mitoitettava tarpeen eli sen mukaan, kuinka monta kertaa kammio halutaan tyhjentää kuivauskauden aikana. Tyhjennyksen järjestelyihin pätee edellä pölykammioista esitetty.



Kuva 21. Perävaunu pölyvarastona.

Helpoimmalla roskien keräyksessä päästään, jos voidaan varata keräyssäiliöksi kypilinen perävaunu kuvan 21 mukaan. Perävaunuun on tehtävä tiivis kansi, muutoin sykloni ei toimi oikein. Kansi voi olla suora levy tai kuvan mukainen harjakatto. Suurempaa väliä ei vaunun muodolla ole, kunhan vain pystysuuntaista kuormatilaa on kohtuullisesti. Vaunun takaseinän tulee olla kokonaan avattava, koska roska holvaantuu helposti kippauksen aikana.

Käytetyt suursäkit ovat osoittautuneet käytännössä hyviksi keräyssäiliöiksi. Syklonin korkeus maasta tulisi mitoittaa niin, että suursäkki on ilmavasti syklonissa ja täytyessään sen pohja on tukevasti maassa. Juoheva käyttö edellyttää kiinnityspantaa sykloniin, jolla säkki pystytään vaivattomasti kiinnittämään. Käytäntö on osoittanut, että yksi suursäkki riittää noin 20 m³ kokoisen kuivurin yhteen kuivauserään. Säkin täytyessä ei sykloni normaalisti tukkeudu, mutta sen erottelukyky laskee nollaan, koska syklonin pohjakartion täytyessä roska siirtyy puhallusilman mukana suoraan poistotorveen eikä pyöri pohjakartion seiniä alas.



Kuva 22. Syklonin täytyminen

4.3. Roskien jatkokäsittelytavat

Roskat on jollakin tavalla jatkokäsiteltävä. Mahdollisia jatkokäsittelymuotoja ovat polttaminen, kompostointi tai kaatopaikalle vienti. Jokaisella tavalla on omat etunsa ja haittansa.

Roskien hyötypolttto esimerkiksi stokerpolttimessa tulee kyseeseen vain poikkeustapauksessa. KOUKI (1990) on selvittänyt viljan lajittelujätteen hyötypoltttoa stokerissa. Kokeissa ei pelkällä lajittelujätteellä pystytty pitämään tulta vakiorakenteisessa polttimessa. Kun jätteen joukkoon lisättiin vähintään neljäsosa haketta, onnistui lämmitys huipputeholla. Vasta, kun haketta oli puolet seoksesta päästiin parempiin tuloksiin tehon, hyötysuhteen ja säädettävyyden osalta. Suurimpana ongelmana oli polttoaineen käsittelyn hankaluus. Aina on myös olemassa pölyrä-

jähdyksen riski, koska poltettavassa materiaalissa on runsaasti hienojakoisia aineksia. Ilmeistä on, että roskajätteen poltto onnistuu parhaiten suurehkoissa, jyrksinturpeen polttoon suunnitelluissa laitoksissa.

Roskien poltto ulkotiloissa onnistuu, mutta hankaluutena on pitkä polttoaika, roskien käryäminen ja savunmuodostus. Useita viikkoja palava kasa on aina melkoinen tulipalon leviämisen lähde. Roskat voidaan polttamisen sijasta viedä kaatopaikalle. Haittana ovat usein pitkät ajomatkat ja mahdollinen jätteenkäsittelymaksu.

Parhaalta vaihtoehdolta jätteen jatkokäsittelyssä vaikuttaa jätteen kompostointi. Kokemuksen mukaan riittävä toimenpide on se, että jäte kuljetetaan jonnekin kauemmas, esimerkiksi maakuoppaan. Kun huolehditaan siitä, että jätekasa on kevyesti peitetty esimerkiksi maalla, jotta tuuli tai linnut eivät levitä pintakerrosta, jäte lahoaa tarpeellisessa määrin seuraavaksi puintikaudeksi. Kompostoitumista voidaan edistää sekoittamalla jätettä säännöllisesti.

4.4. Laitteistojen kustannukset

Laitteistoista aiheutuvat kustannukset jakautuvat kiinteisiin ja muuttuviin kustannuksiin. Kiinteät kustannukset syntyvät, kun laitteisto hankitaan ja muuttuvat kustannukset, kun laitteistoa käytetään. Tässä selvityksessä esitetyistä pölyn ja roskan talteenottoon tarkoitetuista laitteista ei aiheudu liiemmin muuttuvia kustannuksia, kun laitteistojen hoidosta aiheutuvia työkustannuksia ei oteta huomioon. Kiinteät kustannukset vaihtelevat paljon sen mukaan minkälainen rakennettava laitteisto on. Esimerkiksi sykloni maksaa noin 5000 mk.

LÄHDELUETTELO:

ANON. 1987. HTP-arvot 1987. Turvallisuustiedote 25. Työsuojeluhallitus. 43 s.

ANON. 1988. Kuivaamopaloja torjutaan tehostetuin tarkastuksin. Käytännön maamies 7:24-25.

ANON. 1989. Ammattitaudit 1988. Työterveyslaitoksen katsauksia 101:1-74.

ANON. 1989. Ilmasto, tuulet. RT 05-10390:1-8

BAKER, R., STEDRONSKY, V. 1967. Bin trash collection efficiency of small diameter cyclones. Us. dep. of Agric. 16 s.

BOYMANS, G. 1985. Grain handling and storage. Developments in agricultural engineering 4:295-316.

DONHAM, K. 1986. Hazardous agents in agricultural dusts and methods of evaluation. Am. J. Ind. Med. 10:205-220.

KOUKI, J. 1990. Viljan lajittelujätteen poltto stokeripolttimella. Teho 7-8:16-17.

LARSSON, L-E. 1982. Dammreducerande åtgärder vid spannmålshantering. JTI-medd. 393:1-57.

PARNELL, C., MICKMAN, P., GUZMAN, F. 1982. Cyclone design methodology for agricultural processing, Am. Soc. Agric. Eng. Paper 82-3582. 17 s.

PUUMALA, M., MANNI, J., SARIN, H. 1989. Tuotantorakennusten suunnittelu ja rakentaminen käytännössä. VAKOLAn tutkimusselostus 52:1-127.

VAKOLAN TIEDOTTEITA

- 32/82 AHOKAS, J., Pyörätraktorit. 1982.
- 33/82 ESALA, J., Kyntö ja kyntöaura. 1982.
- 34/83 AHOKAS, J., Pyörätraktorit. 1983.
- 35/83 MÄKELÄ, O., Viljankuivausopas. 1983.
- 36/83 Pohjoismaiset tilasäiliön pesulaitteet. 1983.
- 37/85 WARTIOVAARA, L., Astianpesukoneet. 1985.
- 38/86 AHOKAS, J., MIKKOLA, H., Traktori ja polttoaineen kulutus. 1986.
- 39/87 MÄKELÄ, J., LAUROLA, H., Leikkuupuimurin kulkukyky upottavissa oloissa. 1989.
- 40/87 LAUROLA, H., Leikkuupuimureiden teknisiä mittoja. 1987.
- 41/87 PUUMALA, M., Jauhatus työn järjestelyjä ja kustannuksia. 1987.
- 42/88 AARNIO, K., KARHUNEN, J., Lannanpoistolaitteiden toimivuus ja kestävyys. 1988.
- 43/88 MANNI, J., Käytännön ohjeita konevaraston hankintaa suunnittelevalle. 1988.
- 44/89 Pohjoismaiset lypsykone- ja laiteohjeet. 1989.
- 46/90 MANNI, J., KAPUINEN, P., Kevytsora lietesäiliön katteena. 1990.
- 47/90 KARHUNEN, J., Lietelannan kompostointi. 1990.
- 48/90 LEPPÄNEN, K., NYSAND, M., Turvallinen ja nopea työkoneiden kytkentä. 1990.
- 49/91 LEHTINIEMI, T., PUUMALA, M., Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina. 1991.

