

Juuso Nyström

ILMANVAIHDON PAINESÄÄDIN

Opinnäytetyö
Talotekniikka


Huhtikuu 2011




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences	Opinnäytetyön päivämäärä 19.4.2011				
Tekijä(t) Juuso Nyström	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Talotekniikan koulutusohjelma, LVI-tekniikka				
Nimeke Ilmanvaihdon painesäädin					
Tiivistelmä <p>Tämän työn tavoitteena oli suunnitella Fläkt Woods Oy:lle painesäädin ja tutkia paineenmittauspaikkaa kanavistosta, kun käytössä on paineesta riippuvat jäähdytyspalkit. Työssä tuli myös laatia painesäätimelle tarvittavat tekniset dokumentit sekä antaa kanaviston suunnitteluohje.</p> <p>Parasta paineenmittauskohtaa tutkittiin rakentamalla kanavisto, jolla saatiin kokeiltua erilaisia säätötilanteita. Myös paineenmittausyhteen sijoitusta varten tehtiin mittauksia. Kanaviston mitoituksen vaikutusta tutkittiin simuloimalla kanavistoa.</p> <p>Saatujen tulosten perusteella suunniteltiin painesäädin. Painesäätimelle laadittiin myös tarvittavat tekniset dokumentit sekä suunnitteluohje, jotka löytyvät tämän työn liitteistä.</p> <p>Yleensä painesäätimen paineanturi on ohjeistettu sijoittamaan kanaviston siihen kohtaan, missä vallitsee alhaisin staattinen paine. Mittausten perusteella järjestelmässä, jossa on paineesta riippuvat päätelaitteet, alhaisimman staattisen paineen kohta vaihtelee. Tällöin voidaan paine mitata suoraan säätöpellin yhteydestä, kun paineenmittausyhde on oikein muotoiltu ja sijoitettu. Mitoittamalla kanavat muuttamalla dynaamista painetta staattiseksi saadaan lähekkäisille päätelaitteille sama staattinen paine, jolloin painesäätö toimii parhaiten.</p>					
Asiasanat (avainsanat) ilmanvaihto, paine, suunnitteluohje					
Sivumäärä 38+16	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Kieli</td> <td style="width: 50%;">URN</td> </tr> <tr> <td>Suomi</td> <td></td> </tr> </table>	Kieli	URN	Suomi	
Kieli	URN				
Suomi					
Huomautus (huomautukset liitteistä)					
Ohjaavan opettajan nimi Heikki Salomaa	Opinnäytetyön toimeksiantaja Fläkt Woods Oy				

DESCRIPTION

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Date of the bachelor's thesis 19.4.2011
Author(s) Juuso Nyström	Degree programme and option Building Services Engineering	
Name of the bachelor's thesis Pressure Controller for Ventilation		
Abstract <p>The aim of this thesis was to design pressure controller for Fläkt Woods Oy and to examine the place of pressure measurement at the ductwork with pressure depend cooling beams. The other aim was to prepare the technical documents and duct planning recommendations.</p> <p>The best measurement place with pressure dependent chilled beams was studied from constructed ductwork. Measurements were also made after damper plate at different points. The effect of ductwork sizing method was studied by simulating the ductwork.</p> <p>The pressure controller was designed based on the results. The necessary technical documents and planning guidelines of pressure controller can be found in the annexes of this work. At the system with pressure dependent chilled beams the pressure can be measured directly after the damper plate and ductwork works better if it is sized with static regain method.</p>		
Subject headings, (keywords) ventilation, pressure, planning principles		
Pages 38+16	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Heikki Salomaa	Bachelor's thesis assigned by Fläkt Woods Oy	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	TUTKIMUSKOHTTEEN ESITTELY.....	3
2.1	STELLA-jäähdytyspalkki.....	4
2.2	Paineen säätö	5
2.3	Staattisen paineen mittaus.....	6
2.4	Säätöpellin toimilaite	7
2.5	Kanaviston mitoitus	12
3	TUTKIMUSMENETELMÄT.....	14
3.1	Mittausjärjestelmän rakenne.....	15
3.2	Paineyhteen sijoituksen mittausjärjestely	18
3.3	Kanaviston mitoituksen simulointi.....	19
4	TULOKSET	20
4.1	Mittaus 1	21
4.2	Mittaus 2	22
4.3	Mittaus 3	23
4.4	Mittaus 4	24
4.5	Mittaus 5	26
4.6	Mittaus 6	27
4.7	Mittaus 7	28
4.8	Mittayhteen sijoitus säätöpellin jälkeen.....	29
4.9	Kanaviston mitoituksen tulokset.....	30
5	TULOSTEN TARKASTELU	31
5.1	Paineen mittauspaikka kanavistossa.....	32
5.2	Mittayhteen sijoitus	32
5.3	Kanaviston mitoitus	33
6	PAINESÄÄDIN	33
7	PAINESÄÄDÖN SUUNNITTELU.....	35
8	POHDINTA	37
	LÄHTEET	38

LIITTEET

1 TEKNINEN ESITE

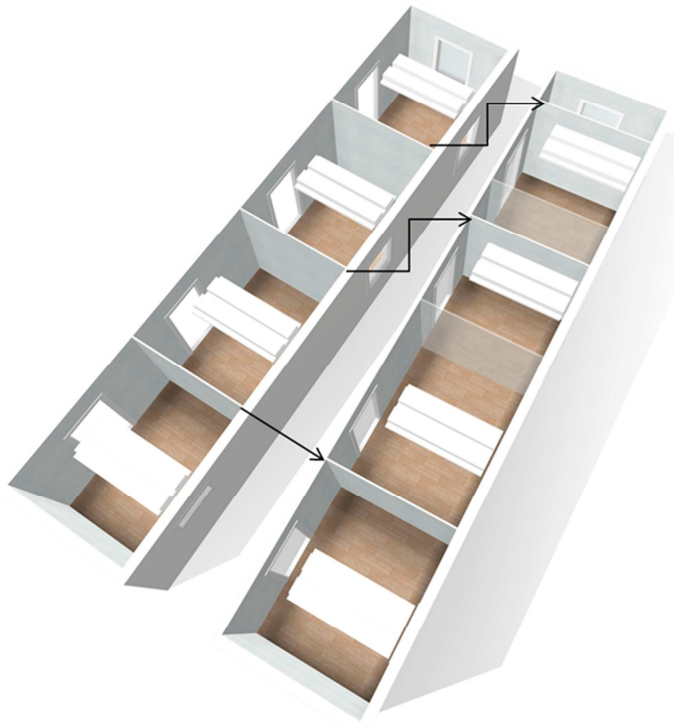
2 SUUNNITTELUOHJE

3 TOIMILAITTEEN OHJE

4 ASENNUS- JA SÄÄTÖOHJE

1 JOHDANTO

Nykyajan toimisto on muuntojoustava ja muutokset organisaatioissa asettavat vaatimukset myös toimistojen ilmanvaihdolle. Ihmisten, seinien ja kalusteiden paikkojen muutokset on voitava ottaa huomioon muuttamatta ilmanvaihtolaitteiden asennuksia. Toimistotilat koostuvat moduuleista. Moduuli voi toimia yksinään yhden työntekijän työpisteinä, tai moduuleita voidaan yhdistää esimerkiksi neuvottelutilaksi tai useamman henkilön työpisteeksi. Kuvassa 1 on esimerkkitapaus siitä, kuinka toimistossa tiloja voidaan muuttaa erikokoisiksi yksiköiksi tilan käyttötarpeen mukaan. Koska tilojen käyttötarkoitus vaihtelee, vaihtelee myös niiden tarvitsema ilmamäärä.



KUVA 1. Nykyaikainen muunneltava toimisto /1/

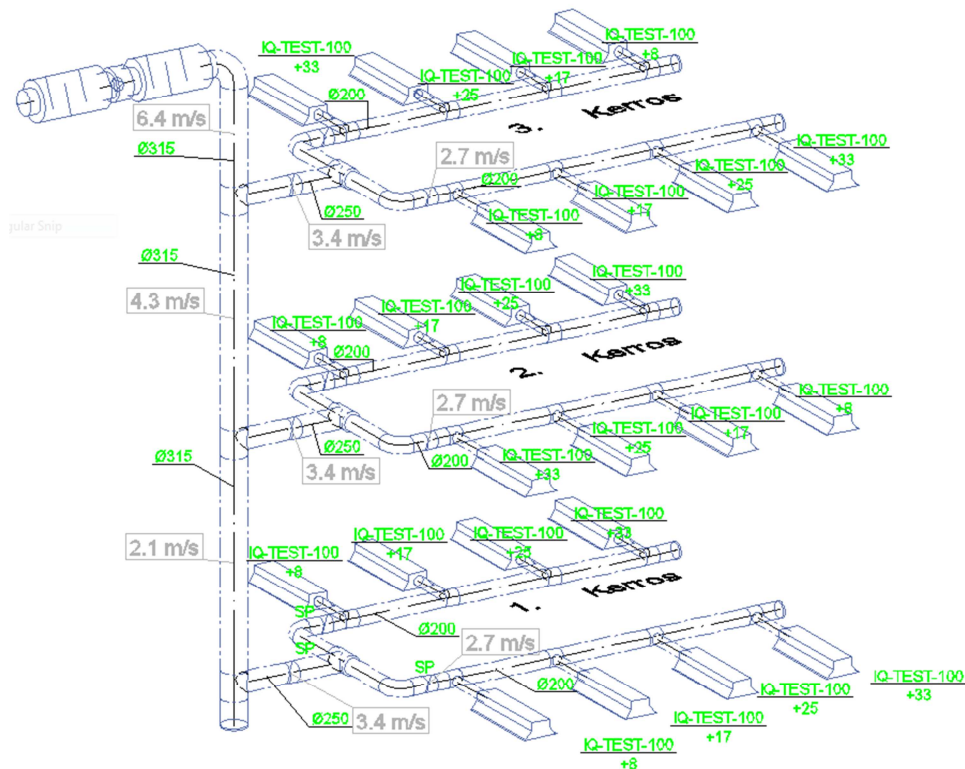
Tämän työn toimeksiantaja Fläkt Woods on tuonut markkinoille uuden STELLA-jäähdytyspalkin IQ Star -tuoteperheeseen. Fläkt Woods on maailmanlaajuinen ilmanvaihtoratkaisujen toimittaja. Fläkt Woods Oy:llä on Suomessa tehtaita viidellä paikkakunnalla. Se valmistaa Turussa puhaltimia ja kanavatuotteita, Toijalassa ilmanvaihdon päätelaitteita, säätö- ja mittauslaitteita, säleikköjä, Helsingissä väestönsuojatuotteita, Espoossa teollisuuspuhaltimia ja Kihniössä kanavatuotteita.

STELLA-jäähdytyspalkin ilmavirran säätötapa tarvitsee toimiakseen tietyn painetason kanavaan, eli toisin sanoen se on paineesta riippuva jäähdytyspalkki. Kanavan painetaso määrää, kuinka paljon ilmaa jäähdytyspalkista virtaa kullakin säätöasennolla. Jos kanaviston painetaso muuttuu, muuttuu tällöin myös laitteen tilavuusvirta. Vakiopaineisissa kanavissa laitekohtainen ilmavirran muutos ei aiheuta vaihtelua järjestelmän muissa laitteissa, jolloin saadaan aikaiseksi käytön kannalta joustava järjestelmä. Jotta järjestelmä toimisi oikein, tarvitaan siihen säädin, jolla pidetään kanavistossa haluttu painetaso. Painesäätimen tehtävänä on varmistaa oikea painetaso kanavistossa, kun käytetään paineesta riippuvia päätelaitteita tai jäähdytyspalkkeja. Painesäädintä voidaan käyttää myös varmistamaan ilmamääräsäätimille riittävä painetaso järjestelmän eri osissa.

Tämän työn tarkoituksena on perehtyä paineen säätöön rakentamalla koelaitteisto, jolla voidaan tutkia kanaviston staattisen paineen muutoksia erilaisissa säätö- ja ohjaustilanteissa. Tavoitteena on saatujen tulosten perusteella suunnitella laite, jolla säädetään kanaviston painetta sekä määrittää oikea paineenmittauspaikka järjestelmästä, kun käytössä on STELLA-palkit. Työn tavoitteena on myös tuottaa laitteelle tarvittavat tekniset dokumentit sekä antaa kanaviston suunnitteluohje.

2 TUTKIMUSKOHTEEN ESITTELY

Tässä työssä käytetyt arvot ja lähtökohdat perustuvat Fläkt Woodsin antamaan tapaukseen. Tämän työn tutkimuksessa pyritään jäljittelemään kolmikerroksista toimistorakennusta, jonka kussakin kerroksessa on kahdeksan Fläkt Woodsin STELLA-jäähdytyspalkkia. Kuvassa 2 on periaatekuva toimistorakennuksen ilmanvaihtojärjestelmästä. Puhaltimen jälkeisen pääkanavan painetasona käytetään 150 Pascalia ja kanavakokona 315 mm kanavaa. Kerroksen maksimi ilmavirraksi on määrätty $600 \text{ m}^3/\text{h}$ eli 167 l/s ja kerroksen runkokehan kooksi 250 mm kanava. Jäähdytyspalkin maksimi ilmavirta on $120 \text{ m}^3/\text{h}$ eli 33 l/s ja minimi ilmavirta $30 \text{ m}^3/\text{h}$ eli 8 l/s . Tällöin yhteen kokoojakehanavaan liitettyjen jäähdytyspalkkien ilmamääräksi tulee esimerkiksi $30 - 60 - 90 - 120 \text{ m}^3/\text{h}$ eli $8 - 17 - 25 - 33 \text{ l/s}$. Näiden ilmavirtojen järjestys voi vaihdella aivan kuten toimistotilojen kuormitus vaihtelee. Jäähdytyspalkkien 100 mm:n liitäntäkanavat yhdistetään 200 mm:n kokoojakehanavaan, joka yhdistetään kerroksen runkokehanavaan. Jäähdytyspalkkien käytettäväksi painetasoksi asetetaan 90 Pascalia. Staattista painetta säädetään joko kerroksen runkokehanavasta tai molemmista kokoojakehanavista erikseen.



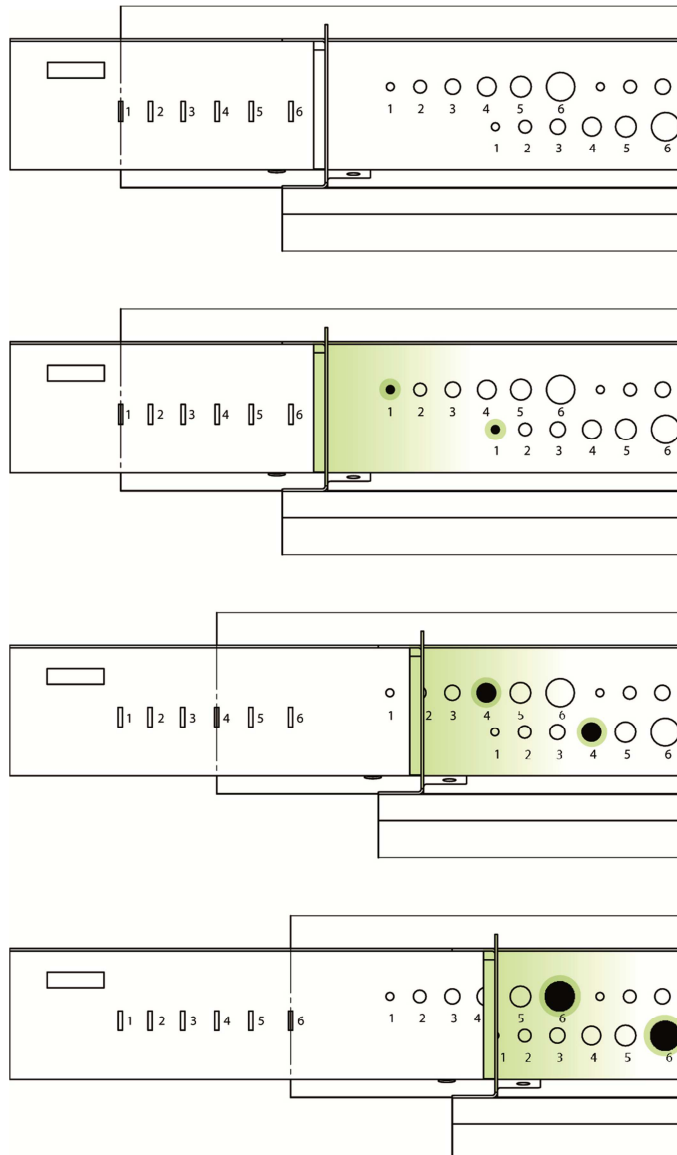
KUVA 2. Periaatekuva tutkittavana olleesta kanavistosta

2.1 STELLA-jäähdytyspalkki

STELLA-jäähdytyspalkki on suunniteltu ottamaan huomioon toimistoissa tapahtuvat muutokset ja erilaiset ilmanvaihtotarpeet. Siinä on Fläkt Woodsin FPC (Flow Pattern Control) virtauskuvion säätö, jolla saadaan suunnattua ilmavirta haluttuun suuntaan. STELLA on tarkoitettu vapaaseen asennukseen, ja se on monikäyttöinen jäähdytyspalkki, johon saa monenlaisia lisävarusteita, kuten esimerkiksi valaistuksen (kuva 3). STELLA-jäähdytyspalkissa on uudenlainen ilmavirran säätötapa. Jäähdytyspalkin ilmavirtaa säädetään tarpeen mukaan. Ilmavirran säätö tapahtuu muuttamalla jäähdytyspalkin virtausaukkojen kokoa. Jäähdytyspalkissa on oma toimilaite, jolla saadaan säätölevy liikkumaan. Säätölevyssä on erikokoisia virtausaukkoja, jotka kohdistetaan halutun säätöasennon mukaan palkin rungossa olevien aukkojen kohdalle. Kuvassa 4 on periaatekuva siitä, kuinka säätö levyllä tapahtuu.



KUVA 3. IQ Star STELLA – jäähdytyspalkki /1/



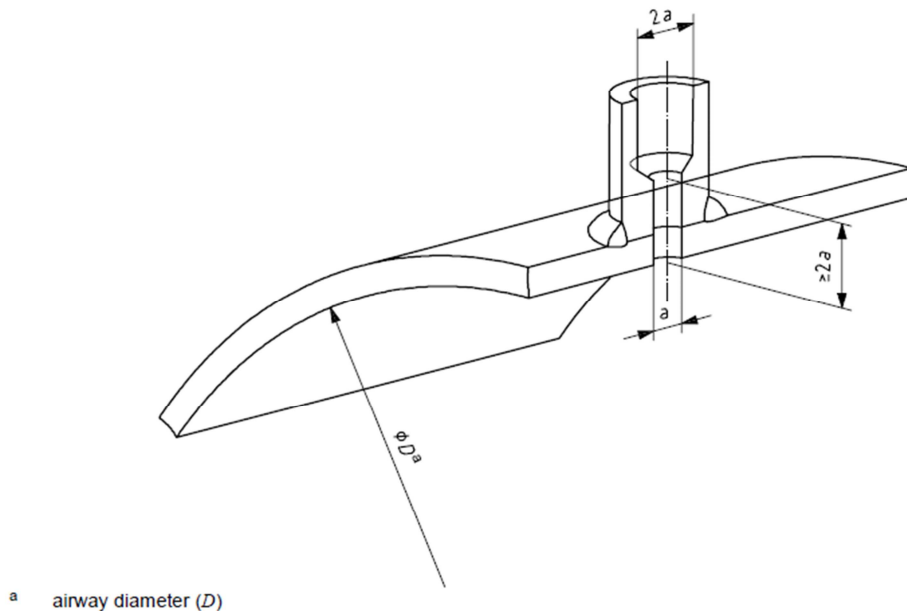
KUVA 4. Jäähdytyspalkin ilmavirran säätöperiaate /1/

2.2 Paineen säätö

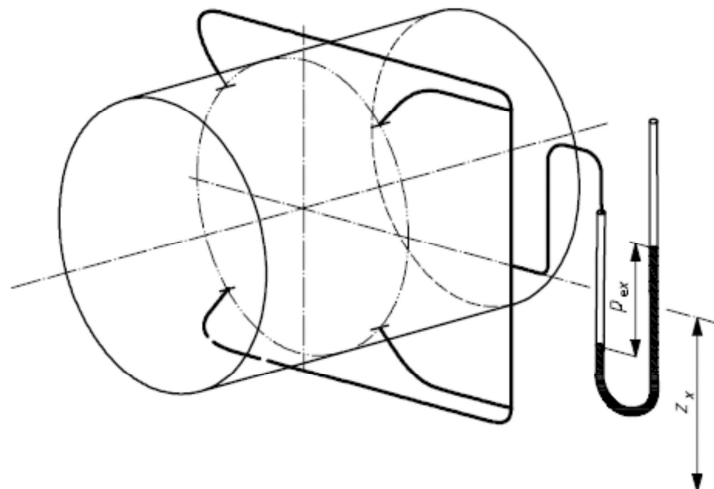
Yleisesti ohjeena on ollut, että paineesta riippuvia säätimiä käytettäessä puhallinta säätävä anturi sijoitetaan kanavan staattisen paineen “keskikohtaan“, jolloin laitoksen painetaso vaihtelee mahdollisimman vähän. Paineesta riippuvia säätimiä käytettäessä on tarpeen säätää myös haarakanavien staattista painetta. Painesäätimen paineanturi tulisi sijoittaa siihen osaan haarakanavaa, jossa vallitsee alhaisin staattinen paine. Tavallisesti sijoituspiste on kanavan loppupäässä, viimeisen ulosoton kohdalla./2, s.8./

2.3 Staattisen paineen mittaus

Koska ilmvirrassa saattaa olla häiriöitä, kuten T-haaroja tai säätöpeltejä asettaa se vaatimuksia mittausyhteen sijoitukselle ja mittausyhteen muotoilulle. Puhallinstandardi SFS-EN ISO 5801 määrittelee muodon staattisen paineen mittausyhteelle. Standardin mukaan mittausyhteen reiän koko on 1,5 mm – 5 mm ja yhteen reikä pitää olla samassa tasossa kanavan pinnan kanssa. Reiän suun on oltava teräväreunainen ja ilman jäysteitä. Kuvassa 5 on standardin määrittämä mittausyhde. Suositeltavin mittaustapa on johtaa staattinen paine painemittariin neljän tasavälein kehälle sijoitetun yhteen kautta kuvan 6 mukaan./3, s.22-23./



KUVA 5. Standardin SFS-EN ISO 5801 mukainen mittayhde /3, s.22/



KUVA 6. Tasavälein sijoitetut mittayhteet /3, s.21/

2.4 Säätopellin toimilaite

Fläkt Woods käyttää säätimissään saksalaisen Grünerin valmistamia toimilaitteita. Grüner toimilaite on erittäin kompakti (kuva 6). Siinä on itsessään paineenmittaus, ja se on varustettu näytöllä, josta voidaan lukea reaaliaikaisesti vallitseva staattinen paine. Kaikki toimilaitteen säädöt ja asetukset voidaan tehdä laitteessa olevista käyttökytkimistä.



KUVA 7. Grünerin Fläkt Woodsille valmistama toimilaite

Grünerin valmistaman toimilaitteen paineenmittaus on terminen, jolloin anturin läpi virtaava ilma kulkee anturissa olevan kalvon ohi jäädyttäen sitä. Tällöin kalvon resistanssi muuttuu ja siihen syötetyn sähkövirran avulla saadaan verrannollisuus ilman nopeudelle. Nopeudesta saadaan selville vallitseva painetaso. Termisen anturin etu on suuri herkkyys./4, s.162-163./

Koska paineen mittauksessa ilma virtaa anturin lävitse, aiheutuu mittaletkusta painehäviötä. Myös ilman tiheys vaikuttaa mittaustulokseen. Virtauksen Reynoldsin luku voidaan laskea yhtälöstä 1 /5, s.95/:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot d_h}{\nu} \quad (1)$$

Re = Reynoldsin luku

ν = virtausnopeus m/s

d_h = hydraulinen halkaisija

ν = kinemaattinen viskositeetti m^2/s

Kun anturin läpi virtaava ilmamäärä on suurimmillaan 2 ml/s ja mittaletkun sisähalkaisija 5mm, saadaan yhtälöstä 1 virtauksen Reynoldsin luvuksi 33,4, kun ilman kinemaattisena viskositeettina käytetään $15,27 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ (+20 °C). Reynoldsin luvun ollessa alle 2320 voidaan todeta virtaus laminaariseksi. Laminaariselle virtaukselle pätee yhtälö 1 sekä yhtälöt 2 ja 3 /5, s.95-96./:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad (2)$$

λ = kitkavastuskerroin

Re = Reynoldsin luku

$$\eta = \nu \rho \quad (3)$$

η = dynaaminen viskositeetti, Pa s

ν = kinemaattinen viskositeetti m^2/s

ρ = tiheys, kg/m^3

Putkissa painehäviö ilmaistaan yleensä yhtälöllä 4 /5, s.95/:

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 \quad (4)$$

Δp = painehäviö, Pa

λ = kitkavastuskerroin

l = putken pituus, m

d = sisähalkaisija, m

ρ = tiheys, kg/m^3

ν = virtausnopeus m/s

Pyöreille putkijohdoille virtausnopeus on yhtälön 5 mukainen:

$$v = \frac{4q_v}{\pi d^2} \quad (5)$$

v = virtausnopeus m/s

q_v = tilavuusvirta, m³/s

d = sisähalkaisija, m

Kun yhdistetään yhtälöt 1, 2, 3, 4 ja 5 voidaan kirjoittaa painehäviölle yhtälö 6:

$$\Delta p = \frac{128\eta l}{\pi} \cdot \frac{q_v}{d^4} \quad (6)$$

Δp = painehäviö, Pa

η = dynaaminen viskositeetti, Pa s

l = putken pituus, m

q_v = tilavuusvirta, m³/s

d = sisähalkaisija, m

Yhtälöllä 6 saadaan laskettua mittaletkun aiheuttama painehäviö, kun tiedetään anturin läpi virtaava tilavuusvirta eri painetasoilla. Koska dynaaminen viskositeetti on yhtälön 3 mukaan ilman tiheyden ja kinemaattisen viskositeetin tulo, vaikuttaa ilman tiheyden muutos painehäviöön. Ilman tiheys vaihtelee lämpötilan ja vallitsevan ilmakehän paineen mukaan, ja koska ilman kokonaispaine on kuivan ilman ja vesihöyryn osapaineiden summa, voidaan kirjoittaa yhtälö 7 /5, s.188/:

$$p = p_i + p_h \quad (7)$$

p = kokonaisilmanpaine, kPa

p_i = kuivan ilman paine, kPa

p_h = vesihöyryn paine, kPa

Ilman tiheys on kuivan ilman ja vesihöyryn tiheyksien summa. Kun yleinen kaasuvakio jaetaan kaasun moolimassalla, voidaan kirjoittaa kyseisen kaasun kaasuvakio. Tällöin ilman tiheys voidaan laskea yhtälöllä 8 /5, s.188/:

$$\rho = \rho_i + \rho_h = \frac{P_i}{R_i T} + \frac{P_h}{R_h T} \quad (8)$$

ρ = ilman tiheys, kg/m³

ρ_i = kuivan ilman tiheys, kg/m³

ρ_h = vesihöyryn tiheys, kg/m³

R_i = ilman kaasuvakio, J/kgK

T = lämpötila, K

R_h = vesihöyryn kaasuvakio, J/kgK

p_i = kuivan ilman paine, kPa

p_h = vesihöyryn paine, kPa

Yhdistämällä yhtälöt 7 ja 8 saadaan kirjoitettua yhtälö 9:

$$\rho = \frac{P - P_h}{R_i T} + \frac{P_h}{R_h T} \quad (9)$$

ρ = ilman tiheys, kg/m³

R_i = ilman kaasuvakio, J/kgK

T = lämpötila, K

R_h = vesihöyryn kaasuvakio, J/kgK

p = kokonaisilmanpaine, kPa

p_h = vesihöyryn paine, kPa

Suhteellinen kosteus määritellään ilmassa vallitsevan vesihöyryn osapaineen suhteena vesihöyryn kyllästymispaineeseen samassa lämpötilassa yhtälön 10 mukaan /5, s.188/:

$$\varphi = \frac{P_h}{P_{hs}} \quad (10)$$

φ = suhteellinen kosteus

p_h = vesihöyryn paine, kPa

p_{hs} = vesihöyryn kyllästymispaine, kPa

Vesihöyryn kyllästymispaine voidaan likimääräisesti laskea yhtälöllä 11 /5, s.188/:

$$p_{hs} = \frac{e^{(77,345+0,0057T-\frac{7235}{T})}}{T^{8,2}} \quad (11)$$

T = lämpötila, K

Yhdistämällä kaavat 9 ja 10 saadaan suoraan laskettua ilman tiheys vallitsevassa ilmakehän paineessa, kun tiedetään lämpötila sekä suhteellinen kosteus ja lasketaan veden kyllästymispaine yhtälöllä 11. Tällöin saadaan ilman tiheydelle yhtälö 12:

$$\rho = \frac{p}{R_i T} - \frac{\varphi p_{hs}}{T} \left(\frac{1}{R_i} - \frac{1}{R_h} \right) \quad (12)$$

ρ = ilman tiheys, kg/m³

p = kokonaisilmanpaine, kPa

R_i = ilman kaasuvakio, J/kgK

T = lämpötila, K

φ = suhteellinen kosteus

p_{hs} = vesihöyryn kyllästymispaine, kPa

R_h = vesihöyryn kaasuvakio, J/kgK

Toimilaitte toimitetaan kalibroituina ilman tiheydelle 1,2 kg/m³, mutta tarvittaessa toimilaitteeseen voidaan tehdä korjaus, jos ilman tiheys on jokin muu. Näin pitää tehdä, jos laitteen asennuspaikka sijaitsee esimerkiksi korkealla meren pintaan nähden, jolloin ilman tiheys laskee. Samalla korjauskertoimella voidaan ottaa huomioon mittaletkun aiheuttama painehäviö. Taulukossa 1 on toimilaitteen valmistajan ilmoittamia korjauskertoimia eripituisille 5 mm sisähalkaisijaltaan olevalle mittaletkulle eri korkeuksilla meren pinnasta.

TAULUKKO 1. Toimilaitteen korjauskertoimia

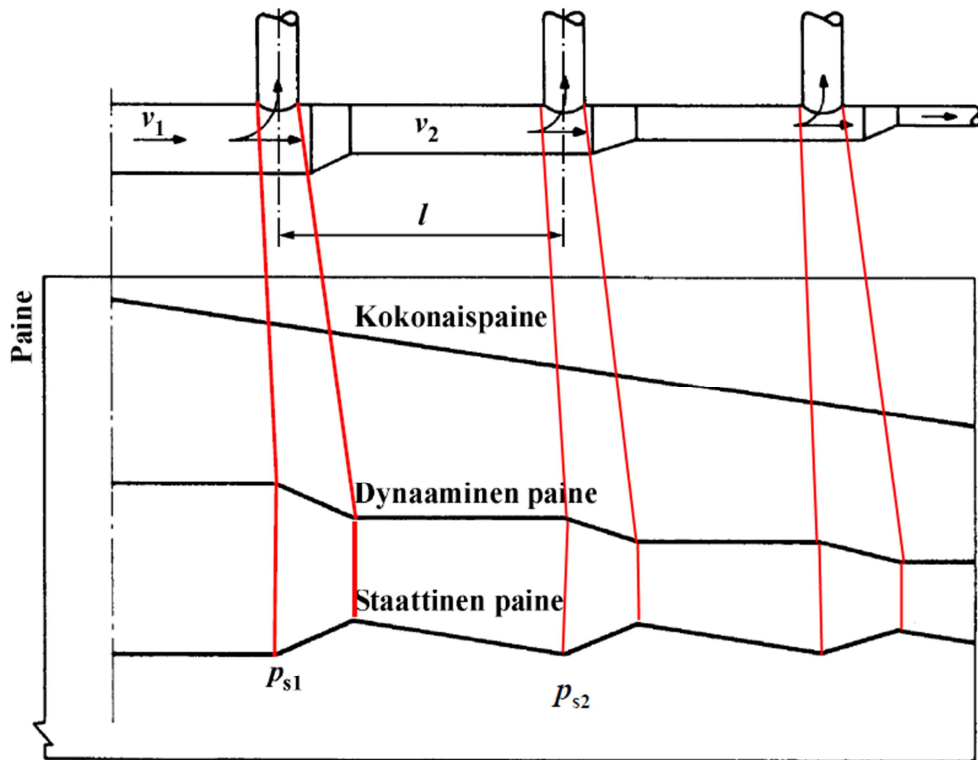
Tube inner-diameter $\varnothing=5\text{mm}$		Length [m]					
Height [m]	GV correction factor [%]	0...10	11...20	21...30	31...40	41...50	51...60
	0...100	100	97.2	94.4	91.6	88.8	86.0
	101...200	98.8	96.0	93.2	90.4	87.6	84.8
	201...300	97.5	94.7	91.9	89.1	86.3	83.5
	301...400	96.3	93.5	90.7	87.9	85.1	82.3
	401...500	95.1	92.3	89.5	86.7	83.9	81.1
	501...600	93.9	91.1	88.3	85.5	82.7	79.9
	601...700	92.8	90.0	87.2	84.4	81.6	78.8
	701...800	91.6	88.8	86.0	83.2	80.4	77.6
	801...900	90.5	87.7	84.9	82.1	79.3	76.5
	901...1000	89.4	86.6	83.8	81.0	78.2	75.4
	1001...1100	88.3	85.5	82.7	79.9	77.1	74.3
	1101...1200	87.2	84.4	81.6	78.8	76.0	73.2

2.5 Kanaviston mitoitus

Jotta taataan oikea painetaso paineesta riippuville päätelaitteille, täytyy kanavisto mitoittaa oikein. Yleisesti käytettyjä kanaviston mitoitusapoja ovat kokemusperäisten nopeuksien käyttö ja vakio kitkapainehäviön menetelmä. Kokemusperäisessä mitoituksessa kanavanopeuksia yleensä lasketaan edettäessä puhaltimelta huoneeseen. Tällöin liitäntäkanavien nopeudet ovat yleensä välillä 1-3 m/s. Vakio kitkapainehäviön menetelmä perustuu kokemusperäisten nopeuksien käyttöön, mutta antaa paremman mitoitus tuloksen kuin kokemusperäisten nopeuksien käyttö. Vakio kitkapainehäviön menetelmässä pidetään kitkapainehäviötä vakiona kanavametriä kohden./5, s.103./

Staattisen paineen takaisin saamisen mitoitusmenetelmällä kanavat mitoitetaan siten, että dynaamista painetta vähentämällä aikaansaadaan staattisen paineen nousu. Tämä onnistuu, koska virtauksen staattinen paine on virtauksen kokonaispaineen ja dynaamisen paineen erotus. Mitoitus perustuu siihen, että kanavahaarojen jälkeen ilman virtausnopeutta pienennetään niin paljon, että vastaava staattisen paineen nousu on yhtä suuri kuin kanavan painehäviö seuraavaan haaraan. Käytännössä virtausnopeutta alennetaan juuri sen verran, että nopeuden alenemisesta johtuva staattisen paineen nousu riittää kitkahäviöiden voittamiseen seuraavaan haaraumaan saakka. Tällä mitoitusmenetelmällä saadaan sama staattinen paine lähekkäisille

kanavahaaroille tai päätelaitteille, jolloin myös kanaviston tasapainotus helpottuu. Kuvassa 8 on esitetty, kuinka kanaviston paineet muuttuvat, kun kanavisto mitoitetään staattisen paineen takaisin saamisen menetelmällä. Poistoilmakanavistoissa dynaamista painetta ei voida muuttaa staattiseksi, vaan niissä täytyy käyttää muita mitoitus tapoja. /6./



KUVA 8. Esimerkki paineiden muutoksesta /5, s.103/

Staattisen paineen muutos on Bernoullin lain mukaan riippuvainen ainoastaan virtausnopeuden muutoksesta. Käytännön sovelluksissa muutokseen on lisättävä hyötysuhde y , joka ottaa huomioon kanavaosien aiheuttaman häviön. Käytettäessä tavanomaisia kanavaosia hyötysuhde on välillä 0,6-0,7. Tällöin saadaan yhtälö 13 /6/:

$$\Delta p_s = y \cdot \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2) \quad (13)$$

Δp_s = staattisen paineen muutos, Pa

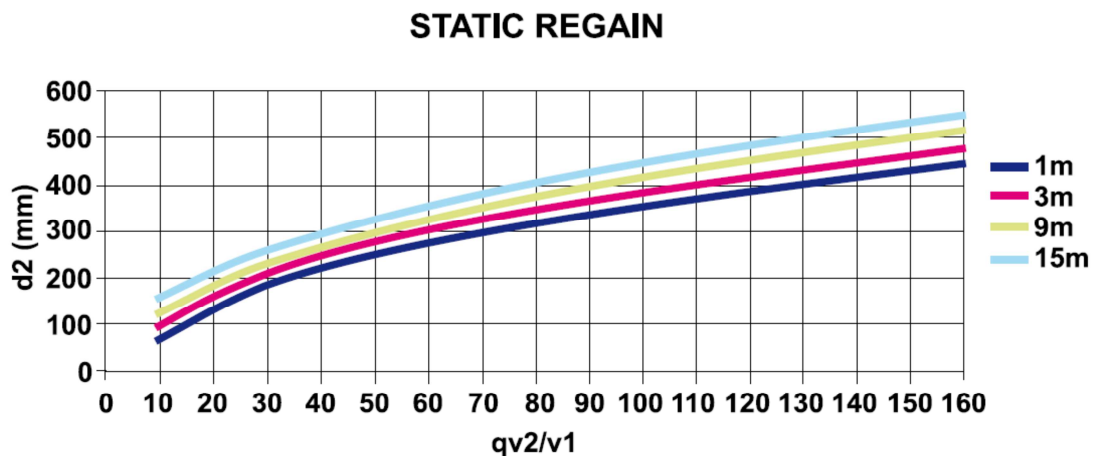
y = hyötysuhde (0,6 – 0,7)

ρ = ilman tiheys, kg/m³

v_1 = virtausnopeus 1, m/s

v_2 = virtausnopeus 2, m/s

Kanavien mitoittaminen kokeilemalla sopivaa kanavanopeutta haaran jälkeen on työlästä, joten mitoituksessa käytetäänkin mitoituskäyriä. Kuvassa 9 on hyötysuhteelle 0,6 laskettu mitoituskäyrästä, jossa q_{v2} on tilavuusvirta haaran jälkeen (dm^3/s), v_1 kanavanopeus ennen haaraa ja d_2 kanavan halkaisija haaran jälkeen (mm). Käyrät eri väreillä ovat kanavan ekvivalenttinen pituus metreinä haaraan jälkeen. Käyrästä käyttäminen aloitetaan jakamalla tilavuusvirta haaran jälkeen kanavanopeudella ennen haaraa, jolloin saadaan luku akselille q_{v2}/v_1 . Tämän jälkeen noustaan pystysuoraan asteikolla ylös kanavapituuskäyrälle, jonka jälkeen siirrytään asteikkoa pitkin vasemmalle, josta luetaan saatu kanavakoko./6./



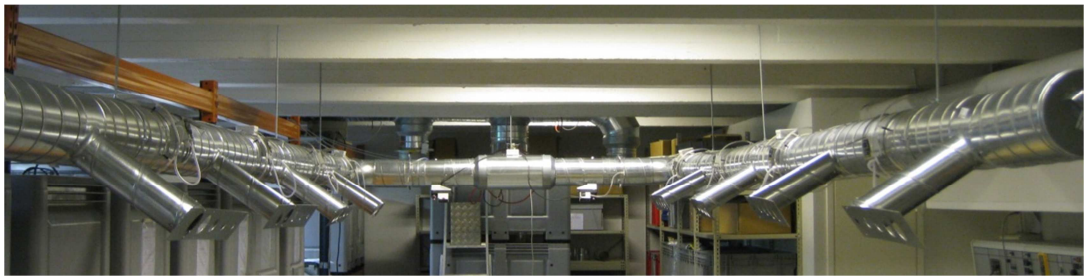
KUVA 9. Kanavien mitoituskäyrästä /6/

3 TUTKIMUSMENETELMÄT

Työn suorittamiseksi rakennettiin Fläkt Woodsin Toijalan tehtaan tiloihin kanavisto, jolla tutkittiin parasta paineen mittaustaikaa kanavasta. Lisäksi tehtiin mittauksia paineyhteen sijoitukselle säätöpellin jälkeen ja suunnitteluohjelmalla simulointeja kanavamitoituksen varmistamiseksi.

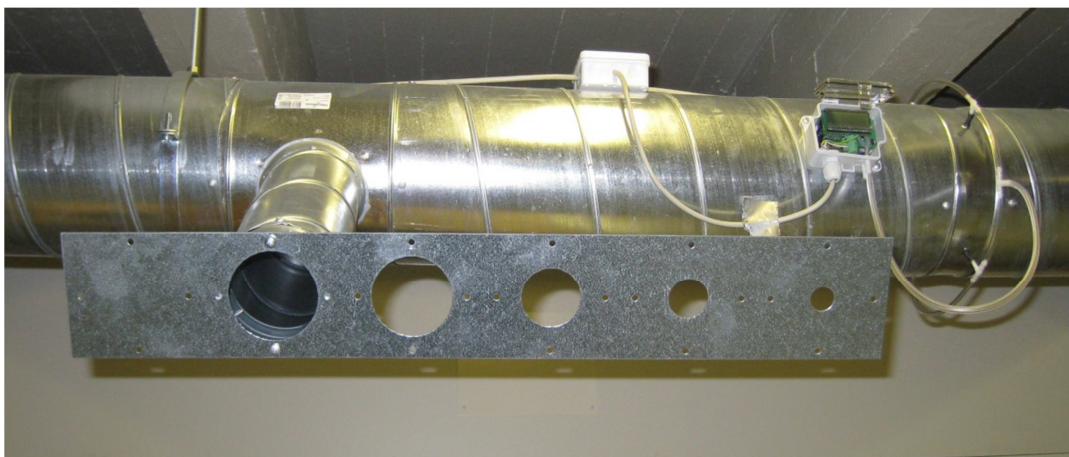
3.1 Mittausjärjestelmän rakenne

Toimistorakennuksen yhden kerroksen kanavajärjestelyä kuvaava kanavisto rakennettiin kahdesta kokoojakanavasta, joihin kumpaankin asennettiin neljä liitäntäkanavaa laitteille. Kokoojakanavan laitteiden ilmamääräksi määrättiin 30 – 60 – 90 – 120 m³/h. Yhden haaran maksimi ilmamääräksi tuli tällöin 300 m³/h. Kokoojakanavan kokona käytettiin 200 mm kanavaa. Pääkanavana käytettiin 315 mm kanavaa ja kerroksen runkokanavana 250 mm kanavaa. Kuvassa 5 on esitettyinä rakennettu kanavisto. Pääkanavan staattisena paineena käytettiin 150 Pascalia.



KUVA 5. Rakennettu kanavisto

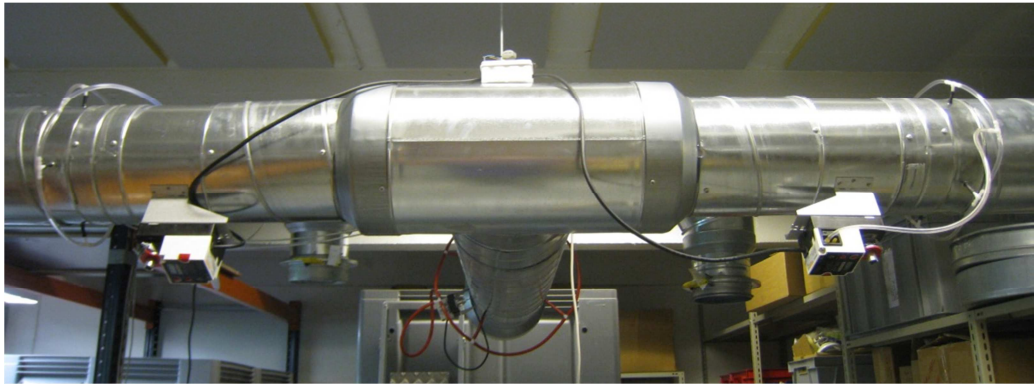
Jäähdytyspalkit korvattiin rei'itetyllä levyillä, joissa vapaat virtauspinta-alat eri asennoilla olivat samat kuin itse jäähdytyspalkissa. Kuvassa 6 on levy, jolla saatiin säädettyä liitäntäkanavan ilmamäärää.



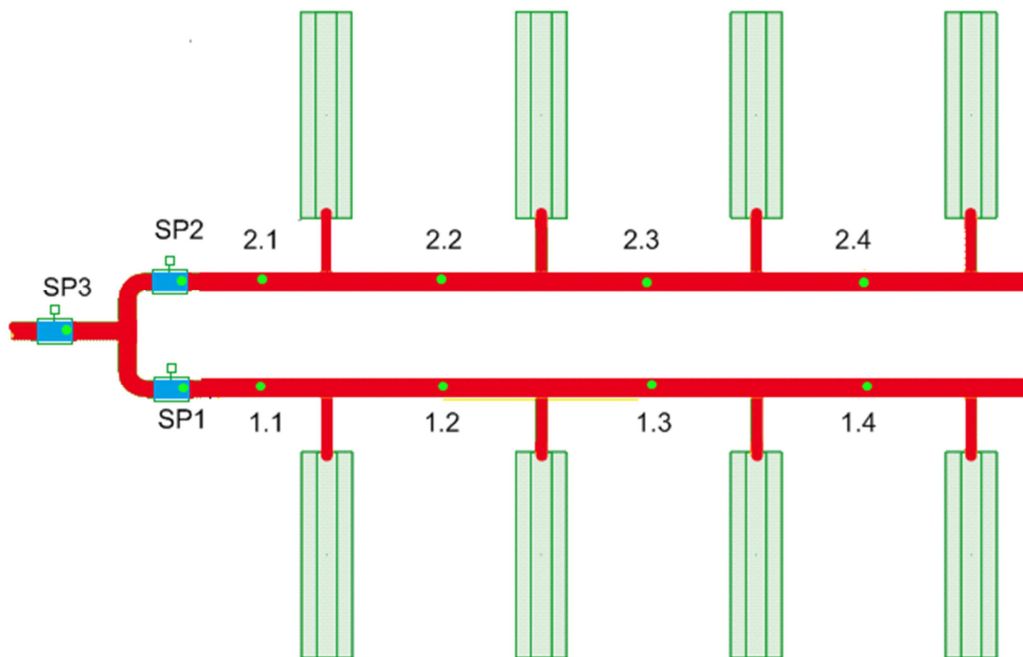
KUVA 6. Jäähdytyspalkkia kuvaava virtausaukko ja paineen mittaus kohta.

Paineen ohjaus tapahtui säätöpelleillä, joissa oli Grünerin toimilaitteet. Säätöpellit sijoitettiin kerroksen runkokanavaan sekä molempiin kokoojakanaviin. Näin saatiin

kokeiltua eri ohjausmetodeja. Säätopeltien toimilaitteet mittasivat painetta mittauskammioista heti säätopellin jälkeen. Kuvassa 7 on säätopellit toimilaitteineen ja paineen mittausyhteineen. Kokoojakanavissa oli ennen jokaista virtausaukole lähtevää liitäntäkanavaa staattisen paineen mittauskammio. Kuvassa 8 on vihreillä pisteillä merkittynä ja numeroituna staattisen paineen mittauskohdat. Staattiset paineet mitattiin näytöllisellä paine-erolähtettimeillä. Kanaviston staattiset paineet kerättiin talteen mittausohjelmalla. Mittausohjelma tehtiin National Instrumentsin LabVIEW-ohjelmistolla. Samalla ohjelmalla ohjattiin myös puhaltimen taajuusmuuttajaa sekä säätopeltien toimilaitteita.



KUVA 7. Säätopeltien toimilaitteet ja niiden paineen mittausyhteet kanavistossa



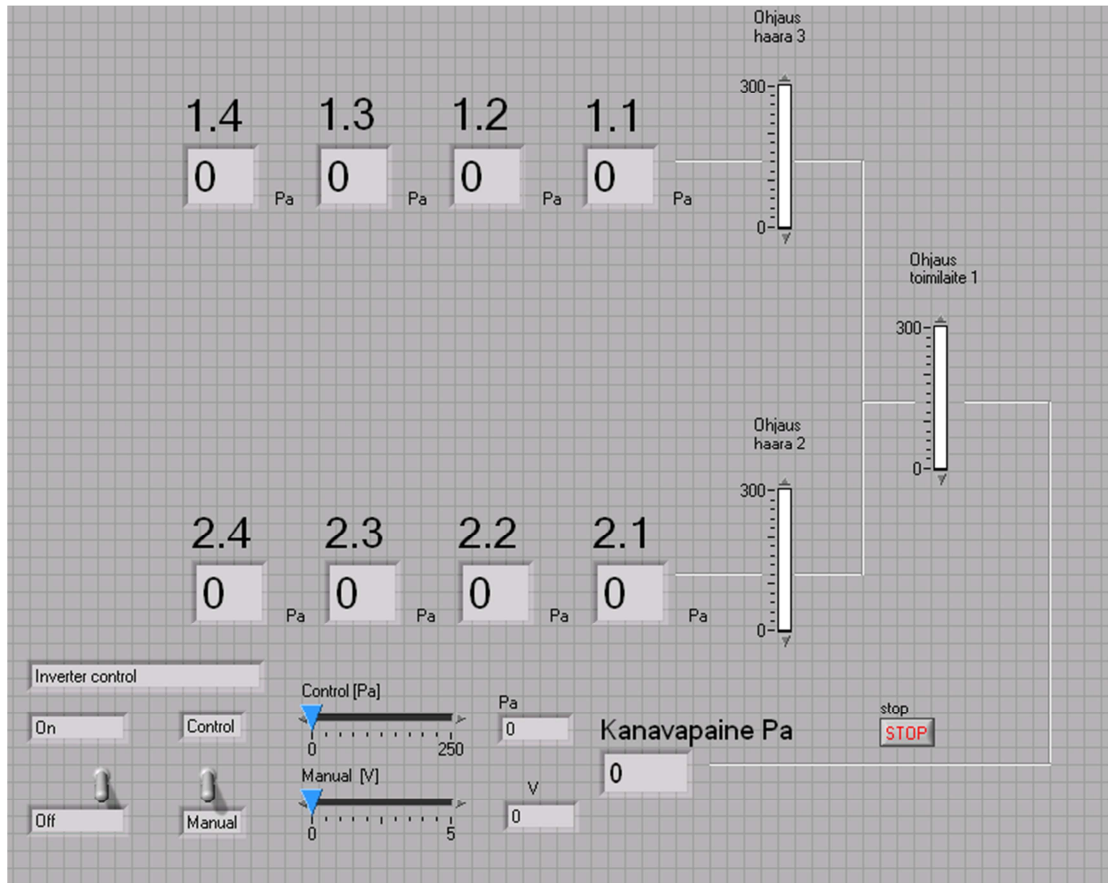
KUVA 8. Staattisen paineen mittauspisteet järjestelmässä

Pääkanavan staattista painetta pidettiin yllä puhaltimella, jota ohjattiin taajuusmuuttajalla. Puhallin valittiin maksimi-ilmavirran mukaan Fläkt Woodsin Centriware -mitoitushjelmalla. Puhaltimena oli Fläkt Woods Oy:n valmistama yksi-imuaukkoinen suorakäyttöinen radiaalipuhallin GTLB-1-022, jossa on taaksepäin kääntyvät siivet. Moottorina puhaltimessa oli ABB:n 0,37 kW:n moottori. Moottori varustettiin Danfossin VLT Micro Drive -taajuusmuuttajalla. Kuvassa 8 on taajuusmuuttaja ja puhallin.



KUVA 8. Taajuusmuunnin ja puhallin /7;8/

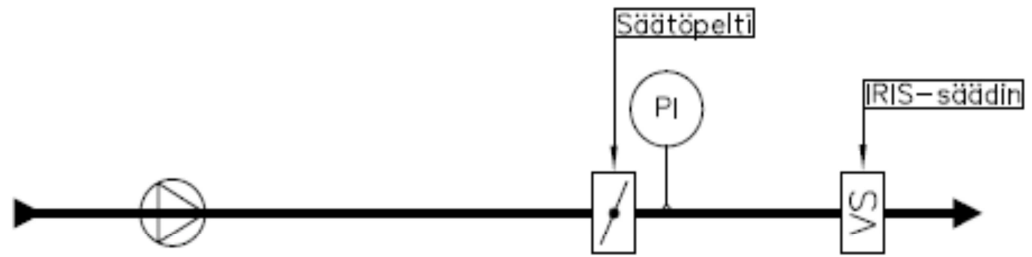
Ohjaus- ja tiedonkeruuohjelma tehtiin LabVIEW-ohjelmalla. LabVIEW:llä tehty ohjelma toimi myös samalla käyttöliittymänä. Ohjaus- ja tiedonkeruuohjelma koostuu monista pienistä aliohjelmista. Yhdellä aliohjelmalla kerättiin HK Instrumentsin paine-erolähttimiltä saadut staattiseen paineeseen verrannolliset milliampeeriviestit. Painetiedot tallennettiin sekunnin välein tiedostoon, jolloin niistä saatiin laskettua keskiarvot. Viestit luettiin National Instrumentsin USB-6008 - ja USB-6009 - tiedonkeruu- ja dataloggauslaitteilla. Molemmissa laitteissa on kahdeksan analogista tuloa ja kaksi analogista lähtöä. Säätepelien toimilaitteiden ohjaukseen oli oma aliohjelma. Säätepelien toimilaitteen ohjausjännitteenä oli 2-10 voltia, ja koska NI-laitteelta saatava ulostulojännite oli 0-5 voltia, tarvittiin niiden väliin signaalimuuntimet. LabVIEW:llä tehtiin myös puhaltimen ohjaukseen aliohjelma, jolla voitiin valita suora käsinaseteltava ohjaus tai PI-säädöllä toimiva ohjaus. PI-säädön parametrit haettiin kokeilemalla. LabVIEW:llä tehdyssä ohjaus- ja tiedonkeruuohjelmassa oli myös aliohjelma, jolla saatiin paine-erolähttimien tulokset tallennettua Excel-taulukkoon. Kuvassa 9 on ohjelman käyttöliittymä, josta nähtiin paineet eri mittauspisteissä sekä saatiin ohjattua toimilaitteita ja puhaltimen taajuusmuuttajaa.



KUVA 9. Ohjaus ja tiedonkeruuohjelman käyttöliittymä

3.2 Paineyhteen sijoituksen mittausjärjestely

Staattisen paineen mittayhteen sijoittamista säätöpellin jälkeen tutkittiin kuvan 10 mukaisella koejärjestelyllä. Kanavan staattista painetta ylläpidettiin puhaltimella ja säädettiin Iris-säätimellä. Säätöpellillä kuristettiin virtausta siten, että pelti oli 45° kulmassa. Säätöpellin jälkeen kanavassa oli standardin mukainen staattisen paineen mittauskammio. Mittauskammion neljällä yhteellä mitattua painetta verrattiin sen yksittäisten yhteiden paineisiin. Mittaukset suoritettiin molemmin puolin säätöpeltiä 90° kulmassa säätöpellin akseliin nähden sekä akselin suuntaisesti.



KUVA 10. Periaatekuva mittausjärjestelystä

3.3 Kanaviston mitoituksen simulointi

Kanaviston mitoituksen toimivuuden simulointiin tässä työssä käytettiin AutoCAD-ohjelmassa toimivaa suomalaista MagiCAD-ohjelmistoa. MagiCAD on Progran Oy:n kehittämä talotekninen suunnitteluohjelma. AutoCad on Autodesk Inc. yhtiön kehittämä ja julkaisema CAD-suunnitteluohjelma. MagiCAD:ssä on lisäosana Product Modeller-ohjelma, jolla saatiin mallinnettua STELLA-jäähdytyspalkki mitoitustietoineen MagiCAD:in tuotetietokantaan. Kanavisto mitoitettiin vakiokitkapaine menetelmällä, jolloin kitkapaine oli 1 Pa/m sekä staattisen paineen takaisin saamisen menetelmällä. Mitoitetussa kanavistossa oli 32 STELLA-jäähdytyspalkkia, joiden tilavuusvirta oli $75 \text{ m}^3/\text{h}$ eli 21 l/s, kun kanavapaine on 90 Pa. Tällöin kanaviston kokonaisilmamäärä oli $2400 \text{ m}^3/\text{h}$ eli 667 l/s. Staattisen paineen takaisin saamisen menetelmällä kanavan alkukooksi valittiin 400 mm kanava, jolloin sen kanavanopeus oli 5.3 m/s ja kitkapainehäviö 0.8 Pa/m. Loput kanavasta mitoitettiin kuvan 9 käyrästä. Mitoituksen tulokset ovat taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Kanavan mitoitus käyrästön avulla

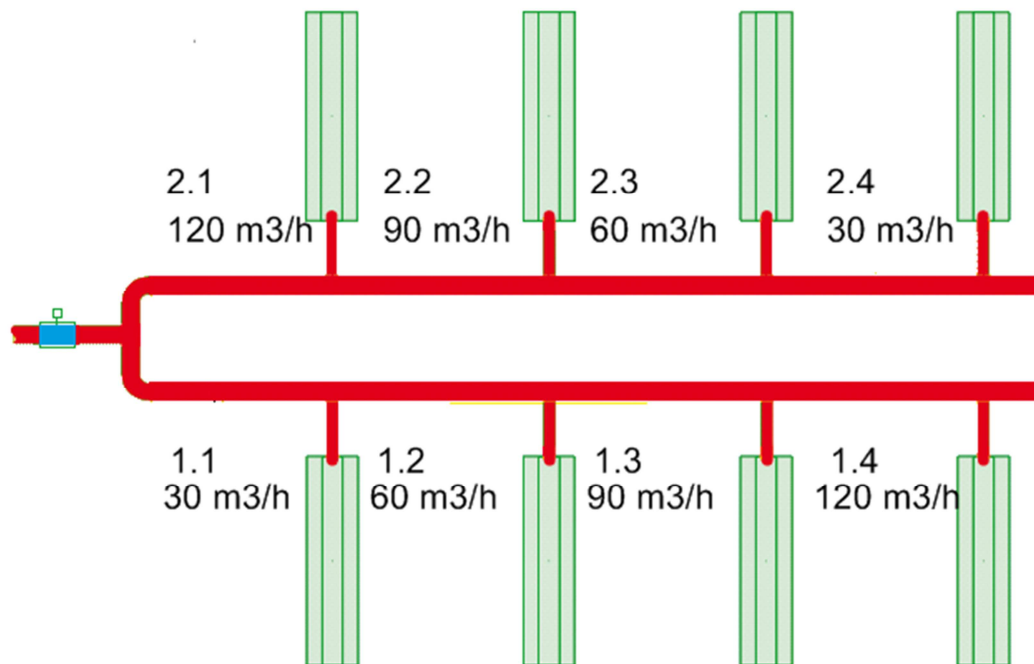
osuus	l [m]	v1 [m/s]	qv2 [l/s]	qv2/v1	valinta [mm]
1		5,3	667		400
2	3	5,1	646	121,9	400
3	3	5	625	122,5	400
4	3	4,8	604	120,8	400
5	3	4,6	583	121,5	400
6	3	4,5	563	122,4	400
7	3	4,3	542	120,4	400
8	3	4,1	521	121,2	400
9	3	4	500	122,0	400
10	3	3,8	479	119,8	400
11	3	3,6	458	120,5	400
12	3	3,5	438	121,7	400
13	3	3,3	417	119,1	400
14	3	3,1	396	120,0	400
15	3	3	375	121,0	400
16	3	2,8	354	118,0	400
17	3	2,7	333	118,9	400
18	3	2,5	313	115,9	400
19	3	2,3	292	116,8	400
20	3	2,2	271	117,8	400
21	3	2	250	113,6	400
22	3	1,8	229	114,5	400
23	3	1,7	208	115,6	400
24	3	1,5	188	110,6	400
25	3	1,3	167	111,3	400
26	3	1,2	146	112,3	400
27	3	1	125	104,2	400
28	3	0,8	104	104,0	400
29	3	0,7	83	103,8	400
30	3	0,8	63	90,0	315
31	3	0,5	42	52,5	315
32	3		21	42,0	250

4 TULOKSET

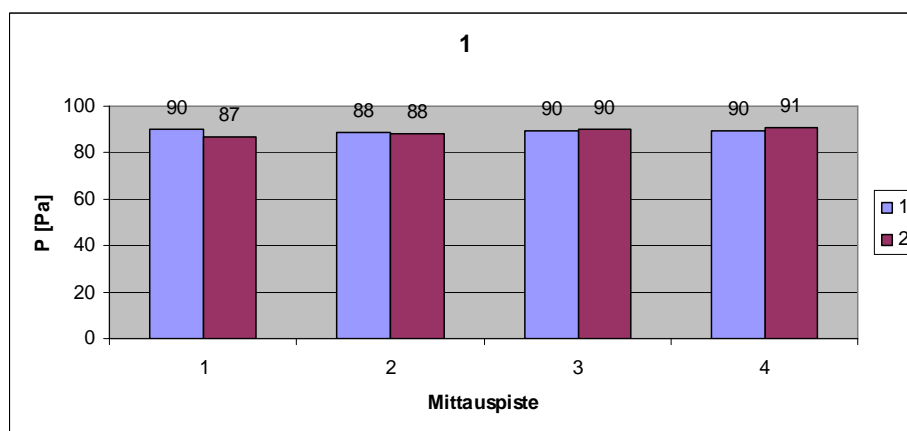
Parhaan paineenmittauspaikan löytämiseksi rakennetussa kanavistossa tutkittiin paineen mittauspaikkaa pitämällä pääkanavan paineena 150 Pascalia ja kussakin mittauksessa ollut säätöpelti ohjattiin pitämään paine 90 Pascalissa. Erilaisia säätötapoja kokeiltiin vaihtamalla säätävää säätöpeltiä, muuttamalla kanavistoa sekä lopuksi vaihtamalla virtausaukkojen järjestystä.

4.1 Mittaus 1

Ensimmäisessä mittauksessa vain kerroksen runkokanavassa oli paineensäätö. Kokoojakanavan tilavuusvirta oli $300 \text{ m}^3/\text{h}$, ja se vastasi kanavanopeutta $2,6 \text{ m/s}$. Kuvasta 11 nähdään paineenmittauspaikkojen numerointi sekä tilavuusvirtojen jakautuminen palkeille. Kuvassa 12 on sinisellä värillä kokoojakanavasta 1 ja punaisella värillä kokoojakanavasta 2 mitatut tulokset.



KUVA 11. Mittausjärjestely 1

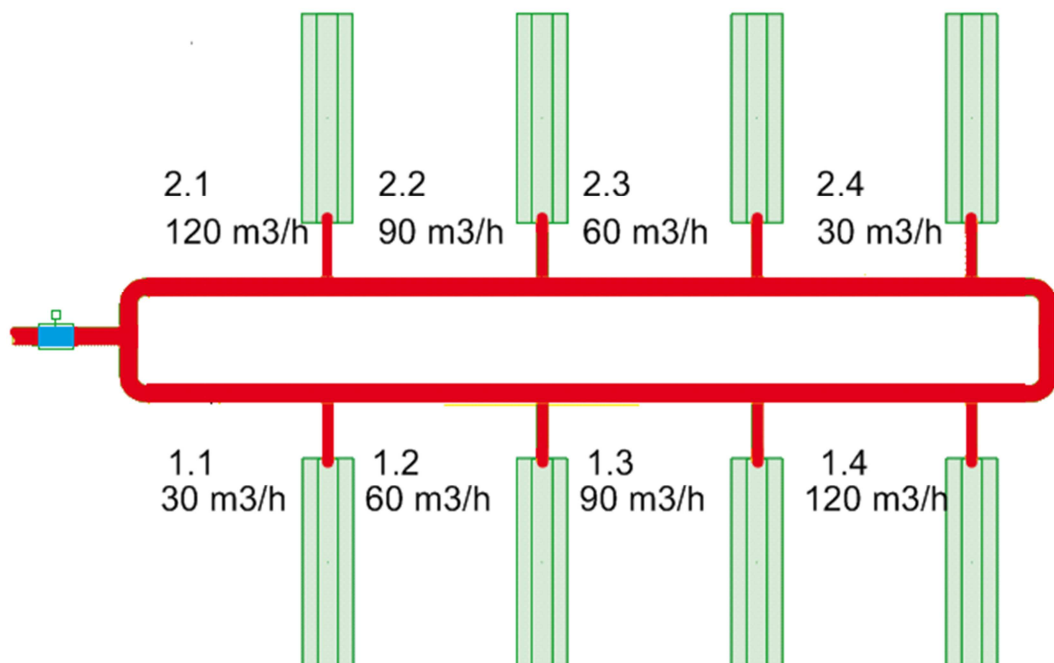


KUVA 12. Tulokset mittausjärjestelystä 1

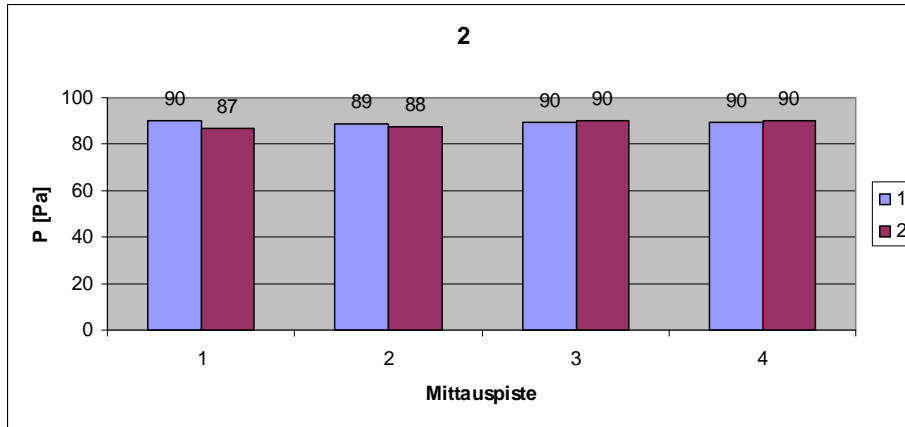
Kuten kuvan 12 tuloksista nähdään, niin kokoojakanavassa 1, jossa suurin ilmavirta meni viimeisestä liitännästä, pysyi paine tasaisemmin kuin kokoojakanavassa 2. Kokoojakanavassa 2 suurin ilmavirta meni ensimmäisestä liitännästä, jonka vuoksi staattinen paine kokoojakanavassa nousi loppua kohti. Alhaisin staattisen paineen kohta sijaitsi kokoojakanavassa 1 ennen ensimmäistä liitäntää ja kokoojakanavassa 2 ennen toista liitäntää. Kaiken kaikkiaan painetasot pysyivät hyvin tasaisina molemmissa kokoojakanavissa.

4.2 Mittaus 2

Mittauksessa 2 tutkittiin rengaskanavan vaikutusta staattiseen paineeseen. Paineensäätö tapahtui kerroksen runkokanavasta. Tilavuusvirrat jakautuivat samoin kuin mittauksessa 1 (kuva 13). Mittauksen tulokset ovat kuvassa 14.



KUVA 13. Mittausjärjestely 2

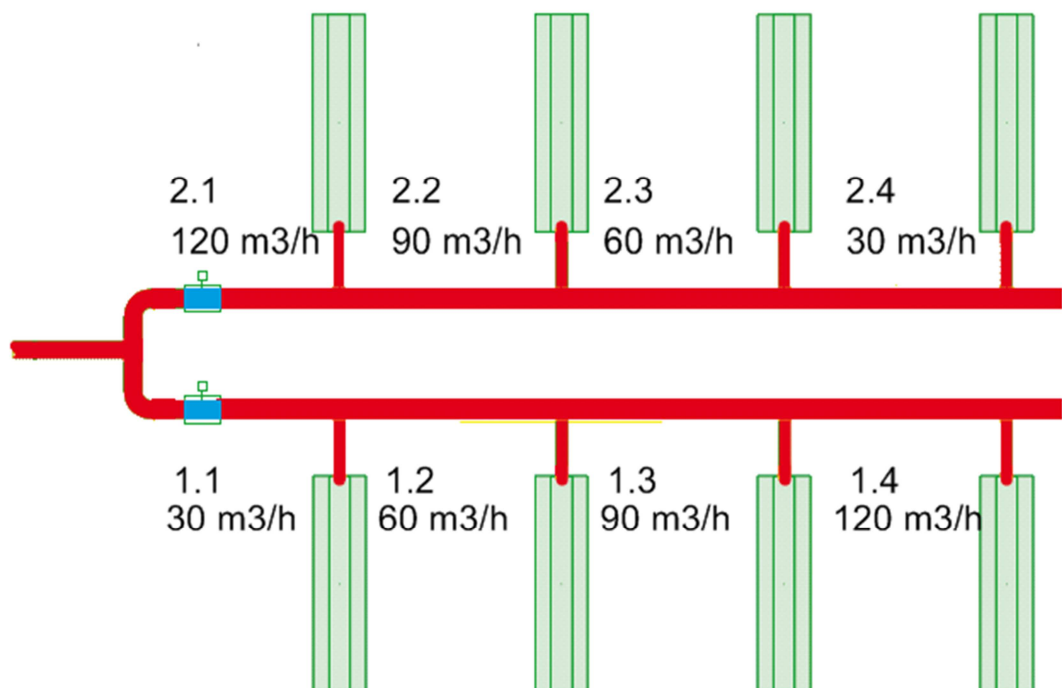


KUVA 14. Tulokset mittausjärjestelmästä 2

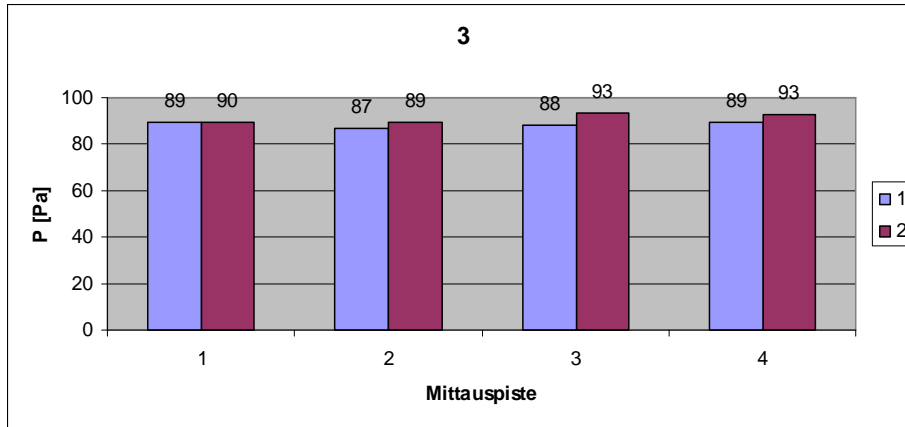
Paine rengaskanavistossa käyttäytyi samalla tavoin kuin ensimmäisessä mittauksessa, eikä kokoojakanavien päiden yhdistäminen lopusta aiheuttanut juurikaan muutosta paineen vaihteluun.

4.3 Mittaus 3

Kolmannessa kokeessa molemmissa kokoojakanavissa oli oma säätöpelti. Tilavuusvirrat jakaantuivat kuten ensimmäisessä ja toisessa mittauksessa (kuva 15). Kuvassa 16 ovat kolmannen mittauksen tulokset.



KUVA 15. Mittausjärjestely 3

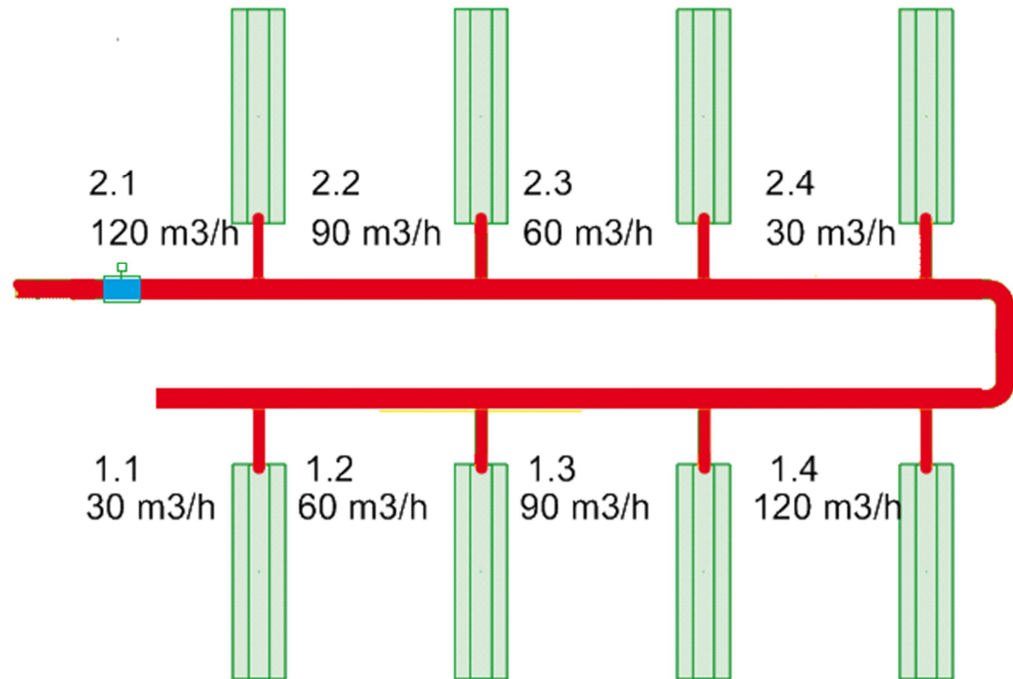


KUVA 16. Kolmannen mittauksen tulokset

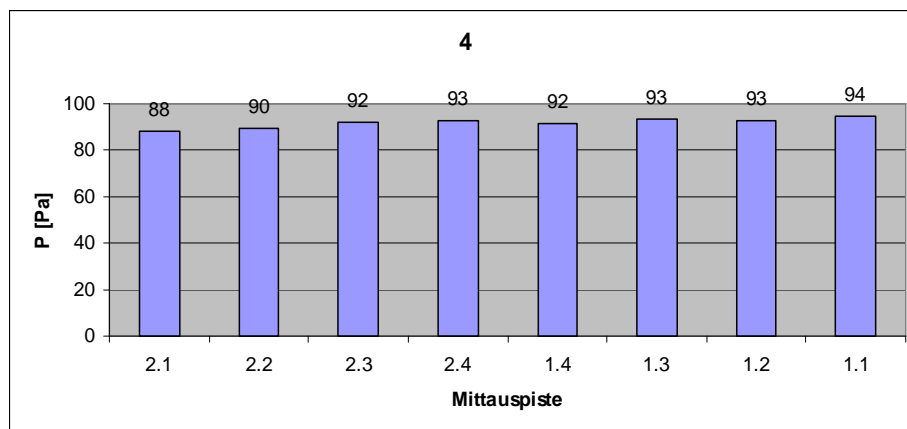
Kuvan 16 perusteella voidaan todeta, että säätöpellit kokoojakanavissa eivät juuri muuta paineen käyttäytymistä verrattuna kahteen ensimmäiseen mittaukseen, joissa säätöpelti sijaitti runkokeanavassa. Alhaisin staattisen paineen kohta vallitsi molemmissa kanavissa ennen toista liitännäkanavaa.

4.4 Mittaus 4

Mittauksessa 4 kokoojakeanavat yhdistettiin päistään ja ilmavirta ohjattiin säätöpellin 2 kautta kanavaan. Kokoojakeanavan tilavuusvirta oli $600 \text{ m}^3/\text{h}$, jolloin kanavanopeus säätöpellin jälkeen oli $5,3 \text{ m/s}$. Kuvassa 17 näkyy tilavuusvirtojen jakauma haaran päätelaitteille sekä kanavan rakenne. Kuvassa 18 on mittaustulokset eri paineenmittauskohdista.



KUVA 17. Kanavajärjestely mittauksessa 4

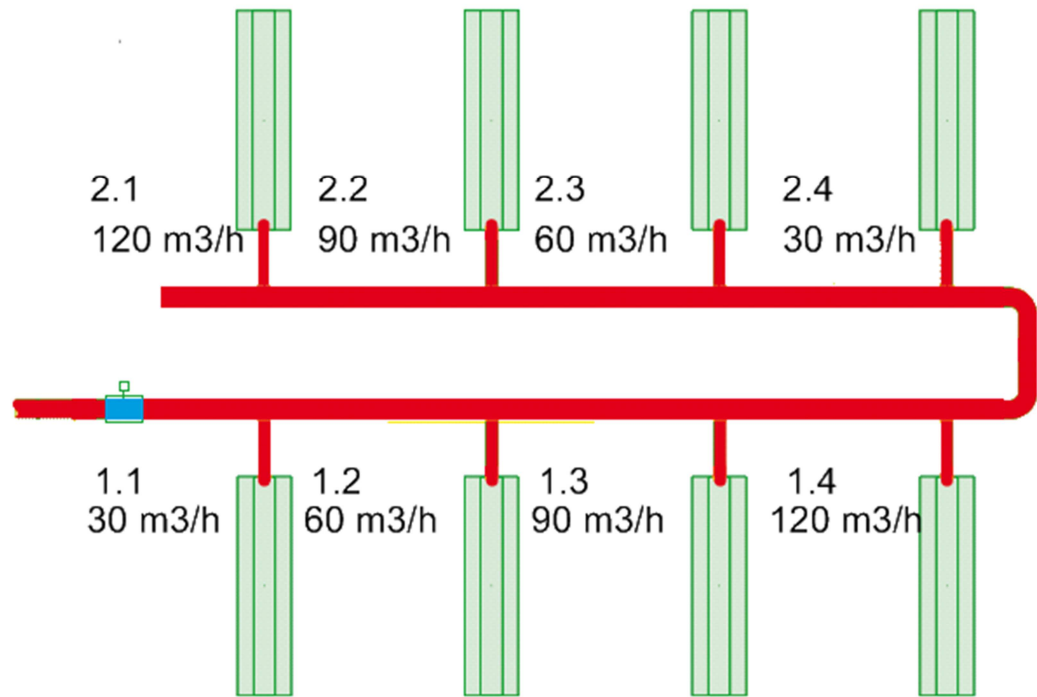


KUVA 18. Mittauksen 4 tulokset

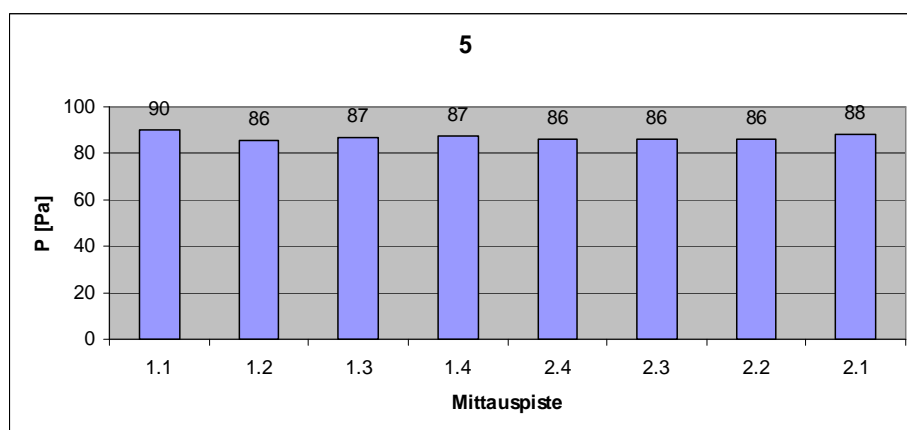
Neljännessä mittauksessa alhaisin staattisen paineen kohta on ennen ensimmäistä liitöntäkanavaa. Kanavanopeuden laskiessa kohti kanavan loppua alkaa myös staattinen paine hieman nousta mentäessä kohti kanavan loppupäätä paineen kuitenkin pysyessä hyvin tasaisena.

4.5 Mittaus 5

Mittausjärjestelyssä 5 käännettiin mittauksen 4 järjestely toisinpäin, jolloin ilmavirtaa ohjattiin kanavaan säätöpellin 1 kautta. Kuvasta 19 nähdään viidennen mittauksen koejärjestely, ja kuvassa 20 on siitä saadut tulokset.



KUVA 19. Viidennen mittauksen järjestely



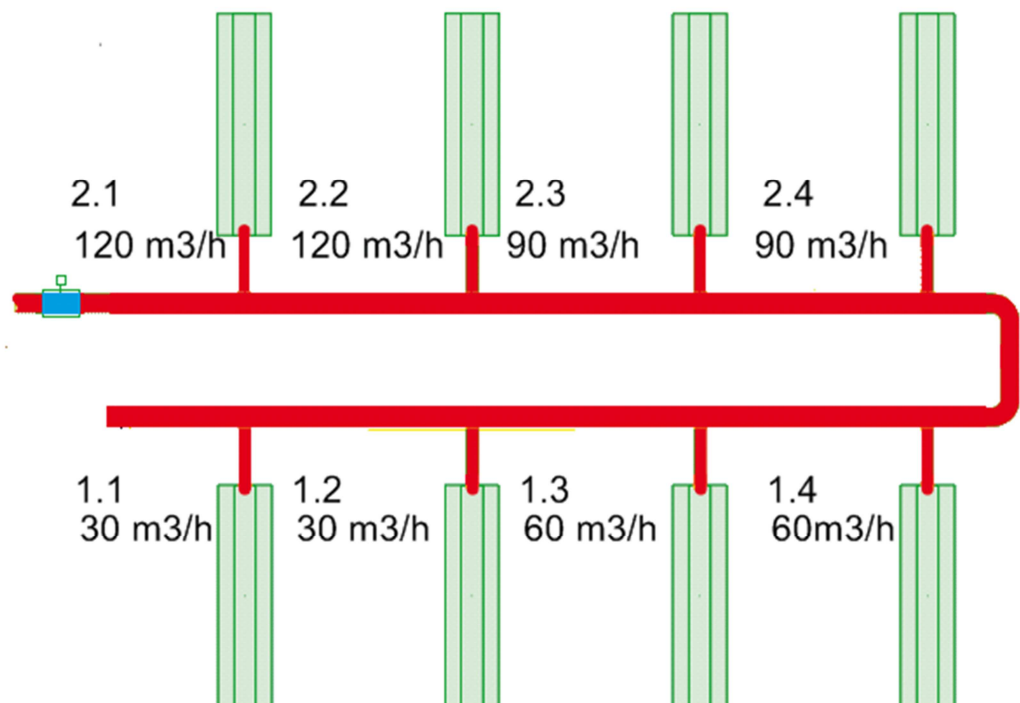
KUVA 20. Mittauksen 5 tulokset

Viidennessä mittauksessa alhaisin staattinen paine vallitsi kanavan lopussa ennen viidettä, kuudetta ja seitsemättä sekä ennen toista liitäntäkanavaa. Kuten kuvasta 20

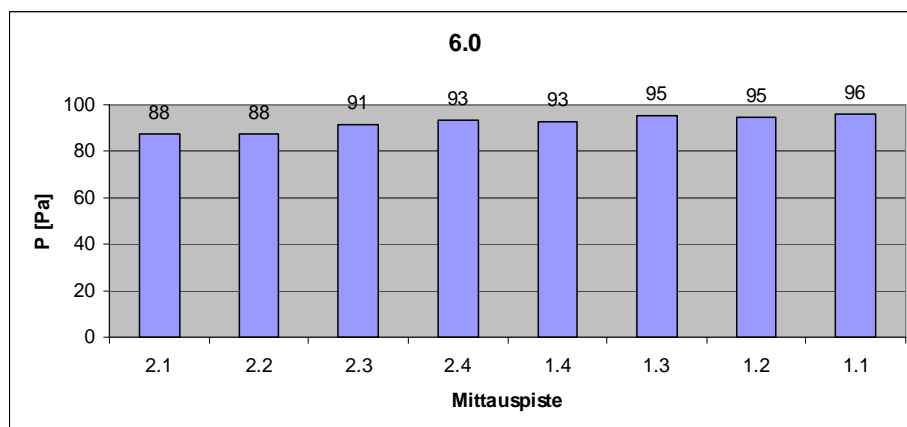
voidaan nähdä, myös viidennessä mittauksessa paineen vaihtelu kokoojakanavassa oli erittäin vähäistä.

4.6 Mittaus 6

Kuudennessa mittauksessa ilmavirta ohjattiin säätöpellin 2 kautta järjestelmään ja tilavuusvirta $600 \text{ m}^3/\text{h}$ jaettiin päätelaitteille laskevasti suurimmista pienimpiin tilavuusvirtoihin. Kuvassa 21 on kuudennen mittauksen järjestely tilavuusvirtoineen ja kuvassa 22 siitä saadut tulokset.



KUVA 21. Kuudes mittausjärjestely

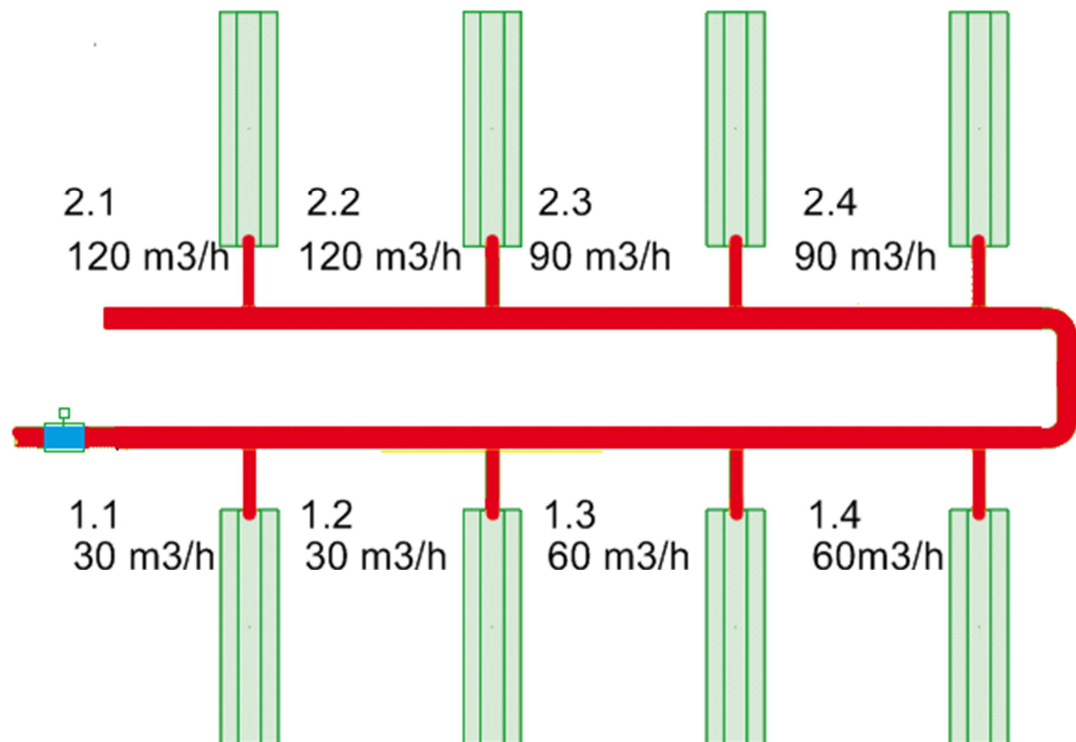


KUVA 22. Tulokset mittauksesta 6

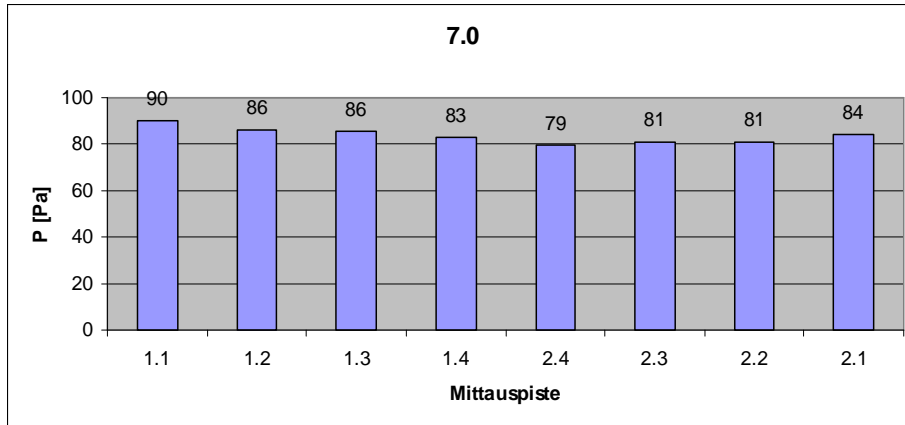
Kuudennessa mittauksessa paineen vaihtelu oli jo suurempaa, kuten kuvasta 22 voidaan todeta. Koska suurimmat ilmavirrat menivät kahdelle ensimmäiselle päätelaitteelle, laski ilman nopeus kanavassa näiden liitännäkanavien jälkeen. Tämä aiheutti puolestaan staattisen paineen nousun kanavan loppua kohti, jolloin paineen alhaisin kohta oli ennen ensimmäistä ulosottoa.

4.7 Mittaus 7

Mittauksessa 7 käännettiin mittausjärjestely 6 toisinpäin, jolloin päätelaitteiden tilavuusvirrat kasvoivat pienimmistä suurimpiin kuvan 23 mukaan. Kuvassa 24 on mittausjärjestelystä saadut tulokset.



KUVA 23. Mittausjärjestely 7



KUVA 24. Tulokset mittauksesta 7

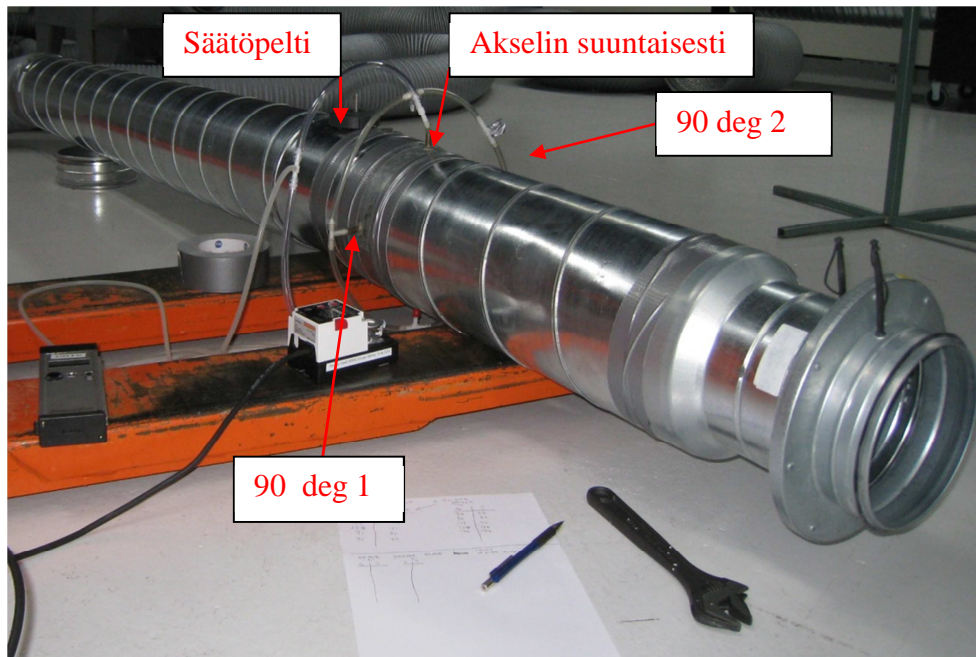
Kuvan 24 perusteella seitsemäs mittaus aiheutti eniten paineen vaihtelua kanavassa. Alhaisin staattinen paine vallitsi ennen viidettä liitäntäkanavaa. Koska seitsemännessä mittauksessa ensimmäisistä päätelaitteista meni vähän ilmaa, laski kanavanopeus vain vähän viidennen liitäntäkanavan kohdalle asti, jonka jälkeen staattinen paine alkoi taas nousta.

4.8 Mittayhteen sijoitus säätöpellin jälkeen

Taulukossa 3 on mittauks tulokset kokeesta, jossa tutkittiin yhden mittauspisteen sijoittamista säätöpellin jälkeen neljän mittayhteen asemasta. Taulukossa on mitattuna paine neljällä mittayhteellä sekä yhdellä mittauspisteellä läpän akselin suuntaisesti ja molemmin puolin säädintä 90° kulmassa säätöpellin akseliin nähden. Säätöpelti oli mittauksissa 45° kulmassa eli puoliksi auki. Kuvasta 25 nähdään, että mittauspisteessä $90 \text{ deg } 1$ säätöpellin reuna on lähempänä mittauspistettä, kun taas mittauspisteessä $90 \text{ deg } 2$ pellin reuna on kauempana mittauspisteestä.

TAULUKKO 3. Paineenmittayhde säätöpellin jälkeen

4 mittaus pistettä	Mittauspiste akselin suuntaisesti	Mittauspiste $90 \text{ deg } 1$	Mittauspiste $90 \text{ deg } 2$
p[Pa]	p[Pa]	p[Pa]	p[Pa]
192	188	193	192
155	146	159	153
90	78	100	92
77	67	90	77
35	23	50	39

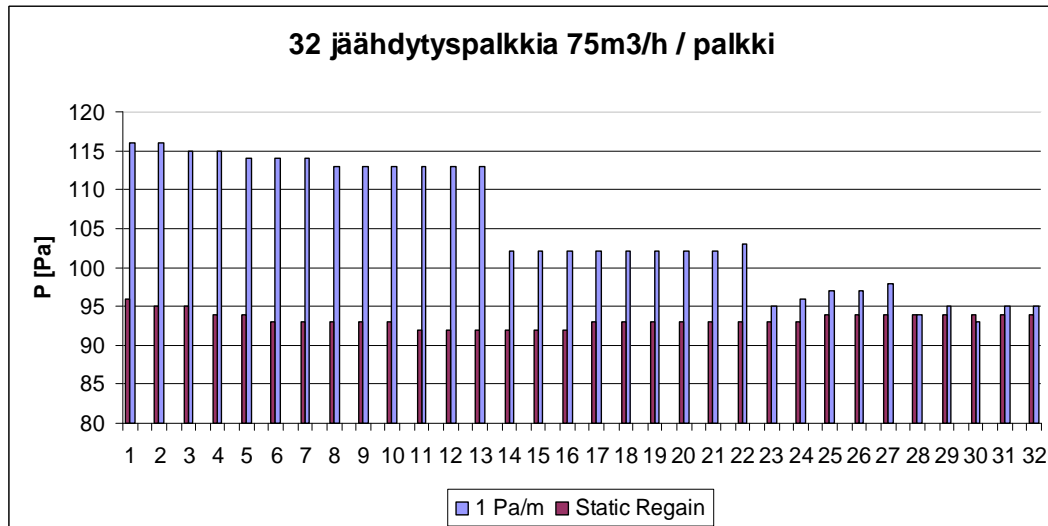


KUVA 25. Mittauspisteet säätöpellin jälkeen

Taulukon 3 perusteella voidaan todeta, että pienellä paineella yhdestä pisteestä mitattu paine poikkeaa eniten vertailtavasta neljän yhteen tuloksesta. Taulukosta voidaan todeta myös, että akselin suuntaisesti yhteestä mitatut tulokset ovat pienempiä ja pisteestä 90 deg 1 mitatut suurempia kuin neljästä yhteestä mitatut tulokset. Paineet mittauspisteestä 90 deg 2 ovat lähimpänä vertailupainetta.

4.9 Kanaviston mitoituksen tulokset

Kuvassa 26 on tulokset MagiCAD-ohjelmalla simuloidusta kanavistosta, jossa on 32 palkkia, joiden painehäviö on 90 Pascalia ja ilmavirta $75 \text{ m}^3/\text{h}$. Siniset pylväät kuvaavat vakiokitkapaineella mitoitettun kanaviston staattista painetta ja punaiset pylväät kanavistoa, joka on mitoitettu muuttamalla dynaamista painetta staattiseksi.



KUVA 26. Staattisen paineen riippuvuus kanaviston mitoituksesta

Kuten kuvasta 26 nähdään, aiheuttaa vakiokitkapaine mitoitus kanavan alkupäähän huomattavasti suuremman staattisen paineen kuin paineen takaisin saamisen menetelmällä mitoitetussa kanavassa. Staattinen paine pysyykin paljon tasaisempaa kanavassa, joka on mitoitettu staattisen paineen takaisin saamisen menetelmällä kuin vakiokitkapaineella mitoitetussa kanavassa.

5 TULOSTEN TARKASTELU

Paineesta riippuvissa jäähdytyspalkeissa kanavistossa käytössä oleva staattinen paine vastaa laitteesta mitattavaa säätöpainetta p_m . Päätelaitteesta tai jäähdytyspalkista mitattava ilman tilavuusvirta on verrannollinen laitteen säätöasennon k -arvoon ja mitatun paine-eron neliöjuureen yhtälön 11 mukaisesti:

$$q_v = k \cdot \sqrt{p_m} \quad (11)$$

q_v = tilavuusvirta, dm³/s

p_m = mittauspaine-ero, Pa

k = kerroin

Yhtälöllä 11 voidaan laskea sallittu poikkeama staattiselle paineelle. Jos esimerkiksi päätelaitteen ilmavirran poikkeamaksi hyväksytään $\pm 10\%$, saa tällöin staattinen paine olla 0,81...1,21-kertainen aseteltuun nähden. Tämän perusteella mittauksissa haettu 90 Pascalin painetaso saisi vaihdella 73 Pascalista 109 Pascaliin.

5.1 Paineen mittauspaikka kanavistossa

Ensimmäisessä mittauksessa kokoojakanavassa 1 painevaihtelu oli 2 Pascalia ja kokoojakanavassa 2 4 Pa. Kokoojakanavassa 1 paine pysyi tasaisemmin kuin kokoojakanavassa 2, jossa suurimmillaan ero haluttuun 90 Pascaliin oli 3 Pa. Paine toisen mittauksen rengaskanavassa käyttäytyi kuten ensimmäisen mittauksen erillisissä kokoojakanavissa. Toisessa mittauksessa paine erosi suurimmillaan 3 Pa halutusta 90 Pascalista. Kolmannessa mittauksessa kokoojakanavan 2 paine vaihteli suurimmillaan 4 Pa ja ero suurimmilla haluttuun 90 Pascaliin oli 3 Pa. Kokoojakanavan 1 paine puolestaan vaihteli 2 Pascalia mittauspisteitten välillä ja ero haluttuun 90 Pascaliin oli suurimmillaan 3 Pa. Säätöpellin sijoittaminen molempiin kokoojakanaviin ei tuonut suurta eroa verrattuna siihen, kun paineen säätö oli kerroksen runkohanavassa. Rengaskanavakaan ei muuttanut paineen vaihtelua kanavistossa.

Neljännän mittauksen suurempi kanavanopeus kokoojakanavassa aiheutti jo enemmän vaihtelua paineisiin. Paine-ero mittauspisteitten välillä oli suurimmillaan 6 Pa ja suurin ero 90 Pascaliin oli 4 Pa. Viidennessä mittauksessa suurin ero haluttuun 90 Pascaliin oli 4 Pa samoin kuin myös suurin ero mittauspisteitten välillä. Kuudennessa mittauksessa ero mittauspisteitten välillä oli suurimmillaan 8 Pa ja ero haluttuun 90 Pascaliin 6 Pa. Seitsemännessä mittauksessa tuli suurin ero mittauspisteitten välillä ja haluttuun 90 Pascaliin. Ero seitsemännessä mittauksessa oli suurimmillaan 11 Pascalia.

Mittaustuloksia tarkastellessa huomataan, että mittauspaine oli suurimmillaan 96 Pascalia ja pienimmillään 79 Pascalia, joten voidaan todeta kaikkien testattujen säätötapojen ja kanavamallien toimivan. Mittausten perusteella voidaan myös todeta, että kanaviston matalimman paineen kohta vaihtelee sen mukaan, minkälaisia ilmamääriä eri päätelaitteista menee.

5.2 Mittayhteen sijoitus

Taulukossa 3 on vertailtu yksittäisistä mittayhteistä mitattuja paineita mittauskammiosta saatuihin tuloksiin. Taulukosta voidaan nähdä, että mittauspiste 90

deg 2 toimii parhaiten eron ollessa suurimmillaan 11 %. Tällöin ero mitattujen paineiden välillä oli neljä Pascalia. Akselinsuunnassa mitatuissa tuloksissa ero oli suurimmillaan 34 % ja mittauspisteestä 90 deg 1 43 %.

TAULUKKO 4. Eri mittayhteistä mitattujen paineiden ero

Neljä mittauspistettä [Pa]	Ero mittauspiste akselin suuntaisesti %	Ero mittauspiste 90 deg 1 %	Ero mittauspiste 90 deg 2 %
192	-2 %	1 %	0 %
155	-6 %	3 %	-1 %
90	-13 %	11 %	2 %
77	-13 %	17 %	0 %
35	-34 %	43 %	11 %

Vertailtaessa paineen mittausyhteen paikkaa säätöpellin jälkeen voidaan todeta, että jos käyttää vain yhtä paineenmittauspistettä, tulee sen sijaita 90° akselin suunnasta ja säätöläpän tulee kääntyä siten, että sen reuna menee pois päin mittayhteestä säätimen avautuessa.

5.3 Kanaviston mitoitus

Vakiokitkapaineen menetelmällä mitoitettussa kanavistossa paine ennen jäähdytyspalkkia oli 13 ensimmäisen palkin kohdalla liian suuri. Paine oli suurimmillaan 117 Pascalia, kun suurin sallittu paine oli 109 Pa. Paine laski kanavan loppua kohti paineen ollessa pienimmillään 93 Pa. Staattisen paineen takaisinsaamisen menetelmällä mitoitettulla kanavalla paine pysyi tasaisena ja ero haluttuun 90 Pascaliin oli suurimmillaan 6 Pa. Tulosten perusteella voidaankin todeta, että normaalilla kanavamitoittamisella paineesta riippuvat päätelaitteet eivät toimi, vaan mitoittaminen pitää tehdä käyttämällä staattisen paineen takaisin saamisen menetelmää.

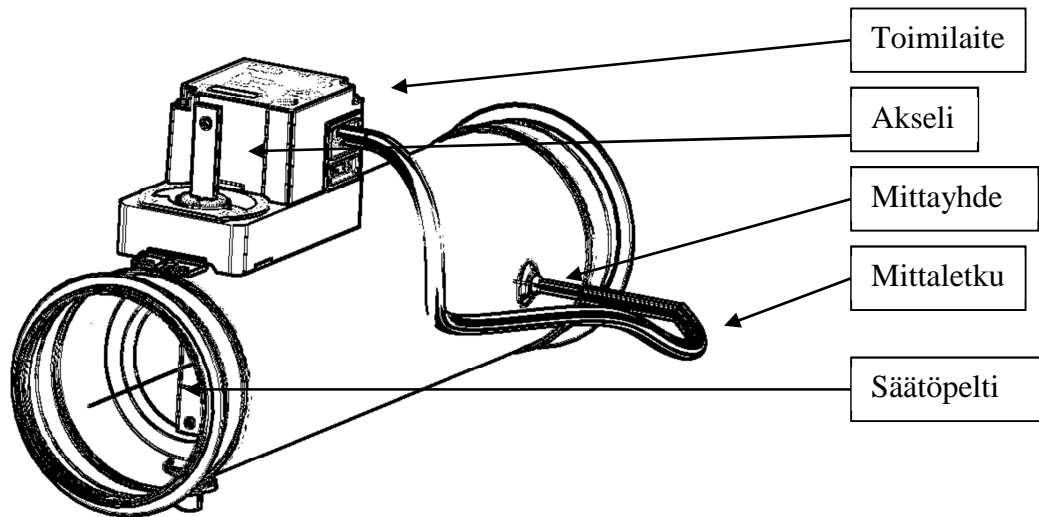
6 PAINESÄÄDIN

Painesäädintä valmistetaan kahta eri versiota, eristettyä sekä eristämätöntä (kuva 27). Eristetyssä versiossa on kaksi pelistä valmistettua vaippaa ja niiden välissä 50 mm paksu eriste. Eristetyn version tarkoitus on estää säätimen vaipan läpi tulevaa ääntä. Lisäosana on saatavilla erillinen paineenmittausanturi, jos paine tarvitsee saada

mitattua kauempaa järjestelmästä. Painesäätimen osat ovat mittausyhde, kumitiivisteellä varustettu säätöpelti, mittaletku ja toimilaite (kuva 28). Mittausyhde sijaitsee säätöpellin jälkeen 90° kulmassa säätöpellin akseliin nähden, ja se aukeaa siten, että säätöpellin reuna menee kauemmaksi mittayhteestä. Säätimen vaippaan on tehty mittayhdettä varten reikä, ja se on muotoiltu siten, että mittayhde on samassa tasossa vaipan kanssa. Mittayhteen reikä on halkaisijaltaan 3 mm, ja se on varustettu tulpalla, jos halutaan käyttää muuta paineen mittausta paikkaa esimerkiksi erillisellä paineen mittausyhteellä. Koska säätimen säätöpelti on varustettu tiivisteellä, täyttää säädin ilmatiiviysluokan 3 vaatimukset normin EN 1751:1998 mukaan. Säätimen tiiveysluokka on saman normin mukaan B. Säätimen kanavayhteet ovat kierresaumakanavan liitosmitoilla, ja ne on varustettu tiivisteillä. Säätimen liitosmitat ovat 100 – 630 mm. Toimilaite on kiinnitetty suoraan tuotteen runkoon. Säätimen tekninen esite on liitteenä 1.



KUVA 27. Eristetty ja eristämätön säädin



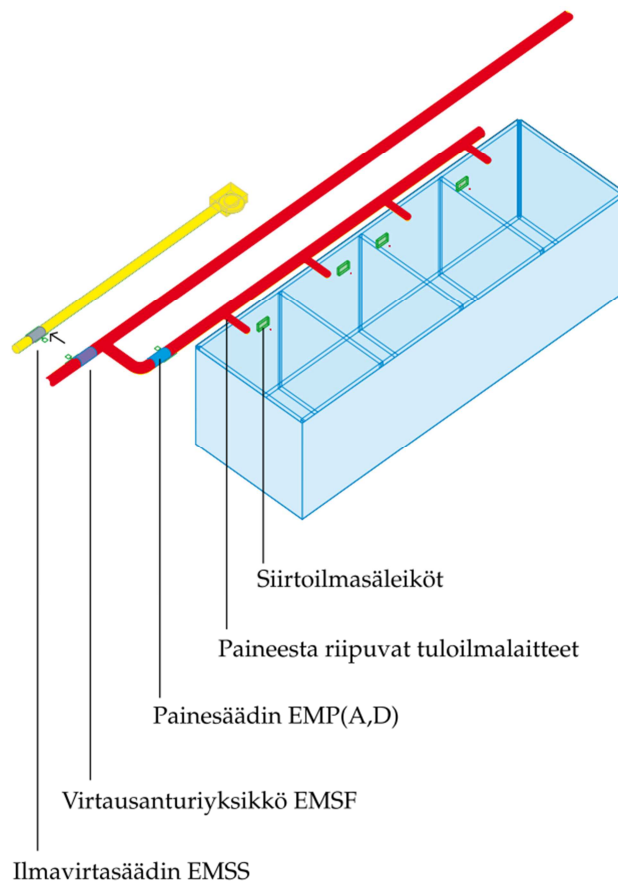
KUVA 28. Painesäätimen osat

Painesäädin asennetaan kanavaan siten, että mittayhde on säädettävän paineen puolella ja suojaetäisyys T-haarasta on vähintään 2D:tä ja mutkasta 1D. Toimilaite kytketään 24 Voltin käyttöjännitteeseen, ja sitä ohjataan standardijänniteviestillä tai se voidaan asettaa vakiopainetilaan. Jos tarvitaan painetieto kauempaa järjestelmästä, käytetään erillistä paineen mittausyhdetä ja tehdään toimilaitteeseen tarvittaessa mittaletkun painehäviökorjaus. Liitteistä 3 ja 4 löytyvät laitteen käyttö- ja asetteluohjeet.

7 PAINESÄÄDÖN SUUNNITTELU

Kun on kyseessä paineesta riippuva järjestelmä, jossa päätelaitteiden ilmavirta muuttuu huonetilan kuormitusvaatimuksen mukaan, voidaan paine mitata suoraan säätimestä. Jos painesäätimellä halutaan varmistaa esimerkiksi ilmamääräsäätöisen järjestelmän painetaso ja tiedetään paineen matalin kohta, voidaan paine mitata paineen matalimmasta kohdasta erillisellä paineanturilla. Kanaviston suunnittelu aloitetaan määrittämällä tulo- ja poistoilmalaitteiden paikat. Tämän jälkeen määritellään poistoilmavirran ohjaustapa ja suunnitellaan kanavisto. Kanavisto tulisi suunnitella mahdollisimman selväpiirteiseksi ja symmetriseksi. Kanavat valitaan siten, että ilman nopeus laskee siirryttäessä puhaltimelta päätelaitteita kohti ja niiden painehäviö olisi mahdollisimman pieni. Päätelaitteiden liitänkäkanavat tulisi pitää lyhyinä, ja saman liitänthaaran laitteilla tulisi olla käytössä sama paine.

Tuloilmakanavat mitoitetaan staattisen paineen takaisin saamisen menetelmällä. Säätopellit sijoitetaan epäsymmetrisiin, eripituisiin ja eri painetasoilla toimiviin kokoojakanaviin. Tuloilmakanavistoon on varattava riittävästi ilmavirran mittauspisteitä, joilla saadaan esimerkiksi ohjattua poistoilman säätopeltejä. Kuvassa 29 esimerkki järjestelmästä, jossa on paineesta riippuvat päätelaitteet ja joiden painetaso varmistetaan painesäätimellä. Painesäädin ohjaa tuloilman kokoojakanavan kanavapainetta. Ilma huoneista johdetaan siirtoilmasäleiköillä käytävälle, josta ilma poistetaan keskitetysti. Tuloilmakanavaan asennetaan virtausanturiyksikkö, jolla saadaan ohjattua poistoilmavirta. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös kanavien puhdistettavuus. Suunnitteluohje on liitteenä 2.



KUVA 29. Esimerkki painesäädön toteutuksesta

8 POHDINTA

Tämän työn tarkoituksena oli suunnitella painesäädin sekä määrittää oikea paineenmittauspaikka järjestelmästä, kun käytössä on paineesta riippuvat jäähdytyspalkit. Työn tavoitteena oli myös tehdä tarvittavat tekniset dokumentit painesäätimelle sekä antaa kanaviston suunnitteluohje.

Mittausjärjestelmästä saatuja tuloksia tarkasteltaessa ei voida todeta tiettyä parasta mittauspaikkaa kanaviston staattisen paineen mittauspaikaksi. Painetasot erilaisilla järjestelyillä vaihtelivat kanaviston eri mittauspisteissä, eikä niistä ole havaittavissa yhtenäistä paikkaa, mistä löytyisi staattisen paineen matalin kohta. Mittausten perusteella voidaankin sanoa, että järjestelmässä, jossa on paineesta riippuvat päätelaitteet, voidaan staattinen paine mitata suoraan säätimen jälkeen yhdestä kohdasta. Tällöin tulee huolehtia siitä, että mittayhde on oikein muotoiltu ja sijoitettu oikeaan kohtaan. Mittaustulosten perusteella voidaan todeta myös, että painesäädössä kanavisto toimii paremmin, kun se on mitoitettu staattisen paineen takaisin saamisen menetelmällä.

Suurimpia haasteita painesäätimen suunnittelussa oli staattisen paineen mittausyhteen muotoilu ja sen sijoittaminen sekä termisen mittauksen huomioiminen. Väärin muotoiltu ja sijoitettu mittayhde säätöpellin pyörteisessä ilmavirrassa saattoi muuttaa mittaustulosta huomattavasti. Paineen mittaustavan vuoksi toimilaitteeseen tehtiin korjauskerroin, jolloin termisestä paineen mittaustavasta johtuvat erot voidaan ottaa huomioon.

Työtä nopeutti se, että painesäädin rakennettiin Fläkt Woodsin Optivent-tuoteperheeseen, joten se voitiin tehdä jo tuotannossa olevilla osilla. Myös tuotteen teknisiin dokumentteihin voitiin käyttää jo tuotannossa olevan säätöpellin teknisiä arvoja.

Painesäätimestä saatiin tehtyä haluttu kompakti ja helppokäyttöinen laite. Työn tuloksena syntyivät tuotteelle tarvittavat tekniset dokumentit sekä suunnitteluohje. Kaiken kaikkiaan työn tavoitteet saavutettiin sovitus- ja aikataulussa.

LÄHTEET

- /1/ Fläkt Woods Oy:n verkkodokumentti. Saatavissa:
<http://www.flaktwoods.com/products/air-terminal-devices-and-ducts/iq-star-chilled-beams/multi-service-beam-stella/>. [Ei päivitystietoa. Viitattu 15.1.2011]
- /2/ LVI 30-40008:1991. Muuttuvailmavirtaiset ilmastointijärjestelmät. Rakennustieto.
- /3/ SFS-EN ISO 5801:2007. Industrial fans. Performance testing using standardized airways. 2nd edition. Geneve: International Organization for Standardization.
- /4/ Sirén, Kai. Ilmastointitekniikan mittaukset. Espoo: Tietonova. 1995
- /5/ Seppänen, Olli. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. LVI-kustannus Oy. 1987
- /6/ SuLVI. Ilmatekniikan peruskurssi-luentokansio. LVI-kustannus Oy.
- /7/ Oy Danfoss Ab:n verkkodokumentti. Saatavissa:
<http://www.danfoss.com/Finland/BusinessAreas/DrivesSolutions/Products/Frequency+Converters.htm>. [Ei päivitystietoa. Luettu 15.1.2011]
- /8/ Fläkt Woods Oy:n verkkodokumentti. Saatavissa:
<http://www.flaktwoods.fi/tuotteet/ilmastointipuhaltimet/radiaalipuhaltimet/>. [Ei päivitystietoa. Luettu 15.1.2011]

Painesäädin EMPA, EMPD



Toiminnot

- Vakiopaine
- Äänenvaimennus
- Reaaliaikainen paineennäyttö
FW kompakti säätimellä



EMPA ja EMPD ovat OPTIVENT-järjestelmään tarkoitettut kompaktit painesäätimet. EMPD on eristetty ja EMPA eristämätön. Poikkipinnaltaan pyöreät, koteloimattomat säätimet on tarkoitettu kohteisiin, joissa halutaan kanavistoon vakio-paine. EMSA on erillinen staattisen paineen mittausslaite.

Tuotetiedot

- Painesäädin tulo- ja poistoilma
- EMPA, vaippa eristämätön
- EMPD, vaippa äänieristetty
- Säätölaitteet koteloimattomia
- Vakiona FW kompakti säädin
- Paineasetus (maks., min.)
säädettävissä ilman erikoistyö-
kaluja
- reaaliaikainen paineen näyttö
- toiminta-alue staattinen paine
<250 Pa
- CEN3 tiivisteellinen säätöläppä
- Yhdeksän kokoa, 100-630 mm

Tuotemerkintäesimerkki

Painesäädin tulo- tai poistoilmalle
EMPA-125 mittausslaite EMSA-125

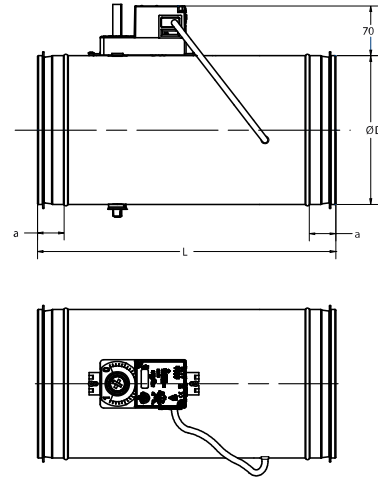
Painesäädin EMPA, EMPD

EMP(A,D) painesäädin

- painesäädintä voidaan käyttää sekä paineesta riippuvassa järjestelmässä, että IMS –järjestelmässä varmistamaan oikea painetaso ja tarvittaessa tulo- tai poistoilman pakko-ohjattuun sulkemiseen.
- Painesäätimen osat ovat mittausyhde, säätöpelti, eristetty vaippa (EMPD) tai eristämätön vaippa (EMPA).
- Säätöpelti on laakeroitu vankoin nailonlaakereihin, jotka eivät vaadi huoltoa.
- Säätöpelti on varustettu EPDM-kumisella tiivisteellä, joka täyttää ilmatiiviysluokan 3 vaatimukset normin EN 1751:1998 mukaan.
- EMPD:ssä on kaksinkertainen vaippa. Vaipan seinämien välissä on 50 mm paksu mineraalivillaeriste, minkä ansiosta akustinen säteily jää vähäiseksi.
- Liitosmitat 100 – 630 mm.
- Virtausilman koskettamien pintojen korroosioluokka on C3 tai C4 (EN-ISO 12944-2).
- Tiiviysluokka B (EN1751:1998).
- Toimilaitte on asennettu laitteen runkoon.
- Toimilaitteessa näyttö, josta voidaan lukea reaaliaikaisesti vallitseva staattinen paine.
- Kaikissa kanavayhteissä on kierresaumakanavan liitosmitat ja kumiset tiivisterenkaat.
- Erillistä paineen mittaussaitetta EMSA käytetään, kun tarvitaan staattinen paine kauempaa järjestelmästä.
- Tarvittaessa saatavilla myös 50m PVC- letku (EMSZ-1).

Mitat ja painot

EMPA

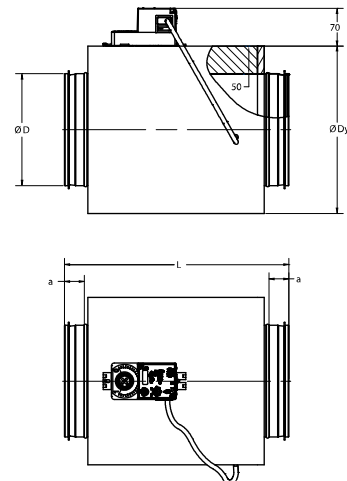


Koko	øD	a	L, mm	Paino, kg
100	99	35	400	1,4
125	124	35	400	1,7
160	159	35	400	2,2
200	199	35	400	2,7
250	249	40	580	4,1
315	314	40	580	5,4
400	399	60	650	9,3
500	499	50	850	14,2
630	629	50	850	19,5

Suojaetäisyydet

Häiriötapaus	Tarvittava suojaetäisyys L m ² = ±5%
T-haara	2 x øD
Käyrä	1 x øD

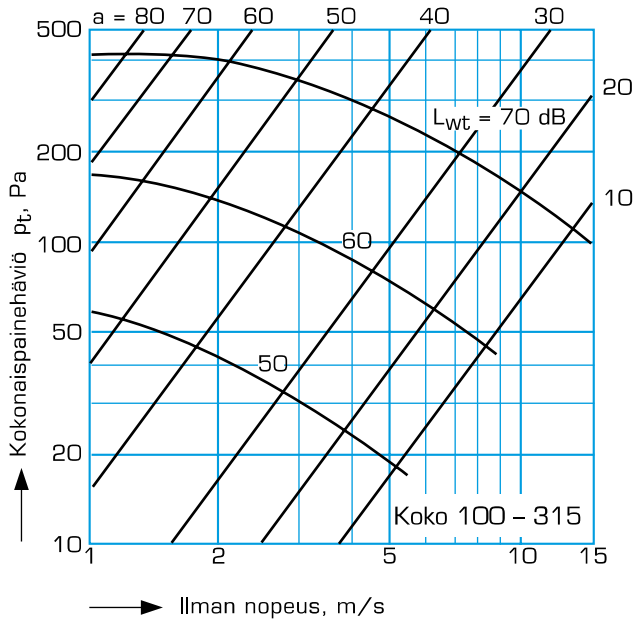
EMPD



Koko	a	øD	øDy	L, mm	Paino, kg
100	35	99	200	400	2,8
125	35	124	225	400	4,0
160	35	159	260	400	3,3
200	35	199	300	400	4,1
250	40	249	350	580	5,8
315	40	314	415	580	10,2
400	60	399	500	650	17,5
500	50	499	600	850	27,4
630	50	529	730	850	35,7

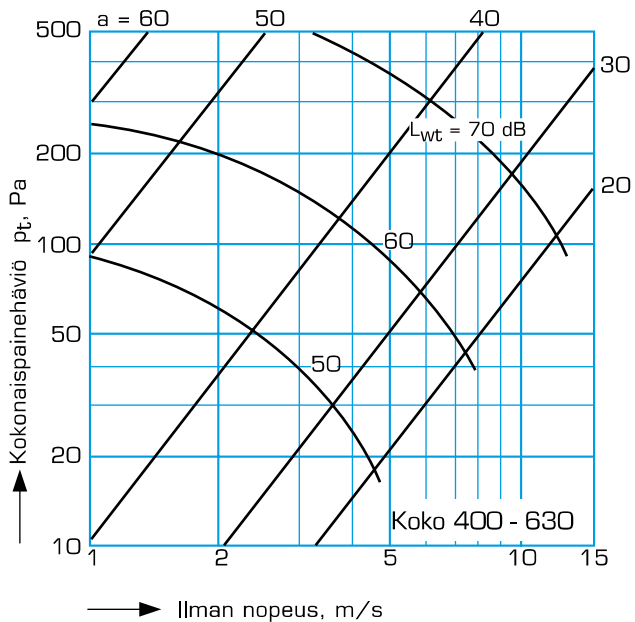
Painesäädin EMPA, EMPD

Äänitiedot



Sälekulman vaikutus K_2

Koko	Sälekulma α°	K_2 , dB						
		Oktaavikaistan keskitäajuus, Hz						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
100-315	10	0	-12	-15	-22	-27	-32	-37
	20	0	-9	-14	-20	-26	-30	-36
	30	-2	-7	-12	-17	-20	-23	-29
	40	-4	-7	-12	-15	-12	-8	-8
	50	-4	-6	-8	-12	-14	-17	-22
	60	-6	-4	-10	-16	-18	-22	-25
	70	-7	-2	-13	-23	-27	-35	-42
	80	-13	-1	-16	-24	-28	-36	-45
400-630	20	0	-16	-18	-24	-27	-31	-33
	30	0	-13	-16	-20	-21	-26	-29
	40	-1	-10	-13	-17	-16	-20	-24
	50	-5	-11	-12	-13	-11	-15	-19
	60	-12	-13	-13	-9	-6	-11	-13



Painesäädin EMPA, EMPD

Tuotemerkintä

Painesäädin pyöreä EMP (A, D) - aaa

A = eristämätön

D = eristetty

Säätölaitteet

kompaktisäädin 227PM

Koko (aaa)

100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630

Materiaali

korroosioluokka C3, sinkitty teräs

Tiiviys

CEN3, tiivisteellinen sulku- ja säätöläppä

Lisävarusteet

Painemittauslaite EMSA-aaa

Koko (aaa)

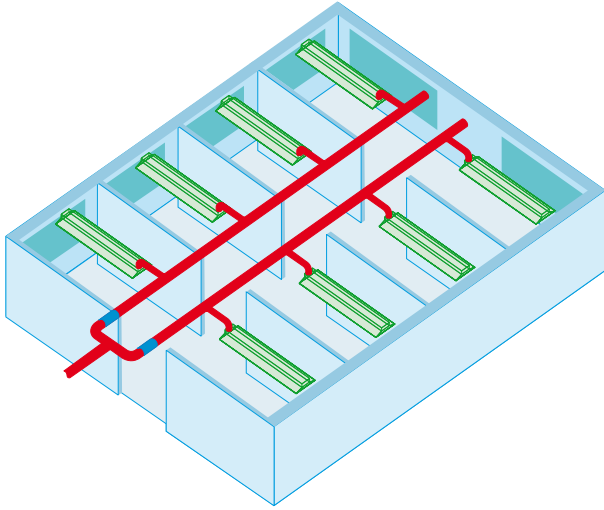
100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630

Paineletku EMSZ-1

PVC letku 5/8.2 kirkas 50m kieppi

Lisävarusteet toimitetaan irrallisena, ei asennettuna.

Suunnitteluohje



Paineesta riippuvat päätelaitteet vaativat vakiopainesäätimet.

Paineesta riippuva järjestelmä

Vakiopaineisissa kanavistoissa laitekohtainen ilmavirran muutos ei aiheuta vaihtelua järjestelmän muissa laitteissa, jolloin saadaan aikaiseksi joustava järjestelmä niin käyttöönoton kuin käytönkin kannalta. Painesäädintä voidaan käyttää myös ilmamääräsäätöisessä järjestelmässä varmistamaan riittävä painetaso.

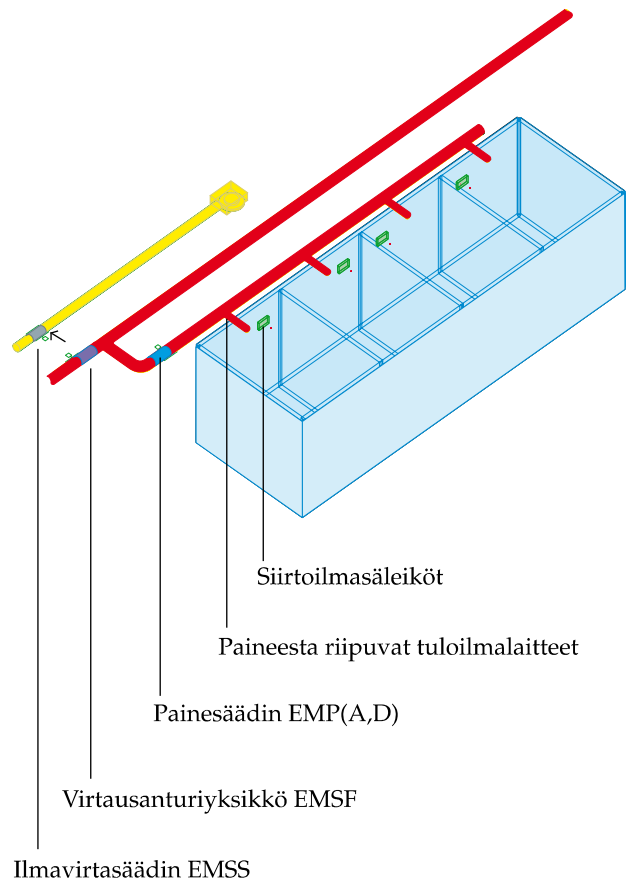
Miksi paineesta riippuva järjestelmä?

- Muuntojoustavat ratkaisut ilman asennusmuutoksia
- Yksilöllinen säätö

Järjestelmän layout

- Määrittele tulo- ja poistoilmalaitteiden paikat.
- Tee kanavajärjestelmästä mahdollisimman symmetrinen
- Vyöhykkeen maksimipituus 30m
- Määrittele poistoilmavirran säätötapa.
- Laadi kanavajärjestelmän virtauskaavio.

Esimerkki paineesta riippuvasta järjestelmästä



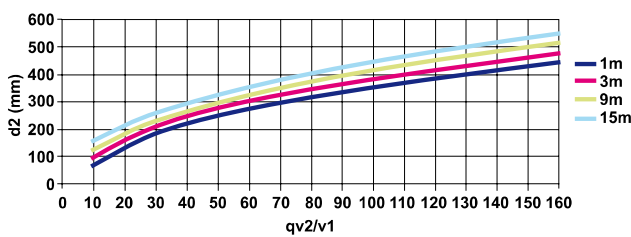
Kanavajärjestelmä

- Mitoita kanavajärjestelmä siten, että painehäviö on mahdollisimman pieni. Pienet paine-erot merkitsevät matalaa äänitasoa.
- Käytä mikäli mahdollista pyöreitä kanavia.

Tuloilmakanavat

- Mitoita paineen takaisinsaamisen mukaan tai käytä nopeutta alle 4 m/s haaran alussa loppukanava samalla koolla.
- Sijoita tarvittavat suorat osuudet jokaisen päätelaitteen eteen.
- Vältä kanavien vetämistä lämmittämättömien tilojen läpi.

Staattisen paineen takaisin saamisen menetelmä



$qv2$ = tilavuusvirta haaran jälkeen [dm³/s]
 $v1$ = kanavanopeus ennen haaraa [m/s]
 $l2$ = kanavan/osan ekv. Pituus haaran jälkeen [m]
 $d2$ = kanavan halkaisija haaran jälkeen [cm]

Käyrästön käyttöesimerkki

$v1=4\text{m/s}$; $qv2=96\text{l/s}$; $l2=3\text{m}$
 $96/4=24$

- Nouseaan käyrästä 24 kohdalta ylös 3m käyrälle
- Luetaan vasemmalta lähin kanavakoko
- Lähin vastaava kanava 200mm

Kanavan staattisen paineen säätö

Miksi?

Ilmavirtaa pienennettäessä painehäviö pienenee sekä laitteisto-osissa että kanavistossa. Staattista painetta säädetään, jotta

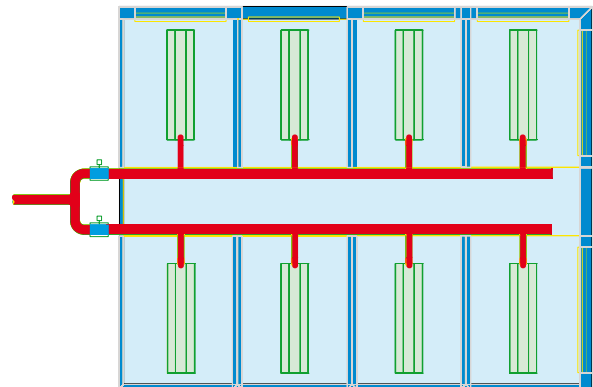
- kanaviston paine ei nousisi liian korkeaksi;
- säästetään puhallinenergiaa.

Miten?

Painesäätimellä ja taajuusmuuttajalla.

Missä ?

Lyhyissä symmetrisissä kanavistoissa voidaan mitata suoraan tuotteesta. Pitkissä kanavistosissa paineen matalimmasta kohdasta.



Dynaamisessa järjestelmässä ei tiedetä paineen matalinta kohtaa. Voidaan mitata suoraan tuotteesta.



Kun tiedetään paineen "matalin kohta" mitataan sieltä.

Keskusyksikkö ja puhaltimet

Mitoitusperusteena käytettävä maksimivirtaus

Tiettyjen huonetilojen, esimerkiksi neuvottelu- ja tauko-huoneiden epäsäännöllinen käyttö vaikuttaa laitteiston osien samanaikaisuuteen ja siten myös mitoitusperusteena käytettävään ilmavirtaan. Muita tähän vaikuttavia tekijöitä saattavat olla virkamatkat, sairauspoissaolot ja lomat. Kun nämä tekijät otetaan huomioon, mitoitusperusteena käytettävä maksimivirtaus voidaan valita pienemmäksi kuin osavirtausten summa.

Vaikka mitoitusperuste valitaan laitteistolle lasketun samanaikaisuuskertoimen perusteella, eivät joustomahdollisuudet paineesta riippuvassa järjestelmässä vähenny tulevaisuudessa.

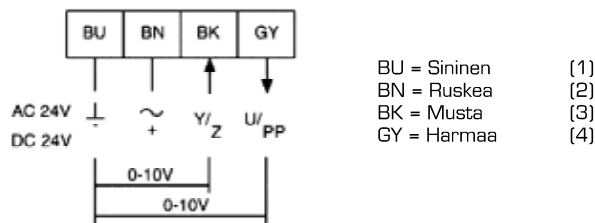
Valitse keskusyksikkö ja puhaltimet mitoitusperusteena käytetyn maksimivirtauksen mukaisesti. Tarkista, että nämä myös toimivat tehokkaasti laitteiston koko virtausalueella. Tämä on erityisen tärkeää keskimääräisellä virtausalueella, joka riippuu mm. siitä, mikä on sisävyöhykkeen suhteellinen osuus koko lattiapinta-alasta.

Kompaktisäädin 227PM

Fläkt Woods'in kompaktisäädin 227PM on täydellinen yksikkö, joka sisältää toimilaitteen, dynaamisen paineroanturin paineesta riippuvaan ilmvirran säätöön ja 3-numeroisella näytöllä varustetun käyttöliittymän, joka mahdollistaa paineen tarkkailun ja arvojen asetuksen ilman ulkoisia laitteita. Säätimen käyttöalue on toimituksessa vakiona 2 - 10V. Haluttaessa muuttaa se asetukseen 0 - 10 V, ohjeen voi katsoa pikaoppaasta. Säädintä voidaan myös pakko-ohjata sulkevien kosketinten välityksellä (ajastin, läsnäoloanturi jne.) haluttaessa muuttaa asetettuja ilmavirtauksen minimi- ja maksimiasetuksia. Säädin toimii myös itsenäisestilman ulkoista ohjausta.

Kytkenäkaavio

Toimilaitteissa on värikoodatut ja numeroidut kaapelit.



BU = Sininen (1)
BN = Ruskea (2)
BK = Musta (3)
GY = Harmaa (4)
BU-BN käyttöjännite 24 VAC/VDC
BU-BK ohjaussignaali 0...10 V / 2...10 V
BU-GY takaisinkytkentäsignaali 0...10 V / 2...10 V
Kuorma GY maks. 0,5 mA

Huomioi muuntajien napaisuus. Kaikki nolla- ja signaali-johtimet (-) on kytkettävä linjaan. Virheellinen napaisuus voi aiheuttaa säätimen vioittumisen tai toimintavian. Käytä aina erillistä muuntajaa, kun säätimen virta on koko-aaltotasasuunnattu. Säätimellä ja toimilaitteilla on oltava erilliset muuntajat, kun käytetään rinnakkain useampia toimilaitteita. Ne on suojattava linjajännitteen aiheuttamalta ylikuormittumiselta ja kytkettävä irti tarvittaessa.

Käyttöliittymä

Toimilaitteen kannessa on kaksi valitsinta: arvonvalitsin (1) ja toiminnonvalitsin (2). Lisäksi siinä on 3-numeroinen näyttö (3), josta näkee valitut toiminnot, arvot ja yksiköt.



Arvojen asetus, pikaopas

Asetuksia voidaan tehdä, kun toimilaite on kytketty virtalähteeseen. Asetukset säädetään toimilaitteen valitsimilla, esimerkiksi ruuvimeissellin avulla.

1. Valitse paineyksikkö: Nelikulmio näytön oikeassa ylä- tai alakulmassa osoittaa käytettävän yksikön, Pa tai inH₂Ox10⁻³. Jos jotakin tarvitsee muuttaa, käännä toiminnonvalitsinta, kunnes se osoittaa toimintoa "Pres/Unit". Käännä sitten arvonvalitsinta, kunnes näytöllä oleva nelikulmio siirtyy toiseen kohtaan. Valinnan jälkeen näytölle ilmestyy kolme viivaa (- - -), jotka vilkkuvat kaksi kertaa vahvistaen täten uuden asetuksen tallentamisen.
2. Aseta Pmax: Käännä toiminnonvalitsin osoittamaan "Pmax". Käännä sitten arvonvalitsinta, kunnes haluttu paine näkyy näytöllä. Valinnan jälkeen näyttö vilkkuu kaksi kertaa vahvistaen uuden Pmax-asetuksen tallentamisen.
3. Aseta Pmin: Käännä toiminnonvalitsin osoittamaan "Pmin". Käännä sitten arvonvalitsinta, kunnes haluttu paine näkyy näytöllä. Valinnan jälkeen näyttö vilkkuu kaksi kertaa vahvistaen uuden Pmin-asetuksen tallentamisen.
4. Valitse tulosignaali: Käännä toiminnonvalitsin osoittamaan "Mode". Käytössä oleva alue ilmestyy näytölle, 0-n vastaa aluetta 0-10V ja 2-n vastaa aluetta 2-10V. Jos asetusta tarvitsee muuttaa, käännä arvonvalitsinta, kunnes näytöllä oleva arvo vaihtuu toiseksi.

Valinnan jälkeen uusi alue tallentuu ja näyttö vilkkuu kaksi kertaa tallentamisen.

Kompaktisäädin 227PM

Toiminnot, yksityiskohtainen selostus

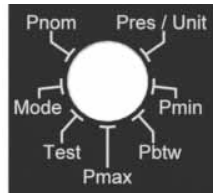
1. Arvonvalitsin

Arvonvalitsimella voidaan muuttaa arvoja. Nuoli osoittaa asetetun arvon. Muutokset näkyvät näytöllä heti, kun valitsinta on liikutettu $\pm 10^\circ$ asennostaan. Käännetäessä valitsinta myötä- tai vastapäivään näytölle ilmestyy vastaavat arvot.



2. Toiminnonvalitsin

Toiminnonvalitsin mahdollistaa toiminnon valitsemisen sen asennon mukaan. Jos toimintoa ei ole valittu, näkyy näytöllä kolme viivaa (- - -).



Pres / Unit

Näyttää paineen yksiköissä Pa, $\text{inH}_2\text{O} \times 10^{-3}$ ja Diag vian määrittämistä varten. Näytön lukema saadaan takaisinkytkentäsignaalilla U. Näyttö alkaa vilkkua, jos toimilaite saavuttaa pääteasennon ennen kuin haluttu paine on saatu säädettyä. Ylivuoto (mittauspaine-ero ylittää 300Pa) osoitetaan näytöllä pienellä ympyrällä. Arvovalitsinta kääntämällä voidaan valita yksikkö.



Pa
Diag
 $\text{inH}_2\text{O} \times 10^{-3}$

Nelikulmio näytön oikeassa yläkulmassa osoittaa, että on käytetty paineyksikköä Pa.

Nelikulmio näytön oikeassa alakulmassa osoittaa, että on käytetty paineyksikköä $\text{inH}_2\text{O} \times 10^{-3}$.

Pmin

Mahdollistaa halutun minimipaineen asetuksen ulkoiselle vertailusignaalille $Y=0V/2V$ arvonvalitsinta kääntämällä. Valittu arvo näkyy näytöllä yksiköissä Pa tai $\text{inH}_2\text{O} \times 10^{-3}$.

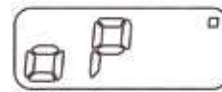
Pmax

Mahdollistaa halutun maksimivirtauksen asetuksen ulkoiselle vertailusignaalille $Y=10V$ arvonvalitsinta kääntämällä. Valittu arvo näkyy näytöllä yksiköissä Pa tai $\text{inH}_2\text{O} \times 10^{-3}$.

Test

Avaa vianmääritysvalikon. Kaikki Y johtimelle tulevat ulkopuoliset tulosignaalit jätetään huomiotta ja säädin toimii valitun syrjäyttävän toiminnan mukaan. Toimilaite palautuu normaalitilaan 10 tunnin jälkeen. Vianmääritystilassa näkyy vuorotellen paine (8 sekunnin näyttöaika) sekä toiminto (2 sekunnin näyttöaika). Vianmääritysvalikosta poituminen toiminnonvalitsinta kääntämällä katkaisee vianmääritystoiminnot ja palauttaa toimilaitteen normaalitilaan.

Alla olevat merkit toimivat indikaattorina



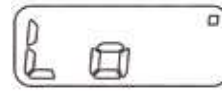
Pa
Diag
 $\text{inH}_2\text{O} \times 10^{-3}$
oP(en)
avaa vaimentimen



Pa
Diag
 $\text{inH}_2\text{O} \times 10^{-3}$
cL(ose)
sulkee vaimentimen



Pa
Diag
 $\text{inH}_2\text{O} \times 10^{-3}$
Hi(gh)
Pakottaa toimilaitteen asentoon
Pmax



Pa
Diag
 $\text{inH}_2\text{O} \times 10^{-3}$
Lo(w)
Pakottaa toimilaitteen asentoon
Pmin



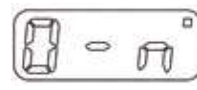
Pa
Diag
 $\text{inH}_2\text{O} \times 10^{-3}$
on
Testaustila on kytketty päälle.
Toimilaite jää sen hetkiseen asentoon.



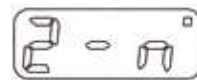
Pa
Diag
 $\text{inH}_2\text{O} \times 10^{-3}$
oFF
Testaustila on kytketty pois päältä. Toimilaite aloittaa säädön/ohjauksen ulkoisen signaalin Y mukaan.

Mode

Mahdollistaa tulosignaalialueen asetuksen (0...10V tai 2...10V) arvonvalitsinta kääntämällä.



Pa
Diag
 $\text{inH}_2\text{O} \times 10^{-3}$
U:n takaisinkytkentäsignaali-
naali-aluevastaa Y:tä.
0-n signaali-alue on 0-10V



Pa
Diag
 $\text{inH}_2\text{O} \times 10^{-3}$

2-n signaali-alue on 2-10V

Pnom

Huoltomiehen työkalu toimilaitteen kalibrointi arvon muuttamiseksi. Vakio Pnom arvo on 1000.

Kompaktisäädin 227PM

Tulosignaali (analoginen)

Tulosignaali Y mahdollistaa toimilaitteen ohjaamisen valitun toimintatilan mukaan.

Tilassa 0...10VDC tulosignaali Y vastaa seuraavia paineita:

$$P_{act} = P_{min} + \frac{Y}{10VDC} \cdot (P_{max} - P_{min})$$

ja paineet vastaavat Y = 0VDC (Pmin) ja Y = 10VDC (Pmax)

$$Y = 10VDC \cdot \frac{P_{act} - P_{min}}{P_{max} - P_{min}}$$

Tilassa 2...10VDC tulosignaali Y vastaa seuraavia paineita:

$$P_{act} = P_{min} + \frac{Y - 2VDC}{8VDC} \cdot (P_{max} - P_{min})$$

Ja paineita vastaavat Y = 2VDC as (Pmin) ja Y = 10VDC (Pmax) Tila 2...10VDC sisältää erityisominaisuutena sulkeutumisen, kun tulosignaali Y = 0VDC.

$$Y = 2VDC + 8VDC \cdot \frac{P_{act} - P_{min}}{P_{max} - P_{min}}$$

Katso myös kuva 1. "vertailusignaali Y"

Lähtösignaali (analoginen)

Tilassa 0...10VDC lähtösignaali U vastaa seuraavia paineita:

$$U = 10VDC \cdot \frac{P_{act}}{300Pa} \quad U = 10VDC \cdot \frac{P_{act}}{1.2inWC}$$

ja ajankohtainen paine Pact lasketaan takaisinkytkentäsignaalilta U:

$$P_{act} = P_{nom} \cdot \frac{U}{10VDC}$$

Tilassa 2...10VDC tulosignaali U vastaa seuraavia paineita.

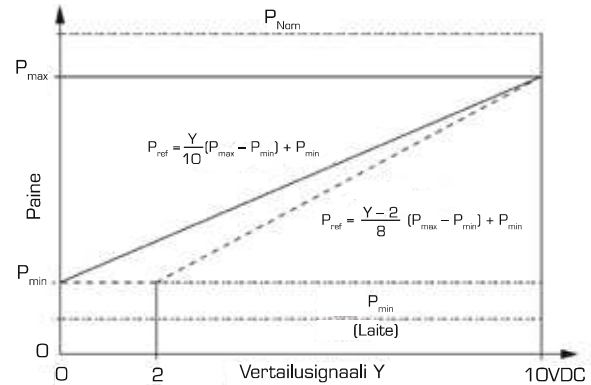
$$U = 2VDC + 8VDC \cdot \frac{P_{act}}{300Pa}$$

$$U = 2VDC + 8VDC \cdot \frac{P_{act}}{1.2inWC}$$

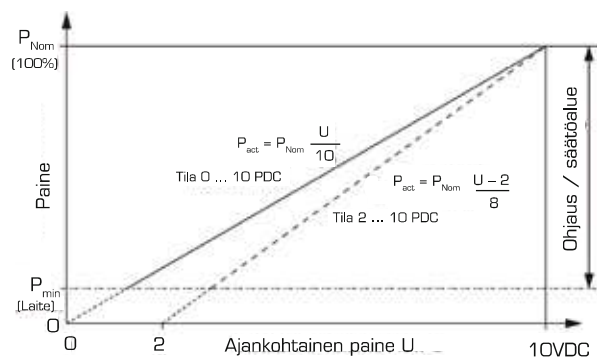
ja ajankohtainen paine Pact lasketaan takaisinkytkentäsignaalilta U:

$$P_{act} = 300Pa \cdot \frac{U - 2VDC}{8VDC}$$

Katso myös kuva 2. "Ajankohtainen paine U"



Kuva 1. Vertailusignaali Y



Kuva 2. Paine U

Kompaktisäädin 227PM

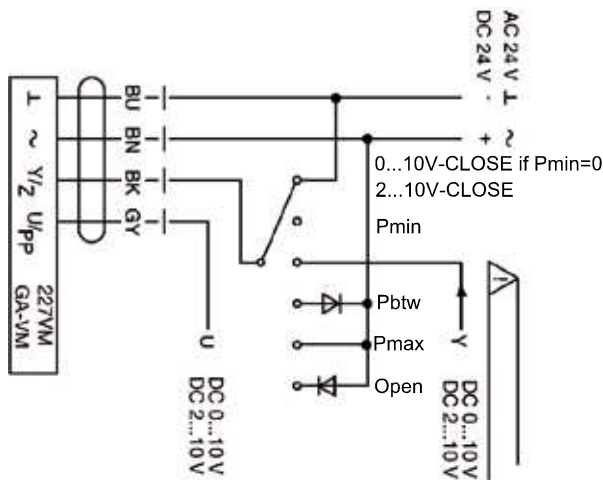
Pakko-ohjattu säätö

Säädintä voidaan pakko-ohjata seuraaviin asentoihin sulkevien koskettimien välityksellä (katso kuva 3):

(Open) Y= pos. tasasuunnattu puoliaalto virtalähteestä 24VAC

(Close) Y= neg. tasasuunnattu puoliaalto virtalähteestä 24VAC

(Pmax) Y= kokoaalto virtalähteestä 24VAC



Kuva 3. Pakko-ohjaustoiminnot

Säätimen asettaminen vakiopaine-asentoon

Säädin voidaan asettaa vakiopaine-toimintoon, jolloin kaikki analogiset tulosignaalit Y jätetään huomiotta. Tätä toimintoa voidaan käyttää vianmääritykseen. Tämän toiminnon aktivoimiseksi on Pmax asetettava asentoon 0. Vianmäärityksen merkkivalo näytöllä alkaa vilkkua ja säädin käyttää paineen minimiarvoa Pmin vakiopaineena. Käytä Pmin-toimintoa asettaessasi halutun vakiopaineen.

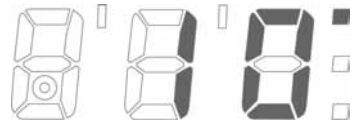


Näyttö

Näyttö (3) näyttää 3 numeroa, jotka koostuvat 7 merkisegmentistä. Lisämerkkejä ovat pieni ympyrä, kolme nelikulmiota ja kaksi pystyviivaa.

Nelikulmioita käytetään tiettyjen toimintojen tai yksiköiden (P_{a,inH_2O}) tilan ilmoittamiseen näytöllä. Niillä viitataan näytöllä näkyvän arvon yksikköön. Se voi olla P_{a,inH_2O} tai vianmääritystoiminnon Diag aktivoituminen. Ylivuoto (mittauspaine-ero yli 300Pa tai 1,2 inH₂O) osoitetaan näytöllä pienellä ympyrällä ensimmäisen numeron alaosan kohdalla. Jos säädin yrittää sovittaa asetuspaineen ja mittaus paineen toisiaan vastaaviksi tämä näkyy näytöllä valitun yksikön nelikulmiomerkin vilkkumisena. Jos säädin ei saa asetus ja mittauspainetta vastaamaan toisiaan, tämä aiheuttaa pysäytyksen, jolloin koko näyttö alkaa vilkkua ilmoittaakseen vikatilanteesta.

Pystyviivamerkkejä käytetään tuhansien erottamiseen. Katso seuraavia esimerkkejä:

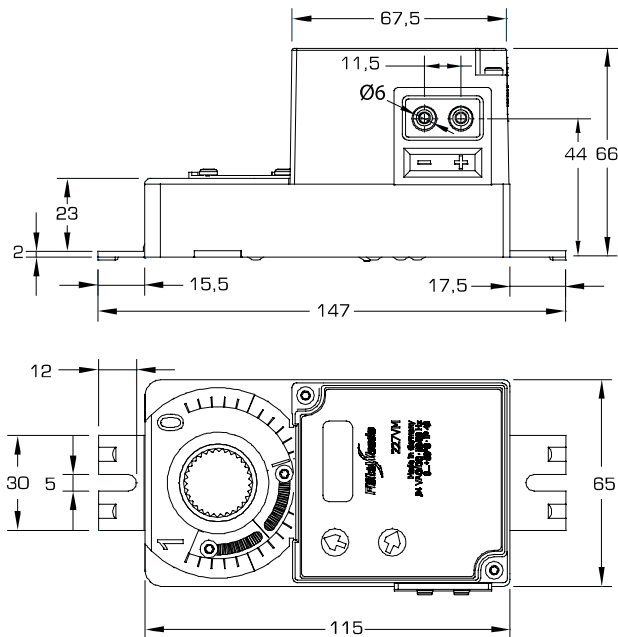


Kompaktisäädin 227PM

Tekniset tiedot

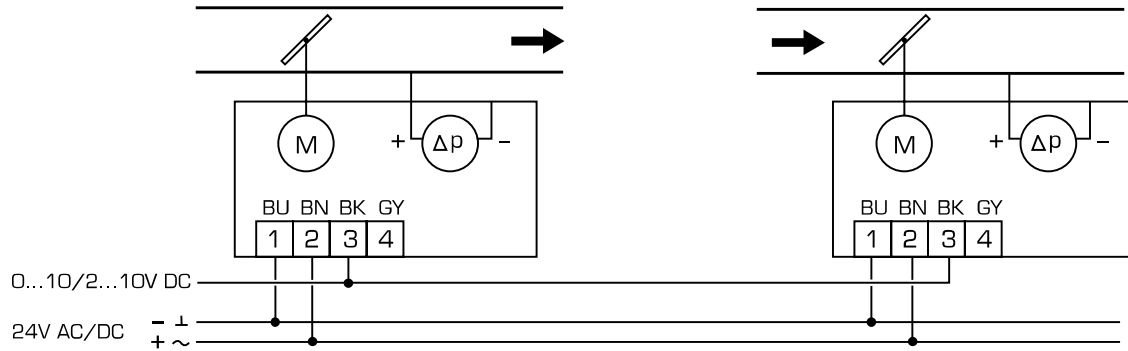
Virtalähde	24 VAC/VDC \pm 20%, 50/60 Hz
Ylijännite	enintään 40 V, kork. 5 sekuntia
Virrankulutus	2.5 W (4.5 VA)
Tulosignaali	Suhteessa paineeseen [Pmin...Pmax] 0 - 10 / 2 - 10 VDC, tai 0 - 20 / 4 - 20 mA / 500 Ω :n vastukseen ja syrjäytyssäätimiin
Ottoimpedanssi	>50 kW
Takaisinkytkentäsignaali	0 - 10 / 2 - 10 VDC suhteessa ilma- virtaukseen
Sallitut ympäristöolosuhteet	
- käyttölämpötila	32 °F - 122 °F (0 °C - 50 °C)
- säilytyslämpötila	-4 °F - 176 °F (-20 °C - 80 °C)
- kosteus 5-95% RH,	ei lauhdutusta

Mitat

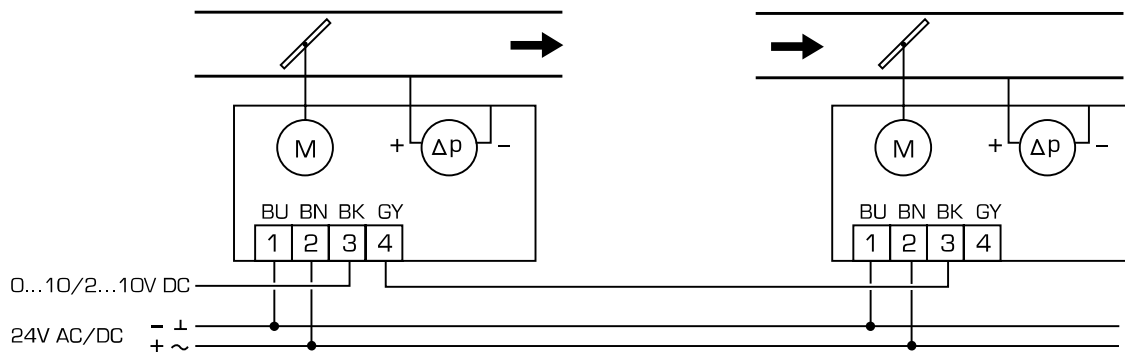


Kompaktisäädin 227PM

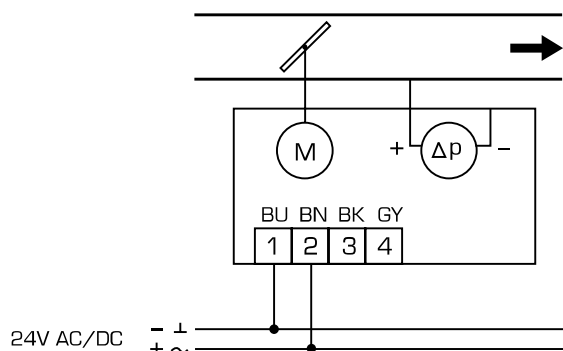
Kahden painesäätimen rinnakkaisohjaus



Kahden painesäätimen master-slave ohjaus



Vakiopaineen säätö



HUOM:
P_{max} asetusarvo on 0
Ohjauksen asetusasteena on P_{min}

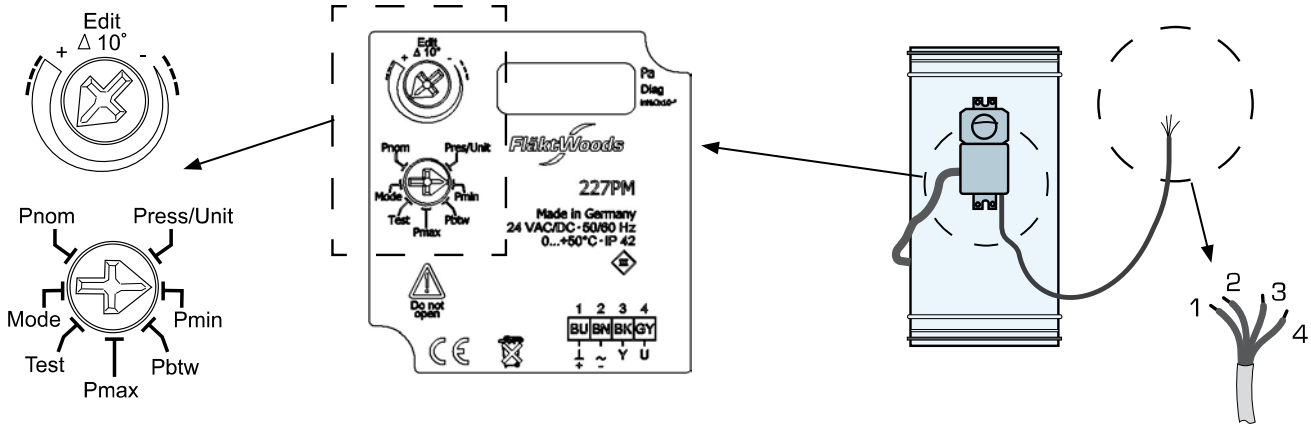
Ilmavirran mittaus katso EMSF esite.

EMPA/EMPD + Fläkt Woods 227PM



EMPA/EMPD + Fläkt Woods 227PM

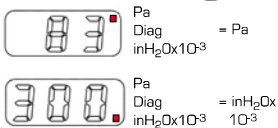
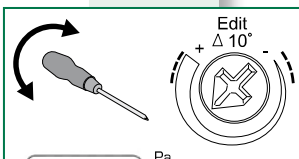
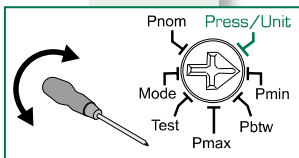
Arvojen asettelu, pikaopas



1

Paineyksikön valinta

Tehdasasetus
Pa

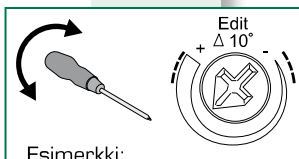
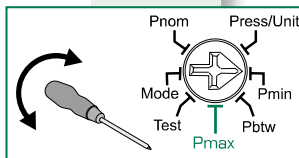


Valinnan jälkeen näyttö vilkkuu kaksi kertaa vahvistaen uuden asetuksen tallentamisen.

2

Pmax asettelu

Tehdasasetus
300 Pa



Esimerkki:
Pmax = 100 Pa

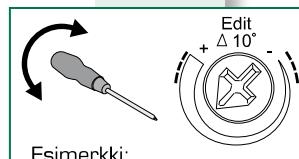
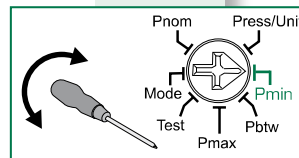


Valinnan jälkeen näyttö vilkkuu kaksi kertaa vahvistaen uuden asetuksen tallentamisen.

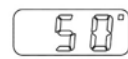
3

Pmin asettelu

Tehdasasetus
0 Pa



Esimerkki:
Pmin = 50 Pa

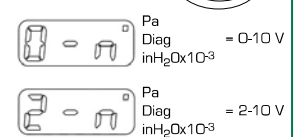
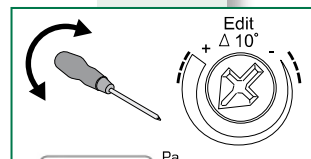
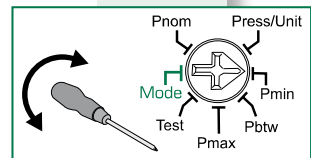


Valinnan jälkeen näyttö vilkkuu kaksi kertaa vahvistaen uuden asetuksen tallentamisen.

4

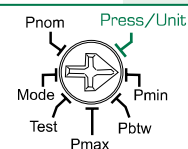
Ohjauksialueen asettelu

Tehdasasetus
2-10 V



Valinnan jälkeen näyttö vilkkuu kaksi kertaa vahvistaen uuden asetuksen tallentamisen.

Asetukset tehtyäsi käännä toiminnonvalitsin osoittamaan toimintoa Press/Unit saadaksesi painenäytön aktiiviseksi.

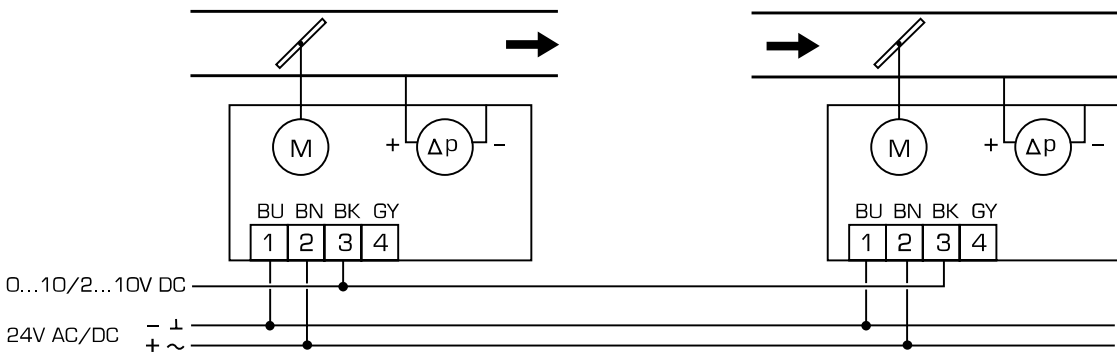


EMPA/EMPD + Fläkt Woods 227PM

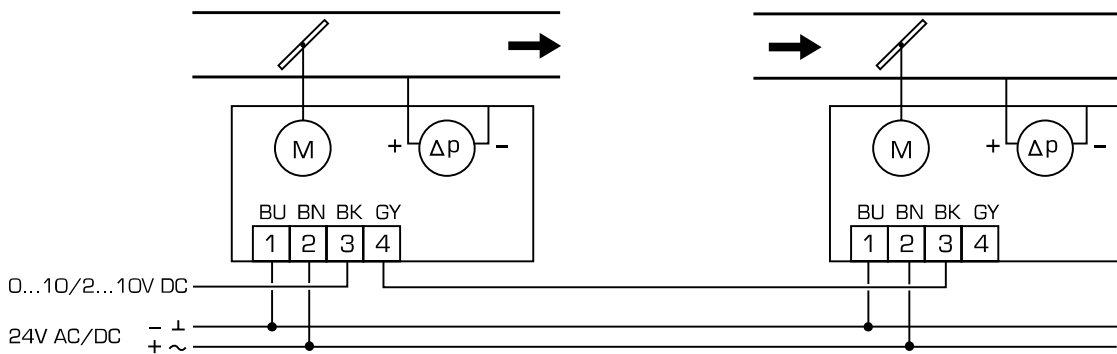
Kyt kentä

1	2	3	4
24 VAC ⊥	24 VAC ~	0...10 V	0...10 V
24 VDC -	24VDC +	2...10 V	2...10 V
Käyttöjännite	Käyttöjännite	Ohjausviesti	Takaisinkytkentäviesti
sininen	ruskea	musta	harmaa
(BU)	(BN)	(BK)	(GY)

Rinnakkaisohjaus

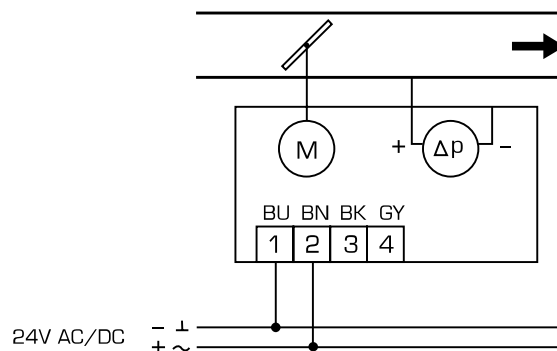


Master-Slave ohjaus

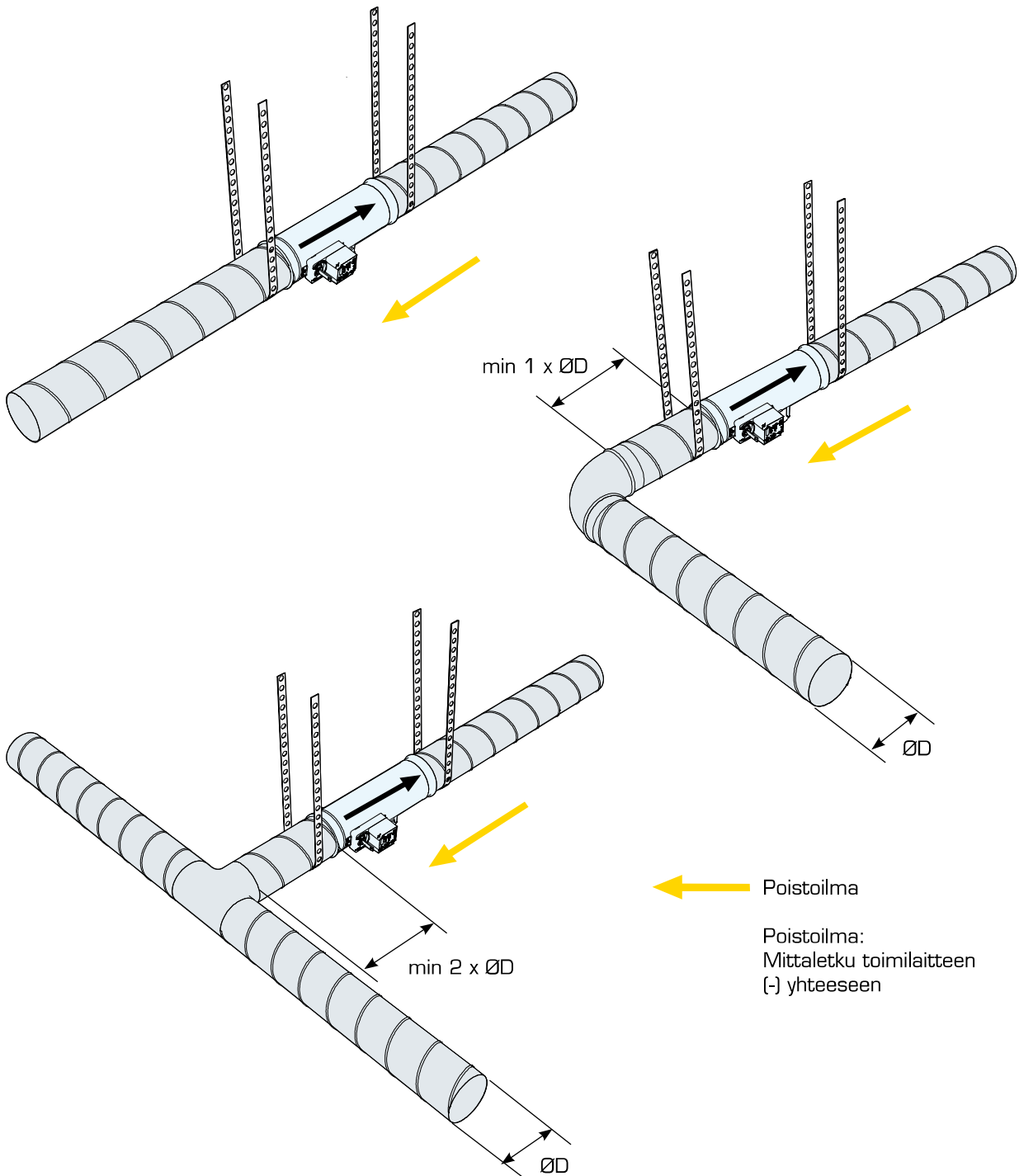


Vakiopaine

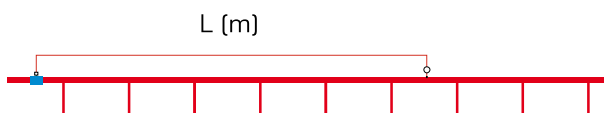
HUOM:
P_{max} asetusarvo on 0
Ohjauksen asetuspisteenä on P_{min}



EMPA/EMPD + Fläkt Woods 227PM



Asennus EMSA:n kanssa



Letkun pituus L (m)	Pnom arvo
0...10	1000
11...20	972
21...30	944
31...40	916
41...50	888