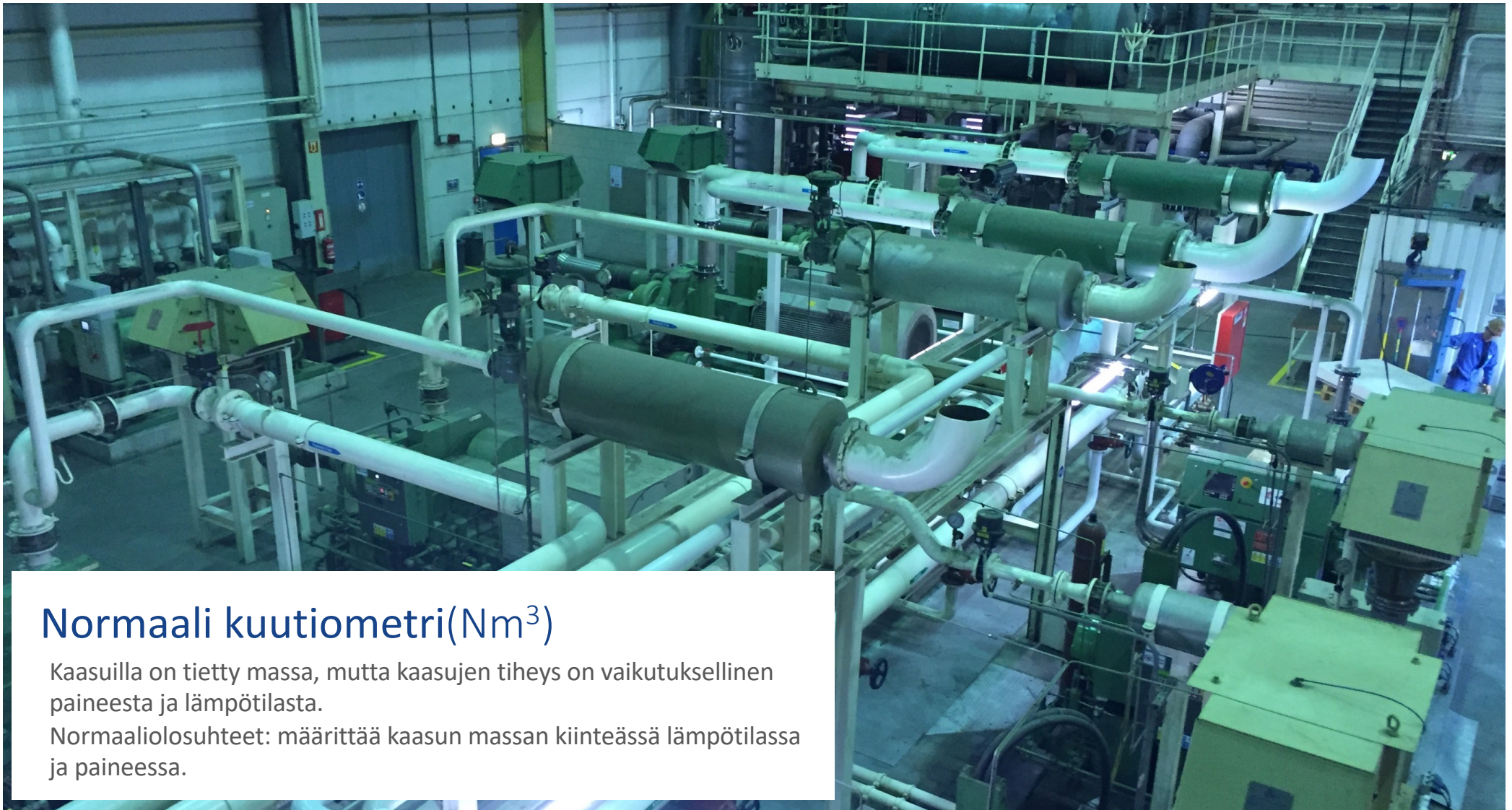




Johdatus
Paineilman
virtausmittaukseen



Normaali kuutiometri(Nm^3)

Kaasuilla on tietty massa, mutta kaasujen tiheys on vaikutuksellinen paineesta ja lämpötilasta.

Normaaliolosuhteet: määrittää kaasun massan kiinteässä lämpötilassa ja paineessa.

Normaali kuutiometri (Nm³)

- Tilavuus: 1m³
- Lämpötila: 0°C
- Paine: 1013,25 mbar
- Suhteellinen kosteus: 0 %
- Massa: 1293 grammaa

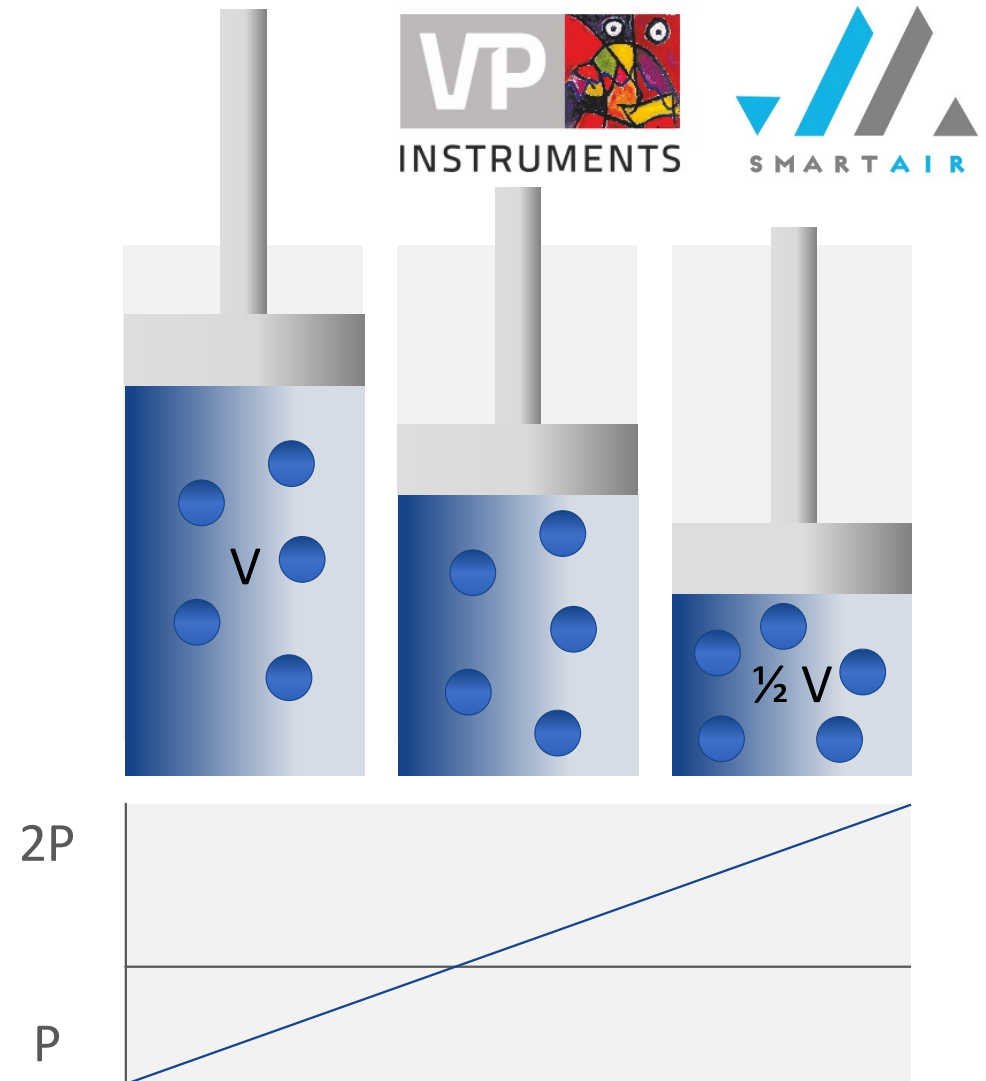


Nm³

Ihanteellinen kaasulaki

- Paine * Tilavuus / Lämpötila = Vakio

$$\frac{(P*V)}{T} = n_m * R$$



Normaalit olosuhteet voivat vaihdella



Muut yleiset normaalitilat:

- 20°C viite (FAD): Katso ISO 1217
- 15° viite: Katso DIN 1533
- CAGI: 68 F, 14,5 PSIA, 0 % vesihöyryn paine

$$\text{Nm}^3/\text{hr} = V * (\text{TN} / T) * (P / \text{PN})$$

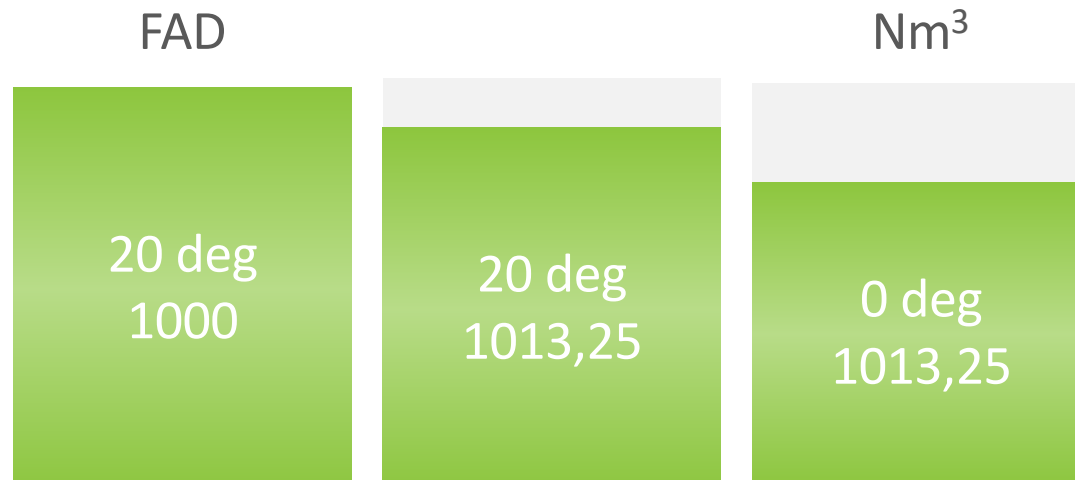
FAD:sta normaalikuutioon



$100 \text{ m}^3/\text{h FAD} * 273,16/(273,16+20) * 1000/1013,25 = 91,95 \text{ Nm}^3/\text{h}$ tai
 $7 \text{ m}^3/\text{min FAD} * 273,16/(273,16+20) * 1000/1013,25 = 6,44 \text{ Nm}^3/\text{min}$

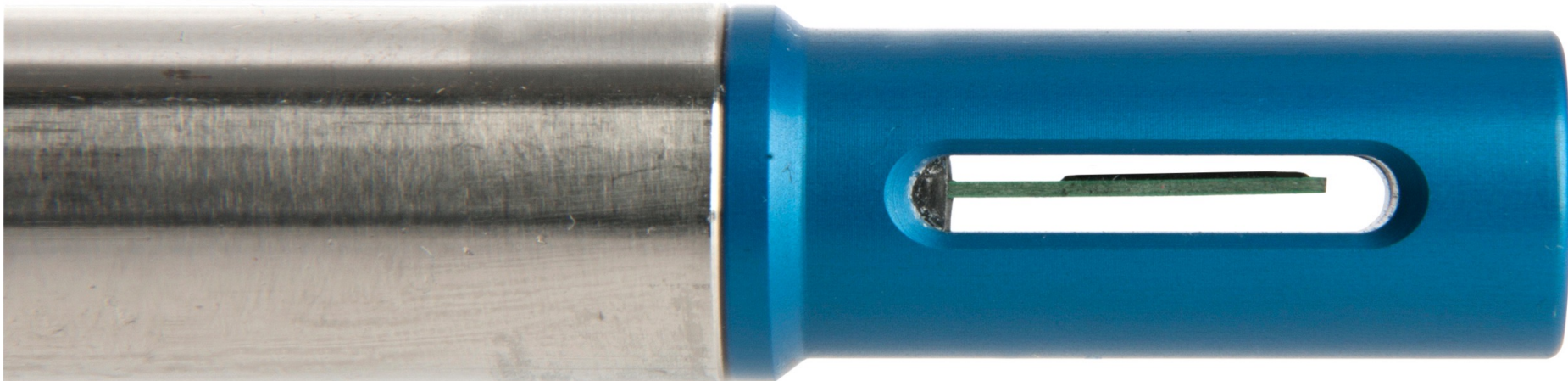
FAD/ Nm^3 tekijä = 1,0874 → 8,7% eroa kun verrataan lukuja

Huomautus;
Kompressorivalmistajat
esittävät arvot ISO 1217:n
mukaisesti vapaana
imutuottona (FAD).



Thermabridge™ teknologia

VPFlowScope®:n ydintekniikka



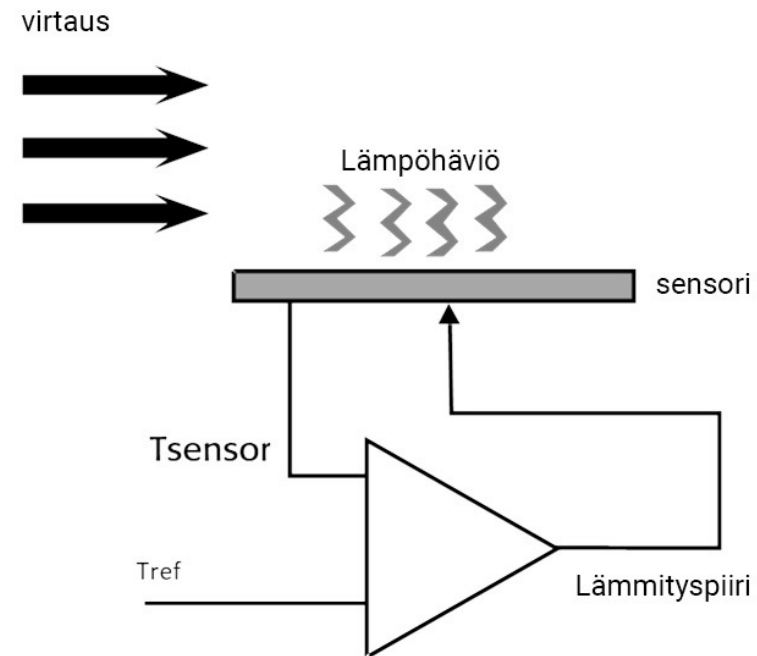
Thermabridge™ teknologia



$$V_{out} = k * \lambda * \rho * v * (T_s - T_g)$$

- V_{out} = lähtöjännite
- k = anturin (geometrinen) vakio
- λ = kaasun lämmönjohtavuus
- ρ = kaasun tiheys
- v = todellinen nopeus m/s
- T_s = anturin lämpötila
- T_g = kaasun lämpötila

Toimintaperiaate



$\rho * v$: massavirtaus

Normaali metri sekunnissa



Terminen massavirta: nopeus normaalimetriä sekunnissa

Nyrkkisääntö:

“Todellinen nopeus kertaa absoluuttinen paine” (unohda lämpötila)

Esimerkki: $8 \text{ m/sec} * 7 \text{ bar abs} \sim 56 \text{ m}_n/\text{sec}$

Terminen massavirta = paineesta riippumaton

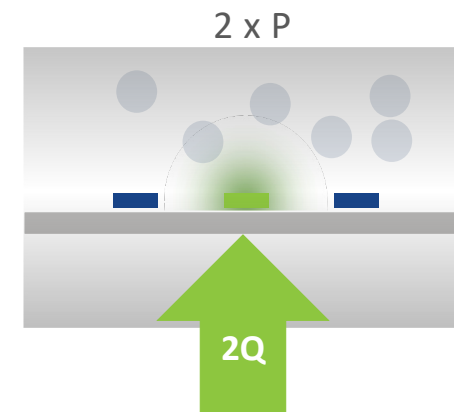
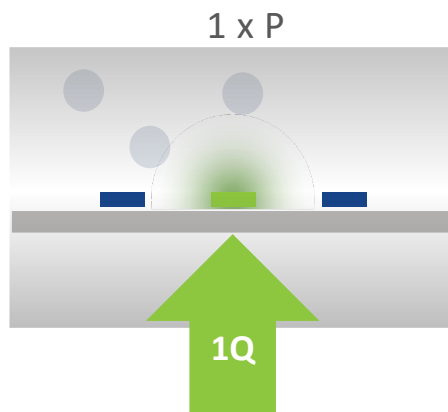


Miksi? Koska anturi laskee molekyylejä:



Enemmän painetta = tiheämpi ilma* = enemmän molekyylejä = enemmän lämpöhäviötä*

* : lineaarinen paineen kanssa



Periaatteet vertailussa



	Lämpö	Vortex	DP – Aukkolevy	DP – Insertti	Coriolis	Turbiini/ pyörivä	Kiinnitetty ultraääni
Massavirtaus	Kyllä	Optio	Optio	Optio	Kyllä	Optio	Optio
Suora putkiosuus	20xD	15xD	15xD	20xD	0xD	10xD	20xD
Painehäviö	Pieni	Keskiverto/suuri	Suuri	Pieni	Pieni	Pieni	Pieni
Likainen ilma	Likaantuminen	OK	Tukkeutuminen	Lika / Tukos	Likaantuminen	Katkos	Ok
Märkä ilma	Epätarkkuus	OK, epätarkkuus	OK	OK	Kyllä, vaikuttaa lukuun	Katkos	Epätarkkuus
Alue	1:250	1:10	1:10	1:10	1:100	1:100	1:100
Tarkkuus	2%	2%	2%	2%	0.5 .. 1%	0.5...1 %	1%
Hinta	€	€€€	€	€€	€€€€	€€	€€€
Kunnossapito	Keskiverto	Matala	Keskiverto	Keskiverto	Matala	Korkea	Korkea

Massavirran arvo ja 3-in-1



Mielestämme: Paine * Virtaus = jännite

Jännite * Virta = Energia

- Virtaus, paine, määrä ja lämpötila yhdistettynä
- ISO 11011 (esim. paineen mittaus useissa paikoissa)
- Paineilmajärjestelmän tuotto ei ole = tehtaan ilmankulutus
- Kuinka havaita paineen laskun syy, jos et mittaa?
- Taloudellisuus: 7 bar on kalliimpaa kuin 6 bar
- Virtaus ja lämpötila paineilmakuivainten ja (vesi)jäähdytteisten kompressorien ongelmien tunnistamiseksi



Nopeus massavirtaan

Tarkista putken sisähalkaisija

Pinta-ala, $A = \pi \cdot r^2$

Mittaa ennemmin kuin oletat > suuri poikkeama

Esimerkki:

$V = 60 \text{ min/s}$

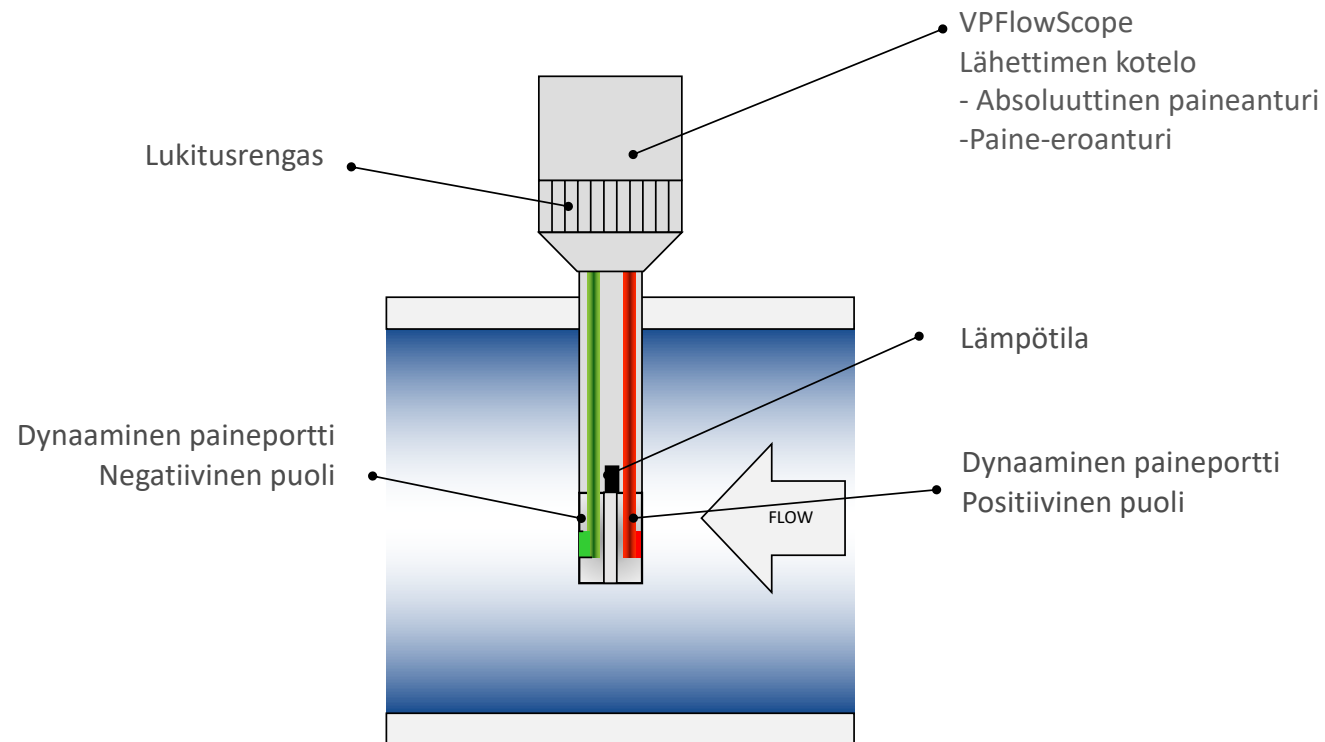
$D: 50 \text{ mm} \rightarrow Q = 0,117 \text{ m}^3/\text{sek}$

$D: 54 \text{ mm} \rightarrow Q = 0,137 \text{ m}^3/\text{sek}$

Ero: 17 %

Todellinen halkaisija	Mitattu virhe	Mitattu halkaisija	Virheprosentti
50	3	53	12.36
100	3	103	6.09
200	3	203	3.02
300	3	303	2.01

Paine-erotekniikka



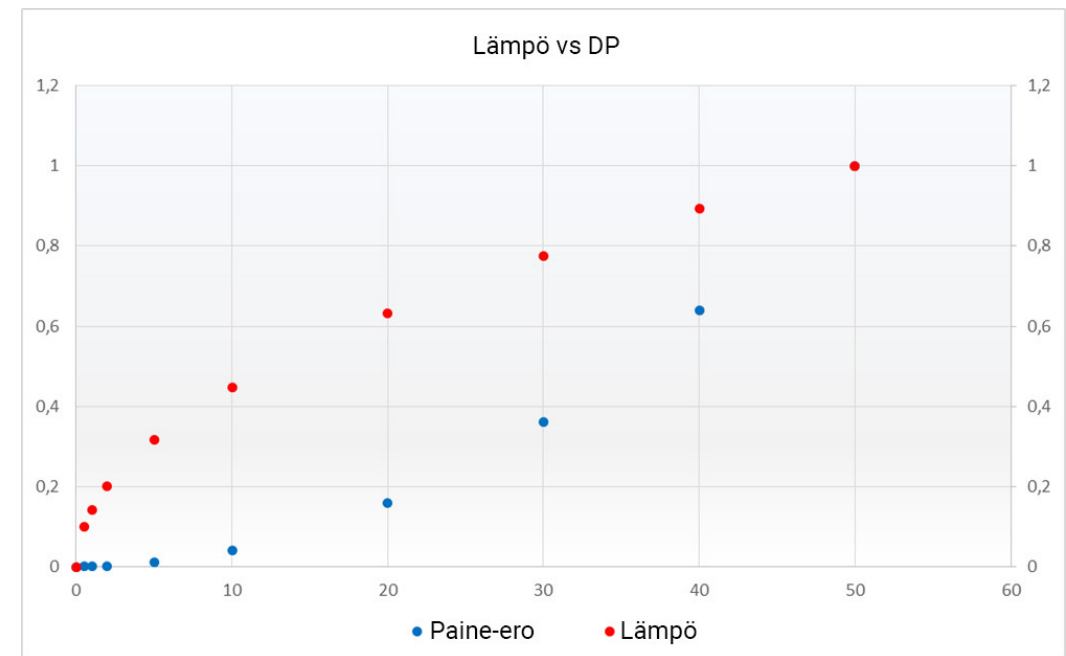
Virtausalue on kriittinen



Lämpö vs DP -tekniikka: 1:300 vs. 1:10 (1:5)

Lämpö:

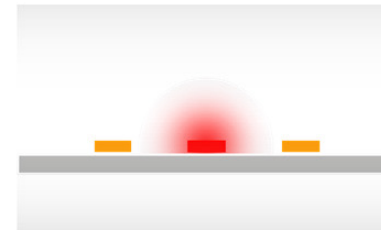
- Vuodoista korkeaan virtaukseen
 - Vain kuivaa ilmaa
 - Lämpötila $\sim 60^{\circ}\text{C}$ asti
- DP:
- Vain keskisuuret tai suuret virtausnopeudet
 - Ei sovellettu vuodoille/pienille virtauksille
 - Märkä ilma sekä kuiva ilma
 - Lämpötila jopa $\sim 150^{\circ}\text{C}$ (tai korkeampi)



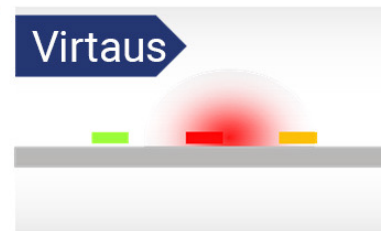
Suunnan aistiminen



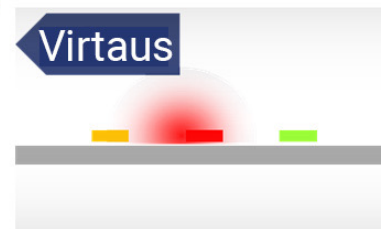
Ei virtausta
-Kaikki on balanssissa.



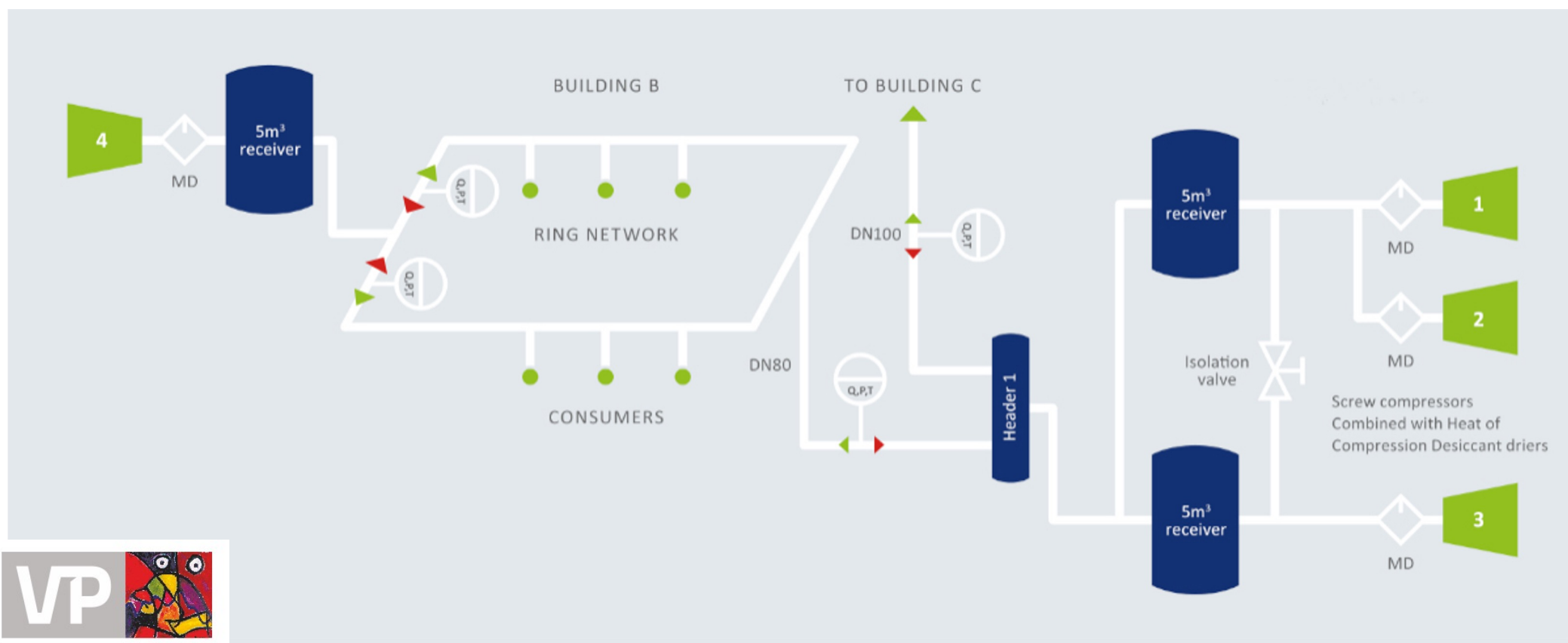
Virtaus vasemmalta
-Vasen osa jäähtyy; sillan oikea puoli on lämmin.



Virtaus oikealta
-Oikea osa jäähtyy; sillan vasen puoli on lämmin.



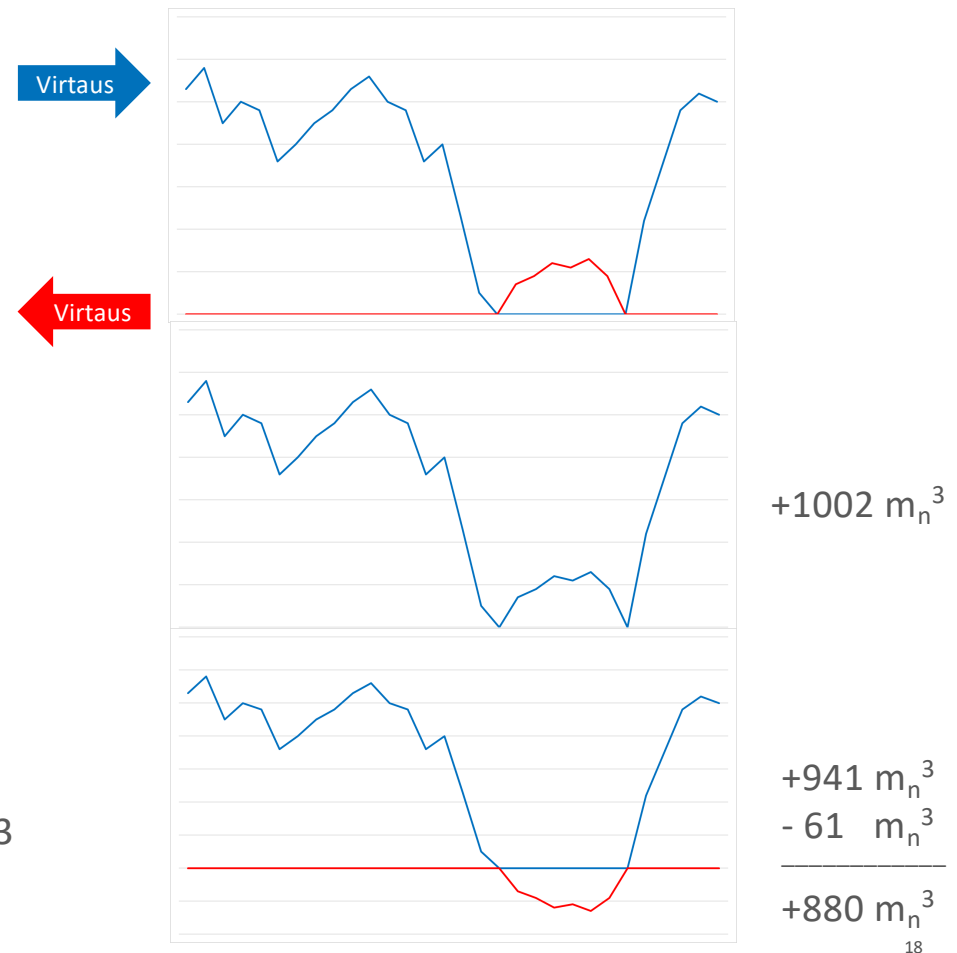
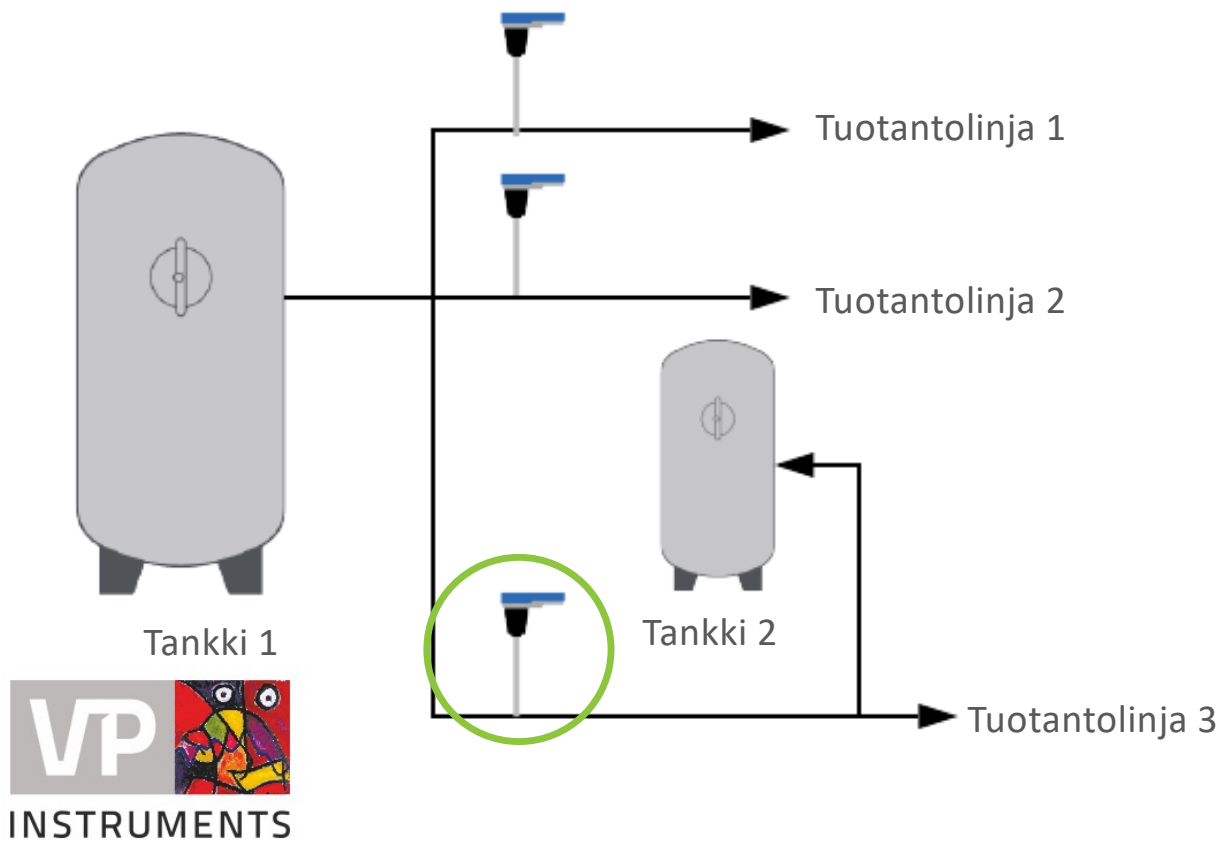
Kaksisuuntainen virtaus: ilma voi kulkea molempiin suuntiin!



Kaksisuuntaisen virtauksen mittauksen merkitys



Kysyntäpuoli (käänteinen virtaus)



Esimerkkejä kaksisuuntaisesta virtauksesta

- Rengasverkot
 - Useita kompressorihuoneita
 - Monimutkaiset (vanhat) paineilmaverkot
 - Suuret vastaanottosäiliöt
 - Takaiskuventtiilit kompressoreissa
 - Vuotavat viemärit ja tiivisteet
-
- Erittäin hyödyllistä tietoa auditointeja ja pysyviä asennuksia varten.

Turbulentti vs. laminaarinen virtaus



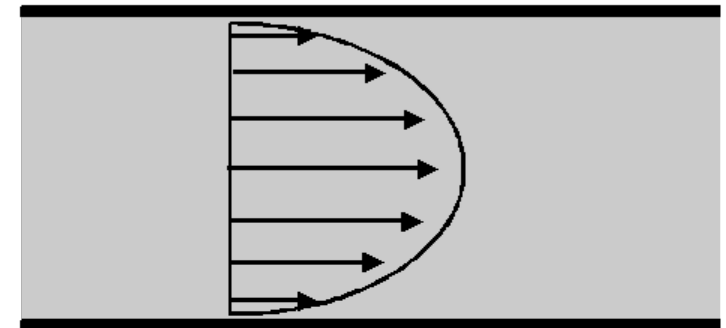
Reynoldsin numero

$$\frac{\rho * v * D}{\eta} = \frac{\text{tiheys} * \text{nopeus} * \text{putken halkaisija}}{\text{dynaaminen viskositeetti}}$$

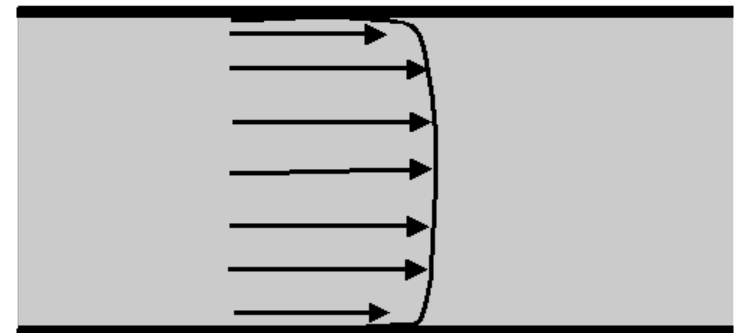
Ilman dynaaminen viskositeetti = "17,1 * 10 -6",
mikä on hyvin pieni verrattuna veteen tai
siirappiin

- Paineilmalinjat: Virtaus on aina turbulentti!
- Turbulentti: Nopeusprofiili on lähes tasainen:
Vähemmän herkkä työntösyvyydelle

Laminar flow profile



Turbulent profile





Virtausmittarin valinta

Tunne perusasiat: Käsittele dataa



Avain oikeisiin mittauksiin ja virtausmittarin vahingoittumisen estämiseen

- Kaasun tyyppi
- Virtausalue
- Kosteus (kuiva/kyllästetty)
- (Sisä) Halkaisija
- Painealue
- Lämpötila-alue



Mallin valinta

Inline: ½", 1" ja 2" sisäkierteiset alumiinirunkoiset

Virtausalue johtaa suoraan malliin,

Tarkista halkaisija varmistaaksesi nopea mekaaninen asennus.

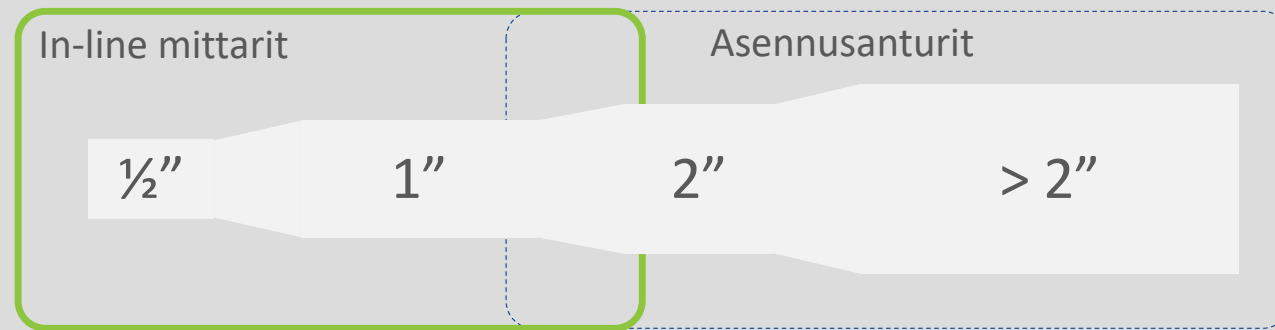
Sauvamalliset: 2 tuumaa ja ylöspäin

(Normaloitu) nopeusalue on laskettava virtausalueesta oikean mallin määrittämiseksi. Huomioi putken sisäläpimitta > virtausalue

Normalisoitu nopeus = $\text{massavirtaus [Nm}^3\text{/hr]} / [3600] / \text{putken pinta-ala}$

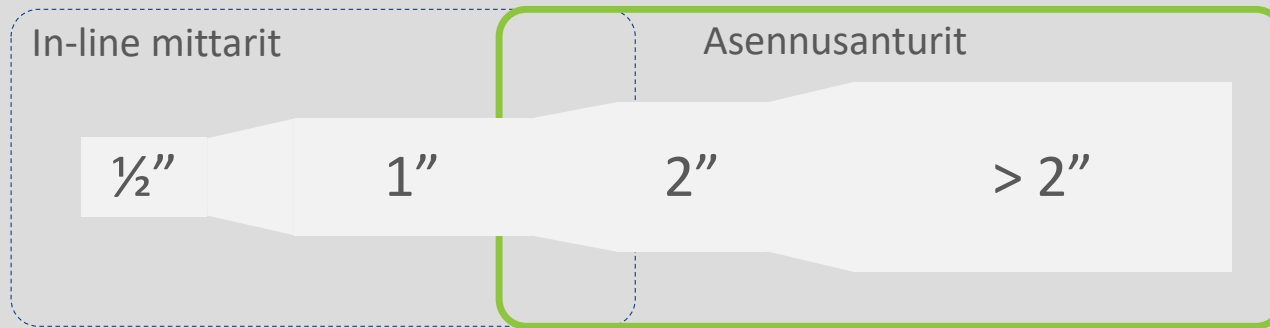


Virtausalueet



Koko (")	Minimi virtaus m ³ _n /hr	Maksimi virtaus m ³ _n /hr	Minimi virtaus SCFM	Maksimi virtaus SCFM
1/2"	0,32	80	0.19	50
1"	0,88	250	0,52	150
2"	3,53	1000	2,06	600

Virtausalueet



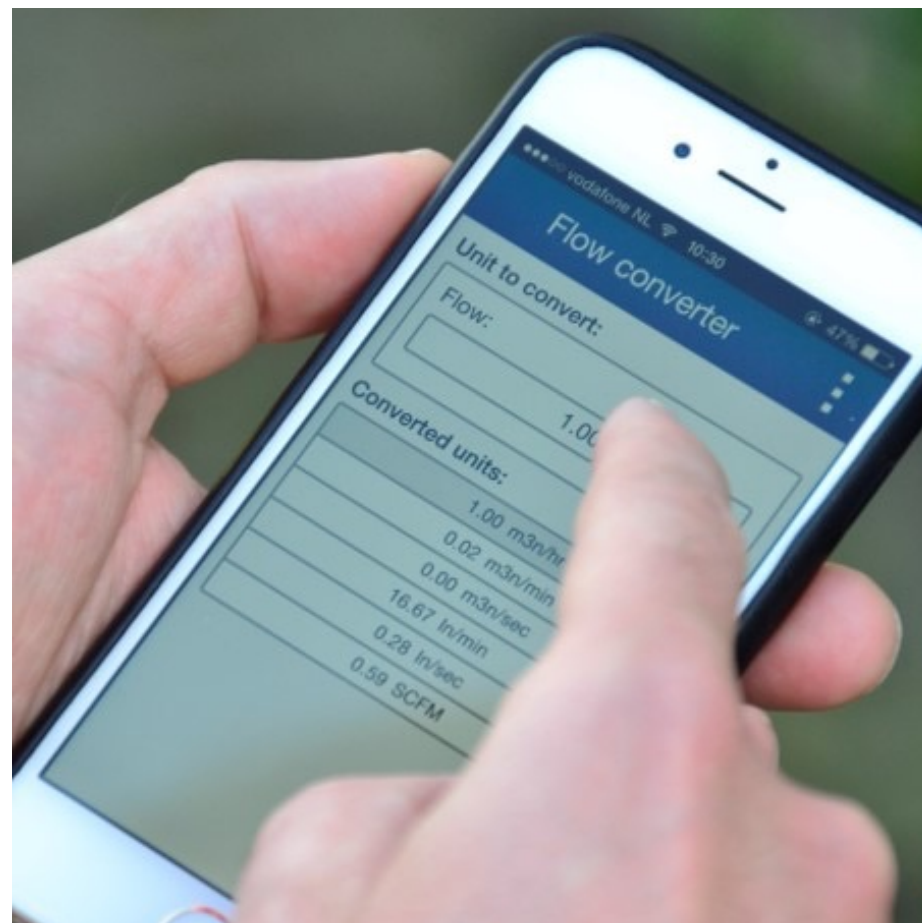
Thermal: Schedule 40 Standard Seamless Carbon Steel Pipe

Koko (tuumaa)	DN	ID (tuumaa)	ID (mm)	Minimi virtaus SCFM	Maksimi virtaus SCFM	Minimi virtaus m ³ _n /hr	Maksimi virtaus m ³ _n /hr
2	50	2,1	52,5	2,3	688	3,9	1,169
4	100	4,0	102,3	8,7	2,610	15	4,435
6	150	6,1	154,1	20	5,924	34	10,065
12	300	11,9	303,2	77	22,953	130	38,995
20	500	18,8	477,8	190	56,996	323	96,832

Et ole varma? Käytä VPCalculator laskinta

Laskurimme avulla voit määrittää tarvitsemasi virtausanturin.

Katso online-nopeuslaskuri täältä:
<https://www.vpinstruments.com/selection-guide/velocity/>



Projektitarjousta laadittaessa



Kerää tarpeeksi tietoa valmistautuaksesi

- P&ID (prosessi- ja instrumentointikaavio)
- Tehtaan putkistokaavio, mittakaavassa
- Kuvia asennuspisteistä
- Käytä online-kysynnän sivutaulukkoa tai Excel-lomaketta
- Käytä kaksisuuntaista oletusvaihtoehtona



Virtausmittarin asennus



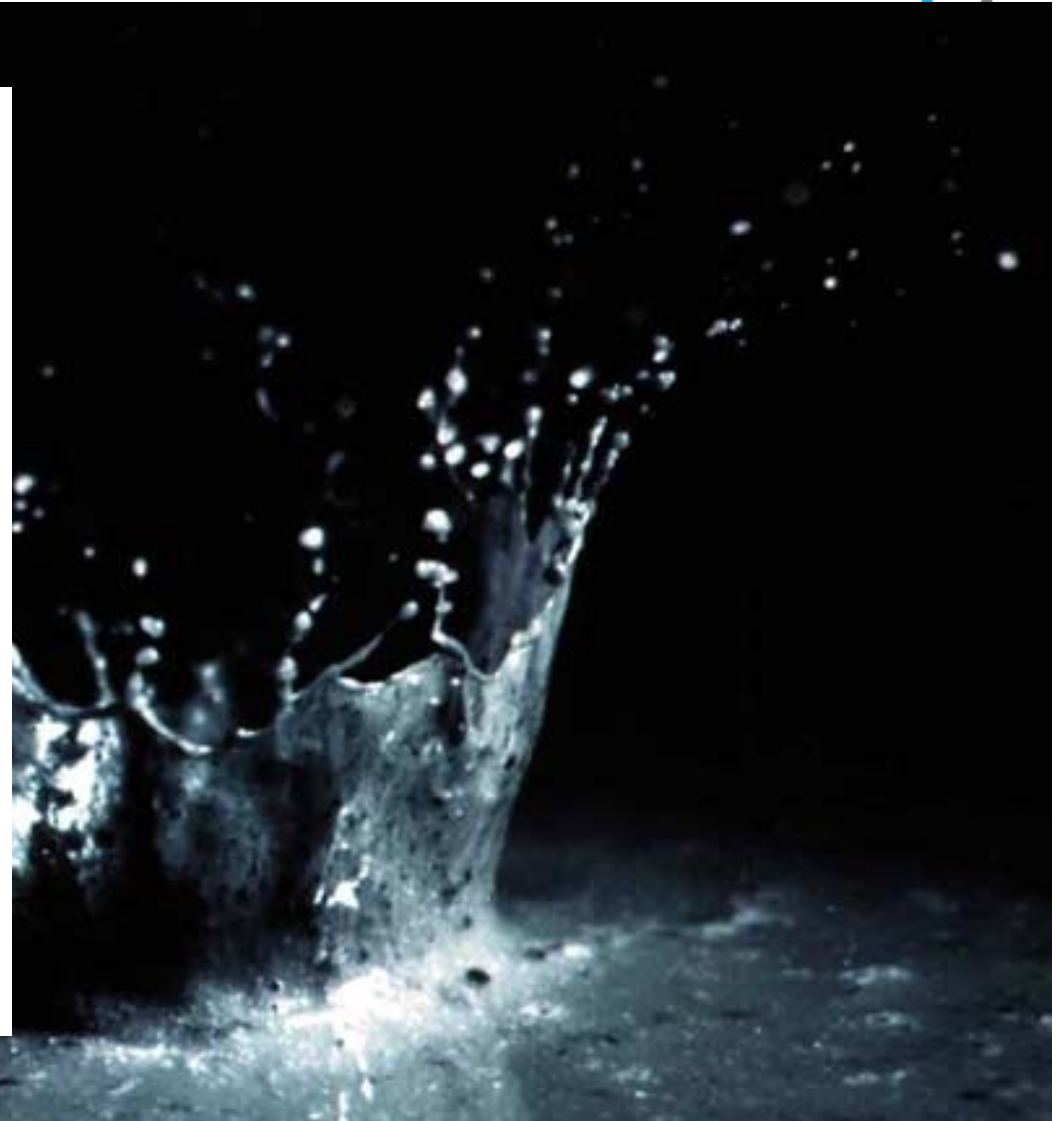
Lue ohjekirja...

- Käyttöohje
- VP Akatemia
- Ohjevideo
- Tämä koulutus
- Helpdeskin "miten" artikkelit



Tarkista ympäristö

- Liiallisen ulkoisen lämmön välttäminen
- Suojaa ulkoisilta vesivahingoilta (IP)
- Liiallisen järjestelmän kondenssiveden poistaminen
- Kun kaasussa on kondensaatiota (100 % kondensaatio valitse VPS DP)
- Vältä syövyttävää ympäristöä mahdollisuuksien mukaan
- Käytä oikeita kaapeleita ja kaapelien sijaintia
- Poista mekaaninen tärinä ja mahdollinen vaara



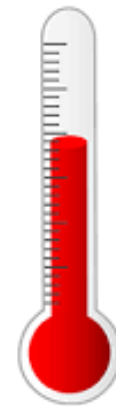
Varmista ilmanlaatu

- Vesi
- Öljy
- Viemärit
- Hiukkaset
 - (kartiosuodatin)

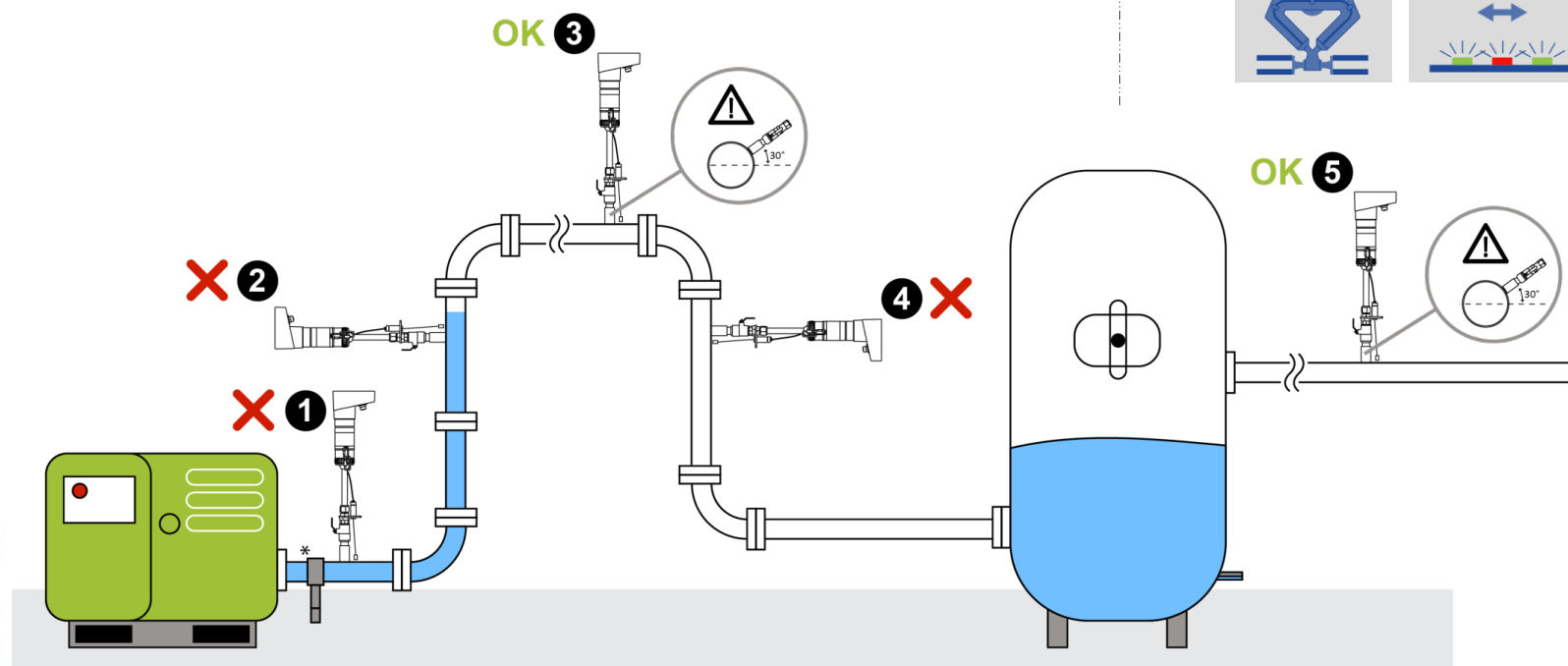
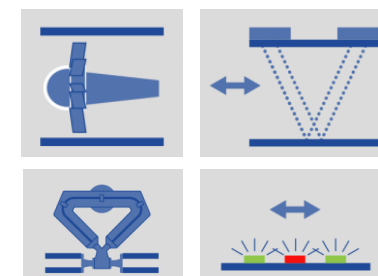
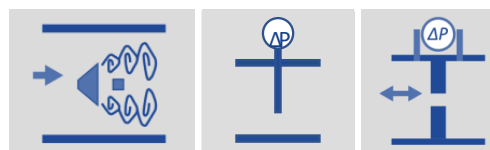


Tarkista lämpötila

- Lämpömassa: rajoitettu alue: korkea lämpötila aiheuttaa anturin signaalin > 0
- Lämpötilan vaihtelut: viivästynyt lämpötilan kompensointi
- Ulkona kylmästä $>$ sisällä (tarkastukset): anna 1 tunti sopeutumista parhaan tuloksen saavuttamiseksi.
- DP: korkea kantama ja kohtuullisen nopea vaste



Asennuspaikka: Vältä liiallista vettä



Putken pituus ei mittakaavassa

2. Etsi suora putki

Yleinen vähimmäissäntö suoralle putkelle:

- $20 \cdot D$ ennen (jopa $40 \cdot D$ mieluiten)
- $5 \cdot D$ jälkeen (10 $\cdot D$ mieluiten)
- Mitä pidempi sen parempi

Muista tämä:

Kaikki muut väitetyt lyhyemmät pituudet ovat potaskaa. Se perustuu fysiikkaan, ei tekniikkaan



Picture	Description	Upstream length	Downstream length	Effect
	Complex feed-in situation (header)	$40 \cdot D^1$	$10 \cdot D^1$	Flow profile will be distorted
	Double elbow, multiple elbows following each other	$40 \cdot D^1$	$10 \cdot D^1$	Distorted profile + swirl
	Diameter change from small to large (gradual or instant)	$40 \cdot D^1$	$5 \cdot D^1$	Jet shaped flow
	Diameter change from large to small (gradual change, between 7 and 15 degrees)	$10 \cdot D^1$	$5 \cdot D^1$	Flattened flow profile
	Single elbow	$30 \cdot D^1$	$10 \cdot D^1$	Distorted flow profile

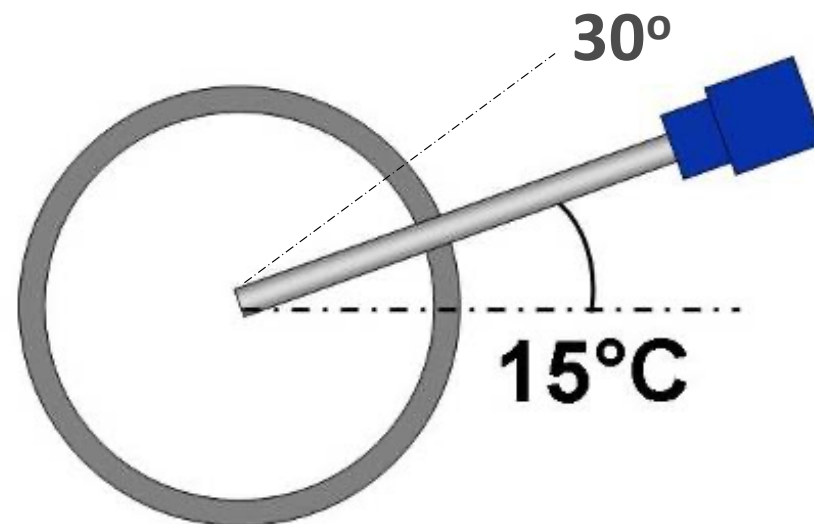
¹ = inner diameter

3. Käytä parasta kulmaa

Ota huomioon:

- Helppo johdotus, huolto, lukeminen ja näyttöön pääsy
- Asenna vähintään 15°:n kulmassa ylöspäin. AINA jos mahdollista
- Huomio! Vähimmäispituus ennen ja jälkeen virtausmittausta
- Pidempi = parempi
- Epäselvissä tapauksissa: Keskustele tilaajan ja

Toimittajan kesken



Kertaus

- kuivalle ilmalle joko Inline tai VP FlowScope
 - märälle ilmalle VP FlowScopeDP
 - Inline -mallit: 1/2, 1 ja 2 tuumaa
 - Anturit (sauvamallit): > 2 tuumaa
 - Tarkista aina: lämpötila, paine, halkaisija ja alue
 - Rengasverkko: Kaksisuuntainen
 - Yleistä: Käytä tarkistuslistaa!
-
- Vältettävät asiat:
 - Suuret ja nopeat lämpötilanvaihtelut
 - Liikaa kondenssivettä putkessa (märkää ilmaa)
 - Lyhyet ja monimutkaiset putkiosuudet



Paineilmavirtauksen seurannan mahdollisuudet

- havaita paineilmavuodot
- seurata paineilman kulutusta ja tehdä tuotantoon tarvittavat muutokset
- tarkka kustannus paineilma tuotannolle
- laitemitoituksen suunnittelu
- ympäristö ja energiatehokkuus raportointi



**smartair.fi**

Paineilma- ja kaasujärjestelmien virtausmittaukset

VP Instruments on tunnettu ja luotettava toimittaja paineilman ja teollisuuskaasujen virtausmittaukseen. Tyypilliset väliaineet ovat: Paineilma, Typpi, Happi, Helium ja Argon.

Virtausmittaukset

- putkeen asennettavat Inline 3/8"-2"
- virtausarvot 0,01-16,7 m3/min
- ulostulo 4-20mA, V, Modbus RTU

Flow Scope M virtausalue määrytyy asennettavan putken ulkohalkaisijasta.

**VPFlowScope M**

**VPFlowScope Inline**

Virtausmittauspalveluidemme edut ovat merkittäviä

- Kun mittauslaitteet ja pilvipalvelumme on asennettu kohteessa saadaan kohteen data välittömästi tilaajan käyttöön.
- Tämä mahdollistaa mittaustekniikan tiedon saatavuuden kun viiveaika jää välistä pois.

SmartAir tuotteet - ja palvelut

- Virtausmittarit
- Virtausmittauspalvelut
- Virtausmittaus järjestelmän toimitus, joka on yhteydessä www-pilvipalveluun. Voit myös hankkia meiltä kaikki tuotteet virtausmittaukseen suoraan hankintana omaksi.

 +358 40 776 8384

 sami@smartair.fi

 FI-33870 Tampere



Tutustu
Smartair.fi

sami@
smartair.fi

040
7768384