

TRYKKVEDLIKEHOLD & VANNKVALITET

# Luft- og slam- håndbok



# Takk til

*Denne håndboken eksisterer kun takket være den enorme innsatsen til to kolleger: Karoly Vinkler, alltid i våre hjerter, som tok utgangspunkt i de grunnleggende prinsippene i den tidligere «Luft Handbuch» og integrerte hele kapittelet om slamutfelling, og Norbert Ramser – arvtakeren som reviderte og bygget videre på dette arbeidet.*

# [ Innhold ]

Luft, gasser og slam i HVAC-systemer.....	5
Gasser i vannet.....	6
Tilføring av luft og gasser.....	8
Henry-diagram .....	10
Gassinnhold ved fylling, oppstart og drift av anlegget.....	12
Smuss og slam i vannet.....	14
Konsekvenser, problemer og skader.....	17
Vannkvalitet i henhold til VDI 2035.....	20
Avluftning og utfelling av frie gassbobler .....	22
Prinsipper for utfelling av oppløste gasser .....	27
Atmosfærisk avgassing .....	29
Vakuumavgassing .....	30
Installasjon av luftutskillere.....	34
Montering av vakuumavgassingsenheter .....	38
Slamutfelling.....	40
Installasjon i praksis.....	52
IMI Pneumatex-løsninger .....	62

# Luft, gasser og slam i HVAC-systemer

Fjerning av luft og slam for å sikre god vannkvalitet i HVAC-systemet er en effektiv måte å forlenge levetiden til kritiske elementer og samtidig optimalisere anleggets ytelse. Denne prosessen begynner når anlegget fylles første gang, og fortsetter med vannet som blir brukt til etterfylling.

Fordelene med å sikre god vannkvalitet omfatter:

- redusert energiforbruk
- forlenget levetid for anlegget
- stillegående drift
- ingen nedetid

Luftinnholdet i vann må reduseres til et minimum, både for å minske risikoen for korrosjon og for å unngå problemer med varmeoverføringen fra terminalenheter. Dannelse av luftlommer kan også forhindre sirkulasjon lokalt. Et annet viktig punkt er at faren for kavitasjon og støy i rør, reguleringsventiler, osv. øker betraktelig.

Frie gasser og oppløste gasser har henholdsvis direkte og indirekte innvirkning på målinger av gjennomstrømning.

Gassers løselighet i vann blir lavere ettersom temperaturen øker og trykket faller. Innregulerings- og reguleringsventiler montert i de øvre seksjonene av et bygg er derfor de som er mest i faresonen da disse utsettes for lavt statisk trykk. Den økte vannhastigheten nær ventilsetene gir ytterligere trykkfall, noe som muliggjør resorpsjon av nitrogen og andre oppløste gasser. I slike tilfeller vil de faktiske gjennomstrømningsmålingene ikke være korrekte. Særlig for små ventiler vil målt gjennomstrømning være høyere enn den faktiske strømningsmengden.

# Gasser i vannet

Gasser kan føre til ulike problemer i varme- og kjøleanlegg



- Korrosjon
- Avsetninger fra korroderte produkter
- Støy
- Sirkulasjonsproblemer
- Redusert varmeeffekt

## Hva mener vi med gasser, og hvor kommer de fra?

Det finnes allerede gasser i vannet som brukes til å fylle anlegget. Vannet tilføres luft fra atmosfæren i vannreservoarer (som innsjøer og elver) før det blir del av et tilførselsnett.

Kjennskap til sammensetningen av **luft** er både nyttig og viktig.

### Hovedkomponentene i tørr luft:

**78,08 %**

● Nitrogen

**0,93 %**

Argon

**20,95 %**

● Oksygen

**0,04 %**

**andre:** edelgasser, karbondioksid, metan, hydrogen, osv.

Med 'luft' mener vi i utgangspunktet nitrogen og oksygen, og disse har en avgjørende innvirkning på sammensetningen av gass i varmeoverføringsvæsken.

På grunnlag av en rekke praktiske målinger, regnes mengdene av nitrogen og oksygen å være nær metningsgrensen ved atmosfærisk trykk i påfyllingsvannet. Én liter vann inneholder 14,8 ml (18,5 mg) nitrogen og 7,8 ml (11,3 mg) oksygen. Luft

kan også trenge inn i anlegget ved diffusjon, f.eks. gjennom vanlige plast- eller gummimaterialer eller som resultat av et uønsket «vakuum» (negativt trykk) som kan oppstå i anlegget.

Andre gasser, som f.eks. karbondioksid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) og hydrogen (H<sub>2</sub>), er et resultat av elektrokjemisk korrosjon og biokjemiske prosesser i væsken innvendig i anlegget.

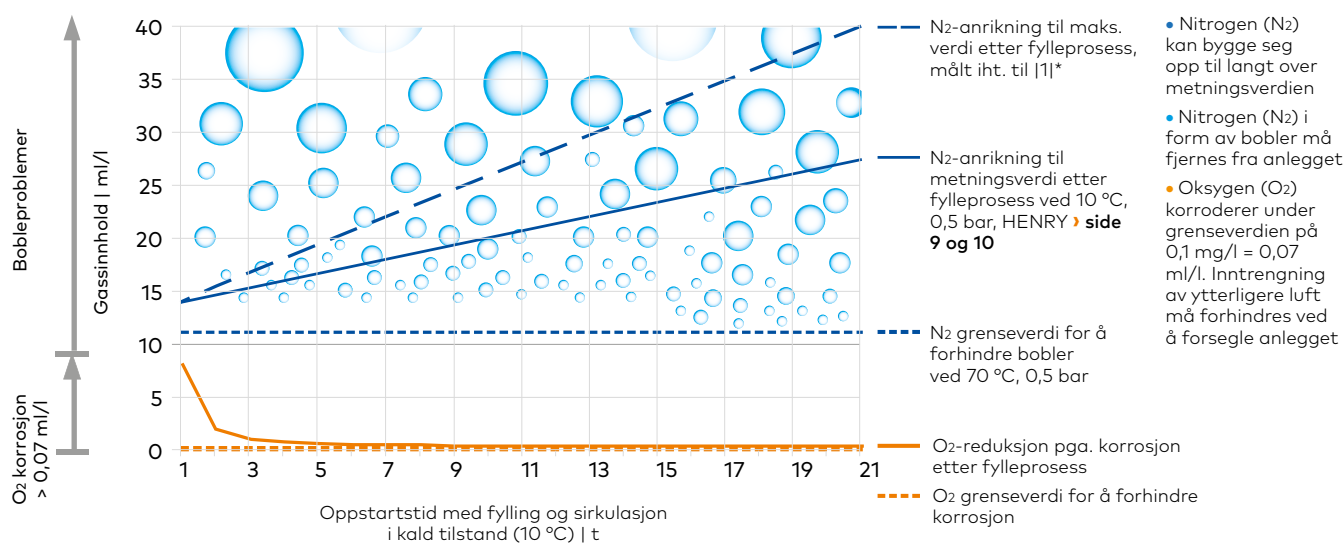
● **Nitrogen** er en stabil gass som samler seg opp som en inertgass når anlegget er fylt og satt i drift. Dette forårsakes ofte av luftrester som blir fanget når anlegget fylles, og som løses opp når trykket øker. I enkelte anlegg er det målt mengder på opptil 40 ml/l. Dette er tre ganger høyere enn naturlig konsentrasjon, og overskrider grensen for løselighet i vann under oppvarmingsfasen. Konsekvensen er frie nitrogenbobler. Det er påvist

at disse er blant hovedårsakene til klassiske «luftproblemer» [1]\*.

● **Oksygen** er aktivt involvert i den elektrokjemiske korrosjonen. I hydroniske systemer med mye stål- og jernmaterialer, vil korrosjon redusere oksygeninnholdet i vannet fra 7,8 ml/l (11,2 mg/l) til 0,07 ml/l (0,1 mg/l) i løpet av noen timer etter fylling av anlegget. Dette tilsvarer grenseverdien for korrosjon på 0,1 mg/l [2]\*. Her

vises klart den høye risikoen med oksygen, samt hvor viktig det er at man unngår inntrengning av luft i varmeoverføringsvæsken i lukkede hydroniske systemer.

Problemene med luft er illustrert i følgende metningsdiagram. Mens **nitrogen** forårsaker problemer med bobler (fri gass), kan oppløst **oksygen** føre til vanskeligheter med korrosjon.

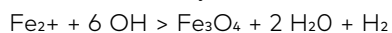


Funksjonsfeil som gir forstyrrende gjennomstrømningsstøy eller manglende oppvarmingskapasitet i de øverste radiatorene, som kan håndteres på kort sikt ved å lufte anlegget men som oppstår gang på gang, er kun observert i lukkede vannbårne varmeanlegg. Slike feil oppstår på grunn av gasser som dannes av korrosjon og mikrobiologiske prosesser i anlegget.

Gassene som produseres her, metan (CH<sub>4</sub>) og hydrogen (H<sub>2</sub>), kan samle seg opp til overmetning og utgjør, bortsett fra luft, den mest vanlige problemårsaken.

**Metan (CH<sub>4</sub>)** indikerer tilstedeværelse av bakterier (f.eks. biofilm).

**Hydrogen (H<sub>2</sub>)** kan dannes i anlegg med stålmateriale som resultat av den såkalte «Schikorr»-reaksjonen:



Sannsynligheten for denne reaksjonen øker med økende temperatur, og for at den skal kunne skje må det være tilstrekkelig oksygen for at jern

skal reagere, men ikke så mye at det dannes magnetitt uten at det dannes hydrogen. I tillegg kan korrosjonsprosesser som  $2 \text{Al} + 2 \text{H}_2 > \text{Al}_2\text{O}_3 + 2 \text{H}_2$  (dannelse av aluminiumsoksid) eller  $\text{Al} + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{NaOH} > \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3/2 \text{H}_2$  (dannelse av aluminat) frigjøre hydrogen. pH-verdien, nivået av bløtgjøring eller demineralisering og stabiliteten til aluminiumskomponenter spiller en avgjørende rolle i å sikre at disse prosessene ikke finner sted.

**Karbondioksid (CO<sub>2</sub>)** tilføres vannet etterhvert som det siver gjennom humuslaget. Det som vannet her plukker opp er karbondioksid produsert under nedbrytning av organiske stoffer. Mengden av oppløst karbondioksid står i direkte forhold til pH-verdien, som synker når CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen øker og øker når CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen synker.

CO<sub>2</sub> reagerer med vann og danner et reaksjonsprodukt, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (karbonsyre), og reduserer pH-verdien i vannet.

\* kildereferanser side 75

# Tilføring av luft og gasser

Tilføring, dannelse og oppsamling av gasser må holdes til et minimum, og gasser som forstyrrer driften må fjernes. Denne strategien må følges gjennom hele anleggets levetid, fra prosjektering og oppstart til avvikling

Et godt eksempel på hvordan gass kan tilføres vannet er utilstrekkelig avluftning når anlegget fylles første gang.

Når et anlegg fylles, vil luft – som er lettere – forskyves av vannet og stige opp til toppen. Hvis avluftning ikke utføres på korrekt måte, vil det samle seg luft i de høyeste punktene. Slik luft kan da løse seg opp i vannet igjen når anlegget settes under trykk. Dette vil resultere i overmetning fordi vannets løselighet, under den påfølgende oppvarmingsprosessen, vil bli redusert og frie bobler vil bli dannet og sirkulere med gjennomstrømmingen. Den oppløste luften i påfyllingsvannet forblir «fanget», og kan f.eks. danne luftputer.

## Årsaker til luftinntrengning og gassdannelse

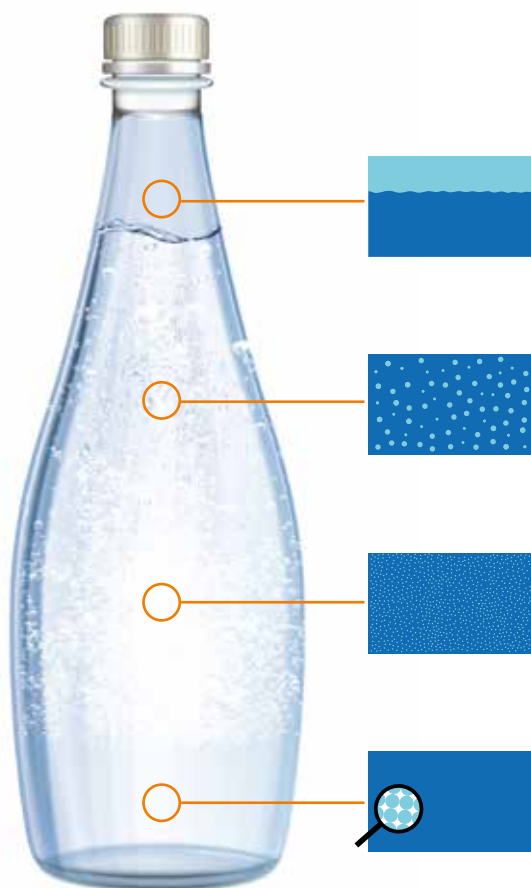
- Luftlommer som resultat av feil eller utilstrekkelig avluftning under innledende fylling og oppstart
- Luftlommer som resultat av mangelfull fylling og avluftning etter konvertering, utvidelse, reparasjon eller vedlikehold
- Vandampdiffusjon gjennom ikke-diffusjonstette komponenter (f.eks. tetninger, plastrør, elastomerslanger), samt kontinuerlig mikrovannlekkasje fra eldre, sprø eller slitte, og dermed lekkende, tetningsmaterialer (flate tetninger, O-ringer i elastomer, pakkbokspakninger) som krever etterfyllingsvann med tilsvarende tilførsel av N<sub>2</sub> and O<sub>2</sub>
- Oksygendiffusjon gjennom ikke-diffusjonstette komponenter (f.eks. i panelvarmeanlegg med uegnede plastrør eller i kombinasjonsanlegg med et stort antall elastomerslanger). Det er også høy risiko for oksygendiffusjon ved kompressor- og pumpebasert trykkvedlikehold der det ikke benyttes butylgummi for membranene i ekspansjonskar. Ettersom diffusjonshastigheten øker eksponentielt med økende temperatur (dobles for ca. hver 10 K), regnes pumpebaserte trykkvedlikeholdssystemer som bruker ekspansjonskar til atmosfærisk avgassing av varmt returvann som særlig kritiske
- Luftinnblanding som resultat av permanent eller midlertidig negativt trykk hvor som helst i anlegget. I et trykkvedlikeholdssystem som er godt designet og installert, består av høykvalitets komponenter og materialer og er riktig drevet, skal det ikke på noe tidspunkt oppstå situasjoner med negativt trykk. De fleste slike tilfeller indikerer defekt trykkvedlikehold. Dette kan skje av en av følgende grunner:
  - Gassfortrykket (p<sub>0</sub>) er for lavt eller for høyt i statiske ekspansjonskar



- Stort fall i innløpstrykk på grunn av diffusjon i statiske ekspansjonskar mellom to vedlikeholdsintervaller (EPDM diffusjonshastighet er ekstremt høy, NBR er svært høy og butylgummi er nesten diffusjonstett)
- Min. driftstrykk (p0) satt for lavt eller feilinnstilt åpningstrykk (pa) i kompressor- og pumpebaserte trykkvedlikeholdssystemer
- Ekspansjonskar er dimensjonert for lite.
- Utilstrekkelig dimensjonering av trykkvedlikeholdspumper eller -kompressorer
- Utilstrekkelig vannreserve i ekspansjonskar
- Sikkerhetsventiler som åpner seg ved nominelt innstillingstrykk eller utilstrekkelig trykkvedlikehold som krever etterfyllingsvann, noe som resulterer i inntrengning av N<sub>2</sub> og O<sub>2</sub>
- Tilførsel av N<sub>2</sub> og O<sub>2</sub> gjennom etterfyllingsvann: oksygen fører til korroderende prosesser, og nitrogen er inert, samler seg opp i anlegget og kan føre til frie gassbobler
- Dannelse av gasser ved korrosjon og mikrobiologiske prosesser i anlegget, noe som kan resultere i oppsamling og mulig overmetning av metan (CH<sub>4</sub>) og hydrogen (H<sub>2</sub>). Sammen med N<sub>2</sub>, er CH<sub>4</sub> og H<sub>2</sub> de mest hyppige årsakene til problemer

## Forekomst av gasser i vann

Gasser i vann kan forekomme som frie bobler eller i en molekylær oppløst form. HENRYs lov beskriver løseligheten. Overmetning av gass ligger over Henry-kurvene (se side 10-11). I dette tilfellet kommer oppløste gasser ut av væsken som bobler. Ved undermetning av gass, blir alle gassene oppløst.



- **Oppsamling av luft på høye punkter i stillestående vann.**

Når et anlegg fylles, vil vann forskyve luften som er lettere og stiger opp. Hvis avluftning ikke utføres på korrekt måte, vil denne luften samle seg på de høyeste punktene. Under trykk kan luften – til en viss grad – løse seg opp i vannet igjen. Dette vil resultere i overmetning fordi vannets løselighet, under den påfølgende oppvarmingsprosessen, vil bli redusert og frie bobler vil bli dannet og sirkulere med gjennomstrømningen.

- **Gassbobler i vannstrømmen.**

Gassbobler bæres med vannstrømmen. I de fleste tilfeller er gjennomstrømningen i rør høyere enn boblenes oppdrift. Utfelling er derfor kun mulig med spesialutstyr som kan fange disse boblene.

- **Mikrobobler er ekstremt små og forekommer i store antall.** Det er nesten ikke mulig å se dem med det blotte øyet. Vannet kan fremstå som melkeaktig hvitt. Boblene føres med gjennomstrømningen på en slik måte at de kun kan fanges opp med spesialutstyr. Større bobler «vokser» hvis det også er faste partikler i vannet. Tendensen med å feste seg til overflater gjør utfellingsprosessen vanskeligere, og øker risikoen for skade.

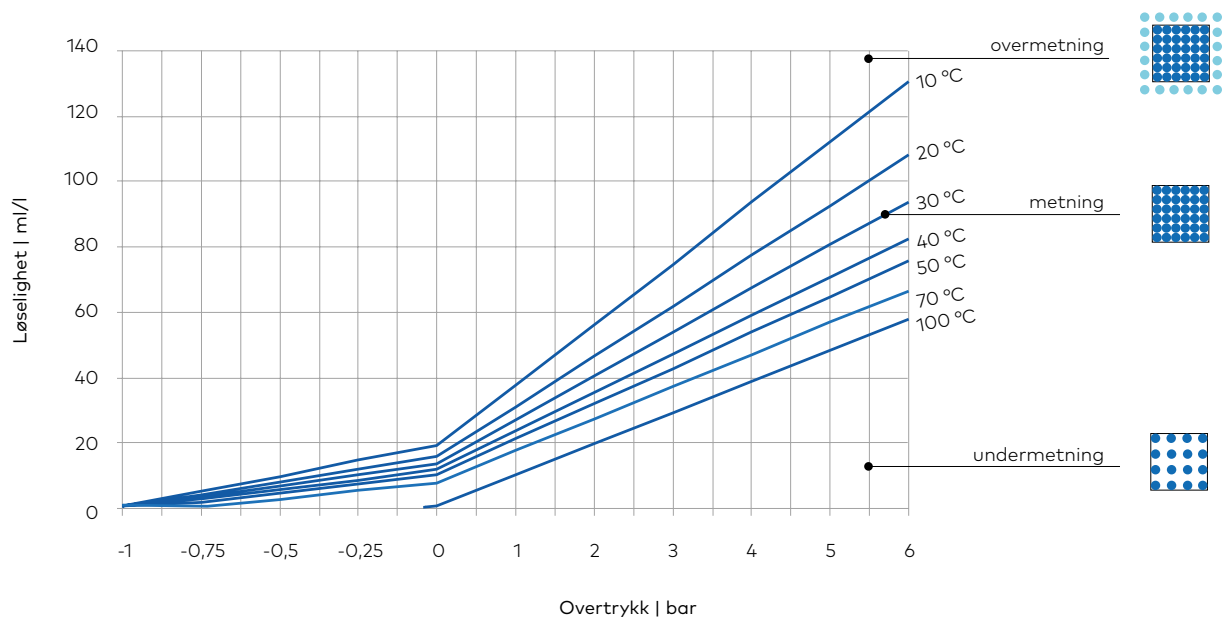
- **Oppløste gasser er usynlige.**

Gassmolekylene er bundet til vannmolekylene slik at de kun kan fjernes ved hjelp av en reduksjon i trykk eller økning i temperatur. På grunn av trykk- og temperaturforskjellene i et anlegg, kan oppløste gasser desorberes til bobler.

# Henry- diagram

Henrys lov viser hvor mye gass som løses opp i vann ved ulike temperaturer og trykk. Høyere temperaturer og lavere trykk korresponderer med lavere gassløselighet.

## Løselighet av nitrogen i vann i henhold til Henrys lov



Hver gass har sitt eget spesifikke Henry-diagram.

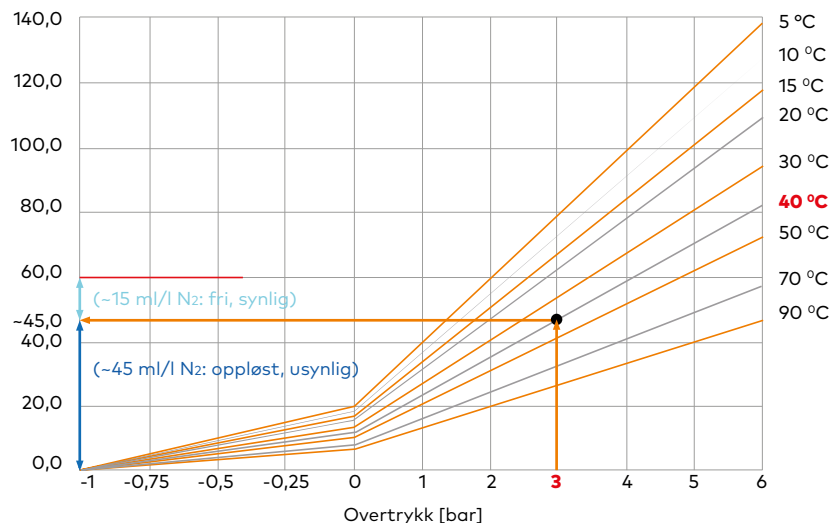
Dette er diagrammet for 100 % nitrogen over vannet, partialtrykk  $N_2 = 1$  bar abs.

Et slikt forhold oppstår vanligvis i lukkede vannkretser, fordi korrosjon gjør at oksygen nesten forsvinner helt og er ikke lenger til stede i gassholdig form.

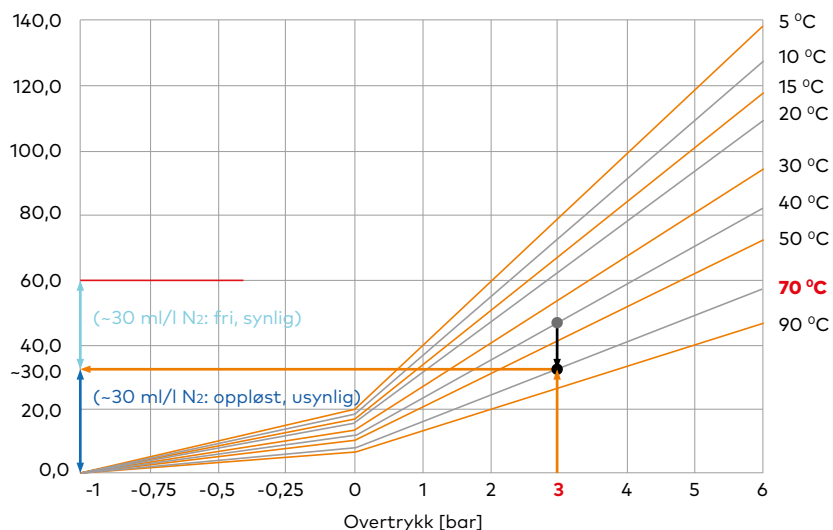
Løselighet for den atmosfæriske metningen er 78 % av diagramverdiene. Dette korresponderer med andelen av nitrogengass i luften, partialtrykk  $N_2 = 0,78$  bar abs.

**Eksempel 1**

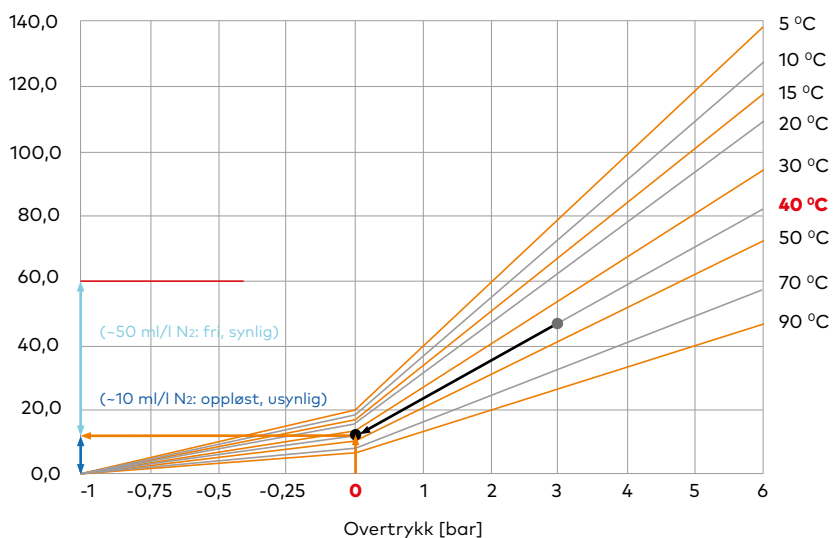
La oss se på et vannbårent varme- og kjøleanlegg med et N<sub>2</sub> innhold på 60 ml/l ved et lokalt trykk på 3 bar og en temperatur på 40 °C. Maks. løselighet for N<sub>2</sub> her er ~45 ml/l, der N<sub>2</sub> forblir i en oppløst og usynlig form – undermetning. Gjenstående ~15 ml/l N<sub>2</sub> er i en fri, synlig form – overmetning.

**Eksempel 2**

Hvis, ved et konstant trykk på 3 bar, væsketemperaturen øker fra 40 °C til 70 °C der ~30 ml/l N<sub>2</sub> forblir i en oppløst form og ~15 ml/l N<sub>2</sub> desorberes til en gassholdig form, vil til slutt ~30 ml/l N<sub>2</sub> være til stede som frie og synlige gassbobler. Mikrobobleutskillere kan skille ut denne mengden gass fra vannet og fjerne den fra anlegget.

**Eksempel 3**

Hvis systemtrykket faller til 0 bar, vil løseligheten til N<sub>2</sub> bli redusert i henhold til linjene for løselighet ved gitte temperaturer. Ved 0 bar systemtrykk og 40 °C vil kun ~10 ml/l av N<sub>2</sub> være i en oppløst, usynlig form. Gjenstående ~50 ml/l med gass kan fjernes med en mikrobobleutskiller.



Trykkbaserte avgassingsenheter bruker pumpe til å senke trykket til et nivå som ligger under det atmosfæriske trykket. Oppløste gasser frigjøres fra væsken i form av mikrobobler, og kan dermed luftes ut til omgivelsene.

# Gassinnhold ved fylling, oppstart og drift av anlegget

Gassinnholdet i et varmeanlegg utsettes for store svingninger i de innledende fasene med påfylling, oppstart og drift.

Følgende tabell viser gassinnholdet som ofte er vanlig i varmeanlegg. Som vist er full avluftning kun mulig etter oppvarming av anlegget, og slik avluftning er noe som ofte ikke utføres i praksis. Dette betyr at nitrogenet som frigjøres fra væsken ved oppvarmingstoppene vil danne gassputer og sirkulere i varmekretsen i form av frie bobler. Som resultat blir energieffektiviteten i anlegget svekket, beskyttende lag eroderer, det er fare for oksygenkorrosjon og forstyrrende gjennomstrømningsstøy kan forventes.

	Gassinnhold i påfyllingsvann	Gassinnhold etter påfylling og avluftning av anlegg [1]*	Under drift ved vanlig strømningstemperatur øverst i anlegget (0,5 bar / 70 °C)
Nitrogen	14,8 ml/l (18,5 mg/l)	~ 40 ml/l (~50 mg/l)	11 ml/l (13,8 mg/l)
Desorbent nitrogen (fri gass)			~29 ml/l (~36,25 mg/l)
	Gassinnhold i påfyllingsvann	Gassinnhold etter påfylling og avluftning av anlegget de første timene før korrosjon har startet [1]*	Under drift
Oksygen	7,8 ml/l 11,3	~14 ml/l (~20 mg/l)	< 0,07 ml/l (< 0,1 mg/l)
Oksygenkorrosjon-avsetninger			~64 mg hematitt eller ~71 mg magnetitt

\* kildereferanser side 75



# Smuss og slam i vannet

Smuss og slam er uunngåelig i vannbårne varme- og kjøleanlegg, uansett om de er av nyere eller eldre dato



## Årsaker før idriftsetting:

- eksisterende smuss og slam i rør og komponenter
- gjenværende ruhet (særlig fra plastrør)
- sveise- og PTFE-rester
- smøremidler og tetningsmasse
- sand og støv
- rester av tilsetningsstoffer og korrosjonshemmende midler
- fremmedlegemer

## Årsaker etter oppstart:

### Korrosjon

Levetiden til vannbårne varmeanlegg er svært avhengig av levetiden til metalliske og ikke-metalliske materialer brukt som del av installasjonen. Når det gjelder metaller, er det oppbygningen og bevaring av de tynne beskyttende lagene med metalloksider på overflaten som er avgjørende da det er dette som hindrer korrosjonsprosesser.

### Hva er korrosjon?

I utgangspunktet vil korrosjonsprosessen stoppe opp dersom det beskyttende laget er av god kvalitet. Den optimale motstandsevnen til de forskjellige materialenes beskyttende lag er avhengig av ulike kjemiske forhold, og det er derfor enkelte materialer (f.eks. jernholdige) beskytter mot korrosjon. Kobbermaterialer kan enkelt integreres under «normale» forhold. Aluminiumskomponenter krever spesielle tiltak med hensyn til vannkvalitet.

Selve korrosjonen er en elektrokjemisk prosess i såkalte korrosjonselementer, og beror på lokale avvik i materialet, de beskyttende legene og de vannkjemiske forholdene. Desto større avvikene er, desto sterkere er korrosjonselementet (korrosjonspotensialet) og desto større er risikoen for lokal korrosjon. Jevne forhold fører til overflatekorrosjon, og denne kan være lav nok til å oppnå normal teknisk levetid. Resultatet er tap av materiale. I (lukkede) varmeanlegg er utfordringen i hovedsak våt korrosjon.

Korrosjonshastigheten påvirkes også av varmemediumets elektriske konduktivitet (LF). Lav LF forhindrer korrosjonsstrøm, mens høy LF (lav elektrisk motstand) tilrettelegger for korrosjonsprosesser.

Beskyttende lag kan bli skadet av kjemiske og fysiske prosesser. For eksempel kan for lav pH-verdi gjøre at de beskyttende lagene løses opp, og for mye oksygen kan «forstyrre» dannelsen av de vanlige beskyttende lagene (se VDI 2035 del 1, 03/2021, avsnitt 6). Hvis de beskyttende egenskapene blir fjernet gjennom mekanisk (f.eks. vibrasjoner eller overdreven gjennomstrømning) eller termisk (alternerende) belastning, er korrosjonsbestandighet ikke lenger til stede og materialet vil korrodere lokalt. Defekter i beskyttende lag kan korrodere svært raskt hvis store områder i miljøet rundt er beskyttet og det kun finnes små aktive korrosjonspunkter. Dette gir konsentrert korrosjonsstrøm der defekten er lokalisert, noe som vil føre til groptæring.

Ikke-metalliske materialer svikter vanligvis pga. feil håndtering under installasjon (f.eks. for lavt kontakttrykk for tetninger), svekket forlengelse eller overstrekking av polymer (som termoformet som metaller), kjemisk påvirkning (f.eks. varmemediumets pH-verdi er for høy) eller uheldig valg av materialer.

#### Hva er rust?

Rust er en kjemisk forbindelse av jern og oksygen. Rustdannelse forårsakes av oksygen, fuktighet, avgasser (svovel), syrer og alkalier. For eksempel kan stålrør som ligger på lager eller er under montering bli påvirket av luft og dermed ruste.

## Forskjellige typer korrosjon og prosesser som virker inn på varmeanlegget

#### Lekkstrøm

Oppstår fra likestrømkilder. Installasjoner og underjordiske rørlinjer og tanker kan forårsake skade på kort tid. For eksempel kan 1 mA ødelegge ca. 10 gram med jern (Fe) innen ett år. Jordingsledere og utjevningsforbindelser installert av spesialist kan løse dette.

#### Spaltekorrosjon

Dårlig «forsegling» av tetningspunkter og ledd kan forårsake spaltekorrosjon. Ulik fordeling av oksygen kan være årsaken.

#### Spenningskorrosjon

Denne typen skade oppstår når mekanisk belastning på systemkomponenter fører til sprekke dannelse. For eksempel kan strekkspenning oppstå som resultat av konstruksjon (sveising, bøyning, maskinering osv.) eller drift (trykk, temperatur, bevegelser osv.). I installasjoner av rustfritt stål, kan det også oppstå sprekke dannelse under enkelte forhold dersom det er strekkspenninger og kritiske kloridverdier til stede. Dette kan løses ved at man under konstruksjon av anlegget sørger for korrekt montering av rørledninger, ekspansjonsskjøter og eventuelle apparater og sikrer at disse gir rom for ekspansjon.

#### Erosjonskorrosjon

Erosjon oppstår vanligvis på steder med høye strømningshastigheter og i avbøyninger (f.eks. rørbend). Desto mindre rørdiameter og mindre bøyeradius, desto større erosjonseffekt. Hvis det er utilstrekkelig avgassing, vil frie bobler sirkulere med vannet og øke risikoen for erosjon.

#### Avleiring fra korrosjonsprodukter

I varmeanlegg skjer avleiring av faste stoffer der strømningshastigheten er for lav til å transportere partiklene videre. Slik avleiring som bygger seg opp kan hindre sirkulasjon.



### Kavitasjon

Kavitasjon beskriver dannelsen og påfølgende implosjon av dampbobler i en væske. Dampbobler dannes når trykket faller til en verdi under væskens metningstrykk. I vannbårne anlegg skjer dette når det statiske trykket faller under metningstrykket på steder med økt strømningshastighet (f.eks. pumpens innløpsåpning, ventilseter og blender). Hvis det statiske trykket øker igjen senere i gjennomstrømningen (nedstrøms trykkstadier i en pumpe, hastighetsreduksjon bak ventilsetet), kan dampboble-implosjon skje svært brått. Materiale i umiddelbar nærhet av dampboblen eroderes av vannet som strømmer inn i dampboblen fra alle sider med en sterk «kalkende» lyd (høyfrekvens mikroskopisk slagvirkning). Gasser oppløst i vannet demper kavitasjonen fordi gassene som desorberes inn i dampboble-området vil ikke brått returnere til en oppløst tilstand når trykket i etterkant bygger seg opp igjen, og fungerer som en buffer for vannet som skyter inn i boblen.

Den mest kritiske komponenten i anlegget med hensyn til kavitasjon er sirkulasjonspumpen. Det statiske trykket ved pumpens innsugningsdel må ikke falle under den pumpe-spesifikke NPSH-verdien da dette garantert vil føre til at kavitasjonsprosesser finner sted i pumpen. I tilfelle av permanent kavitasjon, vil pumpen bli ødelagt etter relativt kort tid. Ventiler kan også bli skadet og til og med svikte som resultat av kavitasjon. For å unngå kavitasjon i ventiler, er den generelle regelen at trykket ved innløpet til ventilen bør være to ganger større enn trykkfallet over ventilen.

### Varmeanlegg som består av forskjellige materialer

Ved bruk av ulike materialer (f.eks. forskjellige metaller, plastrør, elastomerslanger), er det kun minimal risiko for oksygenkorrosjon så lenge oksygeninnholdet i varmemediet ligger under 0,1 mg/l. Oksygeninnhold på 0,02 mg/l og lavere er vanlig i det sirkulerende vannet i korrosjonsbestandige anlegg (VDI 2035 03/2021, del 1).

### Galvaniserte rør

Installasjon av invendig varmforsinkede rør bør unngås. Galvaniserte skruer og muttere kan imidlertid brukes da disse ikke kommer i kontakt med systemvannet.

### Glykol i lukkede kretser

Bruk av frostvæske i varmeanlegg anbefales normalt sett ikke fordi dette gir ekstra investeringskostnader, redusert spesifikk varmekapasitet og økte pumpekostnader sammenlignet med rent vann. Frostvæske skal derfor kun anvendes i anlegg der systemvæsken må beskyttes mot overgang til fast form, f.eks. solenergi eller geotermiske anlegg. Ved bruk av frostvæske i lukkede kretser, må retningsgivende verdier spesifisert av leverandør overholdes. Redusert glykolkonsentrasjon kan føre til at glykloen omdannes til oksalsyre. Dette vil igjen forårsake et drastisk fall i pH-verdi. Resultatet er korrosjon. Videre skal innvendige galvaniserte stålrør og fester ikke installeres i kretser som inneholder frostvæske.





# Konsekvenser, problemer og skader

Rustdannelse som resultat av korrosjon i kjeler, rør og terminalenheter, reduserer varmeoverføringen og øker trykkfallet og væskehastigheten i det hydroniske systemet. Merk at rust gjør at volumet av jern øker, noe som fører til mindre tverrsnittsareal i vannbårne varme- og kjøleanlegg

## Virkinger på innvendig røroverflate omfatter:

- økt ruhet
- redusert innvendig diameter
- direkte korrosjon
- avleiring av korrosjonsrelaterte biprodukter og andre urenheter

På grunn av den økte strømningshastigheten, vil det oppstå erosjon i rør, enheter og ventiler som resultat av sirkulasjon av små luftbobler og slampartikler.

**Magnetitt** er et magnetisk materiale som fester seg til stål. Dette kan gjøre skade på, og selv ødelegge, kritiske komponenter, og da spesielt i høyeffektive våtløperpumper.

Det kan oppstå funksjonsfeil i termostat- og andre reguleringsventiler ettersom magnetitt setter seg på ventilsetet og forhindrer ventilen i å fungere som den skal.

For gulvvarmeanlegg kan rust (f.eks. magnetitt) resultere i at det dannes et belegg innvendig i røret, noe som fører til at varmeoverføringen blir redusert og tilførselstemperaturen må heves. I ekstreme tilfeller kan individuelle varmekretser tette seg fullstendig og dermed svikte.

Filter blir raskt tilstoppet av korrosjonspartikler, noe som reduserer gjennomstrømningen. Den positive effekten av magnetittfiltrering kan dermed gjøre at anlegget svikter. Filter må rengjøres oftere, og dette øker driftskostnadene.





#### **Lekkende radiatorer og systemkomponenter**

Skade på varmeapparater, avleiringer og svekket varmeoverføring som resultat av hindringer kan føre til sprekkdannelse og korrosjonsskade

#### **Blokkerte reguleringsventiler**

Skade på ventilspindler og tetninger

#### **Blokkerte pumper**

Blokkering av og skade på lagre og pakninger i pumper

#### **Tette rør**

Rør som blir tilstoppet av begroing og korrosjonsrester vil medføre økt trykkfall da samme strømningsmengde skal passere gjennom et langt

mindre fritt tverrsnitt, noe som øker pumpens energiforbruk betraktelig.

#### **Varmevekslere**

Et isolerende lag som virker negativt på varmeoverføringen dannes ved varmegeneratorer og punkter for varmeavgivelse, og dette kan føre til varmgang i kjeler og varmevekslere og dermed forårsake skade.

#### **Varmemålere**

Magnetitt bygger seg opp i varmemålere, noe fører til økende grad av unøyaktige målinger opp til det punktet at anlegget kan bli blokkert eller satt ut av drift.



## Gasser

### Sirkulasjonsproblemer

Frie gassbobler kan gi betraktelig svekket sirkulasjon. Kapasiteten til varmeoverføringsvæsken blir redusert – der det finnes gassbobler, kan det ikke finnes vann. Videre kan ustabile strømningsforhold ved gjennomstrømningskritiske og termisk eksponerte steder føre til driftsfeil.

Resultatet er redusert ytelse, eller selv svikt, i pumpen, samt manglende funksjonsstabilitet i reguleringsventiler, og da spesielt ved lav belastning.

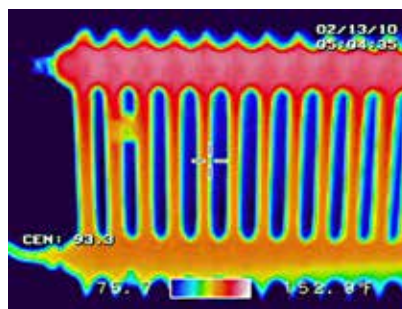
### Støy

Frie gasser gir støy i anlegget. Dette betyr gjennomstrømningsstøy i rørledninger, fester og ventiler, samt «gurglende» radiatorer i de øverste etasjene.

### Redusert varmekapasitet

Gasser kan ha negativ innvirkning på varmeoverføringen. Dette betyr redusert varmeeffekt på grunn av den isolerende virkningen av gassboblene på varmeavgivende overflater.

Ekstrem luftansamling kan føre til svikt i radiatorer i de øverste etasjene, noe som fører til at sirkulasjonen stopper.



Radiator der all luft er fjernet



# Vannkvalitet i henhold til VDI 2035

I henhold til VDI 2035 del 1, 03/2021 vil maks. hardhet for oppvarmingsvann og etterfyllingsvann bestemmes i forhold til effekt og anleggets spesifikke volum: total hardhet står i forhold til spesifisert systemvolum  $v_A$  (systemvolum/laveste kjeleeffekt)

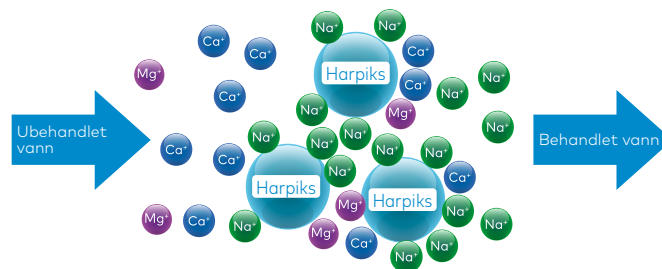
Påfyllingsvann, etterfyllingsvann og oppvarmingsvann i forhold til varmeeffekt			
Total varmeeffekt, kW	Total mengde jordalkalimetaller, mol/m <sup>3</sup> (total hardhet, °dH)		
	Spesifikt systemvolum, l/kW varmeeffekt a)		
	≤ 20	> 20 til ≤ 40	> 40
≤ 50 kW spesifikt vanninnhold varmegenerator ≥ 0,3 l pr. kW b)	ingen	≤ 3,0 (16,8)	< 0,05 (0,3)
≤ 50 kW spesifikt vanninnhold varmegenerator < 0,3 l pr. kW b) (f.eks. varmeelement for sirkulasjonsvann) og anlegg med elektriske varmeelementer	≤ 3,0 (16,8)	≤ 1,5 (8,4)	
> 50 kW til ≤ 200 kW	≤ 2,0 (11,2)	≤ 1,0 (5,6)	
> 200 kW til ≤ 600 kW	≤ 1,5 (8,4)	< 0,05 (0,3)	
> 600 kW	< 0,05 (0,3)	< 0,05 (0,3)	
Oppvarmingsvann, uavhengig av varmeeffekt			
Driftsmodus lav-salt c) inneholder salt	Elektrisk konduktivitet, µS/cm		
	> 10 til ≤ 100		
	> 100 til ≤ 1500		
	Utseende: klart, fritt for avleiring		
Materialer i anlegget	pH-verdi		
uten aluminiumslegeringer	8,2 til 10,0		
med aluminiumslegeringer	8,2 til 9,0		

#### Tilstanden til påfyllings- og etterfyllingsvann

- a) Ved beregning av spesifikt systemvolum i anlegg med flere varmegeneratorer, skal laveste individuelle varmeeffekt anvendes.  
 b) I anlegg med flere varmegeneratorer som har ulikt spesifikt vanninnhold, skal laveste spesifikke vanninnhold gjelde.  
 c) Full bløtgjøring anbefales ikke for anlegg med aluminiumslegeringer.

## Bløtgjøring

I bløtgjøringsprosessen ledes påfyllingsvannet gjennom en ionebytter. Denne inneholder harpiks som absorberer kalsium- og magnesiumioner fra vannet og bytter disse med natriumioner. I motsetning til kalsium og magnesium, er natrium ikke herdende. Som resultat har påfyllingsvannet fortsatt en viss hardhet, men ikke på et nivå som er kalkdannende. Vannets konduktivitet forblir så godt som uendret.



## Demineralisering

Det bør brukes drikkevann som påfyllings- og etterfyllingsvann i varmtvannsanlegg så sant den totale mengden jordalkalimetaller oppfyller kravene i tabellen over. Når vannkvaliteten varierer, skal den høyeste verdien anvendes.

Ved demineralisering fjernes alt salt fra påfyllingsvannet. Dette reduserer også elektrisk konduktivitet i vannet, noe som effektivt forhindrer korrosjon. De oppløste (dissosierte) ionene fjernes ved hjelp av spesielle kation- og anionharpikser. Disse absorberer ionene som er oppløst i vannet og frigjør tilsvarende mengder andre ioner med samme ladning som vann.

Kationer oppløst i vannet (f.eks.  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Na^+$  og  $K^+$ ) byttes ut med  $H^+$  ioner ved hjelp av kationharpiksen, og anioner (f.eks.  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ , og  $SO_4^-$ ) byttes ut med  $OH^-$  grupper ved hjelp av anionharpiksen. Resultatet er rent, helt avsaltet vann.

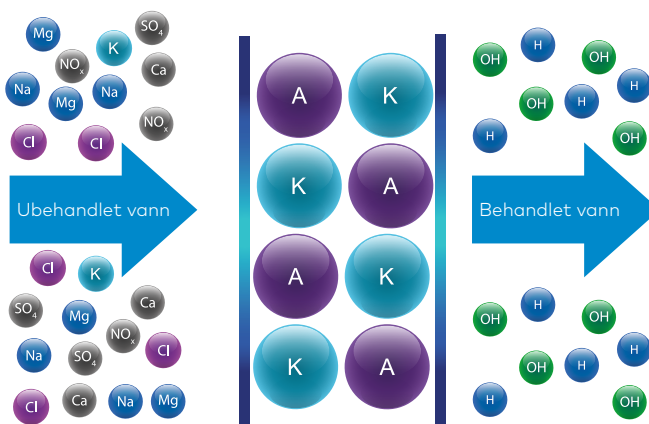
Hvis ionebytterharpikser er mettede (utladete), kan de reaktiveres ved å reversere fyllprosessen med egnede regenereringsmidler fra produsent.

Demineralisering av påfyllingsvannet ved hjelp av harpikspatroner kan redusere elektrisk konduktivitet til under  $10 \mu S/cm$ . I praksis øker elektrisk konduktivitet raskt i anlegget og stabiliserer seg på verdier under  $100 \mu S/cm$  (lav-salt driftsmodus).

pH-verdien i påfyllings- og etterfyllingsvann ligger normalt sett rundt pH 7,0 og dermed godt under anbefalte pH-verdier for sirkulasjonsvann i varmeanlegg. Siden pH-verdien til oppvarmingsvannet vanligvis øker i løpet av de første ukene med drift på grunn av sin selv-alkalisering, er alkalisering av påfyllings- og etterfyllingsvannet ikke nødvendig hvis pH-verdiene er for lave.

## Nødvendig pH-område for ulike materialer

- pH-verdien bør være innenfor et alkalisk område på mellom pH 8,2 og pH 10,00 for å unngå korrosjon.
- pH-verdien virker inn på metallers naturlige beskyttende oksidlag som reduserer korrosjon.
- Ved bruk av aluminiumskomponenter (varmevekslere, kjeler, radiatorer) i lukkede vannkretser, er det svært viktig med korrekt pH-område slik at skadelige korrosjonsprosesser forhindres. Korrosjonsegenskapene til aluminiumskomponenter er svært avhengig av hvilken type legering de har. Et pH-område på 8,2 til 9,0 bør opprettholdes. Produsentens anvisninger må følges.

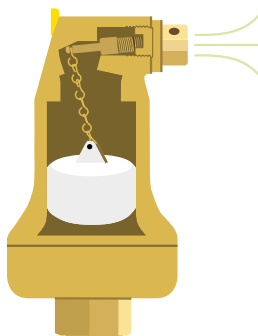


Pleno Refill Demin

# Avluftning og utfelling av frie gassbobler

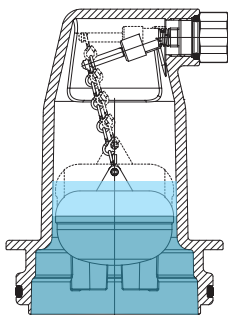
Fjerning av frie gassbobler fra lukkede varmekretser består alltid i å skille den frie gassen fra væsken og føre den inn i en stillestående sone der den samles opp og deretter slippes ut

## Prinsippet med automatiske lufteventiler



Automatiske lufteventiler slipper ut oppsamlede gasser. Vannet må være stillestående. Hvis ikke, vil gassene føres med strømmen og vil ikke nå lufteventilen. I slike automatiske systemer er lufteventilen vanligvis styrt av en flottør. De frie gassboblene stiger først opp forbi flottøren og inn i den øvre delen av lufteventilen, og flottøren synker ned med vannivået. Ventilen åpner seg i en bestemt flottør-posisjon, og den oppsamlede gassen slippes ut til omgivelsene. Når flottøren igjen stiger, blir ventilen stengt. Foretrukne bruksområder er avluftning ved innledende fylling av anlegget, desentralisert lufting av radiatorer og lufting ved tømning.

## Essensielle kvalitetsegenskaper hos automatiske lufteventiler



For å garantere at den automatisk lufteventilen fungerer perfekt til enhver tid, er det fundamentalt viktig at slam og vann holdes unna ventilens utløp selv ved høye trykk. Med Zeparo oppnås dette ved å opprettholde tilstrekkelig avstand mellom vannoverflaten og ventilens utløp, og også ved hjelp av sperreplantene under flottøren som forhindrer at vann kommer fossende opp i lufteventilen for raskt.

I tillegg er det svært viktig at flottøren har stabil støtte i et tilstrekkelig stort og strømningsregulert kammer.

Tilstrekkelig størrelse på tilkoblingen til anlegget er nødvendig slik at selv store gassbobler kan stige opp og inn lufteenheten uten å sette seg fast i innløpet som resultat av kapillarkrefter. Selv med kompakte lufteventiler bør en dimensjon på en halv tomme være minimum.

## Problemer med lufteventiler når essensielle kvalitetsegenskaper mangler

Årsaken til at det oppstår lekkasje i luftutskillere er for kort avstand mellom lufteventilen og vannivået, noe som resulterer i at vanntåke fra luftboblene setter seg på lufteventilen når disse bryter gjennom vannoverflaten. Da denne vanntåken også inneholder oppløste salter, blir det dannet avleiringer og ventilen begynner å lekke.



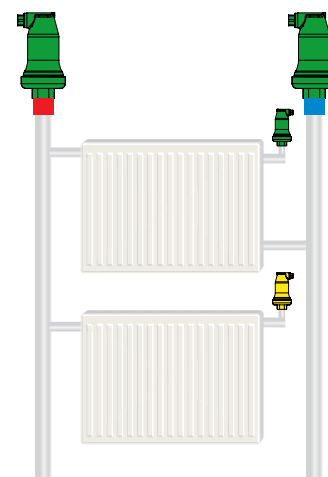
Eksempler på lufteventiler av lav kvalitet som raskt begynner å lekke på grunn av dårlig oppbygning

## Plassering av lufteventiler

Automatiske lufteventiler bør installeres på høyeste punkt av hvert stigerør i anlegget, og på alle steder der det kan samle seg luft. De bør monteres vertikalt, og med tilkobling nede for å sikre korrekt drift og effektiv innledende avluftning.

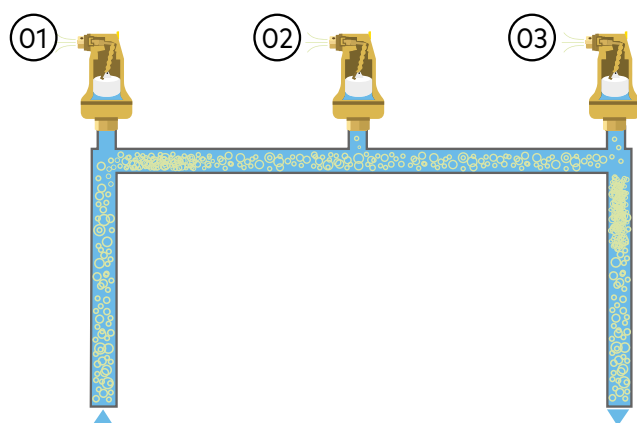
Etter førstegangs fylling og avluftning, bør anlegget varmes opp slik at ytterligere oppløste gasser kan desorberes og – når sirkulasjonspumpen stopper – stige opp som frie gassbobler til lufteventilene der de kan slippes ut til omgivelsene.

Lufteventiler kan også monteres på radiatorer, og skal da plasseres på høyeste nivå for å muliggjøre lufting.



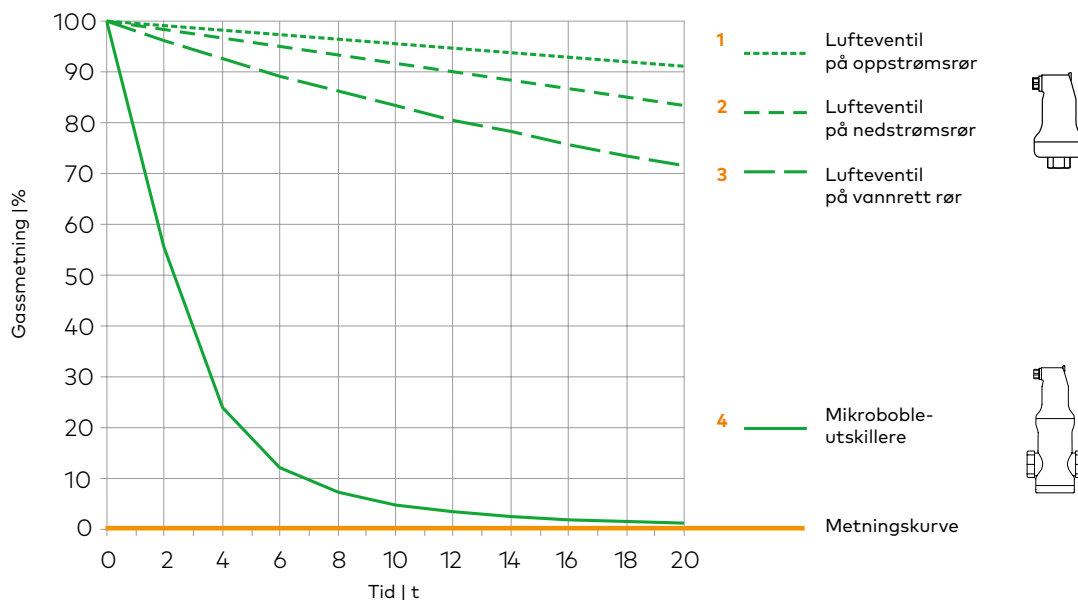
- Ideell plassering
- Akseptabel plassering

### Lufteventil for avluftning under drift



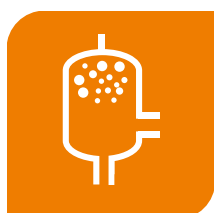
- 01 Dette er verste scenario der nesten alle boblene føres videre med vannstrømmen.
- 02 Kun noen få bobler finner veien inn i lufteventilen. Utfellingseffektiviteten er lav og kun relevant ved  $d/D \approx 1$  og strømningshastigheter på  $w \leq 0,5$  m/s.
- 03 På grunn av turbulens i rørbendet, er det kun noen få bobler som når lufteventilen. Lufteventiler er svært ineffektive når det gjelder fjerning av luft, og anbefales ikke for avluftning. Mikrobobleutskillere er et langt bedre alternativ.

## Oppnåelig gassmetning med lufteventiler i forhold til utskillere



Sammenligning: oppnåelig gassmetning med avgassingsenheter og utskillere

Følgende prinsipper for utfelling finnes i de forskjellige løsningene tilgjengelig i markedet:



### Redusert strømningshastighet

Klassiske utskillere for luft reduserer strømningshastigheten. Eksisterende bobler kan da stige til overflaten i roligere vann og dermed skilles ut. Disse evakueres ut gjennom en automatisk lufteventil. Utfellingseffektiviteten til disse anordningene er lav da de kun fanger opp store gassbobler. Mikrobobler transporteres videre med vannstrømmen.



### Styreanordninger

En klassisk luftutskiller har sperreplater som er ment å føre boblene til den øvre delen av enheten. Adhesjonseffekten mht. de minste boblene er lav da overflaten er liten.



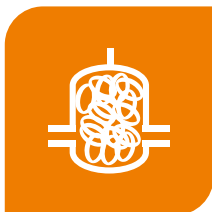
### Sentrifugaleffekt

Vannet kan settes i en roterende bevegelse ved hjelp av tangential innløps- og utløpsstrømning. Med slik roterende strømning har de lettere boblene en tendens til å samle seg i midten og stige opp. Av forskjellige grunner er dette prinsippet vanskelig å realisere ved utfelling av mikrobobler.



### Koalesenseffekt

Dette er adhesjon der de minste boblene fester seg til hverandre. Boblene samler seg opp, klumper seg sammen og kan deretter stige opp. Dette er et fenomen som skjer på spesielle typer ringer (f.eks. porselen eller keramikk) eller på trådduk.



Trådduk har en kombinasjon av turbulente og rolige områder. Boblene kollapser i det turbulente området på undersiden. En utveksling skjer med det rolige området over der boblene gjenoppstår.

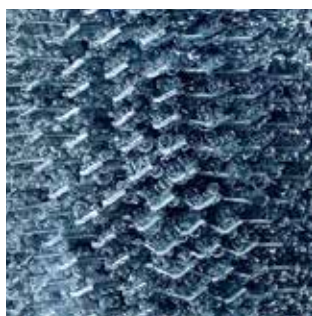


Det finnes flere varianter av trådduk: horisontal eller vannrett, med eller uten sentral kjerne, og i form av en spiral, børste eller sil.

### Spiralform-prinsippet

Denne teknologien fra IMI Pneumatex kombinerer prinsippene over, men uten ulempene:

- Gjennomstrømningsmengden reduseres slik at store bobler kan stige opp veldig raskt.
- Et stort antall skråstilte vinger fører boblene oppover.
- Den spiralformede utskilleren (som har et stort overflateområde) sikrer optimal oppsamling av mikrobobler med sine mange fordypninger og utstikkere.
- Det spiralformede systemet (med oppadgående spiral) lar selv de små boblene stige opp i midtsøylen med lite turbulens.
- Takket være forbedret strømningssteknologi dannes boblene utenfor selve hovedstrømmen.
- Vingene sørger for et stort, rolig område i øvre del av utskilleren som boblene lett kan nå.



## Mikrobobleutskillere

Utskillere for mikrobobler kan ha en svært kompakt design. De egner seg for avgassing under drift. Ulike prinsipper for utfelling kan kombineres for bedre effektivitet. Utskileren har full gjennomstrømning. Gassene skilles fra vannet og frigjøres gjennom lufteventilen.

Mikrobobleutskillere blir mer og mer effektive etterhvert som statisk høyde (Hst) går ned og systemtemperaturen ( $t_{max}$ ) ved installasjonspunktet går opp. Effektiviteten begrenses av statisk høyde (hst) over utskilleren (se tabellen nedenfor).

$t_{max}$	°C	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Hst	mWs	15,0	13,4	11,7	10,0	8,4	6,7	5,0	3,3	1,7

Hst = maks. statisk høyde for effektiv utfelling av mikrobobler ved maks. systemtemperatur oppstrøms for utskilleren

## Zeparo ZUV mikrobobleutskiller



Den profesjonelle løsningen med høy utfellingseffektivitet i en kompakt design.

- Lavt strømningshastighet innvendig i utskilleren lar store bobler stige raskt til overflaten.
- Et stort antall sperreplater i et spiralsystem fører boblene oppover.
- Mindre bobler kan stige opp i midtsøylen med lite turbulens.
- Med sine mange fordypninger og utstikkere har den spiralformede utskilleren et veldig stort overflateområde som bidrar til koalesens av gassbobler, og mikrobobler fanges dermed opp på optimal måte. Koalesens er adhesjon der de minste boblene fester seg til et annet materiale. Boblene samler seg, danner større bobler og stiger deretter opp.



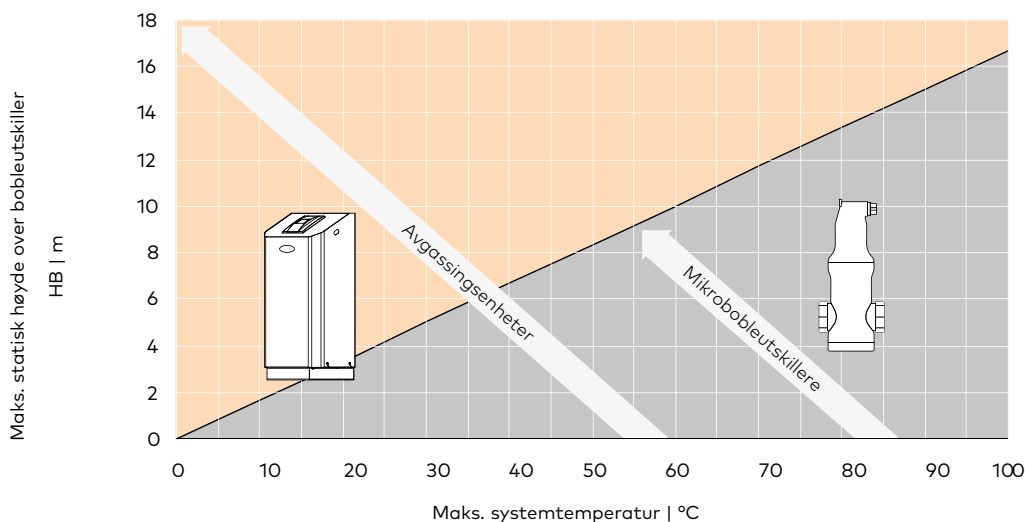
Mikrobobleutskillere kan ikke oppnå undermetning på installasjonspunktet under normale forhold. Men, store deler av systemet som har høyere trykk kan bli absorberende.

Det er to faktorer som avgjør hvor effektiv en utskillerenhet er: effektiviteten til utskilleret elementet og trykkfallet som utskilleren forårsaker.

Et godt utskilleret element sikrer at så mange mikrobobler som mulig fanges opp og fjernes fra varmeanlegget på effektiv måte. I tillegg må utskilleret elementet ikke være til hinder for gjennomstrømningen i anlegget. En mikrobobleutskiller bør fortrinnsvis installeres på det varmeste stedet i anlegget, der mikrobobler frigjøres. Når det gjelder varmeanlegg, vil dette være der vannet forlater kjelen eller platevarmeveksleren.

### Bruksområde for utskillere og trykkbaserte avgassingsenheter

Mikrobobleutskillere er passive anordninger som kun kan fjerne bobler som allerede er til stede i anlegget og føres inn i utskilleren. Ideelt sett bør enheten plasseres der trykket er lavt eller systemtemperaturen høy, som er det stedet der bobler naturlig dannes. Hvis statisk høyde (Hst) overskrides, vil gassene forbli i delvis oppløst form og kan ikke skilles ut på effektiv måte.



Mikrobobleutskillere vil kun fungere helt som de skal under dette nivået. Avgassingsenheter med kapasitet til å fjerne oppløste gasser så vel som mulige frie gassbobler, er løsningen når mikrobobleutskillere når sin fysiske grense.

# Prinsipper for utfelling av oppløste gasser

Avgassingsenheter fjerner oppløste gasser fra vannet når anlegget drives med delvis gjennomstrømning. Prinsippene som benyttes er målrettet temperaturøkning og trykkreduksjon

## Termiske avgassingsenheter

Termiske avgassingsenheter benytter høyere temperaturer til å redusere løselighet. Slike systemer er svært energikrevende og bør kun brukes der det er varmt vann og damp tilgjengelig.

Av denne grunn finner man nesten aldri termiske avgassingsenheter i HVAC-systemer.

Termisk avgassingseffekt på varme kjelevegger kan imidlertid benyttes ved hjelp av en mikrobobleutskiller.



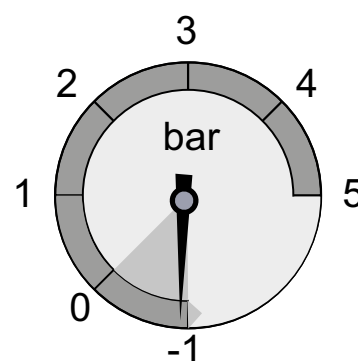
## Trykkbaserte avgassingsenheter

Trykkbaserte avgassingsenheter benytter lavere trykk til å redusere løselighet. Slike løsninger har vært i bruk for avgassing av HVAC-systemer i bygninger i en årrekke. Investerings- og driftskostnadene i forbindelse med slike avgassingsenheter er minimale sammenlignet med termiske avgassingsenheter.



Avgassingsprinsippet:

- Tapp ut en mengde gassmettet vann fra anlegget og reduser trykket. Oppløste gasser vil omdannes til mikrobobler.
- Slipp gassboblene ut til omgivelsene.
- Sprøyt avgasset vann tilbake inn i anlegget.
- Gjennom kontinuerlig gjentakelse av denne prosessen, kan hele vanninnholdet bli kondisjonert til å bli svært absorberende.
- Det skiller mellom enheter for trykkbasert vakuumavgassing og enheter for atmosfærisk avgassing.



Effektivitetsgraden til trykkbaserte avgassingsenheter er avhengig av trykknivået (atmosfærisk eller vakuüm) og hvor effektiv koalesseffekten er (størrelsen på luftbobler).

Trykkbaserte avgassingsenheter kan, avhengig av trykkforskjellen, skille ut oppløste gasser og oppnå en tilstand av gassundermetning på ethvert punkt i anlegget. Teoretisk sett kan man oppnå total undermetning opp til 100 % i vakuümet. Atmosfæriske avgassingsenheter kan oppnå ca. 15 % undermetning. Avgassingseffekten er høyere enn for sammenlignbare mikrobobleutskillere.

I vakuüavgassing blir noe av væsken i anlegget midlertidig utsatt for et vakuüm. Gassene oppløst i væsken blir frigjort, skilt ut og fjernet fra systemet. Den avgassede og absorberende væsken blir deretter pumpet tilbake i anlegget der den kan sirkulere og igjen absorbere gasser. På denne måten kan problemer også bli rettet opp

på steder der gjennomstrømningen er dårlig og overtrykk er begrenset.

Desto større grad av undermetning av oppløste gasser i mediet, desto større bufferevne for gasser som blir tilført anlegget (f.eks. via etterfyllingsvann, under reparasjonsarbeid, ved utvidelse av anlegget osv.).

Hvis vi beregner en grad av undermetning på 10 ml/l, vil et 400 kW anlegg med et vanninnhold på 5 000 liter kunne ta inn et luftvolum på 50 liter uten at det dannes bobler!

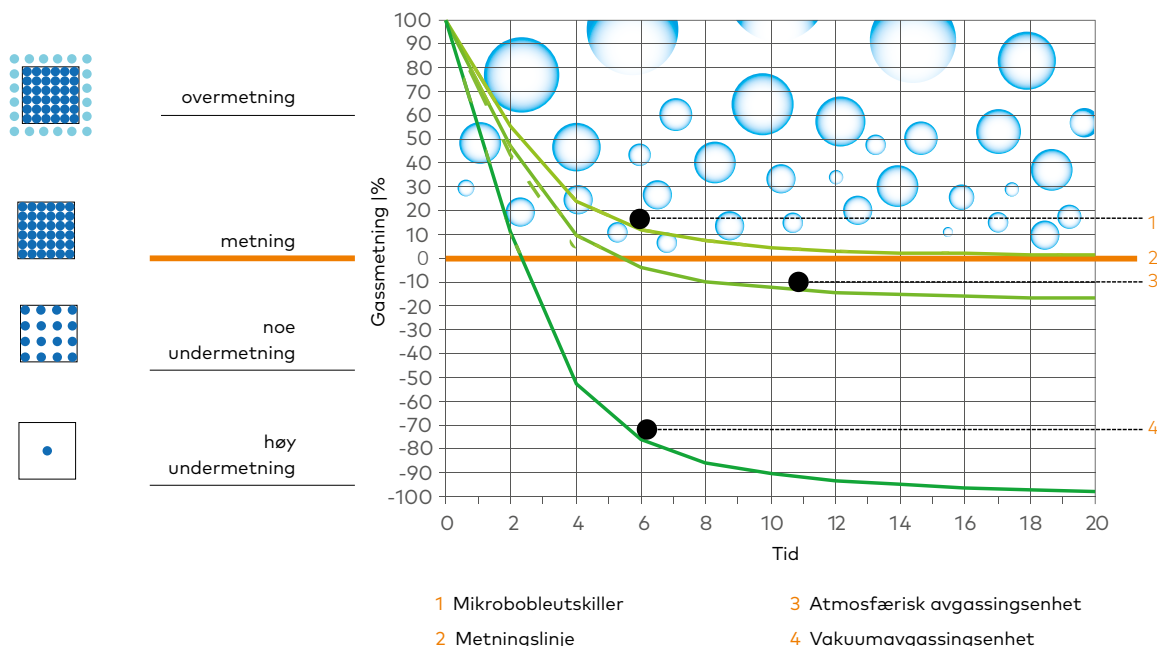
Vakuüavgassing kan gjøre at selv anlegg som er supermettet med gass svært raskt kommer i området for undermetning.

I tillegg kan en slik løsning også sikre avgassing av etterfyllingsvann, noe som reduserer oksygenvolumet betraktelig (vanligvis 60-80 %).

**Vakuüavgassingsenheter er derfor spesielt godt egnet for:**

- Anlegg med mange forgreininger og lav strømningshastighet
- Kjølevannsanlegg der en mikrobobleutskiller kun har et svært begrenset bruksområde på grunn av lave systemtemperaturer
- Anlegg med høyt systemtrykk
- Anlegg med jevnlig og økende behov for vannetterfylling
- Anlegg som ofte forbindes med «luftproblemer» (kalde radiatorer, strømningsstøy)
- Anlegg der gassinnholdet må reduseres raskt
- Anlegg som krever så høy energieffektivitet som mulig, fordi optimal hydraulisk innregulering, optimal sirkulasjonspumpe-ytelse og optimal varmeoverføring kun er mulig uten gassbobler

**Teoretisk oppnåelig gassmetning ved bruk av mikrobobleutskillere, atmosfærisk avgasser og vakuüavgasser**



# Atmosfærisk avgassing

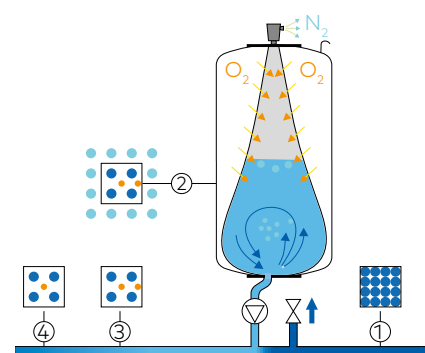
Den enkleste måten å implementere atmosfærisk avgassing er som del av et pumpebasert trykkvedlikeholdssystem med et ekspansjonskar uten trykk

Med pumpen og overløpsventilen, har det pumpebaserte trykkvedlikeholdssystemet allerede de viktigste komponentene som kreves for å realisere atmosfærisk avgassing med delvis gjennomstrømning. I et trykkløst ekspansjonskar, utvider systemvannet seg automatisk til et trykknivå som er lavere enn noe statisk trykk i anlegget. Det er derfor integrering av avgassing ved atmosfærisk trykk er så enkelt i dette tilfellet.

En spesielt kostnadseffektiv og hyppig realisert form for atmosfærisk avgassing utføres direkte via ekspansjonskaret på trykkvedlikeholds-enheten. Det er imidlertid noen svært viktige punkter å ta hensyn til.

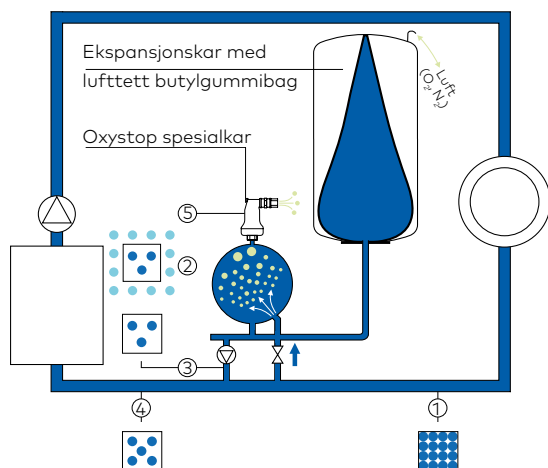
O<sub>2</sub> tilførsel kan kun forhindres med høykvalitets membraner. Hvis ikke, vil anlegget ikke kunne ansees som et lukket system mtp korrosjon.

En ulempe med gjennomstrømning ved høyere temperaturer er at membranens ugjennomtrengelighet for oksygen reduseres eksponentielt og aldri prosessen går raskere. Ekspansjonskar benyttet for avgassing må imidlertid være termisk isolert. Hvis ikke, vil varmetapet over den store kar-overflaten ikke lenger være minimalt.



Oppløst oksygen O<sub>2</sub> ●  
Oppløst nitrogen N<sub>2</sub> ●  
Fri nitrogen N<sub>2</sub> ●

Atmosfærisk avgassing innvendig i ekspansjonskaret med oksygendiffusjon gjennom karets membran



Forbedret Pneumatex-løsning med lufttett teknologi. Ingen avgassing i ekspansjonskaret eliminerer risikoen for oksygendiffusjon

Pneumatex har gjort forbedringer i prinsippet med lufttett teknologi. I dette tilfellet blir ekspansjonskaret ikke brukt til avgassing og har konstant lave temperaturer, uten risiko for oksygendiffusjon. All avgassing utføres i en separat diffusjonstett avgassingsbeholder. Dette, sammen med den lufttette butylgummibagen, gjør at risikoen for høy oksygendiffusjon via ekspansjonskaret elimineres. Samtidig har denne Pneumatex-teknologien for atmosfærisk avgassing blitt erstattet med en langt mer effektiv syklobasert vakuumavgassing.

# Vakuum-avgassing

Ulike teknologier kan benyttes til å skape vakuum og skille ut oppløste gasser fra systemvæsken

Innenfor vakuumavgassing skilles det mellom avgassingsenheter med vakuumdannelse på gassdelen og avgassingsenheter med vakuumdannelse på vanddelen. Sistnevnte har størst markedsandel da både anskaffelses- og driftskostnadene er svært lave.

## **Avgassingsenhet med vakuumdannelse på vanddelen – driftsprinsipp**

Hovedkomponenten i denne avgassingsenheten er en høytrykkpumpe på vanddelen som danner et vakuum i avgassingstanken og fører det behandlede vannet inn i tilkoblet anlegg. Avhengig av design føres vannet inn i avgassingstanken enten i væskeområdet eller gassområdet som dannes av det negative trykket. Avgassingsprosessen består av en

vakuumfase og en spylefase. I vakuumfasen er utstrømningen fra avgassingstanken større enn innstrømningen, noe som skaper negativt trykk. Så snart det er dannet et negativt trykk, vil gassene desorberes fra væsken. I spylefasen er innstrømningen større enn utstrømningen. Vakuomet opprettholdes under det meste av spylefasen, og når denne fasen er ferdig blir den desorberte gassen sluppet ut ved hjelp av overtrykk via lufteventilen.

Hvor effektiv avgassing er vil være avhengig av metoden som brukes da det er denne som avgjør hvor godt mikroboblene som desorberes i vakuomet kan ledes til lufteventilen uten å bli ført tilbake inn i anlegget av pumpestrømmen.

## **IMI Pneumatex syklonbasert vakuumavgassing**

Dagens trykkbaserte avgassingsenheter fra IMI Pneumatex gjør bruk av en unik kombinasjon av sykloneffekt og vakuumavgassing. IMI Pneumatex syklonbasert vakuumavgassing er en ekstremt kompakt, skalerbar og svært effektiv teknologi. Den erstatter spray-whirl-systemet fra Pneumatex som var i produksjon frem til 2015.

### **Hvordan fungerer syklonbasert vakuumavgassing?**

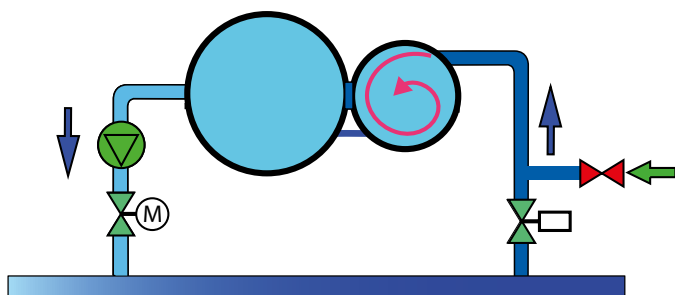
I syklonbasert vakuumavgassing blir en del av systemvæsken overført til en spesiell avgassingstank der den settes under et sterkt negativt trykk. En blende i innløpsrøret begrenser strømningsmengden til under det pumpen kan levere. Dette gjør at de oppløste gassene innvendig i beholderen frigjøres.

Resultatet er en væske som inneholder et stort antall veldig små bobler, og har derfor et melkeaktig utseende. I konvensjonelle anlegg er problemet på dette stadiet hvordan man skiller ut og fjerner disse mikroboblene fra væsken. Det er forskjellige teknologier tilgjengelig, men ingen er spesielt effektive. IMI Pneumatex har derfor kommet opp med en løsning som bruker revolusjonerende syklonteknologi.

I prosessen med å utvikle en smuss- og slamutskiller basert på syklonteknologi, viste det seg at sentrifugalkrefter i Cyclone-utskilleren fikk slampartikler til å bevege seg utover svært raskt, mens luften – som er lettere enn vann – samlet seg i midten.

Dette er et fenomen som er kommet til god anvendelse. Den patenterte syklonbaserte vakuum-avgassingsteknologien samler effektivt de små gassboblene i midten der de raskt danner større bobler som enkelt kan fjernes fra en tank nummer to. Denne metoden ble brukt i en testserie [3]\* i en 1,8 m<sup>3</sup> kjølekrets for å redusere nitrogeninnholdet fra 24,4 mg/l til 9,9 mg/l i det ikke-kritiske området for undermetning innen 6 timer. Vakuumavgassingsenheter som er basert på andre teknologier, bruker ofte dobbelt så lang tid på samme reduksjon.

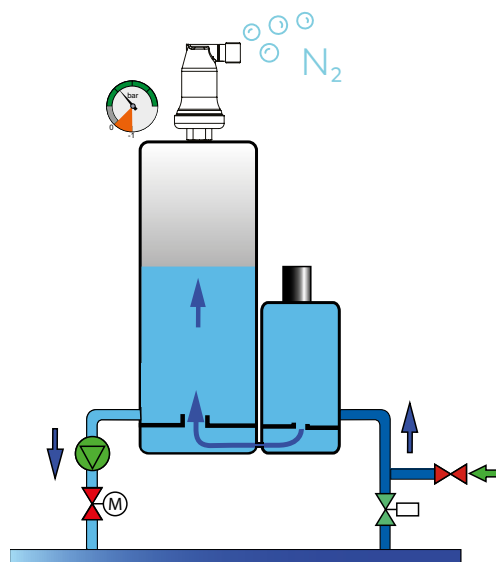
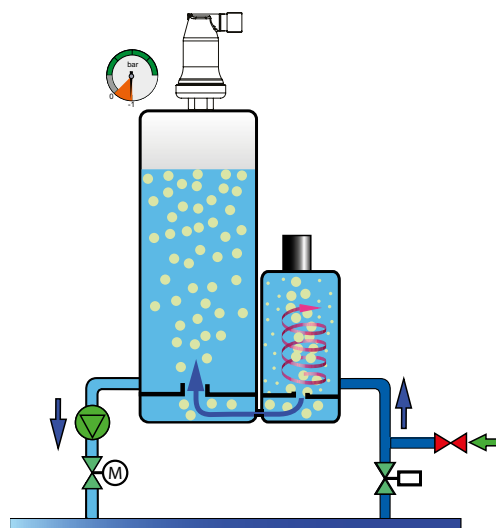
Syklonbasert vakuumavgassingsteknologi er så effektiv at selv vann/glykol-blandinger kan avgasses til svært lavt gassinhold på forholdsvis kort tid. Eksperimenter [4]\* har vist at vakuumavgassingsenheter basert på andre teknologier enten mangler avgassingsevne i sin helhet eller kun oppnår et marginalt resultat med en etylenglykol/vann-blanding.



Sett ovenfra og ned på karet

Avgassingsprosessen styres av en motorisert kuleventil på pumpens trykkside. Gjennomstrømningsmengden varierer fra 0 % til 100 % avhengig av posisjon, og gir dermed et perfekt oppsett for vakuum- og spylefasene. Det er ikke nødvendig å slå pumpen på og av som del av denne prosessen, noe som konsekvent unngår trykkvariasjoner mellom avgassingsfasene og lar pumpen arbeide så godt som slitasjefritt.

Syklonbasert vakuumavgassing skjer i en frittstående enhet i produktserien IMI Pneumatex Vento Connect. Vento Connect kan kobles i parallell for høyere ytelse og kan



Liten syklonbeholder med tangentialinnløp for syklonbasert utfelling av gass

drives med enhver type trykkvedlikehold, enten med frittstående trykkovervåking sammen med statiske ekspansjonskar eller sammen med trykkvedlikeholdsenheter som ikke tilbyr avgassing av anlegg eller avgassing av etterfyllingsvann, som for eksempel kompressorstyrt trykkvedlikehold.

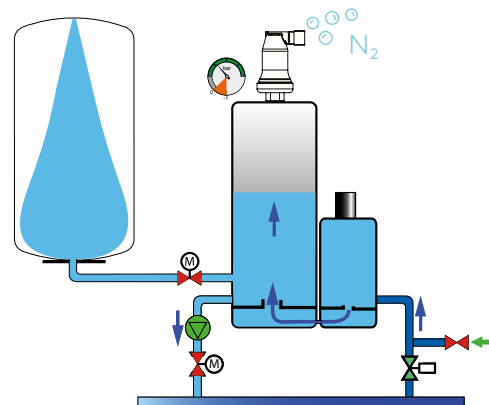
Syklonbasert vakuumavgassingsteknologi tillater bruk av kompakte avgassingsbeholdere som kan integreres i pumpebaserte trykkvedlikeholdssystemer på en enkel og økonomisk måte. Slik integrering har ført til utviklingen av IMI Pneumatex Transfero TV Connect pumpebasert trykkvedlikeholdssystem.

\* kildereferanser side 75

## IMI Pneumatex trykkvedlikehold med integrert syklonbasert vakuumavgassing

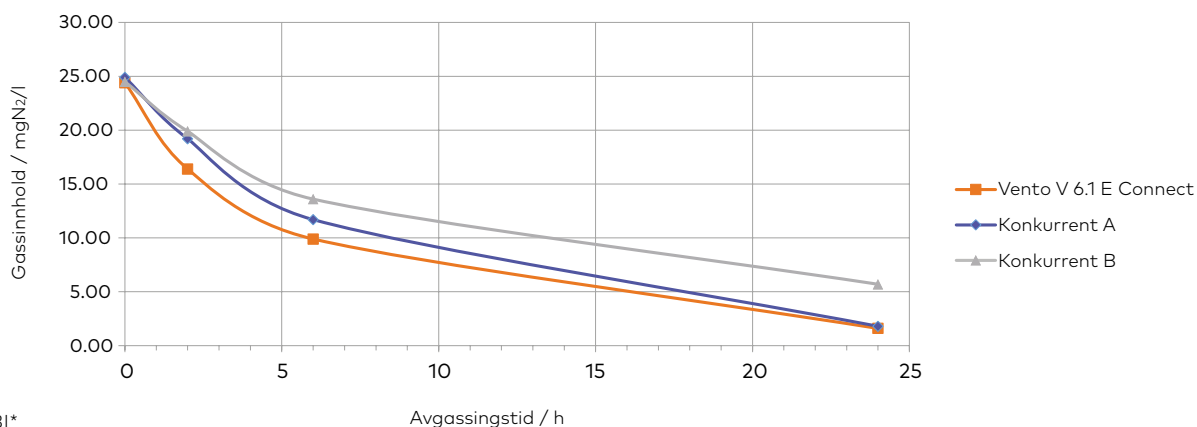
Produktserien IMI Pneumatex Transfero TV Connect demonstrerer vellykket integrering av syklonbasert vakuumavgassing i et pumpebasert trykkvedlikeholdssystem. Den vakuumtette motoriserte kuleventilen mellom det trykkløse ekspansjonskaret og avgassingsbeholderne er det viktigste elementet i denne Transfero-serien, og dermed det som kjennetegner Vento-hydraulikken.

Under avgassing er denne motoriserte kuleventilen gjennomgående stengt, og åpner seg kun for trykkvedlikeholdsfunksjonen. Det sofistikerte kontrollsystemet BrainCube Connect, sikrer at prosessene med trykkvedlikehold, vakuumavgassing, etterfyllingsvann og vannbehandling fungerer som de skal og overvåkes.



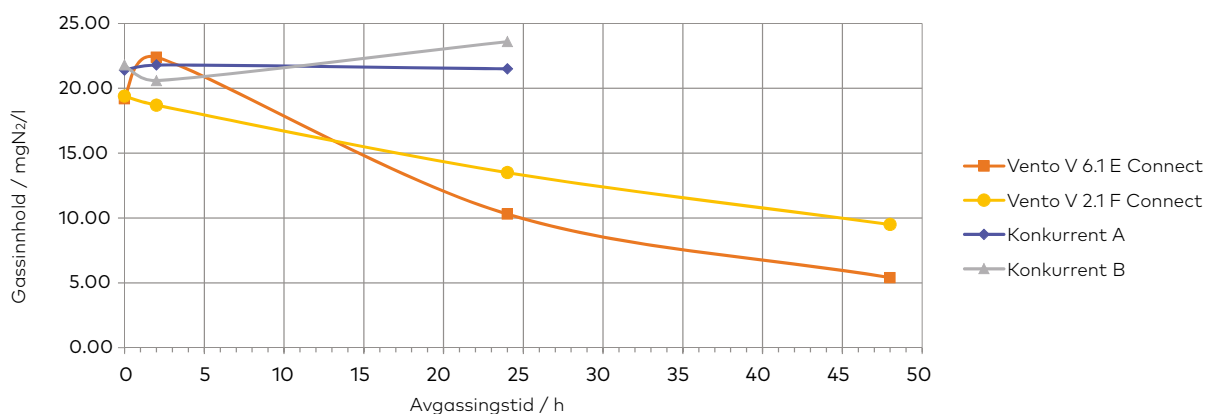
## Gassinnholdsoppløsning for konkrete målinger

### Vakuumavgassing - 1,8 m<sup>3</sup> kjølekrets - vann



Målt i |3|\*

### Vakuumavgassing - 450 l kjølekrets - vann med 25 % etylenglykol



Målt i |4|\*

Tester for konkurrenter A og B ble stoppet etter 24 timer da ingen avgassingseffekt var synlig. Økte måleverdier kan forklares med påfølgende oppløsning av N<sub>2</sub> bobler i kretsen.

\* kildereferanser side 75



## Avgassingsprogrammer

**Eco-auto:** optimalisert gassinnhold avhengig av avgassingsmodus

Enheten måler gassutslippet under avgassingsprosessene og slår seg av automatisk via PSeco-bryteren når gassinnholdet i systemvannet er tilstrekkelig lavt. Gassinnholdet kontrolleres daglig og avgassingsprosessen startes automatisk om nødvendig. Pseco-bryteren for registrering av avgasser er fabrikkinnstilt for å holde nitrogeninnholdet under 8 ml/l. Eco-auto er den mest energieffektive avgassingsmodusen. Derfor er eco-auto fabrikkinnstillingen for Vento / Transfero TV Connect etter oppstart.

**Kontinuerlig avgassing:** reduserer raskt gassinnholdet i systemvannet

Enheten sikrer avgassing av systemvannet på en tidsstyrt og kontinuerlig måte utenfor hvileperioder på nattetid. BrainCube beregner nødvendig varighet for avgassing i henhold til installasjonens størrelse. Beregnet avgassingstid sikrer tilstrekkelig lavt nivå av gassinnhold i anlegget. Gjenstående tid er indikert i BrainCube. Enheten kobler automatisk om til eco-intervall avgassing når kontinuerlig avgassing er fullført.

**Eco-intervall avgassing:** holder gassinnholdet i anlegget på et konstant lavt nivå

Enheten sikrer avgassing av systemvannet på en tidsstyrt måte og i intervaller. BrainCube-enheten beregner pauser og avgassingstid i henhold til systemvolum. Dette sikrer konstant lavt gassinnhold med lavt energiforbruk i hver enkelt installasjon.

**Avgassing ved vannetterfylling:** reduserer gassinnholdet i etterfyllingsvannet med opp til 80 %, og aktiveres automatisk for hver etterfyllingssekvens

## Automatisk test av vakuumtetthet

Enhetene Vento og Transfero TV TecBox er designet for høy vakuumeffekt. Under hver avgassingscyklus vil kontinuerlig vakuumtesting forhindre luftinntrengning som resultat av funksjonssvikt. Hvis vakuumet forstyrres, stopper avgassing automatisk. I tillegg vil Vento/Transfero automatisk utføre en to-minutters presisjonstest på nattetid når avgassingsfunksjonen ikke er aktiv. Den trekker da et dypt vakuum og benytter en toleranse på 0,05 bar for å sjekke om vakuumet er stabilt.

Dette betyr at selv den minste lekkasje kan oppdages, som for eksempel i tetninger med aldriingsforringelse eller i tetningsoverflater med årelang krystallisering.

Hvis vakuumtesten ikke fungerer som forventet, stoppes avgassing umiddelbart og det blir sendt en feilmelding. En slik automatisk test av vakuumtetthet sikrer at Vento/Transfero utfører dyp og presis avgassing av HVAC-systemet.

Dette er en funksjon som en rekke av konkurrentene ikke tilbyr. Uten denne er det fare for at uønsket luftinntak via lekkasjer (f.eks. gjennom en defekt tilbakeslagsventil) ikke blir oppdaget tidlig og resulterer i skadelig oksygenkorrosjon. Dette kan ikke skje med Pneumatex Vento- og Transfero TV-enheter.

# Installasjon av luftutskillere

## Plassering av luftutskillere



Ideell plassering av mikrobobleutskiller



Akseptabel plassering



Uakseptabel plassering



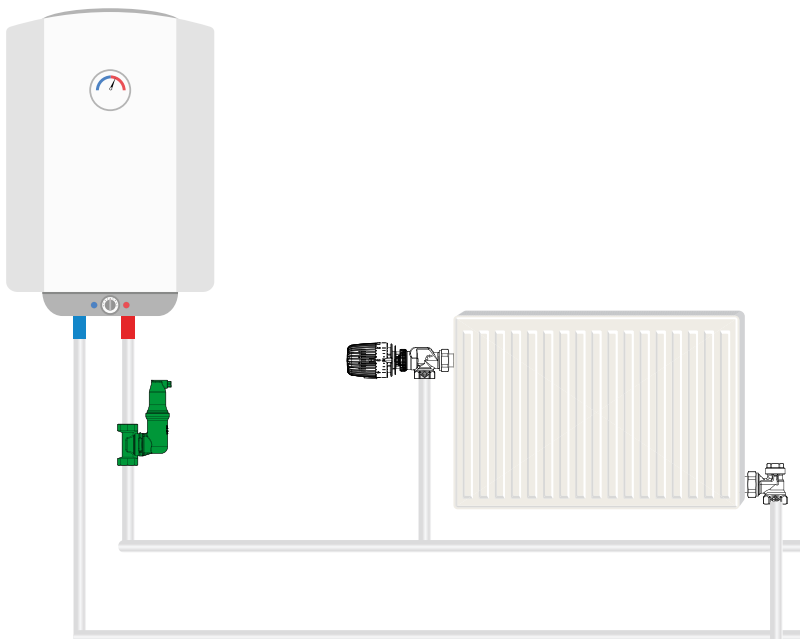
Bruk av Vento syklonbasert vakuumavgassingsenhet anbefales

## Oppvarming

### Små varmeanlegg

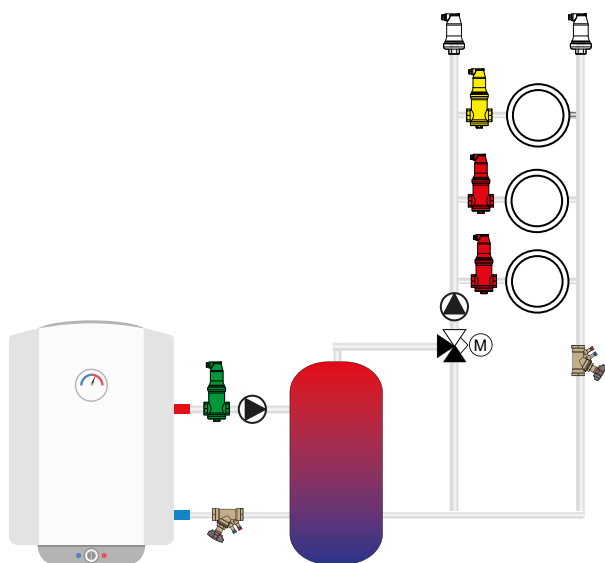
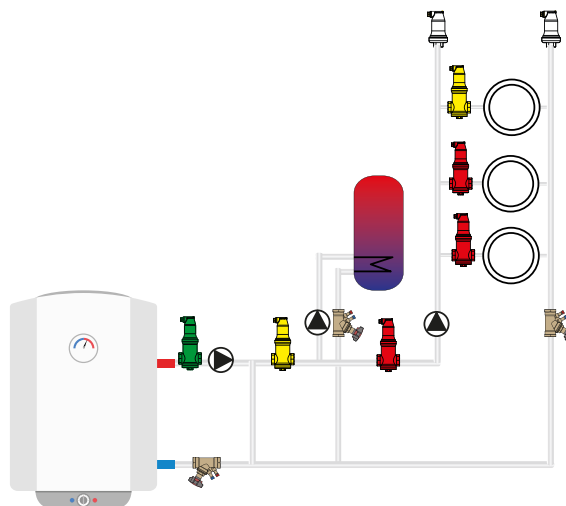
#### Veggmonterte gasskjeler

Den beste plasseringen er turrøret fra gasskjelen. Disse anleggene har lavt statisk trykk, og de høyeste temperaturene forekommer etter kjelens brenner. Fordi det er begrenset plass, anvendes vanligvis Zeparo ZUVL eller Zeparo turntable ZTV.



### Radiatorer

Den beste plasseringen er på tur-røret fra kjelen. Disse anleggene har lavt statisk trykk, og de høyeste temperatuene forekommer etter kjelen. Gjennomstrømningen er variabel etter det hydroniske skille, noe som gjør dette til en god – men ikke ideell – plassering. Det samme gjelder for installasjon på høyestliggende krets, der det er lavt trykk men også lavere gjennomstrømning. Installasjon av mikrobobleutskillere på lavereliggende kretser eller etter blandepunktet er ikke anbefalt da temperaturer der er lavere.

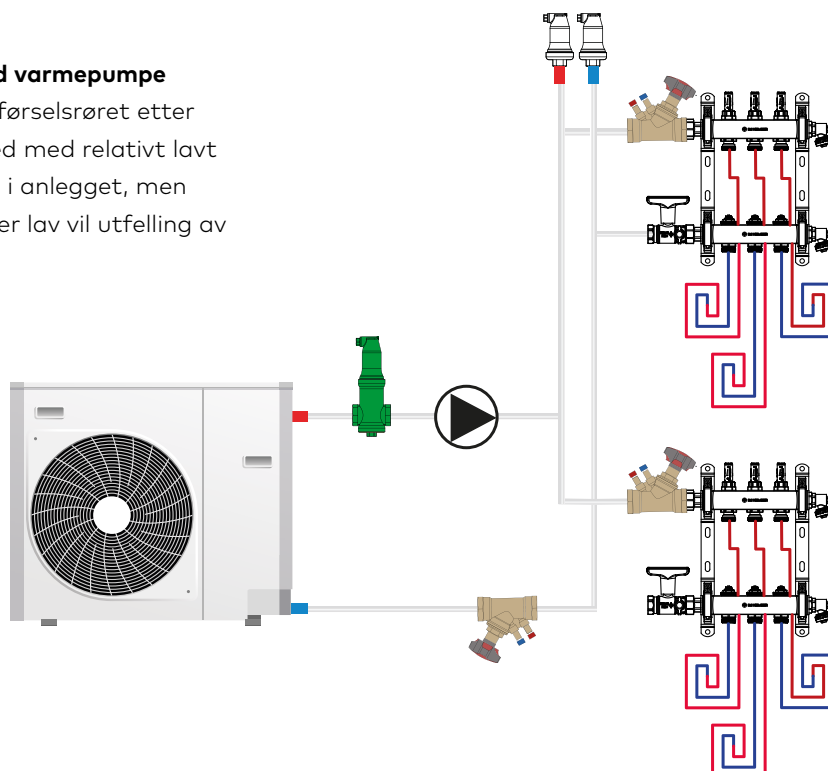


### Radiatorer med varmtvannsbeholder for privatboliger

Her gjelder i prinsippet det samme. På grunn av den høye temperaturen ved tappevann-produksjon og høyere gjennomstrømninger, er plassering etter kjelen anbefalt.

### Lavtemperatursystemer med varmepumpe

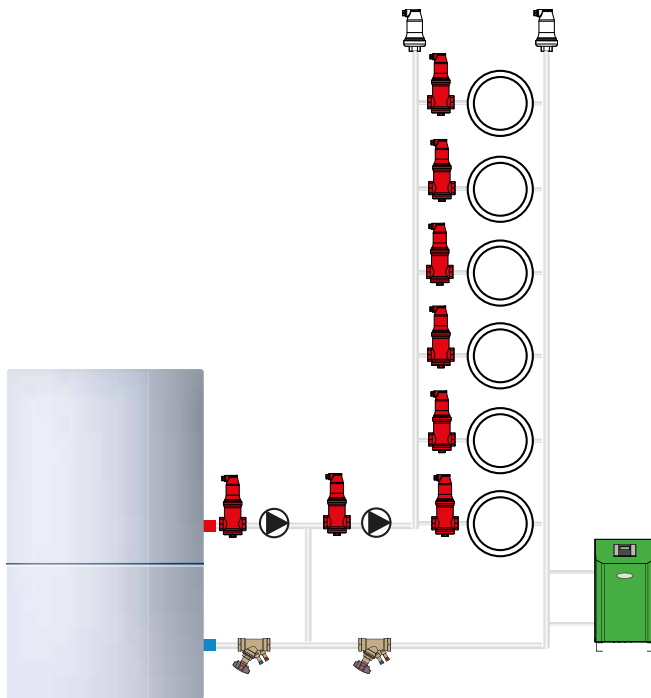
Den beste plasseringen er tilførselsrøret etter varmepumpen, som er et sted med relativt lavt trykk og høyeste temperatur i anlegget, men fordi temperaturen fortsatt er lav vil utfelling av mikrobobler være begrenset.



## Store varmeanlegg

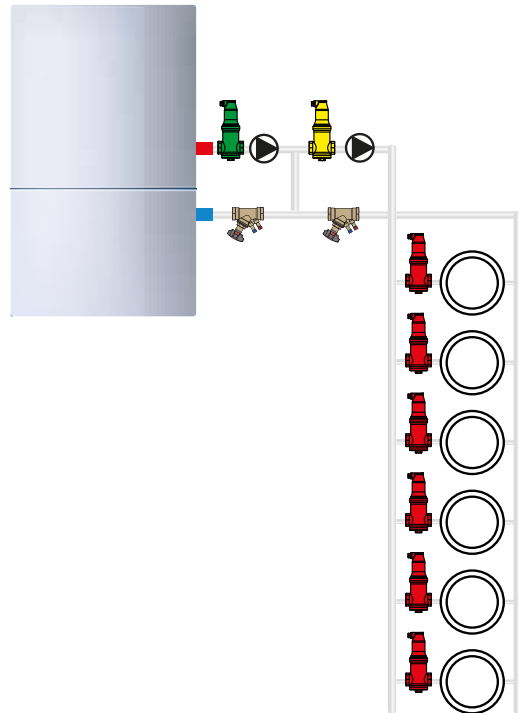
### Anlegg med stigerør

På grunn av det høye statiske trykket i kjellere, anbefales ikke installasjon av mikrobleutskillere. Den beste løsningen er å installere en enhet for vakuumavgassing. Vakuumavgassing kan holde anlegget fritt for luft- og gassproblemer.



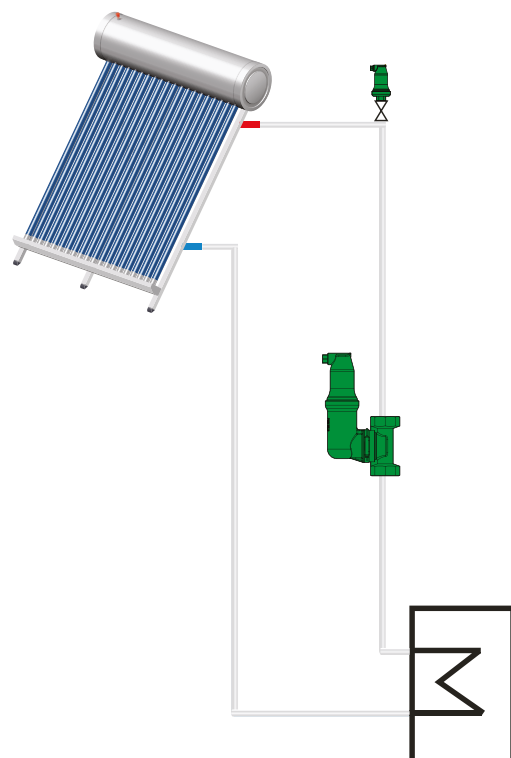
### Anlegg montert på tak

Her er den beste plasseringen tur-røret fra kjelen. Anlegg montert på tak har det laveste statiske trykket, og de høyeste temperaturene etter kjelen. Derfor er plassering etter kjelen ideelt. Det nest beste stedet er etter blandepunktet (reguleringsventilen). Installasjon under dette nivået anbefales ikke. På grunn av det lave statiske trykket i anlegg montert på tak, vil det være mulig å oppnå god utfelling av mikrobobler.



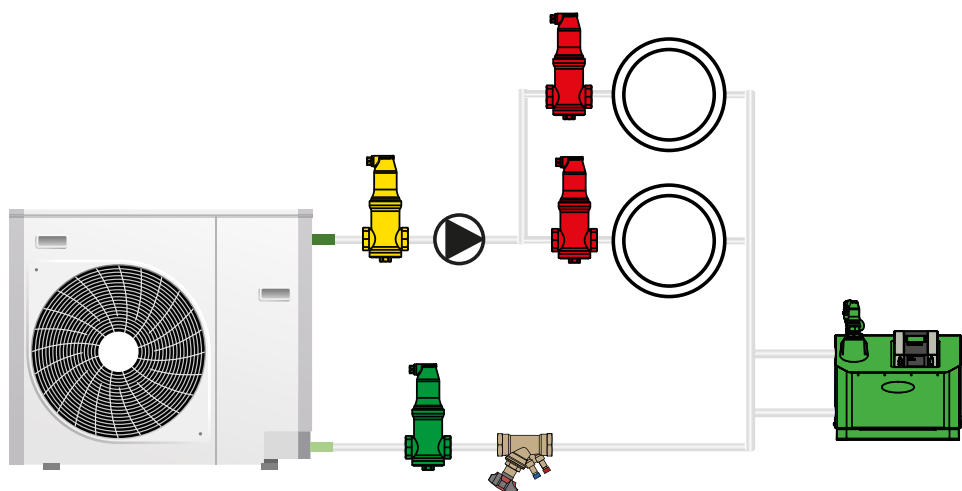
### Solenergianlegg

Solenergianlegg er fylt med blandinger av vann og glykol. Dette gjør utfelling av mikrobobler vanskelige, og det er behov for effektive utskillere. Det beste stedet for slik utfelling er etter solcellepanelet i tilførselsrøret fra taket. På grunn av de høye temperaturene som kan forekomme, må det benyttes en Zeparo luftutskiller av typen ZUVS, som er en spesialversjon med innvendige deler i rustfritt stål.



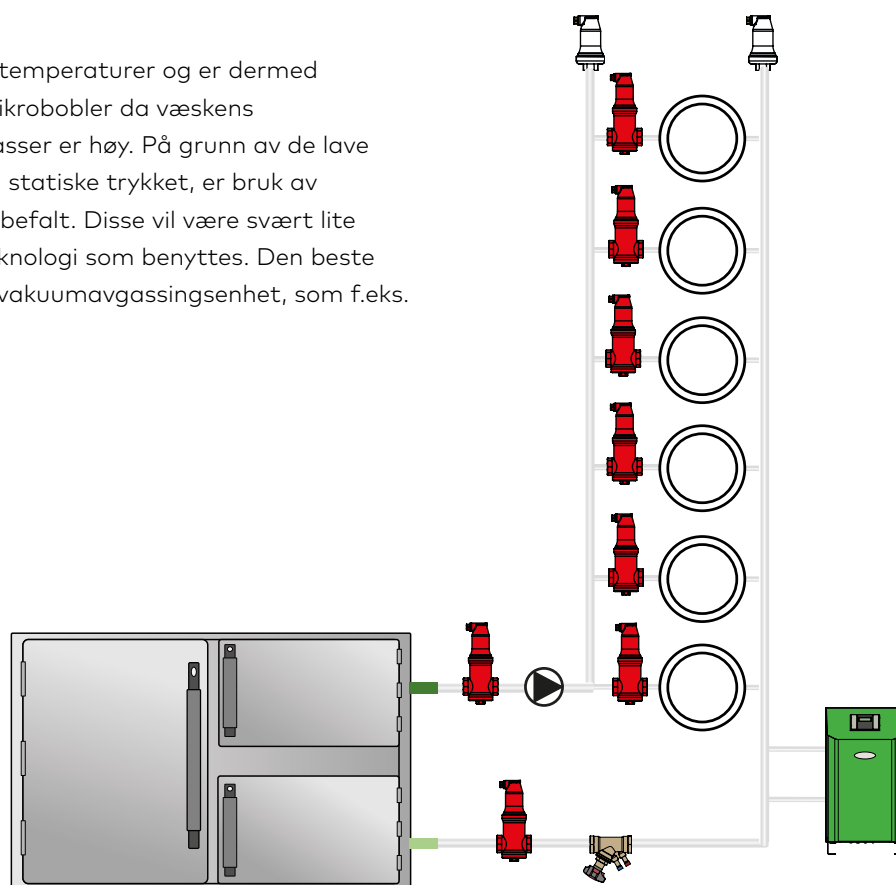
## Små kjøleanlegg

Kjøleanlegg drives ved lave temperaturer og er dermed lite egnet for utfelling av mikrobobler da væskens oppløsningskapasitet for gasser er høy. Det beste stedet for montering av en mikrobobleutskiller er i returstrømmen før kjøleenheten da det er der man finner anleggets høyeste temperaturer. En langt bedre løsning er imidlertid å installere en liten vakuumavgassingsenhet, som f.eks. Simply Vento.

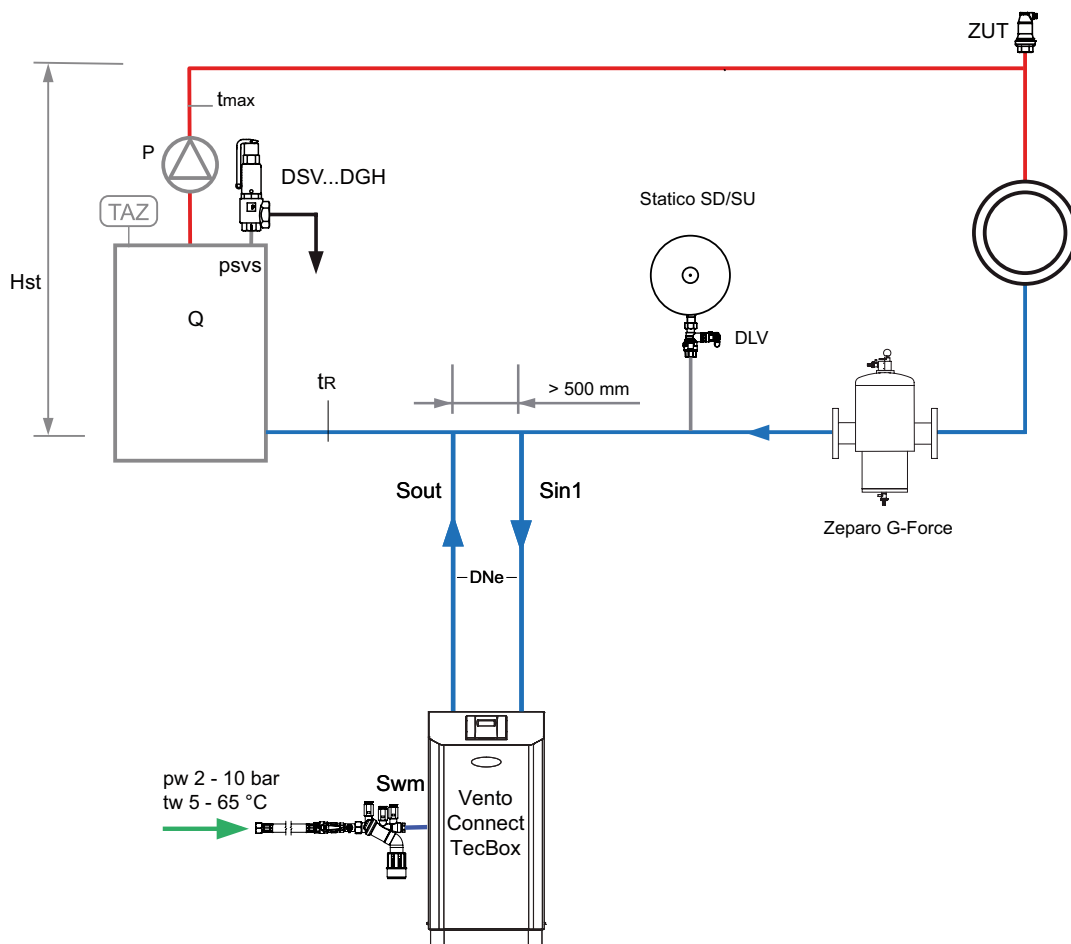


## Store kjøleanlegg

Kjøleanlegg drives ved lave temperaturer og er dermed lite egnet for utfelling av mikrobobler da væskens oppløsningskapasitet for gasser er høy. På grunn av de lave temperaturene og det høye statiske trykket, er bruk av mikrobobleutskillere ikke anbefalt. Disse vil være svært lite effektive uansett hvilken teknologi som benyttes. Den beste løsningen er å installere en vakuumavgassingsenhet, som f.eks. Vento Connect.



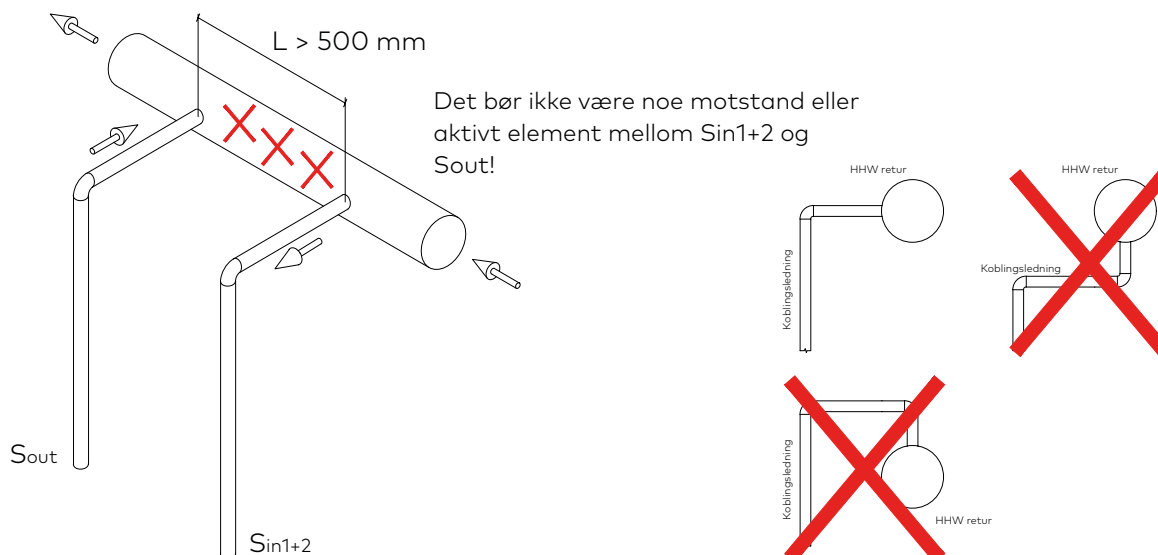
# Montering av vakuump-avgassingsenheter



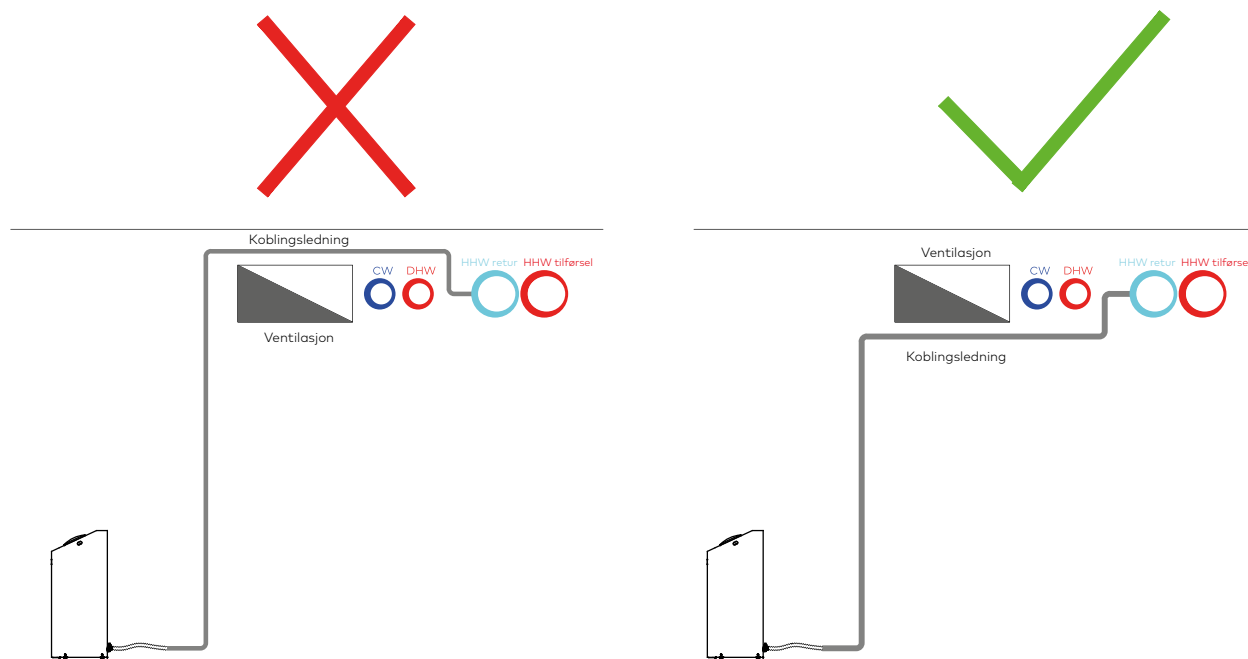
Eksempel på varmeanlegg, returtemperatur  $t_r \leq 90^\circ\text{C}$

Disse enhetene bør fortrinnsvis installeres på innsugningssiden av sirkulasjonspumpen, i nærheten av tilkoblingspunktet for trykkreguleringen i returstrømmen.

Vento må integreres i anleggets hovedledning. Hvis ikke kan det ikke garanteres at avgassing vil være tilstrekkelig. Tilkobling bør gjøres i samme retning som gjennomstrømningen, og i følgende rekkefølge: først til grenen til enhetens innløp, Sin 1, og deretter til returgrenen fra enheten, Sout. Pass på at det er minst 500 mm mellom de to tilkoblingspunktene, og at dette er et rett rør uten utstyr montert mellom anslutningene slikt som filter, slamutskiller eller pumpe osv. Det skal være en rett, tom seksjon av rørsystemet.



Videre må koblingsledninger som er svært lange eller har vridninger unngås. Enda viktigere er det å unngå vertikale sløyfer da disse ofte har luftlommer. Dette gjelder særlig for Transfero TV og Vento V Connect. Hvis dette ikke er mulig, må det installeres lufteventiler øverst på slike seksjoner av rørsystemet.



DNe-koplingen bør være dimensjonert i henhold til diameteren som kreves for vakuumpåvassingsenheter, og bør bestå av fleksible slanger for direkte tilkobling til TecBox. For dimensjonering av koblingsledninger se installasjonsveiledning for Transfero/Vento.

**Ekspansjonskar må ha et minimum volum på 80 l.**

# Slam- utfelling

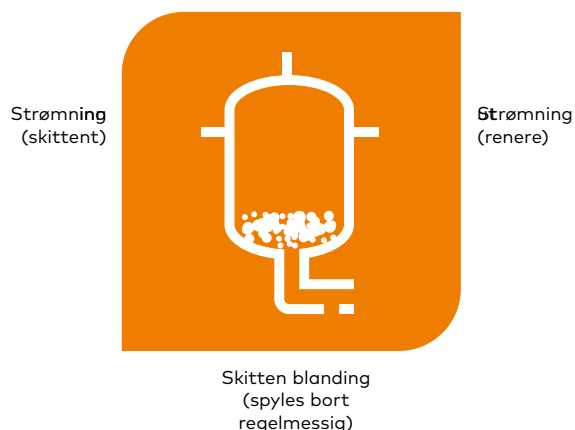
Slam og korrosjonsprodukter kan redusere effektiviteten og levetiden til HVAC-systemer betraktelig

I verste fall kan de føre til full svikt i anlegget etterhvert som komponenter blir skitne og påkrevd gjennomstrømning ikke lenger er mulig.

Smuss og slam kan fjernes fra anlegget ved hjelp av egnete utskillere eller filtre. Det er ulike teknologier tilgjengelig i markedet, men effektiviteten varierer og ytelsen kan være lav.

Smuss- og slamutskillere er anordninger som feller ut blandinger av slam og vann i gjennomstrømningen, og gir:

- en renere strømning ut
- en mer tilsmusset blanding som blir liggende igjen i utskilleren for å bli skyllet bort



## Utfellingsprinsipper for slam og smuss

### Filtrering

Filtrering fanger opp partiklene i systemvannet. En sil eller et tekstil forhindrer at partikler av en viss størrelse slipper gjennom. Filtre er et kompromiss mellom effektivitet og motstand. Effektive filtre resulterer i et svært stort trykkfall, og filtre som gir et akseptabelt trykkfall er enten svært kostbare eller lite effektive.

Avhengig av maskestørrelse kan opp til 100 % av bestanddelene blokkeres, og vi snakker da om siler, filtre og filtrering. Ulempen med denne løsningen er at smusset og slammet generelt sett vil blokkere gjennomstrømningen. Rengjøring er tidkrevende og krever to stengeventiler.

Tilnærmet alle anlegg er utstyrt med sil eller filter for å beskytte utstyr. Siler er ment å fange opp store partikler som kan føre til blokkering eller skade, som f.eks. fremmedlegemer, metallfragmenter, skjøtetape og store korrosjonsflak. (Ingenting av dette skal være til stede i et allerede rengjort anlegg.) Men, siler fanger ikke opp små partikler fra metalloksider, belegg eller bunnfall som bidrar til de svevende faste stoffene som finnes i anlegget. Vanligvis vil elementet i en standard in-line sil enten være en gjennomhullet plate eller en trådduk (hull-/maskestørrelser større enn 0,8 mm).

Det virker mot sin hensikt å benytte en maskestørrelse som er mindre enn det som faktisk er behov for, da dette vil forverre trykkfallet og øke risikoen for blokkering av selve silen hvis den ikke sjekkes regelmessig.



### Forskjellen mellom et filter og en sil

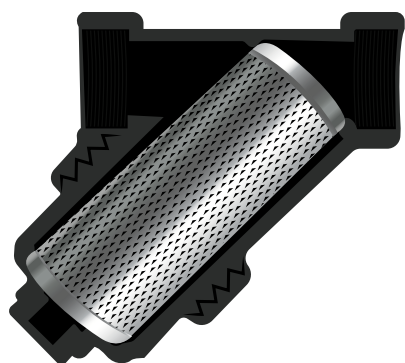
Den største forskjellen mellom sil og filter er størrelsen på partiklene de fjerner. Sil fjerner vanligvis større partikler som er synlige i væsker eller gass, mens filter fjerner forurensende partikler som ofte er for små til å sees med det blotte øyet.

### Er det nødvendig å bruke sil hvis det er installert smuss-/slamutskiller i anlegget?

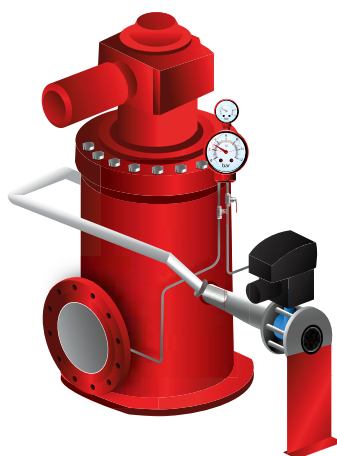
Ja, fordi disse enhetene har forskjellige funksjoner og driftsprinsipper.

Sil kan beskytte alt utstyr installert i HVAC-systemer mot skade og blokkering forårsaket av store partikler.

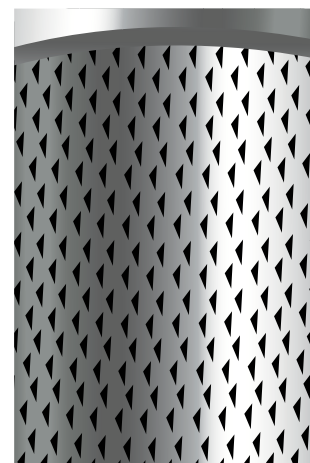
Smuss-/slamutskiller beskytter anleggets komponenter mot avleiringer forårsaket av små partikler.



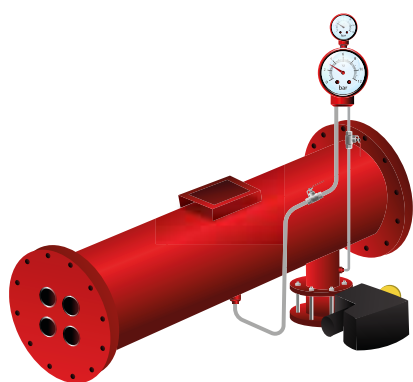
Sil med netting



Automatisk filter



Filterkurv



### Automatisk jet-filter

Et jet-filter er en spesiell type filter. Denne enheten kan tilbakespyles automatisk under drift, noe som gjør den perfekt for kontinuerlig filtrering av f.eks. primærvannet i varmepumpekretser eller kjøletårn. Da det finnes versjoner i rustfritt stål og med forskjellige maskestørrelser (50 µm til 5 mm), er dette en type filter som kan brukes universalt.

## Driftsmodus

Ubehandlet vann føres inn i filterelementene gjennom innløpsportene i patronens oppspenningsplate. Ved å redusere tverrsnittet blir det en proporsjonal økning i aksial strømnings-hastighet i filterelementene på 5 til 7 m/s.

Den ene enden av filteret har en konisk oppsamlingsenhet for slam.

I tråd med Bernoulli-prinsippet, skjer filtreringen av det ubehandlede vannet i siste tredjedel av filterelementene. Det ubehandlede vannet passerer gjennom filterelementene fra innsiden til utsiden. Det rene vannet føres deretter inn i oppsamlerenheten og forlater filteret fra rentvannssiden.

På grunn av den aksiale strømningshastigheten på 5 - 7 m/s i filterelementene, blir smusspartiklene ført inn i oppsamlerenheten. Tilbakespylingsprosessen aktiveres av differansetrykket (trykkforskjellen mellom sidene for ubehandlet og rent vann). I tillegg styres prosessen av et justerbart relé for tidsforsinkelse i det elektriske kontrollsystemet.

### Tilbakespylingsprosessen

Rengjøring av filteret starter med at en motordrevet spyleventil åpner seg. En liten mengde ubehandlet vann vil strømme gjennom tilbakespylingsporten og spyle smusspartiklene fra filterets oppsamlingsenhet. Under denne prosessen vil aksial strømningshastighet i filterelementene øke til opp til 10 m/s. Denne høye hastigheten bidrar også til rengjøring av filterelementene. I tillegg blir det dannet negativt trykk i filterelementene, noe som garanterer at tilbakespylingen skjer fra utsiden og inn med rent vann. Prosessen tar 10 - 20 sekunder, og etter dette stenges spyleventilen automatisk. Når tilbakespylingen foregår fortsetter filtreringsprosessen uavbrutt.

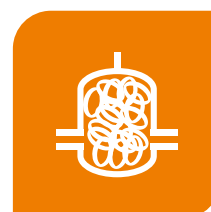
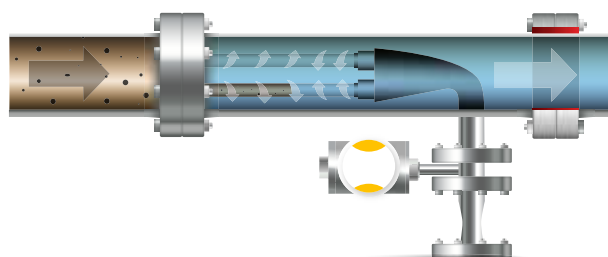
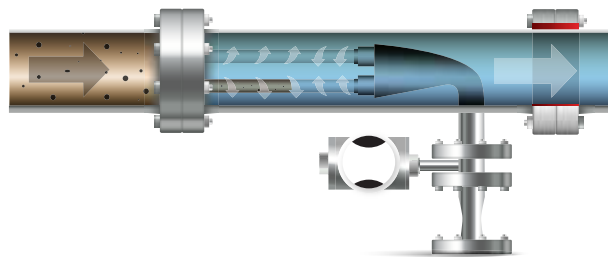
### Sedimentasjon som resultat av tyngdekraft

Klassiske slamutskillere reduserer strømningshastigheten. Smuss og slam synker sakte til bunnen, og det er der utfellingen skjer. Utfellingseffektiviteten til disse anordningene er lav.

Slike utskillere er ofte større kar benyttet i anlegg oppstrøms for varmegeneratorer. Sedimentert slam må imidlertid fjernes regelmessig. Finere slampartikler kan ikke samles opp i disse enhetene. Slike anlegg krever spesialrengjøring og utskylling, og må fylles med behandlet vann.

### Innsatser

Trådduken og andre innsatser, som f.eks. ringer, kommer i flere varianter. De kan være montert horisontalt eller vertikalt, komme med eller uten sentral kjerne og kan være formet som en børste eller sil. Dette forbedrer effektiviteten i forhold til tom enhet, men er ikke optimalt og kan gjøres bedre.



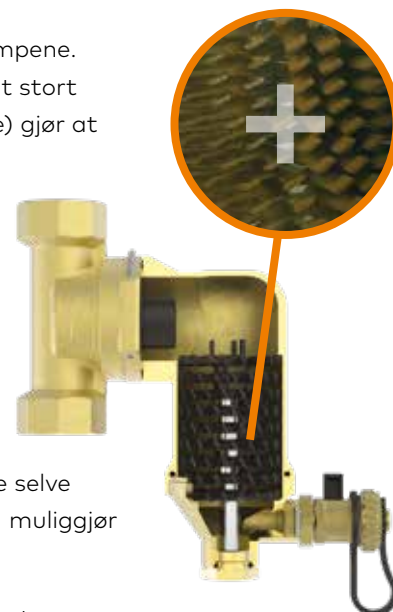
### Helistill slamutfellingsprosess

Dette konseptet kombinerer de tidligere forklarte prinsippene, men uten ulempene. Strømningshastigheten reduseres slik at smuss og slam tvinges til å synke. Et stort antall skråstilte vinger fører slammene nedover. Spiralsystemet (nedadgående) gjør at selv de minste partiklene samler seg i midtsøylen.

Som resultat av partiklenes kollisjon med utskiller-innsatsene, den reduserte hastigheten og den høye tettheten, faller partiklene ned i oppsamlingsområdet på bunnen av utskilleren og kan deretter fjernes.

**IMI Pneumatex Helistill-utskillere** kombinerer de kjente prinsippene med kollisjon, hastighetsreduksjon og tetthetsforskjell med en tangentiell strømningsdynamikk i oppsamlingsområdet ved hjelp av unike Helistill-innsatser. Disse har et stort antall vinger som fører slampartiklene nedover. Slammene samler seg i det store utfellingskammeret uten å forstyrre selve gjennomstrømningen. Trykkfallet er lavt og konstant. Den avtakbare bunnen muliggjør visuell inspeksjon.

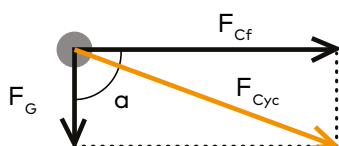
Dette utfellingsprinsippet er optimalt for lave og normale strømningshastigheter, men blir mindre effektivt ved høyere hastigheter i røret – noe som IMI Pneumatex har løst ved å utvikle enda en teknologi.



### Syklonbasert utfelling

Syklonbasert utfelling er basert på en rekke ulike prinsipper som garanterer høy utfellingseffektivitet:

- Sentrifugalkraft – en syklon danner rotasjon innvendig i utskilleren og påfører dermed slampartiklene enda større krefter. Kombinasjonen av tyngde- og sentrifugalkraft gir høy effektivitet.
- Sentrifugalkraften kan, avhengig av vannhastigheten innvendig i utskilleren, være langt sterkere enn tyngdekraften.
- Fordi vannet og slampartiklene har ulike tetthetsgrader, vil slampartiklene ende opp med å bli presset mot utskillerens ytre vegg.
- Nedadgående strøm – nedover-bevegelsen som dannes i IMI Zeparo Cyclone/Zeparo G-force-utskillere, leder slampartiklene til bunnen og deretter inn i oppsamlingskammeret.
- Syklonprinsippet betyr at IMI Zeparo Cyclone/Zeparo G-Force-utskillere kan monteres på horisontalt rør så vel som på et vertikalt rør, med kun minimale differanser i utfellingseffektivitet.



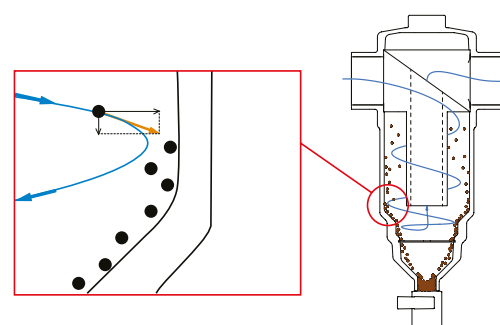
$$F_{Cyc}^2 = F_{Cf}^2 + 2 \cdot F_G \cdot F_{Cf} \cdot \cos(\alpha)$$

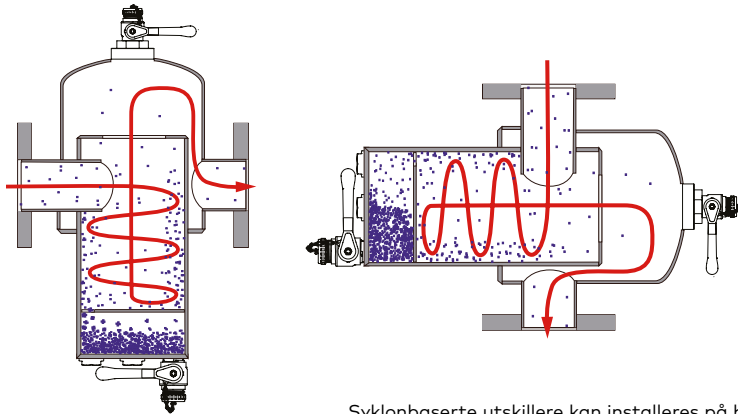
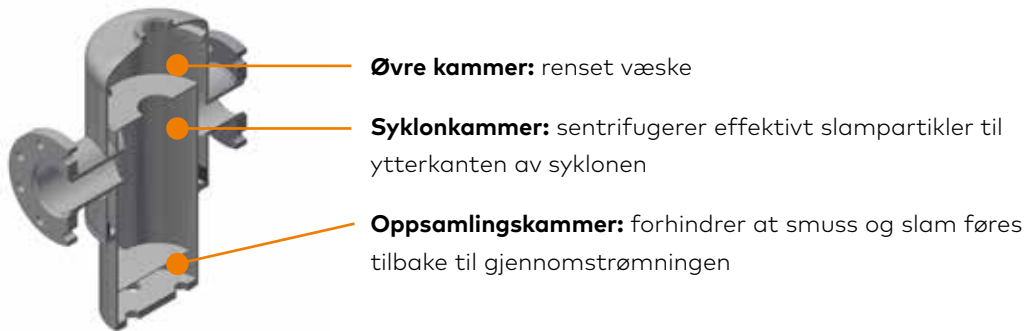
$$F_G = m \cdot g$$

$$F_{Cf} = m \cdot \omega \cdot r = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$F_G$  = tyngdekraft  
 $F_{Cf}$  = sentrifugalkraft  
 $F_{Cyc}$  = syklonkraft

$m$  = masse  
 $g$  = tyngdekraft (9,81 m/s<sup>2</sup>)  
 $\omega$  = vinkelmontert hastighet  
 $v$  = hastighet  
 $r$  = referanseradius





Syklonbaserte utskillere kan installeres på både vertikalt- og horisontalt rør.



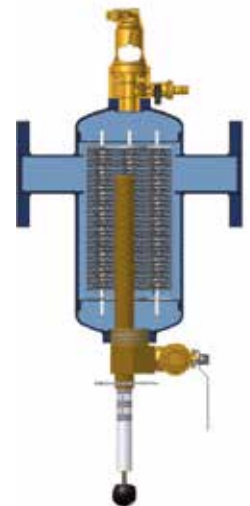
### Magnetisering

På grunn av magnetittpartiklens lave vekt og liten diameter (< 5 µm), er disse svært vanskelige å skille ut (lav utfellingseffektivitet med standard utskillere) og den finmaskede innsatsen i et filter kan raskt bli blokkert. Selv syklonbaserte utskillere strever med å felle ut disse små, lette partiklene. Da disse partiklene lar seg påvirke av magnetisme er sterke magnetstaver den mest effektive måten for å fjerne magnetitt.



Magnetstaven fra Zeparo kan holde 143 g med jernkuler

Fordi magnetittpartikler er så små, er det fundamentalt viktig at magneten er av en størrelse som gjør at den kan føres helt inn i gjennomstrømningen og at den har nok styrke. Hvis ikke, er det mulig at kun en fraksjon av magnetitten vil bli «rykket bort» fra vanngjennomstrømningen. Magnetten må også være i stand til å holde lasten over en lengre periode, uten å vise aldriingsforringelse. IMI Pneumatex har lenge vært kjent for å bruke kadmium neodymium (CdNd) magneter som er de sterkeste og mest bestandige i markedet.



Magneter anvendt av konkurrenter (på toppen av utskillere) sammenlignet med Zeparo ZIO/G-force

### Rene magnetitt-utskillere

I anlegg som primært har magnetitt-relaterte problemer, kan det være nyttig å bruke rene magnetitt-utskillere med spesielle høyeffektsmagneter.

Magnetitt-utskillere bruker permanente høyeffektsmagneter til å fange opp magnetiske partikler (magnetitt). De inneholder vanligvis sterke magneter av sjeldent jordmetall, og disse har høy magnetisk styrke som aktivt kan fjerne svevende magnetiske partikler fra systemvannet. Magnetitt-utskillere kan monteres in-line i anleggets hovedgjennomstrømning eller i et omløp, avhengig av filterdesign og trykkfall. Enkelte designløsninger fjerner partikler svært effektivt i en enkel forbi-passing, ned til partikkelstørrelser under mikronnivå, noe som forhindrer sirkulasjon av slam i anlegget samt avleiringer i varmevekslere, pumper og radiatorer. Da rensing kun er avhengig av magnetisk styrke, kan disse utskillerne monteres i enhver posisjon. De installeres ofte på returledningen til kjelen, som er en ideell plassering. Magnetitt-utskillere bør sjekkes regelmessig avhengig av anleggets tilstand og alder, men minst én gang i året. Det anbefales at Ferro-Cleaner installeres mellom to stengeventiler. Manuell lufteventil er inkludert.



Oversikt over IMI Pneumatex Ferro-Cleaner produktporteføljen og magnetens størrelse

IMI Pneumatex Ferro-Cleaner filtrerer volumstrømmen og bruker en svært sterk magnet til å fjerne de minste magnetittpartiklene fra systemvannet. N 40 H Neodym - Fe - Bor-magneten er en av de kraftigste permanentmagnetene i markedet.

Løsningen forhindrer at partikler fortsetter å sirkulere slik at de skader eller ødelegger komponenter som kjeler, pumper, ventiler, platevekslere og gulvvarmesystemer.

Vedlikeholdsprosessen er enkel og rask.

Der diffusjon fører til at et anlegg har overdrevent høyt oksygeninnhold, anbefales det å bruke offeranode i magnesium. De større utgavene av Ferro-Cleaner har rom for både en magnetstav og denne typen anode på samme tid. Mindre størrelser har rom for enten en magnetstav eller en anode.



Innvendig i en stor utgave av Ferro-Cleaner. Eksempel på hvor effektiv Ferro-Cleaner er

# Parametere som påvirker utfellingseffektiviteten

## Strømningshastighet

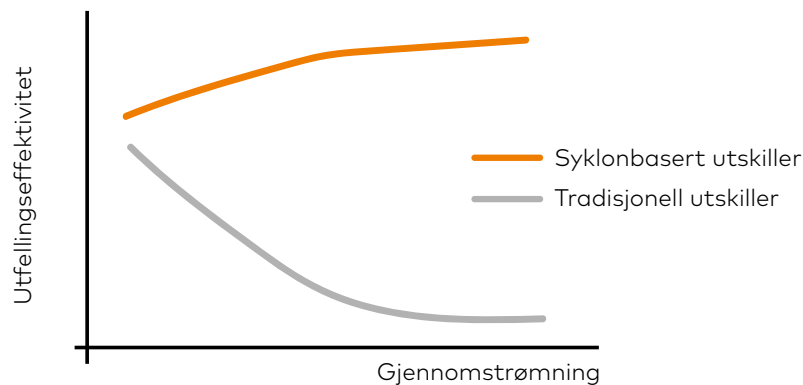
### IMI Pneumatex-utskiller med Helistill-patron:

Desto lavere strømningshastighet i utskillerhuset (Helistill-patronen), desto høyere utfellingseffektivitet.

Større utskillere gir bedre effektivitet.

### IMI Pneumatex syklonbasert utskiller:

Desto høyere strømningshastighet i utskilleren, desto bedre sykloneffekt og desto høyere utfellingseffektivitet. Det kreves minimum strømningshastighet for å dra fordel av sykloneffekten.



## Partikkeldiameter

Utfellingseffektiviteten er høyere når partikkeldiameteren er større:

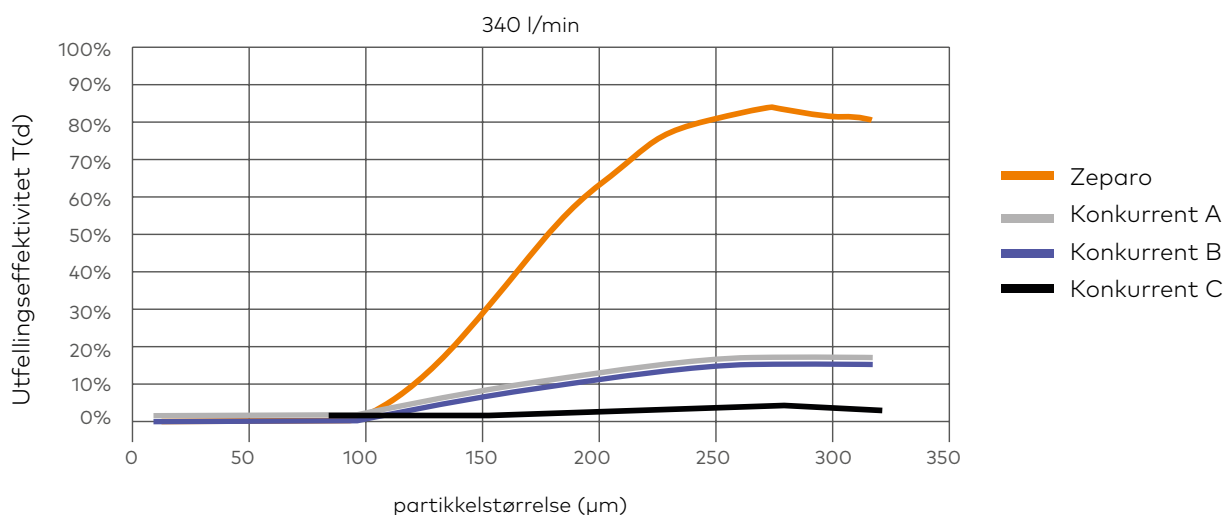
- Diametere under ~ 50  $\mu\text{m}$  - lavere utfellingseffektivitet uten magnet
- Diametere over ~ 300  $\mu\text{m}$  - utfellingseffektiviteten er høy, nesten 100 %

## Forskjell i tetthetsgrad

Forskjellen i partiklenes og væskens tetthetsgrad påvirker effektiviteten.

Desto større forskjell i tetthetsgrad, desto høyere utfellingseffektivitet. Smuss-/slamutskillere kan ikke felle ut flytende partikler.

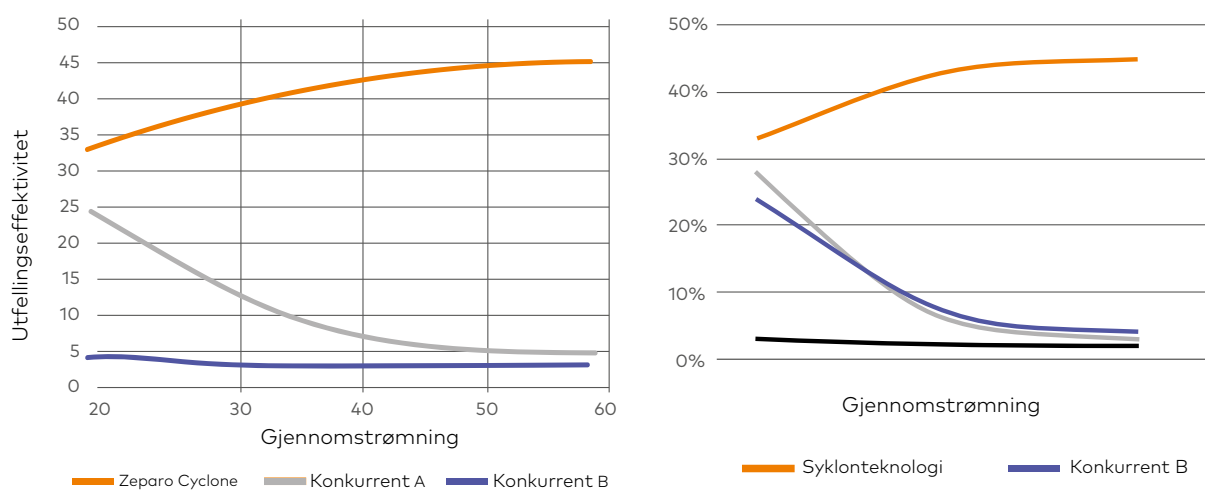
Partikler som er mindre enn 100  $\mu\text{m}$  er svært vanskelige å felle ut med standard utskillere. Magneter kan være til hjelp med fjerning av disse partiklene.



Typisk utfellingseffektivitet som funksjon av partikkelstørrelse i Zeparo Cyclone-utskillere sammenlignet med hovedkonkurrentene.

## Viktigheten av utfellingseffektivitet

### Målet utfellingseffektivitet sammenlignet med konkurrenter



Utskillere med syklonteknologi har høy utfellingseffektivitet og renser anlegget i færre sykluser, og for hver syklus reduseres antallet slampartikler som vanligvis setter seg i anlegget og som er svært vanskelige å fjerne. Grafen over viser beregninger gjort basert på følgende forutsetninger:

Effektivitetsgraden til Zeparo Cyclone:

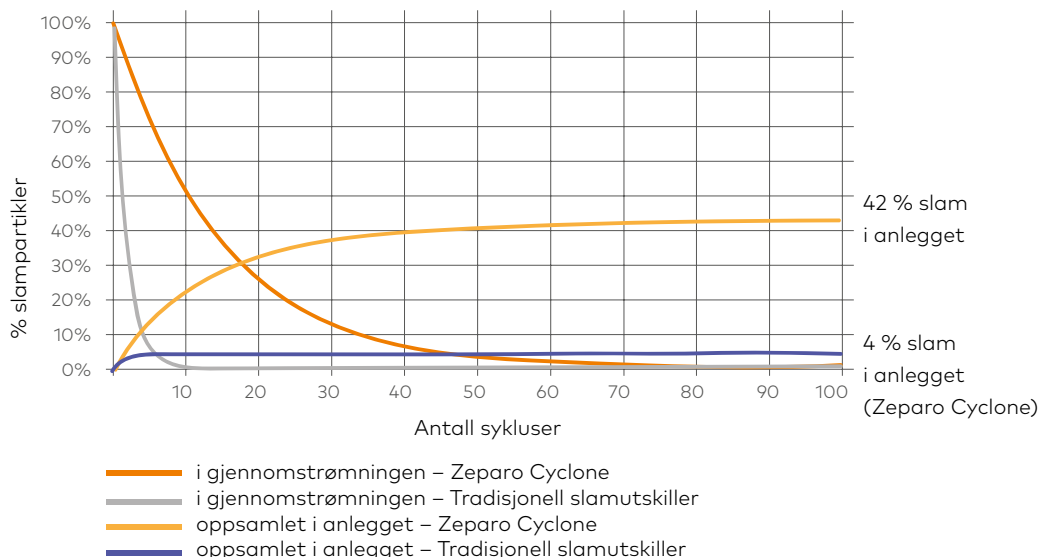
**40 % / syklus**

Effektivitetsgraden til tradisjonell slamutskiller:

**4 % / syklus**

Oppsamlingsgrad i installasjonen:

**3 % / syklus**



## Dimensjonering

Utskillere er dimensjonert etter nominell gjennomstrømning.

Denne verdien må ikke overskride maks. gjennomstrømningsmengde for valgt type eller dimensjon.

Dimensjonering varierer avhengig av typen utskiller.

De klassiske utgavene fra IMI Pneumatex, som f.eks. Zeparo ZU, ZIO og ZT, kan dimensjoneres fra 0 til nominell gjennomstrømning. Desto lavere strømningshastighet ved utskilleren, desto høyere utfellingseffektivitet.

	0%	30%	$q_N$	$q_{Nmax}$
Zeparo ZU	Green	Green	Green	Red
Zeparo ZT	Green	Green	Green	Red
Zeparo Cyclone	Red	Green	Green	Green
G-Force	Red	Green	Green	Green
Ferro-Cleaner	Green	Green	Green	Green

### Dimensjonsområder for utskillere

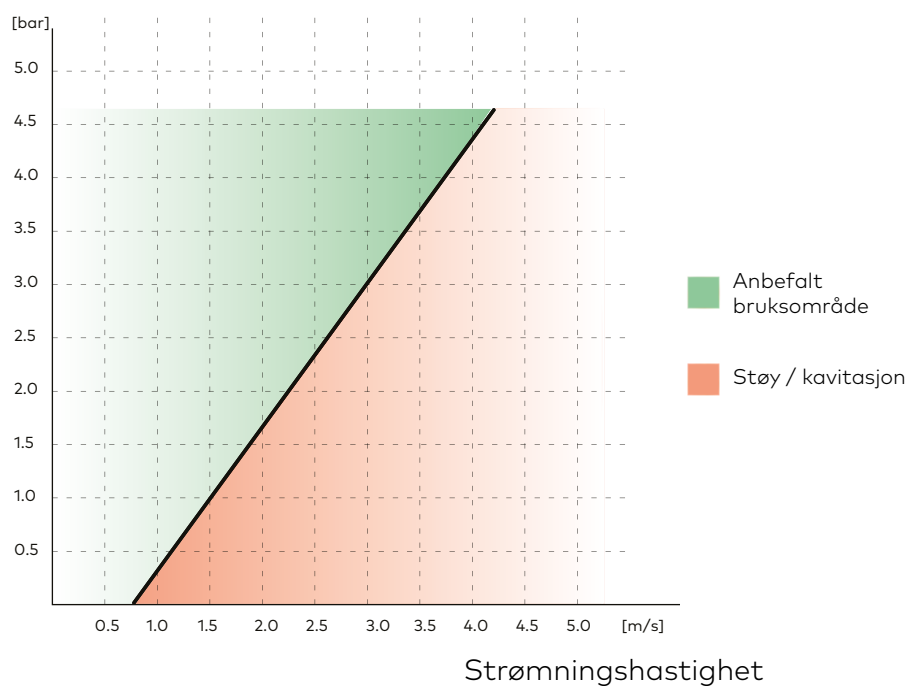
Utskillere med syklonteknologi fra IMI Pneumatex, som f.eks. Zeparo Cyclone og G-Force, bør dimensjoneres for den nominelle gjennomstrømningen. Effektiviteten er lavest ved lave strømningsmengder. Desto høyere strømningshastighet ved utskilleren, desto høyere utfellingseffektivitet.

Velg den utskilleren med den nominelle gjennomstrømningen ( $q_N$ ) som ligger nærmest spesifisert prosjektert vannmengde ( $q_D$ ), og sjekk deretter om  $\Delta p$  er akseptabelt. Generelt sett har utskillere med syklonteknologi større trykktap enn konvensjonelle løsninger. Det er imidlertid viktig å være oppmerksom på at  $\Delta p$  er høyt der effektiviteten er på sitt beste og på sitt mest kritiske: ved testing og idriftsetting av et nytt anlegg som drives med maks. gjennomstrømningsmengde. I motsetning vil det under drift av anlegg med variabel gjennomstrømning også være betraktelig lavere trykktap over utskillere med syklonteknologi som resultat av lavere gjennomstrømning.

Nøyaktige beregninger kan gjøres ved hjelp av programvaren HySelect eller HyTools som tilbys gratis av IMI Hydronic.



## Systemtrykk

**Minimum systemtrykk**

Minimum statisk trykk i anlegget er nødvendig for å unngå kavitasjon i Zeparo G-Force.

På grunn av redusert innvendig diameter, kan kavitasjon potensielt forekomme. For å unngå dette må det statiske trykket på stedet der Zeparo G-Force er installert være likt eller større enn verdien indikert i normogrammet over.

Som vist i grafen må det, ved en gjennomstrømningshastighet på 2 m/s opprettholdes et minimum statisk + dynamisk trykk på 1,7 bar ved innløpet til G-Force-enheten for å unngå kavitasjon.

Bruksområde	Avluftning			Slamutfelling			Magnetitt-utfelling		Luft- og slamutfelling					Vakuumpavgassing	
	Zeparo ZUV	Zeparo ZUVS	Zeparo ZTVI	Zeparo Cyclone	Zeparo ZUM	Zeparo ZTMI	Ferro-Cleaner	Zeparo ZUKM	Zeparo Turnable	Zeparo G-Force	Zeparo ZIO	Zeparo ZUCM	Vento	Simply Vento Vento Compact	
Produkter															
Modell															
<b>BRUKSOMRÅDE</b>															
Varmeanlegg	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Kjøleanlegg	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Solenergianlegg	✓														
<b>TEKNOLOGIER BRUKT</b>															
Helstill	✓				✓			✓	✓		✓	✓			
Cyclone				✓						✓			✓		
360° rotasjon			✓						✓						
<b>TILGJENGELIG TILBEHØR</b>															
Magnet				valgfritt	✓	✓	✓	✓	✓	valgfritt	valgfritt	✓			
Isolering			✓	valgfritt	valgfritt	✓		valgfritt	✓	valgfritt	valgfritt	valgfritt	valgfritt		
Isolering med magnet				valgfritt											
TRYKK															
	PN 10	PN 10	PN 10	PN 10	PN 10	PN 10	PN 10/16	PN 10	PN 10	PN 16/25	PN 10	PN 10	PN 10	PN 10	

Oversikt – IMI Pneumatex utskillerportefølje

Magnet inkludert



# Installasjon i praksis

## Monteringsposisjon for slamutskiller

Smuss- og slamutskillere bør plasseres før varmegeneratoren eller kjøleenheten/varmepumpen. Dette gir bedre beskyttelse mot slamavsetninger. Plassering er uavhengig av typen enhet.

Slamutskillere bør installeres oppstrøms for pumpen og inneholde en magnet for å unngå avsetninger av magnetitt, spesielt i pumpehuset.

Det samme gjelder for energimålere. En slamutskiller med magnet beskytter energimåleren mot avsetninger.

### IMI Pneumatex Zeparo ZU og ZIO utskiller med Helistill-innsats

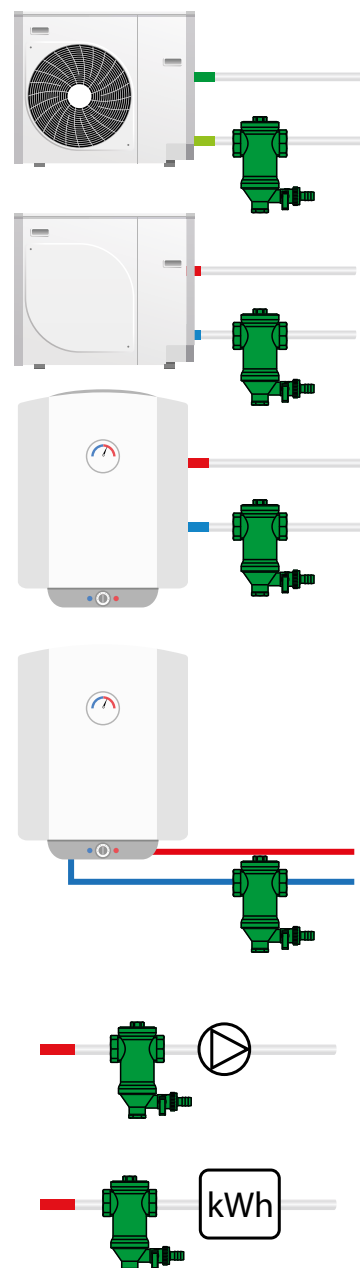
Denne utskilleren kan kun monteres i én posisjon, med rotasjonsaksen i Helistill-innsatsen i rett vinkel mot bakken.

### IMI Pneumatex Zeparo ZT utskiller med Helistill-innsats

Utskillekens koblingsstykke kan installeres i enhver posisjon, mens utskillerhuset med Helistill-innsats må være vertikalt. Rotasjonsaksen i Helistill-innsatsen må være i rett vinkel mot bakken uansett monteringsposisjon.

### IMI Pneumatex Zeparo Cyclone utskiller

En av de største fordelene med Cyclone-utskillere er at de kan monteres i enhver posisjon, vertikal eller horisontal.



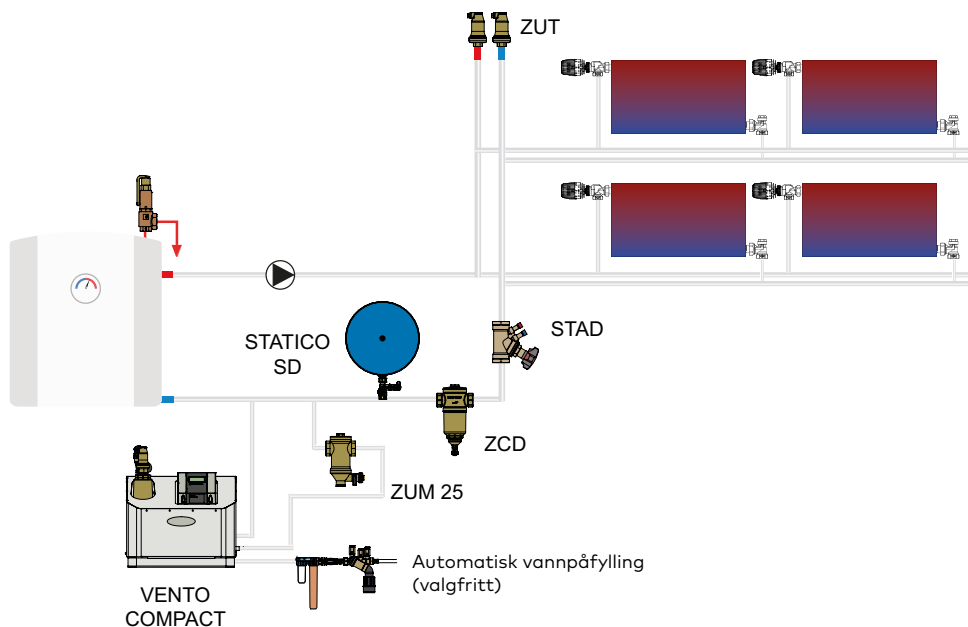
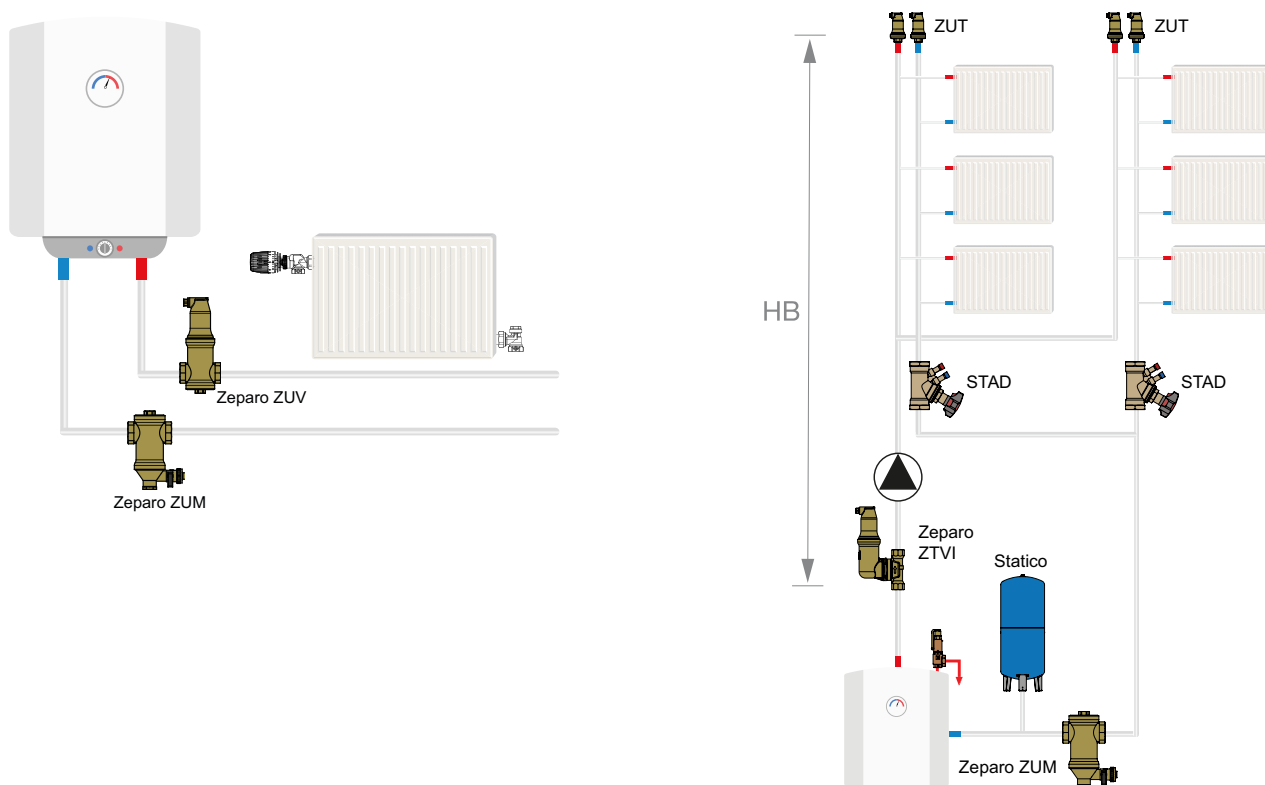
## Forskjellige typer hydroniske systemer

Følgende kretser illustrerer de foretrukne løsningene. Alternativer er mulig så lenge HB-grenseverdiene opprettholdes.

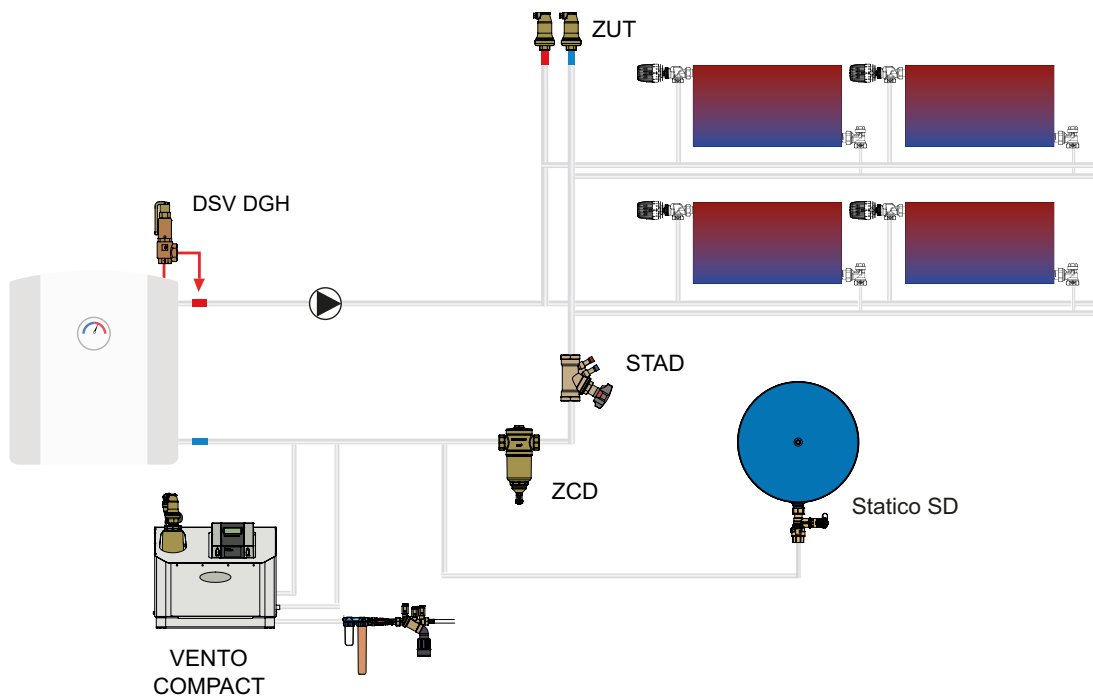
HB = statisk høyde som kreves for utfelling av mikrobobler ved maks. systemtemperatur oppstrøms for utskilleren

tmax	°C	90	80	70	60	50	40	30	20	10
HB	mWs	15.0	13.4	11.7	10.0	8.4	6.7	5.0	3.3	1.7

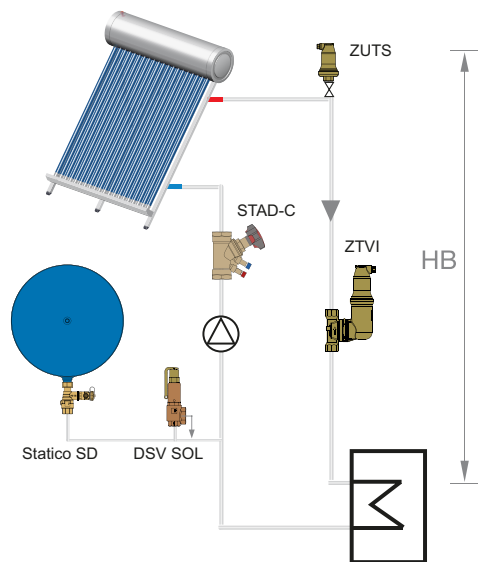
Veggmontert gasskjele



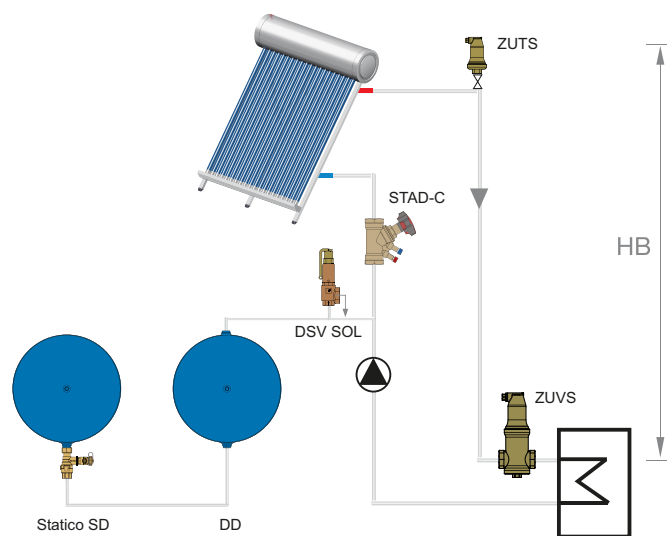
Radiatorsystem. Med Statico ekspansjonskar med fast fortrykk.



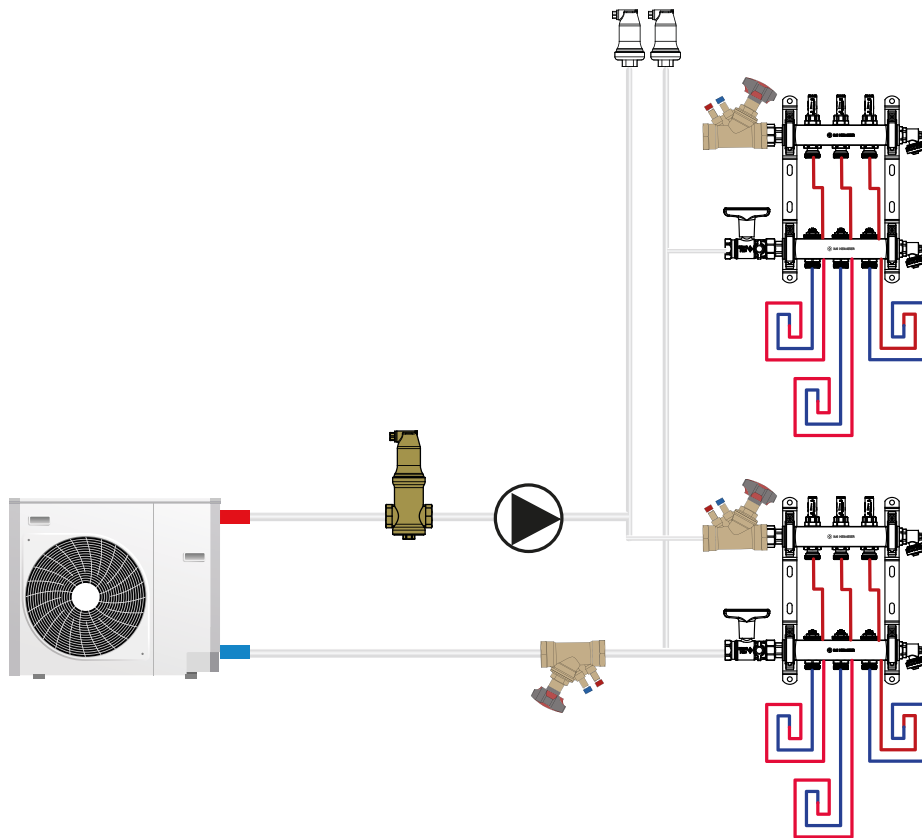
Solenergianlegg for lave systemtemperaturer



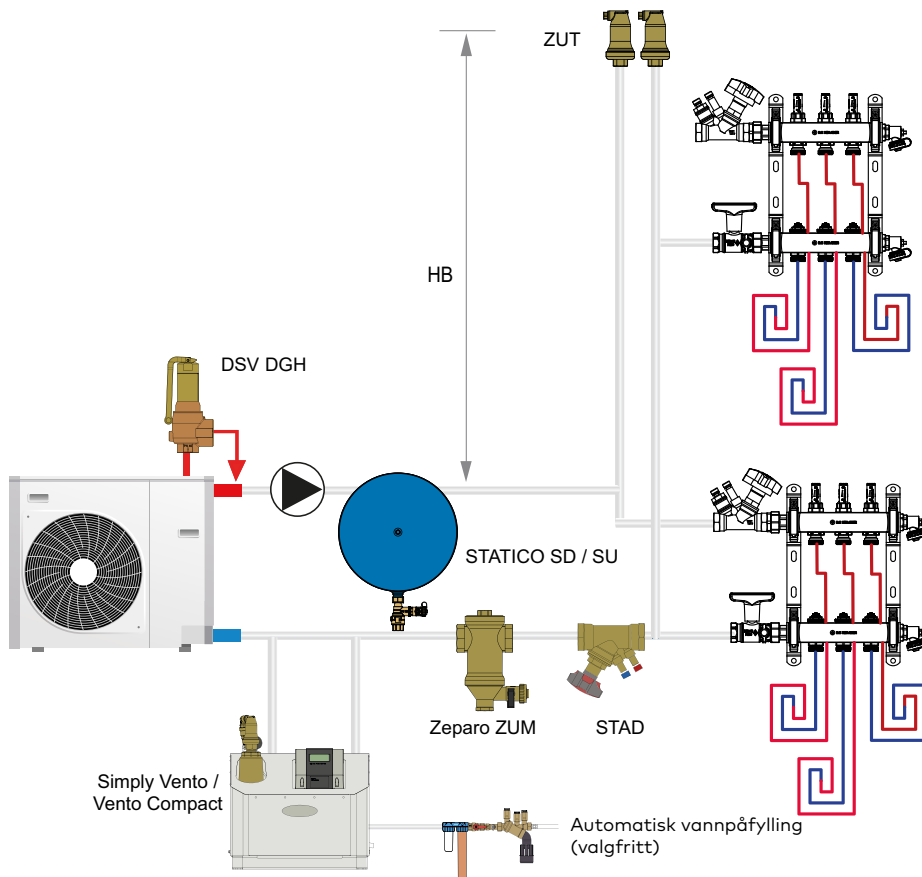
Solenergianlegg for høye systemtemperaturer og mellomliggende kar DD



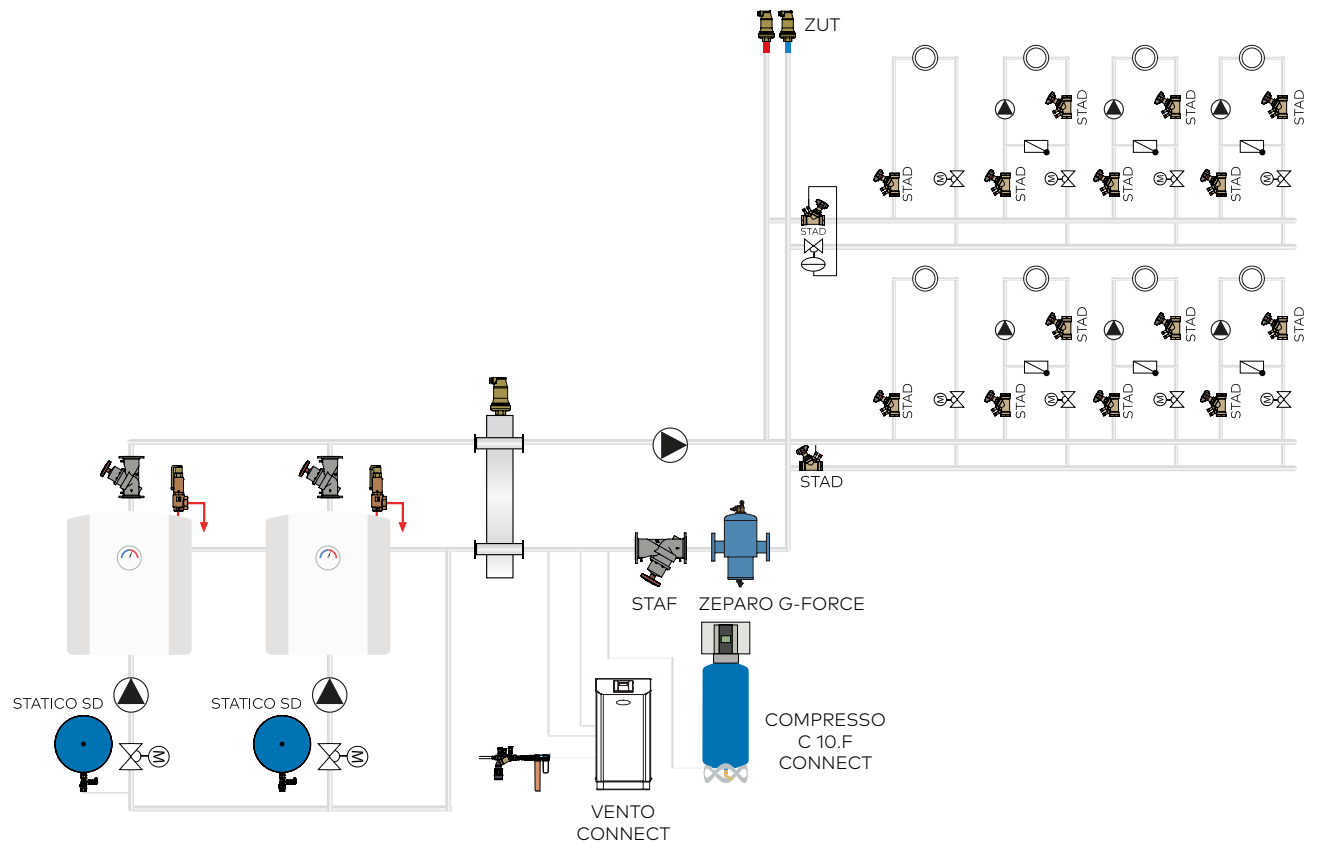
Lite varmepumpeanlegg med overflateoppvarming og mikrobobleutskiller



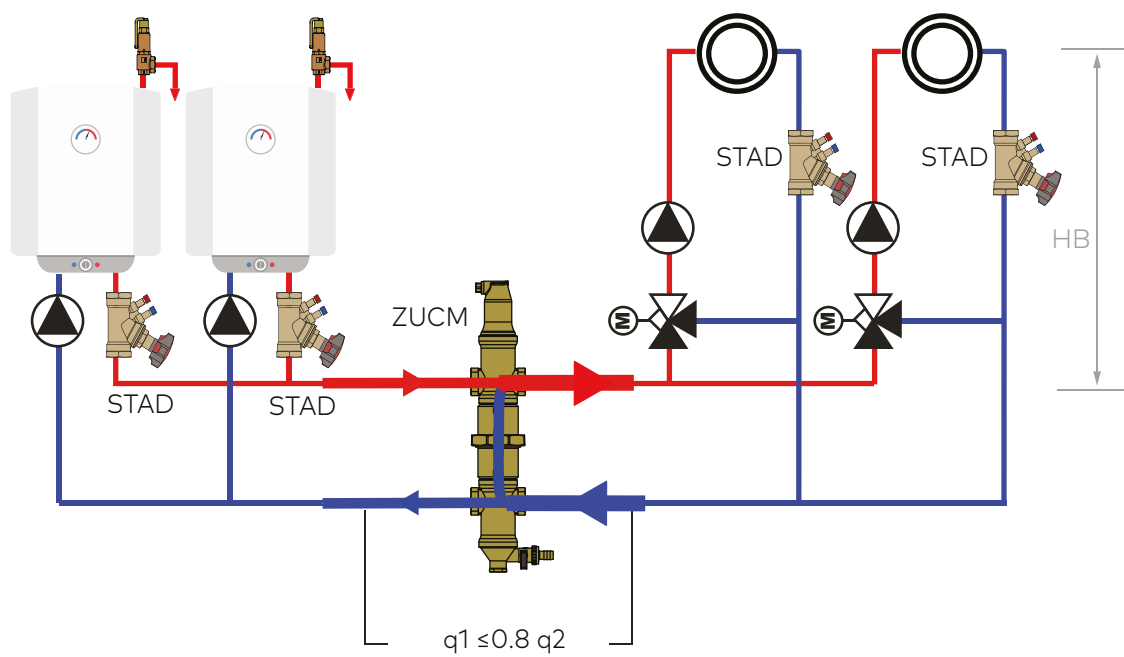
Større varmepumpeanlegg med overflateoppvarming og Vento vakuumavgassingsenhet



Stort varmeanlegg

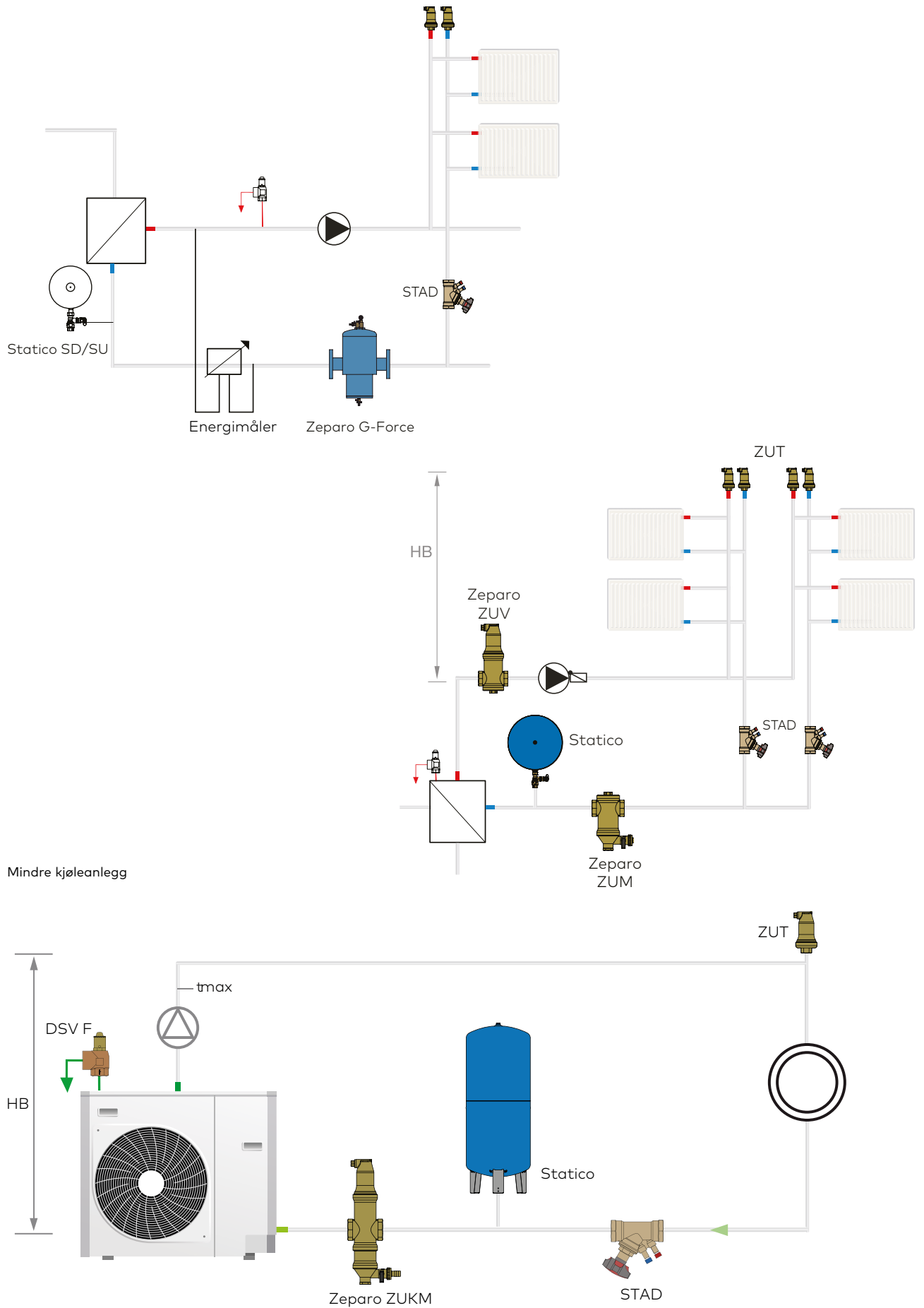


Samlerør med variabel gjennomstrømning på primær- og sekundærsiden

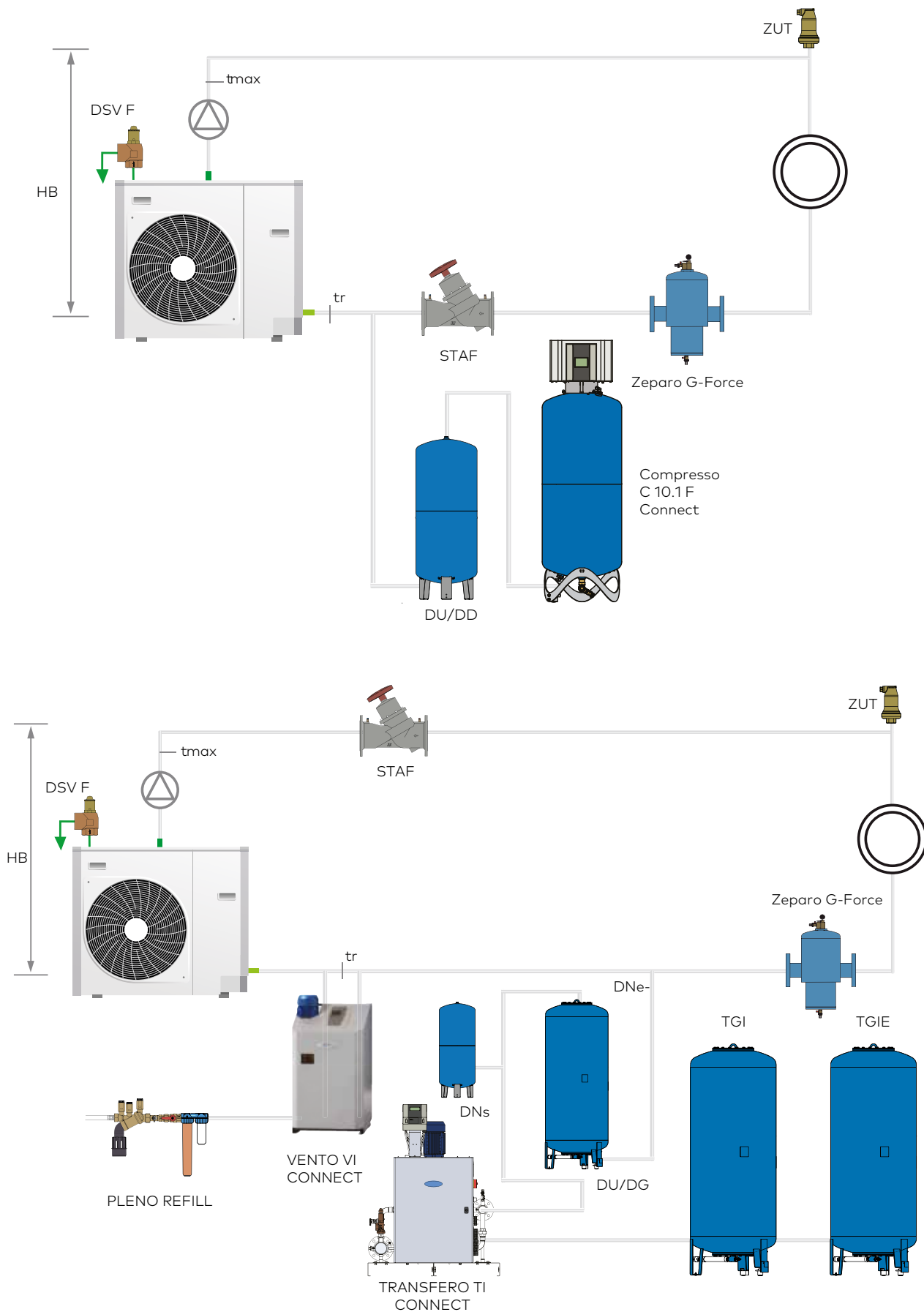




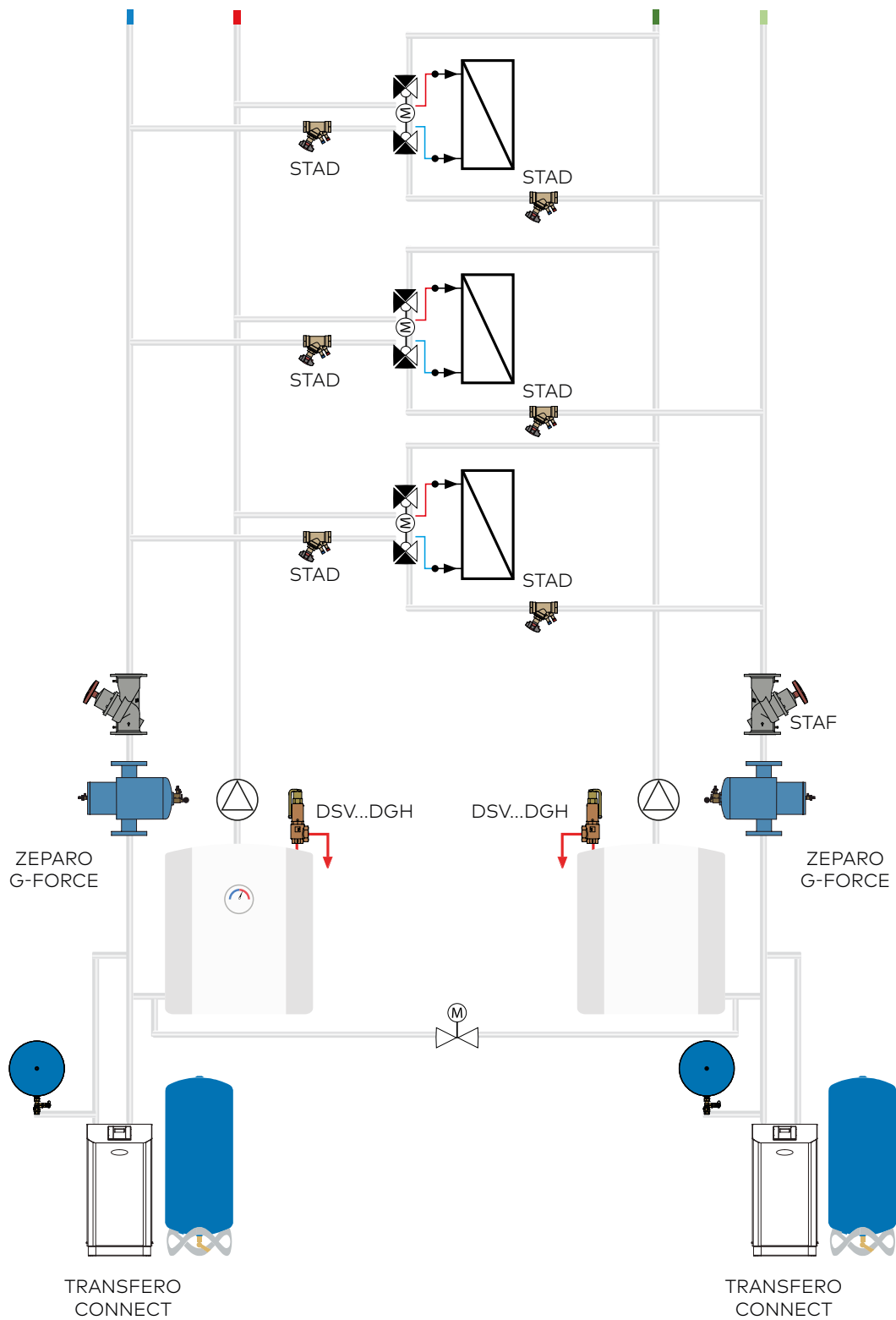
Fjernvarme – varmeveksler



Større kjøleanlegg



Kombianlegg. Varme-/kjøleanlegg med Transfero dynamisk trykkvedlikeholdssystem og integrert vakuumavgassing. Automatisk styring av vanninnhold i ekspansjonskarene. Krever kommunikasjon mellom Transfero enhetene (integreert) og motorventil for utjevning mellom anleggene.



### Regler for forebygging av luft og smuss/slam

- Korrekt dimensjonering av ekspansjonssystemet
- Permanent utfelling av ulike gasser
- Regelmessig vedlikehold og overvåking av ekspansjonssystemet
- Gjentatte kontroller av vannkvalitet og slamutskillere
- Overvåking av etterfyllingsmengde

### Lukkede hydroniske systemer

#### Forebygging er den mest effektive formen for beskyttelse

- «Lufttilførsel» gjennom etterfyllingsvann må reduseres til et minimum. Anlegg må ikke ha lekkasjer.
- «Lufttilførsel» via atmosfæren må forhindres. Det betyr tilstrekkelig positivt trykk til enhver tid og på alle punkter i anlegget. Elastomer i systemkomponenter må være av god nok kvalitet.
- Pålitelig, helt lukket trykkvedlikeholds- og systemteknologi er fundamentalt viktig!
- Uunngåelig gassopsamling i anlegget må luftes ut til omgivelsene på en målrettet og trygg måte.

#### Utskylling av smuss-/slamutskillere

På grunn av smuss-/slamutskillernes driftsprinsipp, vises det ikke klart hvor stor mengde partikler som samles ved høyt differansetrykk i enhetene, derfor finnes det ikke noen standardintervaller for utskylling av smuss-/slamutskillere.

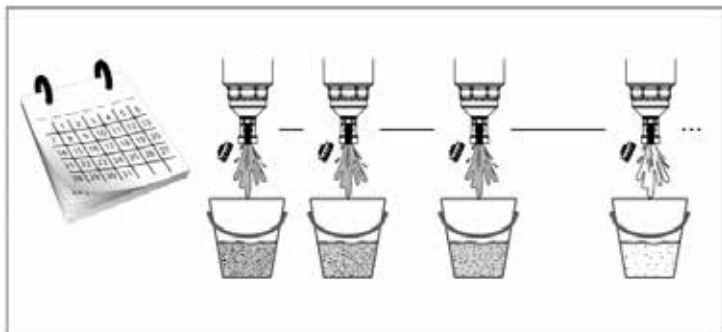
Utskylling i praksis:

- Ny, ren installasjon: avhengig av mengden utskilte partikler, kan det være mulig å fastsette nødvendig utskyllingshyppighet en eller to uker etter første utskylling.
- Ettermontering i gamle anlegg eller ny installasjon med betydelige mengder slam: et par timer etter oppstart for å sjekke væsken, deretter avhengig av mengden utskilte partikler, men kan være behov for daglig utskylling i enkelte perioder.

Husk alltid å sjekke kvaliteten på væsken som tappes ut. Når væsken begynner å se renere ut ved hver utskylling, kan hyppigheten reduseres til 4 – 6 ganger i året.

På grunn av den høye effektiviteten i utskillere med syklonteknologi, vil de første utskyllingssyklusene være kortere enn for konvensjonelle utskillere.

Husk at alle hydroniske systemer er forskjellige!





# IMI Pneumatex- løsninger

## Avluftning

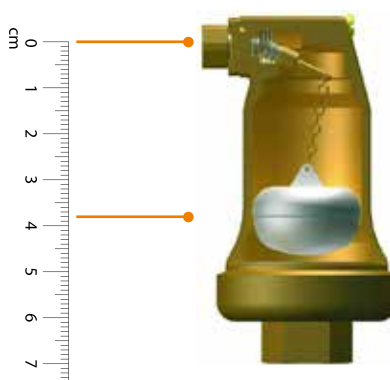
### Automatisk lufteventil

Zeparo ZUT / ZUP lufteventiler – for fjerning av fri luft ved fylling av anlegget

Type		Dimensjon	PN	Egenskap
ZUT		15 20 25	10	
ZUTS		15	10	Solenergianlegg opp til 160 °C
ZUP		10	6	
ZUPN		10 15	6	Nikkelbelagt
ZUTX		25	10	Med stengeventil og utspyling. Utvendige gjenger

- Sikker, tørr fjerning av utskilte gasser
- Stabil flottørstyring i et stort, strømningsbalansert kammer. Slam og vann holdes adskilt fra presisjonsventilen, også ved høye trykk
- Nødstopp med signalfunksjon som ekstra sikring dersom, mot formodning, en lekkasje skulle oppstå
- Ingen skadelige lekkasjer, ingen kalsiumavleiringer
- Ingen drifts- og utskiftningskostnader som resultat av lekkende automatisk lufteventil
- Pålitelig og høy kapasitet, selv ved høye trykk

Stort gap på 40 mm mellom flottør (vannivå) og stengeventil. Dette forhindrer kontaminering eller forkalkning av ventilen da vanntåken som dannes når boblene bryter gjennom vannoverflaten ikke har negativ virkning. Slik vanntåke kan ellers gi kalkdannelse på ventilen, noe som ville føre til lekkasjer.



Zeparo Top er den mest effektive og pålitelige automatiske lufteventilen for vannbårne systemer, og egner seg for varme- og kjøleanlegg. Den lufter mens anlegget fylles opp, og ventilerer når anlegget tømmes.

Presisjonsventilen har en modulerende luftmekanisme styrt av en lang arm som sikrer svært nøyaktig kontroll med vannivået

Dersom det mot formodning skulle oppstå et problem i luftmekanismen, vil denne fluoriserende, selvstrømmende skruen være svært nyttig da den forhindrer drypping og synliggjør defekten



T-formet utløp forhindrer uønsket kontakt med innvendig ventilmekanisme og lar kondens slippe ut

Lekkasjefri luftmekanisme uten tetningsbeskyttelse eller hette er lett gjenkjennelig og gir garantert avluftning

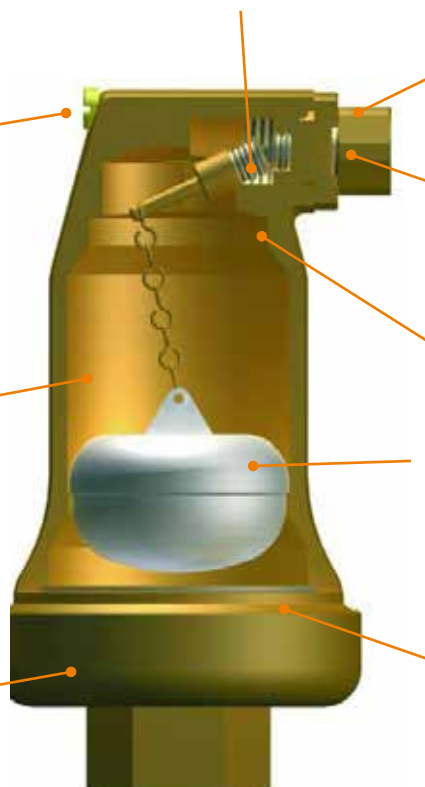
Luftretter beskytter luftmekanismen mot skum eller vanntåke

Spesialdesignet flottør sikrer maksimal stabilitet, minimal vibrasjon og optimal gjennomstrømning av bobler. Inkluderer et fleksibelt kjedeoppheng for flottør

Bredt, halvkonisk ytre kammer sikrer maks. pålitelighet da eksploderende bobler gir minimal bevegelse i flottør, og selv om trykket øker 10 ganger vil vannivået ikke nå luftmekanismen

En sperreplate med tre store laterale hull reduserer turbulens i øvre del

Stor basediameter gjør at slam kan samles opp fra virvelområdet



Bredest mulig tilkoblingsdiameter reduserer risikoen for tett kapillarrør som resultat av stillestående vann (3/8" er et kompromiss, minimum 1/2" anbefales)

## Mikrobobleutfelling

Type		Dimensjon	PN	Materiale	Egenskaper
ZUV		20 25 32 40	10	Messing	Helistill-utskiller
ZUVS		20 25 32 40	10	Messing	Solenergianlegg opp til 160 °C Helistill-utskiller rustfritt stål
ZTV		20 22* 25 32	10	Messing	Dreibar 360° Monteres i enhver posisjon Helistill-utskiller
ZIO		50 65 80 100 125 150 200 250 300	10 16	Ståflenser	Helistill-utskiller

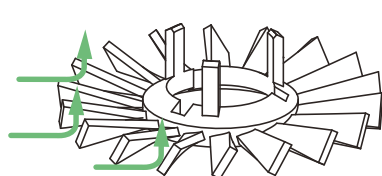
\* For 22 mm rør med ekstra KOMBI klemringskoblinger



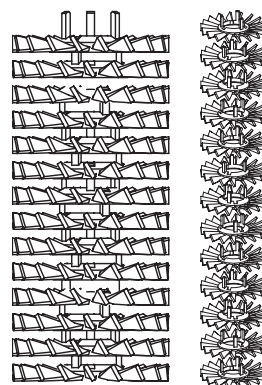


### Zeparo ZUV/ZIO mikrobobleutskillere

Utskillere for lavere strømningsmengder og variabel gjennomstrømning. Innvendig Helistill-utskiller gir høyt effektivitetsnivå. Med sperrer arrangert i en oppadgående spiral, gjør utskilleren bruk av en optimal kombinasjon av utfellingsprinsipper.



Helistill-innsats fører luftbobler opp til luften.



## Vakuumavgassing

### Vento Compact / Simply Vento

Simply Vento er en syklonbasert vakuumavgassingsenhet for varmelegger. Ved å sette vannet i en kraftig syklon i vakuumkammeret, skilles gasser og vann tilnærmet fullstendig. Løsningen anbefales der det kreves høy ytelse, kompakt design og presisjon. BrainCube Connect kontrollpanel tar konnektivitet til et nytt nivå, og muliggjør kommunikasjon med BMS-system og andre BrainCube-enheter samt fjernstyring av trykkvedlikeholdssystemet gjennom sanntidsvisning.

Driftstrykk opptil 2,5 bar.



### Vento Connect

Vento Connect er en syklonbasert vakuumavgassingsenhet for varme-, solenergi- og kjølevannsanlegg. Systemet anbefales der det kreves høy ytelse, kompakt design og presisjon. Industriversjonen VI er spesielt designet for høytrykksanlegg med systemtrykk opp til 20,5 bar. BrainCube Connect kontrollpanel tar konnektivitet til et nytt nivå, og muliggjør kommunikasjon med BMS-system og andre BrainCube-enheter samt fjernstyring av trykkvedlikeholdssystemet gjennom sanntidsvisning.



### TecBox kontrollenhet

- Styring med BrainCube Connect for intelligent, helautomatisk og sikker systemdrift. Selvoptimaliserende med minnefunksjon
- Bestandig, opplyst 3,5" TFT-berøringsskjerm med farger. Web-basert grensesnitt med fjernkontroll og sanntidsvisning. Brukervennlig, driftsorientert menylayout med dra- og tappfunksjon, trinn-for-trinn oppstartsprosedyre og direkte bruker støtte via pop-up vinduer. Viser driftsstatus og alle relevante parametere som tekst og /eller grafikk. Flerspråklig.
- Standardisert integrert tilkobling (Ethernet, RS 485) til IMI webserver og BMS (Modbus- og IMI Pneumatex-protokoll)
- Programvareoppdateringer og datalogging mulig via USB-forbindelse – datalogging og systemanalyse, kronologisk meldingsminne med prioriteringsfunksjon, fjernstyring med sanntidsvisning
- Periodisk automatisk selvtest, daglig sjekk av vakuum. BrainCube Connect utløser alarm hvis nødvendig
- Høykvalitets metalldeksel

## FillSafe

FillSafe tilbyr direkte vakuumavgassing og etterfyllingsovervåkning.

Kontrollsystemet BrainCube Connect benytter en integrert vannmåler og magnetventil til å overvåke mengden etterfyllingsvann samt etterfyllingsvarighet og -hyppighet, og avgir alarm hvis grenseverdiene overskrides. BrainCube styrer også kapasiteten til vannbehandlingsanordningen, og avgir alarm når kapasiteten er nådd.

Hvis det er fare for lekkasje i anlegget, kan dette rapporteres til et BMS-system eller via internett.

## Enkel oppstart

Ekstern tilgang og støtte i forbindelse med feilsøking, samt automatisk kalibrering og innebygde grensesnitt for kommunikasjon med IMI nettservere og bygningens styringssystem (BMS).

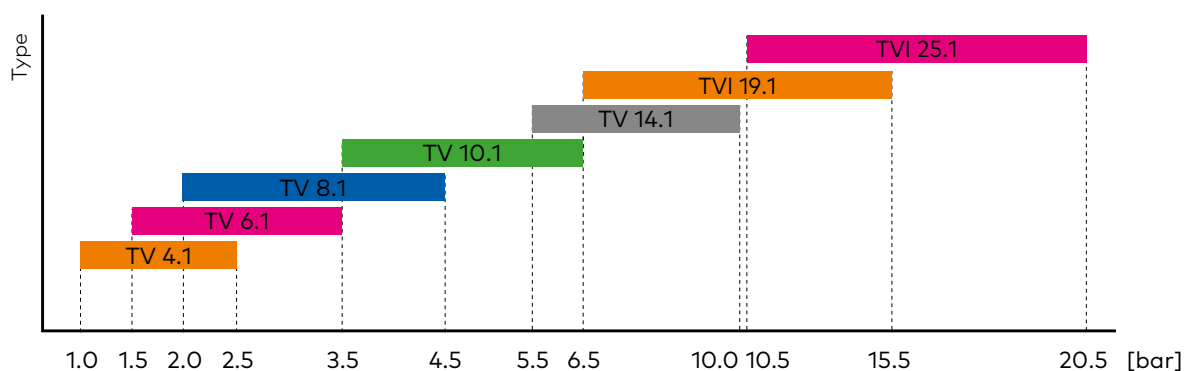
Samtlige anordninger kan også leveres som kondensisolert versjon for kjølesystemer.

## Transfero TV / TVI Connect

Dette er den eneste trykkvedlikeholdsenheten i markedet med integrert sykklonbasert vakuumavgassing.

Transfero TV Connect er et presisjonssystem for trykkvedlikehold i varme- og solenergianlegg opp til 8 MW, og kjøleanlegg opp til 13 MW. Systemet anbefales der det kreves høy ytelse, kompakt design og presisjon. Nye BrainCube Connect kontrollpanel tar konektivitet til et nytt nivå, og muliggjør kommunikasjon med BMS-system og andre BrainCube-enheter samt fjernstyring av trykkvedlikeholdssystemet gjennom sanntidsvisning.

Dette er samme ytelsesnivå som Vento-variantene, men har i tillegg trykkvedlikeholdsfunksjonalitet.



Trykkområde (dpu) for Pneumatex Transfero trykkvedlikeholds- og vakuumavgassingsenheter

## Smuss-/slamutfelling

### Smuss- og slamutskillere med og uten magnet

Type		Dimensjon	PN	Materiale	Egenskaper	Magnet
ZCD		20 25 32 40 50	10	Messing	Syklonbasert utfellingssystem	 valgfritt
ZCDM		20 25 32 40 50	10	Messing	Syklonbasert utfellingssystem	 ja
ZUD		20 25 32 40	10	Messing	Helistill-utskiller	
ZUM		20 25 32 40	10	Messing	Helistill-utskiller	 ja
ZTM		20 22* 25 32	10	Messing	Dreibar 360° Valgfri monteringsposisjon	 ja
G-Force		65 80 100 125 150 200 250 300	16 25	Stålflenser sveisestusser	Syklonbasert utfellingssystem	 valgfritt
ZIO		50 65 80 100 125 150 200 250 300	10	Stålflenser		 valgfritt

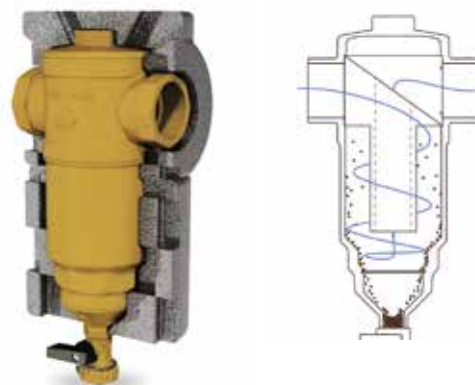
\* For 22 mm rør med ekstra KOMBI klemringskoblinger

### Zeparo Cyclone / G-Force slamutskillere med syklonteknologi

Det høye nivået av utfellingseffektivitet som syklonteknologi gir betyr at anlegget rengjøres i færre sykluser, noe som reduserer mengden slampartikler som vanligvis setter seg i anlegget ved hver ekstra syklus. Oppsamlet slam kan raskt og enkelt skylles ut gjennom tømmeventilen.

Det høye effektivitetsnivået er uavhengig av dimensjon. Slamutskilleren blir mer effektiv når strømningshastigheten øker. Trykkfallet forblir stabilt under drift uavhengig av mengden slam som samles opp. Høyere gjennomstrømning (f.eks. i kjøleanlegg) gir enda bedre beskyttelse.

Magnettilbehør gir ytterligere optimalisert utfellingseffektivitet for avleiringer av slam og magnetitt (svart jernoksid) som består av finere magnetiske partikler. Enkel bruk og rengjøring. Kombinerer magnetisk utfelling og termisk isolering. Kan bestilles som et sett med Zeparo Cyclone eller separat som et tilbehør.



ZCD – Zeparo Cyclone Dirt



ZCHM – termisk isolering med magnet



ZCDM-sett – Zeparo Cyclone Dirt med magnet og termisk isolering



Zeparo G-Force

### Zeparo ZUD / ZUM, ZTD / ZTM Turnable, utskillere for slampartikler

Utskillere for mindre- og varierende mengder. Innvendig Helistill-utskiller gir høyt effektivitetsnivå.



Zeparo ZUD/ZUM



Zeparo ZTM



Zeparo ZIO

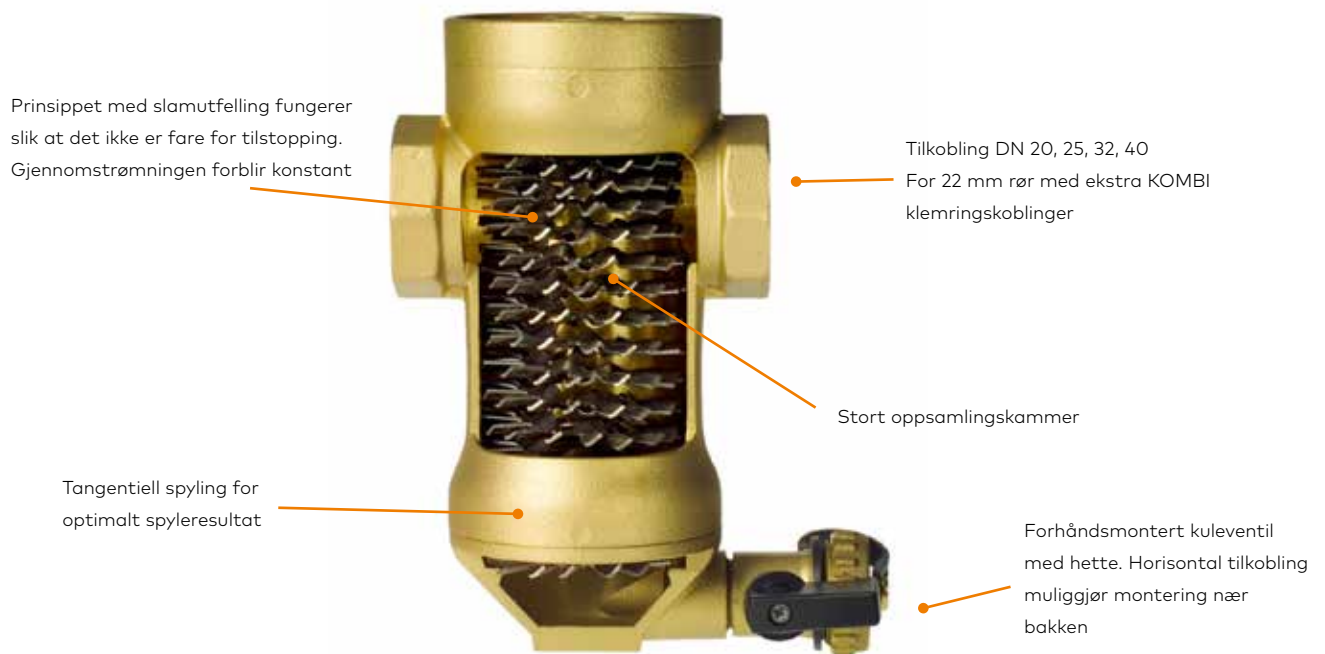
### Helistill-utskiller

Optimal kombinasjon av alle kjente utfellingsprinsipper

Utskilleren har sperrer arrangert i en oppadgående spiral, hvilket gjør bruk av en optimal kombinasjon av utfellingsprinsipper:

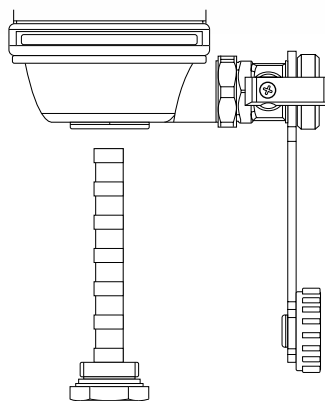
- Redusert strømningshastighet
- Sperrefunksjon
- Sentrifugaleffekt

Zeparo ZUM er den mest effektive og pålitelige automatiske smuss- og slamutskilleren for vannbårne systemer, og egner seg for varme- og kjøleanlegg. Gjør rent når anlegget er i drift, og gir effektiv utfelling av smuss og slam.

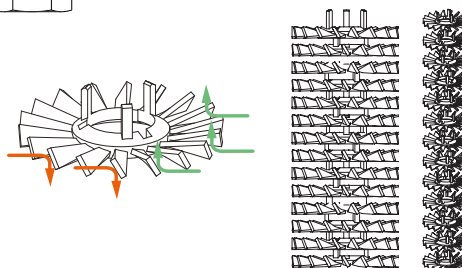


### Tørrmontert magnet for effektiv utfelling av Magnetitt.

En kraftig tørrmontert magnet er integrert i en messinglomme. Kan enkelt tas ut og sikrer enkel service og fjerning av slam og Magnetitt.



Helistill-innsats, smusspartikler og slam ledes ned i oppsamlingskammeret



**Ingen tilstopping som ofte skjer med filtre, og lavt konstant trykkfall uavhengig av mengden slam som felles ut**

- Fremragende partikkelutfelling
- Enkel rengjøring, hindrer driftsavbrudd
- Montering i hovedledning for å beskytte verdifulle systemkomponenter som f.eks. kjeler og pumper mot Magnetitt og slam
- Slam og Magnetitt skylles enkelt ut ved å demontere magneten. Stans gjennomstrømning før denne operasjon utføres.

## Rene magnetitt-utskillere

Type		Dimensjon	PN	Materiale	Egenskaper	Magnet
Type 80		32	16	Messing	Oksygen-reducerende anode på forespørsel	 ja
Type 150		65 80 100	10	Bronse	Oksygen-reducerende anode på forespørsel	 ja
Typer 273 323 406 606		125 150 200 250 300 400 500	10	Rustfritt stål	Med magnet og anode	 ja

### Ferro-Cleaner

Ferro-Cleaner magnetisk strømningsfiltersystem beskytter varme- og kjøleanlegg mot slam og korrosjon. Løsningen er enkel, effektiv og sikker å installere, drive og vedlikeholde. Ferro-Cleaner kan monteres enten vertikalt eller horisontalt uten at ytelsen reduseres. Kompakt design forenkler monteringsprosessen og gir effektiv bruk. Installering av systemet vil ha positiv effekt på anleggets yteevne og levetid. En offeranode kan benyttes istedenfor, eller i tillegg til magnetstaven.



Oversikt over IMI Pneumatex Ferro-Cleaner produktporteføljen og magnetens størrelse

## Kombinerede luft- og slamutskillere

Type		Dimensjon	PN	Materiale	Egenskaper	Magnet
ZUKM		20 25 32 40	10	Messing	Kombinert luft- og slamutfelling To Helistill-utskillere	 ja
ZTKM		20 22* 25 32	10	Messing	Dreibar 360° Monteres i enhver posisjon To Helistill-utskillere	 ja
ZUCM		20 25 32 40	10	Messing	Kombinert luft- og slamutfelling Samlerør mellom hydronisk produksjons- og fordelingside To Helistill-utskillere	 ja

\* For 22 mm rør med ekstra KOMBI klemringskoblinger



### Zeparo ZUKM

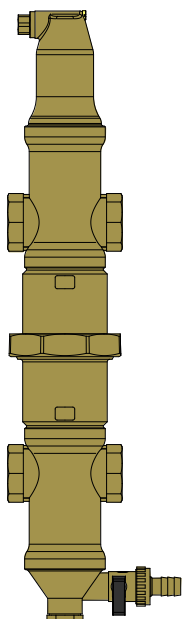
Utskiller – kombiversjon for mikrobobler og slampartikler, med magnet. Ideell for kjøleanlegg.

### Zeparo ZTKM

Utskiller – kombiversjon for mikrobobler og slampartikler, med magnet. Utfellingskammeret kan dreies 360 grader, og Zeparo ZT kan dermed monteres i forskjellige posisjoner.



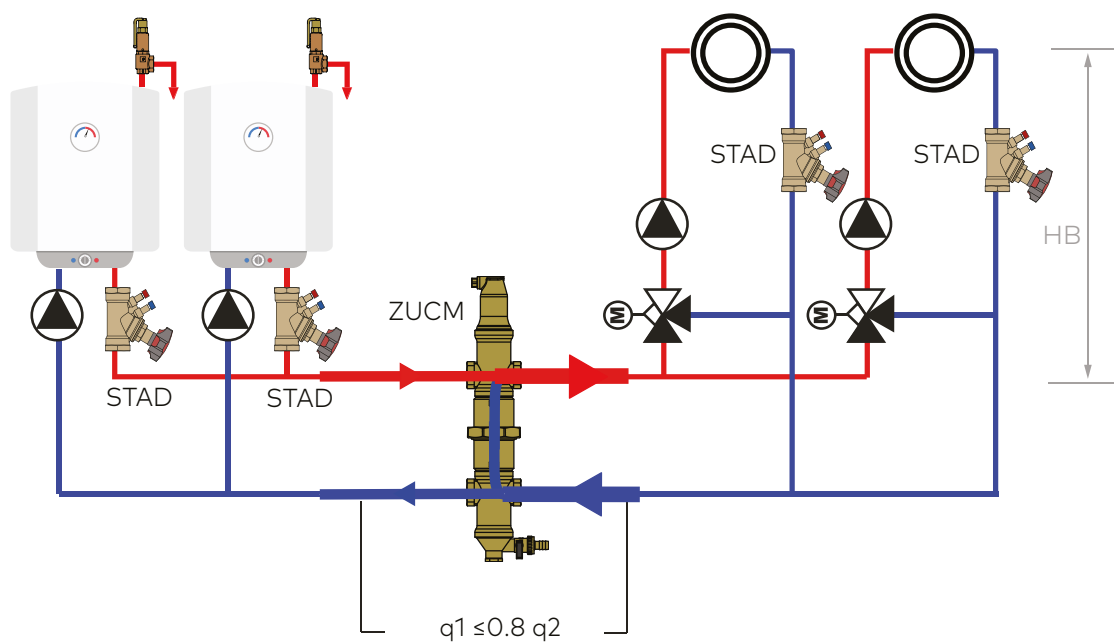




### Zeparo ZUCM

Samlerør – Oppsamlingsversjon for utfelling av gasser og slam samt med magnet for utfelling av Magnetitt.

Samlerør for variabel gjennomstrømning på primær- og sekundærsiden



ZUCM	q1[m <sup>3</sup> /h]
20	≤1.25
25	≤2
32	≤3.7
40	≤5

**VEDLEGG A**

**Fra FAKTABOKEN OM HYDRONISK ENERGIEFFEKTIVITET**

**Faktum nr. 11**

Korrosjon og slamavleiringer i rør kan øke de pumperelaterte strømkostnadene med hele **35 %** (\*) i de første årene med drift.

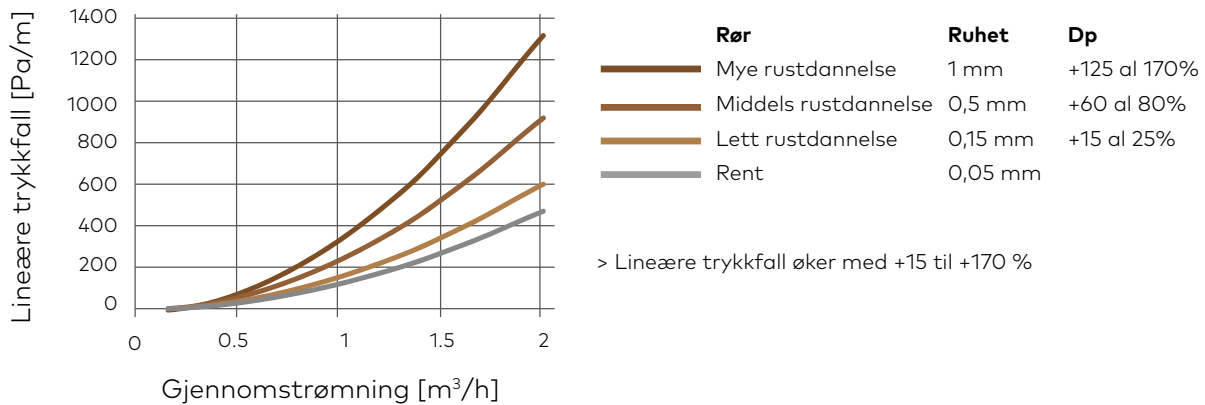


Trykkfall i rør (ofte betegnet som lineære trykkfall) er avhengig av:

- rørets innvendige diameter
- rørets ruhetsgrad
- vannets (varmeoverføringsvæskens) tetthet og viskositet
- strømning
- tilstedeværelse av oksygen som resultat av utilstrekkelig eller feilaktig vedlikehold av trykkvedlikeholdsenheter, noe som fører til korrosjon
- slamavleiringer (på grunn av dårlig vannkvalitet og utilstrekkelig strømningshastighet i enkelte deler av anlegget) vil endre rørets ruhetsgrad med 15 % til 70 % i løpet av de første årene, og med 150 % til 240 % (\*\*) etter 20 til 50 år. For å kompensere for denne økningen i trykkfall må trykkhøyden økes med samme verdi, og dette vil gi en økning i energiforbruket for elektrisk pumpe

Eksempel:

**Rør DN 25 fra stål DIN 2440, ISO 65 serie**



(\*) Dersom trykkfallet i røret representerer 50 % av det totale trykkfallet i systemet, vil en 70 % økning i rørets trykkfall ha en direkte 35 % effekt på pumpens energiforbruk for å oppnå samme gjennomstrømning. (\*\*) Kilde: Resultat publisert av Utah State University, Pr Rahmaye.

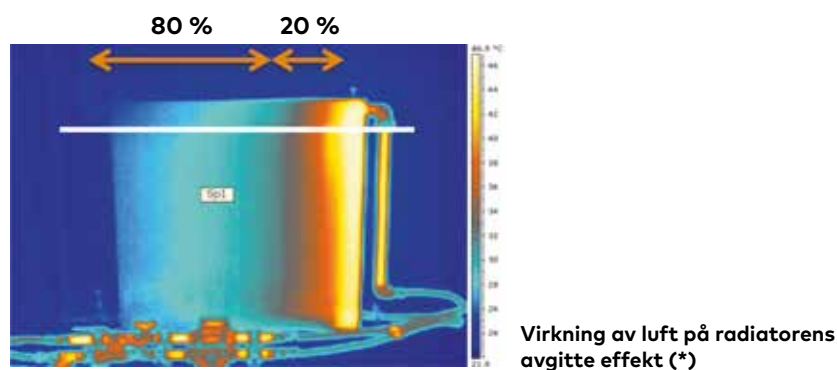
## Faktum nr. 18

Oppbygning av luft i radiatorer kan redusere enhetens varmeeffekt med hele **80 %**.

Luft i vann må reduseres til et minimum, både for å minske risikoen for korrosjon og støy, og også for å unngå problemer med varmeoverføring fra terminalenhetene.

Illustrasjonen (se bildet) viser termisk virkningsgrad når luftlommer forhindrer at vann sirkulerer i radiatoren, noe som gir dramatisk reduksjon i avgitt effekt.

For å kompensere for manglende komfort ved redusert avgitt effekt, vil brukere ofte øke kjelens utløpstemperatur og pumpens hastighet. Dette har betydelig innvirkning på varmeanleggets energiforbruk (se fakta nr. 4, nr. 8 og nr. 12)(\*\*).



(\*) Termisk måling fra instituttet «Karel de Grote Hogeschool»

(\*\*) For flere energifakta, se *IMI Hydronic Engineering Energy Facts 2021*.

### Måleenheter

- Med mindre annet er spesifisert vil trykkmålinger alltid vise til manometertrykk.
- Gassinhold i vann ml/l viser til standard tilstand på 0 °C, 0 bar.
- Nitrogen Nz: 1ml/l = 1,25046 mg/l
- Oksygen Oz: 1ml/l = 1,42895 mg/l

### Betegnelser

Når vi snakker om vakuüm i forbindelse med avgassingsenheter, mener vi ikke et fysisk vakuüm (eller fraværlelse av materiale) men et negativt trykkområde mellom lokalt atmosfærisk trykk og metningstrykket til væsken.

### Kilder

- [1] "Gase in kleinen und mittleren Wasserheiznetzen" Technische Universität Dresden, Institut für Energietechnik, koordinierter Schlussbericht, AiF Forschungsthema Nr. 11103 B, November 1998
- [2] "Vermeidung von Schaden in Warmwasser-Heizungsanlagen - Steinbildung und wasserseitige Korrosion" VDI 2035 Bl. 1, März 2021
- [3] Rühling, K. "Test von Entgasern in Technikums-Kreisläufen mit Wasser" Technische Universität Dresden, Professur für Gebäudeenergie-technik und Wärmeversorgung im Auftrag der IMI Hydronic Engineering Switzerland AG, November 2017 und Januar 2018
- [4] Koch, F.; Rühling, K.; Heymann, M. "Test von Entgasern in Technikums-Kreisläufen mit Wasser-Ethylenglykol-Gemisch" Technische Universität Dresden, Professur für Gebäudeenergie-technik und Wärmeversorgung, Februar 2022











## Luft og slam: Problemer, årsaker, teknologi

Hvordan trenger luft og andre gasser inn i varme- og kjøleanlegg? Hva er de mest effektive løsningene? Hva er det som skaper magnetisk slam? Hvordan unngår man dette fenomenet og hvordan blir man kvitt slammet?

Denne tekniske håndboken gir svar på disse og en rekke andre spørsmål om luft og slam i anleggene. IMI Hydronic Engineering har den mest komplette serien med automatiske lufteventiler, slam- og mikrobobleutskillere og syklobaserte vakuumbavgassingsenheter, og kan tilby den beste løsningen for hvert problem forårsaket av luft og slam.



**IMI Hydronic Engineering AS**  
Telefon: 64 91 16 10  
Email: ta-no@imi-hydronic.com

[www.imi-hydronic.no](http://www.imi-hydronic.no)

**IMI** Hydronic  
Engineering