



## RAKENNUSTIETO >

# Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> [rakennustieto.fi/rk/palvelut](https://rakennustieto.fi/rk/palvelut)

### Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

## Alipaineistusmenetelmä sisäilmakorjauksissa

Eero Salo, rakennusmestari

Vanhempi asiantuntija, Vahanen Oy, Rakennusfysikaaliset asiantuntijapalvelut  
eero.salo@vahanen.com

Alipaineistusmenetelmässä rakenneosan ja sisäilman välisiä painesuhteita muutetaan koneellisella jatkuvatoimisella poistojärjestelmällä niin, että epäpuhdasta ilmaa ei virtaa sisäilmaan. Menetelmää käytetään sisäilmakorjauksissa yhdessä tiivistyskorjausten kanssa epäpuhtauksien, kuten radonin ja maaperän mikrobin, hallittuun poisjohtamiseen.

Alipaineistusmenetelmän hyötyinä ovat rakenteiden epäpuhtauspitoisuuksien alenemisen ja epäpuhtauksien poisjohtamisen lisäksi rakenteita kuivattava vaikutus, alhaiset rakentamiskustannukset ja järjestelmän asennusnopeus. Järjestelmän rakentaminen voidaan usein tehdä ilman mittavia purku-työitä, jolloin tilat ovat parhaimmillaan vain hetkellisesti pois käytöstä.

Erilaisia markkinoilla olevia koneellisesti tuuletettavia pintarakennejärjestelmiä ei tule sekoittaa tässä artikkelissa käsiteltävään alipaineistukseen. Koneellisesti tuuletettaviin pintarakennejärjestelmiin kuuluu yleensä huoneilmasta asennettavat korvausilmareitit. Ne ovat sisäilman laadun kannalta merkittävä riskitekijä erityisesti tilanteissa, jossa koneellisen tuuletusjärjestelmän poistopuhaltimessa on toimintahäiriö. Tällöin huoneilmasta tuuletettuun rakenteeseen asennetut korvausilmareitit toimivat huoneilman ilmanvaihdon tuloilmareitteinä ja siten mahdollistavat epäpuhtauksien kulkeutumisen suoraan sisäilmaan. Sisäilmakorjauksissa käytetyssä alipaineistusmenetelmässä ei asen-

netä erillisiä korvausilmareittejä, vaan siinä otetaan korvausilmaa muiden rakenneosien kautta, esimerkiksi maanvaraisen alapohjarakenteen alipaineistuksessa maaperän kautta.

### 1 Epäpuhtaudet ja niiden kulkeutuminen sisäilmaan

Alipaineistuksella hallittavia epäpuhtauksia ovat radon [1], maaperässä ja rakenneosissa olevat mikrobit sekä mahdolliset muut rakenteissa olevat haitalliset aineet kuten esimerkiksi PAH-yhdisteet [2].

Sisäilman laatua heikentäviä epäpuhtauksia kulkeutuu sisäilmaan maaperästä, ryömintätilasta, rakenteista, putkikanaaleista ja ulkoilmasta. Epäpuhtaudet kulkeutuvat sisäilmaan yleensä rakenteissa olevien ns. vuotoilmavirtareittien kuten rakenneosien liittymärakojen, rakenteissa olevien halkeamien ja valusaumojen tai esimerkiksi läpivientikoh-  
tien kautta (kuvat 1–2).

Rakennuksen ilmanvaihdon on merkittävä osuus epäpuhtauksien kulkeutumisessa sisäilmaan. Mitä alipaineisemmat sisätilat ovat, sitä suuremmalla todennäköisyydellä ilmaa virtaa vuotoilmavirtausreittien kautta sisäilmaan. Suurimmat rakenteiden kautta tapahtuvat vuotoilmavirtaukset ovat yleensä pelkällä koneellisella poistoilmavaihdolla varustetuissa tiloissa.



Kuvat 1 ja 2. Tyypillisiä vuotoilmavirtareittejä, joiden kautta esimerkiksi maaperässä olevia epäpuhtauksia voi kulkeutua sisäilmaan.

## 2 Alipaineistusmenetelmän toimintaperiaate

Alipaineistusmenetelmässä alipaineistettavan rakenneosan ja sisäilman välisiä painesuhteita muutetaan koneellisella jatkuvatoimisella poistojärjestelmällä niin, että epäpuhtauksia sisältävää ilmaa ei virtaa rakenneosasta sisäilmaan (kuva 3). Pelkkä alipaineistus harvoin riittää ja siksi alipaineistuksiin liittyy lähes aina rakenteiden ilmatiiveyksiä parantavia tiivistyskorjauksia [3].

## 3 Alipaineistusmenetelmän käyttökohteet

### 3.1 Maanvaraiset alapohjarakenteet

Tyypillinen alipaineistettava rakenne on maanvarainen alapohja, jossa betonilaattarakenteen alapuoleinen täyttökerros ja/tai lämmöneristekerros alipaineistetaan. Alipaineistettavan alueen koko ei yleensä aiheuta rajoituksia. Alipaineistus voidaan tehdä pelkästään yhteen tilaan tai alipaineistamalla suurempi kokonaisuus. Alipaineistuvan alueen kokoa tyypillisesti rajoittava tekijä ovat ilmavirtauksia estävät tai rajoittavat rakenneosat, kuten esimerkiksi perustusrakenteet.

### 3.2 Kaksoislaattarakenteet

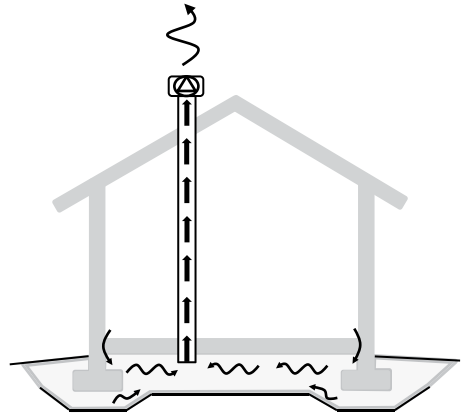
Tyypillisiä alipaineistettavia kaksoislaattarakenteita ovat väestönsuojan yläpohjarakenteet ja maata vasten valetut kantavat alapohjarakenteet, joissa betonirakenteiden välinen eriste- tai täyttötöila alipaineistetaan.

### 3.3 Putkikanaalit

Putkikanaalien osalta voidaan alipaineistusmenetelmää käyttää pelkästään putkikanaalin alipaineistamiseen siellä olevien epäpuhtauksien sisäilmaan kulkeutumisen estämiseksi. Putkikanaaleja voidaan myös tapauskohtaisesti hyödyntää viereisten maanvaraisten alapohjarakenteiden tai kaksoislaattarakenteiden alipaineistamiseen tilanteissa, joissa putkikanaalista on johdettu putkia tiivistämättömiin putkikanaalien seinäpäivientien kohdilta alapohjarakenteen alle tai kaksoislaattarakenteen eristekerrokseen.

### 3.4 Ryömintätilat

Koneellisella poistoilmanvaihdolla varustettujen ja varustettavien ryömintätilojen osalta ei varsinaisesti käytetä termiä alipaineistus, vaan termiä koneellinen tuuletusjärjestelmä, jolla on alipaineistava vaikutus. Tämä siksi, että ryömintätila todennäköisesti ilpaineistuu ääriolosuhteissa (tuulisella säällä) ainakin hetkellisesti ryömintätilojen korvausilmareittien vuoksi. Ryömintätilojen koneellisen



Kuva 3. Alipaineistusmenetelmän toimintaperiaate.

tuuletusjärjestelmän asentamisen yhteydessä korvausilmareitit varustetaan yleensä korvausilman kulkeutumista rajoittavilla säätömahdollisuuksilla.

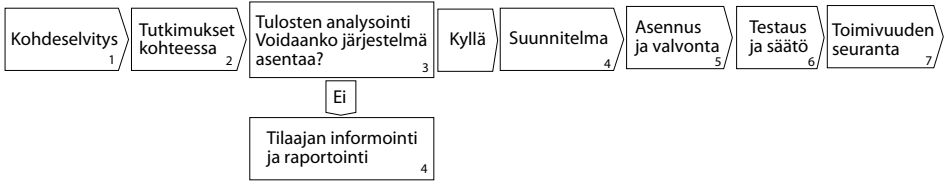
Erilaiset muut rakennusten vierustoilla tai alla olevat ilmatilat kuten sulkulaattatilat tai esimerkiksi kantavan alapohjarakenteen alle täyttömateriaalin painumisen myötä syntyneet ilmatilat, joissa ei ole asennettuja korvausilmareittejä, saadaan ryömintätiloja paremmin alipaineiseksi koneellisella poistojärjestelmällä. Niiden osalta voidaan käyttää termiä alipaineistusjärjestelmä.

### 3.5 Alipaineistusmenetelmän rakenteita kuivattava vaikutus

Alipaineistusmenetelmän käytöllä on todettu olevan myös rakenteita kuivattava vaikutus. Tyypillisen maanvaraisen alapohjarakenteen (täyttökerroksen, lämmöneristeen ja betonirakenteen) kosteuspitoisuus on jatkuvatoimisen alipaineistusjärjestelmän käyttöön oton jälkeen alentunut merkittävästi jo muutamassa vuodessa. Alipaineistusmenetelmää voidaan myös käyttää esimerkiksi kaksoislaattarakenteen eriste- tai täyttökerroksen kastumisen jälkeiseen käytönaikaisen kuivattamiseen. Samalla mahdollisesti eriste- tai täyttökerroksessa olevia epäpuhtauksia ohjataan hallitusti pois.

### 3.6 Rakenteet, joihin alipaineistusmenetelmä ei sovellu

Alipaineistusmenetelmän käyttö vaikuttaa aina jonkin verran rakenteiden lämpötiloihin. Lämpötilat alenevat, joten kaikkiin alapohjarakenteisiin alipaineistusmenetelmää ei voida käyttää. Tyypillinen tällainen alapohjarakenne on maanvaraisen betonilaatan päälle koolattu puulattia (esimerkiksi lii-



Kuva 4. Alipaineistusmenetelmän käyttöönotto kaaviokuvana.

kuntasalien betonilattioiden päälle tehdyt puulattiarakenteet) tai yömintälilallinen puurakenteinen alapohja. Tällaisissa rakenteissa alapohjarakenteen viileneminen voi aiheuttaa kosteuden tiivistymistä ja kasvattaa puurakenteiden vaurioitumisriskiä.

## 4 Alipaineistusmenetelmän käyttöönotto vaiheittain

### 4.1 Kohdeselvitys

Kohdeselvityksen tarkoituksena on saada riittävät lähtötiedot kohteesta tehtäviä tutkimuksia varten sekä alipaineistusjärjestelmän suunnittelua varten. Kohdeselvityksessä tulee selvittää alipaineistettavan alueen maaperätiedot, rakennetiedot ja perustusrakenteet, kohteen ilmanvaihtojärjestelmä, tilaratkaisut sekä mahdolliset alipaineistuksen toteutusta heikentävät tai estävät tekijät [4,5]. Em. lisäksi mahdollisten tehtyjen sisäilmaselvitysten raportit tai esimerkiksi tehtyjen radonmittausten tulokset tulee käydä huolellisesti läpi kohdeselvityksen yhteydessä.

### 4.2 Tutkimukset kohteessa

#### Rakenteiden tarkastus

Alipaineistettavien rakenteiden liittymäkohtien ja läpivientikohtien ilmatiiveyksiä arvioidaan aistinvaraisesti sekä pistokoeluonteisesti tehtävillä ilmapuutausmerkkisavutarkasteluilla. Näillä tarkasteluilla arvioidaan mahdollisia rakenteiden, niiden liittymäkohtien tai esimerkiksi läpivientikohtien tulevia ilmatiiveyksien parantamistoimenpiteiden tarpeita. Mikäli esimerkiksi rakenneliittymissä tai läpivientikohdissa havaitaan merkittäviä ilmatiiveyspuutteita, vaikuttavat ne koealipaineistukseen ja siten voi olla perusteltua toteuttaa tiivistyskorjaukset ennen koealipaineistusta ja mahdollista jatkuvatoimisen alipaineistusjärjestelmän suunnittelua. Tämä tulee arvioida aina tapauskohtaisesti.

Tyypillisesti sisäilmakorjauskohteissa rakenteiden ja niiden liittymäkohtien sekä läpivientikohtien ilmatiiveyksiä on jo tarkasteltu aiemmin esimerkiksi merkkiainetekniikalla tehdyillä tarkasteluilla, joten lähtötietona voi usein jo olla rakenteisiin kohdistuvat ilmatiiveyttä parantavat tiivistystarpeet.

Alipaineistettavien rakenteiden tai rakenneosien paikkansa pitävyys tarkastetaan aina kohteessa rakenteisiin ulottuvilla tutkimuksilla. Käytännössä tämä tarkoittaa rakenteisiin tehtäviä porauksia, joista rakenteet, rakennepaksuudet, materiaalit, käytetyt täyttömateriaalit sekä muut alipaineistuksen kannalta oleelliset tiedot tarkastetaan. Nämä tarkastusreitit ovat yleensä koealipaineistuksessa käytettäviä imupesteitä ja koealipaineistuksessa käytettäviä mittausreikiä.

#### Painesuhteiden selvitys ja ilmapuutausmekaniset tarkastelut ennen koealipaineistusta

Rakennuksen ilmanvaihdon vaikutusta sisä- ja ulkoilman välisiin painesuhteisiin mitataan vähintään kertaluonteisilla paine-eromittauksilla tilojen ns. normaalissa käyttötilanteessa. Myös alipaineistettavan rakenneosan ja sisäilman väliset painesuhteet mitataan useammasta kohdasta tilojen ns. normaalissa käyttötilanteessa vähintään kertaluonteisilla mittauksilla (rakennetarkastelurei'istä). Paras tieto ilmanvaihdon vaikutuksesta rakennuksen painesuhteisiin sekä arviota sen vaikutuksesta mahdolliseen alipaineistukseen saadaan tekemällä em. sisä- ja ulkoilman sekä alipaineistettavan rakenteen tai rakenneosan ja sisäilman väliset paine-eromittaukset jatkuvatoimisilla seurantamittauksilla (esimerkiksi viikon pituisella mittauksella).

Ennen tehtävää koealipaineistusta, alipaineistettavan rakenneosan ja sisäilman välisten mahdollisten ilmapuutausmerkkitarkastelujen kulkeutumissuuntaa arvioidaan ilmapuutausmerkkisavulla rakennetarkastelu- ja mittausreikiä kohdilta kohteen normaalissa käyttötilanteessa.

#### Koealipaineistus, sen yhteydessä tehtävät painesuhteiden mittaukset ja ilmapuutausmekaniset tarkastelut

Koealipaineistuksessa alipaineistettavat rakenteet tai rakenneosat alipaineistetaan koeimujärjestelyllä, jossa poistoilma johdetaan aina ulos. Alipaineistuksen vaikutusalue määritetään koealipaineistuksen aikana alipaineistettavan rakenneosan yli tehtävillä kertaluonteisilla painesuhteiden mittauksilla tai lyhytkestoisilla paine-eroseurantamittauksilla. Painesuhteiden mittausten lisäksi koealipaineistuksen



Kuvat 5 ja 6. Esimerkit rakenteiden koalipaineistuksesta.



aikana alipaineistettavan rakenneosan ja sisäilman välisten ilmavirtausten kulkeutumissuuntaa tarkastellaan ilmavirtausmerkkisavuilla.

Koalipaineistuksen merkitys on suuri. Vasta koalipaineistuksen tulosten analysoinnin perusteella voidaan todeta, saadaanko varsinainen jatkuvatoiminen alipaineistusjärjestelmä toimimaan kohteessa ja onko se perusteltua asentaa.

Koalipaineistuksen yhteydessä on huomioitava ulkoilmassa vallitsevat olosuhteet. Mikäli koalipaineistus tehdään esimerkiksi tuulisella säällä, tuulen voimakkuus ja suunta voivat vaikuttaa merkittävästi koalipaineistuksen tuloksiin. Tuulisella säällä tehtäviä koalipaineistuksia tulee näin ollen välttää.

### 4.3 Tulosten analysointi

Kohteessa tehtyjen tutkimusten jälkeen koalipaineistuksen tulokset sekä kohteessa tehtyjen rakennetutkimusten tiedot käydään läpi ja arvioidaan niiden perusteella, voidaananko jatkuvatoiminen alipaineistusjärjestelmä toteuttaa ja millä reunaehdoilla. Mikäli järjestelmä voidaan toteuttaa, laaditaan koalipaineistuksen tulosten ja kohteessa tehtyjen tutkimusten perusteella alipaineistussuunnitelma. Koalipaineistuksesta laaditaan myös usein tutkimusselostus, joka voidaan liittää alipaineistussuunnitelman lähtötietoihin. Mikäli jatkuvatoimista alipaineistusjärjestelmää ei ole perusteltua asentaa kohteeseen, laaditaan koalipaineistuksen tulosten ja kohteessa tehtyjen tutkimusten perusteella lyhyt yhteenveto. Tyypillisiä jatkuvatoimisen alipaineistusjärjestelmän asentamisen estäviä tekijöitä ovat mm:

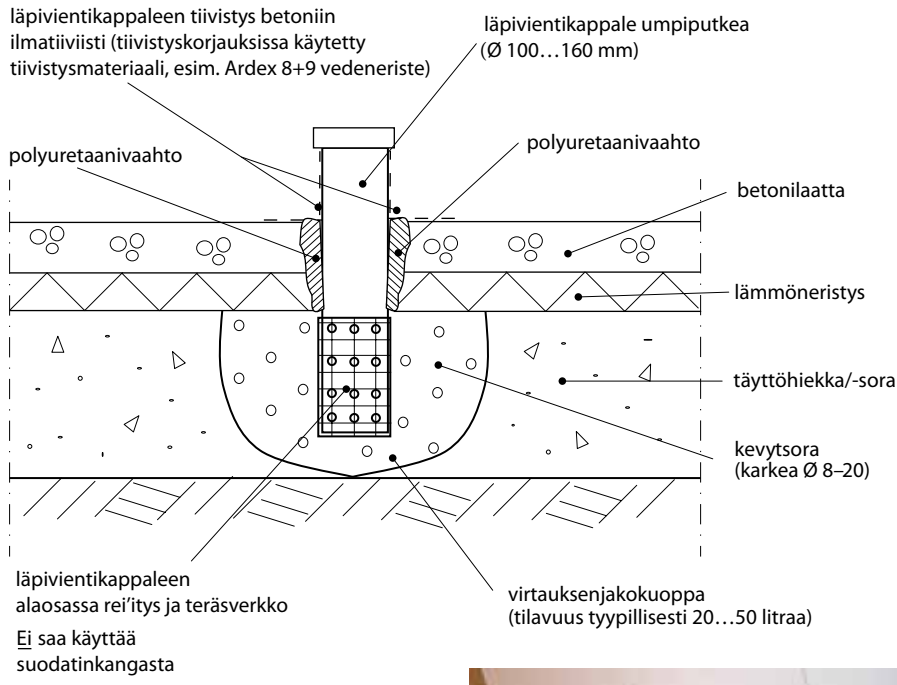
- ilmaa läpäisemätön tiivis rakennekerros, esimerkiksi hienoaineinen hiekka
- alipaineistuksen vaikutuksen katkaisevat perusrakenteet

- hatarat rakenteet, joiden ilmatiiveyttä ei voida riittävästi parantaa
- rakennetutkimusten yhteydessä paljastuneet rakenneosat, jotka eivät sovellu alipaineistamiseen niiden vaurioitumisriskin vuoksi.

### 4.4 Alipaineistussuunnitelma

Alipaineistussuunnitelma laaditaan kohteessa tehtyjen tutkimusten tulosten perusteella. Alipaineistussuunnitelmassa esitetään:

- imupisteen tai imualueiden sijainti tai sijainnit
- virtauksenjakokuopan koko (täyttökerroksen)
- käytettävät läpivientikappaleet
- poistokanavan tai -kanavien koot, alustavat sijainnit, niiden lämmöneristys ja poisjohtamisessa huomioitavat tekijät
- poistojärjestelmän säätö- ja mittalaitteet sekä mahdolliset palo-osastointiin liittyvät varusteet
- järjestelmän poistoilmamäärä
- käytettävä puhallintyyppi, sen sijainti ja teho
- tarvittavat lämmöneristykseen parantamista edellyttävät toimenpiteet (ryömintätalissa sijaitsevien putkien lämmöneristys)
- ilmatiiveyksiä parantavat toimenpiteet ja niiden laajuudet
- mahdollisesti rakennuksen ilmanvaihtoon suositeltavat työt, kuten esimerkiksi säätötyöt
- alipaineistusjärjestelmän asentamisen jälkeen tehtävät tarkastelut ja niiden laajuus sekä käytönaikaiset seuranta-toimenpiteet.



Kuvat 7 ja 8. Esimerkit maanvaraisen alapohjarakenteen alipaineistuksen läpivientikappaleista.

**Imupisteet**

Alipaineistuksen kannalta optimaalinen imupisteen sijainti on mahdollisimman keskellä alipaineistettavaa aluetta. Useimmiten tämä ei kuitenkaan ole mahdollista ja siksi alipaineistuksen imupisteelle tai imupisteille on hyvä määrittää useampi vaihtoehtoinen sijainti tai jakaa alipaineistettava alue tapauskohtaisesti useampaan imupistealueeseen.

**Virtauksenjakokuoppa**

Virtauksenjakokuopalla [5] tarkoitetaan imupisteen kohdalle alipaineistettavaan rakenteeseen tehtävää hyvin ilmaa läpäisevää rakennekerrosta, jonka tarkoituksena on pienentää tarvittavaa alipainetta imupisteessä. Virtauksenjakokuopan koko vaihtelee tapauskohtaisesti ja se määritetään koelipaineistuksen tulosten perusteella. Tyypillinen virtauksenjakokuopan koko on 20–50 litraa. Putkikanaalien ja ryömintätilojen alipaineistamisessa (ryömintätilojen osalta koneellisessa tuuletuksessa) ei käytetä virtauksenjakokuoppia (imu tyypillisesti ilmatilasta).



**Läpivientikappaleet**

Alipaineistusjärjestelmässä pintarakenteeseen asennetaan erillinen ns. läpivientikappale. Läpivientikappale suunnitellaan tapauskohtaisesti alipaineistettavaan rakenneosan mukaan. Esimerkit maanvaraisen alapohjarakenteen alipaineistuksen läpivientikappaleista on esitetty kuvissa 7 ja 8.

**Poistokanavisto**

Poistokanavistona käytetään yleensä ø 100–200 mm:n putkistoa kanavapituuksista ja kanaviston mutkapalojen määrästä riippuen. Mitä pidempi on

Rakentajain kalenteri 2015 | © Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy ja Rakennusmestari ja insinööri AMIK RKL ry

KÄYTTÖ KORJAUS





*Kuvat 9 ja 10. Esimerkit alipaineistusjärjestelmän poistoputkien sijainneista.*

kanaviston kokonaispituus ja mitä enemmän kanavistossa on mutkia, sitä suurempaa halkaisijaltaan olevaa poistoputkistoa tulee käyttää. Putkikoon pienentäminen johtaa suurempaan painehäviöön ja siten jatkuvatoimisen alipaineistusjärjestelmän toimivuus heikenee oleellisesti. Halkaisijaltaan < 75 mm:n poistoputkistoa jatkuvatoimisissa alipaineistusjärjestelmissä ei tule käyttää ja halkaisijaltaan < 100 mm:n poistoputkiston käyttöäkin suositellaan vain erikoistapauksissa.

Alipaineistusjärjestelmän jäteilma lasketaan kuuluvaksi poistoilmaluokkaan 4 [6]. Järjestelmän jäteilma johdetaan aina rakennuksen ulkopuolelle ja lähes poikkeuksetta rakennuksen vesikattotason yläpuolelle kohtaan, jossa poistoilmaluokan 4 minimietäisyydet täyttyvät [6]. Poistokanavisto johdetaan ulos joko rakennuksen sisä- tai ulkopuolelle. Poistokanaviston alustava reitti ulos vesikattotason yläpuolelle on hyvä esittää alipaineistussuunnitelmassa ja tarkentaa kanaviston reitti kohteessa yhteistyössä alipaineistuksen asentavan urakoitsijan kanssa. Esimerkkejä rakennuksen ulko- ja sisäpuolisista alipaineistuksen poistoilmaputkistoista on esitetty kuvissa 9 ja 10.

Poistokanavistossa virtaava ilma on useimmiten kosteaa, erityisesti maaperän ja ryömintätilojen tapauksissa. Tämän vuoksi kanaviston liitoskohtien tiiveyksistä tulee varmistua poistokanaviston asennuksen yhteydessä liitoskohtien lisätiiviyksillä. Lisäksi kanaviston kallistukset vaakaasuuntaisissa



*Kuvat 11 ja 12. Esimerkit alipaineistusjärjestelmiin asennetuista mittaus- ja säätörenkaista.*

asennuksissa tulee huomioida niin, että mahdollisesti kanavan sisäpintaan tiivistyvä kosteus pääsee valumaan esteettömästi ja aiheuttamatta vaurioita takaisin imukohtaan. Poistoilmakanaviston asentamisessa rakennuksen ulkopuolelle (kuvan 9 esimerkkitapauksessa), kanavisto on syytä varustaa sulanapitolämmityksellä, esimerkiksi itsesäätyvällä lämmityskaapelilla, kanaviston ja puhaltimen jäätyminen estämiseksi.

Poistokanavisto tulee useimmissa tapauksissa lämmöneristää vesihöyryntiiviillä lämmöneristeellä poistoputken ulkopintaan tapahtuvan kosteuden tiivistymisen estämiseksi.

### Poistoputkiston säätö- ja mittauspellit sekä muut varusteet

Poistoputkistot tulee varustaa käytettävien putkikokojen mukaisesti ilmavirtausten säätöjä mahdollistavilla mittaus- ja säätöpelillä sekä tarvittaessa lisäsäätöpelillä. Näiden sijoituksessa tulee huomioida mittaus- ja säätötyön mahdollisuus sekä kyseisten varusteiden asennusvaatimukset mm. etäisyysvaatimukset [7,8]. Kuvissa 11 ja 12 on esitetty esimerkit mittaus- ja säätörenkaista.

Alipaineistuksen poistokanaviston asentamisessa tulee myös huomioida palo-osastointivaatimukset. Tämä tulee kyseeseen kanavistoa johdattaessa palo-osastosta toiseen, jolloin asia tulee huomioida kanaviston valinnassa, kanaviston palo-osastoinnin läpiviennin tiivistyksissä (palokatkomassojen käyttö) sekä kanavistoihin asennettavissa palopelissä.

### Alipaineistusjärjestelmän poistoilmamäärä

Alipaineistuksessa käytetään usein varsin maltillisia ilmamääriä [5]. Ilmamäärät määritetään aina kohdeselvityksen ja kohteessa tehtävien tutkimusten jälkeen tapauskohtaisesti. Alipaineistuksissa pyritään alipaineistettava rakenneosaa saamaan tyypillisesti noin 5–10 Pa alipaineiseksi sisäilmaan verrattuna. Tätä pienemmällä paine-eroilla ei välttämättä saada rakennetta tai rakenneosaa alipaineiseksi, vaan järjestelmän toimivuus perustuu tuuletusvaikutukseen (epäpuhtauspitoisuudet alenevat tuuletusvaikutuksen seurauksena). Seuraavassa on esitetty eri rakenteissa ja rakenneosissa tyypillisesti käytettäviä ilmamääriä:

- maanvarainen alapohja;
  - 0,2–0,5 m<sup>3</sup>/h jokaista alipaineistusalueen maanvastaista lattia- ja seinäneliömetriä kohden. 0,2–0,3 m<sup>3</sup>/h voidaan käyttää ilman tarkempia virtausteknistä mitoituksia, tätä suurempaa ilmamäärää käytettäessä tulee aina tehdä tarkemmat ilmamäärän mitoitukset routimisriskin estämiseksi erityisesti isommissa kohteissa.



Kuvat 13 ja 14. Esimerkit vesikattotason yläpuolelle asennetuista alipaineistuksen huippumureista.

- ryömintätilat;
  - ilmanvaihtokerrointa 0,5–1 1/h, ilmamäärämitoitus aina tapauskohtaisesti.

Kaksoislaattarakenteissa ja putkikanaaleissa määritetään käytettävä ilmamäärä yleensä aina tapauskohtaisesti. Ilmamäärämitoituksessa voidaan huomioida rakenteiden maanvaraisuuteen perustuva ilmamäärämitoitus tai esimerkiksi ilmanvaihtokerrotimeen perustuva ilmamäärämitoitus.

### Alipaineistusjärjestelmän poistopuhallin ja sen varusteet

Alipaineistusjärjestelmän poistopuhallitena suositellaan käytettäväksi rakennuksen ulkopuolelle (vesikatolle) asennettavia huippumureita (kuvat 13 ja





Kuva 15. Esimerkki alipaineistusjärjestelmään kuuluvasta rakennuksen sisäpuolisesta poistopuhaltimesta.



Kuva 16. Tyypillinen alapohjarakenteen ja kantavan seinän liittymäkohdan tiivistyskorjaus.

14). Erityistapauksissa (ei radonin hallinnassa) voidaan käyttää kanavistoon rakennuksen sisäpuolelle asennettavia kanavapuhaltimia (kuva 15). Tällöin tulee huomioida kanavapuhaltimen jälkeinen poistokanaviston ylipaineisuus. Tämä edellyttää ylipaineisen kanaviston ja niiden liitoskohtien sekä itse kanavapuhaltimen ehdotonta ilma- ja vesitiiveyttä (sähköjohtojen läpiviennit yms.), sillä rakennuksen yläpohjassa kanaviston vaaka- tai vinoasennuksissa on puhaltimen ja osittain kanaviston vedellä täyttymisriski (lähinnä talvella ympäröivän ilman kylmyyden vuoksi putkistoon mahdollisesti tapahtuvan kosteuden tiivistymisen vuoksi).

Ääniteknisistä syistä sekä poistopuhaltimen säätövaran vuoksi, poistopuhaltimiksi suositellaan valittavaksi tehontarvetta hieman suurempi puhallin. Erityistapauksissa poistopuhaltimen valinnassa tulee huomioida puhaltimen kipinä-/räjähdys suojaus. Tällainen tilanne voi syntyä kohteessa, jossa esimerkiksi rakenneosaan tai maaperään epäillään imeytyneen syttymisherkkiä aineita. Tyypillisesti alipaineistuksessa käytetyn poistopuhaltimen teho on 60–150 W.

Poistopuhallin varustetaan järjestelmällä, joka mahdollistaa puhaltimen tehon säädön (esimerkiksi taajuusmuuntajilla) sekä vähintään merkivalolla, joka ilmoittaa puhaltimen toimintahäiriön. Suositeltavinta on liittää alipaineistuksen poistopuhaltimet talotekniikkajärjestelmään. Poistopuhaltimen käyttö- ja säätökytkimet tulee asentaa sellaiseen kohtaan, josta asiasta tietämätön ei voi vahingossa järjestelmää säätää tai kytkeä pois päältä.

Kosteaa ilmaa sisältävän alipaineistusjärjestelmän poistopuhaltimen valinnassa on syytä huomioida poistoputkiston pään ja mahdollisesti puhaltimen mahdollinen jäätyminen. Tällaisissa tapauksissa poistoputkiston varustaminen saattolämmityksellä ja sen johtaminen puhaltimelle asti on perusteltua.

### Alipaineistuksen edellyttämät lämmöneristystä parantavat toimenpiteet

Ryömintätiloissa sekä tapauskohtaisesti myös putkikanaaleissa tulee eristämättömät vesi- ja viemäriputket lämmöneristystä alipaineistuksen viilentävän vaikutuksen aiheuttaman putkien jäätymisriskin vuoksi.

### Rakenteiden ilmatiiveyksien parantamiset

Rakenteiden ilmatiiveyksien parantamiseksi tehtävät toimenpiteet tulee esittää alipaineistussuunnitelmassa.

Alipaineistuksiin liittyy lähes aina jonkinasteiset rakenteiden ilmatiiveyksiä parantavat tiivistystoimenpiteet, ns. tiivistyskorjaukset. Rakenteiden ilmatiiveyksiä parannetaan vähintään alipaineistuksen imupisteiden tai -alueiden läheisyydestä, mutta yhä useammin alipaineistuksiin liittyvät kattavat rakenteiden tiivistyskorjaukset [3]. Sisäilmakorjauksissa tehdään usein kattavia tiivistyskorjauksia ja siten rakenteiden tiiveyksien parantaminen sisältyy useimmiten sisäilmakorjauksiin. Kattavia laajamittaisia rakenteiden tiivistyskorjauksia suositellaan alipaineistuksen lisäksi, sillä ääriolosuhteissa (tuulisella säällä) alipaineistettava rakenneosa saattaa tuulen paineen vaikutuksesta ylipaineistua hetkelisesti.

### Alipaineistusjärjestelmän tarkastus-, säätö- ja seurantatoimenpiteet

Alipaineistusjärjestelmän toiminnan tarkastaminen tulee esittää alipaineistussuunnitelmassa. Alipaineistusjärjestelmän tarkastus-, säätö- ja seurantatoimenpiteitä on käsitelty tarkemmin kohdassa 4.7.

#### 4.5 Alipaineistusjärjestelmän asennus ja asennuksen valvonta

Alipaineistusjärjestelmän asennus tulee tehdä tiiviissä yhteistyössä alipaineistussuunnitelman laatijan kanssa. Järjestelmän asentajaksi tulee valita urakoitsija, jolla on kokemusta vastaavien järjestelmien asentamisesta ja joka tietää mitä ja miksi on järjestelmää asentamassa.

#### 4.6 Alipaineistusjärjestelmän testaus ja säätö

Asennetun jatkuvatoimisen alipaineistusjärjestelmän toimivuus ja vaikutusalue tulee aina tarkastaa järjestelmän asentamisen jälkeen ns. normaalikäyttötilanteessa vähintään kertaluonteisilla paine-eromittauksilla. Suosituksena on järjestelmän toimivuuden ja vaikutusalueen tarkastus jatkuvatoimisilla paine-eroseurantamittauksilla. Paine-eromittausten lisäksi ilmapvirtausten suunnat varmistetaan merkkisavuilla.

Järjestelmän toimivuuden tarkastamisen tulosten perusteella voidaan järjestelmän ilmamääriä säätää tarvittaessa.

#### 4.7 Alipaineistusjärjestelmän käytönaikainen seuranta

Jatkuvatoimisen alipaineistusjärjestelmän toimivuutta suositellaan tarkastettavaksi säännöllisesti käytönaikaisella seurannalla esimerkiksi vuosittain tehtävillä jatkuvatoimisilla paine-eroseurantamittauksilla ja ilmapvirtausmerkkisavutarkasteluilla. Säännöllisen tarkastamisen perusteella kyetään muuttamaan järjestelmän ilmamääriä tarvittaessa.

### 5 Alipaineistusjärjestelmän hyödyntäminen uudisrakentamisessa

Alipaineistusjärjestelmiä asennetaan uudisrakentamisessa lähinnä maanvaraisiin alapohjarakenteisiin radontorjuntajärjestelminä [9]. Kosteuden hallinnallisena ratkaisuna alipaineistusputkistojen asentamista suositellaan aina maanvaraisiin alapohjarakenteisiin ja väestönsuojan yläpohjarakenteisiin uudisrakentamisessa. Näin meneteltäessä alipaineistusjärjestelmän putkisto on alipaineistusjärjestelmävarauksena asennettuna rakenneosaan valmiiksi ja se voidaan ottaa tarvittaessa käyttöön esimerkiksi rakenteiden kuivattamisessa. Huonetilaan (ei radonin hallinnassa) tuotavan alipaineistusjärjestelmävarauksen läpivientikappaleen pää tulee tiivistää huolellisesti ilmatiiviiksi.

#### Lähdeluettelo

- [1] Sosiaali- ja terveysministeriö. Asumisterveysohje 2003:1. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita.
- [2] Työterveyslaitos. Kemikaalit ja työ. Selvitys työympäristön kemikaaliriskeistä. Työterveyslaitoksen julkaisu. 2005 s. 121–126.
- [3] Laine K. Hyvät tiivistyskorjaustavat osana onnistunutta sisäilmakorjausta. Sisäilmastoseminnaari 2014, SIY raportti 32. s. 219–224.
- [4] Opetushallitus. Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen. Osa 2, suunnittelijan opas koulurakennusten sisäilmasto-ongelmien ja kosteusvaurioiden korjaamiseen. 2008.
- [5] Ympäristöministeriö. Ympäristöopas 4. Pien- ja rivitalojen radontekninen korjaus. 1997. Tampere.
- [6] Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Suomen Rakentamismääräyskokoelma. D2 Rakennusten sisäilmaston ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012, Helsinki.
- [7] Halton Oy. PRA Mittaus- ja säätömoduuli. Tuote-esite.
- [8] Fläkt Woods Oy. IRIS Mittaus- ja säätölaite. Tekninen esite. 2011.
- [9] RT 81-11099. Radonin torjunta. Ohjeet. 2012.