

Centrale vakuumforsyninger til medicinsk vakuum

GRANZOW^{AS}



Vakuum på hospitaler

Anvendes:

- Sug på sengestuer.
- Operationsstuer.
- Udstyr.
- Ikke at forveksle med:
- Anæsthesisug
- Diatemisug
- Lab. vakuum



Hvilke krav stilles?

- Driftssikkerhed, det handler om menneskeliv!
- Have kapacitet nok. 3 vakuumpumper krævet, en skal klare fuld kapacitet.
- Kunne sikre at tryk ved fuld belastning er maksimalt 600 hPa.
- Give optimal driftsøkonomi, også energiforbrug.
- Kunne serviceres under drift. (afspærring af pumper, filtre etc.)
- Overvåges med alarmfunktioner
- Udstyres med dobbelte bakteriologiske filtre.

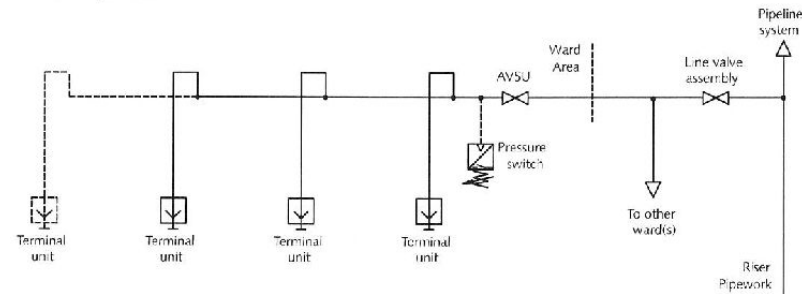
Normgrundlag:

ISO 7396-1

HTM 02

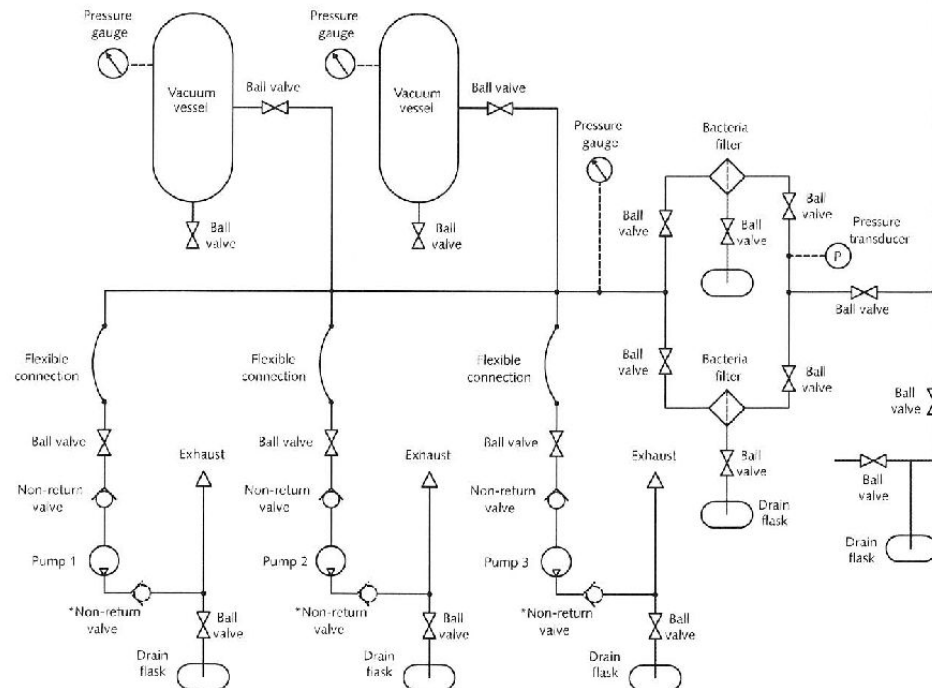
Eksempel på PI diagram

Figure 29 Triplex vacuum system



Notes:

1. Non return valves marked * are only required if exhausts from other vacuum pumps share a common exhaust pipe
2. Symbols to BS 29/1:1993/ISO 1219-1:1991



Hvad er vakuum på et sygehus

SI enheden for tryk er Pascal. Standarderne angiver at medicinsk vakuum har en øvre grænse på 63 kPa (630 hPa) og nedefter. Det betyder at vakuum, eller rettere tryk defineres som absolut tryk, idet man arbejder ud fra et tænkt "0" i tryk og opefter, modsat relativt tryk, hvor udgangspunktet er atmosfærisk tryk (er omkring 1000 hPa, samme som, 1000 mbar) opefter eller nedad.

Medicinsk vakuum ligger i et område der defineres som "grov vakuum". Der er så mange molekyler at flow er det man betegner som laminart viskos flow. Til sammenligning kan nævnes, at kommer man ned på 100 hPa (100 mbar) svarer det til det tryk der er i en højde på ca. 10 km. Ved dette tryk vil vi mennesker blive kvalt, men omvendt er der stadig så mange molekyler tilbage, at det jetfly der flyver os på ferie, stadig har både bæreevne nok til at flyve samt molekyler nok til at motorer kan give fremdrift.

Sædvanligvis aflæses tryk (vakuum) i systemet på et display i absolut tryk, fra en vakuumtransmitter.

Det kan dog forekomme, at der på buffertank er anbragt et visende manometer (vakuummeter) som angiver tryk relativt. I dette tilfælde er "0" lig med atmosfærisk tryk. Viseren står omkring -0,9 bar, det vil sige 100 mbar (100 hPa) absolut tryk.



Dimensionering

Anbefaling:

Ved dimensionering, det vil sige at fastlægge den nødvendige kapacitet fra forsyningscentralen, anbefales at anvende metode som beskrevet i HTM-02 del. A.

Udgangspunktet er, at et udtag for vakuum har et forbrug på 40 l/min (2,4 m³/hr.), det uanset om det er på en sengestue eller en operationsstue, akutmodtagelse eller andet område på sygehuset. Alle udtag vil ikke være i drift på samme tid (samtidighedsfaktor). Samtidighedsfaktoren er dog forskellig alt efter om der er tale om sengestuer eller ”kritiske afsnit”, hvor der på ”kritiske afsnit” typisk må antages at være flere forbrug i anvendelse samtidigt. Erfaringsmæssigt for et hospital med en ”normal fordeling” mellem sengestuer og ”kritiske afsnit” vil der sjældent være mere end 10 % af de samlede udtag i brug samtidigt, men under hensyntagen til det enkelte hospitals opbygning og funktion skal dette nøje evalueres.

Samtidig skal der være kapacitet til at overvinde tab i rørsystem.

Den beregnede kapacitet er for en vakuumpumpe i tilfælde hvor der som krævet anvendes tre vakuumpumper.

Skal der anvendes en kapacitet større end omkring 4500 l/min (270 m³/hr.) bør det overvejes at bruge mere end tre vakuumpumper på forsyningscentralen, hvilket standarderne åbner mulighed for. Årsagen er, at gængse vakuumpumper har en eksponentiel øget omkostning ved kapaciteter over dette område, og samtidigt har gængse bakteriologiske filtre en begrænsning i flow omkring dette kapacitetsområde.

Centrale vakuumsforsyninger er standardvarer fra en lang række udbydere. Derfor kan der både være en væsentlig besparelse på anskaffelsen, samt en mulig bedre energioptimering samt større driftssikkerhed, ved at have f.eks. to standard vakuumsforsyninger koblet sammen på en forsyningscentral.

Krav til rørsystem

Udlægges anbefalet som ringledning. Dimensionen på rør skal kunne tilgodese kapacitet på vakuumpumper.

Som tommelfingerregel må diameteren aldrig være mindre end diameteren på vakuumpumpernes indsugning. Denne er altid afstemt med vakuumpumpens kapacitet.

Kvaliteten af rørsystemet følger øvrige krav til rørsystemer for medicinske gasser ref. ISO 7396-1.

NOTE! Da der typisk anvendes større rørdimensioner til vakuum end f.eks. trykluft, kan det være økonomisk fordelagtigt at anvende rustfri rør (gerne med søm), der på lange stræk kan orbitalsvejses.

Tilladeligt tryktab:

Ved et vakuum på 400 hPa længst væk fra forsyningscentralen tillades et tryktab på 130 hPa ved et forbrug/flow på 40 l/min.

Det betyder, at for at kunne opretholde et vakuum på minimum 400 hPa absolut tryk skal forsyningscentralen kunne levere den nødvendige kapacitet (l/min. el. m³/hr.) fra en vakuumpumpe ved et vakuum på 270 hPa absolut tryk.

Afkast føres til det fri. Ingen specifikt krav til materialer. Afkast skal kunne drænes.

Dimensionen skal være tilstrækkelig til ikke at blokere ”gas” fra pumperne, minimum samme diameter som på indsugning af pumperne.

Vejledende dimensioner for rør.

For at kunne sikre kapaciteten fra forsyningscentralen ud til forbrug er her angivet vejledende minimums dimensioner på hovedrør (ringledning). Stikledninger til de enkelte forbrugsområder reduceres til det aktuelle forbrug for området. Såvel tilslutninger på vakuumpumper og bakteriologiske filtre følger nedenstående dimensioner som funktion af flow (kapacitet).

Pipe Size (inches)	Max Airflow		Pipe Size (inches)	Max Airflow	
1/2"	10 CFM	17m ³ /h	2 1/2"	195 CFM	332m ³ /h
3/4"	20 CFM	34m ³ /h	3"	300 CFM	510m ³ /h
1"	35 CFM	60m ³ /h	4"	520 CFM	884m ³ /h
1 1/4"	60 CFM	102m ³ /h	5"	800 CFM	1360m ³ /h
1 1/2"	80 CFM	136m ³ /h	6"	1,100 CFM	1870m ³ /h
2"	135 CFM	230m ³ /h			

Buffertank/tanke

“A vacuum reservoir should be provided so that the duty pump does not run continuously for low loads.”

“For capacities in excess of 500 L/min, two vessels that can be independently isolated should be installed.” (I praksis har man ofte op til 1500 L/min før der anvendes to tanke).

Der er ikke defineret krav til materiale af buffertank, men en buffertank skal kunne drænes. Dog skal den kunne klare 4 bar overtryk.

Der er heller ikke eksakt angivet hvordan en passende bufferkapacitet dimensioneres.

Som tommelfingerregel kan bruges, at minimum bufferkapacitet målt i liter er en vakuumpumpes kapacitet i m³/hr. ganget med ”2”. 250 m³/hr. er således minimum en buffer på 500 liter.

Typiske buffertanke

Buffertanke kan være lodretstående eller vandret liggende. Der findes standard systemer med vandret liggende tank hvorpå der er monteret 3 pumper samt styring. Typisk til forsyningscentraler med et mindre forbrug.



Krav til vakuumpumper

“Any type of pump apart from water-sealed pumps can be used.”

“Pumps should normally be oil-lubricated. Vapours from the lubricating oil are unlikely to be a significant component of the exhaust gases if correctly maintained. “Dry running” pumps are available at increased capital cost and with lower efficiency than oil-lubricated pumps of comparable performance.”

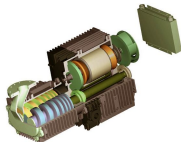
“At least three pumps should be provided. The actual number is at the discretion of the plant manufacturer to ensure optimum cost benefit of the system. All pumps should be designed for high frequency stop/start or continuous operation. The opportunity to maximise energy conservation should be taken into consideration.”

Valg af vakuumpumper

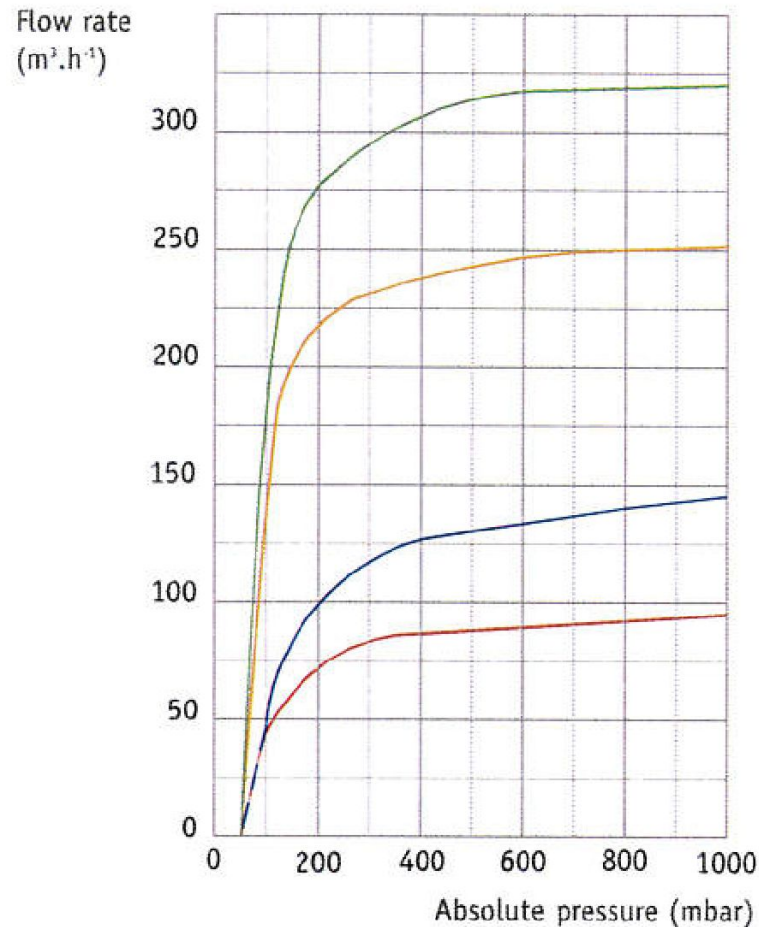
Standarderne anbefaler således brugen af olietættende lamelvakuumpumper, men tillader brug af alle typer vakuumpumper, dog ikke væskeringspumper. Standarderne kræver at de minimum skal kunne levere et ultimativt vakuum på 270 hPa fra forsyningscentralen grundet tilladeligt tryktab i rør. Standarderne nævner også en buffertank, så pumpe i drift ikke kører mere end nødvendigt ved små belastninger. Jo lavere tryk i buffertanken, jo længere er primær pumpe stoppet. Dog er der altid vand/fugt i medicinsk vakuum. Derfor bør man ikke gå under 10 hPa i systemet, da vand så har en risiko for at fryse til is.

Endvidere har vakuumpumper forskellige egenskaber til at fjerne vand, ikke kun fra systemet så f.eks. filtre holdes tørre, men også så vand ikke kondenseres inde i vakuumpumpen med korrosion til følge. Vakuumpumper med særlige evner til at fjerne vand er specificeret med "water vapor tolerance" som er det tryk de skal ned på for at fjerne vand, og "water vapor capacity" som er den mængde vand de kan fjerne.

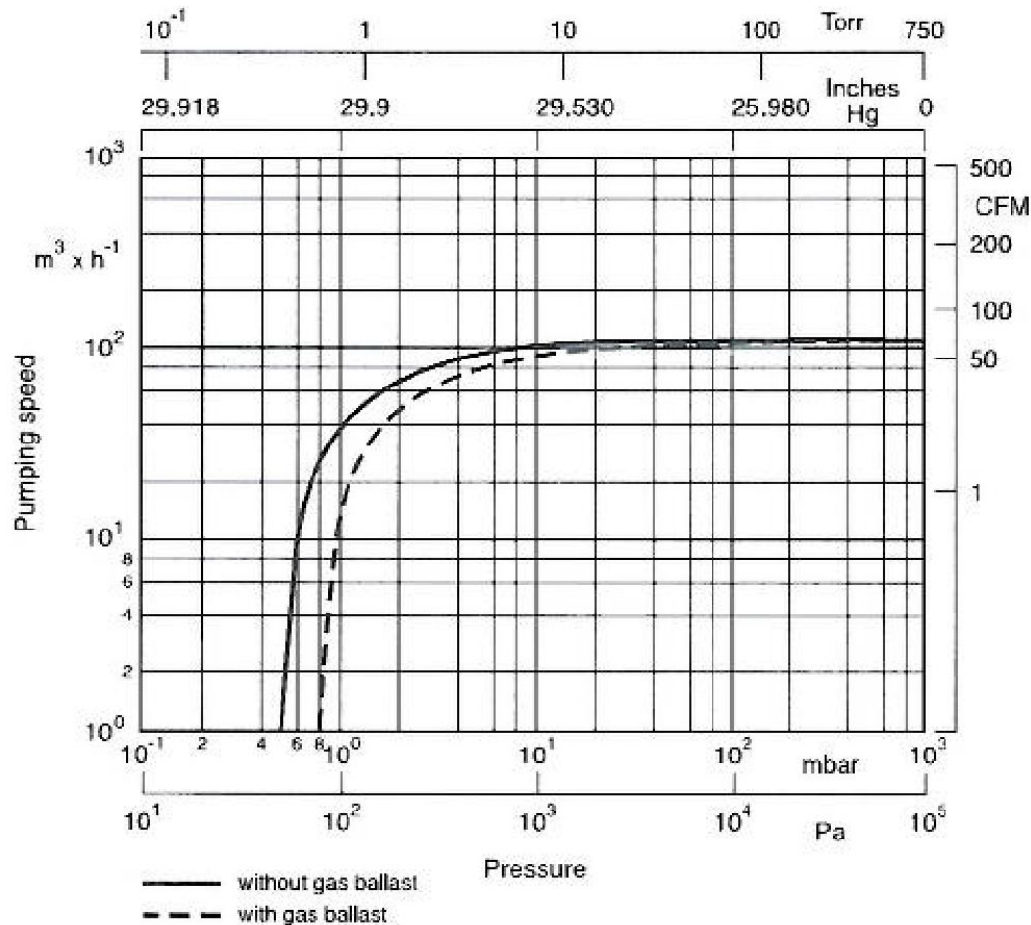
Kapaciteten varierer også for de forskellige typer vakuumpumper i takt med at tryk reduceres. Nogen typer har en "dalende" kapacitetskurve allerede ved forholdsvis høje tryk (150 – 700 hPa), andre har en "flad" kurve med stort set fuld kapacitet ned under 50 hPa.



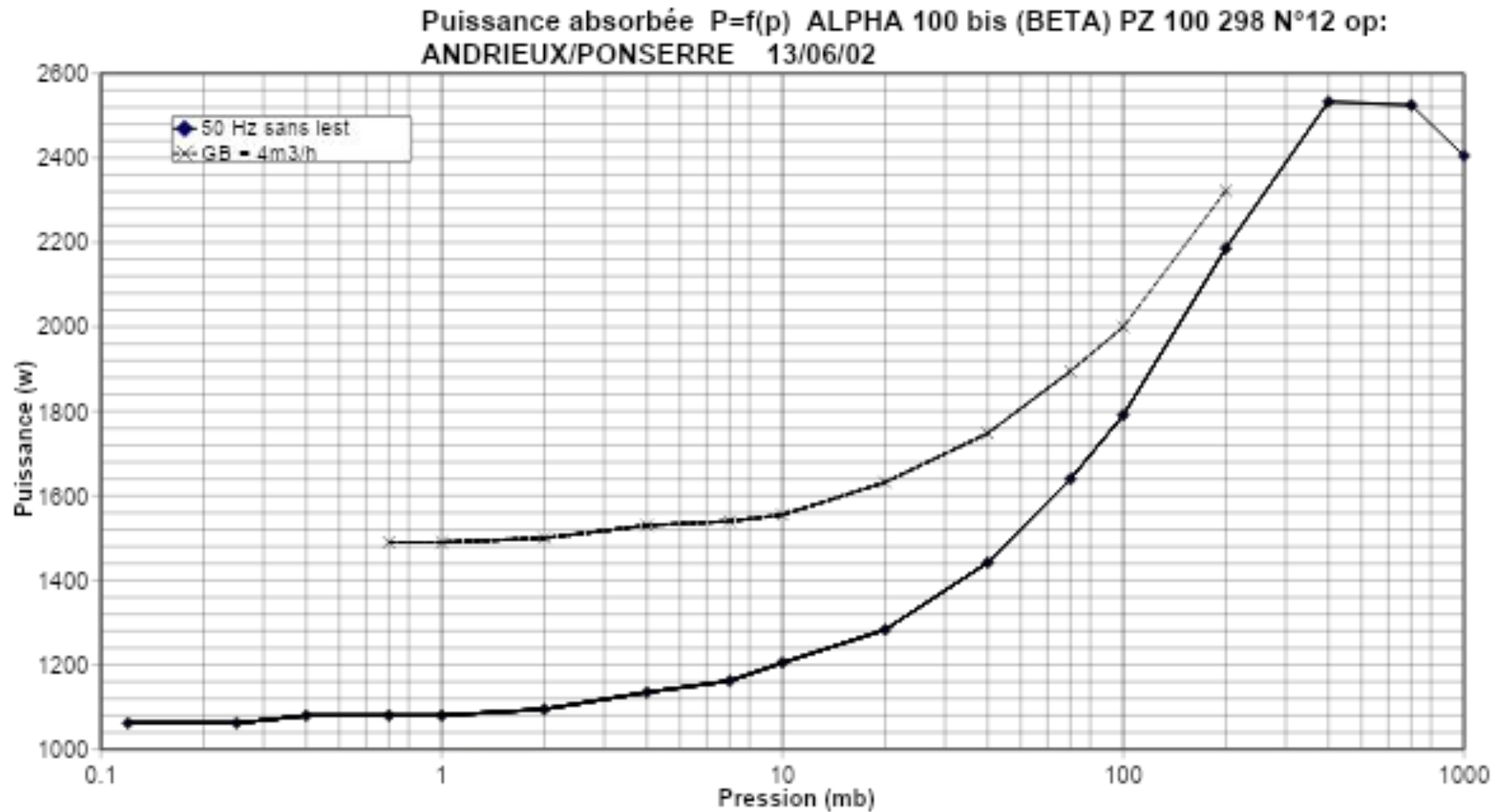
Eksempel på "dalende" pumpekurve, kapacitet aftager ved 400 – 600 hPa. Her klopumper 100, 150, 250 og 350 m³/hr. nominelt.



*Eksempel på "flad" pumpekurve, kapacitet bibeholdes til 10 hPa.
Eksemplet er fra en 100 m³/hr. olietættende lamelvakuumpumpe.*



Lavere tryk er normalt lig med mindre energiforbrug, her et typisk eksempel fra en 100 m³/hr. olieretættende lamelvakuumpumpe.



Overordnede generelle egenskaber for forskellige typer vakuumpumper

Olietættende lamelvakuumpumper:

Velkendt afprøvet teknologi. Har en ”flad” pumpekurve, og kan håndtere store mængder vand. Nyere typer har lavere driftstemperatur samt forlængede serviceintervaller. Sædvanligvis en lav anskaffelsespris. Findes i mange kapaciteter.

Tørtløbende lamelvakuumpumper:

Har ”dalende” pumpekurve, normalt ikke egnede til at håndtere vand, og udstyres ofte med yderligere kondensatfælder. Anvendes typisk ved mindre kapaciteter (under 50 m³/hr.).

Tørtløbende klovakuumpumper:

Har ”dalende” pumpekurve. Ofte må frekvensen øges for at de har tilstrækkelig kapacitet i området 100 – 300 hPa. Deres evne til at håndtere vand er lavere end for f.eks. olietættende lamelvakuumpumper, og er mange gange ikke angivet i pumpens specifikationer.

Membran vakuumpumper:

Findes som et trins med et ultimativt vakuum ned til 200 hPa og to trins ned til ca. 10 hPa. De har ”dalende” pumpekurve. Afhængigt af hvilket materiale de er lavet af, er der typer særdeles egnede til håndtering af vand. De anvendes til små centrale forsyninger, f.eks. privatklinikker og felthospitaler, ofte transportable anlæg. De fås også i 24 og 12 VDC udgaver og er egnede som nødforsyning, samt enkelt forsyning på epidemiafdelinger.

Tørtløbende skruevakuumpumper:

Kan fås i versioner med et lavt ultimativt vakuum (0,05 hPa). Disses pumpekurve er ”flad” og de kan håndtere store mængder vand. Anvendes typisk til større systemer (200 m³/hr. og opefter). De kan tåle at køre i lange perioder ved høje tryk, op til atmosfærisk tryk. De har mange andre brugbare egenskaber, bl.a. egnet for energioptimering. Serviceintervaller er meget, meget lange og driftssikkerheden er stor. I virkeligheden kunne standardens krav om minimum 3 vakuumpumper reduceres til 2 ved brug af denne teknologi. Anskaffelsesprisen er høj, prisen på en pumpe kan være lige så stor som en hel forsyningscentral med andre typer pumper med samme kapacitet.

Stempel vakuumpumper:

Velafrøvet, gammel stadig brugt teknologi. ”Dalende” pumpekurve, god til at håndtere vand. Problemer med støj på større pumper. Mindre pumper anvender i dag også ”rocking pistons” princip.

Yderligere til vakuumpumper

Det anbefales, at der er kontraventiler der sikrer mod ”tilbageslag” ved stop af vakuumpumpe. På alle gængse typer vakuumpumper er der normalt en indbygget ”tilbageslagsventil”.

Dette for at sikre, at vakuum ikke brydes i systemet når en pumpe stopper og heller ikke trækker olie eller anden kontaminering ind i systemet.

Omkring støj, er de angivne værdier så høje, at standard vakuumpumper som udgangspunkt ligger langt indenfor.

Det er defineret, at alle 3 vakuumpumper (mindst 3 vakuumpumper, det er tilladt at anvende flere, hvilket ved store kapaciteter og uens forbrug kan være en økonomisk fordel) skal være af samme type, hvor af en vakuumpumpe skal kunne klare fuld kapacitet. Det anbefales at vakuumpumper har alterende drift. Dette udligner bl.a. slidtage. Kapaciteten på en vakuumpumpe er defineret ved 600 hPa.

Det nævnes, at luft flow på forsyningscentralen skal være så tilstrækkelig at pumper kan køles.

Det betyder der anbefales anvendt lutkølede vakuumpumper.

Der er ikke defineret en nedre grænse for vakuum, men da der ved forbrug længst væk er defineret 400 hPa, med et tab på 130 hPa maksimalt til forsyningscentralen, skal en vakuumpumpe have kapacitet (m³/hr. el. l/min) til at yde 270 hPa minimum ved beregnet forbrug inkl. samtidighedsfaktor.

Bakteriologiske filtre

Mindst en dobbelt bakteriologisk filterstation.

Effektivitet (ULPA) anbefalet: 99,97 % @ 0,1 micron.

Skal kunne klare anlæggets fulde kapacitet.

Et filter skal kunne afspærres og drænes/skiftes med systemet i fuld drift.

Det anbefales at filtre udstyres med en drænflaske. Drænflaske anbefales at kunne desinficeres i en autoklave ved 130 grader C.

Tilladeligt tryktab over et rent filter ved et tryk på 630 hPa absolut tryk må ikke overstige 30 hPa.

Filterstatus/ differenstryk over filter skal kunne aflæses.





Sikkerhed/advarsler

Standarderne stiller krav om, at centrale vakuumforsyninger skal være i et lukket rum for sig selv, må ikke opstilles sammen med andre forsyninger f.eks. trykluft, for at undgå krydskontaminering.



Biologisk kontaminering!

- Ved skift af filtre samt evt. dræn af filtre via drænflasker, service på anlægget som helhed, er det at betragte som biologisk kontamineret. Brug personlig beskyttelse i form af åndemidler samt handsker.
- Sikker håndtering samt bortskaffelse af kondensater, brugte filtre, olie samt øvrige skiftede reservedele skal ske forskriftsmæssigt.
- Brug sygehusets interne regler.

Styring, overvågning og alarmer

Styringen omfatter automatik (ikke krav til det er en PLC) der sikrer:

Vekslende drift for vakuumpumper.

Angiver hvilken vakuumpumpe der er i drift, samt om den er ”cut in” eller ej.

”Cut in” skal styres til maksimalt tryk fra forsyningscentralen, så 400 hPa kan sikres længst væk fra forsyningscentralen.

Kan primær vakuumpumpe ikke holde værdi for ”cut in” skal øvrige vakuumpumper træde ind.

”Cut out”, det vil sige nedre tryk fra forsyningscentralen er ikke defineret, men skal ud fra forbrug og bufferkapacitet være fastlagt så størst mulig driftsøkonomi kan tilgodeses.

Tryk, det vil sige vakuum, skal kunne aflæses.

Der skal være alarm til central overvågning såfremt tilstrækkeligt vakuum ikke kan opretholdes.

Denne alarm behøver ikke komme fra styringen.

Forsyningscentralen skal forsynes med strøm fra mindst to uafhængige forsyningskilder.

Systemet skal kunne sættes fra automatik til manuel drift.

Eksempel på styre/kraftskab

Hovedafbryder:

PLC:

Start/Stop:

Sætte i drift:

Tænd hovedafbryder.

Tryk start.

For stop:

Tryk stop.

Slukke hovedafbryder tager spændingen fra systemet.



Note! Ved strømudfald træder styringen automatisk i drift når strømmen er tilbage. Pumper starter dog først ved et tryk over ”cut in” i buffertanke.

Overvågning og CTS

Typisk anvendes der i dag vakuumtransmittere der giver et 4 – 20 mA signal med laveste værdi "0" ved 4 mA og 1000 hPa ved 20 mA. Signalet er lineært. Denne type vakuumtransmittere giver signal til en PLC som i dag oftest anvendes til styring, og samtidig i et display giver mulighed for at aflæse aktuelt tryk på forsyningscentralen. De anvendes også til CTS alarmer, hvor standarderne kræver en placeret længst væk fra forsyningscentralen. Alarmgrænsen her er maksimalt 400 hPa, samt en "panik grænse" ved 600 hPa. Kan et tryk ikke holdes under 600 hPa som maksimalt tryk er der en alvorlig fejl i forsyningssystemet. Yderligere kan vakuumtransmittere f.eks. anvendes til overvågning af differenstryk over filtre.

Her et eksempel hvor der både er CTS fra forsyningscentralen samt overvågning af differenstryk over filtre. Bemærk afspærringsventiler, så en transmitter kan skiftes uden at bryde vakuum.

