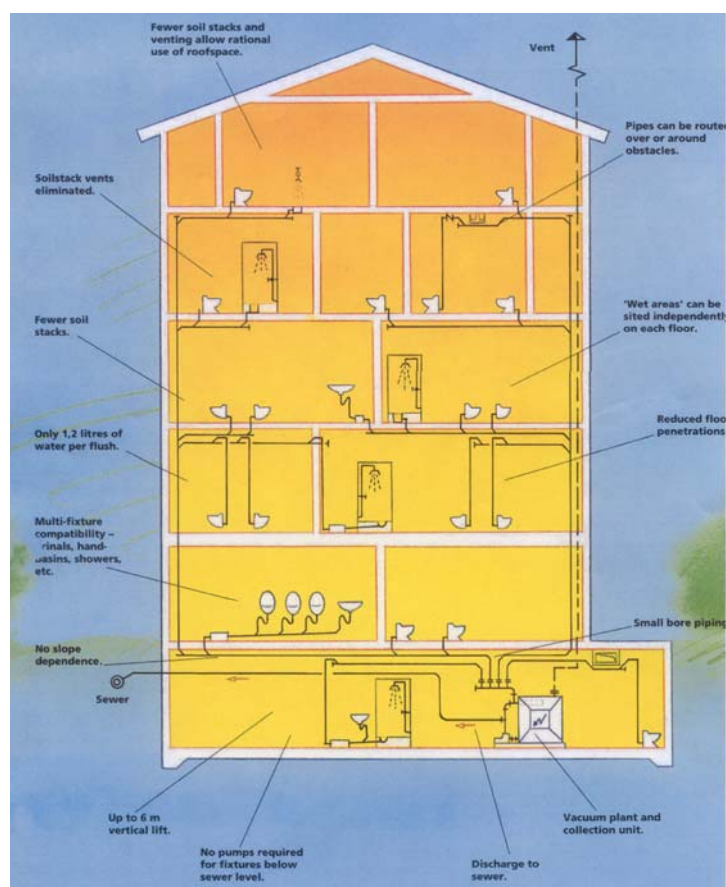


VACUUMSYSTEMER I BYGNINGER

Vejledning i projektering, udførelse og drift

Rørcenter-anvisning 011

Marts 2006



Vakuumsystemer i bygninger
Vejledning i projektering,
udførelse og drift
Rørcenter-anvisning 011

1. udgave, 1. oplag 2006

© Rørcentret,
Teknologisk Institut

Tryk og indbinding:
Rødgaard Grafisk Produktion

ISBN 87-988803-3-0

ISSN 1600-9894
Nøgletitel: Rørcenter-anvisning

Forord

Formålet med denne anvisning, er at danne et fælles teknisk grundlag for projektering, udførelse og drift af vakuumafløbssystemer i bygninger.

Målgruppen for anvisningen er bygherrer, rådgivende ingeniører, entreprenører og arkitekter, samt myndigheder, der arbejder med byggeri, primært renovering.

Anvisningen tager udgangspunkt i de generelle krav til afløbsinstallationer i Bygningsreglementerne og i DS 432, Norm for afløbsinstallationer, suppleret med kravene i europastandarden DS/EN 12109:2000 Vakuumafløbssystemer inden for bygninger.

Desuden indgår vejledninger og erfaringer fra fabrikanter af vakuumsystemer.

Projektet er finansieret af Socialministeriet, Boligfagligt Center (tidligere Erhvervs- og Boligstyrelsen) via byfornyelseslovens forsøgs- og udviklingsmidler.

Anvisninger er udarbejdet af Inge Faldager, Rørcentret, Teknologisk Institut, med bistand fra firmaet Max Sibbern A/S og PoV AB (Pump-och Vakuumsystem AB).

Marts 2006
Rørcentret
Teknologisk Institut

Indholdsfortegnelse

1	INDLEDNING.....	6
2	BESKRIVELSE AF VAKUUMSYSTEMER.....	7
2.1	VAKUUMSYSTEMER I BYGNING.....	7
2.1.1	<i>Opsamlingsenheden</i>	7
2.1.2	<i>Ledningssystemet</i>	8
2.1.3	<i>Vakuumcentralen</i>	9
2.2	VAKUUMSYSTEMER I JORD.....	9
2.3	FORDELE VED VAKUUMSYSTEMER.....	9
2.4	ULEMPER VED VAKUUMSYSTEMER.....	11
3	BESKRIVELSE AF DE ENKELTE KOMPONENTER	12
3.1	OPSAMLINGSENHEDER	12
3.1.1	<i>Vakuumtoiletter</i>	12
3.1.2	<i>Opsamlingsenhed til flere installationer</i>	13
3.1.3	<i>Opsamlingsenheder til én installationsgenstand</i>	13
3.1.4	<i>Urinaler</i>	14
3.2	VAKUUMCENTRALEN	14
3.2.1	<i>Vakuumtank og vakuumpumpe</i>	15
3.2.2	<i>Ejektorcentral</i>	15
3.2.3	<i>On-linecentraler</i>	16
3.2.4	<i>Generelt</i>	16
3.2.5	<i>Ledningssystem</i>	16
3.3	SIKKERHED OG SUNDHED	17
3.4	OVERORDNEDE KRAV TIL SYSTEMET	17
4	DIMENSIONERING AF VAKUUMSYSTEMER	18
4.1	GENERELT	18
4.1.1	<i>Tryktab</i>	18
4.2	LEDNINGSSYSTEMET	19
4.2.1	<i>Ledningsdimension</i>	19
4.3	VAKUUMSTATIONEN	20
5	PROJEKTERING.....	22
5.1	GENERELT	22
5.2	LEDNINGSSYSTEMET	22
5.2.1	<i>Bøjninger</i>	23
5.2.2	<i>Grenrør</i>	24
5.2.3	<i>Tilslutninger</i>	25
5.2.4	<i>Løfteledninger</i>	25
5.2.5	<i>Kontraventiler</i>	28
5.3	AFSPÆRRINGSVENTILER.....	29
5.4	RENSE OG INSPEKTIONSADGANGE	29
5.5	LEDNINGSMATERIALE OG DIMENSION	30
5.5.1	<i>Samlinger</i>	31
5.6	ANDET	32
5.7	VEDLIGEHOLDELSE	32
5.8	STØJ.....	32
5.9	SKUM.....	32
5.10	ENERGI	33

6	INSTALLATION/UDFØRELSE.....	34
6.1	GENERELT.....	34
6.2	FASTHOLDELSE.....	34
6.3	ANDET.....	35
7	IBRUGTAGNING AF SYSTEMET.....	37
7.1	TÆTHEDSPRØVNING.....	37
7.2	FUNKTIONSPRØVNING.....	37
8	DRIFT OG VEDLIGEHOLDELSE.....	38
8.1	BRUGERVEJLEDNING.....	38
8.2	DRIFTS- OG VEDLIGEHOLDELSERVEJLEDNING.....	38
9	PRAKTISKE ERFARINGER.....	39
10	UDFØRTE ANLÆG.....	40
	Bilag 1: Tæthedsprøvning.....	42
	Bilag 2: Funktionsprøvning.....	43
	Bilag 3: Afsyring af ledningssystemer af plast.....	45

1 Indledning

Ved renovering af ældre ejendomme – især industriejendomme og lignende i forbindelse med overgang til anden anvendelse fx boliger, kollegier, hoteller mv., udgør projektering og udførelse af afløbsinstallationerne ofte et teknisk, æstetisk og økonomisk problem. Vanskelighederne består i at finde passende føringsveje for både liggende og stående afløbsledninger, når de skal udføres efter gældende normer og vejledninger.

Traditionelle afløbssystemer fungerer uden tilførsel af energi, idet ledningerne lægges med fald, så tyngdekraften leverer transportenergien. I nogle systemer kan det imidlertid være nødvendigt at bruge energi til at løfte vandet op til et højere niveau, fx ved afløb fra lavtliggende områder. Der findes principielt to forskellige typer anlæg, man kan vælge i disse tilfælde, nemlig trykssystemer og vakuumsystemer.

I Danmark anvendes trykssystemer primært ved enkelte installationer. Det benyttes i mange tilfælde, hvor der skal pumpes afløbsvand fra kældre og andre lavtliggende områder. Vakuumsystemet er mindre udbredt, men kan bruges på 2 forskellige måder: som internt afløbssystem i en bygning, der i øvrigt har tilslutning til det offentlige kloaknet, og som afløb fra et bebygget område uden kloaknet, hvor afløbsvandet fra et antal bygninger opsamles og føres til renseanlæg eller kloaknet via vakuumsystemer. I denne rapport behandles primært vakuumsystemer i bygninger. Vakuumsystemer i jord omtales kort.

De overordnede krav og regler for afløbsinstallationer inklusive vakuumsystemer, findes i Bygningsreglementerne. Der findes imidlertid ikke danske anvisninger på, hvordan afløbsinstallationer kan udføres som vakuumsystemer. En europæisk norm ”DS/EN 12109 Vakuumsystemer i bygninger 2000”, giver visse retningslinier for anvendelse af vakuumsystemer i bygninger, men er ukendt inden for fagområdet. Producenter af vakuumsystemer har i Danmark stort set kun solgt anlæg til afløb i skibe, tog, fly og til specielle formål, der ikke involverer boliglignende byggeri.

I DS/EN 12109 angives en række krav til vakuumsystemers opbygning og dimensionering. Standarden henvender sig imidlertid mest til forhandlere og leverandører af vakuumsystemer, idet standarden angiver de overordnede krav til hele systemet og de enkelte komponenter. Som udgangspunkt kan det siges, at leverandørerne af vakuumsystemer skal overholde kravene angivet i DS/EN12109. Standarden er ikke egnet til brug for kommuner, rådgivere, arkitekter og entreprenører, der ønsker at etablere et vakuumsystem.

Formålet med denne anvisning er at supplere Bygningsreglementerne og den europæiske standard med praktiske vejledninger og på den måde skabe et fælles dansk grundlag for projektering, udførelse og drift af vakuumsystemer i bygning. Denne anvisning vil gøre det muligt i boligbyggeri og boliglignende byggeri at udføre afløbsinstallationer, der er langt mere fleksible at installere end de traditionelle gravitationssystemer, og man undgår bindinger af planløsningerne i de enkelte etager.

2 Beskrivelse af vakuumsystemer

2.1 Vakuumsystemer i bygning

Et vakuumsystem i en bygning er et afløbssystem med permanent undertryk og hvor:

- Trykforskellen mellem atmosfæretrykket og undertrykket (vakuum) transporterer vandet frem gennem ledningssystemet
- Spildevandet tilledes ledningssystemet via tømmeventiler
- Det meste af den luft, der er nødvendig for transport af spildevandet, tilledes gennem tømmeventiler
- Ventilene fungerer via trykdifference til atmosfærisk luft

Vandtransporten i et vakuumsystem fungerer ved, at luftens atmosfæriske tryk anvendes som drivkraft i et ledningssystem med et vist undertryk. Teknikken bygger derfor på den kraft, som skabes af den luft, der lukkes ind i systemet.

Trykforskellen trykker/trækker en vandprop gennem ledningssystemet. Når vandpropen flyder ud, udlignes trykforskellen og vandet løber videre ved gravitation til den næste transportlomme. Her samles vand og urenheder og transporteres videre næste gang, der opstår en trykforskel.

Forholdet mellem luft og vand (L/V) (air/water A/W) afhænger af typen på vakuumsystemet. Et vakuumtoilet, der skyller med ca. 1,2 liter lukker ca. 60 liter atmosfærisk luft ind i ledningssystemet, hvor det udvider sig til det dobbelte. I et vakuumsystem kun med vakuumtoiletter er ledningernes våde volumen lille, og dermed luft/vand (A/W) forholdet stort.

I figur 2.1 er vist en principskitse af et vakuumsystem i bygning.

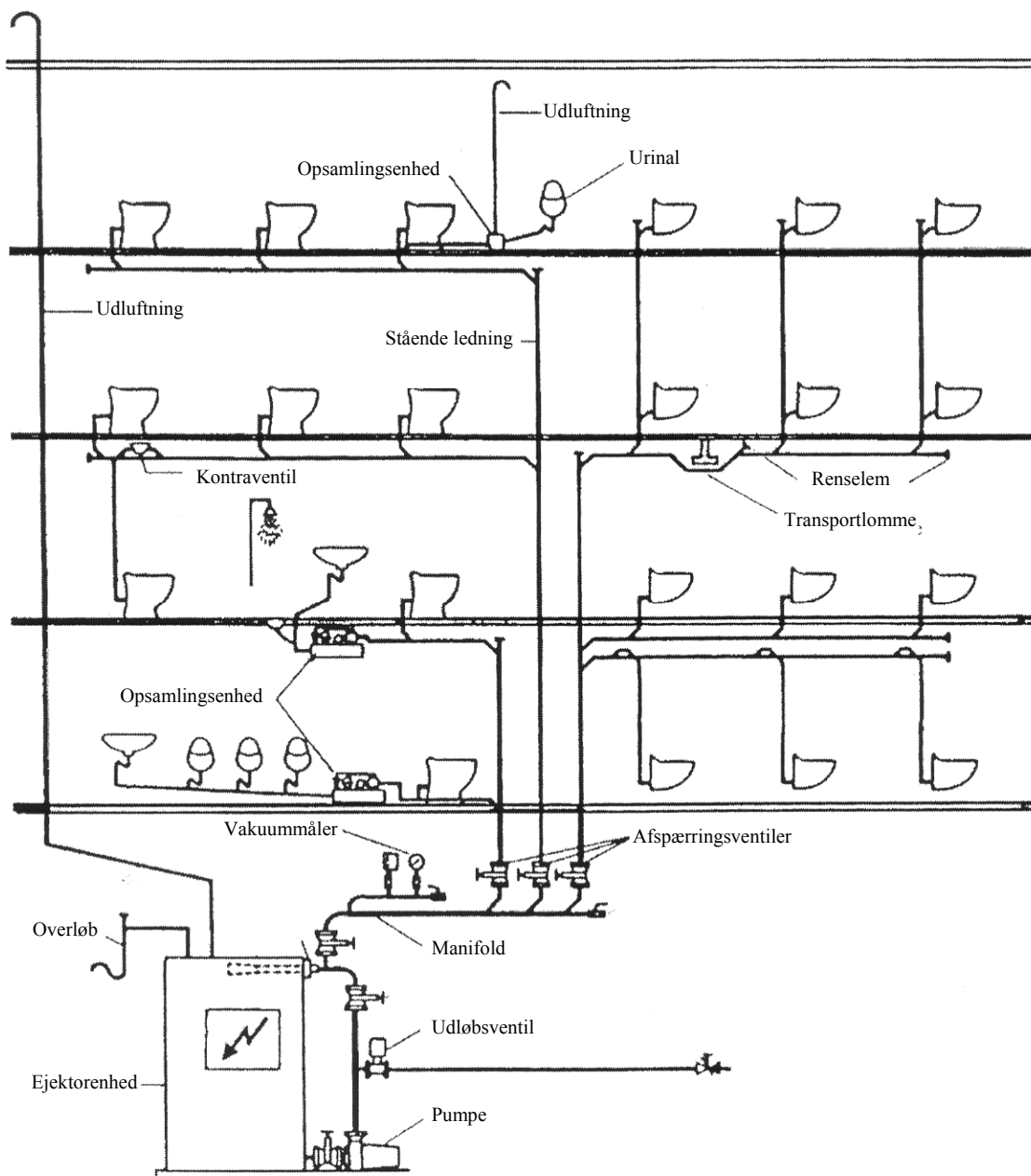
Vakuumsystemet består principielt af 3 enheder:

- Opsamlingsenheder
- Ledninger
- Vakuumstationen

2.1.1 Opsamlingsenheden

Opsamlet spildevand suges ind i ledningssystemet gennem en opsamlingsenhed. Opsamlingsenheden kan være et vakuumtoilet eller en opsamlingsenhed, som spildevandet fra bad, håndvask, køkkenvask, vaske- og opvaskemaskiner m.v. løber til og opsamles, inden det ledes til vakuumsystemet gennem en tømmeventil.

Opsamlingsenheden kan have forskellige udformninger, men er altid forsynet med en ventil mellem atmosfæretrykket og undertrykket i ledningssystemet. Ventilen kan styres elektrisk, pneumatisk eller manuelt.



Figur 2.1
Principskitse af et vakuumsystem

2.1.2 Ledningssystemet

Ledningssystemet skal udformes, så transporten af vand bliver så let som mulig. Dette indebærer, at ledningerne skal have et vist fald. Det højdetab, der dermed opstår indhentes i "transportlommer", som er en række lavpunkter, der indbygges i ledningssystemet. I lavpunkterne samles vandet og danner propper, der er lette at accelerere, når nyt vand, og frem for alt ny luft tilføres systemet.

Sammenlignet med gravitationssystemer er ledningsdimensionerne mindre. Afhængigt af hvilken type vakuumsystem der vælges, er ledningsdimensionen fra 50 mm og op.

2.1.3 Vakuumcentralen

I vakuumcentralen dannes ledningssystemets undertryk. Som regel er det kun nødvendigt med én vakuumcentral pr. anlæg.

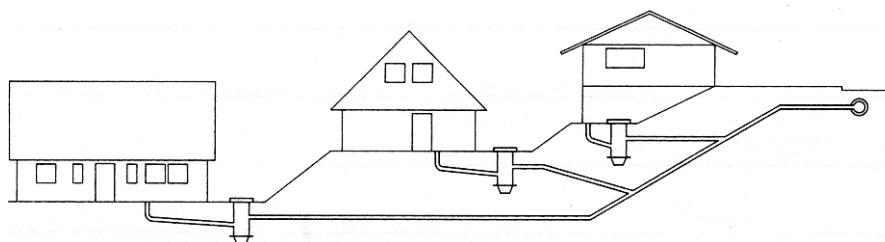
Der findes overordnet 3 forskellige typer af vakuumcentraler:

- Ejektorcentraler
- Central med vakuumtank og vakuumpumpe
- On-linecentraler, hvor pumpen er placeret direkte på rørsystemet. En sådan pumpe kan samtidigt skabe både et undertryk i ledningssystemet, og pumpe det opsamlende vand væk

Vakuumcentralen dimensioneres som regel efter den luftmængde, der lukkes ind i systemet, specielt ved vakuumsystemer i bygning med et højt L/V forhold. Se kapitel 4.

2.2 Vakuumsystemer i jord

Vakuumsystemer i jord anvendes ofte i områder med spredt bebyggelse og med vanskelige terrænforhold. Vakuumsystemet kan se ud som vist i figur 2.2.



Figur 2.2

Principskitse af en del af et vakuumafløbssystem (SBI 185)

Ved vakuumsystemer anvendt som hovedkloak, er opsamlingsenheden ofte en brønd i jord, der opsamler spildevand fra en eller flere husholdninger. Afløbsinstallationerne inde i husene, er dermed traditionelle afløbsinstallationer. Ledningssystemet skal også her bygges, så der indbygges transportlommer. Ved vakuumsystemer anvendt som hovedkloak, er ledningsdimensionen fra 90 mm og op.

Ved vakuumsystemer anvendt som hovedkloak, hvor alt spildevandet transporteres i den samme ledning, er luft/vandforholdet lille. For hver del vand lukkes der kun 1,5 – 3 dele luft ind, og derfor fylder vandet langt mere.

2.3 Fordele ved vakuumsystemer

Vakuumsystemer har været kendt i nogle år, men mest fra tog, fly, færges m.v. I dag er de ved at vinde indpas på andre områder, fx hoteller, kontorer, butikcentre m.v.

Det er et pladsbesparende system, fordi man er uafhængig af tyngdekraften. Dette giver mulighed for at placere fx vådrum forskelligt i hver etage, samt mulighed for bedre ledningsføringer. En af de store fordele er de små ledningsdimensioner, hvor en dimension på $\varnothing 50$ mm normalt vil være tilstrækkelig. Desuden er der behov for færre udluftninger.

I et vakuumsystem kræves der kun en udluftning af vakuumcentralen, men ikke af de stående ledninger. Ledningernes mindre dimensioner og retningsuafhængighed vil desuden billiggøre installationsarbejdet både ved mindre materialeforbrug og timeforbrug.

Afløbsinstallationen vil optage mindre plads i bygningskroppen og brandsikring af ledningerne vil helt kunne undgås eller reduceres væsentligt. En medvirkende årsag til at fremme anvendelsen af vakuumsystemer, er også at vandforbruget ved wc-skyl reduceres til 1,2 liter pr. skyl mod traditionelt 4-6 liter pr. skyl ved nye wc'er.

Der er heller ikke behov for pladskrævende pumpeanlæg. Vakuumstationen er meget kompakt og kan placeres hvor som helst i kælderplanet. Vakuumstationen er normalt den eneste komponent, der kræver strømforsyning.

Der er mulighed for store vandbesparelser ved brug af vakuumsystemer, dels fordi vakuumtoiletter skyller med en meget lille vandmængde, dels fordi alle andre installationer kan være vandbesparende, når der ikke skal tages højde for et minimumsfald.

Rent hygiejnisk er vakuumtoiletter gode. Ved et normalt wc-skyl spredes der aerosoler i badeværelset. Dette sker ikke ved vakuumtoiletter, hvor aerosoler trækkes med ind i ledningssystemet af den kraftige luftstrøm.

Vakuumsystemer kan også være fordelagtige ved håndtering af farligt affald, fx på hospitaler eller forskningsinstitutioner. Det farlige affald lagres i vakuumtanken og kan derfra transporteres til separat behandling.

Sammenlignet med gravitationssystemer har vakuumsystemer nogle helt andre muligheder:

- Det giver store vandbesparelser, specielt hvis der bruges vakuumtoiletter
- Ledningsdimensionen er lille
- Det giver en fleksibel ledningsføring og frihed til at placere afløbsinstallationer hvor som helst i en bygning
- Det tillader brug af lette rør i små dimensioner
- Det tillader sidetilslutninger og vandret transport uden højdetab
- Brandsikring kan undgås eller reduceres væsentligt

Muligheden for at løfte vandet og for at transportere det vandret giver mulighed for en fuld udnyttelse af bygnings muligheder. Installationsgenstande kan placeres hvor som helst og er ikke afhængig af, at der er en faldstamme/stående afløbsledning i nærheden.

Vakuumsystemer bør overvejes under følgende omstændigheder:

- Hvor der er brug for at reducere vandforbruget
- Når hovedafløbssystemet har begrænset kapacitet
- Når der er behov for at adskille sort og gråt spildevand
- I hospitaler, hoteller, kontorer m.v. hvor der er brug for mange og effektive toiletter
- Hvor der er brug for en fleksibel ledningsføring eller hvor det forventes, at der jævnligt skal foretages ændringer i ledningssystemet
- Når der skal laves nye afløbsinstallationer under højeste opstemningsniveau i hovedkloakken

- Ved genbrug af bygninger til andet formål
- I komplekse bygninger
- Hvor det er nødvendigt at forhindre stemmekommunikation gennem ledningssystemet fx ved isolationsfængsling

2.4 Ulemper ved vakuumsystemer

Et vakuumsystem indeholder dele, som kræver regelmæssig vedligeholdelse. Det er derfor ikke hensigtsmæssigt at anvende vakuumsystemer i bygningskomplekser, hvor der ikke er en fast mand til at vedligeholde systemet.

Ligeledes kan der forekomme støj, når vakuuminstallationer aktiveres. Uheldig/dårlig ledningsføring kan ligeledes medføre en del støj.

3 Beskrivelse af de enkelte komponenter

3.1 Opsamlingsenheder

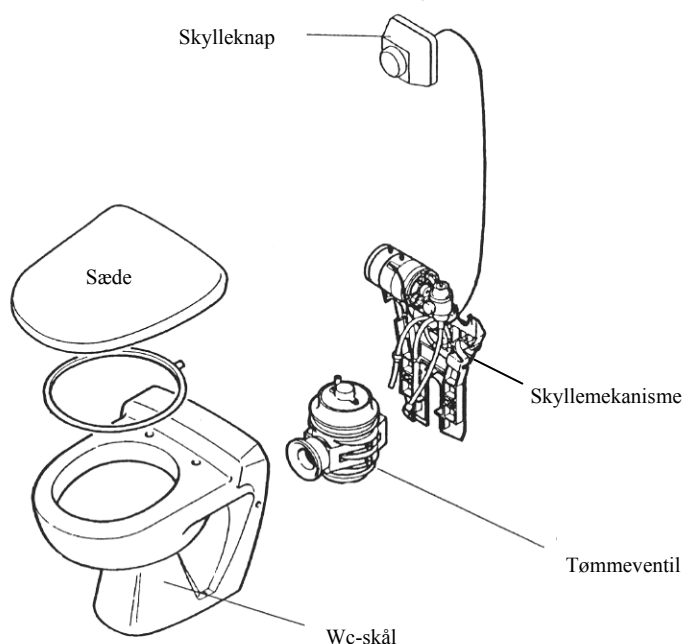
En opsamlingsenhed er en fællesbetegnelse for en enhed, der opsamler spildevandet og leder det til vakuumsystemet. En opsamlingsenhed kan enten være et vakuumtoilet, eller en opsamlingsenhed til en eller flere afløbsinstallationer, der afleder gråt spildevand.

3.1.1 Vakuumtoiletter

Et vakuumtoilet består af en toiletskål, en tømmeventil som adskiller toiletskålen fra vakuumsystemet, samt en skyllemekanisme. Vakuumtoiletter er forsynet med en rørf-bryder for at forhindre, at skyllevandet suges tilbage i ledningssystemet.

Toilettet aktiveres ved at trykke på skylleknappen. Skålens indhold samt luft suges ud i vakuumsystemet samtidig med at skyllemekanismen går i gang. Efter ca. 3 sekunder lukker tømmeventilen. Skyllemekanismen lukkes efter yderligere 4 sekunder, så der fyldes vand i skålen.

Et vakuumtoilet kan både monteres på gulv, eller være væghængt. Fabrikanten tilbyder forskellige udformninger af sæde og låg for at dæmpe spulelyden for wc. Der findes også wc med forskellige placeringer af skylleknappen.



Figur 3.1
Vakuumtoilet

3.1.2 Opsamlingsenhed til flere installationer

Opsamlingsenheder opsamler spildevand fra fx håndvask, bad, vaskemaskine eller urinal. Spildevandet tilledes disse enheder ved gravitation fra "normale" afløbsledninger og fra "normale" installationsgenstande.

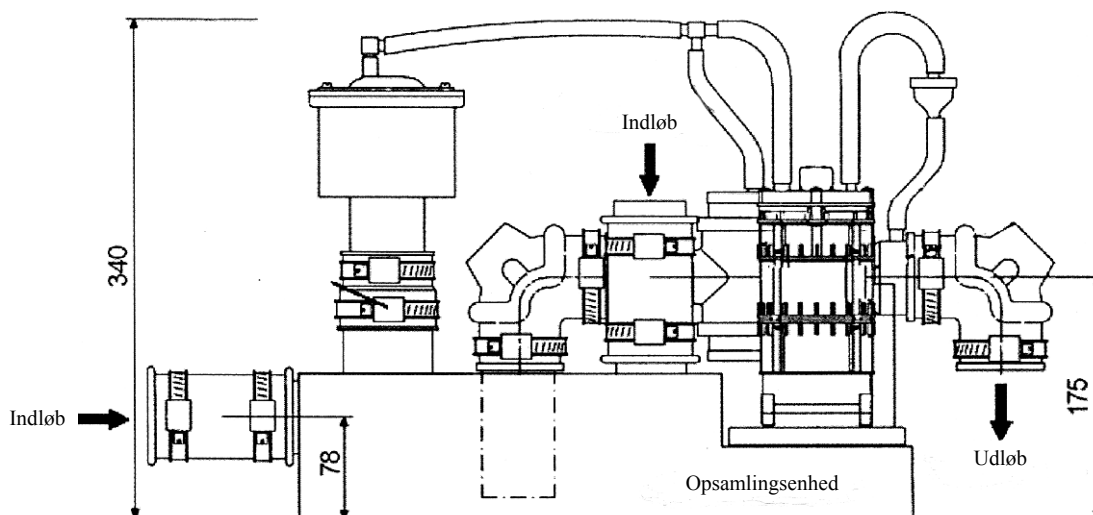
Opsamlingsenheden er en beholder, som opsamler spildevandet fra bad, håndvask, køkkenvask, vaske- og opvaskemaskiner m.v., inden det ledes til vakuumsystemet. Den kan leveres med forskellige volumen, fx 7 eller 10 liter, men kan også fås større, hvis der er behov for ekstra bufferkapacitet.

Badekar kan principielt godt installeres i vakuumsystemer og tilledes via opsamlingsenheden. De bør dog undgås, idet de rummer et stort vandvolumen og dermed belaster ledningssystemet meget.

Opsamlingsenheden er i princippet forsynet med de samme ventiler/komponenter som et vakuumtoilet, men aktivering af tømmeventilen og tømning af beholderen sker automatisk ved en forudsat vanddybde. Aktivering af ventilen sker, når et luftvolumen komprimeres tilstrækkeligt til at aktivere ventilen.

Opsamlingsenheder til flere installationer er altid forsynet med en udluftning/vakuumentil, så det sikres, at vandlåsene på installationsgenstandene ikke suges ud, når enheden tømmes.

Tømmeventilen i opsamlingsenheder kan kun aktiveres, hvis vakuomet i ledningssystemet har en vis størrelse benævnt initialvakuomet. En vakuumpærre i skyllemekanismen forhindrer tømning, når vakuum i ledningssystemet er for lille.

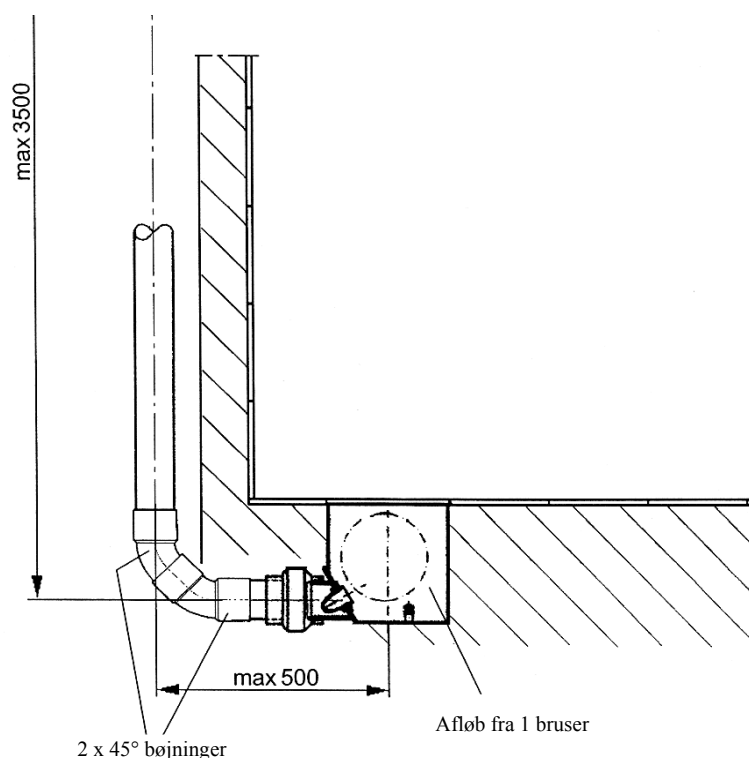


Figur 3.2
Opsamlingsenhed der opsamler spildevand fra fx håndvask, vaskemaskine m.v.

3.1.3 Opsamlingsenheder til én installationsgenstand

Der findes tilsvarende opsamlingsenheder, der kun betjener en enkelt installation fx et gulv afløb. Her er volumen kun ca. 1 liter og udløbskapaciteten ca. 0,75 l/s, se figur 3.3. I lukket udgave blokerer en rund bold beholderens udløb. Bolden flyder op, når der tilføres ca. 1 liter vand og lukker igen, når vandet løber bort.

Opsamlingsenheden og gulv afløb må kun tilføres gråt spildevand. Spildevandet må ikke indeholde faste partikler.



Figur 3.3
Opsamlingsenhed, der kun betjener et gulv afløb

3.1.4 Urinaler

Afløbet fra urinaler skal løbe ved gravitation til en opsamlingsenhed, hvorfra det gennem en ventil ledes til vakuumsystemet.

Urinaler bør forsynes med en manuelt betjent skylleventil, så kun en begrænset vandmængde medgår til hvert skyl. Urinaler bør ikke forsynes med automatiske skylleventiler på grund af det store vandforbrug. Hvis der ønskes automatisk skylning, bør det være efter fotocelleprincippet. Selve tømmeventilen virker efter samme princip som ved større opsamlingsenheder.

Vandfri urinaler kan også anvendes. Her er det dog nødvendigt at sætte en udluftning/vakuumentil på ledningssystemet mellem tømmeventilen og vandlåsen, for ikke at få suget den specielle vandlåsveske ud.

3.2 Vakuumcentralen

Vakuumcentralen er systemets hjerte og skal opretholde det nødvendige undertryk i ledningssystemet. Vakuumcentralen skal derfor dimensioneres efter den teoretisk største maximale timebelastning på det konkrete anlæg. Der er forskellige belastninger afhængig af, om det er et offentligt anlæg eller fx et hotel. Vakuummet kan etableres på forskellige måder.

3.2.1 Vakuumtank og vakuumpumpe

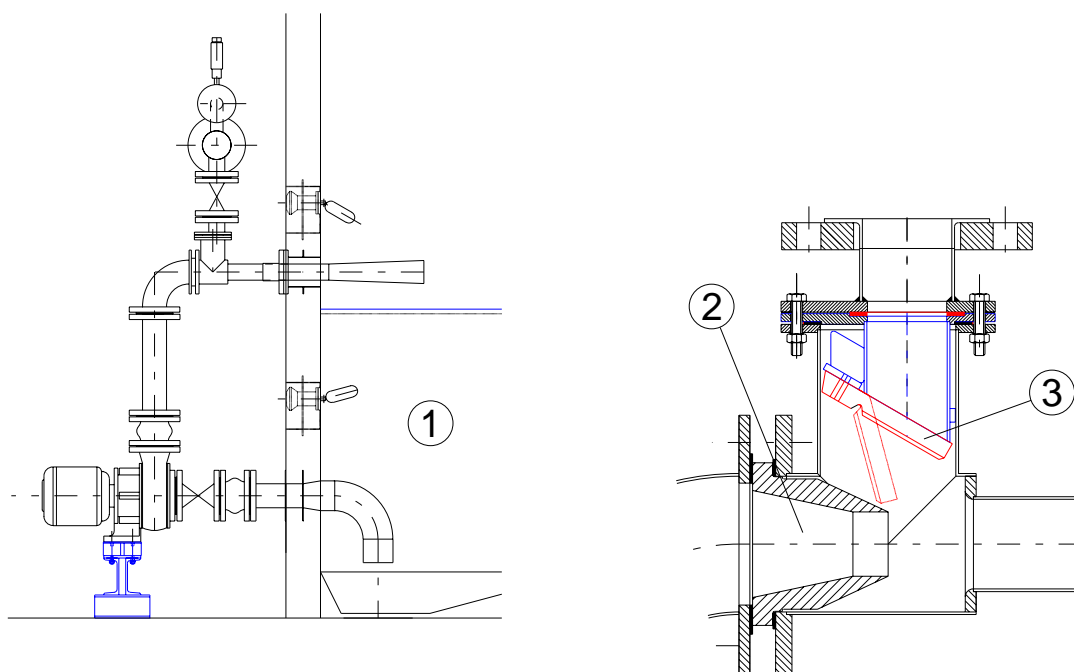
Ved større anlæg, hvor energiforbruget kan blive en væsentlig del af de totale driftsomkostninger, vælges som regel en central med vakuumpumper. Der kræves mindst 2 pumper, hvis der ikke tillades funktionsstop i systemet ved reparation og service.

Et sådant anlæg kræver som regel også separate pumper til tømning af tankene. Ved tømning af tankene skal undertrykket helt eller delvis reduceres. Anlægget sættes dermed ud af drift med mindre man har to vakuumtanke. Anlæg med vakuumpumper er de mest energiøkonomiske anlæg.

3.2.2 Ejektorcentral

Vakuum kan også skabes med en ejektor. En ejektorcentral består af en tank med atmosfærisk tryk, en vandejektor og en pumpe. Ejektorcentraler har således ikke nogen vakuumtank. Det spildevand, der opsamles i tanken, pumpes gennem ejektoren og et specielt udformet mundstykke. Herved dannes der et højt undertryk i ejektoren. En kontraventil i ejektoren åbner og suger luft og vand ind fra ledningssystemet.

En ejektorcentral har lavere kapacitet pr. installeret kilowatt end en vakuumpumpe, men er simplere opbygget og dermed mere driftsikker.



1. Ejektorenhed
2. Ejektormundstykke
3. Kontraventil

Figur 3.4
Ejektorcentral

3.2.3 On-linecentraler

En on-line pumpe kan samtidig suge både luft og vand og kræver heller ingen vakuums-tank. Der findes forskellige typer on-line pumper. Nogle typer er opbygget efter samme princip som vakuumpumper. På indløbssiden findes en skæreanordning af samme type, som findes i tryksatte systemer. I denne skæreanordning findeles større partikler. Spildevandet slynges ud mod pumpehusets væg af en rotor, mens luften passerer inde i roto-ren.

Andre typer af on-line pumper kan være en *impellerpumpe* (anvendes ofte ved tømning af septiktanke på både) eller en *rotationspumpe* (anvendes af DSB til tømning af tanke i togvogne). Disse pumper bør ikke anvendes som rene vakuumpumper, men snarere i forbindelse med korte sugestrækninger og store vandmængder.

3.2.4 Generelt

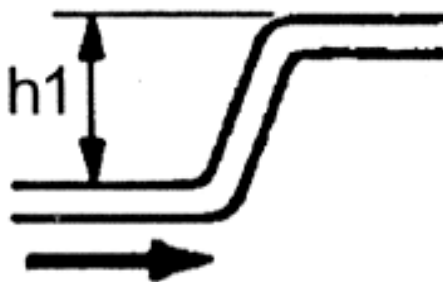
Vakuumsstationen bør have nødstrømsforsyning. Bortset fra små vakuumsystemer kun med vakuums-toiletter, skal der sørges for, at det er muligt at fjerne en vakuums-generator eller pumpe for reparation eller vedligehold, uden at miste systemets kapacitet.

3.2.5 Ledningssystem

Ledningssystemet skal udformes, så transporten af vand fra de forskellige installationer til vakuumscentralen foregår så let som muligt. Det gælder både ledningsdimensioner, udformning i plan og tværsnit, løft, formstykker m.m.

Til forskel fra et tryksat system, skal en vakuumsledning dimensioneres efter et indvendigt undertryk, så røret ikke klapper sammen. Ved valg af plastrør er rørets ringstivhed derfor vigtig, ligesom temperaturen på det vand, der transporteres. PEH- og PVC-rør skal derfor mindst være PN 10. Hvis der forventes høje temperaturer i ledningssystemet, skal PVC-rør være PN 16.

Liggende ledninger bør have et fald på mindst 5 ‰ i strømningsretningen. Den tabte højde genvindes i transportlommerne. Hver transportlomme udgør teoretisk et tab, som kan angives som lommens totale niveauforskel minus ledningens indvendige diameter. Summen af samtlige tab H må ikke overskride ca. 5 meter. Så er der taget hensyn til at samtlige transportlommer ikke er helt vandfyldte, og i realiteten ikke medfører noget tab af vakuums i ledningssystemet. Et lodret løft på 3 meter kan tillades ved hver installation, hvis man ønsker at trække hovedledningen oppe under taget.



Figur 3.5

Summen af samtlige tab H fx i transportlommer, må ikke overskride 5 meter

I en bygning udgør de samlede løft som regel ikke et problem, dels fordi de horisontelle ledningslængder er begrænsede, dels fordi man har et stort luftindtag i forhold til vandmængden.

3.3 Sikkerhed og sundhed

Vakuumsystemer er underlagt de samme krav til sikkerhed og sundhed som traditionelle afløbssystemer. Kravene er angivet i Bygningsreglementerne og i DS 432 Norm for afløbsinstallationer. Ud over disse krav kan nævnes:

- Alt elektrisk udstyr i kontakt med spildevand skal være eksplosionssikkert
- Vakuuntoiletter skal være udformet, så det sikres, at undertryk, der kan skade brugere, ikke kan skabes i kummen, hvis der trækkes ud, mens brugere benytter toilettet
- Potentielle sikkerhedsrisici på grund af fejl eller forkert brug af systemet skal beskrives i brugervejledningen

3.4 Overordnede krav til systemet

Systemet bør forsynes med overvågning til kontrol af unormale væskestrømme, vakuumniveauer, unormale lange køretider for vakuumgeneratoren, samt større fejl i komponenter.

4 Dimensionering af vakuumsystemer

Det vil ikke være muligt ud fra denne anvisning, at foretage en dimensionering af et vakuumsystem, men i dette afsnit belyses de forhold, der er vigtige ved en dimensionering. Selve dimensioneringen bør overlades til leverandøren af systemet.

4.1 Generelt

Det er den projekterendes ansvar, at afløbet fra et vakuumsystem ikke overskrider hovedledningernes kapacitet. Fremtidige udvidelser/ændringer af systemet skal medtages i overvejelserne.

Før dimensionering af et vakuumsystem skal leverandøren normalt have følgende informationer:

- Antal af vakuumtoiletter
- Antallet og arten af andre installationsgenstande
- Skal der være mulighed for senere udvidelse af systemet?
- Er det bolig/industri (forbrugsmønstret)

4.1.1 Tryktab

I et vakuumsystem i bygning kun med vakuumtoiletter er tryktabet i ledningssystemet forsvindende, fordi luftindtaget er stort og ledningssystemet kun indeholder en lille mængde vand. Hvis der lukkes større vandmængder ind pr. skyl, bliver den vandfyldte ledningsslængde større, men tryktabet vil stadig være forsvindende i forhold til fx et tryksat system. Derfor behøver man i praksis ikke at gennemføre tryktabsberegninger i et vakuumsystem. Her bygger transportteknikken jo på, at luft i større eller mindre mængder lukkes ind i ledningssystemet, hvor vandet er delt op i mindre vandpropper, som er nemme at accelerere.

Det eneste sted, hvor tryktabsberegninger kan være af interesse, er hvis større volumener skal tømmes ved vakuumteknik, fx en større tank på flere m³. Her vil hele ledningssystemet mellem beholder og vakuumtank blive vandfyldt, og her har tryktabsberegninger betydning.

Ved dimensionering skal der derfor ikke foretages tryktabsberegninger. Det er mere de fysiske forhold, der har betydning.

Vedrørende løft så er retningslinierne:

- Det samlede løft må ikke overskride 5 meter
- Løft ved en enkelt installationsgenstand må ikke overskride 3 meter

4.2 Ledningssystemet

Atmosfæretrykket (ca. 10 kPa) indebærer en begrænsning på, hvor højt man kan løfte vandet. En grundregel er, at summen af samtlige løft i transportlommer m.v. fra den fjernest beliggende installationsgenstand ved hvert delsystem, ikke må overstige 5 meter. Man kan ikke trække fra på grund af hævertvirkning, da ledningssystemet som regel indeholder luft.

Et løft på 3 meter tillades efter hvert wc eller opsamlingsenhed. Systemleverandøren skal dog altid tages med på råd og godkende forslag til ledningsføring.

Da transportlængderne i bygning er relativt korte, se figur 2.1, er tabet i vakuum normalt lille. Men selv i korte delsystemer kan der forekomme løft, se figur 5.10 og 5.11. Det samlede løft skal derfor altid kontrolleres.

4.2.1 Ledningsdimension

Vakuumtoiletter

Ledningsdimensionen fastsættes normalt alene ud fra antallet af vakuumtoiletter. Figur 4.1 angiver hvilken dimension, der skal anvendes afhængig af belastning med vakuumtoiletter. Bemærk at nominal diameter er den indvendige ledningsdiameter, mens ledningsdimensionen er den udvendige ledningsdiameter.

Antal af vakuumtoiletter	Nominal Diameter DN	Mindste ledningsdimension (d x s)				
		PE *	PVC	Stål	Cu/Ni	Rustfri stål
3	40	50 x 4,6	50 x 2,4	48,3 x 2,6	44,5 x 1,5	50 x 1,0
25	50	63 x 5,8	63 x 3,0	60,3 x 2,9	57,0 x 2,0	50 x 1,0
100	65	75 x 6,9	75 x 3,6	76,1 x 2,9	89,0 x 2,5	75 x 1,0

* PE 80 anvendes under normale forhold

d = udvendig diameter

s = godstykkelse

DN = nominal diameter svarende til indvendig diameter

Figur 4.1

Valg af ledningsdimension ud fra antallet af vakuumtoiletter

Opsamlingsenheder

Mængden og antallet af opsamlingsenheder til gråt spildevand har også indflydelse på ledningsdimensionen, men der foreligger ingen faste retningslinier for dette. Her spiller leverandørens erfaringer ind. Normalt vil ledningsdimensionen efter en opsamlingsenhed til gråt spildevand være 50 mm (DN 40). Hvis der er relativt korte horisontale ledningstræk hen til en stående ledning/faldstamme, kan den samme dimension anvendes på den liggende ledning. Hvis de horisontale ledningsstræk er lange, bør man gå en dimension op på den liggende del. Når der er løft lige efter opsamlingsenheden, skal løfteledningen som regel være 50 mm (DN 40).

Som en tommelfingerregel kan det siges, at hvis der findes indtagsenheder i et vakuumsystem, bør de liggende ledninger have en større dimension og løfteledningerne en lille dimension.

4.3 Vakuumstationen

En vakuumstation dimensioneres normalt for den luftmængde, der tilføres ved en teoretisk maksimal timebelastning, samt det nødvendige vakuumniveau under hensyntagen til anlæggets udformning. Dimensionering af anlægget afhænger af anlæggets type. I offentlige anlæg, hvor den maximale timebelastning fx forekommer i en pause, i et frikvarter på en skole eller lignende, går man ud fra et vist antal skyl pr. tidsenhed. På basis af dette og det arbejdsvakuum, som stationen skal have, kan den nødvendige kapacitet beregnes.

I hoteller og boliger anvendes en anden belastning. DS/EN 12109 angiver følgende værdier for et vakuumtoilet:

Vandvolumen per skyl	1,5 til 3,0 liter
Luft/vand forhold	20 til 40
Antal skyl ved offentlige toiletter	15 stk./time
Antal skyl ved hotel m.v.	1,5 stk./time

For et offentligt urinal, angives 60 skyl pr. time.

Eksempel 1

Beregn den maximale luftbelastning pr. time for et offentligt anlæg, med 12 vakuumtoiletter og 2 urinaler. Luft/vandforholdet er 30.

Luftbelastningen er:

$$\begin{aligned}12 \times 15 \times 1,5 \times 30 + 2 \times 60 \times 1,5 \times 30 &= \\8.100 + 5.400 &= \\13.500 \text{ l/time (atmosfærisk luft)}\end{aligned}$$

Antag at anlægget skal arbejde med et middelvakuum på ± 55 kPa
Luft der trækkes ind i systemet, vil da ekspandere til ca. 30.000 liter

Der anvendes normalt en sikkerhedsfaktor på 1,25. Desuden antages det, at vakuumcentralen ikke skal arbejde mere end 70 % i max. timen. Dette giver en nødvendig vakuumkapacitet på:

$$30.000 \times 1,25/0,7 = 54.000 \text{ m}^3/\text{time}.$$

Eksempel 2

Beregn den maximale luftbelastning pr. time for et hotel, der indeholder 150 vakuumtoiletter. Luft/vandforholdet er 30.

$$150 \times 1,5 \times 1,5 \times 30 = 10.125 \text{ l/time (atmosfærisk luft)}$$

Antag at anlægget skal arbejde med et middelvakuum på $\pm 0,6$ kPa
Luft der trækkes ind i systemet vil da ekspandere til ca. 25.000 liter

Der anvendes normalt en sikkerhedsfaktor på 1,25. Desuden antages det, at vakuumcentralen ikke skal arbejde mere end 70 % i max. timen. Dette giver en nødvendig vakuumkapacitet på:

$$25.000 \times 1,25/0,7 = 45.000 \text{ l/time}.$$

En vakuumstations endelige kapacitet bør være så stor, at den er tilstrækkelig, selv om en af vakuumpumperne falder ud. Derfor har større anlæg normalt 2 vakuumtanke, som kan være reserve for hinanden. Hele systemet kan derfor kobles til den ene tank, mens den anden tømmes. I eksemplet ovenfor vil man i praksis vælge 2 pumper med en kapacitet på 45.000 m³/time, eller 3 pumper med en kapacitet på 25.000 m³/time.

Tilsvarende krav stilles også til ejektorer eller on-line pumper. Her gælder kravet dog kun selve pumperne, idet man i disse anlæg ikke har opsamlingstank.

En vakuumstation har også begrænsninger vedrørende vakuum og bør ikke arbejde ved tryk mindre end ± 0.7 bar (kPa).

5 Projektering

5.1 Generelt

Det er en fordel, hvis vakuumsystemet kan deles op i mindre delsystemer, der hver tilsluttes en samleledning inden vakuumstationen. Dette vil også lette en fremtidig udbygning.

Hvis delsystemerne er store, bør der anbringes afspærringsventiler, så mindre dele kan spærres af i forbindelse med drift og vedligehold.

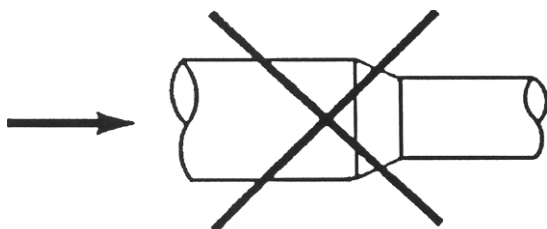
Luft, der kommer ind i systemet gennem installationsgenstandene, skal ledes ud et passende sted neden for vakuumstationen, hvor der således altid skal være en udluftning over tag.

Lugtproblemer skal forhindres ved at udlufte installationen efter gældende regler. Vakuumventiler kan anvendes.

5.2 Ledningssystemet

Den høje transporthastighed i vakuumsystemet i forbindelse med transporten af ”vandpropperne” gør, at man skal være omhyggelig med valg af rør og fittings. I det følgende gennemgås de forholdsregler, der skal tages.

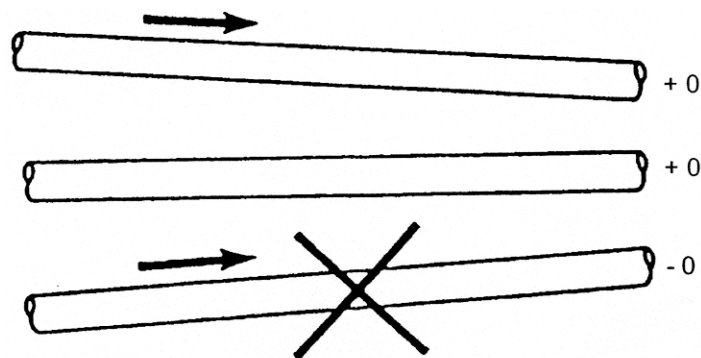
Ledningsdimensionen må ikke gå ned i strømningsretningen, se figur 5.1.



Figur 5.1

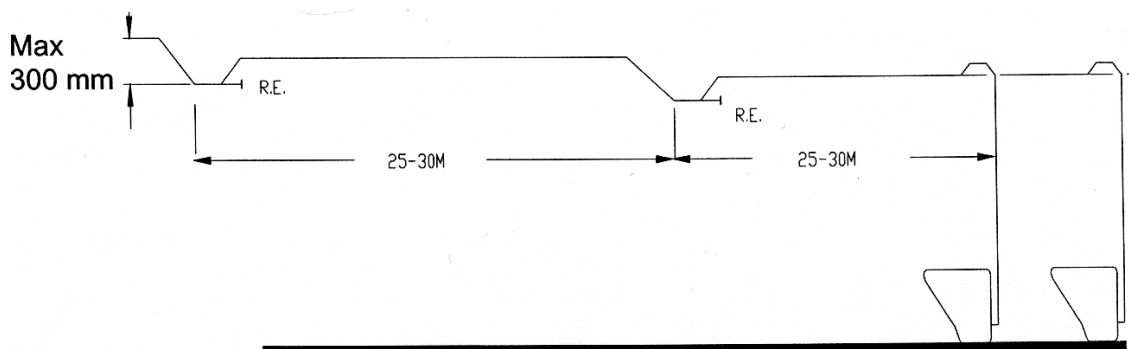
Ledningsdimensionen må ikke gå ned i strømningsretningen

Ledningerne skal ligge med fald i strømningsretningen. Faldet bør være minimum 5 ‰. Ledningerne må ikke ligge med bagfald, se figur 5.2.



Figur 5.2
Ledningerne skal ligge med fald i strømningsretningen

På lange ledninger skal der med en afstand på 25-30 meter anlægges transportlommer, se figur 5.3. Der bør være rensedgang ved transportlommer. Transportlommer bør højst være 0,30 meter dybe.



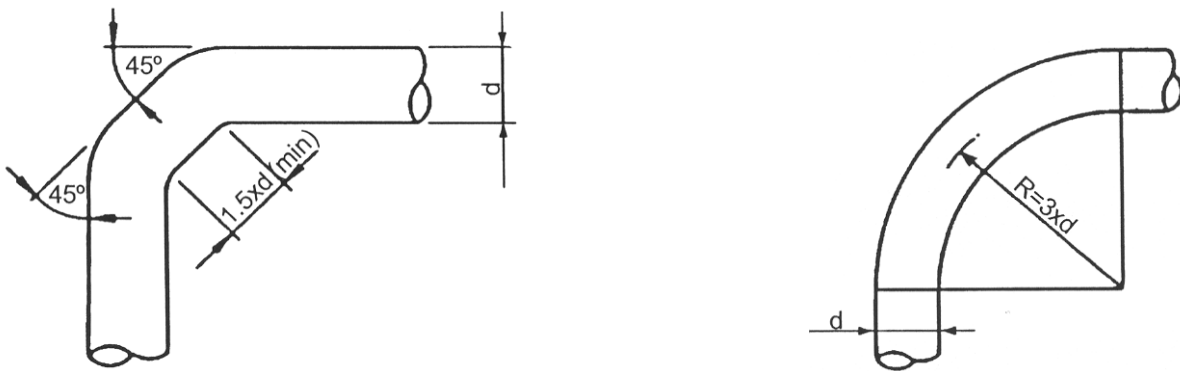
Figur 5.3
På lange ledninger bør der anlægges transportlommer forsynet med rensedgang

Ledningssystemer skal projekteres, så der ikke opstår forstoppelse.

- T-stykker og skarpe 90° bøjninger bør ikke anvendes. I stedet skal anvendes 60-45° grenrør og bøjninger på max 45°
- Der skal altid anvendes bøjninger med stor radius
- Der må ikke ske ændring i dimension, eller retning gennem en vakuumventil i åben position

5.2.1 Bøjninger

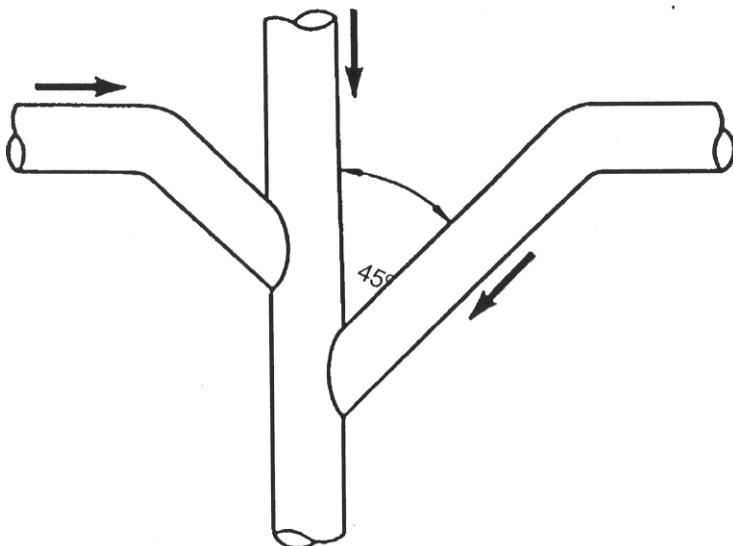
Bøjninger skal laves med så stor en radius som muligt. I plastledninger er minimumsradius 2 x d. En 90° bøjning kan laves af 2 stk. 45° bøjninger, evt. med et lige stykke imellem. I stålledninger er minimumsradius 3 x d, se figur 5.4.



Figur 5.4
 Bøjninger skal laves med så stor en radius som muligt

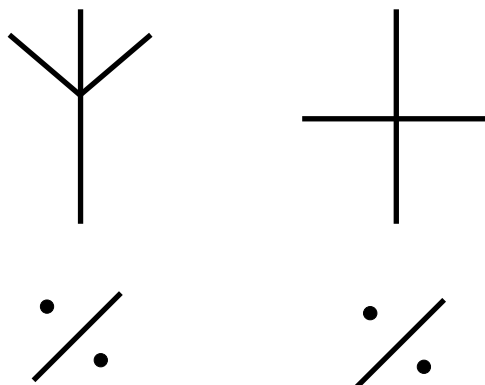
5.2.2 Grenrør

Tilslutninger til en ledning skal ske ved anvendelsen af 45° grenrør, og grenrør skal forsættes, se figur 5.5.



Figur 5.5
 Tilslutninger til en ledning skal ske ved anvendelsen af 45° grenrør

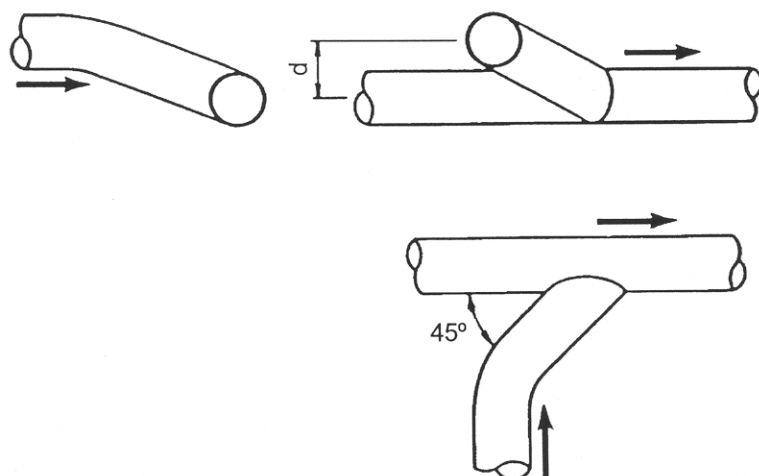
Modstående grenrør og T-stykker er ikke tilladt, se figur 5.6



Figur 5.6
 Modstående grenrør og T-stykker er ikke tilladt

5.2.3 Tilslutninger

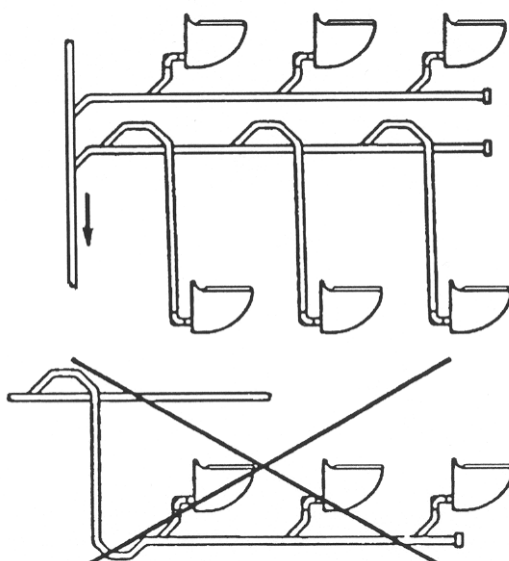
En tilslutning til en liggende ledning, skal ske for oven på ledningen (toptilslutning). Når en sideledning skal tilsluttes en liggende ledning, skal det ske med en blød bøjning, og et 45° grenrør til oversiden af den liggende ledning, se figur 5.7.



Figur 5.7

En tilslutning til en liggende ledning skal ske for oven på ledningen (toptilslutning)

Installationer der ligger oven for og neden for den liggende ledning, bør have hver sin liggende ledning, se figur 5.8. Her er hver toiletgruppe tilsluttet via sin egen ledning.



Figur 5.8

Installationer der ligger oven for og neden for den liggende ledning, bør have hver sin liggende ledning

5.2.4 Løfteledninger

Løft på hovedledninger er normalt lodret. Høje løft bør opdeles i flere dele.

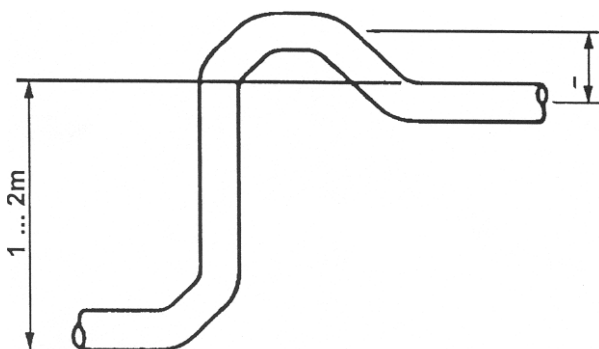
For projektering af løfteledninger, kan der gives følgende vejledning:

- Under 1 meter: Kan anbringes alle steder. Løftet er ikke nødvendigvis lodret, se figur 5.9.
- 1-2 meter: Lodret løft. Tilbagestrømning forhindres med en bøjning, se figur 5.10.
- 2-3 meter: Kan udføres som lodret løft umiddelbart efter et toilet, eller en opsamlingsenhed. Max rørdimension DN 40. Tilbagestrømning forhindres med en bøjning eller eventuelt en kontraventil.
- 3-5 meter: Som ovenfor, men tilbagestrømning forhindres med en kontraventil. Skylletiden på toiletter og andre enheder indstilles til at være længere og ofte går man ned i dimension, for bedre at kunne holde "vandpropper" sammen. Kontraventilen skal hindre tilbagestrømning, som vil forhindre ventiler i at åbne næste gang.
- Over 5 meter: Kun muligt i specielle tilfælde.



Figur 5.9

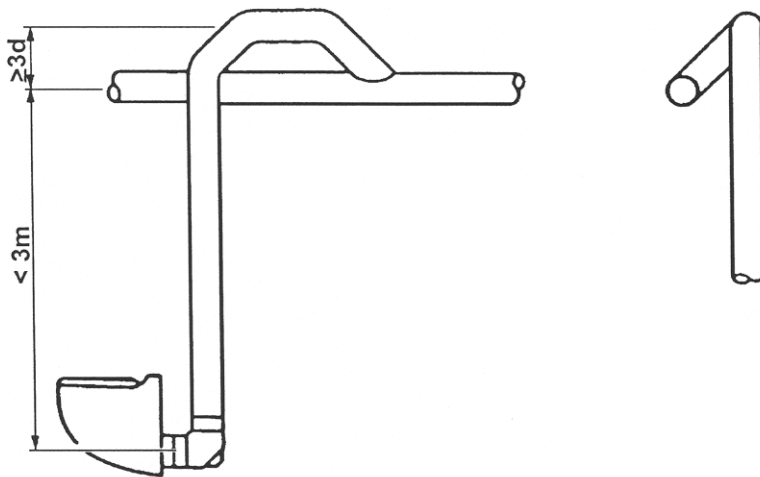
Løft under 1 meter er ikke nødvendigvis lodret, og kan anbringes alle steder



Figur 5.10

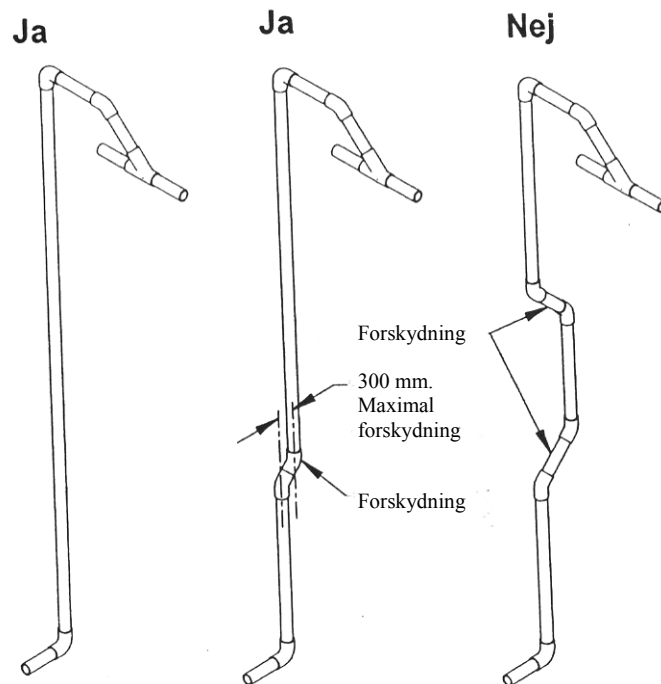
Ved lodrette løft skal tilbagestrømning hindres med en bøjning

Løfteledninger bør være så lige som muligt uden retningsændringer, se figur 5.11, og skal som tidligere nævnt, tilsluttes i toppen.



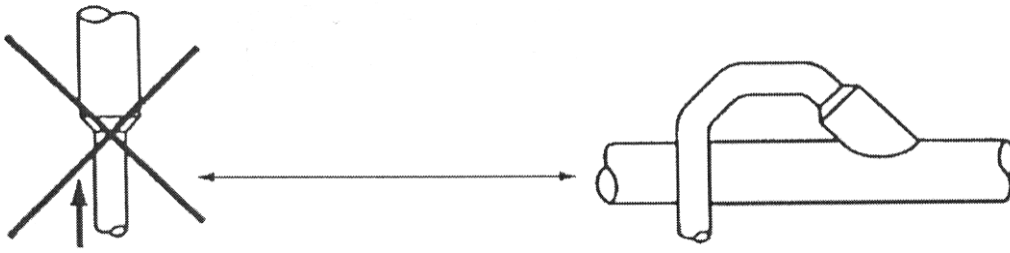
Figur 5.11
Løfteledninger bør være så lige som muligt uden retningsændringer

Hvis løfteledningen kun transporterer gråt spildevand, kan der tillades en forskydning pr. løft, se figur 5.12.



Figur 5.12
Forskydning på løfteledninger er kun tilladt ved gråt spildevand

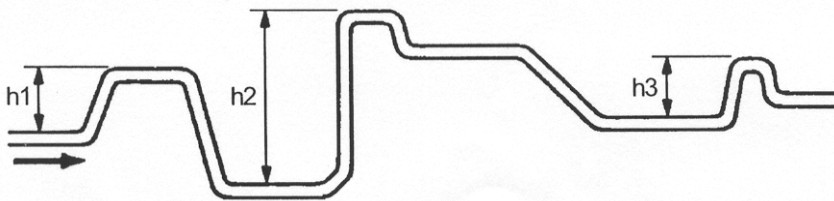
Dimensionen på løfteledninger må ikke ændres på den lodrette del, se figur 5.13.



Figur 5.13

Dimensionen på løfteledninger må ikke ændres på den lodrette del

Den samlede højde på løfteledninger må ikke overskride 5 meter, se figur 5.14. Ledningsstrækninger med fald kan ikke trækkes fra.



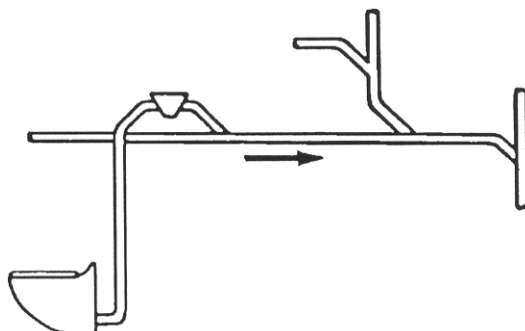
Figur 5.14

Den samlede højde $h1+h2+h3$ på løfteledninger må ikke overskride 5 meter

5.2.5 Kontraventiler

Kontraventiler anvendes, når der er en risiko for at løfteledninger eller vandrette ledninger skal blive overbelastet på grund af tilbagestrømning. Kontraventiler bør anvendes, når løfteledningen er over 3 meter.

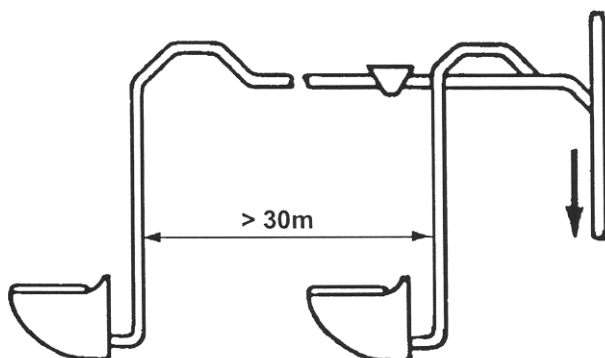
Hvis en liggende samleledning har flere tilslutninger, bør løfteledninger forsynes med kontraventiler anbragt på deres højeste punkt, se figur 5.15 og figur 5.16.



Figur 5.15

Hvis en liggende samleledning har flere tilslutninger bør løfteledninger forsynes med kontraventiler anbragt på deres højeste punkt

Lange liggende ledninger med en løfteledning bør forsynes med kontraventiler, se figur 5.16.

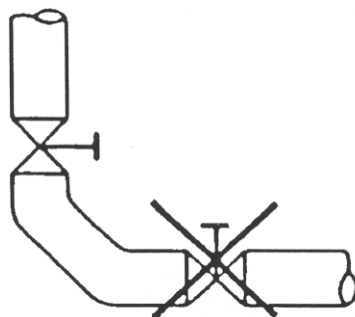


Figur 5.16

Lange liggende ledninger med en løfteledning bør forsynes med kontraventiler

5.3 Afspærringsventiler

Afspærringsventiler bør anbringes på en sådan måde, at hele systemet kan sikres i tilfælde af utætheder eller funktionssvigt. Afspærringsventiler anbringes normalt på hver hovedstrækning/ledning tæt på vakuumcentralen, samt på strategiske punkter for at lette drift og vedligehold. Hvis det er muligt bør afspærringsventiler anbringes på de stående ledninger. Her vil mulige aflejringer ikke så let give anledning til forstoppelse, se figur 5.17.



Figur 5.17

Hvis det er muligt bør afspærringsventiler anbringes på de stående ledninger

5.4 Rense og inspektionsadgange

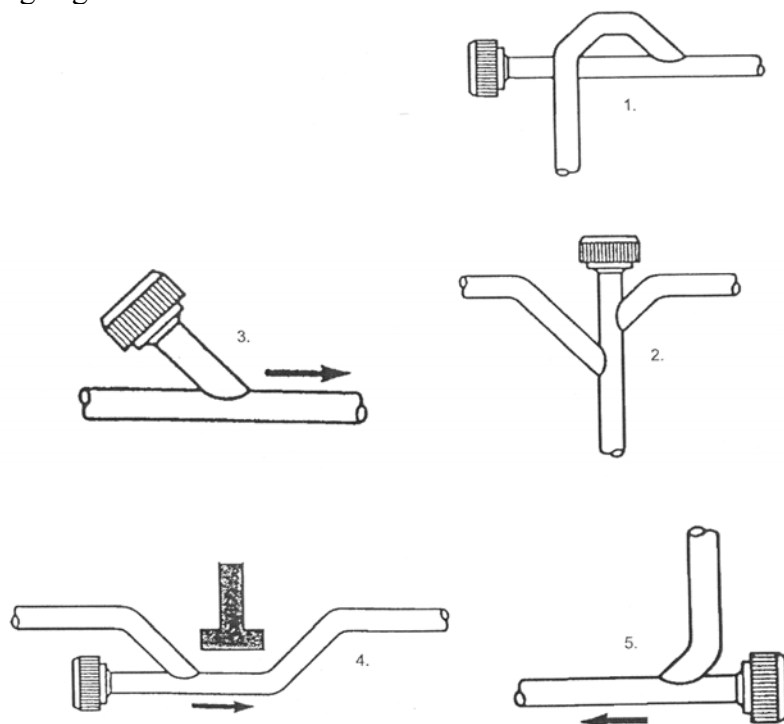
Adgang til vedligeholdelse skal sikres ved ventiler, transportlommer, kontrolventiler og installationsgenstande.

Rense og inspektionsadgangen skal anbringes på en sådan måde, at alle dele af ledningssystemet er tilgængeligt. Den maximale afstand mellem renseadgange er 25-30 meter, men det anbefales ikke at gøre afstanden over 15 meter. I lommer, hvor vandet står stille, kan bundfældning og aflejringer hurtigt skabe forstoppelse.

Renseadgange bør anbringes:

- For enden af alle liggende ledninger
- For enden af alle stående hovedledninger
- Med en afstand på ikke over 15-25 meter på liggende ledninger
- Ved transportlommer
- Ved 90° bøjninger på liggende hovedledninger

Se i øvrigt figur 5.18.



Figur 5.18
Anbringelse af rense- og inspektionsadgange

Hvis transportlommer kan renses fra andre renseadgange, er det ikke nødvendigt med renseadgang ved hver enkelt transportlomme.

Hvis ledninger i bygning har mange bøjninger, skal der anbringes et antal renselemme med skruedæksel. Disse skal være let tilgængelige, men bør ikke anbringes i opholdsrum, køkkener eller lignende.

5.5 Ledningsmateriale og dimension

Ledningssystemet skal projekteres, så det kan modstå de forventede påvirkninger, tryk og temperaturer. Hvis ledninger installeres på steder, hvor de kan blive udsat for frost, skal de isoleres for at sikre, at der ikke dannes is indvendigt i rørene. Hvis ledninger installeres på steder, hvor de kan blive udsat for temperaturer over 45°C, skal de også isoleres.

Den mindste trykklasse, der anvendes i plastrør er typisk PN 10, men andre trykklasser kan anvendes. Hvis en ledning er deformeret fra starten, eller der kan forventes styrketab på grund af høje spildevandstemperaturer, skal der anvendes højere trykklasser.

I figur 5.20 er vist eksempler på, hvor forskellige materialer og samlingsmetoder kan anvendes.

Materiale	PE*	PVC	Stål
Brug	Indendørs, normal rumtemperatur, rør op til DN 65	Indendørs, normal rumtemperatur, rør op til DN 65	Indendørs, højere end normal rumtemperatur, rør større end DN 65
Minimum trykklasse	PN 10	PN 16 (PN 10)	PN 10
Samlinger	Elektromuffesvejsning. Kun i særlige tilfælde spejlsvejsning p.g.a. svejsevulsterne	Limede samlinger	Svejsede samlinger Flangesamlinger

* PE 80 anvendes under normale forhold

Figur 5.19

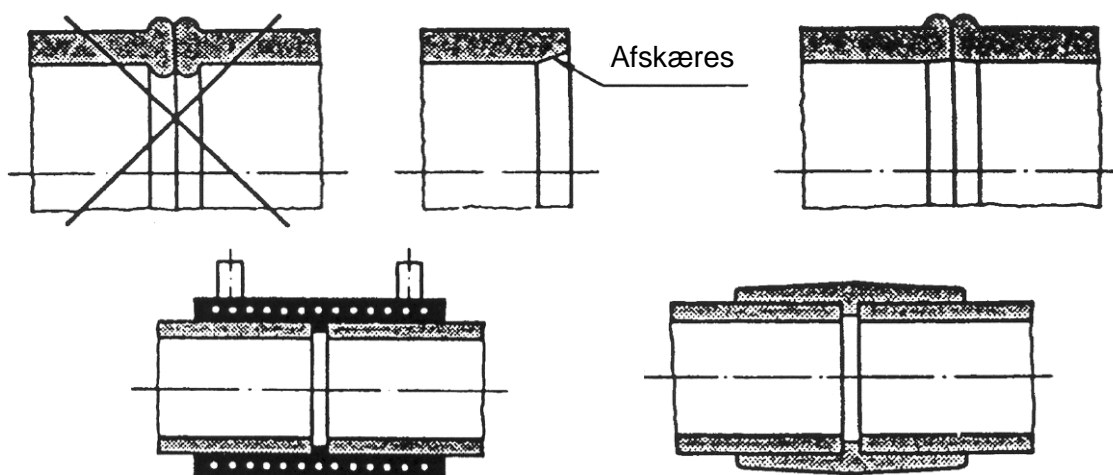
Anvendelse af forskellige materialer og samlingsmetoder

Når der anvendes plast, skal reglerne for brandsikring overholdes. Plastledninger er ikke modstandsdygtige ved temperaturer over 45°C.

5.5.1 Samlinger

Samlinger skal være tætte og glatte og må under ingen omstændigheder nedsætte ledningens indvendige diameter. På PE-ledninger skal den indvendige svejsevulst derfor fjernes, eller svejsningen skal laves, så der ingen indvendig svejsevulst opstår, se figur 5.20.

Det kan ofte være praktisk umuligt at fjerne de indvendige svejsevulster i små ledningsdimensioner. Derfor foreslås det, at der anvendes elektrosvejsmuffer. Elektrosvejsmuffer er lette at arbejde med, og efterlader ingen indvendige svejsevulster.



Figur 5.20

Samlinger skal være tætte og glatte og må under ingen omstændigheder nedsætte ledningens indvendige diameter

5.6 Andet

Systemet skal projekteres, så dårligt fungerende sideledninger og undersystemer kan isoleres.

Ved projekteringen skal der tages højde for, at dele og delsystemer skal kunne tages ud af drift ved reparationer eller fejlfinding.

I små systemer er der ikke krav om, at systemkapaciteten skal kunne opretholdes under reparation eller vedligeholdelse af generator eller pumpe, hvis der findes et nød anlæg, som kan installeres inden for 60 min.

5.7 Vedligeholdelse

Hvis systemet er let at vedligeholde, vil driftsikkerheden blive bedre. Derfor skal følgende aspekter overvejes ved projektering:

- Adgang til ventiler, transportlommer mv.
- Vedligeholdelsesplan for ventiler i relation til brug og holdbarhed
- Vedligeholdelsesplan for vakuumstationen
- Forventede reparations- og udskiftningstid for udstyr i vakuumstationen

5.8 Støj

Systemet skal projekteres og udføres, så utilladelig støj ikke opstår. Støjniveauet afhænger af det nødvendige vakuum.

5.9 Skum

Skum kan dannes af sæbe, shampoo, vaskemidler, renskemikalier m.v., som transporteres gennem vakuumsystemet til vakuumcentralen. Da vandforbruget i vakuumtoiletter kun er 1,2 liter pr. skyl, er forbruget/koncentrationen af sæbelignende kemikalier relativt stort. Dette kan forårsage skumdannelser i vakuumcentralen.

Den nemmeste måde at undgå dette på er:

- Ved at reducere bruget af vaskemidler
- Ved at bruge ikke skumdannende vaskemidler

Skum kan også opstå ved utætheder i vakuumledningerne. Utætheder medfører, at ejektorpumpen skal køre ofte, for at opretholde vakuum, og dette kan medføre skumdannelser. Det kan undgås ved jævnligt at kontrollere tætheden af ledningerne, og udføre de nødvendige reparationer. Det er også muligt at undgå skumdannelser ved at installere en anti-skumenhed før opsamlingstanken. I denne enhed sprøjtes antiskummidler over spildevandet (som regel silikonebaserede kemikalier). Brug af kemikalier bør være sidste udvej for at løse skumproblemer.

5.10 Energi

Energiforbruget skal begrænses. Dette kan gøres ved at tage hensyn til følgende ved projekteringen:

- Undgå høje løft
- Undgå høje L/V (luft/vand) forhold
- Brug af et kontrolsystem til påvisning af utætheder
- Valg af effektive komponenter

6 Installation/udførelse

6.1 Generelt

Den udførte installation skal være i overensstemmelse med den projekterede. Hvis afvigelser bliver nødvendige, skal dimensioneringen kontrolleres.

En eventuel ændring i længdeprofil må ikke medføre tilbagestrømning, med mindre det er en løftesektion.

6.2 Fastholdelse

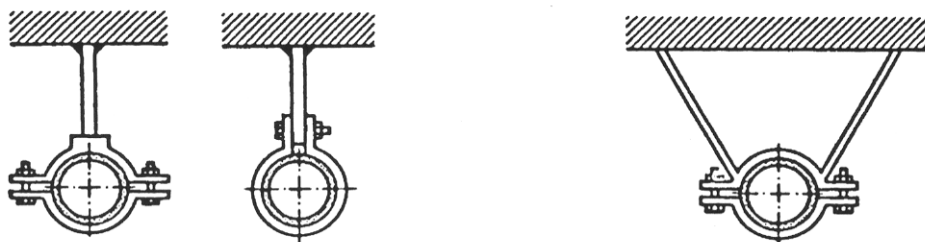
Rør og formstykker skal fastholdes i bygningskonstruktionen for at forhindre vibrationer og støj. Fastgørelse er nødvendig for at modstå de stød- og reaktionskræfter, der opstår, når spildevandet bevæger sig gennem ledningssystemet.

Alle rør skal som minimum fastgøres:

- Ved alle retningsændringer
- Ved transportlommer, grenrør eller tilslutninger
- Samt med passende mellemrum, der sikrer en god understøtning, afhængig af rørens styrke og de naturlige periodiske dynamiske påvirkninger i et vakuumsystem

Stød- og reaktionskræfter opstår alle steder, hvor der er retningsændringer. Kræfterne opstår også de steder, hvor ledningssystemet er delt i afdelinger. Ved bestemmelse af antallet af fastgørelsespunkter, skal der tages højde for udvidelser og sammentrækninger af ledningssystemet.

Vakuumsystemer bør fastholdes med 2-dimensionale styr ved tilslutninger, hvor der kan opstå tværkræfter, se figur 6.1.



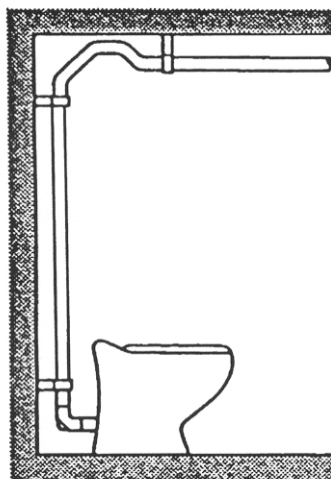
Figur 6.1

Rør og formstykker skal fastholdes i bygningskonstruktionen for at forhindre vibrationer og støj

I ledninger af plast bør afstanden mellem fastgørelsespunkter max være 1,5 - 2 meter. I metalledninger kan afstanden øges til 2,5 - 4 meter. Fabrikantens anvisninger skal følges. Retningsændringer skal fastgøres maksimalt 300 mm fra retningsændringen til begge sider.

I plastledninger bør der bruges stålbæringer med et plast- eller gummiindlæg, så rørene ikke beskadiges.

Når der installeres toiletter skal ledningssystemet fastholdes tæt på hvert toilet. På den måde undgås det, at vibrationer og bevægelser ødelægger rørene, se figur 6.2.



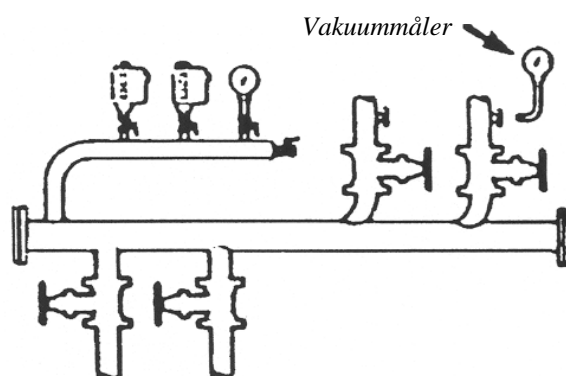
Figur 6.2

Ledningssystemet skal fastholdes tæt på hvert toilet

6.3 Andet

Under udførelsen af systemet skal det sikres, at der ikke kommer snavs og uvedkommende genstande ind i ledningssystemet.

Hvis der placeres en vakuummåler for enden af hver hovedledning, bliver det nemmere at lokalisere utætheder, se figur 6.3.

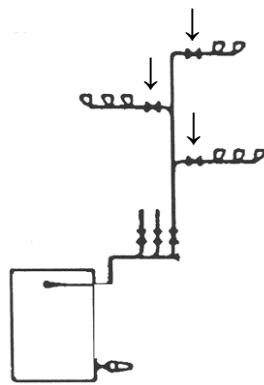


Figur 6.3

Hvis der placeres en vakuummåler for enden af hver hovedledning, bliver det nemmere at lokalisere utætheder

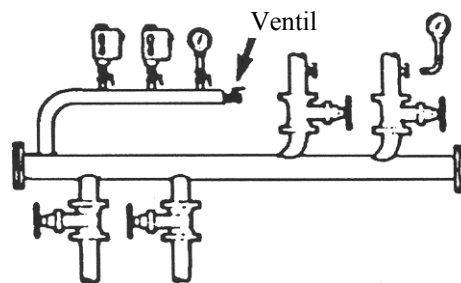
Hvis der placeres en afspærringsventil ved hver sideledning, vil det lette rensarbejdet og det vil blive lettere at lokalisere utætheder, se figur 6.4.

↓ Afspærringsventiler



Figur 6.4
Afspærringsventil bør placeres ved hver sideledning

Hvis der placeres en ventil ved enden af kontrolmanifolden, vil det blive lettere at kontrollere funktionen af vakuüm og målere, se figur 6.5.



Figur 6.5
En ventil ved enden af kontrolmanifolden, gør det lettere at kontrollere funktionen af vakuüm og målere

7 Ibrugtagning af systemet

7.1 Tæthedsprøvning

Det er meget vigtigt, at vakuumsystemer er tætte. Derfor skal de tæthedsprøves før ibrugtagning. Et system kan tæthedsprøves som et hele, eller opdeles i undersektioner.

Tæthedsprøvningen skal udføres som angivet i DS/EN 12109. Afsnittet er gengivet i bilag 1.

7.2 Funktionsprøvning

Der skal altid foretages en funktionsafprøvning, inden et vakuumsystem tages i brug. Normalt vil leverandøren angive, hvordan funktionsprøvningen skal gennemføres. I bilag 2 er angivet, hvordan funktionsprøvningen kan gennemføres jævnfør DS/EN 12109.

8 Drift og vedligeholdelse

Der skal leveres en drifts- og vedligeholdelsesvejledning til hvert system. Vejledningen skal indeholde alle nødvendige vedligeholdelsesrutiner, angivelse af hvilke redskaber der kan være nødvendige, samt hvor reservedele kan købes.

Vejledningen skal også indeholde de nødvendige sikkerhedsforanstaltninger.

De enkelte komponenter i et vakuumsystem har et behov for regelmæssigt tilsyn og vedligeholdelse. Det er leverandørens ansvar, at denne vedligeholdelse er beskrevet.

Det er ligeledes vigtigt, at drift og vedligeholdelsesvejledningen angiver, hvordan brugerne skal forholde sig ved svigt af systemet. Fx hvornår installationer ikke må aktiveres, og hvad man fx gør med vaske- og opvaskemaskiner under svigt.

8.1 Brugervejledning

Der skal udarbejdes en brugervejledning, der fx angiver:

- Hvor store vandstrømme, der må tilføres systemet
- Vejledning i betjening af specielle installationer
- Hvordan brugeren kan se, at systemet er ude af drift
- Hvordan brugeren skal forholde sig, hvis systemet er ude af drift

8.2 Drifts- og vedligeholdelsesvejledning

Drifts- og vedligeholdelsesvejledningen, som er til driftspersonalet, skal indeholde alle nødvendige drifts- og vedligeholdelsesrutiner. Desuden vejledning i hvordan komponenter vedligeholdes, repareres og udskiftes, samt hvor reservedele kan købes.

Vakuumsystemer kræver regelmæssig drift og vedligeholdelse. Det er nødvendigt med uddannet personale, der forestår driften af systemet, og som kan foretage de nødvendige udskiftninger.

Kalkaflejringer forekommer regelmæssigt i vakuumsystemer med toiletter tilsluttet. Derfor skal de regelmæssigt renses eller syres af. I bilag 3 er beskrevet, hvordan afsyring kan ske manuelt.

Afsyring kan også ske med en doseringsenhed. En doseringsenhed består af en ventil og en beholder til syren/renevæsken. Når ventilen til doseringsenheden åbner, trækker vakuomet i ledningssystemet væsken ud af beholderen og ind i ledningssystemet.

En doseringsenhed tilfører syre til ledningssystemet i en kort periode hver 6. time. Både syremængden og tiden kan reguleres.

9 Praktiske erfaringer

Der findes en del vakuumanlæg i Danmark, hvor man har indhøstet praktiske erfaringer med systemets drift. De vigtigste af disse erfaringer fra større offentlige anlæg, er videregivet i det følgende.

Systemet er meget følsomt over for forstoppelser. Specielt giver damebind og papirservietter problemer.

Kalkaflejringer i ledningsnettet er et stort problem. Leverandører siger, at ledningssystemet kan syres af, men det er vanskeligt i virkeligheden. I stedet skiftes ledninger helt ud, det er lettere. Problemet er størst ved udløbet fra transportlommer og ved urinaler, hvor der bør anbringes rensedgange.

Nye komponenter kan være dyre.

Det er meget vigtigt, at dele systemet op i mindre enheder, som kan lukkes af ved driftsforstyrrelser.

I et eksisterende stort vakuumsystem, anvendes dimensionen \varnothing 50 mm ikke længere. På alle større transportledninger anvendes \varnothing 75 mm. Det giver færre forstoppelser.

Spildevand, der strømmer tilbage mod en ventil, kan give problemer med klappen/larm/susen.

Toiletter støjer, når der trækkes, og det forskrækker mange. Opsamlingsenheder støjer ikke så meget.

Der bruges fortrinsvis plast med limede samlinger. Ved reparationer bruges skydemuffer med gummiringe PN 10. Det kan sagtens holde.

Der laves ofte ikke forebyggende vedligehold, og der rykkes kun ud, når brugerne klager.

Det hænder, at skylleventilen småløber p.g.a. kalk/rust. Det kan medføre oversvømmelse fra toilettet, idet der ikke er noget nødoverløb, og toilettet skyller kun, når knappen aktiveres.

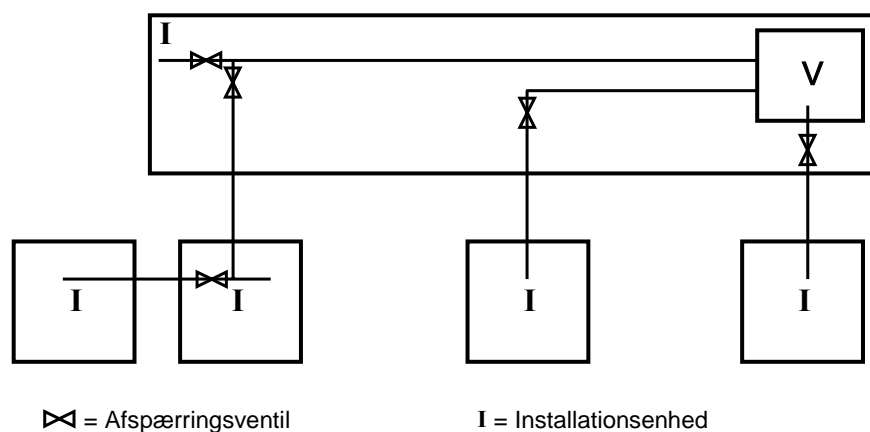
Et indkøbscenter har fået vandfri urinaler. Her skal der en udluftning til mellem opsamlingsenhed og urinal, ellers trækkes den ”dyre” vandlås væk med ud i vakuumsystemet. I opsamlingsenheder kan vakuomet undertiden være så stærkt, at vandlås i håndvaske m.v. suges ud.

Fremmede håndværkere kender intet til vakuumsystemet, og det kan give store problemer, når lejere/butikker selv rekvirerer vvs-installatører.

10 Udførte anlæg

I figur 10.1 er vist en principskitse af et mindre vakuumsystem. Vakuumsystemet betjener en skole, der har et ”økologisk” afløbssystem, hvor sort og gråt spildevand er separeret. Vakuumsystemet har derfor kun toiletter tilsluttet.

Vakuumcentralen betjener 5 installationsenheder (I) hver med 5-10 vakuumtoiletter. Der er udført 3 delsystemer, der fører til vakuumcentralen. Systemet betjener i alt 47 vakuumtoiletter. Der er ikke gråt spildevand tilsluttet systemet. Det fremgår også af figur 10.1 hvordan systemet kan afspærres og opdeles i mindre enheder.

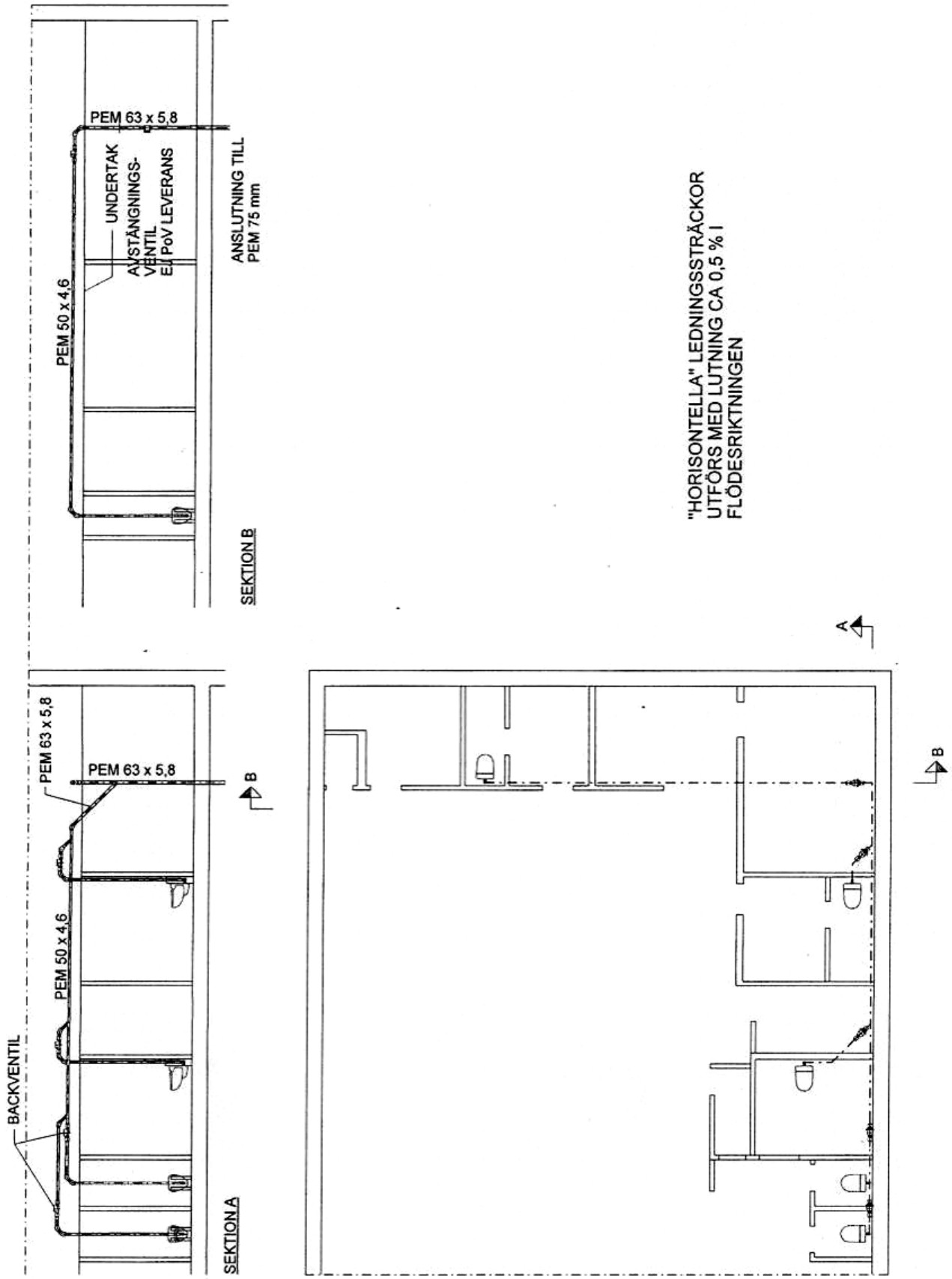


Figur 10.1

Principskitse af mindre vakuumanlæg med 5 installationsenheder (I)

I figur 10.2 er vist en enkelt installationsenhed med 5 vakuumtoiletter.

Ledningsdimensionerne er fastlagt efter figur 4.1 i denne anvisning, og transportlommer er anbragt på passende steder. Der er ikke foretaget en egentlig dimensionering af vakuumcentralen. Der er brugt en standardcentral, der formentlig har en overkapacitet i forhold til systemets størrelse. I små vakuumsystemer vil dette ofte være tilfældet og det giver relativt høje omkostninger til vakuumcentralen.



Figur 10.2
Installationsenhet

Bilag 1: Tæthedsprøvning

En tæthedsprøve foregår således:

1. Anbring tætningsbolde i alle åbne tilslutninger
2. Sæt undertryk på systemet svarende til funktionsvakuum (+10 %, ÷0 %)
3. Mål atmosfæretryk, temperatur og vakuum i ledningen. Prøvetiden er 30 min. +/- 2 min.
4. Temperaturen skal måles på 3 eller flere repræsentative steder langs ledningssystemet, og gennemsnittet skal beregnes
5. Ved afslutningen af prøvningen skal tryk, temperatur og vakuum i ledningen måles igen. Hvis der er ændring i temperaturen, skal der ske en beregning af korrektionen på vakuum

Acceptkriterier under arbejdets udførelse:

Vakuüm må ikke falde mere end 10 % af startværdien.

Acceptkriterier efter arbejdets afslutning:

For et helt system uden ventiler:

Vakuüm må ikke falde mere end 20 % af startværdien ved følgende prøvetider:

Systemer med vakuümtank: 180 min +/- 2 min.

Systemer uden vakuümtank: 60 min +/- 2 min.

For et helt system med ventiler:

Vakuüm må ikke falde mere end 20 % af startværdien ved følgende prøvetider:

Systemer med vakuümtank: 120 min +/- 2 min.

Systemer uden vakuümtank: 40 min +/- 2 min.

Bilag 2: Funktionsprøvning

Funktionen af systemet skal prøves ved den dimensionsgivende vandstrøm samt i en situation med lav vandføring. Før prøvningen skal det kontrolleres, at alle installationer/ventiler fungerer.

Normalt vil leverandøren angive, hvordan en funktionsprøvning gennemføres.

En funktionsprøve kan fx foregå således:

- a) Fastslå antallet af installationsgenstande på:
 - Hver hovedledning
 - På hele systemet
- b) Vælg den ledning, som vil have den største vandstrøm. Find i figur 1 det antal installationer, som skal aktiveres samtidig
- c) Find i figur 1 det antal installationer, der skal aktiveres samtidigt for hele installationen
- d) Find den installation på den udvalgte ledning, der er længst væk fra vakuumstationen
- e) Udvalg det antal installationer, der skal aktiveres samtidig, i den yderste ende af de andre ledninger
- f) Fyld de udvalgte installationer til kanten. Brug badekar eller vaskemaskiner, hvis de findes i stedet for håndvaske. Brug opvaskemaskiner i stedet for køkkenvaske. Vaskemaskiner og opvaskemaskiner skal køre på ”full load” program
- g) Udfør prøvningen ved at udløse de valgte installationer samtidig på en sådan måde, at spildevandet aktiverer tømmeventilen mindst 3 gange. Vakuumtoiletter skyller kun en gang
- h) Skyl hver af de valgte installationer igen for at sikre, at de har fungeret korrekt
- i) Find den ventil der er tættest på enden af den ledning med det største sandsynlige tryktab. Skyl (3 +/-1) l/min. gennem tømmeventilen i mindst 180 min
- j) Aktiver installationer tæt ved denne og om muligt vakuumtoiletter

Acceptkriterier

Alle installationer, hvad enten de aktiveres alene eller i grupper, skal tømmes helt. Vakuumtoiletter skal skylle normalt. Der må ikke være væsentlig forskel i installationernes funktion, når de aktiveres alene eller samtidig.

Forbrugstype	Antal af installationer af hver type på samme ledning	Antal og type af installationer, der skal udløses samtidig		
		Vakuumtoiletter	Baderumsinstallationer	Køkkeninstallationer
Bolig og boliglignende brug	1 - 9	1	1	1
	10 - 24	1	1	2
	25 - 35	1	2	3
	36 - 50	2	2	3
Virksomhed eller offentlig brug	1 - 9	1	1	
	10 - 18	1	2	
	19 - 26	2	2	
	27 - 50	2	3	
Steder med intenst brug	1 - 4	1	1	
	5 - 10	1	2	
	11 - 13	2	2	
	14 - 26	2	3	
	27 - 39	3	4	
	40 - 50	3	5	

Figur 1

Antallet af installationer, der skal aktiveres samtidig under en funktionsprøvning

2.2 Kontrol af vakuum

Vakuummet i systemet skal måles under funktionsprøvningen. Der skal installeres en måler ved enden af den ledning med det formodede højeste tryktab, og en anden måler ved enden af den ledning med den højeste vandstrøm. I nogle tilfælde vil dette være den samme ledning, og så er det tilstrækkeligt med en måler.

Acceptkriterier

Vakuum skal være større end det initialvakuum, der er nødvendigt for at aktivere ventilerne. Vakuumtoiletter skal skylle normalt.

2.3 Automatisk genstart

Denne prøve skal udføres efter funktionsprøven. Systemet skal være i normal tilstand, og måleudstyret til måling af vakuum, skal være i funktion. Prøvningen foregår således:

1. Luk vakuumstationen
2. Fyld alle installationsgenstande. Aktiver alle vakuumtoiletter med hukommelse
3. Start systemet

Mål vakuumet og den tid der går, inden den sidste installation har skyllet.

Acceptkriterier

Systemet skal fungere normalt inden for den tilladelige tid.

2.4 Vakuumstationen

Overvåg vakuumstationen under gennemførelsen af de beskrevne prøvninger. Kontroller, om udstyrets kapacitet er tilstrækkelig, ved at observere pumpetid samt start og stopniveau for spildevand. Under funktionsprøvningen må nød anlæg ikke træde i funktion.

Bilag 3: Afsyring af ledningssystemer af plast

Når der konstateres kalkaflejringer i ledningssystemer af plast, kan de renses/afsyres med en blanding af 18 % saltsyre eller fosforsyre, inden forstoppelsen forekommer. Saltsyre vil ætse metaller.

Ved afsyring skal samtlige afspærringsventiler ved vakuumcentralen lukkes. For at beskytte opsamlingstankene og øvrigt udstyr, skal der tilføres kalk til tankene i en mængde svarende til 0,5 kg/liter 18 % syre.

På anlæg med flere hovedledninger skal den afdeling, der ønskes renses, afspærres fra det øvrige anlæg.

1. Opsamlingstankene tømmes til lavt niveau
2. Det halve af den beregnede mængde kalk påfyldes. Dette sker ved udslusning via et toilet, der er placeret i nærheden af opsamlingstankene
3. Den ledning, der skal renses, skal være afproppet. Inden afpropningen sker, slippes luft ind via det renserrør, der er placeret længst væk. Syren hældes i renserrørene på ledningen
4. Vakuum påsættes ledningen. Når vakuum er opnået, skal der udføres et par korte indblæsninger via det fjerneste renserrør
5. Efter ca. 5 min. sættes ledningen på ny under vakuumtryk og lukkes. Der blæses luft ind via det renserrør, der er nærmest opsamlingstankene. Denne manøvre udføres 5 gange
6. Ledningen skal være afproppet i 5 min
7. Afspærringsventilen åbnes. Når arbejdsvakuum er opnået i ledningen, gøres et luftindtag på ca. 5 sek. ved ledningens fjerneste renserrør. Ledningen afspærres
8. Når ledningen har været afspærret i 4 timer, påfyldes der atter kalk i opsamlingstankene
9. Ledningen åbnes og sættes i brugbar stand

Syrerensningen udføres hver 6. måned. Hvis man én gang om måneden hælder ca. 10 - 15 ltr. saltsyre i det fjerneste renserrør på ledningen, kan dette tidsrum forlænges.

OBS. Syren er farlig!

Sørg for ved arbejde med syre, at have gummistøvler, forklæde, handsker på, samt at beskytte ansigtet. Sørg for rigeligt skyllevand i nærheden, hvor der arbejdes med syre.

FORSIGTIG

Tomme flasker må ikke bortkastes således, at uvedkommende kan få fat i dem. Vær forsigtig med spande og syre under arbejdet, således at uvedkommende ikke kommer til syren.

Øvrige anvisninger fra Rørcentret:

Rørcenter-anvisning 001
Ressourcebesparende afløbsinstallationer i
boliger, juni 1999

Rørcenter-anvisning 002
Ressourcebesparende vandinstallatio-
ner i boliger, juni 1999

Rørcenter-anvisning 003
Brug af regnvand
til wc-skyl og vaskemaskiner i boliger,
juli 2002

Rørcenter-anvisning 004
Renovering af afløbsledninger. Paradigma
for udbud og beskrivelse inkl. vejledning,
2 udgave, januar 2005, inkl. Indlagt cd-rom.

Rørcenter-anvisning 005
Fedtudskillere. Projektering, dimensionering,
udførelse og drift, marts 2000.

Rørcenter-anvisning 006
Olieudskilleranlæg. Vejledning i projektering,
dimensionering, udførelse og drift, marts 2004.

Rørcenter-anvisning 007
Dæksler og Riste. Dæksler og riste af støbejern
til kørebane og gangarealer, maj 2005

Rørcenter-anvisning 008
Acceptkriterier. Retningslinier for vurdering af
nye og fornyede afløbsledninger ved hjælp af
TV-inspektion, maj 2005

Rørcenter-anvisning 009
Nedsivning af regnvand i faskiner.
Vejledning i projektering, dimensionering,
udførelse og drift af faskiner, maj 2005

Rørcenter-anvisning 010
Tømning af bundfældningstanke, (septitanke)
Paradigma for udbudsmateriale, marts 2006