



IÐAN
fræðslusetur

Stillingar loftræsikerfa

Karl H. Karlsson
Axel Sölvason
Apríl 2009



Stillingar loftræsikerfa

Höfundar: Karl H. Karlsson og Axel Sölvason

Útgefandi: IDAN fræðslusetur ehf
© IDAN fræðslusetur Skúlatúni 2 105 Reykjavík
Fyrsta útgáfa 2004
Önnur útgáfa 2008
Þriðja útgáfa 2009

**Afritun, dreifing og notkun bókarinnar
er óheimil á skriflegs leyfis útgefanda.**



Efnisyfirlit:

Inngangur.....	7
Aðferðir til loftmagnsstillinga.....	9
Grunnatriði.....	11
Hugtök.....	13
Grunnatriði mælinga.....	28
Almennt um hraðamælingar í stökkum.....	40
Almennt um hraðamælingar í inn- og útblásturstækjum.....	43
Afstæðar mælingar.....	43
Mælingar með trekt.....	45
Mæling útblásturstækis samkvæmt leiðbeiningum.....	47
Lekamæling.....	48
Loftmagnsstillingar.....	51
Lokaorð.....	60
Heimildir.....	63

Myndir

Mynd 1: Heildarþrýstingur P_{tot} , staðbundinn þrýstingur P_{stat} og hraðabundinn þrýstingur P_{dyn}	14
Mynd 2: Pitotrör og U-rörmismunaþrýstimælir.....	16
Mynd 3: 1x línurit.....	24
Mynd 4: Skissa af blásara og mótör.....	26
Mynd 5: Dæmigerður stafrænn hitamælir.....	29
Mynd 6: Graf yfir samhengi milli rakamettunar og lengdar-aukningar mannhárs.....	29
Mynd 7: Stafrænn rakamælir.....	30
Mynd 8: Dæmigerður micromanometer.....	31
Mynd 9: Dæmigerður micromanometer tengdur við Pitot-rör.....	31
Mynd 10: Dæmigerður lofthraðamælir.....	32
Mynd 11: Fjöldi mælipunkta í réttmyndum stökkum með hliðarlengdir a og b.....	40
Mynd 12: Fjöldi mælipunkta og fjarlægð þeirra frá stökkvegg í sívólum stökkum.....	41
Mynd 13: Dæmi um staðsetningu mælipunkta eftir.....	42
mismunandi truflanir í loftrás.....	42
Mynd 14: Skematísk mynd af stökkakerfi.....	43
Mynd 17: Útblástursventill KU $\phi 100$	47
Mynd 18: Uppstilling tækja við lekamælingu.....	49
Mynd 20: Skematísk mynd af ristastökk.....	55

Töflur:

Tafla 1: Mælifrávik við hitamælingar og notkunarvið.....	28
Tafla 2: Mælifrávik við rakamælingar og notkunarvið.....	30
Tafla 3: Mælifrávik við þrýstimælingar og notkunarvið.....	31
Tafla 4: Mælifrávik við lofthraðamælingar og notkunarvið.....	32
Tafla 5: Mælifrávik við loftmagnsmælingar og notkunarvið.....	33
Tafla 6: Margföldunarstuðlar fyrir ákvörðun loftmagns (Fengnir úr bæklingi frá Lindab).....	47
Tafla 7: Lekastuðlar.....	49



Inngangur

Tilgangur

Tilgangurinn með stillingu loftræsikerfa er fyrst og fremst að tryggja að fyrirskrifað loftmagn berist til þeirra vistarvera sem loftræsa skal. Einungis á þann hátt er hægt að tryggja rétt raka- og hitastig ásamt því að nauðsynleg endurnýjun lofts eigi sér stað.

Þetta er þar með orðin forsenda þess að kerfin virki á réttan hátt og sem bein afleiðing af því, heilsufarsleg nauðsyn. Því það er ekki nóg, að hönnuður hanni kerfin eftir gildandi stöðlum, það þarf einnig að mæla og skjalfesta að kerfin virki rétt og skili því loftmagni sem ætlast er til.

Ef mælingar eru rétt og vel unnar og stilliskýrsla er samviskusamlega útfyllt, er þessi aðgerð ekki einungis hluti af gæðaeftirliti verktaka heldur einnig óbein úttekt á verki hönnuðar, þ.e. skilar kerfið því sem það á að gera, og ef svo er ekki, hvers vegna?

Hér með ætti að vera nokkuð ljóst að öll kerfi þarf að stilla og færa stilliskýrslu. Stilliskýrslan er í raun niðurstaða verksins og ef hún er ekki hendi eða illa unnin er stillivinnan sem slík harla lítils virði.

Hvers vegna að magnstillast?

Magnstilling loftræsikerfa er mun þýðingarmeiri en magnstilling annarra hitakerfa (t.d. hefðbundinna ofnakerfa). Ef vatnsmagn til venjulegs ofns minnkar um 50% minnkar varmagjöfin aðeins um ca. 10-12%. Þetta er ekki reyndin með loftræsikerfi. Ef loftmagnið minnkar um t.d. 50% minnkar einnig kæligeta eða hitagjöf um 50% sem er með öllu óviðunandi, þar sem kerfin eru sjaldnast of stór. Einnig hefur minnkun loftmagns veruleg áhrif á ferskleika og gæði inniloftsins veldur vanlíðan og óánægju notandans.

Ef hins vegar fer of mikið loft í gegnum einstakar ristar eða stokka, veldur það oftast í trekk- og/eða hljóðvandamálum.

Rétt er að benda verðandi mælingamönnum á gildi þess að skilja vel við kerfi að aflokinni stillingu. Festa þarf stillilokur vel og vandlega í endanlegri stöðu og jafnframt að merkja stöðu lokanna með t.d. tússpenna, til að auðveldara sé að átta sig á því hvort búið sé að breyta stillingum kerfis þegar að er komið síðar.

Sérstaka gúmmítappa á að nota til að loka götum sem boruð hafa verið á stokka í tengslum við mælingar. Alltof algengt er að koma að kerfum þar sem ekki hefur verið hirt um að loka götum að aflokinni stillivinnu eða þeim hefur verið lokað með því að klessa límbandi yfir þau. Þetta verður að teljast bæði ófagmannlegt og óheppilegt þar sem tækjaklefinn er andlit kerfisins þegar að uppsetningu er lokið.

Kvartanir vegna rangrar og ónógrar virkni loftræsikerfa, ásamt hávaða frá þeim, stafa að miklu leyti af því að viðskilnaður er ekki nógu góður. Smiðshöggvið vantar á verkið, þ.e. stillingu og frágang.

Oft og tíðum er þetta vegna þess að stillilokur eru of fáar eða þannig staðsettar að ekki er hægt að komast að þeim og þar af leiðandi illmögulegt að stilla kerfin. Einnig kann orsökina að vera sú að kunnátta og þekking á þessu sviði hefur ekki verið næg þannig að of mikill tími hefur farið stillingar. Er þetta um leið orðinn kostnaðarliður sem menn vilja gjarnan spara sér. Þetta er náttúrulega bæði á ábyrgð hönnuða og verktaka og mætti kippa í lag með samstilltu átaki.

Virkni vélbúnaðar

Áður en stillivinna hefst verður að ganga úr skugga um að allur vélbúnaður og stýringar virki eins og til er ætlast, þá sérstaklega þrýstistýringar. Benda má á RB blað 53 sem gátlista.

Aðferðir til loftmagnsstillinga

Þrjár aðferðir eru notaðar að einhverju marki til loftmagnsstillingar loftræsikerfa:

Aðferð 1:

Stilling kerfisins er meira eða minna framkvæmd með tilviljunarkenndri stillingu stillisþjalda þar til að viðunandi árangur næst í loftdreifingu milli herbergja.

Aðferð 2:

Stilling kerfis fer fram með því móti að stillilokur eru forstilltar á ákveðið gildi sem fundið er við þrýstítapsreikning. Þá eru eingöngu teknar stikkprufur til að kanna hvort kerfið skilar því loftmagni sem það á að skila. Aðferðin er oft kölluð forinnstillingaraðferðin. (forindstillingsmetoden í dönskum og norskum kennslubókum).

Aðferð 3:

Stilling kerfis fer fram með kerfisbundnum mælingum á hlutfalli milli loftmagns í öllum greinum kerfis. Mælingar skal byrja á þeirri rist kerfis/greinar sem er annað hvort fjærst blásara/greiningu eða er með minnsta loftmagnshlutfallið. Aðferðin er oft kölluð hlutfallsaðferðin (proportionalmetoden í dönskum og norskum kennslubókum).

Kostir og gallar aðferða 1-3

Einn þeirra þátta sem geta gert loftmagnsstillingar erfiðar er að breyting á stöðu eins stillisþjalds breytir ekki aðeins loftmagni í þeirri greiningu/stokk sem stillisþjaldið er staðsett í, heldur breytist loftmagnið í öllu kerfinu (þetta er ein af grunnsetningum kerfisfræðanna, þ.e einum þætti kerfis verður ekki breytt án þess að það hafi áhrif á allt kerfið). Þetta hefur í för með sér að margar breytingar þarf við stillingu kerfis þar til að réttu loftmagni og loftdreifingu er náð. Við hverja breytingu þarf að endurmæla loftmagn. Þetta hefur það í för með sér að **Aðferð 1** er ekki nothæf í raunveruleikanum, en er engu að síður notuð þegar kerfi eru komin í notkun og hafa ekki verið almennilega stillt við afhendingu.

Ef fram koma kvartanir um trekk er það algengt að hinn “klóki” leysi vandamálið með að því að draga niður í loftmagni fyrir viðkomandi rist og ávísa þannig vandamálinu annað, þ.e. loftmagnið eykst í öðrum ristum kerfisins. Þegar nægjanlegur tími er liðinn og nógu margir “klókir” hafa komið að málinu er enginn trekkur lengur, en þá er reyndar nokkuð víst að virkni kerfisins er að miklu leyti eyðilögð.

Aðferð 2 er erfið í framkvæmd þar sem kerfin og þar með hinir einstöku hlutar stokkakerfisins, eru meira eða minna sniðin að þörfum hvers húss fyrir sig. Einna helst er hægt að nota hana þar sem stærsti hluti þrýstifalls er yfir ristar, Aðferðin er frekar óhentug vegna þess að svöltil ónákvæmni í þrýstitapsreikningum hefur í för með sér verulega breytingu á loftmagni.

Aðferðin hefur þó þann kost að öll stillisþjöld er hægt að stilla í rétta stöðu við uppsetningu óháð öðrum aðstæðum (t.d. vindi eða útihitastigi). Ennfremur hefur aðferðin þann kost að hönnuður verður að staðsetja stillilokur þar sem þeirra er þörf, í staðinn fyrir að “sjússa sig fram” til rétrar staðsetningar og fjölda. Helst er aðferðin nothæf í útsogskerfum í fjölbýlishúsum þar sem stokkakerfin eru einföld og lík innbyrðis.

Aðferð 3, hlutfallsaðferðin (proportionalmetoden), byggir á þeirri kenningu að við fasta mótstöðu er hlutfallið milli loftmagnsstrauma við greinistúta óháð loftmagninu sem kemur að greiningunni. Þetta er hægt að hagnýta til kerfisbundinnar stillingar kerfa á þann hátt að lokur og stillisþjöld við greiningar stillast eingöngu út frá loftmagnshlutfalli en ekki loftmagni.

Í flestum tilfellum er hlutfallsaðferðin eina raunhæfa aðferðin til innstillingar kerfa þannig að þær kröfur sem eru settar fram í verklýsingum og reglugerðum (yfirleitt $\pm 15\%$ á rist) séu uppfylltar.

Grunnatriði

Svolítil upprifjun í stærðfræði

Rétt að rifja upp nokkur grunnatriði í stærðfræði, þ.e. algebru og jöfnur.

Við jöfnur gilda aðallega fjórar reiknireglur. Þæ eru:

1. Leggja má hvað sem er við jöfnu, svo lengi sem það er gert báðum megin við jafnaðarmerkið:

Dæmi:

Jafnan er: $x - 1 = 3$

Leysist á þann hátt að leggja 1 við jöfnuna báðum megin við jafnaðarmerkið:

$$x - 1 + 1 = 3 + 1 \quad \Rightarrow \quad x = 4$$

2. Draga má hvað sem er frá jöfnu, svo lengi sem það er gert báðum megin við jafnaðarmerkið:

Dæmi:

Jafnan er: $x + 1 = 3$

Leysist á þann hátt að draga 1 frá jöfnunni báðum megin við jafnaðarmerkið:

$$x + 1 - 1 = 3 - 1 \quad \Rightarrow \quad x = 2$$

3. Margfalda má jöfnu með hverju sem er, svo lengi sem það er gert báðum megin við jafnaðarmerkið:

Dæmi:

Jafnan er: $\frac{x}{2} = 3$

Leysist á þann hátt að margfalda jöfnuna með 2 báðum megin við jafnaðarmerkið:

$$\frac{x}{2} \cdot 2 = 3 \cdot 2 \quad \Rightarrow \quad x = 6$$

4. Deila upp má í jöfnu með hverju sem er (nema 0), svo lengi sem það er gert báðum megin við jafnaðarmerkið:

Dæmi:

Jafnan er: $x \cdot 2 = 3$

Leysist á þann hátt að deila með 2 upp í jöfnuna báðum megin við jafnaðarmerkið:

$$\frac{x}{2} \cdot 2 = \frac{3}{2} \quad \Rightarrow \quad x = \frac{3}{2} = 1,5$$

Hugtök

Þrýstingur

Þrýstingur og afleidd stærð hans, þrýstifall, er eitt af mikilvægustu hugtökunum sem unnið er með í öllum lagnakerfum. Þrýstingur (og þar með þrýstifall) er gjarnan mældur í Pascal (N/m^2), millimetrum vatnssúlu (mm Vs) eða börum (Bar).

Þar gildir eftirfarandi samhengi:

$$1 \text{ Pascal} = 0,102 \text{ mm Vs} = 0,00001 \text{ Bar}$$

Algengast er þó að nota Pascal sem mælieiningu.

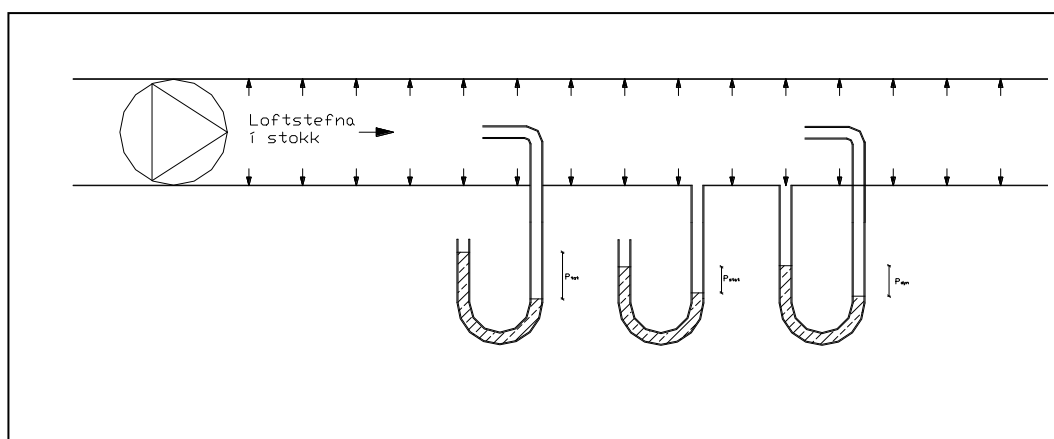
Til hægðarauka er rétt að nefna að í flestum fagbókum um efnið er stafurinn P notaður til að tákna þrýsting.

Þrýstingur er tvenns konar, þ.e. statískur (staðbundinn) þrýstingur og dýnamískur (hraðabundinn) þrýstingur. Statískur þrýstingur er til dæmis þrýstingur inni í uppblásinni blöðru, en dýnamískur þrýstingur er til dæmis þrýstingur vinds sem lendir á fyrirstöðu. Dýnamískur þrýstingur er þannig í raun réttí mælikvarði á hreyfiorku vindsins.

Í loftræsikerfum sem og öllum öðrum lagnakerfum er að finna báðar gerðir þrýstings. Heildarþrýstingurinn er = statíski þrýstingurinn + dýnamíski þrýstingurinn:

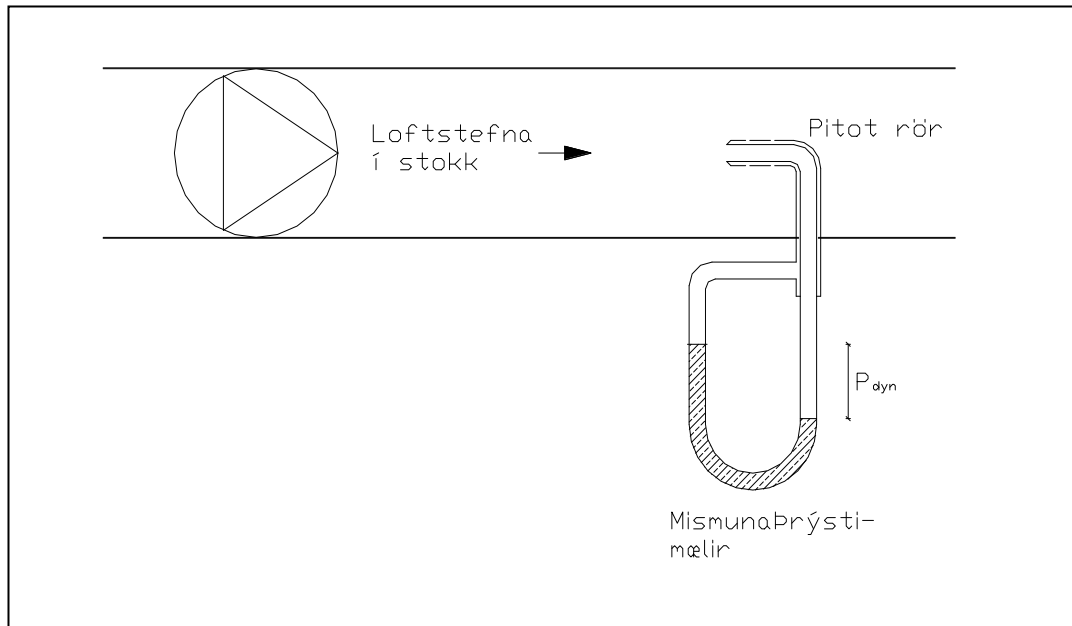
$$\Leftrightarrow P_{\text{total}} = P_{\text{stat}} + P_{\text{dyn}}$$

Taka ber þó fram í þessu sambandi að þetta er þrýstingur umfram venjulegan loftþrýsting sem er yfirleitt í kringum 101.325 Pa. Dýnamískur þrýstingur tapast aðallega í beygjum og tengistykkjum, en statíski þrýstingurinn minnkar eftir því sem fjær dregur blásara.



Mynd 1: Heildarþrýstingur P_{tot} , staðbundinn þrýstingur P_{stat} og hraðabundinn þrýstingur P_{dyn} .

Heildarþrýstingur P_{tot} er mældur með því að færa inn rör í loftstrauminn og dýnamískur þrýstingur ákvarðast þá með því að draga staðbundinn þrýsting frá mældum heildarþrýstingi. Statískur þrýstingur P_{stat} er sá þrýstingur sem virkar á stokkvegg samhliða loftstraumnum og hann er mældur með því að færa leiðslu frá mismunaprýstimælinum að litlu gati á vegg stoksins sem er samsíða stefnu loftstraumsins. Þrýstingurinn getur verið jákvæður eða neikvæður, þ.e.a.s. yfir eða undir venjulegum umhverfisþrýstingi.



Mynd 2: Pitotrör og U-rörsmismunaprýstimælir .

Mæling á dýnamískum þrýstingi er m.a. notuð til að mæla lofthraða (og þar með loftmagn óbeint) og er yfirleitt framkvæmd með svokölluðu Pitot-röri sjá mynd 2. Annað rörið liggur að opum í hliðinni a mælirörinu og er til þess að mæla staðbundinn þrýsting en hitt rörið liggur fram á rörendann þannig að þar mælist heildarþrýsting og þessi rör eru síðan tengd við mismunandi innganga mismunaprýstimælis þannig að hraðabundinn þrýstingur fæst með beinum aflestri.

Mismunaprýstimælirinn setur hraðamælingunni neðri mörk. Við notkun skárörsmælis er hægt að mæla niður að 3 m/s sem samsvarar hraðabundnum þrýstingi um það bil 5 N/m^2 (0,5 mmVS) .Með míkrómismunaprýstimæli (micromanometer) er hægt að mæla niður að u.þ.b. 2 m/s.

Pitorörið er einfalt og sterkt tæki sem ekki þarf að kvarðamæla og venjulega er nægilegt að bora tiltölulega smá göt í stokkinn til þess að koma því fyrir.

Endi rörsins þarf að vera í réttri fjarlægð frá stokkvegg, annars geta smá frávik gefið veruleg frávik í niðurstöðum. Aftur á móti er mælingin ekki sérlega viðkvæm gagnvart minni frávikum t.d. allt að 15° fráviki í stefnu rörs frá straumstefnu.

Út frá P_d (dýnamíska þrýstingnum) er síðan hægt að reikna lofthraðann í stokknum með eftirfarandi formúlu:

$$v = \sqrt{\frac{2 * P_d}{\rho}}$$

Við lofthita $\approx 20^\circ\text{C}$ einfaldast formúlan í

$$v = 1,3 * \sqrt{P_d}$$

þar sem:

v = Hraði í m/sek

P_d = Dýnamískur (hraðabundinn) þrýstingur í Pascal

ρ = Eðlisþyngd loftsins (u.þ.b. 1,2 kg/m³)

Út frá lofthraðanum má svo finna loftmagn í stokk eða röri út með eftirfarandi formúlu:

$$Q = v * A$$

þar sem:

v = Hraði í m/sek

Q = Loftmagn í m³/sek

A = Þversniðsflatarmál stokks eða rörs í m²

- A fyrir ferkantaðan stokk er $= h * b$
- A fyrir rör er $= r^2 * \pi$ eða $d^2 * \frac{\pi}{4}$;



þar sem:

h = Hæð stokks í metrum

b = Breidd stokks í metrum

r = Radíus rörs í metrum

d = Þvermál stokks í metrum

Reyndar eru flestir nútíma þrýstimælar þannig útbúnir að hægt er að lesa hraðann beint af skjá tækis.

K tala

Allt þrýstifall í lagnakerfum fylgir grafi jöfnunnar

$$\Delta P = K * Q^2$$

þar sem:

- ΔP = Þrýstifall eða þrýstingur í Pascal
- K = Mótstöðufasti loku
- Q = Loftmagn í rúmmetrum á klst

Þetta þýðir í raun að ef tveir af þáttunum eru þekktir, er hægt að reikna þann þriðja. Þetta er það sem er til dæmis notað við að reikna loftmagn þegar mælt er þrýstifall yfir Írisloku. Á Írisloku er kvarði sem sýnir K töluna eftir lokunargráðu lokunnar. Einnig er formúlan yfirleitt gefin upp í gögnum sem fylgja lokunni.

Dæmi:

Mælt þrýstifall yfir Írisloku er 55 Pa. Fastinn K er gefinn upp 35,6 miðað við þá stöðu sem lokan er í.

Formúlan er svo gefin upp sem $Q = K * \sqrt{\Delta P}$

þar sem:

- ΔP = Þrýstifall í Pascal
- K = Mótstöðufasti kerfis
- Q = Loftmagn í rúmmetrum á klst

Þá er loftmagnið reiknað á eftirfarandi hátt:

$$Q = 35,6 * \sqrt{55} = 264,0 \text{ m}^3/\text{klst}$$

Sama er uppi á teningnum með mörg nútíma ristabox, t.d. MBA boxin frá Lindab. Í þeim er mæliblinda með skilgreindum mótstöðufasta (K) þannig að hægt er að mæla loftmagnið með því að mæla þrýstifallið yfir boxið (þ.e. mismunaprýstinginn á milli slanganna tveggja). Þess ber að gæta að miðjan þarf að vera í ristunum þegar að mælt er, annars fæst ekki rétt loftmagn þ.e.a.s. loftmagnið verður meira vegna þess að mótstaðan er minni í ristunum.

Dæmi:

Mælt þrýstifall yfir ristarbox er 76 Pa. Fastinn K er gefinn upp 13,4. Formúlan er svo

gefin upp sem $Q = K * \sqrt{\Delta P}$

þar sem:

ΔP = Þrýstifall í Pascal

K = Mótstöðutala í mæliblindu

Q = Loftmagn **í lítrum á sekúndu**

Þá reiknast loftmagnið á eftirfarandi hátt:

$Q = 13,4 * \sqrt{76} = 116,8$ lítrar á sekúndu. Síðan þarf að margfalda með 3,6 til að fá útkomuna í $m^3/klst \Rightarrow 116,8 * 3,6 \approx 421 m^3/klst$

Með sumum þessara ristaböxa fylgja sérstakar leiðbeiningar um hvernig mæla skal og einnig hver er lágmarksfjarlægð frá síðustu beygju að ristaböxi. Oft er þessi lágmarksfjarlægð 2 þvermál stúts. Þá er yfirleitt gefinn upp leiðréttingarstuðull sem skal margfalda útkomuna með

Þess ber þó að geta að mun heppilegra er að nota mælihúdd til að mæla ristar og dreifara þar sem því verður komið við. Það er eingöngu út af því að húddið er í flestum tilfellum mun nákvæmara, það er einnig mun fljótlegra að mæla með húddinu en þrýstimælinum.

K er gefinn upp í mismunandi einingum; lítrum á sekúndu, rúmmetrum á sekúndu eða rúmmetrum á klukkustund. Því er ágætt að hafa eftirfarandi töflu við höndina.

Þegar breyta þarf lítrum á sekúndu yfir í rúmmetra á klukkustund	Er margfaldað með 3,6
Þegar breyta þarf rúmmetrum á klukkustund yfir í lítra á sekúndu	Er deilt með 3,6
Þegar breyta þarf rúmmetrum á sekúndu yfir í rúmmetra á klukkustund	Er margfaldað með 3600
Þegar breyta þarf rúmmetrum á klukkustund yfir í rúmmetra á sekúndu	Er deilt með 3600
Þegar breyta þarf rúmmetrum á sekúndu yfir í lítra á sekúndu	Er margfaldað með 1000
Þegar breyta þarf lítrum á sekúndu yfir í rúmmetra á sekúndu	Er deilt með 1000

Í mörgum nútímasamstæðum eru mæliblindur (Q-nozzle á ensku) í blásarahólfinu. Yfirleitt eru þá mælistútar utan á samstæðunum sem hægt er að tengja við mismunaprýstimæli. Á framhlið blásarahólfs er þá yfirleitt gefin upp K talan til að nota við útreikningana sem eru gerðir á sama hátt og sýnt er í dæmunum hér að ofan.

Entalpi

Annað hugtak sem er nauðsynlegt að menn kunni nokkur skil á, er “Entalpi”, það er heildar orkuinnihald loftsins. Hitastig er nefnilega ekki það eina sem segir til um orkuinnihald lofts, heldur hefur rakastig einnig áhrif á orkuinnihaldið á þann hátt að það þarf ákveðna orku til að breyta vatni í eim (gufu). Þar sem það verður að teljast utan við námsefni þessa námskeiðs að fara yfir nánari útreikning á því er því sleppt hér. Þeim sem hafa áhuga á því er t.d. bent á bók frá Danvak sem heitir “Grundbog i Varme og Klimateknik.”

Í mörgum bókum er Entalpi táknað með bókstafnum I (stórt i, *sums staðar er h notað*) og vatnsinnihald loftsins með x (kg/kg). Þaðan kemur heitið Ix línurit (sjá mynd 3 hér á eftir) yfir samhengið milli hita- og rakastigs og orkuinnihalds loftsins. Þetta línurit er frekar handhægt þegar kemur að blöndun tveggja loftstrauma ásamt fleiri vandamálum eins og til dæmis að finna eðlisþyngd lofts við ákveðinn yfirprýsting ásamt ákveðnu raka- og hitastigi.

Dæmi:

Við mælingar á lofti í loftstokk finnst eftirfarandi:

Hitastig = 25°C

Rakastig = 35%

Þrýstingur = 75KPa (heildaryfirþrýstingur í stokk).

Fyrst er vatnsinnihald loftsins í lx línuritinu fundið útfrá hita- og rakastigi, sem $x = 0,007$ kg/kg þurr loft

Því næst finnst eimþrýstingurinn P_d af jöfnunni $P_d = \frac{x}{x + 0,62198} \cdot p$

$$\Rightarrow P_d = \frac{0,007}{0,007 + 0,62198} \cdot (75 \cdot 1000 + 101 \cdot 325) = 1973,4 \text{ Pa}$$

Hér eftir finnst eðlisþyngd loftsins af jöfnunni:

$$\rho := 0,0034837 \cdot \frac{P + P_{atm}}{T} - 0,0013169 \cdot \frac{P_d}{T}$$

$$T := t + 273$$

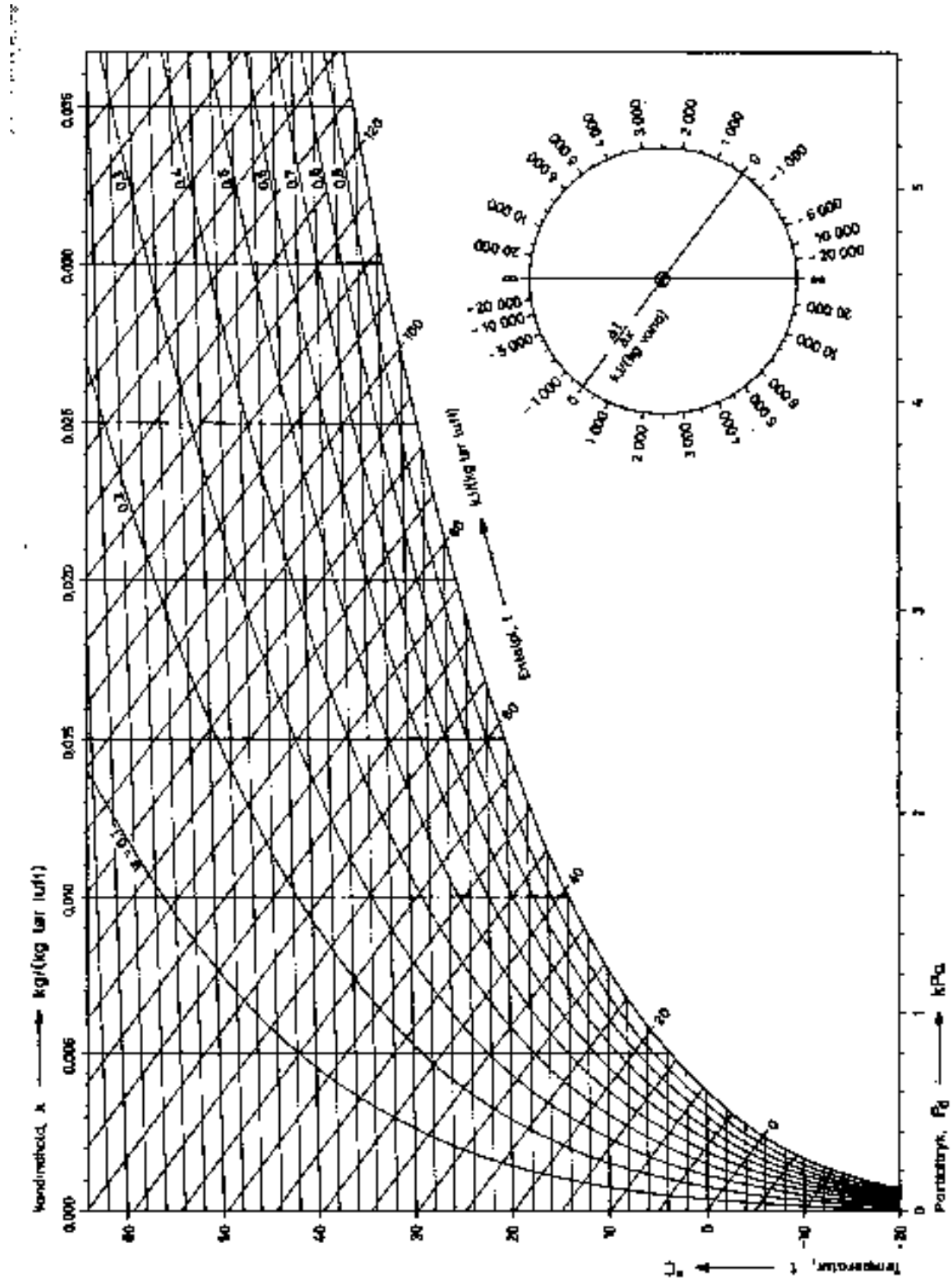
$$\rho := 0,0034837 \cdot \frac{75000 + 101325}{25 + 273} - 0,0013169 \cdot \frac{1973,4}{25 + 273}$$

$$\rho = 2,053 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Þar sem:

- T = hitastig frá alkuli (í Kelvingráðum)
- P_{atm} = Grunnþrýstingur andrúmslofts (101.325)
- P = Þrýstingur umfram grunnþrýsting
- P_d = Eimþrýstingur
- ρ = Eðlisþyngd loftsins í Kg/m³
- t = hitastig í C°

Þetta er nauðsynlegt að geta reiknað (eða að kunna skil á), vegna þess að við mikinn þrýsting (þ.e. í háþrýstum kerfum) og miklar breytingar á rakastigi, breytist eðlisþyngd loftsins. Þar sem eðlisþyngdin er byggð inn í formúluna til að umreikna dýnamískan þrýsting yfir í hraða, veldur breyting eðlisþyngdar því við reiknum hraðann og þar af leiðir, loftmagnið ekki rétt.



Mynd 3: Ix línurit

Viðmiðunarástand

Þar sem aðstæður utandyra (vindur og fl.) hafa veruleg áhrif á virkni kerfis þarf að skrásetja helstu atriði og skilgreina viðmiðunarástand.

Helstu atriði sem skal skrásetja eða taka afstöðu til:

Atriði:
Útihitastig
Vindhraði/stefna
Rakastig
Staða loftvogar
Þrýstifall yfir síur
Þrýstifall yfir rakatæki
Þrýstifall yfir hita/kælifleti
Hitastig við blásara
Innblásturshitastig
Staða á lokum (ef um uppblöndunarkerfi er að ræða)
Dyr og gluggar opnir/lokaðir
Önnur kerfi sem tengjast sama húsnæði

Útreikningur á reimskífum og reimum.

Í mörgum tilfellum er nauðsynlegt að skipta um reimskífur á blásurum og/eða mótorum til að ná því loftmagni sem óskað er. Þá er það yfirleitt þannig að loftmagn er þekkt, þ.e. það loftmagn sem óskað er eftir. Út frá gögnum yfir blásara (diagrammi) finnst sá snúningshraði sem óskað er út frá þessu loftmagni. Snúningshraði mótors lesinn af skiltinu sem venjulega er fest ofan á mótör. Síðan er reimskífa mótors valin sem eitthvert sennilegt mál þ.e. 80-150 mm. Þar á eftir reiknast reimskífa blásara út frá jöfnunni: $n_1 \cdot r_1 = n_2 \cdot r_2$

Þar sem:

- n_1 = Snúningshraði mótors
- r_1 = Rádíus reimskífu á mótör
- n_2 = Snúningshraði blásara
- r_2 = Rádíus reimskífu á blásara

Þar af leiðir er hægt að reikna reimskífu blásarans með áður nefndri jöfnu:

$$r_2 = \frac{n_1 \cdot r_1}{n_2}$$

og þvermál reimskífu d , er svo fundið með því að margfalda r_2 með 2.

Þetta er svo hægt að einfalda, vegna þess að $r_2 = \frac{d_2}{2}$

Því má finna þvermál skífu beint með eftirfarandi jöfnu:

$$d_2 = \frac{2 \cdot n_1 \cdot r_1}{n_2}$$

Lengd reimar má síðan finna út frá eftirfarandi jöfnu:

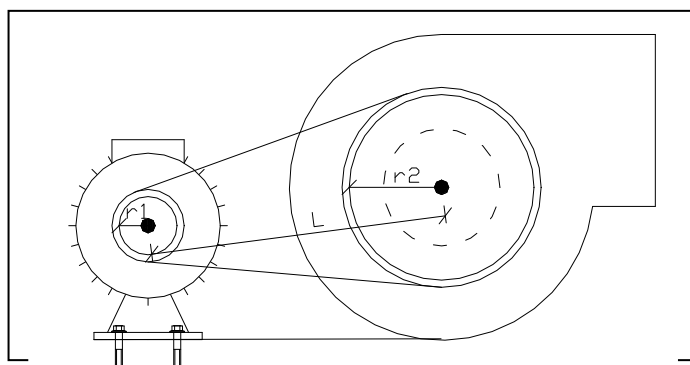
$$L_r \approx (r_1 + r_2) \cdot \pi + 2 \cdot \sqrt{L^2 + (r_2 - r_1)^2}$$

Þar sem:

- L_r = Lengd reimar í mm.
- r_1 = Rádíus á reimskífu mótors í mm.
- r_2 = Rádíus á reimskífu blásara í mm.
- L = Lengd á milli öxla í mm.
- π = 3,1416

Jafnan er ekki alveg rétt stærðfræðilega en þó nógu nákvæm í þessu tilfalli.

Þar sem nú er frekar algengt að blásarar og mótorar séu sambyggðir og oft tengdir við riðabreyti er þetta vandamál ekki jafn algengt og áður var, en kemur þó upp í stærri kerfum.



Mynd 4: Skissa af blásara og mótór

Í þessu samhengi verður að nefna að áður en loftmagni er breytt með þessum hætti, verður að ganga úr skugga um að mótörinn ráði við nýtt álag. Ganga má úr skugga um þetta með því að kíkja aftur í diagrammið fyrir blásarann. Þar er tilgreint það snúningsvægi (momentum, gjarnan táknað með M) sem þarf til knýja blásarann við nýtt loftmagn. Á skilti mótors er stimplað það snúningsvægi sem hann getur annað. Þetta þarf að vera um 5-10% stærra en það snúningsvægi sem þarf til að drífa blásarann.

Grunnatriði mælinga

Hitamælingar

Allar hitamælingar eru í raun byggðar á því að hin ýmsu efni sem notuð eru sem viðmiðunarefni breyta eiginleikum sínum við hitabreytingar og breytingin er línuleg eða nálægt því. Algengustu eiginleikar sem breytast við hitabreytingar eru: rúmmál (notað í venjulegum hitamælum, þá gjarnan með kvikasilfurs- eða alkóhólfyllingu), lengdaraukning (notað í t.d. venjulegum herbergishitanema) og breyting á rafmótstöðu í platínu og nikkelpípræði.

Mæliaðferð	Notkunarsvið	Nákvæmni
Kvikasilfurshitamælir	-40 til + 500 C°	Um ± 1. skalainndeiling
Alkóhólhitamælir	-70 til + 120 C°	Um ± 1. skalainndeiling
Tvímálmshitamælir	-50 til + 400 C°	Um ± 1,5 % af sýndu heildar mælisvæði
Málmpráðshitamælir	-200 til + 200 C°	± 0,015 C°

Tafla 1: Mælifrávik við hitamælingar og notkunarsvið.

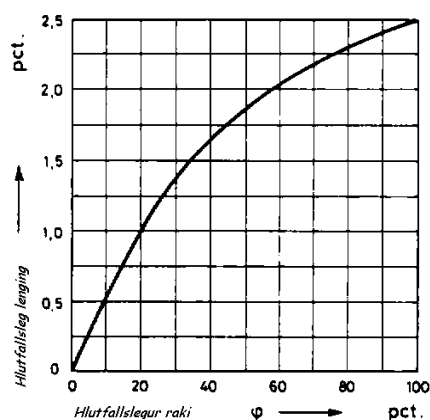


Mynd 5: Dæmigerður stafrænn hitamælir

Rakamælingar

Flest rakadræg efni breyta lengd í réttu hlutfalli við rakaprósentu. Það hefur þó sýnt sig að mannshár er sérstaklega vel gert til rakamælinga vegna þess að lengdaraukningin er um það bil línuleg (sjá graf)

Þess verður þó að geta, að til að rakamælar með mannshári virki eins og til er ætlast er nauðsynlegt að rakametta hárið að minnsta kosti um 95% þriðja hvern dag. Þetta má t.d. gera með því að pakka mælinum inni rakan klút í nokkra tíma. Þetta er ein af ástæðunum fyrir því að taka ber niðurstöðum rakamæla sem hanga víða uppi á veggjum með sérstakri gát. Nokkuð víst er að fæstir þessara mæla eru rakamettaðir þriðja hvern dag.



Mynd 6: Graf yfir samhengi milli rakamettunar og lengdaraukningar mannshárs

Einnig er í dag hægt að fá stafræna rakamæla sem eru mjög nákvæmir og byggja á mismunandi aðferðum. Allir mælarnir eiga það þó sammerkt, að það þarf að kvarða þá með reglulegu millibili.

Mæliaðferð	Notkunarsvið	Nákvæmni
Stafrænn rakamælir	5 - 95 % Rf	±2%
Hárrakamælir	0 – 90 % Rf	±3 %

Tafla 2: Mælifrávik við rakamælingar og notkunarsvið.



Mynd 7: Stafrænn rakamælir

Þrýstimælingar

Þrýstingur er mældur með:

- U-rörsmanometer sem er glerrör fyllt að hluta til með vökva með þekktri eðlisþyngd (sjá skissu og nánari útskýringar á síðum 7-8).
- Bourdon-manometer sem samanstendur af sívölu málmröri sem er lokað í annan endann. Hinn endinn er svo tengdur við stokkinn sem þrýstimæla á. Yfirþrýstingur inni í rörinu leitast við að rétta úr því meðan að undirþrýstingur leitast við að beygja það meira. Færslan á lausa endanum er svo tengd vísi sem sýnir ríkjandi þrýsting.
- Míkró-manometer með sem er nákvæmari útgáfa af U-rörs manometernum.
- Membrumælum

Mæliaðferð	Notkunar svið	Nákvæmni
Vökva-manometer	0 – 250 Pa	± 5 – 10 Pa
Bourdon-manometer	> 1 kPa	± 0,05 - 5 %
Míkró-manometer	0 - 1 kPa	± 0,1 Pa
Membru-manometer	0,01 – 3 kPa	± 7 Pa

Tafla 3: Mælifrávik við þrýstimælingar og notkunar svið



Mynd 8: Dæmigerður micromanometer



Mynd 9: Dæmigerður micromanometer tengdur við Pitot-rör

Lofthraðamælingar:

Lofthraði er mældur með:

- Mæliviftu (anemometer), sem er viftuhjól sem snýst næstum núningslaust á öxli og tengt er teljara sem mælir snúningshraða. Á flestum nútímamæliviftum er hægt að lesa lofthraðann beint af skjá tækisins. Það er mjög mikilvægt að öxull viftunnar sé samsíða loftstraumnum til að fá réttan aflestur. Þess ber einnig að geta að viftan er sérstaklega viðkvæm fyrir hnjaski.
- Pítot-röri (sjá nánar í kafla um þrýsting)
- Hitapráðarmælum (termiske anemometre) sem byggja á því að mæla aukna varmagjöf frá hitapræði við lofthreyfingu.

Mæliaðferð	Notkunarsvið	Nákvæmni
Mælivifta	0,3 – 15 m/sek	± 5 - 20 %
Pítot-rör	> 2 m/sek	± 1 - 5 %
Hitapráðarmælir	0,05 – 10 m/sek	± 1 - 20 %

Tafla 4: Mælifrávik við lofthraðamælingar og notkunarsvið



Mynd 10: Dæmigerður lofthraðamælir

Beinar loftmagnsmælingar:

Loftmagn er gjarna mælt með:

- Mæliblindu (t.d. Írisloku) sem byggir á þrýstifalli yfir vel skilgreinda þrengingu þversniðs (þ.e. K er þekkt)
- Túrbínúmælir (í raun réttir það sama og mælivifta bara fast staðsett í stökkakerfinu.
- Segulmagnaður flæðiskynjari sem byggir á tiltölulega flókinni teóríu sem verður ekki rakin nánar hér

Mæliaðferð	Notkunarvið	Nákvæmni
Mæliblinda	$Re > 5000$	$\pm 1 \%$
Túrbínúmælir	Margar stærðir	$\pm 0,5 - 1 \%$
Segulflæðiskynjari	0,005 – 500 l/sek	$\pm 1 \%$

Tafla 5: Mælifrávik við loftmagnsmælingar og notkunarvið

Símælingar

Símælingar eru gjarnan notaðar til að kanna ástand innilofts, og þar með ásigkomulag loftræsingar. Þá er oftast mælt hitastig og rakastig í ákveðinn tíma t.d. í sólarhring eða viku. Þá er mælitækinu (síríta) stillt upp í húsnæðinu sem mæla skal og mjög þýðingarmikið er að vanda val þess staðar þar sem mælitækinu er komið fyrir þannig að það nemi réttar upplýsingar.

Helstu atriði sem taka þarf tillit til við uppstillingu mælitækis:

- Ekki of nálægt gluggum.
- Ekki of nálægt innblásturstækjum.
- Ekki of nálægt ofnum.
- Ekki of nálægt hitagjöfum eins og t.d. tölvum og ljósritunarvélum.
- Tæki þarf að nema raunhita og raka í vistarverum þ.e. þar sem fólk er.

- Sísmæling er þannig í raun tæki til að meta hvort loftræsing starfar rétt og einnig til að meta hvort loftræsing annar því álagi sem hún á að anna.
- Einn af fyrstu liðum í aðgerðum vegna tíðra kvartana um hita og loftleysi á vinnustað þar sem vélræn loftræsing er til staðar, myndi vera að stilla upp sírita til að meta ástand mála. Sömu leiðis er síritinn mjög heppilegt tæki til að meta hvort þörf er á vélrænni loftræsingunni í húsnæði sem er komið í notkun.

Mælingar á loftgæðum

Til mælinga á loftgæðum er oftast notuð CO₂ mæling (koltvísýrings-mæling), þar sem reynslan hefur sýnt að hin ýmsu efnasambönd í innlofti sem valda fólki óþægindum fylgja nokkurn veginn magni CO₂ í loftinu. Þessar mælingar verður ekki farið nánar út í hér þar sem þær mælingar og úrlestur á þeim eru frekar á færi sérfræðinga.

Þá eru mælingar á CO einnig framkvæmdar þar sem CO (kolmónoxíð) er mun hættulegri lofttegund.

Mælifrávik

Allar mælingar eru í eðli sínu ónákvæmar, ónákvæmnina eða fráviknið er nauðsynlegt að þekkja, þannig að hægt sé að meta niðurstöður mælinganna. Frávikin skiptast upp í 2. flokka, annars vegar fráviknið sem verður við beinan aflestur mælitækis (U_T), og hins vegar frávik sem eru bundin aðferð og mælitæki (U_S).

Með því að endurtaka mælingar og taka meðaltalið af þeim fæst meðaltal af U_T, oft kallað \bar{x} sem gefur ákveðna mynd af niðurstöðunum. En það er nú einu sinni þannig að meðaltalið segir bara brot af sögunni.

Dæmi:

Ef fimm menn vinna hjá fyrirtæki þ.e. fjórir starfsmenn og einn forstjóri og hver starfsmaður hefur 75 þúsund krónur á mánuði en forstjórinn 900 þúsund, eru meðallaunin:

$$\frac{4 * 75 + 900}{5} = 240 \text{ þúsund sem gefur frekar ranga mynd af laununum.}$$

Þess vegna er gjarna reiknuð út stærð sem heitir staðalfrávik (S) með eftirfarandi formúlu:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

þar sem

- x = Hver einstök mæling
- \bar{x} = Meðaltalið af öllum mælingunum
- n = Fjöldi mælinganna
- Σ = Heildun af öllum mælingum
- S = Staðalfrávik

Ónákvæmnina við útreikninginn á \bar{x} má svo reikna með eftirfarandi formúlu

$$U = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

þar sem

- U = Ónákvæmnin á meðaltalinu
- S = Staðalfrávik
- n = Fjöldi mælinga

Ef við nú beitum þessari aðferð við dæmið hér á undan þá kemur í ljós að meðaltalið er langt í frá lýsandi fyrir meðallaunin.

Dæmi:

$$S = \sqrt{\frac{4 \cdot (75.000 - 240.000)^2 + (900.000 - 240.000)^2}{5 - 1}} = 368.951$$

þ.e. staðalfrávik,ð,

og

$$U = \frac{368.951}{\sqrt{5}} = 165.000 \text{ sem}$$

er ónákvæmnin á meðaltalinu. Þorri starfsmanna hefur nefnilega 75.000 kr. í laun sem sést aftur með beinum hætti þ.e.:

$$\bar{x} = 240.000 - U = 240.000 - 165.000 = 75.000$$

En nóg um launapólitík og aftur að mælingum. U_T sem eru tilviljunarkennd frávik stafa meðal annars af að það er ekki nógu fínn kvarði á mælitækinu eða að skjárinn á tækinu flöktir á milli talna. Þetta frávik má minnka með því að endurtaka mælinguna og taka meðaltal af niðurstöðunum.

Hið raunverulega frávik meðaltals (U_R) er hægt að reikna með eftirfarandi formúlu:

$$U_R = \sqrt{U_T^2 + U_S^2}$$

þar sem U_R = Raunfrávik

U_T = Tilviljunarkennt frávik

U_S = Frávik bundin aðferð og mælitæki

U_S er svo hægt að reikna á sama hátt út frá uppgefnu frávik mælitækis (uppgafið af framleiðanda) og uppgefnu frávik aðferðar (sjá töflur hér á undan) þ.e.:

$$U_S = \sqrt{U_{S1}^2 + U_{S2}^2}$$

þar sem U_S = Raunverulegt frávik bundin aðferð og mælitæki

U_{S1} = Frávik bundin aðferð

U_{S2} = Frávik bundin mælitæki



Dæmi: Í röri að innblásturstæki er mældur dýnamískur þrýstingur með Pitot röri og micromanometer. Frávikin eru sem hér segir

Tilviljunarkennt frávik, U_t er áætlað út frá flökti á skjá	Frávik bundið mælitæki, U_{S2} er uppgengið frá framleiðanda tækis sem	Frávik bundið aðferð, U_{S1} finnst í skema hér fyrir ofan sem 2-5%
5%	2,5%	3%

Fyrst reiknum við U_S = Raunverulegt frávik bundið aðferð og mælitæki:

$$U_S = \sqrt{U_{S1}^2 + U_{S2}^2} = \sqrt{0,03^2 + 0,025^2} = 0,039$$

Síðan reiknum við U_R = Raunfrávik:

$$U_R = \sqrt{U_T^2 + U_S^2} = \sqrt{0,05^2 + 0,039^2} = 0,063 \Rightarrow 6,3 \%$$

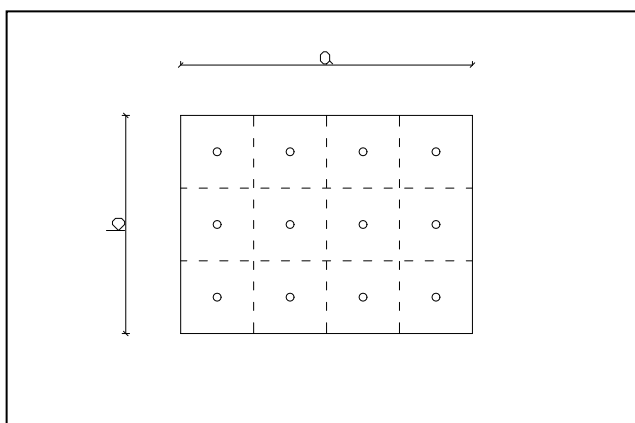
Stilliskýrslan:

Stilliskýrslan skal innihalda:

- Staðsetningu og auðkenni byggingar þ.e. húsnúmer, götuheiti og bæjarfélag
- Nafn fyrirtækis sem framkvæmdi mælingar
- Dagsetningu mælingar og tímasetningu
- Auðkenni kerfis
- Staðsetningu kerfis í byggingu og þeirra hluta byggingar sem kerfið þjónar
- Ástand kerfis við prófun (sjá tékklista á síðu 12)
- Aflþörf kerfis (KW)
- Á hvaða tíðni blásarar eru keyrðir (Hz)
- Viðmiðunarástand (vindstefna og hraði, hita og rakastig)
- Hönnunargildi og leyfð frávik frá mældum gildum
- Niðurstöður úrtaksmælinga (stikkprufa)
- Mælitæki og mæliaðferðir sem notuð eru við mælingar
- Allar mæliniðurstöður og frávik
- Vottorð yfir kvörðun mælitækja (skal vera innan við árgamalt)

Almennt um hraðamælingar í stokkum

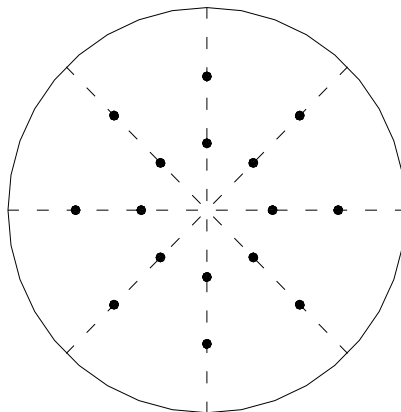
Við mælingu lofthraða í stokk er best að mæla í punktum þar sem loftstraumurinn er jafn og hefur ákveðna stefnu. Fjöldi mælipunkta er háður stærð stokks og einnig hvaða nákvæmni er krafist. Við mælingar í rétthyrndum stokkum er þversniðinu skipt í ákveðinn fjölda jafnstórra rétthyrninga og hraðinn er mældur í miðju hvers rétthyrnings. Fjöldi mælipunkta sést á mynd 11 ásamt meðfylgjandi töflu.



a í metrum b í metrum	< 0,2	0,2-0,4	0,4-0,9	>0,9
< 0,2	2	2	3	4
0,2-0,4	2	4	6	8
0,4-0,9	3	6	9	12
> 0,9	4	8	12	16

Mynd 11: Fjöldi mælipunkta í rétthyrndum stokkum með hliðarlengdir a og b .

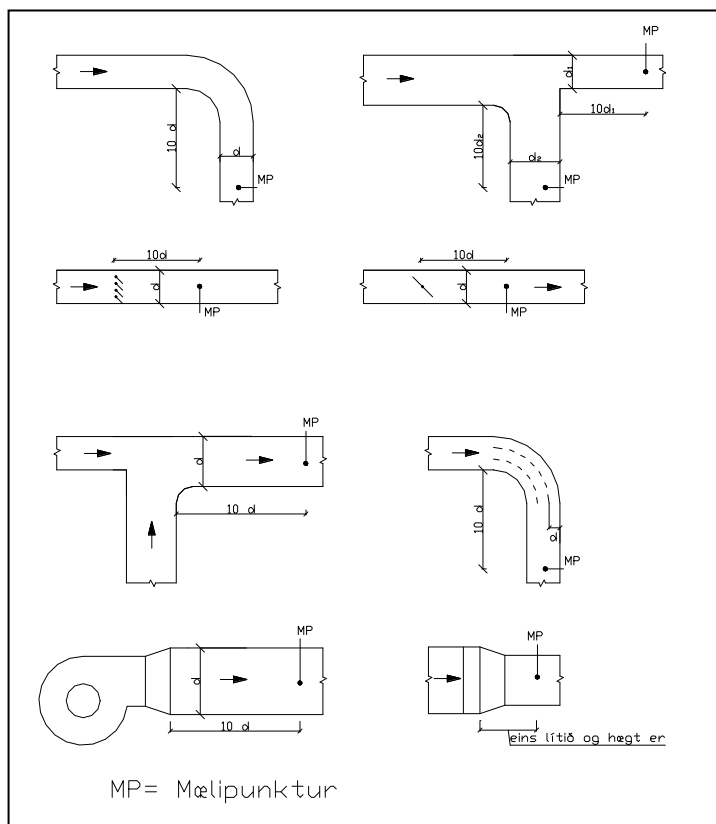
Í sívölum stokkum er mælt í punktum á tveimur þvermálum sem standa hornrétt hver á annan, eða jafnvel fjórum þvermálum sem mynda þá 45° horn hver á annan. Fjöldi mælipunkta og staðsetning þeirra sést á mynd 12 ásamt meðfylgjandi töflu.



Þvermál stokks (m)	Fjöldi mælipunkta á þvermáli	Fjöldi þvermála	Afstaða til mælipunkts í % af þvermáli					
			1	2	3	4	5	6
< 0,15	2	1	12	88				
0,15-0,25	2	2	12	88				
0,25-0,45	4	4	4	29	71	96		
> 0,45	6	4	3	14	32	68	86	97
Við óreglulegt streymi, gildir fyrir öll þvermál		2 eða 4	3	14	32	68	86	97

Mynd 12: Fjöldi mælipunkta og fjarlægð þeirra frá stokkvegg í sívölum stokkum.

Fyrir minni sívala stokka með jafnt loftstreymi er stundum nóg að gera mælinguna á hraðanum í miðjunni og ákvarða síðan meðalhraðann með því að margfalda með 0,9. (Þetta er þó með því skilyrði að um “turbulent” streymi sé að ræða sem er eiginlega algilt í loftræsikerfum og engar truflanir séu í loftrásinni þ.e. um 8-10 þvermál frá síðustu truflun í loftrás og 2-3 í næstu). Sökkjan sem fæst er venjulega minni en 5% í lágþrýstikerfum. Loftstraumurinn á að hafa ákveðna stefnu og vera jafn þar sem mælt er, en þetta næst fyrst í 10 til 18 þvermála fjarlægð frá beygjum, hraðabreytingum og öðrum truflunum og þar sem fjarlægðin er meiri en 2 -3 þvermál að næstu fyrirstöðu. Mynd 13 sýnir dæmi um staðsetningu mælipunkta eftir mismunandi tegundir af truflunum í loftrásinni.



Mynd 13: Dæmi um staðsetningu mælipunkta eftir mismunandi truflanir í loftrás.

Mælt er með að fyrst sé gerð gróf mæling til þess að ákvarða hvort að hraðadreifingin í þversniðinu sé jöfn eða ekki og venjulega er gengið út frá því að eingöngu eigi að nota mælipunktinn ef að mæligildin og frávik þeirra eru minna en 50% frá meðalgildinu. Ef um stærri frávik er að ræða verður að gera mælinguna annars staðar í stökkakerfinu. Í sumum tilfellum er hægt að leysa málið með því að mæla í fleiri mælipunktum heldur en gefið er upp á myndum 11 og 12. Með pitotrörum eru yfirleitt notaðir micromismuna-þrýstimælur.

Almennt um hraðamælingar í inn- og útblásturstækjum

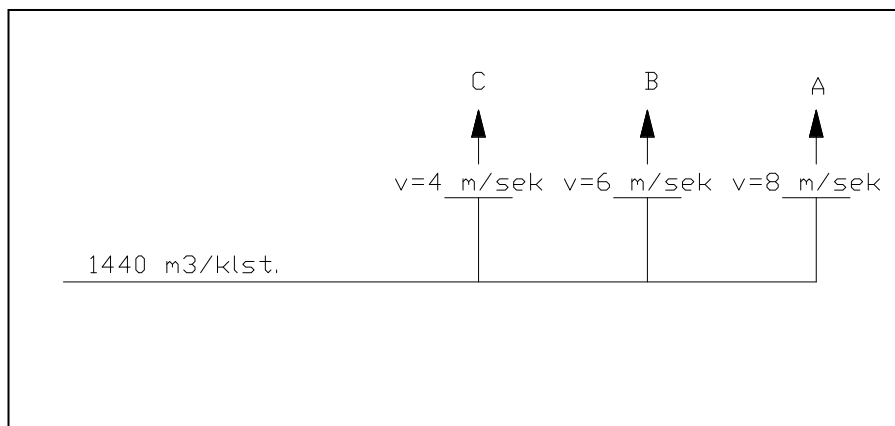
Fræðilega séð er hægt að ákvarða það loftmagn sem fer í gegnum innblásturstæki með því að mæla lofthraðann í opinu og margfalda með þversniðsflatarmáli tækis (ristar).

Í raun er þessi aðferð samt sem áður háð miklum óvissuþáttum, annars vegar vegna þess að það er erfitt að ákvarða nákvæmlega þversniðsflatarmálið (flestar ristar eru u.þ.b. 30%-40% lokaðar) og hins vegar vegna þess að loftstreymið dreifist ójafnt yfir tækið vegna ýmis konar stýribúnaðar og lokubúnaðar (t.d. bakstillinga) þannig að það er mjög erfitt að ákvarða meðalhraðann.

Stundum eru í upplýsingum um tækin, gefnar upp mæliaðferðir og þeim aðferðum verður þá að fylgja nákvæmlega, til að útkoma verði marktæk.

Afstæðar mælingar

Við mælingar á loftflæði í inn- eða útblásturstækjum (ristum) er oft hægt að nota afstæðar mælingar ef heildarloftmagnið getur ákvarðast á annan hátt (t.d. með mælistútum á Irisloku eða pítot-mælingu í stökk), sjá dæmi:



Mynd 14: Skematísk mynd af stökkakerfi

Dæmi

Heildarloftmagn til þriggja eins innblásturstækja er eins og sýnt er á mynd 14, ákvarðað 1440 m³/h með mælingu í stokk.

Lofthraðinn í innblásturs-tækjunum þremur sem sýnd eru á mynd 14 hefur mælst 4, 6 og 8 m/sek. Loftmagnið í einstökum innblásturstækjum er þá hægt að finna á eftirfarandi hátt:

$$\text{C: } q_v = \frac{4}{4 + 6 + 8} \cdot 1440 = 320 \text{ m}^3 / \text{klst} .$$

$$\text{B: } q_v = \frac{6}{4 + 6 + 8} \cdot 1440 = 480 \text{ m}^3 / \text{klst} .$$

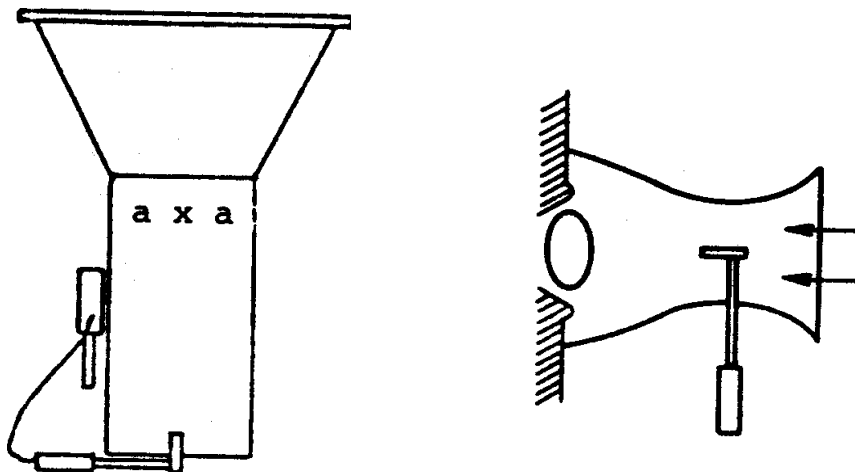
$$\text{A: } q_v = \frac{8}{4 + 6 + 8} \cdot 1440 = 640 \text{ m}^3 / \text{klst} .$$

Ristarnar verða þó að vera innbyrðis líkar eða eins til þess að þetta sé raunhæft.

Mælingar með trekt

Í sumum tilfellum er mögulegt að ákvarða loftflæðið gegnum innblásturs- og útblásturstæki með lofthraðamæli sem komið er fyrir í trekt sem umlykur op tækis. Trektar eru sérstaklega nytsamlegar ef mæla skal mörg sams konar tæki eða ef það er erfitt að ákvarða meðalhraðann yfir op tækjanna. Trektar með lofthraðamælum eru verksmiðjuframleiddar og kvarðaðar þannig að frá ákveðinni kúrfu er hægt að lesa loftflæðið sem fall af mældum hraða. Taka verður tillit til þess að kúrfur sem gilda þegar trektarnar eru notaðar yfir útblástursop má ekki nota án frekari athugana við mælingar á innblástursopum og öfugt. Þar af leiðir þarf yfirleitt að breyta stillingu tækis á milli þess að mæld er innblástursrist og útsogsrist

Í sumum tilvikum er heppilegt að smíða trekt sem hæfir sérstökum mælingaverkefnum. Trektin er þá gerð þannig að innblásturstækið komist fyrir innan hennar og skynjari hraðamælisins er settur í miðju trektarinnar þar sem hún er þrengst.



Mynd 15: Trektar til að mæla innblásturs- og útblásturstæki

Trektin eykur viðnámið fyrir loftstreymi gegnum innblásturstækið og þess vegna skal koma henni þannig fyrir að viðnámið verði minnst mögulegt. Hins vegar verður hraðinn í gegnum trektina að vera það mikill að loftstreymið sé jafnt þar sem mælt er og hraðinn sé svo mikill að hægt sé að mæla hann vandræða1aust, t.d. á milli 2-5 m/s.

Mynd 15 sýnir dæmi um trektar sem notaðar eru til að mæla innblásturs- og útblásturstæki. Trektin er formuð eins og venturistútur en þannig verður hraðinn í miðju hennar mjög vel ákvarðaður og hæfilega mikill, samtímis því að þrýstifallið er eins lítið og hægt er.

Umreiknistuðullinn fyrir hraðamæli og trekt þ.e. hlutfallið á milli loftmagns gegnum tækið og þess hraða sem lesinn er af hraðamælinum er hægt að reikna út og er að mestu leyti óháð hraða. Umreiknistuðullinn er hins vegar háður því hvort mælt er innblásturs eða útblásturstæki en hins vegar ekki svo mjög háð stærð innblásturstækis.

Ef mælt er í innblásturstækjum með stillanlegum ristablöðum á annað hvort að stilla þau í hæstu eða lágstu stöðu.



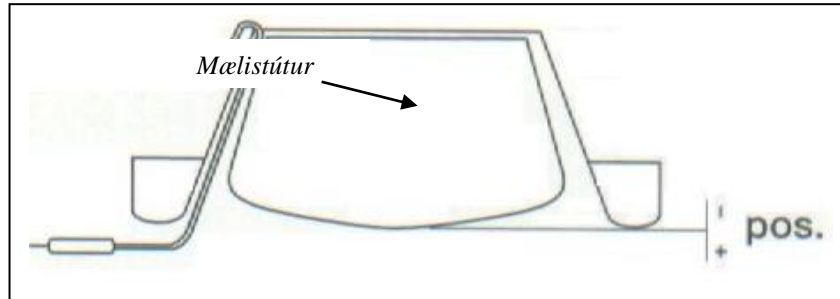
Mynd 16: Loftmagnsmælir með sambyggðri trekt

Ef mæling er gerð með trekt hefur það venjulega lítil áhrif á þrýstifallið í stökkakerfinu og þar með loftmagn tækis (ristar). Þetta gildir þó einungis ef trektin er þannig gerð að viðnámið í henni er lítið.

Ef mæld eru innblásturstæki sem eru eins og með sama loftmagn, verður viðnámið því sem næst það sama fyrir þau öll og hefur hlutfallslega sömu áhrif hvað loftgjöf tækis varðar.

Eins og að ofan greinir eru margir þættir sem valda því að mælingar raunverulegs loftmagns gegnum ristar eru gæddar verulegri óvissu. Mestu nákvæmninni er hægt að ná með því að mæla með pitotröri í stökk fyrir framan tæki. Ef vandað er til vals mælistað er hægt að mæla loftflæðið með nákvæmni ca. $\pm 5\%$.

Mæling útblásturstækis samkvæmt leiðbeiningum



Mynd 17: Útblástursventill KU ø100

KU ø100									
Staða í mm. frá miðstöðu, (sjá mynd 9)	-12	-9	-6	-3	0	3	6	9	12
K_1 (m ³ /klst)	1,44	2,80	4,20	5,60	6,70	8,10	9,50	10,80	12,10
K_2 (l/sek)	0,40	0,78	1,17	1,56	1,86	2,30	2,60	3,00	3,40

Tafla 6: Margföldunarstuðlar fyrir ákvörðun loftmagns (Fengnir úr bæklingi frá Lindab)

Fyrst er staða keilu mæld eins og sést á mynd 17, því næst er mæliröri komið fyrir eins og mynd sýnir og þrýstifall er lesið af mælitæki (micromanometer). Loftmagn finnst síðan af jöfnunni;

$$Q = K_1 \cdot \sqrt{\Delta P} \text{ ef útkoman á að vera í m}^3/\text{klst.}$$

eða:

$$Q = K_2 \cdot \sqrt{\Delta P} \text{ ef útkoman á að vera í l/sek.}$$

Dæmi:

Afstaða keilu er mæld –3 mm, mismunaprýstingur mælist 168 Pa. Af töflu finnst K_1 sem 5,6. Því næst reiknast loftmagnið af jöfnunni hér að ofan:

$$Q = 5,6 * \sqrt{168} = 72,6 \text{ m}^3/\text{klst.}$$

Yfirleitt eru staðalfrávik gefin upp í mælileiðbeiningum framleiðanda og eru oft í kringum $\pm 10\%$.

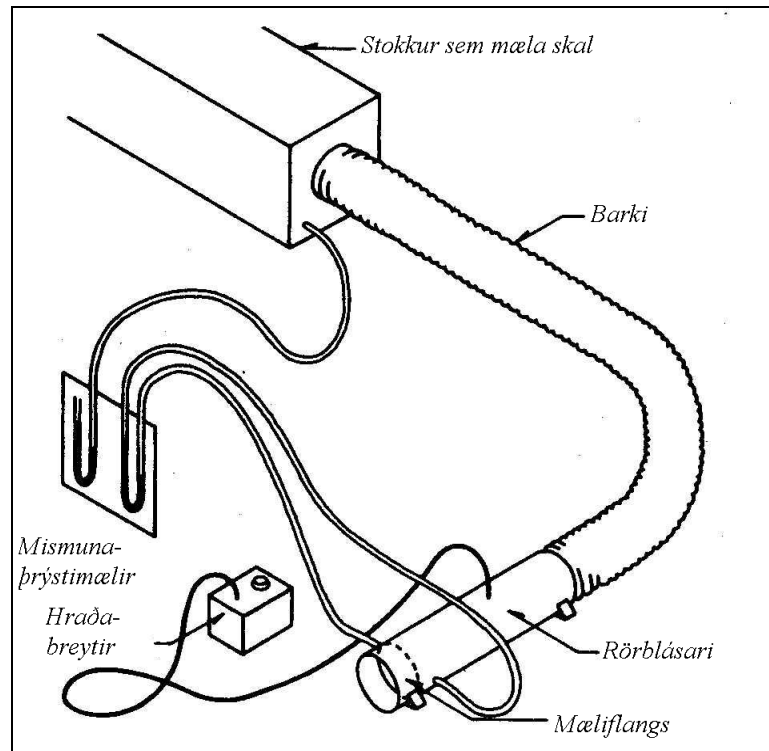
Lekamæling

Lekamæling er gerð í kerfum til þess að rannsaka hvort þéttleikinn uppfylli þær kröfur sem gerðar eru af verkkaupa og hönnuðum. Venjulega eru þessar mælingar gerðar fyrir hluta kerfisins um leið og lagnir eru settir upp vegna þess að lekamæling í stóru loftræstikerfi er mjög erfið í framkvæmd.

Þegar gera skal mælinguna er auðvitað nauðsynlegt að þetta öll op, eins og ristar og innblásturstæki. Síðan er sérstakur prófunarblásari tengdur stökkakerfinu með sveigjanlegri slöngu. Í prófunarblásaranum er komið fyrir mæliflans (t.d. Irisloku) til þess að mæla loftmagnið og mismunaprýstimælir er tengdur loftstökknum þannig að hægt sé að mæla prófunarprýsting í honum sjá mynd 10.

Við prófun er hægt að stýra hraða prófunarblásarans, svo hægt sé að ná æskilegum prófunarprýstingi, því næst er loftleikinn mældur með mæliflansinum sem sýnir það loftmagn sem fer í gegnum blásarann. Það loftmagn í $\text{m}^3/\text{sek.}$ sem lekur út, deilt með innra yfirborði stokks í m^2 er kallað lekastuðullinn f . ($\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$). Prófunarprýstingurinn þarf að vera á stökkakerfinu í a.m.k. 15 mínútur til að mælingin teljist marktæk

Ef hægt á að vera að stilla loftræstikerfið og láta það skila forskrifðu loftmagni er nauðsynlegt að þéttleiki stökkakerfisins uppfylli gerðar kröfur. Þegar loftleki og lekastuðull hafa verið mældir eru niðurstöðurnar bornar saman við þéttleikakröfur sem gerðar hafa verið, en þær eru venjulega byggðar á þeim kröfum sem gefnar eru upp í töflu 7.



Mynd 18: Uppstilling tækja við lekamælingu

Þéttleikaflokkur	Lekastuðull f við 400 Pa. Prófunarþrýsting ($m^3/s \cdot m^2$)
A	$1,32 \cdot 10^{-3}$
B	$0,44 \cdot 10^{-3}$
C	$0,15 \cdot 10^{-3}$

Tafla 7: Lekastuðlar

Leki má ekki vera bundinn á einum ákveðnum stað þannig að það valdi dragsúg eða hávaðamyndun.

Lekastuðul f_1 sem mælist við þrýsting P_1 er hægt að umreikna fyrir þrýstinginn P_2 með jöfnunni:

$$\frac{f_2}{f_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0,65} \quad \text{sem umritast í } f_2 = f_1 \cdot \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0,65}$$

Dæmi: Það þarf að gera lekamælingu á stökkakerfi í þéttleikaflokki A og blásarinn sem við höfum til ráðstöfunar nær bara upp 380 Pa við prófun. Þar af leiðir þarf að reikna nýjan lekastuðul:

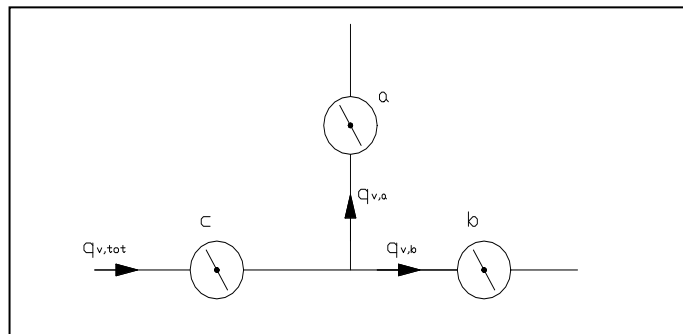
$$f_2 = 1,32 \cdot 10^{-3} \left(\frac{380}{400} \right)^{0,65} = 1,28 \cdot 10^{-3} (m^3/s \cdot m^2)$$

Loftmagnsstillingar

Hér á eftir verður farið yfir helstu atriði varðandi loftmagnsstillingar. Sérstaka athygli skal vekja á því að áður en hafist er handa við stillingar þarf að ganga úr skugga um að allur vélbúnaður og stýringar virki eins og til er ætlast, ásamt því að allar stillilokur séu fullopnar.

Loftmagnsstilling greinistokks

Greiningin á myndinni hér við hliðina, skal stillast þannig að loftmagnsstraumarnir í stokkunum a og b verði $q_{v.a.fyrirskr.}$ og $q_{v.b.fyrirskr.}$



Mynd 19: Skematísk mynd af greinistokk

Stillsjöldin eru stillt samkvæmt hlutfallsaðferðinni þannig að:

$$\frac{q_{V.a.mælt}}{q_{V.b.mælt}} = \frac{q_{V.a.fyrirskrif a \delta}}{q_{V.b.fyrirskrif a \delta}}$$

eða

$$\frac{q_{V.a.mælt}}{q_{V.a.fyrirskrif a \delta}} = \frac{q_{V.b.mælt}}{q_{V.b.fyrirskrif a \delta}}$$

Þetta hlutfall er nokkurn veginn stöðugt meðan allir loftmagnsstraumar eru innan við $\pm 50\%$ af forskrifuðu loftmagni.

Framkvæmdin skal vera á þessa leið:

1. Stillisþjöld á greiningum opnast alveg (þ.e. spjöld a og b).
2. Loftmagn í greinum a og b er mælt og loftmagnshlutfallið (mælt/fyrirskrifað) reiknað.
3. Spjöldum a eða b er lokað það mikið að loftmagnshlutfallið er það sama.
4. Spjald c stillt þannig að $q_{v.mælt} = q_{v.fyrirskrifað}$. Hlutfallið milli loftmagnsins til greininganna breytist ekki þótt heildarloftmagnið breytist, að því tilskildu að stillingum sé ekki breytt á stillisþjöldum a og b.
5. Það er einnig skilyrði, að engin stilliloka má stillast fyrr en öll stillisþjöld á sömu grein sem eru fjær blásara hafa verið stillt.

Dæmi: Við fyrstu mælingu á greiningunni hér að ofan fást eftirfarandi niðurstöður:

Mælt:

$$q_{v.a.mælt} = 700 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v.b.mælt} = 1150 \text{ m}^3/\text{h}$$

Forskrifað:

$$q_{v.a.fyrirskrifað} = 900 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v.b.fyrirskrifað} = 850 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\frac{q_{v.a.mælt}}{q_{v.a.fyrirskrif að}} = \frac{700}{900} = 0,78 \neq \frac{q_{v.b.mælt}}{q_{v.b.fyrirskrif að}} = \frac{1150}{850} = 1,35$$

Þar af leiðir að stilla þarf stilliloku b svoltið niður. Þetta verður alltaf svoltið púsluspil þannig að maður stillir loku b aðeins niður eftir tilfinningu, mælir aftur og er gjarnan aðeins nær óskgildi, stillir aðeins aftur og eftir 3 til 4 umganga er markinu náð. Það er þó hægt að stytta sér aðeins leið með smávegis reikningskúntum, þ.e. finna loftmagnshlutfallið að greiningunni og finna byrjunargildi fyrir $q_{v,b}$.

$$\frac{Q_{tot.mælt}}{Q_{tot.fyrirskrif a \delta}} = \frac{700 + 1150}{900 + 850} = 1,06$$

Loftmagnshlutfallið við greiningarnar ætti að vera það sama

$$\Rightarrow \frac{q_{v,b.mælt}}{q_{v,b.fyrirskrif a \delta}} = 1,06$$

Þetta má svo umskrifa:

$$q_{v,b.mælt} = 1,06 \cdot q_{v,b.fyrirskrif a \delta} = 1,06 \cdot 850 = 901 \text{ m}^3/\text{h}$$

Síðan er hægt að stilla loku b niður þangað til loftmagnið í grein b mælist 870-880 m^3/h . (Þar sem heildarmótstaðan í greiningunni eykst við að loka loku b, minnkar loftmagnið nefnilega aðeins og það er alveg eins gott að gera ráð fyrir því í upphafi). Að þessu loknu er mælt aftur og finnst nú eftirfarandi gildi:

Mælt:

$$q_{v,a.mælt} = 960 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,b.mælt} = 870 \text{ m}^3/\text{h}$$

Forskrifað:

$$q_{v,a.fyrirskrif a \delta} = 900 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,b.fyrirskrif a \delta} = 850 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\frac{q_{v,a.mælt}}{q_{v,a.fyrirskrif a \delta}} = \frac{960}{900} = 1,07$$

$$\frac{q_{v,b.mælt}}{q_{v,b.fyrirskrif a \delta}} = \frac{870}{850} = 1,02$$

Þar af leiðandi þarf að opna loku b eilítið (*ekki loka loku a*). Síðan er mælt aftur og finnst nú eftirfarandi gildi:

Mælt:

$$q_{v,a.mælt} = 940 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,b.mælt} = 880 \text{ m}^3/\text{h}$$

Fyrirskrif að:

$$q_{v,a.fyrirskrif a \delta} = 900 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,b.fyrirskrif a \delta} = 850 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\frac{q_{V.a.mælt}}{q_{V.a.fyrirskrif a\delta}} = \frac{940}{900} \approx 1,04 \qquad \frac{q_{V.b.mælt}}{q_{V.b.fyrirskrif a\delta}} = \frac{880}{850} \approx 1,04$$

Að þessu loknu er mælt við loku c og hún stillt niður þangað til loftmagnið mælist $1750m^3/h$ (þ.e.= $q_{v.a.fyrirskri\delta} + q_{v.b.fyrirskri\delta}$)

Réttara er þó að draga niður í blásara þar sem það er hægt, þ.e. með tíðnibreyti, enda er þá engin hljóðmyndun frá lokunni og engin óþarfa sóun á rafmagni.

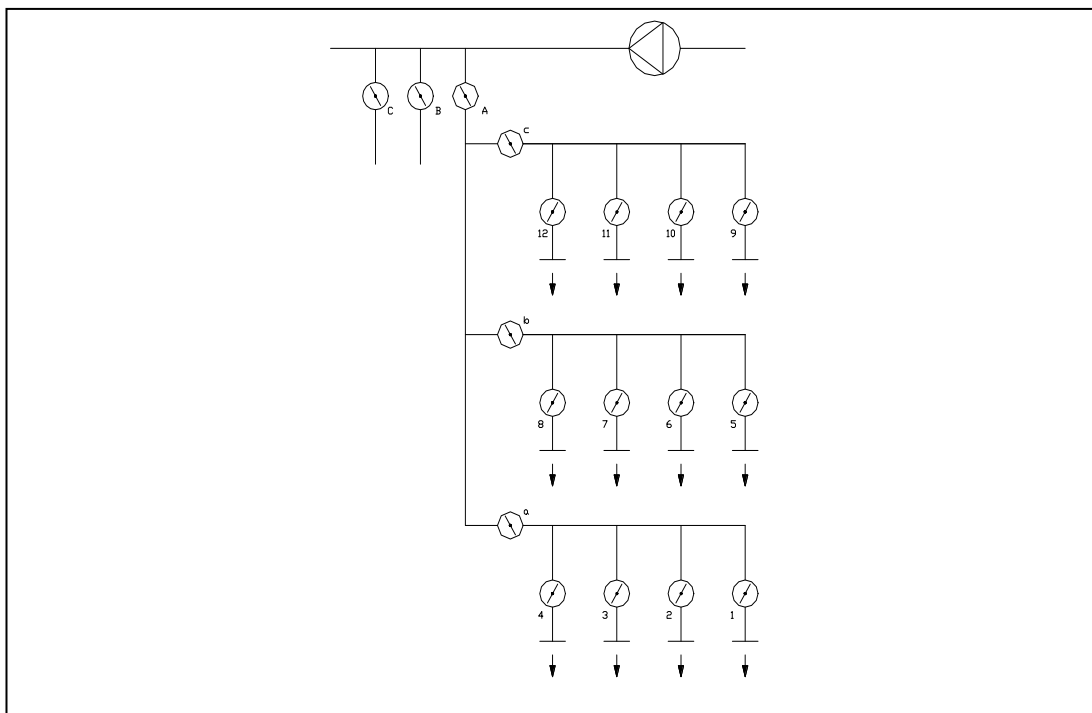
4. Ristar B, C og D eru nú stilltar með hliðsjón af rist A þannig að loftmagnshlutfallið er það sama í öllum ristum þ.e:

$$\frac{q_{V.A.mælt}}{q_{V.A.fyrirskrif að}} = \frac{q_{V.B.mælt}}{q_{V.B.fyrirskrif að}} = \frac{q_{V.C.mælt}}{q_{V.C.fyrirskrif að}} = \frac{q_{V.D.mælt}}{q_{V.D.fyrirskrif að}}$$

5. Þar sem loftmagn og þar með loftmagnshlutfall viðmiðunarristar breytist við stillingu hvers stillispjalds, er næsta rist/grein stillt eftir nýju loftmagnshlutfalli viðmiðunarristar.

Loftmagnsstilling loftræsikerfis

Fyrst eru ristar hverrar greinar stilltar fyrir sig eins og lýst er hér á undan. Síðan eru greinarnar stilltar á sama hátt og ristarnar. Röðin sem greinarnar stillast í er venjulega ákveðin með hliðsjón af grófum mælingum í byrjun. Er þá byrjað að stilla þá grein sem hefur stærsta loftmagnshlutfallið áður en farið er að eiga við þá aðalgrein sem kemur næst í loftmagnshlutfalli.



Mynd 21. Skematísk mynd af stökkakerfi

Dæmi:

Ef aðalgrein A á mynd 21. hefur stærsta loftmagnshlutfallið af aðalgreininum A, B og C yrði byrjað á A.

Ef grein b á aðalgrein A hefur stærsta loftmagnshlutfallið yrði byrjað á að stilla ristarnar á grein b og síðan koll af kalli eftir minnkandi loftmagnshlutfalli, en þó þannig að lokið er við aðalgrein A.

Framkvæmdin er á þessa leið:

1. Öll stillisþjöld fullopnast.

2. Gengið úr skugga um með grófum mælingum að loftmagn í öllum stokkum liggi á milli 50% og 150 % af forskrifðu magni. Ef það skilyrði er ekki uppfyllt er annað hvort snúningshraða blásara breytt eða stillisþjöld grófstillt þar til þessu marki er náð. Réttast er þó að stilla blásara þannig að hann skili nokkurn veginn réttu loftmagn eða um 5% yfir það í höfuðstokk.
3. Ristar á greiningum eru stilltar eins og segir hér á undan þ.e. lokið við að stilla allar ristar á greinum a, b og c.
4. Lokur a, b og c eru stilltar þannig að sú grein sem er fjærst blásara er notuð sem viðmiðunargrein, að því tilskyldu að hún hafi minnsta loftmagnshlutfallið (annars sjá 2 og 3 undir “loftmagnsstilling af ristastokk”). Þar sem búið er að hlutfallsstilla ristarnar innbyrðis er nóg að velja eina rist á hverjum legg og hlutfallsstilla á milli þeirra eins og verið sé að stilla stokk með þremur ristum.
5. Aðalgreinar A, B og C eru stilltar á sama hátt og undir lið 4, þó þannig að loftmagn er mælt í aðalgreinunum sjálfum.
6. Heildarloftmagn er mælt, t.d. í stokk frá blásara eða þá í blásaranum sjálfum ef mælistútar eru til staðar.
7. Snúningshraða blásara er breytt til að anna hinu forskrifaða loftmagn. Snúningshraðinn sem svarar til loftmagnsins finnst með því að teikna “karakteristikina” fyrir kerfið inn í diagrammið fyrir blásarann. Þetta er hægt með því byrja að mæla þrýsting P (ΔP) og loftmagn (Q) í höfuðstokk þremur til fjórum þvermálum eftir blásara. Síðan er hægt að finna K (mótstöðufasta kerfisins) út frá jöfnunni $\Delta P = K * Q^2 \Rightarrow K = Q^2 / \Delta P$ og teikna þar á eftir grafið fyrir jöfnuna inn í diagrammið fyrir blásarann.

Þess skal geta að einnig er hægt að beita hlutfallsaðferðinni á útsogskerfi á nákvæmlega sama hátt og farið hefur verið yfir hér á undan, þ.e. að byrja á enda stokkakerfis og enda við blásara.

Kostir hlutfallsaðferðarinnar

Stærstu kostir hlutfallsaðferðarinnar eru m.a. að flestar mælingar eru hlutfallsmælingar. Í mjög fáum tilvikum er þörf á að mæla loftmagn í stokkum, nema þá höfuðstokkum, sem er oft auðvelt að komast að í blásaralefa. Hið síðastnefnda verður að teljast ótvíræður kostur þar sem yfirleitt er erfitt að komast stokkum uppi í fölskum loftum.

Aðferðin hefur þar fyrir utan þann kost að hægt er að skipta stillivinnunni niður í minni áfanga sem hægt er að ljúka hverjum fyrir sig.

Þar sem um hlutfallsmælingu er að ræða þarf ekki að taka tillit til ytri aðstæðna eins og t.d. vinds, nema einungis þegar endanlegt loftmagn er stillt.

Frá rekstrarsjónarmiði er þessi aðferð einnig mjög hagkvæm því þegar stilling hefur verið framkvæmd er minnst ein leið í gegnum allt kerfið fullopin. Orkuþörf kerfis er þar af leiðandi í lágmarki. Af sömu ástæðu er þetta einnig besta aðferðin þegar litið er á hljóðmyndun frá kerfi.

Lokaorð

Að lokum er rétt að minnast á ýmis praktísk atriði, svo sem gildi þess að viðhafa skipuleg vinnubrögð og hreinlega útbúa sér handrit eða tékklista í fyrstu skiptin sem farið er að mæla (sjá t.d. listann á síðu 33). Einnig að vera vel undirbúinn þ.e. vera búinn að skoða teikningar vel og gera sér hugmynd um hvernig skal framkvæma verkið. Þægilegast er að vera með vinnuteikningar í fullri stærð sem sýna bæði stokkalagnir og ristar, til að skrifa inn á niðurstöður mælinga.

Halda þarf vel utan um alla pappíra og minnismiða og henda engu fyrr en stilliskýrslan er tilbúin og samþykkt og jafnvel þá að halda uppá helstu frumgögn.

Eins er mjög gott að merkja upp “þyngstu” (erfiðustu) ristarnar á hverri grein á vinnuteikninguna með penna til að muna örugglega hvaða ristar eru með opnar

lokur. Annars er hætt við því að allt fari í graut og menn muni ekki hvaða lokur áttu að vera fullopnar. Gott er að vera með penna í mismunandi litum t.d. grænan fyrir innblástur og rauðan fyrir útsog þar sem að þá ruglar maður síður saman tölum.

Það er eiginlega ekki hægt að skilja við þetta efni án þess að minnast á einkar nytsamlegt verkfæri við gerð stilliskýrsla, sem er töflureiknirinn Excel.

Excel er frekar einfalt og þægilegt forrit og krefst ekki að notandinn hafi mikla tölvuþekkingu til að geta bjargað sér með einfaldar aðgerðir. Fyrir þá sem ekki hafa þá grunnkunnáttu á er rétt að benda á að það er hægt að kaupa litla og handhæga þéssa til að komast af stað. Ég á til dæmis lítið hefti sem heitir því annars ágæta nafni “Excel for dummies” sem hjálpaði mér fyrstu skrefin.

Einnig er rétt að fram komi að þetta námskeið er fyrst og fremst hugsað til að menn geti stillt minni kerfi. Þegar menn hafa öðlast reynslu er svo hægt að færa sig aðeins upp á skaftið, en þó verður að mæla frekar með því að stillingar stærri kerfa verði ævinlega framkvæmdar af sérfræðingum í stillingum loftræsikerfa.

Dæmigert skema fyrir lekaprófun:

Skýrsla fyrir lekaprófun stokka					
				Dags	27.7.1998
Viðskiptavinur	Loftur ehf				
Staður	Lekagata 13 105 Reykjavík				
Kerfi nr	HV01-1				
Sýnt á teikningum	L-302				
Stokk-númer	Lengd m	Breidd / hæð eða þvermál (mm)		Area m ²	
8-10, D-E	7,5	2650	4000	99,75	
8-10, D-E	1	3000	4000	14	
8-10, D-E	6,6	2500	1800	56,76	
8-10, D-E	0,4	1800	3000	3,84	
Heildarflatarmál til prófuna				174,4	
Prófunarþrýstingur				400 Pa	
Lengd á prófun				15 min	
Lekastuðull (f)				0,44 l/sm ²	
Mesti leyfilegi leki		276 m ³ /h		76,71 l/s	
Innanmál fæðirörs				100 mm	
Flatarmál fæðirörs				0,007853982 m ²	
Hámarkslofthraði í fæðirör				9,77 m/s	
Tæki til Þrýstimælingar			Manometer frá Dwyer Instruments Svið: 2500 Pa, 25 m/s		
Tæki til loftmagnsmælingar			Manometer og Micromanometer með pitot röri		
Raunprófunarþrýstingur				412 Pa	
Rauntímalengd á prófun				15 mín	
Mældur hraði í fæðiröri				31 m/s	
Umreiknaður leki		877 m ³ /h		243,5 l/s	
				Staðið/Fallið	
				Fallið	
Framkvæmt af		Vottað af			

Heimildir

Útgefandi/Höfundur

Bókarheiti:

Danvak Aps

Varme og Klimateknik – Ventilationsteknik 1. útgáfa 2000

Danvak Aps

Varme og Klimateknik – Grundbog 1. útgáfa 1998

Ingeniøren AS

Ventilationståbi,2. Útgáfa 2001

Einar Þorsteinsson

Kennsluhefti í Loftmagnsstillingum

LindabA/S

Montage-Indregulering-Vedligholdelse1996

Heimasíður:

www.Alnor.com

www.Airflow.com

www.Lindab.dk