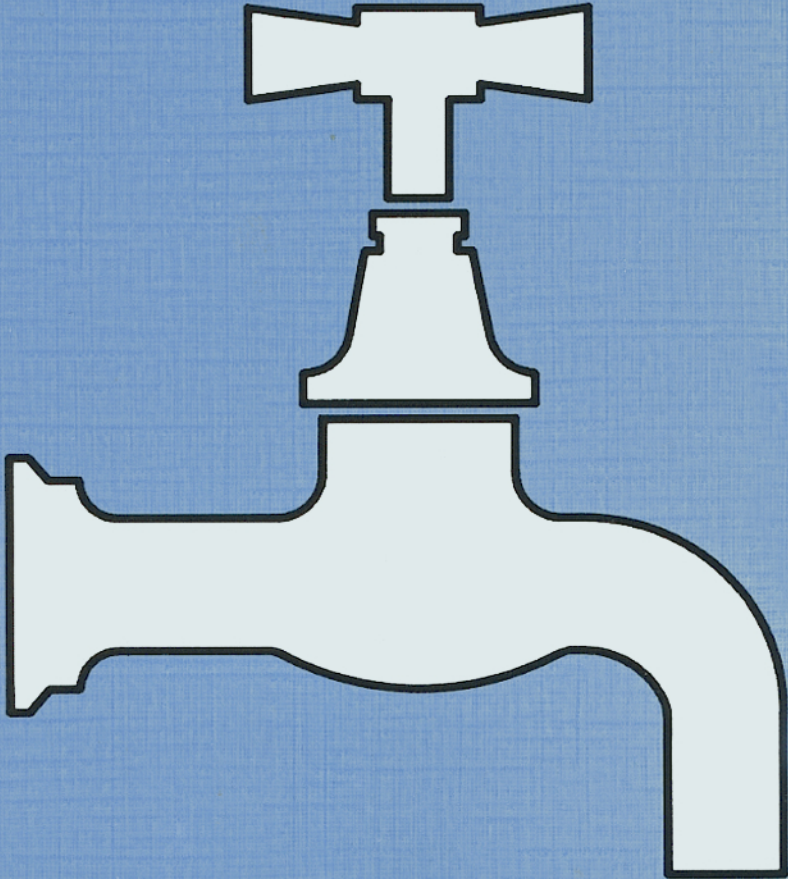


Udgivet maj 1990

# Vandinstallationer



SBI-ANVISNING 165 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1990



OPHAVSRET: STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT



Udgivet maj 1990

# VANDINSTALLATIONER

FINN SCHMIDT-JØRGENSEN  
VIGGO NIELSEN  
KAJ OVESEN

OPHAVSRET: STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT



**SBI-anvisninger** er egne eller andres forskningsresultater bearbejdet til praktiske vejledninger til brug ved planlægning, udførelse og drift af bygninger og bebyggelser samt ved undervisning.

**SBI-publikationer.** Statens Byggeforskningsinstituts publikationer udgives i følgende serier: Anvisninger, Rapporter, Meddelelser, Byplanlægning, Landbrugsbyggeri og Beton. Salg sker gennem bog-handelen eller direkte fra SBI. Institutets årsberetning og publikationsliste er gratis og kan rekvireres fra SBI.

**SBI-abonnement.** Institutets publikationer kan også fås ved at tegne et abonnement. Det sikrer samtidig løbende orientering om alle nye udgivelser. Information om abonnementernes omfang og vilkår fås hos SBI.

**E-bog: ISBN: 978-87-563-1414-5**

ISBN 87-563-0757-8.

ISSN 0106-6757.

Pris: Kr. 305,00 inkl. 22 pct. moms.

Oplag: 8.000.

Iryk: Dyva Bogtryk, Glostrup.

Tegninger: Børge Holmen, Søren Kildebro og Ove Nesdam.

Omslag: Henning Holmsted.

Statens Byggeforskningsinstitut,

Postboks 119, 2970 Hørsholm.

Telefon 42 86 55 33.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen:

*SBI-anvisning 165: Vandinstallationer. 1990.*

## Forord

Ny SBI-anvisning SBI-anvisning 165 er en revideret udgave af SBI-anvisning 118, Vandinstallationer, som blev udsendt i 1979. Siden da er der udgivet en del supplerende artikler, men væsentlige ændringer, som f.eks. nye dimensioneringsregler, har betinget den nu foretagne revision, som er koordineret med udsendelsen af den nye udgave af Dansk Ingeniørforenings norm for vandinstallationer, DS 439.

Ny DIF-norm Anvisningen udgør en lærebog og håndbog til brug ved projektering, udførelse og vedligehold af vandinstallationer. Anvisningen udmønter normens bestemmelser i praktiske anvisninger og giver en række eksempler.

Den reviderede vandnorm har givet anledning til adskillige ændringer - ikke mindst hvad angår anlæggets dimensionering, hvor et helt nyt beregningsgrundlag er indført. Sideløbende med revisionen af anvisningen er stoffet blevet koncentreret og en del af de beskrivende kapitler er blevet fjernet. Dette gælder også for det tidligere kapitel om vandforsyning og for en stor del af kapitlerne om materialer og komponenter. Kapitlet om administrative forhold er ligeledes udgået, fordi man her kan forvente store ændringer i nær fremtid, bl.a. i forbindelse med realiseringen af det indre marked.

Manuskriptet til denne anvisning har været udsendt til høring blandt en lille kreds af fagfolk og specialister. Dette har resulteret i mange værdifulde forbedringer, og SBI takker alle, som på denne måde har bidraget til den foreliggende anvisning.

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
Afdelingen for bygningsinstallationer, maj 1990  
*Kaj Ovesen*

# Indhold

## OVERSIGT

Forord .....	5
Kapiteloversigter .....	7
Kapitel 1. Generelle bemærkninger .....	13
Kapitel 2. Dimensioneringsgrundlaget .....	23
Kapitel 3. Dimensionering ved beregning .....	46
Kapitel 4. Dimensionering ved forenklet beregning .....	100
Kapitel 5. Dimensionering af installationer for varmt brugsvand .....	128
Kapitel 6. Rør, formstykker og samlingsmetoder .....	157
Kapitel 7. Armaturer .....	180
Kapitel 8. Installationsgenstande .....	200
Kapitel 9. Anlæg for produktion af varmt vand .....	217
Kapitel 10. Vandbehandlingsanlæg .....	268
Kapitel 11. Trykforøgning .....	282
Kapitel 12. Brandinstallationer .....	306
Kapitel 13. Isolering .....	322
Kapitel 14. Sikring mod fare, skader og ulemper .....	339
Kapitel 15. Støj .....	357
Kapitel 16. Korrosion .....	379
Kapitel 17. Vandbesparende foranstaltninger .....	400
Kapitel 18. Måling af vandforbrug .....	409
Kapitel 19. Arrangement og tilrettelæggelse .....	420
Kapitel 20. Kvalitetssikring .....	476
Kapitel 21. Drift og vedligehold .....	481
Litteratur .....	490
Stikordsregister .....	494
Summary .....	499

**KAPITELOVERSIGTER**

<b>Kapitel 1</b>	<b>Generelle bemærkninger</b> .....	13
	Indgange til anvisningen .....	13
	Anvisning og norm .....	14
	Europæiske normer .....	14
	Godkendelse .....	15
	Ændret godkendelsesordning .....	15
	Symboler og enheder .....	17
	Særlige symboler og begreber .....	19
	Tegningssignaturer .....	20
<b>Kapitel 2</b>	<b>Dimensioneringsgrundlaget</b> .....	23
	Energiligningen .....	25
	Energitab .....	32
	Tryktab i lige rør .....	32
	Tryktab i enkeltmodstande .....	37
	Tryktabsberegning for en vandinstallation .....	37
<b>Kapitel 3</b>	<b>Dimensionering ved beregning</b> .....	46
	Normens krav .....	48
	Gennemgang af beregningsgrundlag .....	49
	Trykket i forsyningsledningen .....	50
	Begrænsning af støjgener .....	54
	Den forudsatte vandstrøm .....	54
	Den dimensionsgivende vandstrøm .....	56
	Dimensionsgivende vandstrøm i boliger og lignende .....	59
	Forholdsregler mod korrosion .....	66
	Dimensionering af den samlede installation .....	68
	Tryktab i de enkelte dele af installationen .....	70
	Beregningsskema .....	79
	Vejledning til beregningsskema .....	81
	Beregningseksempler .....	85
<b>Kapitel 4</b>	<b>Dimensionering ved forenklet beregning</b> .....	100
	Muligheder for forenkling .....	100
	Normens forenklede dimensionering for beboelses- og kontorbygninger o. lign.....	101
	Fremgangsmåde ved den forenklede metode .....	102
	Systemer, hvori der indgår systematisk benyttede tapsteder .....	112

**Kapitel 5**

Eksempler på anvendelse af den forenklede metode .....	113
Fordelerrørsmetoden .....	120
<b>Dimensionering af installationer for varmt brugsvand .</b>	<b>128</b>
Grundlag for dimensionering .....	129
Anlægstyper .....	130
Anlæg uden cirkulation .....	131
Anlæg med cirkulation .....	139
Pumpecirkulationssystemer .....	142
Planlægning af cirkulationssystemer .....	142
Dimensionering af cirkulationssystemer .....	147
Termostatstyret cirkulation .....	154

**Kapitel 6**

<b>Rør, formstykker og samlingsmetoder .....</b>	<b>157</b>
Ledninger i jord, generelt .....	159
Støbejernsrør i jord .....	161
Kobberrør i jord .....	164
PVC-rør i jord .....	164
PEL-rør i jord .....	166
PEM-rør og PEH-rør i jord .....	168
Varmforzinkede stålrør i jord .....	169
Præisolerede rør .....	169
Ledninger i bygning, generelt .....	169
Varmforzinkede stålrør i bygninger .....	170
Kobberrør i bygninger .....	172
Rustfri stålrør i bygninger .....	175
PEX-rør i bygninger .....	177
Slangesæt .....	178
PE- og PVC-rør i bygning .....	179

**Kapitel 7**

<b>Armaturer .....</b>	<b>180</b>
Krav til armaturer .....	181
Armaturnes hovedgrupper .....	181
Tapventiler og blandearmaturer .....	182
Tapventiler .....	183
Blandearmaturer .....	186
Afspærringsventiler .....	188
Reguleringsventiler .....	191
Tilbagestrømningssikringer .....	193
Sikkerhedsventiler .....	197
Andre armaturer .....	198

<b>Kapitel 8</b>	<b>Installationsgenstande</b> .....	200
	Generelle krav til installationsgenstande .....	202
	Badekar .....	202
	Bidet .....	203
	Fælles-brusearrangementer .....	204
	Cisterner for urinaler og WC'er .....	205
	Køkkenvask .....	207
	Havevandingshaner mv. ....	208
	Håndvaske .....	208
	Spulehaner o. lign .....	209
	Påfyldningshaner .....	210
	Rengøringsvaske .....	211
	Skylleventiler for WC'er og urinaler .....	212
	Vaske- og opvaskemaskiner for husholdning .....	213
	Vaske- og opvaskemaskiner for erhverv .....	214
	Vaskerender .....	215
<b>Kapitel 9</b>	<b>Anlæg for produktion af varmt vand</b> .....	217
	Anlægstyper og deres virkemåde .....	220
	Dimensionering .....	230
	Dimensionering af anlæg, der forsyner enkelte boliger ....	238
	Dimensionering af anlæg for flerfamiliehuse .....	240
	Anlægsformer .....	243
	Generelle krav til anlæg og deres installation .....	245
	Korrosionsbeskyttelse .....	247
	Armaturer .....	247
	Styring og regulering af varmtvandstemperatur .....	251
	Varmtvandsbeholdere, vandopvarmede .....	254
	Kappeholdere .....	254
	Varmtvandsbeholdere med indlagt varmeplade .....	257
	Gennemstrømningsvandvarmere .....	258
	Elvandvarmere .....	260
	Gasvandvarmere .....	262
	Anlæg for fjernvarmeopvarmning .....	264
	Kedelunits .....	265
	Anlæg for opvarmning med damp og hedtvand .....	266
	Anlæg for hedt brugsvand .....	267
<b>Kapitel 10</b>	<b>Vandbehandlingsanlæg</b> .....	268
	Normens krav til vandbehandling .....	269
	Anlægstyper .....	269

	Blødgøringsanlæg .....	270
	Afsaltningsanlæg .....	273
	Omvendt osmoseanlæg .....	274
	Elektrolyseanlæg .....	276
	Installationer med magnesiumanoder .....	279
	Installationer med mekaniske filtre .....	280
	Anlæg for kemikaliedosering .....	280
	Magnetiske vandbehandlingsanlæg .....	281
<b>Kapitel 11</b>	<b>Trykforøgning</b> .....	282
	Normens krav .....	283
	Trykforhold .....	283
	Støj .....	284
	Kritiske tapsteder .....	284
	Zonedeling .....	288
	Trykforøgeranlæg .....	288
	Hydroforanlæg .....	288
	Trykforøgeranlæg uden beholder .....	300
	Højdebeholder (cisterner) .....	302
<b>Kapitel 12</b>	<b>Brandinstallationer</b> .....	306
	Anlægstyper .....	307
	Sprinkleranlæg .....	308
	Anlæg med vandfyldt slangevinder .....	312
	Dimensionering af installationen .....	321
<b>Kapitel 13</b>	<b>Isolering</b> .....	322
	Isolering mod energitab .....	323
	Isolering mod forbrænding mv.....	332
	Kondensisolering .....	333
	Isolering mod frost .....	336
	Isolering mod uacceptabel opvarmning og afkøling af vandet .....	337
	Varmeafgivelse fra uisolerede rør .....	337
<b>Kapitel 14</b>	<b>Sikring mod fare, skader og ulemper</b> .....	339
	Krav til vand og vandinstallation .....	339
	Sikring mod skader .....	341
	Sikring af drikkevandskvalitet .....	344
	Sikring mod tilbagestrømning af tappet vand .....	344

	Metoder til sikring mod tilbagestrømning.....	346
	Eksempler på sikring mod tilbagestrømning af tappet vand .....	348
	Rensning af installation .....	352
	Krav til materialer .....	353
	Ubenyttede installationer .....	353
	Tømning af installationer .....	354
	Indtrængning af sundhedsfarlige stoffer .....	355
<b>Kapitel 15</b>	<b>Støj</b> .....	357
	Lyd .....	358
	Lovmæssige bestemmelser .....	361
	Støjens opståen .....	363
	Støjklider .....	364
	Støj fra armaturer .....	368
	Støjens udbredelse .....	372
	Projektering med henblik på støjreduktion .....	375
<b>Kapitel 16</b>	<b>Korrosion</b> .....	379
	Krav til korrosionsbeskyttelse .....	380
	Årsager til korrosion .....	381
	Vandets fysiske og kemiske egenskaber .....	381
	Korrosionsformer .....	382
	Typiske korrosionsskader .....	382
	Korrosionsskader i rør og samlinger .....	383
	Korrosionsskader i beholdere .....	385
	Forebyggelse af korrosionsskader .....	385
	Forebyggelse af korrosionsskader i ledningssystemer .....	386
	Forebyggelse af korrosionsskader i anlæg for produktion af varmt vand .....	392
	Oversigt over brugsvandsområdet .....	398
<b>Kapitel 17</b>	<b>Vandbesparende foranstaltninger</b> .....	400
	Vandnormens krav .....	401
	Utætte ledninger .....	401
	Sikring af koldt vandstemperatur .....	402
	Sikring af varmt vandstemperatur .....	403
	Sikring mod unødvendigt forbrug .....	404
	Vandspild ved utætheder og reparation mv .....	408

<b>Kapitel 18</b>	<b>Måling af vandforbrug</b> .....	409
	Målertyper .....	409
	Dimensionering af målere .....	412
	Målerplacering .....	415
	Umålt forbrug .....	419
<b>Kapitel 19</b>	<b>Arrangement og tilrettelæggelse</b> .....	420
	Forundersøgelse .....	422
	Programmering .....	426
	Projektering .....	430
	Projektering af stikledninger .....	431
	Projektering af jordledninger .....	435
	Indføring i bygninger .....	446
	Projektering af vandinstallationer i bygninger .....	449
	Ledningers anbringelse i bygning .....	452
	Ledningers udskiftelighed .....	452
	Krav til installationsdele og deres indbygning .....	456
	Sikring mod frostskafer .....	460
	Ledningers forhold til omgivelserne .....	460
	Ledningers understøtning .....	462
	Bæringer .....	462
	Ledningers ekspansion .....	465
	Rørgennemføringer .....	473
	Ledninger i sikringsrum .....	475
<b>Kapitel 20</b>	<b>Kvalitetssikring</b> .....	476
	Kvalitetssikring .....	476
	Prøvning .....	477
<b>Kapitel 21</b>	<b>Drift og vedligehold</b> .....	481
	Planlægningsfasen .....	481
	Normens krav .....	482
	Drifts- og vedligeholdsinstruktion .....	483
	Gennemskylning af installationer .....	484
	Vedligehold af varmtvandsinstallation .....	485
	Fejlfinding .....	487
	Reparationer .....	489

## KAPITEL 1

## Generelle bemærkninger

Indgange til anvisningen .....	13
Anvisning og norm .....	14
Europæiske normer .....	14
Godkendelse .....	15
Ændret godkendelsesordning .....	15
Symboler og enheder .....	17
Tid og rum .....	17
Masse, kraft og energi .....	17
Varme, temperatur, fugt .....	17
Strømninger .....	18
Kemiske størrelser .....	18
Særlige symboler og begreber .....	19
Tryk, trykforskel, tryktab .....	19
Vandstrømme .....	20
Koter .....	20
Tegningssignaturer .....	20

## Indhold

Dette kapitel fortæller lidt om norm, produktgodkendelse og anvisningens brug. Herudover er omtalt emner, som har betydning for mange af de øvrige kapitler, nemlig signaturer, symboler og enheder.

## Indgange til anvisningen

## Stikordsregister

Anvisningen rummer et stikordsregister, som er placeret bag i bogen. Antallet af begreber i denne liste er søgt holdt nede, ligesom antallet af henvisninger til hvert begreb er holdt så lavt

Indholds-  
fortegnelser

som muligt med henblik på bevarelse af oversigten. I mange tilfælde vil indholdsfortegnelserne, hvor de vigtigste overskrifter er anført, være en bedre indgang til emnerne - især når det søgte emne eller begreb ønsket forklaret i en vis sammenhæng i forbindelse med dimensionering, med udførelse, med henblik på korrosion osv. Foran hvert kapitel findes en detaljeret indholdsfortegnelse, hvor næsten alle overskrifter for det pågældende kapitel er angivet.

## Anvisning og norm

## DS 439

Angivelser i kantede parenteser er henvisninger til litteraturlisten side 490

Denne anvisning er udarbejdet til brug sammen med DIF's »Norm for vandinstallationer«, DS 439, se [litt. 1.11]. Normen indeholder i det væsentlige de lovmæssige krav til en vandinstallation, mens anvisningen beskriver, hvorledes man på grundlag af normen kan projektere og udføre installationen.

## Funktionskrav

Normen er i overvejende grad baseret på funktionskrav, hvilket vil sige, at der stilles krav til de egenskaber, som en komponent eller en installation skal have, mens der ikke stilles specificerede krav til materiale og udformning. Der findes desuden i normen en lang række vejledninger, og hvis man følger dem, kan man regne med, at normen er opfyldt. Vejledningerne har ikke lovmæssig karakter og kan derfor ikke kræves fulgt. Følges vejledningerne ikke, skal det specielt dokumenteres, at normens funktionelle krav er opfyldt. Dokumentation kan ske ved beregning, forsøg eller på anden måde.

## Vejledninger

## Dokumentation

## Europæiske normer

## Byggevedirektiv

I forbindelse med etableringen af det indre marked i EF er der iværksat programmer, der skal harmonisere bestemmelserne i fællesmarkedslandene, således at produkter i videst mulig udstrækning er frit bevægelige over landegrænserne. For byggevarer er grundlaget for dette nedfældet i det såkaldte byggevedirektiv, se [litt. 1.2]. Byggevedirektivet indeholder en række overordnede funktionelle krav - de »væsentlige krav« -

## CEN-standarder

som skal udmøntes i standarder udarbejdet af den europæiske standardiseringsorganisation, CEN. For de fleste områder, herunder vandinstallationer, vil der blive udarbejdet CEN-standarder, som vil dække både danske normer og standarder på området. Dette indebærer, at f.eks. DIF-normen for vandinstallationer vil blive helt eller delvis erstattet af en CEN-standard, som skal dække hele EF- og EFTA-området. Hvor særlige lokale forhold gør sig gældende, vil det være muligt at opretholde nationale bestemmelser.

## Godkendelse

Alt vand- og afløbsmateriel skal principielt være godkendt. Godkendelsen, der gives af Boligministeriet, går på fabrikatet i den forelagte udførelse - ikke på materiale eller konstruktion. Man kan altså ikke tale om »godkendte materialer«, men kun om godkendte produkter.

## Godkendelsesblade

Godkendelser offentliggøres i form af godkendelsesblade, som automatisk tilstilles alle amter og kommuner. Det er også muligt for andre at abonnere på disse blade, hvilket i stor udstrækning udnyttes af branchen. Godkendelsesbladene opdeles efter den oversigt, der er vist i figur 1.1.

## Ændret godkendelsesordning

## Nyt europæisk organ

Godkendelser har hidtil været behandlet af Boligministeriets VA-godkendelses-sekretariat, men i forbindelse med etableringen af det indre marked vil der ske nogle ændringer. For produkter, som er dækket af en CEN-standard, vil godkendelse ske som en certificering i henhold til standarden. For produkter, som ikke er dækket af en CEN-standard, vil der kunne udstedes en »Europæisk teknisk godkendelse«. Udstedelsen sker gennem et fælles europæisk organ, hvor alle medlemslande deltager.

Den danske del af organisationen er under opbygning, og den vil inkorporere nuværende godkendelsesordninger, herunder VA-godkendelsen.



## KLASSIFICERING AF VA-INSTALLATIONSMATERIEL

- |   |  |  |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>0. <b>Administration</b></li> <li>1. <b>Vandinstallationer</b></li> <li>1.1 <i>Rør- og formstykker</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>1.10 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</li> <li>1.11 Støbejern</li> <li>1.12 Stål</li> <li>1.13 Øvrige metaller</li> <li>1.14 Plast, gummi og andre højmolekulære materialer</li> <li>1.16 Beton</li> <li>1.17 Keramiske materialer</li> <li>1.19 Andre rør- og formstykker</li> </ul> </li> <li>1.2 <i>Samlinger</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>1.20 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</li> <li>1.21 Loddessamlinger</li> <li>1.22 Kompressionsfittings</li> <li>1.23 Gevindsamlinger</li> <li>1.24 Muffe- og flangesamlinger</li> <li>1.25 Pakmateriale</li> <li>1.26 Loddemateriale</li> <li>1.29 Andre samlinger</li> </ul> </li> <li>1.3 <i>Ekspansionsanordninger</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>1.30 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</li> <li>1.31 Ekspansionsanordninger</li> </ul> </li> <li>1.4 <i>Aftapningsarmaturer</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>1.40 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</li> <li>1.41 Tapventil</li> <li>1.42 Blander, manuelt styret</li> <li>1.43 Blander, automatisk styret</li> <li>1.44 Specialarmatur</li> <li>1.49 Andre aftapningsarmaturer</li> </ul> </li> <li>1.5 <i>Afspærrings- og reguleringsarmaturer</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>1.50 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</li> <li>1.51 Afspærringsventiler, manuelt styret</li> <li>1.52 Afspærringsventiler, automatisk styret</li> <li>1.53 Reguleringsventiler, manuelt styret</li> <li>1.54 Reguleringsventiler, automatisk styret</li> <li>1.55 Kontraventiler</li> <li>1.56 Vacuumventiler</li> <li>1.57 Andre tilbagesugnings-sikringer</li> <li>1.58 Sikkerhedsventiler</li> <li>1.59 Andre afspærrings- og reguleringsarmaturer</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>1.6 <i>Tilbehør</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>1.60 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</li> <li>1.61 Strålesamlere, luftindblandere</li> <li>1.62 Brusetilbehør, sier o.l.</li> <li>1.63 Mundstykker</li> <li>1.64 Specialtilslutninger</li> <li>1.65 Ejektorer</li> <li>1.69 Diverse tilbehør</li> </ul> </li> <li>1.7 <i>Pumper, trykregulering</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>1.70 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</li> <li>1.71 Cirkulationspumper</li> <li>1.72 Trykføregelselanlæg</li> <li>1.73 Hydroforer</li> <li>1.74 Trykreduktionsventiler</li> <li>1.79 Andet</li> </ul> </li> <li>1.9 <i>Andre vandinstallationskomponenter</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>1.90 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</li> <li>1.91 Materiale til vandmateriel</li> <li>1.92 Cisterner</li> <li>1.99 Andet</li> </ul> </li> <li>2. <b>Afløbsinstallationer</b></li> <li>3. <b>Maskiner, apparatur</b></li> <li>3.1 <i>Vandbehandlingsanlæg</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>3.10 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</li> <li>3.11 Mekanisk filter</li> <li>3.12 Blødgøringsanlæg</li> <li>3.13 Kulfilter o.l.</li> <li>3.14 Doseringsapparater</li> <li>3.15 Elektrolitisk vandbehandling</li> <li>3.19 Andre vandbehandlingsanlæg</li> </ul> </li> <li>3.2 <i>Vandvarmere</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>3.20 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</li> <li>3.21 Forrådsbeholdere, vand- eller dampopvarmede</li> <li>3.22 Gennemstrømningsvandvarmere, vandopvarmede</li> <li>3.23 El-opvarmede vandvarmere</li> <li>3.24 Gas-opvarmede vandvarmere</li> <li>3.29 Andre vandvarmere</li> </ul> </li> <li>3.3 <i>Køling, befugtning</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>3.30 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</li> <li>3.31 Køleanlæg og kølesyst.</li> <li>3.32 Befugtningssanlæg</li> <li>3.39 Andet</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>3.4 <i>Vask, skylning o. l.</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>3.40 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</li> <li>3.41 Vaskemaskiner, husholdningsbrug</li> <li>3.42 Vaskemaskiner, erhverv o.l.</li> <li>3.43 Opvaskemaskiner, husholdningsbrug</li> <li>3.44 Opvaskemaskiner, erhverv o.l.</li> <li>3.45 Skylleapparater mm.</li> <li>3.46 Affaldskværne</li> <li>3.47 Bilvaskeanlæg</li> <li>3.49 Andre</li> </ul> </li> <li>3.5 <i>Tilberednings- og serveringsapparater</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>3.50 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</li> <li>3.51 Kolddriksautomater</li> <li>3.52 Varmdriksautomater</li> <li>3.53 Isterningsmaskine</li> <li>3.54 Drikkefontæner o.l.</li> <li>3.59 Andre</li> </ul> </li> <li>3.6 <i>Måleinstrumenter</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>3.60 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</li> <li>3.61 Vandmålere</li> <li>3.69 Andre måleinstrumenter</li> </ul> </li> <li>3.9 <i>Andre maskiner og apparater</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>3.90 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</li> <li>3.91 Sterilisationsapparater</li> <li>3.99 Specielt apparatur</li> </ul> </li> <li>4. <b>Sammensatte VA-komponenter</b></li> <li>4.1 <i>Installationsvægge, præfabrikerede</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>4.10 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</li> <li>4.11 Installationsvægge, præfabrikerede</li> </ul> </li> <li>4.2 <i>Volumenelement</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>4.20 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</li> <li>4.21 Volumenelement</li> </ul> </li> <li>4.3 <i>Tilbehør</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>4.30 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</li> <li>4.31 Tilbehør</li> </ul> </li> <li>4.4 <i>Værktøj mm.</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>4.40 Godkendelses- og prøvningsbetingelser mv.</li> <li>4.41 Værktøj, renseanordninger mm.</li> </ul> </li> <li>4.9 <i>Andre VA-komponenter</i></li> </ul> |
|---|--|--|

Figur 1.1. Uddrag af klassificering af VA-installationsmateriel (Boligministeriets VA-godkendelse). De respektive godkendelser klassificeres efter dette system.

## Symboler og enheder

De i anvisningen anvendte symboler er i vid udstrækning identiske med de i DS 2001 angivne og de i DS 439 brugte. De hyppigst anvendte er angivet i det følgende.

### SYMBOL ENHED

$\tau$ ..... s, h.....

$l$ ..... m .....

$L$ ..... m .....

$H, h$ ..... m, mm .....

$d$ ..... mm, m .....

$s$ ..... mm .....

$A$ ..... m<sup>2</sup> .....

$V$ ..... m<sup>3</sup> .....

$v$ ..... m/s.....

$g$ ..... m/s<sup>2</sup> .....

### Tid og rum

Tid generelt. Symbolet  $\tau$  er søgt forbeholdt tid, mens  $T$  anvendes til temperatur.

Længde generelt.

Længde generelt samt samlet længde af en række ledningsstrækninger. I normen betegner  $L$  summen af længderne af stikledning og fordelingsledning til øverste og/eller fjerreste tapsted (farligste punkt).

Højder generelt.

Indvendig rørdiameter.

Godstykkelse.

Areal generelt.

Volumen generelt. Vandmængde (ikke at forveksle med vandstrøm).

Hastighed.

Tyngdens acceleration = 9,81 m/s<sup>2</sup>.

### Masse, kraft og energi

$m$ ..... kg.....

$\rho$ ..... kg/m<sup>3</sup> .....

$F$ ..... N.....

$E$ ..... J (Joule).....

$P$ ..... W (Watt).....

Masse.

Massefylde (kaldes også massetæthed eller densitet).

Kraft.

Energi, arbejde.

Effekt, arbejde pr. tidsenhed.

### Varme, temperatur, fugt

$T$ ..... °C .....

$\Delta T$ ..... °C .....

$Q$ ..... J (Joule).....

$\Phi$ ..... W (Watt).....

Temperatur generelt.

Temperaturforskel.

Varmemængde (= energi).

Varmestrøm (= effekt). Betegnelsen varmemestrøm anvendes også i betydningen varmetab.

SYMBOL	BEGREB	
$\alpha$ .....	$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ .	Varmeovergangstal generelt.
$\lambda$ .....	$W/(m \cdot ^\circ C)$ ..	Varmeledningsevne.
$\varphi$ .....	pct., dim.løs	Relativ luftfugtighed.
$c$ .....	$J/(kg \cdot ^\circ C)$ ...	Varmedfynde. For vand er varmedfynden ved 0 °C: 4218 J/(kg · °C) og ved 30-40 °C, hvor den er lavest, er den 4178 J/(kg · °C). I vandinstallationer kan man som regel med tilstrækkelig god tilnærmelse regne med $c = 4200 J/(kg \cdot ^\circ C)$ eller $c = 4,2 kJ/(kg \cdot ^\circ C)$ (det svarer til en temperatur på ca. 15 °C).
$k$ .....	$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ .	Transmissionskoefficient.
$k_{rør}$ .....	$W/(m \cdot ^\circ C)$ ..	Transmissionstallet pr. lb. m rør. Vær opmærksom på, at $k$ og $k_{rør}$ angives i forskellige enheder.

### Strømninger

$\lambda$ .....	dim.løs.....	Friktionskoefficienten for rørstrømning.
$\zeta$ .....	dim.løs.....	Modstandstallet for enkeltmodstande.
$\nu$ .....	$m^2/s$ .....	Den kinematiske viskositet.
$Re$ .....	dim.løs.....	Reynolds' tal.
$k$ .....	m, mm .....	Den absolutte rørruhead.

### Kemiske størrelser

$^{\circ}dH$ .....	Hårdhedsgraden for vand (tysk hårdhedsgrad).
mmol/l..... (millimol pr. liter)	Hårdhedsgrad for vand, koncentration.
mg/l .....	Koncentration.
(milligram pr. liter)	
dim. løs.....	pH-værdi.
mS/m .....	
(millisiemens pr. meter)	

## Særlige symboler og begreber

Der er en række symboler, som specielt anvendes i forbindelse med beregning af vandinstallationer.

SYMBOL      BEGREB

### Tryk, trykforskel, tryktab

Tryk angives i  $\text{N/m}^2$  (Newton pr. kvadratmeter), som - anvendt som trykenhed - kaldes for Pa (Pascal). Her bruges den 1000 gange større enhed kPa (kilopascal). Omregning mellem forskellige trykenheder er vist i figur 1.2.

$p$ ..... tryk.....

Det almindeligt anvendte symbol for tryk. Hvor intet andet er anført, betegner  $p$  det statiske tryk, dvs. det tryk, der kan måles ved et trykudtag i rørvæggen, se figur 2.3.

$P_d$ ..... det dynamiske tryk.....

Det dynamiske tryk - også kaldet hastighedstrykket - er den trykstigning, som kunne opnås ved opbremsning af vandstrømmen, se figur 2.3. Det dynamiske tryk kan beregnes ud fra vandets hastighed  $v$  og massefylde  $\rho$  til

$$p_d = \frac{1}{2} \rho v^2$$

$P_{tot}$ ..... det totale tryk.....

Det totale tryk er summen af det statiske tryk og det dynamiske tryk

$$p_{tot} = p + \frac{1}{2} \rho v^2$$

Når betegnelsen tryk anvendes alene, menes der normalt statisk tryk. I vandinstallationer er hastighederne de fleste steder så små, at der kun er lille forskel på det statiske tryk og det totale tryk.

$\Delta p$ ..... trykforskel..

Trykforskel, det almindeligt anvendte symbol for trykforskel eller tryktab, idet  $\Delta$  betegner en differens.

$R$ ..... tryktab pr. meter rør.....

Tryktabet pr. meter af en lige rørstrækning.  $R$  angives i kPa/m. På SBI-nomogrammerne figur 2.8-2.13 er  $R$  dog angivet i Pa/m.

## Vandmængde

SYMBOL	BEGREB
$q$ .....	vandstrøm...

**Vandstrømme**

Vandstrømme måles i l/s (liter pr. sekund). Der burde anvendes  $\text{m}^3/\text{s}$ , men denne enhed giver meget små talværdier i beregninger af vandinstallationer. Omsætningen er dog nem, idet  $1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3 = 0,001 \text{ m}^3$ . I enkelte kapitler arbejdes tillige med  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Tidligere anvendtes ofte betegnelsen »vandmængde« i betydningen »vandstrøm«. Undgå dette, da det kan misforstås.

Det almindeligt anvendte symbol for vandstrøm.

**Koter**

En kote er højden over et bestemt referenceniveau. Normalt er koter regnet ud fra DNN (Dansk Normal Nul), men principielt kan andre referencer også anvendes. Koter angives i m.

$z$ .....  
Kote til et vilkårligt punkt.

$z_n$ .....  
Koten til punktet mærket n, dvs. punktets højde over referencefladen, f.eks. DNN.

**Tegningssignaturer**

Signaturer for tekniske tegninger for VVS-installationer udføres efter DS/ISO 4067-1, se [litt. 1.3]. Langt de fleste aktuelle signaturer er dækket af dette standardblad, som bør anskaffes af alle, der arbejder med VVS-tegninger.

I anvisningens tegninger i diagramform er der overalt benyttet DS-signaturer - i figur 1.3 er givet en oversigt over de vigtigste af dem.

Volumenstrøm, vandstrøm	Liter pr. sekund 1/s	Kubikmeter pr. sekund m <sup>3</sup> /s	Kubikmeter pr. time m <sup>3</sup> /h
1 l/s =	1	0,001	3,6
1 m <sup>3</sup> /s =	1000	1	3600
1 m <sup>3</sup> /h =	0,2778	2,778 • 10 <sup>-4</sup>	1

Tryk	Pascal (= N/m <sup>2</sup> , newton pr. kvadratmeter) Pa	Meter vandsøjle mH <sub>2</sub> O	Kilopond pr. kva- dratmeter kp/m <sup>2</sup>	Bar bar	Atmosfære (teknisk) at
1 Pa =	1	1,020 • 10 <sup>-4</sup>	0,1020	10 <sup>-5</sup>	1,020 • 10 <sup>-5</sup>
1 mH <sub>2</sub> O = (mVS)	9807	1	1000	0,09807	0,1
1 kp/m <sup>2</sup> = (mmH <sub>2</sub> O)	9,807	0,001	1	9,807 • 10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>
1 bar =	10 <sup>5</sup>	10,20	10,197	1	1,020
1 at = (kp/cm <sup>2</sup> )	98,066	10	104	0,9807	1

Effekt, arbejde pr. tidsenhed, varmestrøm	Watt W	Kilowatt kW	Kilocalo- rie pr. time kcal/h	Kilopondme- ter pr. sekund kpm/s	Heste kraft HK
1 W	1	0,001	0,8599	0,102	0,00136
1 kW	1000	1	859,9	102,0	1,360
1 kcal/h	1,163	1,163 • 10 <sup>-3</sup>	1	0,1186	1,582 • 10 <sup>-3</sup>
1 kpm/s	9,807	9,807 • 10 <sup>-3</sup>	8,432	1	0,01333
1 HK	735,5	0,7355	632,5	75	1

Energi, arbejde, varmængde	Joule J	Kilopond meter kpm	Kilowatttime kWh	Kilocaloric kcal
1 J =	1	0,1020	2,778 • 10 <sup>-7</sup>	2,389 • 10 <sup>-4</sup>
1 kpm =	9,807	1	2,724 • 10 <sup>-6</sup>	2,342 • 10 <sup>-3</sup>
1 kWh =	3,6 • 10 <sup>6</sup>	3,671 • 10 <sup>5</sup>	1	859,9
1 kcal =	4186,8	426,9	1,163 • 10 <sup>-3</sup>	1

Figur 1.2. Omsætningstabeller for de hyppigst anvendte enheder for volumenstrøm, tryk, energi og effekt. Nogle af værdierne er afrundet, således at der fortrinsvis anvendes 4 betydende cifre.

**TEGNINGSSIGNATURER****Ventiler (afspærings- eller reguleringsorganer inkl. haner)**

	Tvejsventil, ligeleeb
	Tvejsventil, vinkelleeb
	Kontraventil. Strømningsretning mod højre i figuren
	Reduktionsventil. Lille trekant: højt tryk
	Regulerbar rørmønstre, f.eks. reguleringstøe
	Tvejsventil
	Vacuumventil
	Tapventil for væske i alm. Medium angives Uden angivelse af medium gælder signaturen for koldt brugsvand
	Tapventil, varmt brugsvand
	Tapventil, væske, med slangeforskrning
	Blandingsbatteri. Alternativ 2 anvendes, hvor varmt- og koldt-vandstilgang ønskes fremhævet
	Bruser
	Brandhane
	Sikkerhedsventil i almindelighed

**Rørledninger**

	Rørledning i almindelighed
	Brugsvand, koldt
	Brugsvand, varmt
	Brugsvand, varmt, retur
	Impulsledning

**Ekspansionsorganer mv.**

	Ekspansionsorgan i almindelighed
	Styr
	Fastspænding

**BOGSTAVSYMBOLER****Medier i ledninger**

VF = varme, fremleeb
VR = varme, returleeb
D = damp
C = kondensat
BK = brugsvand, koldt
BV = brugsvand, varmt
BC = brugsvand, varmt returleeb (cirkulation)

**Målere m.m.**

VM = vandmåler
GM = gasmåler
CM = varmemængdemåler
M = manometer
TM = termometer
F = føler

**Apparater**

P = pumpe
-----------

**Ventiler, spjæld m.m.**

V = ventil i almindelighed
RV = reguleringsventil (f.eks. radiatorventil)
AV = afspæringsventil
TV = tapventil
BA = blandingsarmatur
BB = bruser
BH = brandhane
SA = sikkerhedsanordning (f.eks. sikkerhedsventil)

**Sanitetsgenstande**

HV = håndvask
KV = køkkenvask
UV = udslagningsvask
UK = udslagningskumme (for bækkenere o.lign.)
WC = vandkloset
U = urinal
K = badekar
BI = bidet
OM = opvaskemaskine
VM = vaskemaskine

Figur 1.3. Oversigt over de vigtigste tegningssignaturer for vandinstallationer. En fuldstændig fortegnelse over VVS-signaturer er givet i DS/ISO 4067-1, se [litt. 1.3].

## KAPITEL 2

## Dimensioneringsgrundlaget

Energiligningen .....	25
Energiindhold i en strømmende væske .....	27
Energiindhold udtrykt ved højder .....	28
Energiindhold i SI-enheder .....	29
Energitab ved strømning .....	29
Energilinien .....	30
Energitab .....	32
Tryktab i lige rør .....	32
Reynolds' tal .....	32
Laminar strømning .....	33
Turbulent strømning .....	33
Colebrook-White's formel .....	33
Anvendelse af Colebrook-White's formel .....	34
SBI-nomogrammer .....	35
Tryktab i enkeltmodstande .....	37
Beregning af tryktab i enkeltmodstande .....	37
Tryktabsberegning for en vandinstallation .....	37

## Normens krav

En vandinstallation skal dimensioneres sådan, at det enkelte tapsted kan tilføres en vandstrøm og en vandmængde, der er tilfredsstillende for tapstedets funktion.

Dette generelt formulerede og overordnede krav til en vandinstallation skal være opfyldt ikke alene på tidspunktet for ibrugtagningen, men også i en rimelig tid derefter, og kravet gælder for installationen som en helhed. Kravet er således også gældende for tapsteder for varmt brugsvand, hvor der

suppleres med et krav om, at vandet skal have en passende temperatur.

Det overordnede krav er placeret i normens afsnit 2.2, hvor det også er anført, at vandinstallationen skal dimensioneres og udføres således, at der ikke kan opstå generende støj.

Ved dimensioneringen spiller sandsynlighed en væsentlig rolle. I enkelte tilfælde kan det være nødvendigt at dimensionere en installation således, at alle tapsteder kan præstere deres normalydelse samtidigt - men det hører til de sjældne undtagelser. For langt de fleste installationer gælder det, at tapning fra et givet tapsted til en given tid kun sker med en vis sandsynlighed. Derfor er dimensioneringen afhængig af, hvor sikker en vandforsyning man vil etablere. Kan man acceptere, at den vandstrøm, der kan tappes, ret ofte underskrides det ønskede, eller må dette kun forekomme meget sjældent?

Normens krav om, at tilfredsstillende vandmængder skal kunne ydes med en passende sandsynlighed, rummer umiddelbart mulighed for forskellige fortolkninger af, hvad der er passende sandsynlighed. For boliginstallationer o.lign. angiver normen dog retningslinier for, hvad der i almindelighed kan anses for passende, idet dimensioneringsforudsætningerne og forsyningstryk er baseret på en vis sandsynlighed, se denne anvisnings kapitel 3, hvori der opstilles nærmere regler.

For byggerier, hvor kravene til vandinstallationen ikke kan ligestilles med kravene til boliger, giver normen retningslinier i sit Anneks A.

De mange forskellige krav, som normen stiller med henblik på dimensioneringen, er behandlet i det følgende. Anvisningen behandler dimensionering i følgende fire kapitler:

2. Dimensioneringsgrundlaget.
3. Dimensionering ved beregning.
4. Dimensionering ved forenklet beregning.
5. Dimensionering af installationer for varmt brugsvand.

Dimensionering – dvs. fastlæggelse af dimensioner på rør, ventiler mv. – skal ifølge normen ske ved beregning.

Der er i dette kapitel givet en kort gennemgang af det grund-

Sandsynlighed

Normens krav  
vedrørende  
sandsynlighed

Anvisningens  
kapitler om  
dimensionering

Dimensione-  
ring på basis af  
beregning

lag, som er nødvendigt for at forstå og gennemføre en dimensionering ved beregning. Hvis man kun skal arbejde i det område, hvor de forenklede beregninger kan anvendes, kan man gå let hen over dette kapitel og blot anvende det, hvor der ønskes en nøjere forståelse.

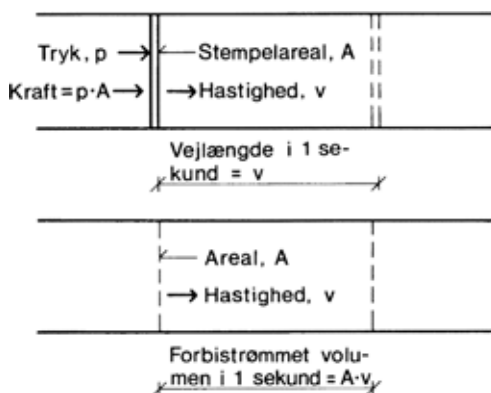
## Energiligningen

Ved en beregning af et rørnet holder man regnskab med energien, så det gælder om at få opstillet en ligning, som på nem måde tillader dette. Selv om det er energien, der regnes med, så vil man se, at det i praktiske beregninger ofte er trykket, som indgår i beregningerne.

### Tryk og energi

For at forstå sammenhængen mellem tryk og energi, kan man tænke sig indsat et stempel i røret i figur 2.1 øverst. Væsken strømmer med en hastighed  $v$ , trykket i væsken er  $p$ , og stemplet har et tværsnitsareal på  $A$ . Kraften på stemplet bliver da  $p \cdot A$ .

Stemplet vil følge med væsken og derfor bevæge sig en strækning på  $v$  i løbet af 1 sekund (da hastigheden er den tilbagelagte vej i 1 sekund). Den energi, som væsken indeholder, kan udtrykkes ved det arbejde, den kan udføre. Dette arbejde er lig med kraften på stemplet gange den vej, kraften har virket. Hvis vi ser på det, der sker i 1 sekund, fås:



Figur 2.1. Sammenhæng mellem tryk og energi i en strømmende væske.

$$\begin{aligned}
 \text{Effekt} &= \text{Energi pr. sekund.} \\
 &= \text{Arbejde pr. sekund.} \\
 &= \text{Kraft gange vej pr. sekund.} \\
 &= p \cdot A \cdot v.
 \end{aligned}$$

Ser vi nu på strømmingen, må det gælde, at i 1 sekund passer et bestemt sted af røret af et volumen  $= A \cdot v$ . Denne størrelse, volumen pr. sekund  $A \cdot v$ , kaldes volumenstrøm. Dvs. for hver volumenenhed, som strømmer forbi, har den strømmende væske et energiindhold.

$$\frac{\text{Effekt}}{\text{Volumenstrøm}} = \frac{p \cdot A \cdot v}{A \cdot v} = p$$

Det ses, at talværdien for energiindholdet pr. volumenenhed er lig med talværdien for trykket. I mange tilfælde er det mest praktisk at anvende trykket i ligningerne, fordi det er en størrelse, som ret let kan måles, men det er altså alligevel energien, man holder regnskab med.

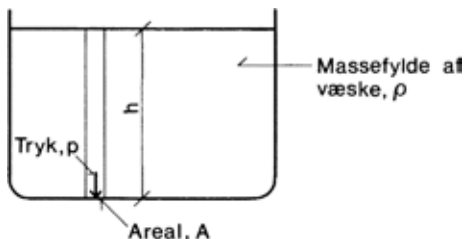
Tryk og højde

En anden størrelse, som ofte anvendes i beregninger til at karakterisere energiindhold, er »højde«. Man kan let se, hvorledes tryk og højde kan anvendes sideordnet ved hjælp af figur 2.2. Med symbolerne fra figur 2.2 kan skrives:

Tryk = Kraft pr. fladeenhed, dvs. den kraft hvormed den skraverede væskemasse trykker på arealet  $A$  i karrets bund. Kraften er det skraverede volumen  $A \cdot h$  gange massefylden  $\rho$  gange tyngdeaccelerationen  $g$ .

$$p = \frac{A \cdot h \cdot \rho \cdot g}{A}$$

$$p = h \cdot \rho \cdot g$$



Figur 2.2. Sammenhæng mellem tryk og højde i en væske.

Trykket  $p$  kan altså her beregnes som højde  $\cdot$  massefylde  $\cdot$  tyngdeacceleration. Da imidlertid  $g$  og  $\rho$  er konstanter, når det er samme væske man opererer med, kan højden altså godt bruges som et udtryk for trykket og dermed for energien. Hvis man vil præcisere hvilken væske, der menes, kan det nævnes efter højdeangivelsen, f.eks.

mH<sub>2</sub>O (meter vandsøjle, skrives ofte mVS).

mmHg (millimeter kviksølv).

Disse størrelser kan umiddelbart omsættes til andre trykenheder efter tabellerne i kapitel 1.

### Energiindhold i en strømmende væske

En væskedel, der befinder sig i en strømmende væske, har på et givet tidspunkt et ganske bestemt energiindhold, der er afhængig af væskedelens højde  $z$  over et givet udgangsniveau, væsketrykket  $p$  og væskedelens strømningshastighed  $v$ . Det totale energiindhold pr. volumenenhed af væsken kan da skrives

$$p_{tot} = \rho g z + p + \frac{1}{2} \rho v^2$$

Her er

$p_{tot}$  det totale tryk

$\rho$  væskens massefylde

$g$  tyngdens acceleration

$z$  højden over et udgangsniveau, dvs. kote eller geodætisk højde

$p$  det statiske tryk

$v$  strømningshastigheden.

Det ses, at energiindholdet er karakteriseret ved tryk. Ligningens højre side indeholder 3 led, som hver karakteriserer en bestemt type mekanisk energi.

Potentiel energi

$\rho g z$  står for den energi, en væskedel indeholder, fordi den har en vis højde over et referenceniveau. Hvis vandet i en beholder står i en vis højde over en aftapning i bunden, kan vandet selv strømme ud, fordi det har denne beliggenhedsenergi - også kaldet potentiel energi.

Trykenergi

$p$  står for den energi, som kan fås ved at lade væskestrømmen bevæge et stempel og dermed udføres et arbejde. Trykket

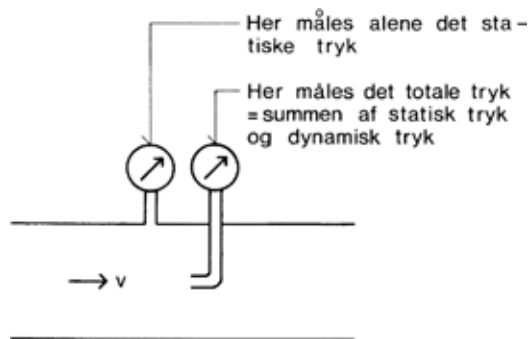
$p$  kaldes det statiske tryk, også selv om væsken er i bevægelse. Det skyldes, at man også har et dynamisk tryk, som direkte afhænger af strømningshastigheden.

Kinetisk energi

$\frac{1}{2} \rho v^2$  betegner den energi, som væskedelen har, fordi den har en hastighed og derfor kan udføre et arbejde. Denne energi kaldes hastighedsenergi eller kinetisk energi. Hvis man benævner  $\frac{1}{2} \rho v^2$  med trykbetegnelse kaldes det for dynamisk tryk. Det dynamiske tryk opfattes som den trykstigning, man ville få i væsken, hvis man opbremsede væskestrømmen.

Den totale energi

$p_{tot}$  betegner væskedelens totale energiindhold eller det totale tryk. Ofte bruger man det totale tryk for summen af statisk og dynamisk tryk. I figur 2.3 er vist, hvorledes statisk, dynamisk og totalt tryk kan måles. Det ses, at det er praktisk at operere med tryk, fordi de kan måles.



Figur 2.3. Statisk, dynamisk og totalt tryk i en strømmende væske.

### Energiindhold udtrykt ved højder

Det ses, at hvis man dividerer alle leddene på højre side i udtrykket for det totale energiindhold med  $\rho \cdot g$ , så bliver første led kun  $z$  – altså en højde – og tilsvarende får de andre led også dimension af højde.

$$p_H = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g}$$

Her er  $p_H$  altså trykket angivet som en vis væskesøjlehøjde.

De to sidste led benævnes trykhøjde og hastighedshøjde. Denne version af ligningen benævnes ofte trykhøjdelin-

gen, og det er den der anvendes, når der regnes i meter vand-søjle, hvilket traditionelt har været gjort ved beregning af vandinstallationer.

### Energiindhold i SI-enheder

Ved regningsmæssig anvendelse af udtrykket for det totale energiindhold

$$p_{tot} = \rho g z + p + \frac{1}{2} \rho v^2$$

indsættes størrelserne i følgende enheder

- $p_{tot}$  det totale tryk i Pa (Pa = N/m<sup>2</sup>)
- $\rho$  massefylden i kg/m<sup>3</sup> (for vand = 1000 kg/m<sup>3</sup>)
- $g$  tyngdeaccelerationen i m/s<sup>2</sup> ( $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>)
- $z$  højden eller koten i m
- $p$  det statiske tryk i Pa (Pa = N/m<sup>2</sup>)
- $v$  strømningshastigheden i m/s.

### Energitab ved strømning

Ved vands strømning i et ledningsnet opstår der energitab på grund af gnidning mellem væske og rørvæg og mellem væskedelene indbyrdes. Den tabte energi omsættes til varme og må derfor i vandinstallationen anses for tabt. Den totale energi pr. volumenenhed af vandet aftager således i strømmens retning, og betragtes to punkter 1 og 2 i en vandinstallation kan man udtrykke det således:

$$p_{tot,1} - p_{tot,2} = \Delta p_{1-2}$$

Ligningen udtrykker blot, at energitabet fra pkt. 1 til pkt. 2 er lig med forskellen i energiindhold. Indsættes udtrykket for  $p_{tot}$  fås:

$$\rho g z_1 + p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 - \rho g z_2 - p_2 - \frac{1}{2} \rho v_2^2 = \Delta p_{1-2}$$

som kan omskrives til

$$\rho g (z_1 - z_2) + p_1 - p_2 + \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2) = \Delta p_{1-2}$$

Energiligningen

Denne ligning er energiligningen for strømning. Med SI-enheder fås:

$$1000 \cdot 9,81 (z_1 - z_2) + p_1 - p_2 + \frac{1}{2} 1000 (v_1^2 - v_2^2) = \Delta p_{1-2} \text{ Pa}$$

Da trykenheden Pa eller N/m<sup>2</sup> er en meget lille enhed (ca. 0,1 mmH<sub>2</sub>O), anvendes oftest den 1000 gange større enhed kPa (kilopascal), hvilket giver

$$9,81(z_1 - z_2) + p_1 - p_2 + \frac{1}{2}(v_1^2 - v_2^2) = \Delta p_{1-2} \text{ kPa}$$

Her er

$z$  højden i meter

$p$  statisk tryk i kPa

$v$  hastigheden i m/s.

Hastighedsfordeling

Der er i det foregående i udtrykket for kinetisk energi regnet med, at hastigheden er konstant over hele strømningstværsnittet. Det er den ikke. Normalt korrigeres for dette ved hjælp af en hastighedsfordelingskoefficient  $\alpha$ , således at den kinetiske energi angives som

$$\alpha \cdot \frac{1}{2} \rho v^2$$

$\alpha$  afhænger af strømningens form og kan med tilnærmelse sættes til 1,1 for en turbulent strømning. Imidlertid kan man ved almindelig dimensioneringsberegninger se helt bort fra det dynamiske tryk, dels fordi det falder bort ved tryktabsberegninger for lige rør, dels fordi det er lille sammenlignet med det statiske tryk. Energiligningen forenkles derved til

$$9,81(z_1 - z_2) + p_1 - p_2 = \Delta p_{1-2}$$

Energiligningen angivet ved højder

Det var tidligere mest almindeligt at angive tryk som højder, og dermed får energiligningen denne form:

$$(z_1 - z_2) + (p_{H,1} - p_{H,2}) = \Delta p_{H,1-2}$$

Her er

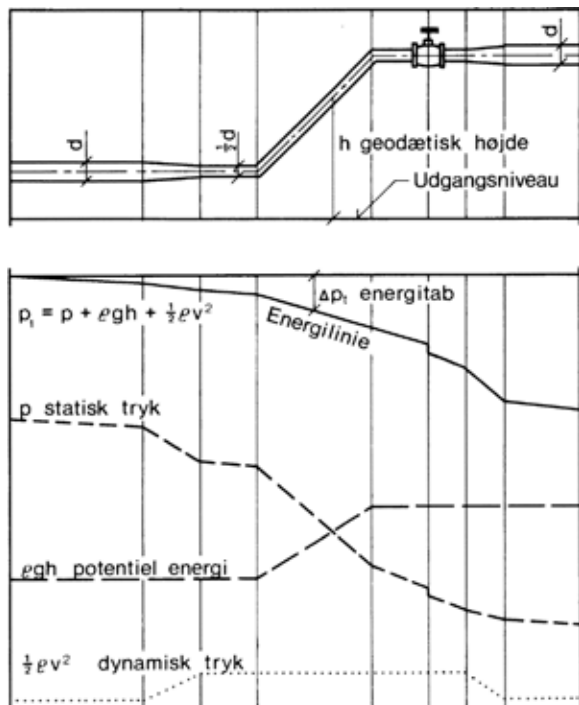
$z$  koterne i m

$p$  statisk tryk i mVS

$\Delta p$  energitab (tryktab) i mVS.

### Energilinen

Hvis man vil danne sig et overblik over variationerne i vandets totale tryk eller energiindhold, kan det ske ved optegning af en kurve over forløbet langs strømningssvejen. Den kurve, man får, kaldes energilinen.



Figur 2.4. Diagram, som viser forløbet af energilinen langs en rørstrækning. I hvert punkt angiver energilinen summen af potentiel energi, kinetisk energi og trykenergi.

Energiliniens  
forløb

Forløbet af  
kurverne for  
potentiel energi,  
kinetisk energi og  
trykenergi

Forløbet af energilinen for en rørstrækning er illustreret i figur 2.4. Energilinen fastlægges på den måde, at man først fastlægger det totale tryk ved rørstrækningens begyndelse. Derefter føres der regnskab med tabene langs strækningen - disse beregninger beskrives senere.

Når energilinen kendes, kan de bidrag, hvoraf energiindholdet består, beregnes. Den potentielle energi kan findes direkte ud fra kendskab til rørledningens geometri, og den kinetiske energi kan beregnes ud fra rørdiameter og vandstrøm.

Sluttelig kan det statiske tryk ( $p$ ) fås som:

$$p = p_{tot} - \rho gh - \frac{1}{2} \rho v^2$$

## Energital

De energital – eller tryktal – som sker langs en rørstrækning, må kunne beregnes for at gennemføre en dimensionering.

Med henblik på beregning af tryktabene opdeles rørsystemet i to forskellige dele, nemlig:

- Lige rør (med konstant tværsnit).
- Enkeltmodstande.

Enkeltmodstande udgøres af bøjninger, armaturer o.lign. - kort sagt alt det, som ikke er lige rør.

## Tryktal i lige rør

Tryktabet i lige rør er afhængigt af mange forhold, såsom rørlængde, strømningsform, vandtemperatur, rørdiameter og rørets ruhed. Tryktabet kan angives som

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{1}{2} \rho v^2 \cdot \frac{l}{d}$$

Her er

$\Delta p$  tryktabet – eller energitabet – i røret i Pa

$\lambda$  friktionskoefficienten

$\rho$  væskens massefylde i kg/m<sup>3</sup>

$l$  ledningslængden i m

$d$  ledningens indvendige diameter i m

$v$  strømningens middelhastighed i m/s.

## Reynolds' tal

Friktionskoefficient

Friktionskoefficienten er en funktion af et andet dimensionsløst tal kaldet Reynolds' tal

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

Her er

$v$  strømningens middelhastighed i m/s

$d$  den indvendige diameter i m

$\nu$  den kinematiske viskositet i m<sup>2</sup>/s.

Vandtemp. i °C	0	10	20	30	40	60	80	100
Kinematisk viskositet i m <sup>2</sup> /s 10 <sup>-6</sup>	1,78	1,30	1,00	0,81	0,66	0,48	0,37	0,29

Figur 2.5. Vands kinematiske viskositet ved forskellige temperaturer.

Den kinematiske viskositet

*Re* og strømningsformer

Den kinematiske viskositet er et udtryk for vandets »tykflydenhed«, og den er afhængig af temperaturen, se figur 2.5.

Reynolds' tal *Re* er en meget vigtig strømningsparameter. Den registrerer således omslaget mellem laminar og turbulent strømning, hvilket teoretisk sker ved  $Re = 2300$ . Der må i praksis regnes med et vist interval, hvor strømmingen er instabil, og hvor tryktabet ikke kan forudberegnes, og man regner i almindelighed at dette område er afgrænset ved  $2000 < Re < 3000$ .

### Laminar strømning

Såfremt  $Re < ca. 2000$ , må man således regne med, at strømmingen er laminar, dvs. der er tale om en roligt flydende strøm med parallelle strømmlinier. Ved laminare strømninger er friktionskoefficienten uafhængig af rørets ruhed, og den kan direkte beregnes til

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

### Turbulent strømning

Såfremt  $Re > ca. 3000$ , vil strømmingen være turbulent, dvs. at strømmingen er urolig og hvirvlende (strømmlinierne er ikke parallelle). For en turbulent strømning kan friktionskoefficienten ikke beregnes teoretisk, men der har været opstillet mange erfaringsformler. Den formel, som i øjeblikket må betragtes som den bedst egnede, er Colebrook-White's formel som blev opstillet i 1937. Formelen er baseret på såvel målinger som teoretiske overvejelser. Den dækker ikke eksakt alle typer af ruhed, men den giver en god tilnærmelse for de rørtyper, der anvendes i praksis.

### Colebrook-White's formel

Friktionskoefficienten beregnes ved Colebrook-White's formel, som lyder

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \cdot \log \left( \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,71 \cdot d} \right)$$

Her er

$\lambda$  friktionskoefficienten (dimensionløs)

$Re$  Reynolds' tal (dimensionløs)

$k$  rørets ruhed i m

$d$  indvendig diameter i m.

Ruheden

Rørets ruhed er en størrelse, som skal karakterisere den indvendige røroverflade. Den angives som længdemål (m), men den er ikke direkte afhængig af højden af ujævnhederne. Også ujævnhedernes form har en betydning for strømningsmodstanden, således at både rørmateriale og fremstillingsmetode har betydning.

Tabel over ruheder

Ruheden kan bestemmes ved en strømningsmåling, og værdier for forskellige rørtyper er angivet i figur 2.6.

Materiale	Indvendig overflade	Ruheden $k$ i m
Kobberrør	Uden afsætninger	0,000015
	Med afsætninger	0,00015
Plastrør		0,00001
Stålrør	Varmforzinkede med afsætninger	0,001
	Varmforzinkede uden afsætninger	0,00015
Støbejernsrør	Nye, asfalterede	0,00015
Eternitrør		0,000015

Figur 2.6. Ruheden  $k$  for forskellige rørtyper. Disse ruheder er anvendt ved konstruktionen af nomogrammerne i figur 2.8 til 2.13. For rør af rustfrit stål kan med god tilnærmelse anvendes samme ruheder og nomogrammer som for kobberrør.

### Anvendelse af Colebrook-White's formel

Formlen er ikke let at anvende, da friktionskoefficienten ikke kan beregnes direkte, men må beregnes ved iteration (prøve sig frem).

Beregning ved edb

Hvis man i stedet anvender følgende formler, der er angivet af Tor Wadmark (Svensk VVS 1/78), kan tryktabet i lige rør beregnes direkte som

$$\Delta p = \lambda \cdot \rho \cdot v^2 \cdot \frac{l}{d}$$

$$\text{hvor} \quad \lambda = \left[ -2 \log \left[ \frac{k}{d \cdot 3,71} + \left( 5 - 0,1 \log \frac{k}{d} \right) Re^{-0,9} \right] \right]^{-2}$$

Her er symboler og enheder som angivet i det foregående. Ved anvendelse af formlen er afvigelse fra Colebrook-White's formel mindre end  $-1/+3$  pct.

Moody's diagram

Colebrook-White's formel anvendes mest til fremstilling af diagrammer, hvor man så kan gå ind og aflæse værdien for friktionskoefficienten i de aktuelle tilfælde. Et eksempel på et sådant diagram er det i figur 2.7 viste Moody's diagram. Dets anvendelse er beskrevet i figurteksten.

Tabeller og diagrammer

Som beskrevet ved figur 2.7 kan man på grundlag af Moody's diagram udarbejde tabeller eller diagrammer over tryktab i de rørtyper, man har brug for.

### SBI-nomogrammer

Tryktabs-nomogrammer

SBI har på grundlag af Colebrook-White's formel udarbejdet en serie nomogrammer gældende for de hyppigst anvendte rørtyper. Nogle af disse nomogrammer, som i original har format A3, er vist i formindsket gengivelse i figur 2.8 - 2.13.

Anvendelse af nomogrammer

Nomogrammerne anvendes på følgende måde. Volumenstrøm og rørdiameter afmærkes på de respektive akser, og gennem de to punkter trækkes en ret linie til skæring med alle akserne. På den højre akse aflæses tryktabet pr. meter rør,  $R$ . Hvis røret har længden  $l$ , er tryktabet

$$\Delta p_l = R \cdot l$$

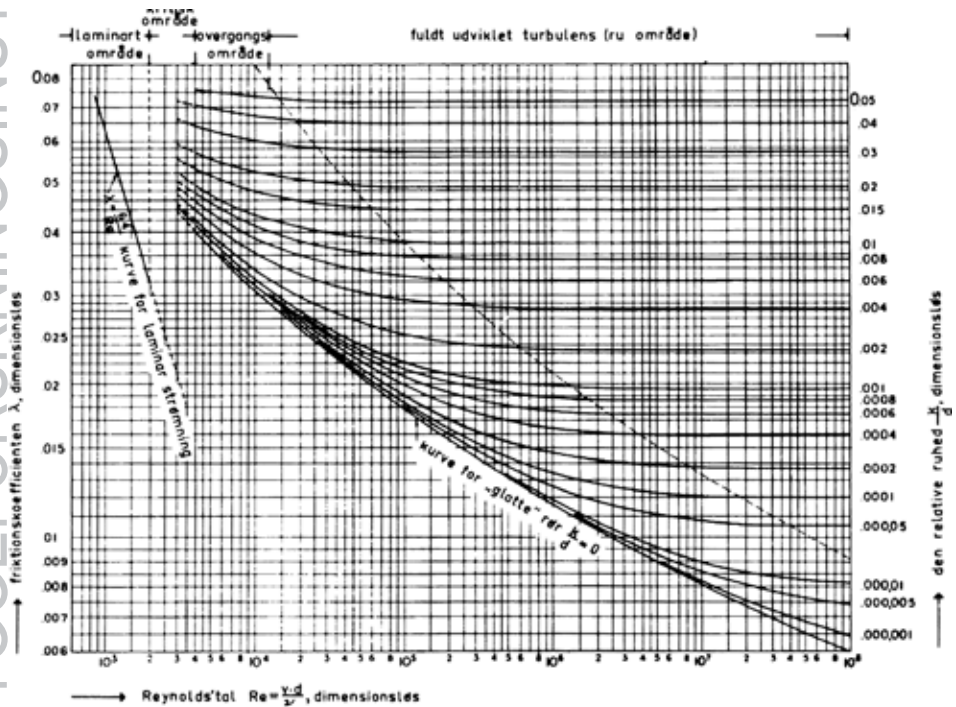
Her er

$\Delta p_l$  tryktabet i lige rør i Pa

$R$  tryktabet pr. meter rør i Pa/m

$l$  rørlængden i m.

Man kan udgå fra to vilkårlige af akserne. Hvis f.eks. vandstrøm kendes, og der er et ønske om en vis hastighed, kan disse to akser anvendes, og rørdiameter og tryktab pr. meter kan findes af de andre akser. Aksen for dynamisk tryk anvendes i forbindelse med enkeltmodstande, se følgende afsnit. Bemærk at nomogrammernes enhed for tryktab er Pa - og ikke kPa, som anvendes i normen og i denne anvisning.



Friktionskoefficienten  $\lambda$  som funktion af Reynolds' tal  $Re$ . Diagrammet, der benævnes Moody's diagram, anvendes på følgende måde: Først bestemmes Reynolds' tal

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

hvor  $v$  er hastigheden (m/s),  $d$  er den indvendige rørdiameter (m) og  $\nu$  er den kinematiske viskositet ( $m^2/s$ ), se figur 2.5. Derefter bestemmes den relative ruhed

$$\frac{k}{d}$$

hvor  $k$  er den absolute ruhed (m), se figur 2.6, og  $d$  den indvendige diameter (m). Med disse to indgange findes friktionskoefficienten  $\lambda$  af diagrammet. Tryktabet pr. meter rør er da givet ved

$$R = \lambda \cdot \frac{1}{2} \rho v^2 \frac{l}{d}$$

Her er  $R$  tryktab pr. meter (Pa/m),  
 $\rho$  vandets massefylde ( $kg/m^3$ ),  
 $\lambda$  friktionskoefficienten,  
 $v$  hastigheden (m/s), og  
 $d$  rørdiameter (m)

For et rør med længden  $l$  fås tryktabet

$$\Delta p_l = R \cdot l$$

Man kan på denne måde udarbejde en tabel eller et diagram punkt for punkt, hvis man kommer ud for en ny rørtype.

Figur 2.7. Friktionskoefficienten  $\lambda$  som funktion af Reynolds' tal  $Re$ .

Hastigheds-  
ændringer

## Tryktab i enkeltmodstande

Hver gang, der ved vandets strømning sker en hastighedsændring, taber vandet energi, dvs. der kommer et tryktab. Dette forekommer både, hvor hastigheden ændres i retning, og hvor den ændres i størrelse. Disse hastighedsændringer forekommer mange steder i en installation, f.eks. i bøjninger, armaturer, dimensionsændringer og ved ind- og udløb i beholdere. Under et kaldes disse fysiske årsager til hastighedsændringer for enkeltmodstande.

Størrelsen af tabet i en enkeltmodstand afhænger af dens form. En jævnt forløbende strømning gennem enkeltmodstanden giver et mindre tryktab end en strømning med mange og bratte hastighedsændringer. En strømning, hvor hastigheden vokser, giver mindre tab, end hvis hastigheden aftager.

Modstandstal

### Beregning af tryktab i enkeltmodstande

Tryktabet i en enkeltmodstand kan udtrykkes ved modstandstallet  $\zeta$  og selve tryktabet kan beregnes af formlen:

$$\Delta p_e = \zeta \cdot \frac{1}{2} \rho v^2$$

Her er

$\Delta p_e$  tryktabet i enkeltmodstanden i kPa

$\zeta$  modstandstallet (dimensionløst)

$\frac{1}{2} \rho v^2$  det dynamiske tryk i kPa (fås af nomogrammerne).

Tabel over  
modstandstal

Modstandstallet er et karakteristisk tal for den pågældende enkeltmodstand, og i figur 2.14 er angivet modstandstal for nogle hyppigt anvendte enkeltmodstande.

## Tryktabsberegning for en vandinstallation

Tryktabsberegning til brug for dimensioneringen er beskrevet i kapitel 3. Fremgangsmåden er i korthed følgende. Alle vandstrømme beregnes på forhånd. Vandtrykket i forsyningsnettet opgives af vandværket. Dimensioneringen består da i at vælge alle rørdiametre således, at det tryk, som står til rådighed, opbruges bedst muligt undervejs fra forsyningspunkt til tapsted.

Statens Byggeforskningsinstitut, 1979

Copyright © 1980, Statens Byggeforskningsinstitut, alle rettigheder forbeholdt. Tryk og oplag: 1000 eksemplarer.

**SBI-nomogram 4 Tryktab for varmforzinkede stålror uden afsætning**

Vand 10°C

**Anvendelse**  
 Rørledninger for brugvand, hvor der ikke forventes afsætning.

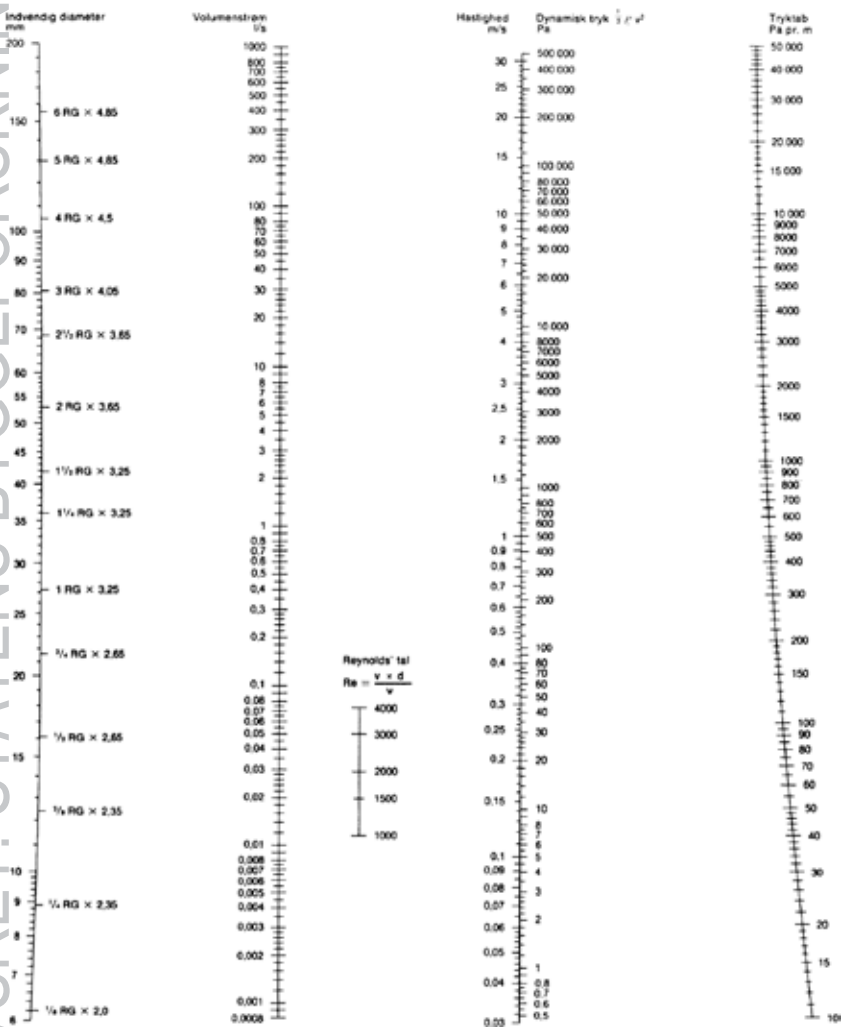
**Grundlag**  
 Colebrook's formel med vandtemperatur  $t = 10^\circ\text{C}$ , absolut ruhed  $k = 0,15 \times 10^{-3}\text{m}$ .

**Diameter**  
 På højre side af diameteraksen er afsluttede endvidende diameter for mideldiameter gevindror af St. 30 efter DS 540, 3 udgave. Disse diameter er efter DS 540 betegnet med det gevind, der kan skræns på røret, samt godstykkelser i mm.

**Omsætningstabel for tryktab**

$P_2$	$P_1$	højde	længde	di
1000	100	10	100	100
100	10	1	10	10
10	1	0,1	1	1
1	0,1	0,01	0,1	0,1

**Temperaturområde**  
 Nomogrammet gælder for vand ved 10°C. Ved 0°C er fejlen på tryktabet maksimalt +10% og ved 50°C maksimalt -25%.



Figur 2.8. Nomogram til bestemmelse af tryktab for varmforzinkede (galvaniserede) stålror uden afsætning. Formindsket gengivelse af SBI-nomogram 4. Nomogrammet er beregnet på grundlag af Colebrook-White's formel med en ruhed på  $k = 0,00015\text{ m}$ .

OPHAVSRET: STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

Statens Byggeforskningsinstitut 1979

Copyright af dette nomogram forbliver efter udgivelse til SBI - hvert andet udførelse

**SBI-nomogram 5 Tryktab for varmforzinkede stålrør med afsætning Vand 10°C**

**Anvendelse**  
Rørledninger for brugsvand, der kan fremkalde afsætning

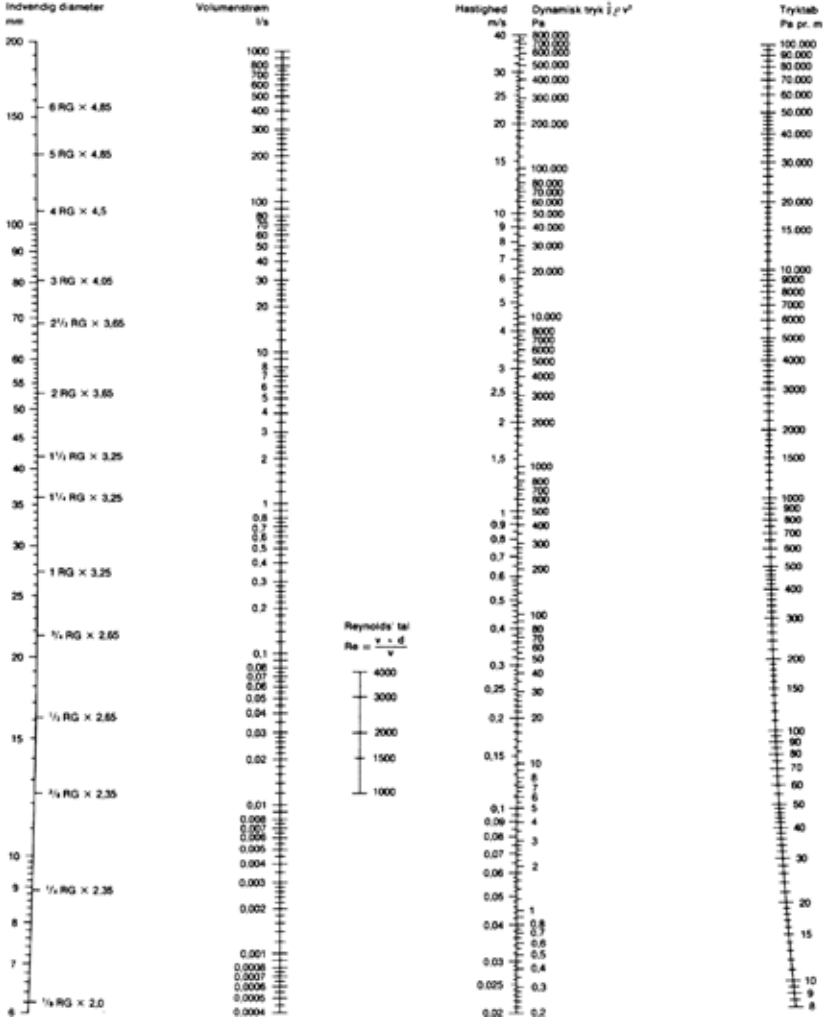
**Grundlag**  
Colebrook's formel med vandtemperatur  $t = 10^\circ\text{C}$ , absolut ruhed  $k = 1,5 \times 10^{-3}$  Trykafsnævningslag  $a = 0,3 \times 10^{-3}$  m

**Diæmetre**  
På højre side af diæmeteraksen er afslat indvendige diæmetre for midterstore gængsdiætre af St. 60 eller DS 542, 3 udførelse  
Disse diæmetre er efter DS 542 betegnset med det gængs, der kan staaes på røret, samt godstykkelser i mm.

**Omregningsfaktorer for tryktalesed**

$P_a$	$P_a$	$\rho$	$\mu$	$\nu$
100.000	100.000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000
10000	10000	1000	1000	1000
100000	100000	1000	1000	1000

**Temperaturområde**  
Nomogrammet gælder for vand ved  $10^\circ\text{C}$ . Ved  $0^\circ\text{C}$  er fejlen på tryktalet maksimalt + 10% og ved  $50^\circ\text{C}$  maksimalt - 25%.



Figur 2.9. Nomogram til bestemmelse af tryktab for varmforzinkede stålrør med afsætning. Formindsket gengivelse af SBI-nomogram 5.

**SBI-nomogram 6 Tryktab for kobberør uden afsætning**

Vand 10°C

**Anvendelse**  
Beregninger for brugsvand, hvor der ikke forventes afsætning.

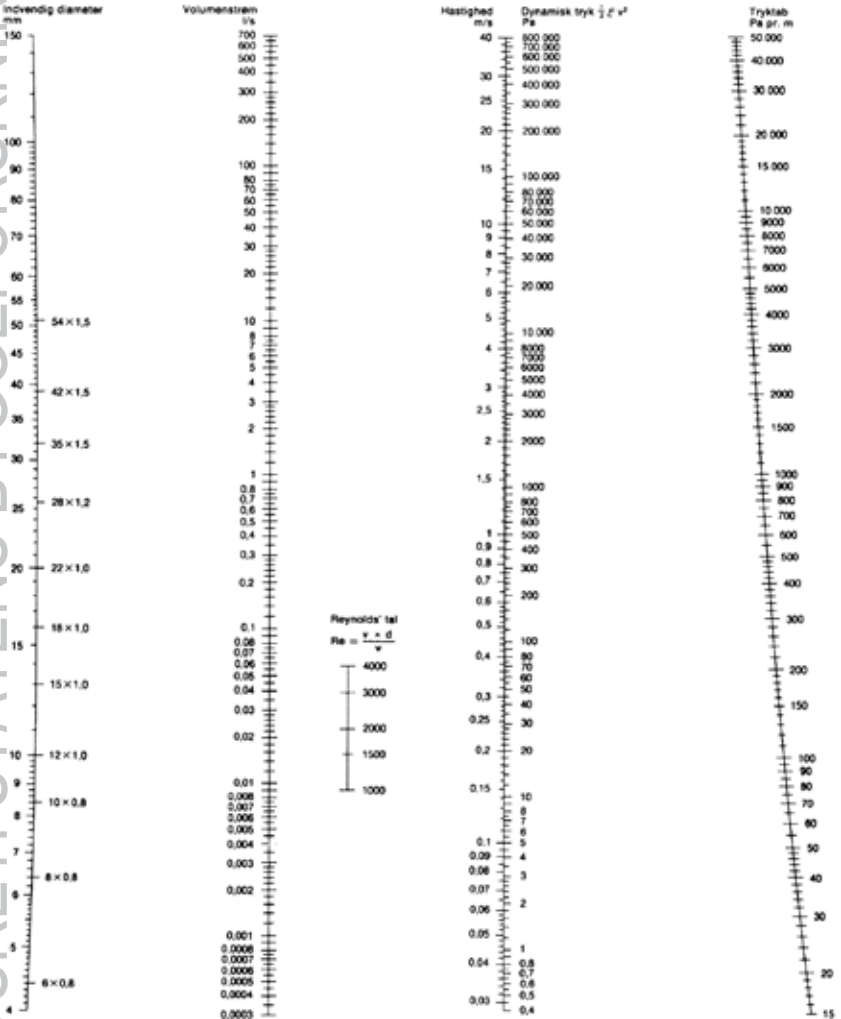
**Grundlag**  
Colebrook's formel med vandtemperatur  $t = 10^\circ\text{C}$  og absolut ruhed  $k = 1,5 \times 10^{-5} \text{ m}$ .

**Diameter**  
På højre side af diameteraksen er afslut indvendige diameter for kobberør (-normale-) efter DS 2110. Disse diameter er efter DS 2110 betegnet med udvendig diameter og godstrykkelser i mm.

Omregningsfaktorer for trykenheder

	Pa	bar	kg/cm <sup>2</sup>	at
1 Pa	1	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>
1 bar	10 <sup>5</sup>	1	10 <sup>1</sup>	10 <sup>1</sup>
1 kg/cm <sup>2</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>-1</sup>	1	10 <sup>0</sup>
1 at	10 <sup>5</sup>	10 <sup>0</sup>	10 <sup>1</sup>	1

**Temperaturkorrektion**  
Nomogrammet gælder for vand ved 10°C. Ved 0°C er fejlen på tryktabet maksimalt +10% og ved 50°C maksimalt -25%.



Figur 2.10. Nomogram til bestemmelse af tryktab for trukne kobberør uden afsætning. Formidsket gengivelse af SBI-nomogram 6. Nomogrammet er baseret på Colebrook-White's formel med en ruhed på  $k = 0,0000015 \text{ m}$ .

OPHAVSRET: STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

Statens Byggeforskningsinstitut 1979

Samlingen af dette nomogram kom til udtryk efter en offentlig høring i Statens Byggeforskningsinstitut

**SBI-nomogram 7 Tryktab for kobberrør med afsætning**

Vand 10°C

**Anvendelse**  
Rørledninger for brugsvand, der kan fremkalde afsætning

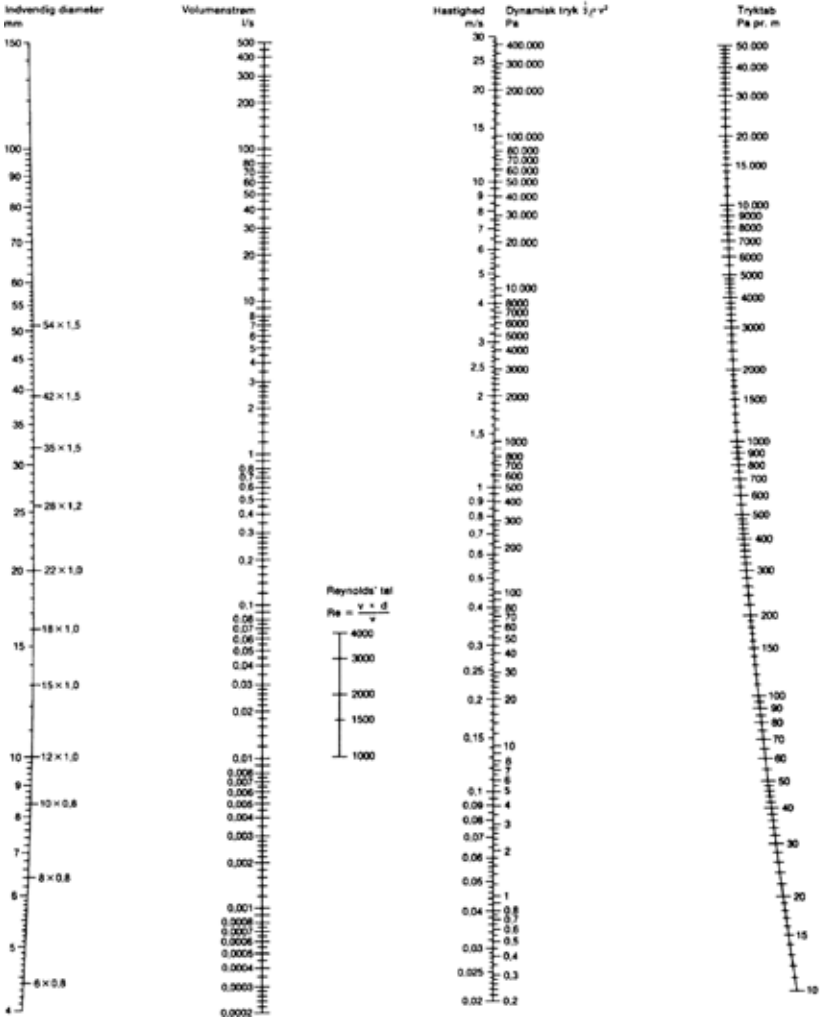
**Grundlag**  
Colebrook's formler med vandtemperatur  $t = 10^\circ\text{C}$  og afsætningskoefficient  $k = 0,15 \times 10^{-3} \text{ m}$ .

**Diagnose**  
På højre side af diameteraksen er afsat indvendige diametre for kobberrør (+normale-) efter DS 2110. Disse diametre er efter DS 2110 betegnet med svævende diameter og godstykkelser i mm.

Omsætningslister for tryksheder

$Q_{10}$	$Q_{20}$	$Q_{30}$	$Q_{40}$	$Q_{50}$
1,4	1	0,7	0,5	0,4
10	7	5	4	3
100	70	50	40	30
1000	700	500	400	300

**Temperaturkorrektur**  
Nomogrammet gælder for vand ved 10°C. Ved 3°C er fejlen på tryktabet maksimalt +10% og ved 55°C maksimalt -25%.



Figur 2.11. Nomogram til bestemmelse af tryktab for trukne kobberrør med afsætning. Formindsket gengivelse af SBI-nomogram 7.

Statens Byggeforskningsinstitut 1079

Gengivelse af dette nomogram kan ske uden tilladelse fra SBI, hvis andet er nævnt

**SBI-nomogram 8 Tryktab for asbest-cementrør**

**Vand 10°C**

**Anvendelse**  
Bæredygtig for brugsvand, hvor der ikke forventes afsætning.

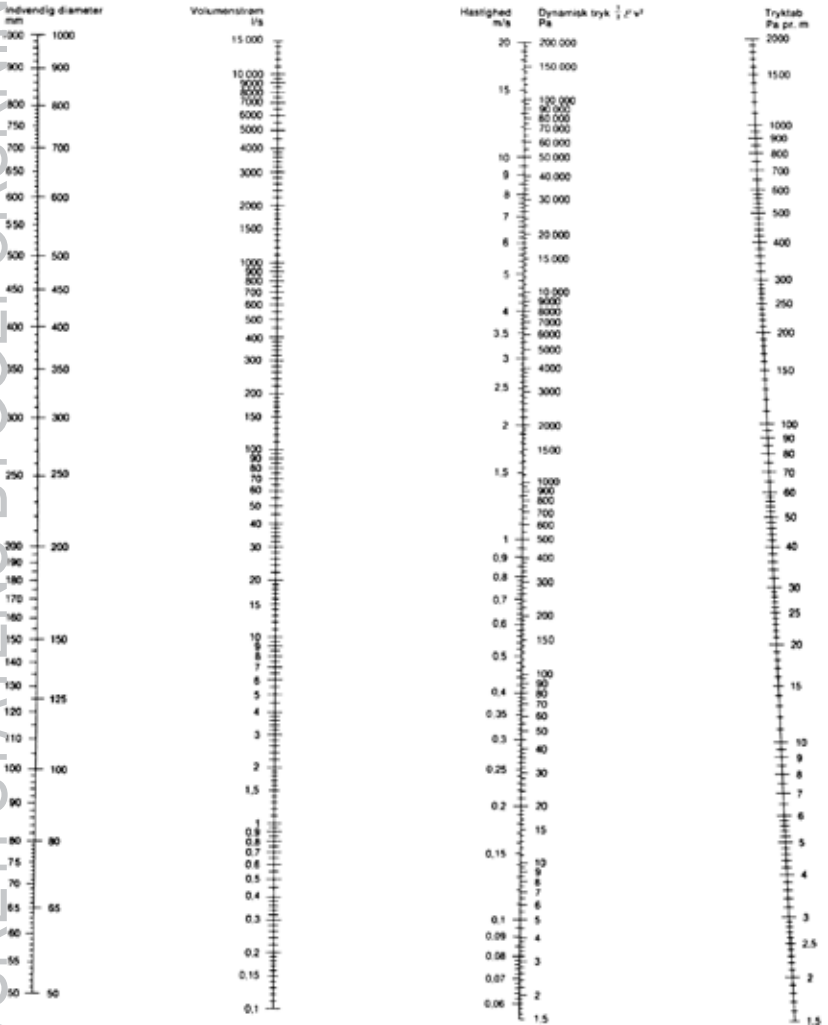
**Grundlag**  
Corbucci's formel med vandtemperatur  $t = 10^\circ\text{C}$  og absolut ruhed  $k = 2,5 \times 10^{-3} \text{ m}$ .

**Indvendige diameter**  
På højre side af diameteraksen er afslat indvendige diameter for asbest-cementrør efter ISO/OS 160.

**Omsætningstabel for tryktab**

$Q$	$P_d$	$v$	$Q$	$P_d$	$v$
1	1	1	1	1	1
10	10	10	10	10	10
100	100	100	100	100	100
1000	1000	1000	1000	1000	1000

**Temperaturområde**  
Nomogrammet gælder for vand ved  $10^\circ\text{C}$ . Ved  $20^\circ\text{C}$  er fælden på tryktabel maksimalt + 10 % og ved  $25^\circ\text{C}$  maksimalt - 10 %.



Figur 2.12. Nomogram til bestemmelse af tryktab for asbestcementrør. Formindsket gengivelse af SBI-nomogram 8.

OPHAVSRET: STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

Statens Byggeforskningsinstitut 1978

Revideret af SBI-nomogram 11 i forbindelse med udg. nr. 12/88. 1. udg. nr. 1/88.

**SBI-nomogram 11 Tryktab for plastrør**

Vand 10°C

**Anvendelse**

Rørledninger for brugsvand, hvor der ikke forventes afsættning.

**Grundlag**

Construktiv formel med vandtemperatur  $t = 10^\circ\text{C}$  og absolut rørlængde  $k = 1,0 \times 10^{-3} \text{ m}$ .

Nomogrammet er baseret på målinger udført på por- og gel-rør.

**Temperaturområde**

Nomogrammet gælder for vand ved  $10^\circ\text{C}$ . Ved  $3^\circ\text{C}$  er fejlen på tryktabet maksimalt +10% og ved  $35^\circ\text{C}$  maksimalt -25%.

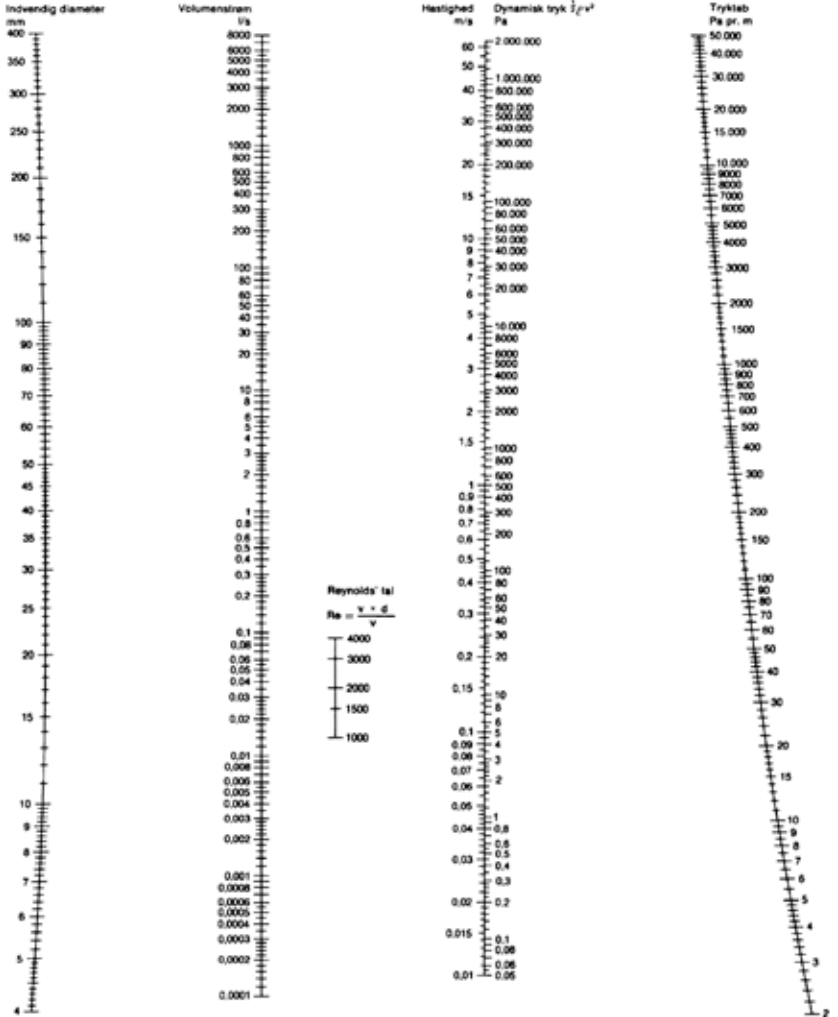
Det bemærkes, at den indvendige rørværelses overflades ruhed - og dermed tryktabet - kan variere noget med fremstillingsprocessen og rørmaterialet.

**Indvendige diametre (uddrag efter DS 972, DS 718, og DS 2129)**



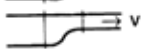
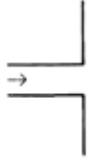








Indvendige diametre (mm)	12	16	20	25	32	40	50	63	75	90	110	140	180	220	280	350	440
Reynoldstallet	12	16	20	25	32	40	50	63	75	90	110	140	180	220	280	350	440
Tryktabet (Pa)	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

**Omregningsfaktor for tryktabet**

Pa	Pa	Pa	Pa
1	1	1	1
10	10	10	10
100	100	100	100
1000	1000	1000	1000



Figur 2.13. Nomogram til bestemmelse af tryktab for plastrør. Formindsket gengivelse af SBI-nomogram 11.

Dimensionsændringer													
	Alm. fittings $\zeta \sim 1,0$ (ref. til v)												
	Alm. fittings $\zeta \sim 0$												
	Forkrøbning: $\zeta \sim 0,5$ (ref. til v)												
Beholdere													
	Indløb: $\zeta \sim 1,1$												
	Udløb: $\zeta \sim 0,5$ (skarpkantede) $\zeta \sim 0,1$ (afrundede)												
	Vedr. gennemstrømningsvarmere henvises til fabrikan- tens oplysninger												
Retningsændringer													
	90°-bøjninger: <table border="1" data-bbox="576 758 957 853"> <tr> <td><math>\frac{R}{d}</math></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>&gt;4</td> </tr> <tr> <td><math>\zeta</math></td> <td>0,4</td> <td>0,3</td> <td>0,25</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> </tr> </table>	$\frac{R}{d}$	1	2	3	4	>4	$\zeta$	0,4	0,3	0,25	0,2	0,2
$\frac{R}{d}$	1	2	3	4	>4								
$\zeta$	0,4	0,3	0,25	0,2	0,2								
	45°-bøjninger: <table border="1" data-bbox="576 893 957 981"> <tr> <td><math>\frac{R}{d}</math></td> <td><math>\leq 3</math></td> <td><math>&gt; 3</math></td> </tr> <tr> <td><math>\zeta</math></td> <td>0,2</td> <td>0,1</td> </tr> </table>	$\frac{R}{d}$	$\leq 3$	$> 3$	$\zeta$	0,2	0,1						
$\frac{R}{d}$	$\leq 3$	$> 3$											
$\zeta$	0,2	0,1											
	Alm. formstykker (vinkler) $\zeta \sim 1,0$ $d \leq 20$ mm $\zeta \sim 0,5$ $d > 20$ mm												
	2 stk. 90°-bøjning $\zeta \sim 2 \cdot \zeta_{enkelt}$												
	$\zeta \sim 3 \cdot \zeta_{enkelt}$												
	$\zeta \sim 4 \cdot \zeta_{enkelt}$												

Figur 2.14. Modstandstal for enkeltmodstande (fortsættes).

<p><b>T-stykker</b></p>	<p><b>Alm. formstykker:</b></p> <p>T-stykke, afgrening  <math>\zeta_A \sim 1,5</math>  <math>\zeta_G \sim 0</math></p> <p>T-stykke, sammenløb  <math>\zeta_A \sim 1,0</math> (ref. til <math>v_a</math>)  <math>\zeta \sim 0,5</math> (ref. til <math>v</math>)</p> <p>T-stykke, afgrening med strøm  <math>\zeta_A \sim 0,5</math> (ref. til <math>v_a</math>)  <math>\zeta \sim 0</math></p> <p>T-stykke, sammenløb med strøm  <math>\zeta_A \sim 0,5</math> (ref. til <math>v_a</math>)  <math>\zeta \sim 0</math></p> <p>T-stykke, symmetrisk afgrening eller sammenløb  <math>\zeta_A \sim 3,0</math> (ref. til <math>v_a</math>)</p> <p>»Bukse-T«, symmetrisk afgrening eller sammenløb med strøm  <math>\zeta_A \sim 1,5</math> (ref. til <math>v_a</math>)</p>
<p><b>Armaturer</b></p> <p>Afspærringsarmaturer m.v.</p> <p>Skydeventil</p> <p>Sædeventiler: normal type</p> <p style="padding-left: 40px;">fristrøms type</p> <p>Kuglehaner med fuld lysning</p> <p>Membranventiler</p> <p>Kontraventil: sæde-type  klap-type  kugle-type</p> <p>Aftapningsarmaturer</p> <p><b>Anboringer:</b></p>	<p>Der henvises i almindelighed til fabrikantens oplysninger eller til VA-godkendelse. Nedenstående kan anvendes ved overslagsberegninger.</p> <p><math>\zeta = 2,0</math>      <math>d \leq 25</math> mm  <math>\zeta = 1,5</math>      <math>d &gt; 25</math> mm</p> <p><math>\zeta = 10</math>      <math>d \leq 25</math> mm  <math>\zeta = 5</math>      <math>d &gt; 25</math> mm</p> <p><math>\zeta = 0,3</math></p> <p><math>\zeta = 0,1</math></p> <p><math>\zeta = 5</math></p> <p><math>\zeta = 6</math>  <math>\zeta = 1</math>  <math>\zeta = 2</math></p> <p>Se VA-godkendelse</p> <p>Topanboring <math>d \geq 25</math> mm      <math>\zeta = 5</math>  Sideanboring <math>d \geq 25</math> mm      <math>\zeta = 2</math>                                   <math>d &lt; 25</math> mm      <math>\zeta = 3</math></p>

Figur 2.14 (fortsat). Modstandstal for enkeltmodstande.

## KAPITEL 3

## Dimensionering ved beregning

Normens krav .....	48
Overordnede funktionskrav .....	48
Normens beregningsforskrifter .....	48
Andre hensyn ved beregningen .....	49
Gennemgang af beregningsgrundlag .....	49
Trykket i forsyningsledningen .....	50
Normkrav .....	50
Trykkets variation .....	50
Laveste normale tryk .....	51
Angivelse af det laveste normale tryk .....	52
Det maksimale tryk .....	54
Begrænsning af støjgener .....	54
Den forudsatte vandstrøm .....	54
Fastsættelse af den forudsatte vandstrøm .....	54
Taparmaturer med flere udløb .....	55
Den dimensionsgivende vandstrøm .....	56
Sandsynlighedsbegrebet .....	56
Tilfældig og systematisk benyttelse .....	57
Grundlaget for den dimensionsgivende vandstrøm .....	57
Dimensionsgivende vandstrøm i boliger og lignende .....	59
Koblingsledninger .....	59
Fordelingsledninger til et rum i en bolig og lignende .....	60
Fordelingsledninger for flere rum i beboelses- bygninger og lignende med tilfældigt benyttede tapsteder .....	61
Den dimensionsgivende vandstrøm i ledninger, der forsyner skylleventiler .....	64
Den dimensionsgivende vandstrøm i ledninger, der forsyner slangevinder .....	64

Den dimensionsgivende vandstrøm i ledninger, der forsyner systematisk benyttede tapsteder .....	64
Dimensionsgivende vandstrøm for fordelings- ledninger i boliger og lignende, generelt .....	65
Forholdsregler mod korrosion .....	66
Dimensionering af den samlede installation .....	68
Beregning af tryk i installation .....	68
Det disponible trykfald .....	68
Anvendelse af det disponible trykfald .....	70
Tryktab i de enkelte dele af installationen .....	70
Tryktab i tilslutning til forsyningsledning .....	70
Tryktab i stikledning .....	72
Tryktab i vandmåler .....	72
Tryktab i fordelingsledninger .....	73
Tryktab i koblingsledninger .....	75
Tryktab i aftapningsarmaturer, apparater og maskiner .....	75
Tryktab i aftapningsarmaturer .....	76
Tryktab i installationsgenstande mv .....	79
Beregningsskema .....	79
Oversigt .....	81
Vejledning til beregningsskema .....	81
Rørnettets geometri, kolonne 1-4 .....	81
Vandstrømme, kolonne 5-11 .....	82
Valg af rørdimension, kolonne 12-13.....	83
Tryktab, kolonne 14-19.....	84
Trykforhold i net, kolonne 20-25 .....	84
Beregningseksempler .....	85
Eksempel 3.1. En firetages boligejendom .....	85
Eksempel 3.2. En mindre erhvervsbygning .....	91
Eksempel 3.3. Et enfamiliehus .....	95

## Normens krav

Dimensionering af vandinstallationer skal baseres på normen. De instrukser, som normen giver for dimensioneringen, kan i grove træk opdeles i: Overordnede funktionskrav og beregningsforskrifter.

De overordnede funktionskrav har meget generel karakter, så det er nødvendigt nøje at følge de angivne beregningsforskrifter, hvis man skal dimensionere en installation, som er omfattet af normen. Kun i tilfælde, som normen ikke dækker, eller ved udvikling af nye systemer og komponenter kan det være aktuelt at anvende andre beregningsforskrifter.

### Overordnede funktionskrav

Det generelle funktionskrav til en vandinstallation er i normen udtrykt således:

Vandinstallationen dimensioneres og udføres således, at der opnås en tilfredsstillende vandforsyning ved de enkelte tapsteder under hensyntagen til forsyningsforholdene og til installationens og bygningens anvendelse og vandforbrug.

Vandinstallationer skal dimensioneres således, at et tapsted kan tilføres en vandstrøm og vandmængde, der er tilfredsstillende for tapstedets funktion.

Dette krav til vandinstallationen skal være opfyldt ikke alene på tidspunktet for ibrugtagningen, men også i en rimelig tid derefter.

Installationer for varmt brugsvand skal dimensioneres efter samme retningslinier som installationer for koldt vand, men herudover tilkommer der nogle krav, som skal tage højde for energi og vandbesparelse. Disse krav går dels på anlægget for varmtvandsproduktion, se kapitel 9, og dels på varmtvandsinstallationen, se kapitel 5.

### Normens beregningsforskrifter

Til gennemførelse af beregningerne angiver normen en række kvantitative krav, vejledninger og beregningsmæssige forudsætninger.

De vigtigste vedrører:

Det generelle, overordnede funktionskrav

Varmtvandsinstallationer

- Fastsættelse af tryk i forsyningsledningen.
- Begrænsning af støjgener.
- Fastlæggelse af forudsatte vandstrømme.
- Beregning af dimensionsgivende vandstrømme.
- Forholdsregler mod korrosion.
- Beregning af tryktab i installationen.

### Andre hensyn ved beregningen

Selv hvor normen ikke direkte angiver det i afsnittet om dimensionering, kan der være andre hensyn, som der bør tages ved beregningen. Blandt sådanne kan nævnes hensyn til:

Ressource-  
økonomi

Ressourceøkonomi, bl.a. gennem bedst mulig udnyttelse af det disponible tryk.

Fremtidssikring

Forberedelse for fremtidig anvendelse, bl.a. gennem lette udvidelsesmuligheder og rigelig dimensionering af stikledninger og ikke-udskiftelige ledninger.

Stabilitet

Stabilitet under varierende tapninger, bl.a. ved at drage omsorg for, at de enkelte tapsteder influerer så lidt som muligt på hinanden, hvilket f.eks. kan opnås ved at lægge den største del af det disponible tryktab i taparmaturer og koblingsledninger.

Over-  
dimensionering

Overdimensionering bør, når der ses bort fra forudseelige udvidelser af installationen, undgås. Overdimensionering medfører langsom strømning og dermed større opholdstid i ledningsnettet. Det medfører forøget risiko for bakterievækst og forøget temperaturfald og -stigning i varmtvandsledninger hhv. koldt vandsledninger.

### Gennemgang af beregningsgrundlag

Beregnings-  
forudsætninger  
og andre hensyn

I det følgende vil beregningsforudsætningerne og de øvrige hensyn blive omtalt for sig, selv om det naturligvis ikke altid er muligt at adskille deres virkning på dimensioneringen.

Dimensionering  
af installationens  
enkelte dele

I slutningen af kapitlet vil disse forudsætninger blive anvendt i en vejledning i dimensionering af installationens enkelte dele efter følgende opdeling:

- Tryk i forsyningsledning.
- Begrænsning af støjgener.
- Dimensionsgivende vandstrøm.
- Forholdsregler mod korrosion.

## Trykket i forsyningsledningen

Til brug for dimensionering af installationen skal der skaffes oplysninger om trykket i forsyningsledningen. Et sådant tryk kan være særdeles vanskeligt at bestemme, fordi trykket varierer med tiden og forbruget og efter stedet i forsyningsnettet. Normen giver derfor nogle retningslinier for, hvordan dette tryk skal defineres.

### Normkrav

Normens krav er, at vandinstallationer skal dimensioneres for det laveste vandtryk, der under normale omstændigheder optræder i forsyningsledningen. Det tryk, der skal dimensioneres for - det laveste normale tryk - skal forekomme med en sandsynlighed på 0,99 beregnet i en periode med stort forbrug, se figur 3.1. Dette tryk kan ofte ikke oplyses af de stedlige vandforsyninger, som normalt i stedet oplyser det lavest forekommende tryk. Dette kan indebære overdimensionering og dermed ressourcospild.

### Trykkets variation

Trykket i forsyningsledningerne i et forsyningsområde varierer med tiden. Trykket varierer inden for det enkelte døgn, den enkelte uge og i de fleste områder også efter årstiden. Årsagen til trykvariationerne er primært det varierende forbrug i området; men også den måde, trykket etableres på, kan have betydning.

Trykket på et sted i en forsyningsledning afhænger af det øjeblikkelige forbrug og dermed af den vandstrøm, der belaster ledningen mellem værket og stedet.

I de fleste forsyningsområder er forbruget i nattimerne lille og trykket derfor relativt stort. Om dagen vil forbruget variere i afhængighed af de typer af forbrugere, der er tilsluttet ledningen. Industrier og andre erhvervsvirksomheder vil virke udjævrende på forbruget, medens man i boligområder vil have stærkt varierende forbrug. På almindelige hverdage vil forbruget normalt være størst omkring kl. 18, og på helligdage vil forbruget være størst om formiddagen.

I mange områder vil forbruget variere stærkt med årstiden. Mest typisk i denne henseende er nok sommerhusområder

Laveste normale tryk  $P_{ln}$

Forbrugsvariationer

Døgnvariation

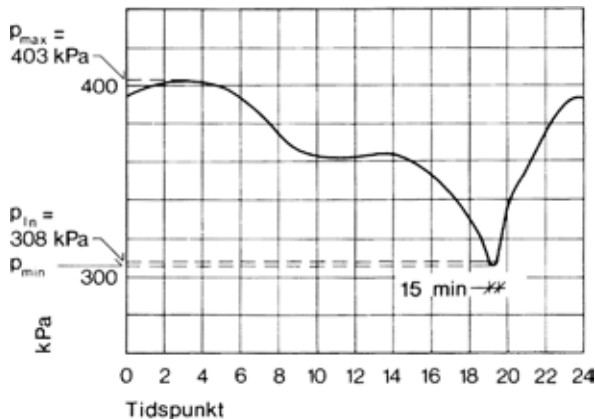
Årstidsvariationer

- med meget stort forbrug i sommermånederne og næsten intet om vinteren. I andre forsyningsområder vil der imidlertid også være en vis årstidsvariation, bl.a. kan man komme ud for store forbrug i perioder med megen havevandning.
- Trykket på tryk-  
vandværket Den måde, trykket etableres på, har betydning for variationernes karakter. Nogle vandforsyninger er forsynet med højdebeholder, og i andre pumper vandet direkte ud til forbrugerne. I det sidste tilfælde er pumperne oftest trykstyrede eventuelt med et hydroforanlæg.
- Højdebeholder I områder med højdebeholder er vandstanden i beholderen bestemmende for forsyningstrykket. Under normale forhold vil der være tale om relativt små og langsomme variationer i trykket på »værket« i disse områder, og trykvariationen i nettet er derfor næsten udelukkende afhængig af forbruget. Ved fastlæggelsen af  $p_{in}$  bør man i højdebeholderområder gå ud fra den laveste vandstand i beholderen.
- Trykstyrede pumper I forsyningsområder, hvor der pumper direkte til forsyningsledningerne (eventuelt via hydrofor), vil der ofte være meget kortvarige trykvariationer forårsaget af forskellen mellem pumpernes start- og stoptryk. Inden for få minutter kan man i forsyningsledningerne registrere trykforskelle på op til 100 kPa.

### Laveste normale tryk

Det laveste normale tryk  $p_{in}$  i forsyningsledningen – som er det tryk, der skal dimensioneres for – bør opgives af vandværket. Man bør tillige altid søge oplysning om de betingelser, under hvilke trykket er målt, fordi vandværket ofte ikke kender  $p_{in}$ , men i stedet opgiver det lavest forekommende tryk på målestedet.

- Måling af tryk Hvis man ikke kan få opgivet trykket af vandværket, kan det blive nødvendigt at foretage en måling af trykket på stedet. Hvis der heller ikke kan fås oplysninger om trykkets variation, kan det blive nødvendigt at registrere trykket over en længere periode.
- 99 pct. sandsynlighed I et døgn af en periode med stort forbrug kan man som vist på figur 3.1 ved hjælp af en trykvariationskurve bestemme  $p_{in}$ , således at den ønskede sandsynlighed på 99 pct. til stede. Kravet om en sandsynlighed på 99 pct. svarer til, at trykket



Figur 3.1. Døgntrykkurve med bestemmelse af det laveste normale tryk  $p_{in}$ . Trykket fastlægges således, at kurven kun i 1 pct. af tiden (ca. 15 minutter) udviser lavere tryk end  $p_{in}$ .

kun i 1 pct. af tiden må være lavere end  $p_{in}$ . Der kan forekomme trykvariationer, hvor trykket er lavere end  $p_{in}$  i flere tidsperioder i døgnet. I sådanne tilfælde må den samlede varighed af perioderne ikke overstige 1 pct. af døgnet svarende til ca. 15 minutter.

### Angivelse af det laveste normale tryk

Enhver beregning tager udgangspunkt i det laveste normale tryk,  $p_{in}$ . Ved beregningen går man ud fra, at trykket målt i forsyningspunktet er  $p_{in}$ . Dertil må man vide, i hvilken kote forsyningspunktet ligger.

Forsyningstryk

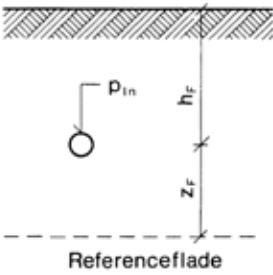
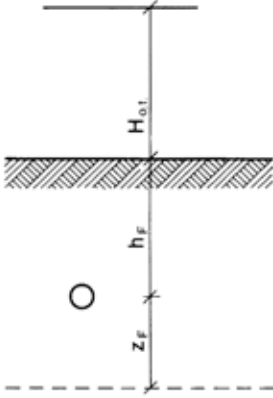
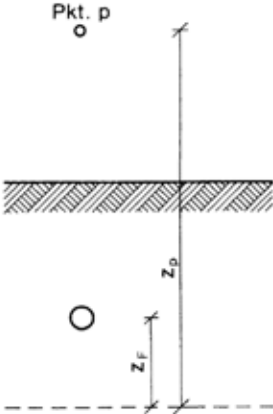
Udgangspunktet for beregningen er altså:

$p_{in}$  laveste normale tryk i forsyningspunkt (kPa).

$Z_F$  kote til forsyningspunkt (normalt regnet fra DNN = Dansk Normal Nul, men eventuelt fra en anden referencelflade).

Ud fra disse størrelser kan trykket andre steder i installationen beregnes.

Hvis trykket fås angivet på anden måde, foretages først en omregning. I figur 3.2 er der vist omregning fra to af de hyppigst anvendte trykangivelser.

 <p>Referenceflade</p>	<p>1. Udgangspunkt for beregninger:</p> <p><math>p_{in}</math> laveste normale tryk i forsyningspunkt</p> <p><math>z_F</math> kote til forsyningspunkt (normalt regnet fra DNN = Dansk Normal Nul, men eventuelt fra en anden referenceflade)</p>
 <p>Referenceflade</p>	<p>2. Tryk opgivet i »mVS over terræn«</p> <p><math>H_{o,t}</math> (svarende til tryk over terræn) er den højde, som forsyningsstrykket kan presse vandet op til. Hvis ledningen ligger <math>h_F</math> under terræn, så svarer trykket i forsyningspunktet til en vandsøjle med højden <math>H_{o,t} + h_F</math>. Trykket er altså</p> $p_{in} = (H_{o,t} + h_F) \cdot 9,81$
 <p>Referenceflade</p>	<p>3. Tryk opgivet som trykkote <math>z_p</math>.</p> <p>Trykkoten er koten til det punkt, som forsyningsstrykket kan presse vandet op til. Trykket i forsyningspunktet svarer da til en vandsøjle med højden <math>z_p - z_F</math>, og trykket er altså</p> $p_{in} = (z_p - z_F) \cdot 9,81$

Figur 3.2. Angivelse af det laveste normale tryk.

Trykprøvning  
og støj

### Det maksimale tryk

Det maksimale tryk, der kan forekomme i forsyningsledninger, bør ligeledes inddrages i beregningerne. Det kan, hvis det er meget stort, have en betydning for anvendelse af visse materialer, og det er afgørende for det tryk, der skal anvendes ved trykprøvningen. Det maksimale tryk har også betydning ved vurderingen af installationens støjforhold, se kapitel 15.

### Begrænsning af støjgener

I installationer i bygninger, hvor der i henhold til bygningsreglementet stilles krav om begrænsning af støjniveauet, kan man tage visse forholdsregler ved dimensioneringen, hvoraf de vigtigste er udførligt behandlet i kapitel 15.

### Den forudsatte vandstrøm

I normens generelle krav anføres, at ethvert tapsted skal tilføres en vandstrøm og vandmængde, der er tilfredsstillende for tapstedets funktion. Den strøm, der kræves for at sikre tapstedets tilfredsstillende funktion, benævnes den forudsatte vandstrøm.

### Fastsættelse af den forudsatte vandstrøm

Den forudsatte vandstrøm  $q_f$  er betinget af tapstedets funktion, dvs. den afhænger ikke af taparmaturet, men af hvad det skal bruges til.

For de almindeligst forekommende tapsteder angiver normen de i figur 3.3 anførte vandstrømme. For installationsgenstande, der ikke er anført i tabellen, vil det være nødvendigt at søge vandstrømmen oplyst, enten fra VA-godkendelsesbladet eller hos leverandøren.

Ved dimensioneringen skal vandstrømmen ved de enkelte tapsteder sættes lig den forudsatte vandstrøm. I vejledningen til normen anføres det dog, at det, når der tappes andre steder i installationen, kan tillades, at vandstrømmen ved tapstedet kun er 70 pct. af den forudsatte vandstrøm.

70 pct. af  $q_f$

Tapsted	Forudsat vandstrøm $q_f$ (l/s)	
	Koldt vand	Varmt vand
Badekar	0,3	0,3
Bidet	0,1	0,1
Brusebad	0,2	0,2
Gård/havevanding	0,2	
Håndvask	0,1	0,1
Køkkenvask	0,2	0,2
Rengøringsvask	0,2	0,2
Samtidigt benyttede tapventiler for brusere i fabrikker og lignende <sup>1)</sup>	0,1	0,1
Samtidigt benyttede tapventiler for håndvaske eller vaskerender i fabrikker og lignende <sup>1)</sup>	0,03	0,03
Skylleventil for urinal	0,4	
Skylleventil for WC	1,5	
Ventil for spuling af gulve og lignende	0,2	0,2
Vaske- og opvaskemaskiner for husholdning	0,2	0,2
WC-cisterne	0,1	
Slangevinder i henhold til Bygningsreglementet <sup>2)</sup>	0,33	

1) Det forudsættes, at der foretages en reduktion af tapventilernes ydeevne.

2) For slangevinder i industri etc. henvises til Brandteknisk Vejledning nr. 15 fra Dansk Brandværns-Komité.

*Figur 3.3. Forudsatte vandstrømme ved de almindeligste tapsteder.*

Største tilladelige vandstrøm

Der er i princippet ingen grænser for, hvor stor vandstrømmen ved det enkelte tapsted må være. I praksis bør installationen dog udføres således, at vandmængden ikke bliver for stor på grund af en øget risiko for korrosion, støjgener og nedsat vandstrøm til andre tapsteder.

Mindste tilladelige vandstrøm

Intet tapsted må få mindre end 70 pct. af den forudsatte vandstrøm.

### Taparmaturer med flere udløb

Når flere installationsgenstande betjenes af samme taparmatur, sættes den forudsatte vandstrøm for tapstedet lig den for-

udsatte vandstrøm for den mest vandkrævende af installationsgenstandene. Forsynes eksempelvis håndvask ( $q_f = 0,1$  l/s), badekar ( $q_f = 0,3$  l/s) og bruser ( $q_f = 0,2$  l/s) fra samme blandearmatur bliver den forudsatte vandstrøm for det pågældende taparmatur  $q_f = 0,3$  l/s, svarende til den forudsatte vandstrøm for badekarret.

## Den dimensionsgivende vandstrøm

Ved dimensionering af en vandinstallation er det nødvendigt at kende den vandstrøm, der løber i ledningssystemet ved tapning. Denne afhænger ikke alene af installationens størrelse, dvs. af mængden af tapsteder og af de forudsatte vandstrømme, men også af, hvorledes tapstederne bliver brugt eller med andre ord af forbrugsmønstret.

### Sandsynlighedsbegrebet

Det ville være muligt at dimensionere et system, hvor alle tapsteder kunne levere de forudsatte vandstrømme på samme tid, men det ville være meget dyrt. Derfor er dimensioneringen indrettet på, at tapstedet skal kunne yde sin forudsatte vandstrøm med en vis sandsynlighed. Jo større sikkerhed, der ønskes for at denne vandstrøm skal kunne tappes, desto større skal ledningsdimensionerne være.

Til fastlæggelse af ledningsdimensioner og beregning af nettet i øvrigt udtrykkes sandsynlighedsprincippet gennem en størrelse, der kan kaldes den dimensionsgivende vandstrøm  $q_d$ . Denne størrelse afhænger af:

- Størrelsen af installationen.
- Forbrugsmønstret.
- Den ønskede forsyningssikkerhed.

### *Vedrørende størrelsen af installationen*

Jo flere tapsteder ledningen forsyner, desto større skal dimensionen naturligvis være, men til gengæld er sandsynligheden for, at alle tapsteder er i brug samtidigt, mindre i en stor end i en lille installation.

Betydning af  
antallet af  
tapsteder

## Forbrugsmønstret

*Vedrørende forbrugsmønstret*

For at kunne beregne den dimensionsgivende vandstrøm, er det nødvendigt, at man har kendskab til, hvorledes installationen vil blive brugt. Det er heraf stor betydning, om tapstederne anvendes tilfældigt og uafhængigt af hinanden som f.eks. i en bolig, eller om de anvendes systematisk som f.eks. i en produktionsvirksomhed.

## Forsynings-sikkerhed

*Vedrørende den ønskede forsyningsikkerhed*

Normen arbejder med en meget høj teoretisk sikkerhed mod overbelastning. I de sandsynlighedsberegninger, der ligger til grund for dimensioneringen i boliger og lignende - arbejdes med en sandsynlighed på 99,9 pct. I visse installationer, f.eks. i erhvervsbyggeri, kan det være berettiget at arbejde med andre sikkerheder.

**Tilfældig og systematisk benyttelse**

Ved dimensioneringen skelner man mellem tilfældig og systematisk benyttelse. Betydningen af disse begreber er følgende:

## Tilfældig benyttelse

Når man skal regne på sandsynligheden for, at en vis hændelse, som f.eks. aftapning, skal indtræffe inden for en given periode, må man vurdere, om der er lige store chancer for dette i hele perioden. Hvis der er det, siger man, at der er tale om tilfældig benyttelse, fordi det er tilfældigt, om hændelsen indtræffer til det ene eller det andet tidspunkt.

## Systematisk benyttelse

Hvis man ved, at der er meget stor chance for, at mange tapsteder vil blive benyttet samtidigt, f.eks. i en virksomhed, hvor mange ansatte vil vaske sig ved fyraften, taler man om systematisk benyttelse. Det er klart, at f.eks. 100 tapsteder med systematisk benyttelse giver en større vandstrøm og dermed en fordelingsledning med større dimensioner end samme antal tapsteder med tilfældig benyttelse.

**Grundlaget for den dimensionsgivende vandstrøm**

Den dimensionsgivende vandstrøm  $q_d$  for en ledning, der skal forsyne flere tilfældigt benyttede tapsteder, kan efter normen beregnes ved hjælp af følgende formel:

$$q_d = 2 q_m + \theta (\Sigma q_f - 2 q_m) + A \sqrt{q_m \cdot \theta} \cdot \sqrt{\Sigma q_f - 2 q_m}$$

Her er

$q_d$  den dimensionsgivende vandstrøm for fordelingsledninger udelukkende med tilfældigt benyttede tapsteder

$q_m$  den vægtede middelvandstrøm for flere tapsteder tilsluttet fordelingsledningen

$\Sigma q_f$  summen af de forudsatte vandstrømme

$A$  og  $\theta$  konstanter, der afhænger af den ønskede sikkerhed mod overbelastninger.

Alle vandstrømme angives i l/s.

Denne formel er anderledes end den tidligere anvendte. Den rummer en række nye muligheder for at basere beregninger på målinger eller særligt kendskab til den omhandlede installation.

Formlen kan på forenklet form udtrykkes som

$$q_d = a + b + c$$

Her er

$a$  den mindste vandstrøm, som en ledning kan dimensioneres for, svarende til 2 gange vandstrømmen til et gennemsnits-tapsted

$b$  et bidrag fra de øvrige tapsteder, som ledningen forsyner

$c$  et udtryk for spredningen på vandstrømmene. Gennem fastsættelsen af  $A$  bestemmes den sikkerhed, man har for at det beregnede  $q_d$  ikke overskrides.

Opbygningen af formelen er forklaret i normens Annex A samt i SBI-rapport 178, [litt. 3.1].

Formlen for  $q_d$  adskiller sig i sin opbygning ikke fra den tidligere anvendte. Det nye ligger i den fleksibilitet, der er indbygget ved anvendelse af middelvandstrømmen  $q_m$ , som indgår i alle formlens tre led.

$q_m$  er den vægtede middelvandstrøm for samtlige tapsteder, som ledningen forsyner, og den kan beregnes efter

$$q_m = \frac{G_1 \cdot q_{i1} + G_2 \cdot q_{i2} + \dots + G_n \cdot q_{in}}{\Sigma G_n}$$

Her er

$G$  en relativ størrelse, der er beregnet på grundlag af målte brugsfrekvenser og tappetider ved forskellige tapsteder

$q_i$  middelvandstrømmen ved hvert enkelt tapsted.  $G$  og  $q_i$  henføres til samme belastningsperiode.

Gennem målinger af sammenhørende værdier af  $G$  og  $q_i$  kan man for særlige installationer skaffe sig et dimensioneringsgrundlag, som er bedre egnet end den almindelige formel for boliger og lignende. I [litt. 3.1] er angivet eksempler på sådanne målinger.

## Dimensionsgivende vandstrøm i boliger og lignende

De dimensionsgivende vandstrømme i boliger og i bygninger, hvor tapstederne benyttes som i boliger, er angivet i normen. I det følgende er normens metode nærmere detaljeret.

### Koblingsledninger

Normen angiver, at den dimensionsgivende vandstrøm i koblingsledninger sættes lig den forudsatte vandstrøm ifølge tabellen i figur 3.3.

70 pct. reglen

Normen angiver ligeledes, at vandstrømmen ved de enkelte tapsteder ikke bør kunne blive mindre end 70 pct. af den forudsatte vandstrøm, når der tappes fra andre tapsteder i installationen.

I dimensioneringssituationen forudsættes det, at der tappes fra andre tapsteder, og i praktisk dimensionering betyder dette, at man kan tillade sig at dimensionere koblingsledninger og fastlægge tryktab i taparmaturer ud fra 70 pct. af den forudsatte vandstrøm.

70 pct. reglen kan dog kun anvendes på de normale tilfældigt benyttede tapsteder og ikke på f.eks. slangevinder, skylleventiler og maskiner mv. hvis funktion er helt afhængig af, at den forudsatte vandstrøm kan tappes.

Tapsteder med flere funktioner

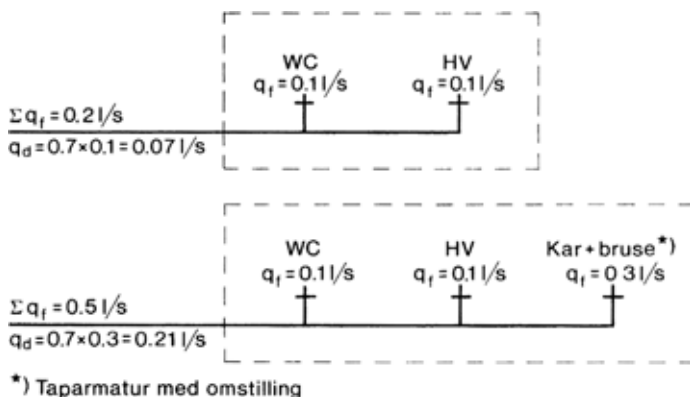
Når en koblingsledning forsyner et tapsted med flere funktioner, f.eks. hvis der anvendes et taparmatur med omskiftning fra kar til bruser, kan den dimensionsgivende vandstrøm sættes til 70 pct. af den forudsatte vandstrøm, der svarer til den mest vandkrævende funktion - i eksemplet svarende til taping til kar.

Risiko ved 70 pct. reglen

Udnyttelse af 70 pct. reglen kan forsvares med henvisning til at man normalt vil kunne tappe mere end de 70 pct. I installationer, hvor forsyningstrykket er næsten konstant, og hvor næsten hele det disponible tryk går til geometrisk løftehøjde og til tryktab i armatur og koblingsledning, vil man kun sjældent eller aldrig kunne tappe mere end de 70 pct., såfremt reglen er fuldt udnyttet.

### Fordeleingsledninger til et rum i en bolig og lignende

Hvis en fordeleingsledning kun fører vand til tapsteder i et rum i en bolig, kan den dimensionsgivende vandstrøm fastsættes ud fra et kvalificeret skøn. Skønnet baseres på en vurdering af hvor mange personer, der må forventes at bruge rummet og installationen samtidigt. Det vil normalt kunne tillades, at den dimensionsgivende vandstrøm sættes lig med den forudsatte vandstrøm for det mest krævende tapsted.



Figur 3.4. Eksempler på dimensionsgivende vandstrømme for fordeleingsledninger til et rum i en bolig.

Sum af forudsatte vandstrømme $\Sigma q_f$ (l/s)	Dimensionsgivende vandstrøm $q_d$ (l/s)	Sum af forudsatte vandstrømme $\Sigma q_f$ (l/s)	Dimensionsgivende vandstrøm $q_d$ (l/s)
0,1	0,1	12	0,79
0,2	0,2	13	0,82
0,3	0,25	14	0,85
0,4	0,26	15	0,88
0,5	0,27	16	0,91
0,6	0,28	17	0,95
0,7	0,29	18	0,97
0,8	0,30	19	0,98
0,9	0,31	20	1,03
1,0	0,32	22	1,04
1,2	0,34	24	1,14
1,4	0,35	26	1,20
1,6	0,36	28	1,25
1,8	0,38	30	1,31
2,0	0,39	35	1,42
2,5	0,41	40	1,55
3,0	0,45	50	1,80
3,5	0,47	60	2,02
4,0	0,49	70	2,25
4,5	0,52	80	2,47
5,0	0,53	90	2,68
6,0	0,58	100	2,90
7,0	0,62	110	3,11
8,0	0,65	120	3,31
9,0	0,69	130	3,51
10,0	0,72	140	3,72
11,0	0,76	150	3,92

Figur 3.5. Tabel over dimensionsgivende vandstrømme for fordelingsledninger til flere rum i boliger og lignende.

### Fordelingsledninger for flere rum i beboelsesbygninger og lignende med tilfældigt benyttede tapsteder

Under forudsætning af, at alle tapsteder benyttes tilfældigt, og den største forudsatte vandstrøm er  $\leq 0,3$  l/s kan man i fordelingsledninger til flere rum i boliger og lignende beregne den dimensionsgivende vandstrøm  $q_d$  som

$$q_d = 0,2 + 0,015 (\Sigma q_f - 0,2) + 0,12 \sqrt{\Sigma q_f - 0,2}$$

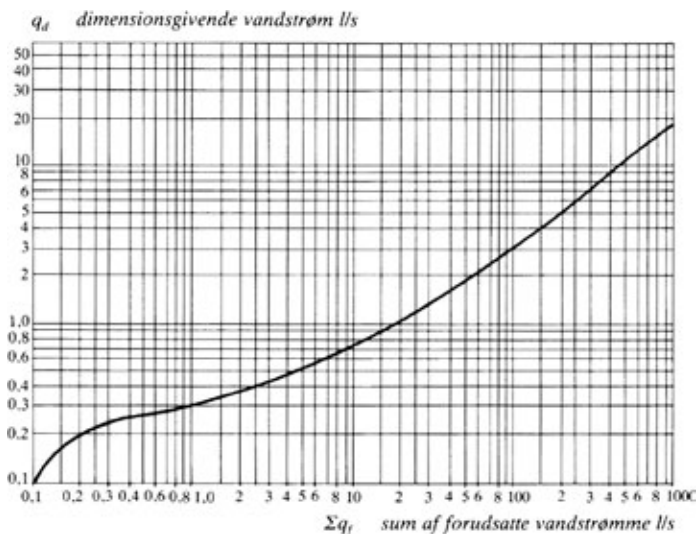
Her er

$q_d$  den dimensionsgivende vandstrøm i l/s

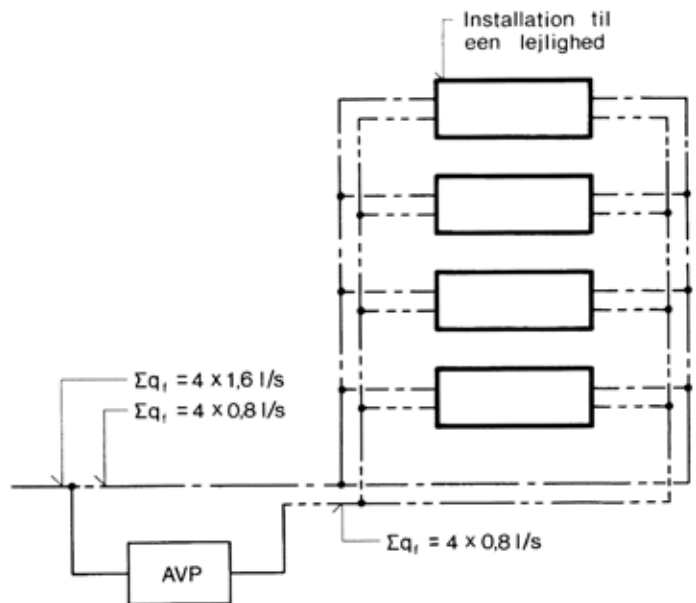
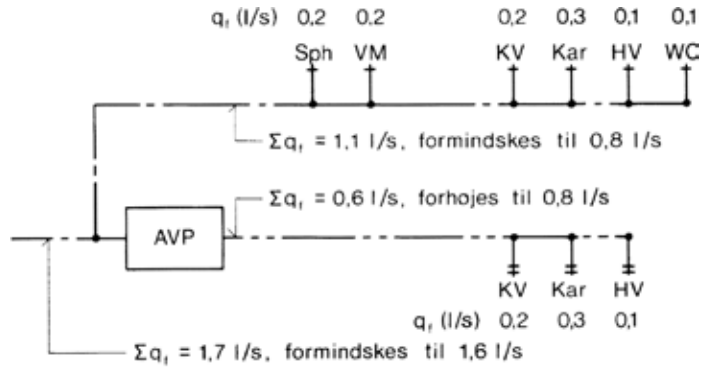
$\Sigma q_f$  summen af forudsatte vandstrømme for de tapsteder, der forsynes fra ledningen i l/s.

I forbindelse med beregningen af den dimensionsgivende vandstrøm gælder:

- Ved beregning af  $\Sigma q_f$  må der ikke foretages reduktion til 70 pct. af de enkelte forudsatte vandstrømme.
- Den dimensionsgivende vandstrøm kan ikke aftage mod strømmens retning.
- Hvor en fordelingsledning forsyner lejligheder eller enfamiliehuse accepteres det, at summen af forudsatte vandstrømme sættes til 0,8 l/s for koldt vand og 0,8 l/s for varmt vand, uanset summeringen giver et højere tal. For ledninger, der fører både koldt og varmt vand kan summen sættes til 1,6 l/s, se figur 3.7. Hvis summen af forudsatte vandstrømme er mindre end 0,8 hhv. 1,6 l/s kan det anbefales at forhøje den til 0,8 hhv. 1,6 l/s af hensyn til senere udvidelser.



Figur 3.6 Diagram over dimensionsgivende vandstrømme for fordelingsledning til flere rum i boliger og lignende. Kurven er angivet i tabelform i figur 3.5.



Figur 3.7. Beregning af sum af forudsatte vandstrømme for fordelingsledninger til boliger med udnyttelse af 0,8-reglen.

### Den dimensionsgivende vandstrøm i ledninger, der forsyner skylleventiler

 $q_{skyl}$ 

Skylleventiler for WC'er og urinaler regnes at belaste ledningen med vandstrømmen  $q_{skyl}$  beregnet som

$$q_{skyl} = 1,5 + (n - 1) 0,2 \text{ for WC'er og}$$

$$q_{skyl} = 0,4 + (n - 1) 0,1 \text{ for urinaler.}$$

Her er

$q_{skyl}$  vandstrøm i l/s

$n$  antallet af skylleventiler på ledningen.

### Den dimensionsgivende vandstrøm i ledninger, der forsyner slangevinder

Bygningsreglementet

I Bygningsreglementet stilles der krav om vandfyldte slangevinder i visse bygninger, f.eks. plejehjem. Slangevinder kan dimensioneringsmæssigt opfattes som tilfældigt benyttede tapsteder, idet man dog kun regner med, at én slangevinde er i brug.

 $q'_d$ 

Den dimensionsgivende vandstrøm i fordelingsledninger, der forsyner såvel tilfældigt benyttede tapsteder som slangevinder  $q'_d$  kan beregnes som

$$q'_d = 0,33 + (q_d - 0,2)$$

hvor  $q_d$  er den dimensionsgivende vandstrøm beregnet for de normale, tilfældigt benyttede tapsteder alene.

### Den dimensionsgivende vandstrøm i ledninger, der forsyner systematisk benyttede tapsteder

I henhold til normen skal man, såfremt der i en installation forekommer systematisk benyttede tapsteder, beregne den største vandstrøm  $q_{syst}$  for disse som summen af de forudsatte vandstrømme uden reduktion for samtidighed.

$$q_{syst} = \Sigma q_f$$

Her er

$\Sigma q_f$  summen af de forudsatte vandstrømme for de systematisk benyttede tapsteder i l/s.

Tapsteder, der i denne forbindelse regnes for systematisk benyttede, er for eksempel:

- Tapsteder, hvorfra der tappes i længere, sammenhængende perioder, f.eks. i procesinstallationer.
- Flere tapsteder, der med stor sandsynlighed må forventes at blive benyttet samtidigt.

I den sidste kategori indregnes badeinstallationer i skoler, fabrikker, svømmehaller o.lign. I badeinstallationer kan der i henhold til normen neddrogles ved samtidigt løbende brusere og håndvaske. Neddroslingen skal ske til de værdier, der er angivet i figur 3.3.

### **Dimensionsgivende vandstrøm for fordelingsledninger i boliger og lignende, generelt**

For fordelingsledninger, der forsyner både slangevinder og andre tapsteder i boliger og lignende, kan den dimensionsgivende vandstrøm beregnes som:

$$q'_d = 0,33 + (q_d - 0,2) + q_{\text{sys}} + q_{\text{skyl}}$$

Her er

$q'_d$  den dimensionsgivende vandstrøm beregnet for de tilfældigt benyttede tapsteder alene

$q_{\text{sys}}$  summen af de forudsatte vandstrømme for de systematisk benyttede tapsteder

$q_{\text{skyl}}$  den dimensionsgivende vandstrøm for skylleventilerne beregnet som

$$q_{\text{skyl}} = 1,5 + (n - 1) \cdot 0,2 \text{ for WC'er og}$$

$$q_{\text{skyl}} = 0,4 + (n - 1) \cdot 0,1 \text{ for urinaler.}$$

Hvis den største forudsatte vandstrøm for de tilfældigt benyttede tapsteder er større end 0,3 l/s - skylleventiler og systematisk benyttede tapsteder undtaget - er man henvist til at bruge den generelle formel direkte som angivet foran eller i normens annex A.

## Forholdsregler mod korrosion

Korrosion er nærmere beskrevet i kapitel 16. En af de korrosionsformer, der optræder i kobberrør, benævnes turbulenskorrosion, og da den fremkommer, når der arbejdes med for store hastigheder, er der i normen angivet grænser for disse vandhastigheder, se figur 3.8.

Risikoen for turbulenskorrosion vokser ikke alene med voksende hastighed, men også med øget temperatur og lang driftstid. Disse forhold afspejles i figur 3.8. Der er også taget hensyn til, hvor vanskeligt det er at reparere en eventuel skade, idet der anbefales væsentligt lavere hastigheder i ikke-udskiftelige ledninger end i de udskiftelige. Et andet forhold, man

Turbulenskorrosion – høje hastigheder

Vandledning	Installationsområde	Største forsvarlige <sup>1)</sup> hastighed i m/s	
		Koldt vand ≤ 25°C	Varmt vand <sup>2)</sup> ≤ 70°C
Ledning med kontinuert strømning fx cirkulationsledning	Udskiftelige og ikke-udskiftelige fordelingsledninger	2,0	0,5
Ledning med sammenlagt strømning > 6 timer pr. døgn	Udskiftelige og ikke-udskiftelige fordelingsledninger og koblingsledninger	2,0	1,3
Ledning med sammenlagt strømning < 6 timer pr. døgn	Udskiftelig	Fordelingsledning og koblingsledning	Ingen grænser
	Ikke udskiftelig	Fordelingsledning	2,0
		Koblingsledning	4,0

1) Ved ekstremt ugunstige forhold kan turbulenskorrosion indtræffe, f.eks. ved korrosivt vand, uheldig geometri ved afgreninger, ventiler, loddesamlinger mv., luftansamlinger i ledninger, relativ lang varighed af strømning.

2) Ved højere temperaturer bør hastighederne mindskes med minimum 25 pct.

Figur 3.8. Største forsvarlige hastigheder i vandledninger af kobber.

Maksimalt tilladelige vandstrømme  
Cirkulationsledninger

selv bør tage hensyn til ved valg af hastighed – og dermed af risiko – er, hvilken skade eventuel udtrængende vand vil forårsage. Skaden kan let blive dyrere end udskiftning.

I figur 3.9 er hastighederne omregnet til maksimalt tilladelige vandstrømme for de i handelen værende kobberrør.

Den mindste grænsehastighed forekommer i varmtvandsledninger med cirkulation (0,5 m/s). Det skal bemærkes, at den anførte hastighed svarer til den cirkulerende vandstrøm.

I cirkulationsledninger er det pumpens ydelse, der er afgørende, og valg af pumpe og dimensionering af cirkulationsledninger, se kapitel 5, bør derfor udføres med omhu. De maksimalt tilladelige hastigheder for kobberrør vil i mange tilfælde være dimensionsbestemmende.

Elektrolysesvigt – lave hastigheder

For lave hastigheder kan også forårsage korrosion, idet elektrolysebeskyttelsen af et rørsystem af varmtforzinket stål kan svigte, hvis vandhastighederne bliver for lave. Der findes ikke helt klare retningslinier for dette, men normalt regner man med, at en vandhastighed på 0,05 - 0,1 m/s skulle være tilstrækkeligt. Fabrikanten af elektrolyseanlægget vil normalt stille bestemte krav til laveste vandhastighed, hvis han skal garantere en tilfredsstillende funktion. En beskrivelse af fremgangsmåden ved dimensionering af cirkulationsledninger til varmtvandssystemer er givet i kapitel 5.

Max. tilladelig hastighed m/s	Maksimal dimensionsgivende vandstrøm l/s								
	Dimension af kobberrør (udv. d × godstykkelse mm)								
	10×0,8	12×1,0	15×1,0	18×1,0	22×1,0	28×1,2	35×1,5	42×1,5	54×1,5
0,5	0,03	0,04	0,07	0,10	0,16	0,26	0,40	0,60	1,02
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	0,07	0,10	0,17	0,26	0,41	0,67	1,05	1,55	2,66
	-	-	-	(0,4)	(2,5)	(8,5)	(22)	(40)	(90)
2,0	0,11	0,15	0,26	0,40	0,63	1,03	1,61	2,39	4,08
	-	-	(0,4)	(2,3)	(7,2)	(20)	(43)	(124)	(160)
4,0	0,22	0,31	0,53	0,80	1,26	2,06	3,22	4,78	8,17
	(0,2)	(0,9)	(5,0)	(12)	(28)	(60)	(115)	(180)	(400)

Tal i parentes angiver maksimal sum af forudsatte vandstrømme i fordelingsledninger, der alene forsyner tilfældigt benyttede tapsteder.

Figur 3.9. Største tilladelige dimensionsgivende vandstrømme i kobberrør.

## Dimensionering af den samlede installation

Når man kender omfanget af en vandinstallation og i hovedtrækkene har fastlagt opdeling og ledningsføring mv. og dermed de dimensionsgivende vandstrømme, kan selve dimensioneringen påbegyndes.

Udgangspunktet for dimensioneringen er:

$p_{ln}$  det laveste normale tryk i forsyningspunktet.

$z_F$  koten til forsyningspunktet  $F$ .

Forsyningstryk

Trykket i forsyningspunktet er den drivende kraft, der skal løfte vandet op til tapstederne, og som skal overvinde de forskellige modstande i installationen.

Under beregningen må man finde trykket i de forskellige punkter af installationen, for det er trykforskellene, som bevirker vandets strømning.

### Beregning af tryk i installationen

Beregning af tryk kan anskueliggøres gennem figur 3.10. Der gås ud fra, at  $p_{ln}$  og  $z_F$  samt koterne til de respektive punkter er kendt. Det faktiske tryk i punktet  $x$  findes ved fradrag af det tryk, som skal løfte vandet den samlede højde fra  $F$  til  $x$ .

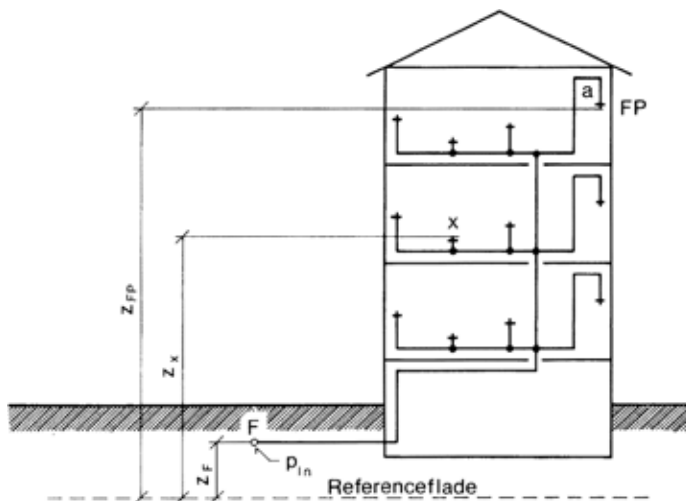
Referenceflade  
for koter

Valg af referenceflade er uden betydning for beregningerne, så man kan vælge den referenceflade, som giver de nemmeste beregninger. Ofte er bygningstegningerne forsynet med koter ud fra DNN, og i så fald er det nemmest at vælge DNN som reference. Nærliggende muligheder for andre referenceflader er kældergulv, stuegulv, en flade gennem forsyningspunktet eller terræn over forsyningspunktet.

### Det disponible trykfald

Farligste punkt

Beregningerne indledes med et overslag over størrelsen af det tryk, der er til rådighed. Til det brug opsøges det farligste punkt i installationen, dvs. det punkt, som ligger ugünstigst for forsyning. Det er som regel det punkt, som ligger højest over og længst væk fra forsyningspunktet - i figur 3.10 må det antages at være punkt a. Koten til dette punkt kaldes  $z_{FP}$ . Trykket i forsyningspunktet skal bruges til at løfte vandet fra  $F$  til  $FP$  og til at dække tryktabet langs hele rørvejen fra  $F$  til  $FP$ .



<p><b>Faktisk tryk <math>p</math></b></p> <p><b>Beregningstryk <math>p'</math></b></p> <p>Faktisk tryk foran armatur i <math>x</math> :  <math display="block">p_x = p_{in} - \Delta p_{F-x} - (z_x - z_F) \cdot 9,81</math></p> <p>Beregningstryk foran armatur i <math>x</math> :  <math display="block">p'_x = p_{in} - \Delta p_{F-x}</math></p> <p>Det faktiske tryk findes af beregningstrykket ved :  <math display="block">p_x = p'_x - (z_x - z_F) \cdot 9,81</math></p>
<p><b>Disponibelt trykfald <math>\Delta p_{disp}</math></b></p> $\Delta p_{disp} = p_{in} - (z_{FP} - z_F) \cdot 9,81$

Figur 3.10. Skematisk tegning af en bygning med vandinstallation til illustration af begreber i forbindelse med koter og tryk. Figuren er beskrevet nøjere i teksten.

Idet det trykfald, der er til rådighed for rørvejen op til det farligste punkt, betegnes  $\Delta p_{disp}$  fås

$$\Delta p_{disp} = p_{ln} - (z_{FP} - z_F) \cdot 9,81$$

Ved dimensioneringen skal der regnes med, at

$$\Delta p_{F-FP} \leq \Delta p_{disp}$$

og helst, at det disponible trykfald udnyttes så godt som muligt. Det disponible tryk fald anvendes senere i beregningen til at bedømme, hvor stort et tryktab pr. meter rør, der kan arbejdes med.

### Anvendelse af det disponible trykfald

Det disponible trykfald skal have en vis mindste størrelse afhængig af installationens størrelse. Er det disponible trykfald mindre end 50-100 kPa, vil det normalt være nødvendigt at udføre et trykforøgeranlæg for hele installationen eller en del af denne. Det skal bemærkes, at man så vidt muligt bør undgå en trykforøgelse, der dels er dyr, dels medfører stadige drifts- og vedligeholdelsesudgifter, se i øvrigt kapitel 11.

Det disponible trykfald går til:

1. Tilslutning til forsyningsledning.
2. Stikledning og andre ledninger i jord med afspærringsarmaturer, formstykker osv.
3. Måler.
4. Fordelingsledninger med armaturer og formstykker.
5. Koblingsledninger med armaturer og formstykker.
6. Armaturer, apparater osv.

For varmtvandsinstallationer vil der tillige være tab i varmtvandsbeholdere og tilhørende armaturer.

For nemheds skyld omfatter begrebet stikledning i det følgende også øvrige ledninger i jord.

## Tryktab i de enkelte dele af installationen

### Tryktab i tilslutning til forsyningsledning

Tryktabet ved tilslutningen til forsyningsledningen afhænger i høj grad af, hvorledes selve tilslutningen foretages.

## Anboring

Normalt udføres tilslutningen ved anboring af forsyningsledningen, og selve anboringen er ofte i en lille dimension (20-25 mm). Modstandstallene for anboringer er angivet i figur 2.14, mens tryktabenes faktiske størrelse fremgår af figur 3.11. Det ses, at der ved anboringer er tale om relativt store tryktab.

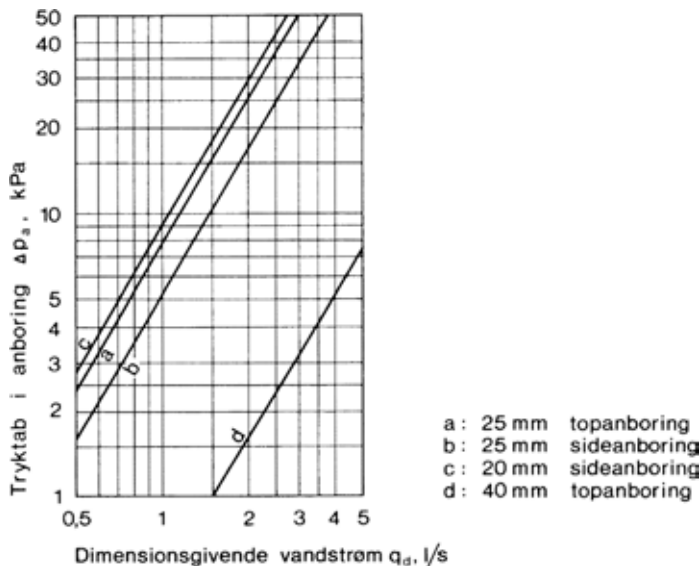
## T-stykke

Er det disponible tryk lille, eller er forbruget stort, foretages tilslutningen derfor ofte ved isætning af et T-stykke. Da dette ikke kan lade sig gøre uden at afspærre den pågældende strækning på forsyningsledningen, undgås denne løsning helst i praksis.

## Opspidsning

Såfremt anboringens dimension er mindre end stikledningens, foretages der en såkaldt opspidsning umiddelbart ved anboringen. Dette giver yderligere tryktab.

Anboringens dimension afgøres ofte af myndighederne



Figur 3.11. Tryktab i anboringer. Diagrammet er baseret på målinger undtagen for 40 mm topanboring. For denne er linien beregnet for et modstandstal på  $\zeta = 1,5$  svarende til modstandstallet for et T-stykke, se figur 2.14.

under hensyntagen til forsyningsledningens materiale og dimension.

### Tryktab i stikledning

Krav om mindstedimension

Tryktabet i stikledningen beregnes som for alle øvrige ledninger. I mange kommuner stilles krav om en vis mindstedimension på stikledningen, dog ofte kun for den del af ledningen, der er beliggende i offentligt areal (gade- eller vejareal). Normen angiver som vejledning, at mindre rørstørrelse end 32 mm ikke bør anvendes.

Udvidelse og brandslukning

Stikledninger bør dimensioneres rigeligt bl.a. af hensyn til senere udvidelser af installationen. Det bør bemærkes, at brandslukningsanlæg (sprinkleranlæg, brandhaner osv.) undertiden kan kræve større stikledningsdimensioner end nødvendigt for den øvrige installation.

Antallet af enkeltmodstande på stikledningerne er normalt lille. Der er oftest tale om en enkelt afspærringsventil og nogle få bøjninger.

### Tryktab i vandmåler

Målerstørrelse

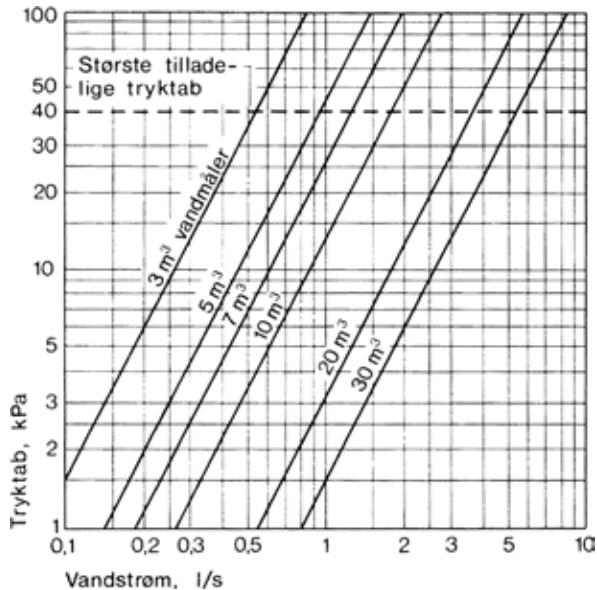
I henhold til normen skal vandinstallationen udføres således, at der er mulighed for at måle vandforbruget. Det vil derfor være rimeligt, at man ved dimensioneringen tager hensyn til tryktabet i måler, uanset om måleren monteres fra begyndelsen eller ej. Endelig fastsættelse af målerstørrelse foretages af vandværket.

Måleren skal være af en sådan størrelse, at tryktabet ikke overstiger 40 kPa ved den dimensionsgivende vandstrøm, og målerens størrelse kan bestemmes af figur 3.12.

Ved beregning af tryktabet i måleren kan man, når målerstørrelsen er fastlagt, bestemme det faktiske tryktab ved den dimensionsgivende vandstrøm ved hjælp af kurverne på figur 3.12. Der bør dog gives et rimeligt tillæg til vandstrømmen for senere udvidelser af installationen.

Særlige måler typer

I nogle vandforsyningsområder anvendes måler typer (store målere), der giver et mindre tryktab end de i figur 3.12 viste, og man bør derfor altid indhente nærmere oplysninger om måler type hos vandværket.



Figur 3.12. Tryktab i måler. Eksempel: For en installation er den dimensionsgivende vandstrøm  $q_d = 0,8$  l/s. Hvilken målerstørrelse skal vælges, når tryktabet ved den dimensionsgivende vandstrøm ikke må overstige 40 kPa, og hvilket tryktab fås? Af ovenstående diagram fås et tryktab på ca. 28 kPa i en 5 m<sup>3</sup>/h-måler. I en 3 m<sup>3</sup>/h-måler vil tryktabet blive ca. 90 kPa, hvilket er for meget; altså vælges en 5 m<sup>3</sup>/h-måler.

### Tryktab i fordelingsledninger

Fordelingsledninger dimensioneres oftest på den måde, at man tager udgangspunkt i det disponible tryk, der gennemsnitligt er til rådighed pr. meter af ledningen fra måler til det farligste tapsted. Herudfra kan dimensionen af hvert enkelt ledningsstrækning vælges således, at tryktabet pr. meter kommer så tæt som muligt på det gennemsnitlige disponible.

Til hele rørvejen fra forsyningspunktet til farligste punkt er der et disponibelt trykfald på

$$\Delta p_{disp} = p_{ln} - (z_{FP} - z_F) \cdot 9,81$$

En del af dette tryk fald medgår til tilslutning til forsyningsledning, stikledning og vandmåler, mens en del går til kob-

Trykfald, der er disponibelt til fordelingsledninger

lingsledning og aftapningsarmaturer. Til rådighed for fordelingsledninger er der da

$$\Delta p_{disp} = \Delta p_s - \Delta p_k - \Delta p_{vn}$$

Her er

$\Delta p_s$  summen af tryktabene i tilslutning til forsyningsledning, stikledning og vandmåler inkl. alle enkeltmodstande på strækningen fra forsyningspunkt til og med vandmåler

$\Delta p_k$  tryktab i koblingsledning til farligste tapsted

$\Delta p_{vn}$  tryktab i taparmatur eller apparat ved farligste tapsted.

Fastsættelse af  $\Delta p_k$  og  $\Delta p_{vn}$  er beskrevet i de følgende afsnit.

Disponibelt trykfald pr. meter lige rør,  $R_{disp}$

Det trykfald, som er disponibelt for fordelingsledningen, skal dække både enkeltmodstande og lige rørstrækninger. Det trykfald, som er disponibelt pr. meter lige rør benævnes  $R_{disp}$  og hvis man vil præcisere, at det gælder for fordelingsledningen, skrives  $R_{disp,f}$

Enkeltmodstande i beregningen

Enkeltmodstandene kan indgå i beregningen enten som et procenttillæg til tryktabet i de lige rør eller gennem en beregning ved hjælp af modstandstal.

Ved en nøjagtig beregning bør der tages hensyn til alle enkeltmodstande på fordelingsledningen. Hvor en nøjagtig beregning ikke er påkrævet, kan tryktabet i enkeltmodstande skønnes til 20-30 pct. af tabet i de lige rør. Normen angiver som vejledende 25 pct. Større enkeltmodstande, f.eks. vandvarmere, skal dog altid beregnes separat.

Beregning af  $R_{disp,f}$

Uanset om enkeltmodstandene beregnes på den ene eller den anden måde, har man brug for – til en start af beregningen – et skøn over det tryktab, som kan bruges pr. meter lige rør af fordelingsledningen,  $R_{disp,f}$ . Denne størrelse findes ved en fordeling af det disponible trykfald mellem lige rør og enkeltmodstande.

Hvis enkeltmodstande tager ca. 25 pct. af det tryktab, som er i de lige rør, fås

$$R_{disp,f} = \frac{\Delta p_{disp} - \Delta p_s - \Delta p_k - \Delta p_n}{L_F} \cdot \frac{100}{100 + 25}$$

Her er

$L_F$  længden af fordelingsledningen fra måler til koblingspunkt til farligste tapsted i m.

$R_{disp,f}$  er nyttig, når man ved hjælp af et nomogram skal vælge rørdimensioner. Husk at nomogrammet angiver Pa/m og ikke kPa/m.

Særlige hensyn

I forbindelse med dimensioneringen af fordelingsledningerne bør der foretages en bestemmelse af beregningstrykket i alle fordelingspunkter som udgangspunkt for dimensioneringen af den øvrige del af installationen. Beregningen er beskrevet i vejledningen til beregningsskemaet senere i dette kapitel.

Farligste punkt

### Tryktab i koblingsledninger

Tryktabet i koblingsledningen beregnes ud fra den valgte dimension og den forudsatte vandstrøm  $q_f$  til det pågældende tapsted. I de forsyningsmæssigt farligste punkter kan man dog fastsætte den dimensionsgivende vandstrøm til 70 pct. af  $q_f$ .

Dimensionering

Dimensionering af øvrige koblingsledninger kan foretages ud fra trykket i koblingspunktet og tryktabet i taparmaturet, idet der tages hensyn til højdeforskellen mellem koblingspunkt og tapsted. Dimensioneringen kan foretages ved hjælp af nomogrammerne i figur 2.8 til 2.13.

Maksimal vandstrøm til et tapsted

Normen fastsætter ingen øvre grænser for, hvor stor en vandstrøm der må tappes fra et tapsted. I en institution hvor tilladelsen til de 70 pct. er udnyttet ved det eller de farligste tapsteder, bør man ved en beregning sikre sig, at vandstrømmen til de gunstigst beliggende tapsteder ikke bliver så stor, at der er risiko for støj eller korrosion.

### Tryktab i aftapningsarmaturer, apparater og maskiner

En meget væsentlig del af tryktabet i en installation sker ved selve tapstedet, der f.eks. kan være et aftapningsarmatur eller et apparat. Den nøjagtige værdi af tryktabet kan findes i VA-godkendelsen og bør altid bruges i beregningerne.

**Tryktab i aftapningsarmaturer**

Tryktabene i taparmaturer er så forskellige, afhængig af armaturrets konstruktion og vandstrøm, at det normalt er nødvendigt at søge nærmere oplysning herom.

Karakteristik  
i VA-godkendelse

Tryktabet vil i de fleste tilfælde fremgå af VA-godkendelsen i form af en karakteristik indtegnet i et diagram. I figur 3.13 og 3.14 er der vist et par eksempler. Da der ved alle tapsteder skal tilstræbes en vandstrøm svarende til den forudsatte vandstrøm  $q_p$ , er det primært tryktabet i armaturet ved denne vandstrøm,  $\Delta p_{vm}$ , der har interesse.

Tryktabet  $\Delta p_{vm}$  kan findes ved hjælp af armaturkarakteristikken, som findes i VA-godkendelsen, eller den kan oplyses af armaturleverandøren.

Tryktab ved  
reduceret  
vandstrøm

I henhold til normen vil det i visse tilfælde kunne tillades, at vandstrømmen ved et tapsted i dimensioneringssituationen kun er ca. 70 pct. af den forudsatte vandstrøm, og det kan derfor også være aktuelt at kende tryktabet i armaturet ved denne vandstrøm. Dette tryktab kan også findes i armaturkarakteristikken, men det kan også beregnes, da det med tilnærmelse gælder, at tryktabet ved vandstrømmen  $q$  kan skrives

$$\Delta p_{vm} = k \cdot q^2$$

hvor  $k$  er en konstant. Hvis ligningen bruges for henholdsvis  $q_f$  og  $0,7 q_f$  fås

$$\begin{aligned} \Delta p_{vm} &= k \cdot q_f^2 \\ \Delta p_{v,70} &= k \cdot (0,7 q_f)^2 \end{aligned}$$

Af ligningerne fås

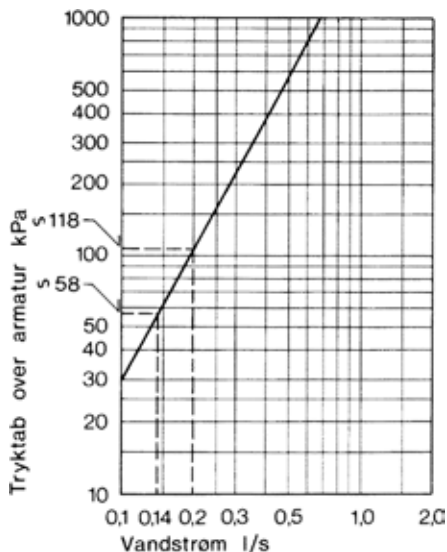
$$\Delta p_{v,70} = \frac{(0,7 q_f)^2}{q_f^2} \cdot \Delta p_{vm} = 0,49 \cdot \Delta p_{vm} \sim 0,5 \cdot \Delta p_{vm}$$

Brug af armaturka-  
rakteristik

I figur 3.13 og 3.14 er vist, hvorledes man kan bruge de karakteristikker, som findes i VA-godkendelsesbladet til at aflæse tryktabet i et bestemt armatur.

Trykgrupper

På det tidspunkt projektering og dimensionering af vandinstallationen foregår, er det ikke altid, at valget af armaturfabrikat er foretaget. På grund af de store forskelle i tryktab over armaturerne er det imidlertid nødvendigt at opstille visse



Figur 3.13. Eksempel på armaturkarakteristik. Af diagrammet ses, at hvis armaturet anvendes til en håndvask med  $q_f = 0,1$  l/s, er tryktabet  $\Delta p_{vn} = 30$  kPa. Tilsvarende fås for armaturet anvendt på en køkkenvask:

$$q_f = 0,2 \text{ l/s}; \Delta p_{vn} = 118 \text{ kPa.}$$

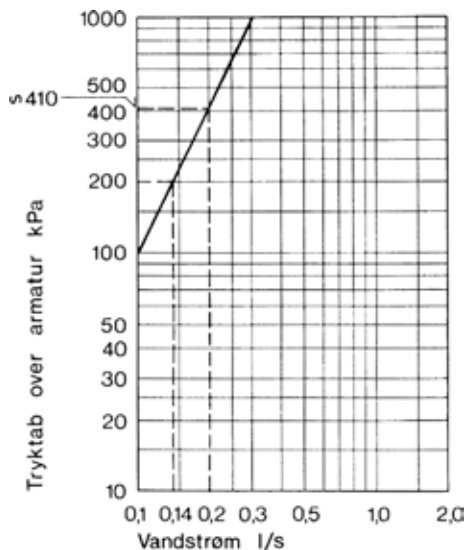
Hvis der regnes med 70 pct. af  $q_f$  fås:

$$q = 0,7 \cdot 0,2 = 0,14 \text{ l/s}; p_v = 59 \text{ kPa.}$$

Det svarer til det, som fås efter beregningsreglen i teksten, men der kan være tilfælde, hvor der er en vis forskel mellem beregning og diagram.

forudsætninger om tryktabene. Det vil ofte være tilstrækkeligt at fastlægge, hvilken trykgruppe armaturerne skal tilhøre.

Uden et nøjagtigt kendskab til et armatur er det ikke muligt med sikkerhed at placere det i den rigtige trykgruppe. Der er i figur 3.15 givet en generel vejledning, som kan bruges som skøn.



Figur 3.14. Eksempel på armaturkarakteristik. Tryktab ved den forudsatte vandstrøm  $q_f = 0,2$  l/s aflæses til  $\Delta p_{vn} = 410$  kPa. Ved 70 pct. af  $q_f$  fås  $p_{v,70} = 200$  kPa.

Trykgruppe kPa	Tryktab $\Delta p_{vn}$ ved fuldt åben ventil ved den forudsatte vandstrøm kPa	Tapventiltyper, der sædvanligvis kan henføres til trykgruppen
50	$\Delta p_{vn} \leq 50$	Alm. tapventiler og alm. blandearmatur
150	$50 < \Delta p_{vn} \leq 150$	Etgrebs-blandearmatur Togrebs-blandearmatur med $q_f \geq 0,2$ l/s Termostat-blandearmatur med $q_f \leq 0,2$ l/s Vaske- og opvaskemaskiner for husholdning
300	$150 < \Delta p_{vn} \leq 300$	Termostat-blandearmatur med $q_f > 0,2$ l/s Særlige apparater Skylleventil

Figur 3.15. Vejledende placering af tapventiler i forskellige trykgrupper. De anførte værdier kan anvendes ved overslagsberegninger. De nøjagtige værdier fremgår af de respektive VA-godkendelsesblade.

**Tryktab i installationsgenstande mv.**

Når en vandinstallation dimensioneres, er det nødvendigt at tage hensyn til de tryktab, der forekommer i forskellige installationsgenstande og vandbehandlingsanlæg. Det er ligeledes nødvendigt for korrekt funktion af vaskemaskiner, bækken-skyllere mv., at der er et vist tryk til rådighed ved den aktuelle vandstrøm.

Det vil i almindelighed være nødvendigt at søge tryktabene nærmere oplyst enten i VA-godkendelsen eller hos leverandøren af installationsgenstanden. Som et overslag kan anvendes de i figur 3.16 anførte værdier.

Vaskemaskine, husholdning	50-100 kPa
Vaskemaskine, erhverv	50-100 kPa
Opvaskemaskine, husholdning	100 kPa
Opvaskemaskine, erhverv	200 kPa
Automobilvaskeanlæg	150-300 kPa
Kolddrikautomater	250 kPa
Kaffeautomater	100-250 kPa
Hydraulbadekar	150-250 kPa
Blødgøringsanlæg, små	150-250 kPa
Blødgøringsanlæg, store	200 kPa
Bækkenskyllere	300 kPa

*Figur 3.16. Overslag over tryktab i forskellige maskiner og apparater. De anførte værdier bør kun anvendes ved overslagsberegninger. De nøjagtige værdier fremgår af VA-godkendelsesbladene.*

**Beregningskema**

Dimensionering ved beregning gennemføres lettest ved hjælp af et beregningskema. Et sådan skema er vist i formindsket gengivelse i figur 3.17. I det følgende er skemaet og dets brug gennemgået punkt for punkt.

Skemaet kan synes kompliceret med de mange kolonner, men som det vil fremgå af eksemplerne, er det normalt kun en del af rubrikkerne, som vil blive udfyldt ved de aktuelle opgaver. Skemaet er imidlertid udformet således, at det dækker



alle beregningstilfælde, uden at det skulle være nødvendigt at anvende supplerende skemaer.

### Oversigt

Det laveste normale tryk

Udgangspunktet for dimensioneringen er det laveste normale tryk i forsyningsledningen  $p_m$  angivet i kPa.

Det farligste punkt  $FP$

Dimensioneringen påbegyndes med den ledning, der fører til det farligste punkt  $FP$ , dvs. det tapsted for hvilket det gælder, at det disponible tryktab pr. meter ledning bliver minimum. Det farligste punkt er normalt det højest beliggende, men der kan være andre muligheder. For denne ledning beregnes det disponible trykfald pr. meter lige rør,  $R_{disp,f}$

Strækning fra måler til farligste punkt

For den farligste vej beregnes trykfordelingen som anført i nedenstående vejledning, dvs. trykket beregnes i alle fordelingspunkter. For andre ledningsstrækninger beregnes det disponible tryktab ud fra det beregnede tryk i fordelingspunkterne med fradrag for tryktab i armatur.

## Vejledning til beregningsskema

I skemaet i figur 3.17 er samtlige kolonner nummereret. I det følgende gennemgås brugen af skemaet – kolonne for kolonne.

### Rørnettets geometri, kolonne 1-4

1. Punkt

Alle tapsteder, fordelingspunkter, koblingspunkter og punkter med dimensionsskifte på den ledningsstrækning, der skal beregnes (dimensioneres), gives en betegnelse f.eks. a,b,c ... eller 1,2,3 ..... For større ledningsnet vil det ofte være hensigtsmæssigt at karakterisere hvert punkt med en 2-3 ledet betegnelse, der f.eks. kan være afledt af etage-nr. og streng-nr.

2. Kote til punkt

Koten til de enkelte punkter angives i meter (med 1 decimal) over f.eks. DNN. Koten kan angives i et selvvalgt system med f.eks. udgangspunkt i terrænkote over forsyningspunkt. Ved tapsteder angives koten til taparmaturets udløb.

Vejledende kan ved beregningen regnes med følgende værdier for udløbets højde over færdigt gulv:

- Håndvaske	(HV)	0,9 m.
- Køkkenvaske	(KV)	1,1 m.
- Kar	(K)	0,9 m.
- Bruser	(BR)	1,9 m.
- Opvaskemaskine	(OM)	0,5-0,8 m.
- Vaskemaskine	(VM)	0,5-0,8 m.
- Rengøringsvaske	(RV)	0,6 m.
- WC'er	(WC)	0,6-2,3 m afhængig af cisternes placering.

## 3. Strækning

Alle ledningsstrækninger betegnes ved deres endepunkter, som er angivet i kolonne 1.

4. Længde  $L$ 

De enkelte ledningsstrækningers længde angives i m (1 decimal). Længderne kan f.eks. opmåles på tegninger.

5.  $q_f$ 

$q_f$  angiver den forudsatte vandstrøm i l/s i henhold til figur 3.3 eller VA-godkendelsen. Hvis  $q_f$  ikke kan udtages af ovennævnte kan værdien skønnes. Hvor punktet betegner et tapsted eller et koblingspunkt, angives tapstedets forudsatte vandstrøm. I fordelingspunkter angives summen af de forudsatte vandstrømme, der belaster sideledningen.

6.  $\Sigma q_f$ 

$\Sigma q_f$  angiver summen af de forudsatte vandstrømme, der belaster den pågældende strækning. Talværdierne fremkommer ved summation af tallene i kolonne 5.

7.  $q_d$ 

$q_d$  er den dimensionsgivende vandstrøm (2 decimaler) beregnet for de tilfældigt benyttede tapsteder alene, se figur 3.4-3.7.

8.  $q'_{d,sl}$ 

$q'_{d,sl}$  angiver den dimensionsgivende vandstrøm for fordelingsledninger, der forsyner både tilfældigt benyttede tapsteder og slangevindere.

$q'_{d,sl}$  beregnes som

$$q'_{d,sl} = 0,33 + (q_d - 0,2)$$

hvor  $q_d$  tages fra kolonne 7.

9.  $q_{skyl}$ 

$q_{skyl}$  angiver vandstrømmen til samtlige tilsluttede skylleventiler.  $q_{skyl}$  beregnes som

$$q_{skyl} = 1,5 + (n - 1) \cdot 0,2 \text{ for WC'er}$$

$$q_{skyl} = 0,4 + (n - 1) \cdot 0,1 \text{ for urinaler,}$$

hvor  $n$  er antallet af WC'er hhv. urinaler.

10.  $q_{syst}$

$q_{syst}$  angiver summen af de forudsatte vandstrømme l/s (2 decimaler) for tapsteder, der benyttes systematisk.

Hvor punktet betegner et tapsted eller et koblingspunkt, angives tapstedets forudsatte vandstrøm. I fordelingspunkter angives summen af vandstrømmene for de systematisk benyttede tapsteder, der belaster sideledningen.

For ledningsstrækninger angiver  $q_{syst}$  summen af vandstrømmene for de systematisk benyttede tapsteder, der belaster den pågældende strækning.

11.  $q'_d$

$q'_d$  angiver den dimensionsgivende vandstrøm for den pågældende ledningsstrækning.

Hvis der kun er tilsluttet tilfældigt benyttede tapsteder overføres  $q_d$  fra kolonne 7.

Hvis der er tilsluttet slangevinder, skylleventiler og systematisk benyttede tapsteder beregnes  $q'_d$  som

$$q'_d = q'_{d,sl} + q_{skyl} + q_{syst}$$

der tages fra kolonnerne 8, 9 og 10.

### Valg af rørdimension, kolonne 12-13

12. Rørdimension

Rørdimensionen bestemmes ved hjælp af nomogrammerne i figur 2.8-2.13 med  $q'_d$  (kolonne 11) og det disponible tryktab pr. meter,  $R_{disp}$  som indgangsværdier. Rørdimensionen anføres i kolonne 12.

Ved den valgte dimension og vandstrømmen  $q'_d$  (kolonne 11) aflæses strømningshastigheden  $v$  i m/s (1 decimal) og det aktuelle tryktab  $R$  i kPa/m (nøjagtighed =  $\frac{1}{2}$  af mindste inddeling) og  $\frac{1}{2} \rho v^2$  i kPa (nøjagtighed =  $\frac{1}{2}$  af mindste inddeling). » $v$ « noteres i kolonne 13, » $R$ « i kolonne 14 og » $\frac{1}{2} \rho v^2$ « i kolonne 17.

13.  $v$

Strømningshastigheden  $v$  er bestemt som angivet ovenfor. For kobberrør kontrolleres, at strømningshastigheden ikke overstiger værdien i figur 3.8. Bestemmelsen af  $v$  kan udelades, hvis der anvendes andre rørmaterialer end kobber.

**Tryktab, kolonne 14-19**

$R$  er bestemt som angivet under kolonne 12.

14.  $R$ 15.  $R \cdot L$ 

Tryktabet på strækningen beregnes ved multiplikation af kolonne 4 med kolonne 14 (angives uden decimaler).

16.  $\zeta$ 

$\zeta$  angiver summen af modstandstallene på strækningen. Tryktabet i aftapningsarmaturer medregnes ikke. Modstandstallene kan findes i figur 2.14.

17.  $\frac{1}{2} \rho v^2$ 

$\frac{1}{2} \rho v^2$  er bestemt ud fra nomogrammet som angivet i pkt. 12.

18.  $\zeta \cdot \frac{1}{2} \rho v^2$ 

Tryktabet i enkeltmodstandene på strækningen beregnes som produktet af kolonne 16 og 17 (angives i kPa uden decimaler), og resultatet skrives i kolonne 18.

19.  $\Delta p$ 

Det samlede tryktab på strækningen  $\Delta p$ , fås som summen af kolonne 15 og kolonne 18 (angivet i kPa uden decimaler).

**Trykforhold i net, kolonne 20-25**20.  $p'_x$ 

Beregningstryk i punktet. Denne kolonne anvendes til beregning af trykfordelingen i installationen. Beregningen starter i et punkt, hvor beregningstrykket er kendt. Det kan f.eks. være i forsyningspunktet eller i et fordelingspunkt, hvor man efter forudgående beregning har fundet beregningstrykket. Beregningen foretages i vandstrømmens retning, således at trykket i et punkt bestemmes ud fra trykket i det foregående punkt ved at trække tryktabet for strækningen (kolonne 19) fra. Tryktabet angives uden decimaler.

21.  $H_n$ 

Højden over forsyningspunktet  $H_n$ , bestemmes ved hjælp af kolonne 2. Højden bestemmes som differensen mellem koten til forsyningspunktet og koten til punktet. Såfremt forsyningspunktet er højest beliggende af de to, bliver højden negativ.

22.  $p_x$ 

Det faktiske tryk  $p_x$  bestemmes som kolonne 20 minus  $9,81 \cdot$  kolonne 21. Man behøver kun at beregne det faktiske tryk i de punkter, hvor man er interesseret i det faktiske tryks størrelse, hvilket primært er ved tapsteder. Det faktiske tryk skal her være mindst  $\Delta p_{vn}$  evt.  $\Delta p_{v,70}$ .

23. Max. tryk

Det maksimale tryk i et punkt  $x$  beregnes som  $p_{max,x} - 9,81 \cdot H_n$ , hvor  $p_{max,x}$  er det maksimale tryk i forsyningspunktet.  $p_{max,x}$  anvendes ved bedømmelsen af støjni-veauet ved taping og beregnes normalt kun ved tapsteder.

24.  $\Delta p_{vn}$  Taparmaturets tryktab ved den forudsatte vandstrøm  $\Delta p_{vn}$  evt.  $\Delta p_{v,70}$  skal være mindre end eller lig med det faktiske tryk i punktet (kolonne 22).
25. punkt Betegnelsen fra kolonne 1 gentages her for at undgå fejl-læsning.

## Beregningseksempler

I det følgende er dimensionering ved beregning illustreret ved gennemregning af nogle eksempler på installationer. Der er foretaget en dimensionering af en del af installationerne tilhørende

1. en firetages boligejendom
2. en mindre erhvervsbygning med bl.a. et antal systematisk benyttede tapsteder
3. et enfamiliehus med to alternative installationstyper.

### Eksempel 3.1. En firetages boligejendom

Installationen omfatter i alt 8 lejligheder i et firetages hus, og et diagram over installationen er vist i figur 3.18.

Beskrivelse

Der tilsluttes til forsyningsledningen med en 25 mm topanboring. Stikledninger udføres af 50 mm PEL, og indføres i kælder, hvor måleren placeres.

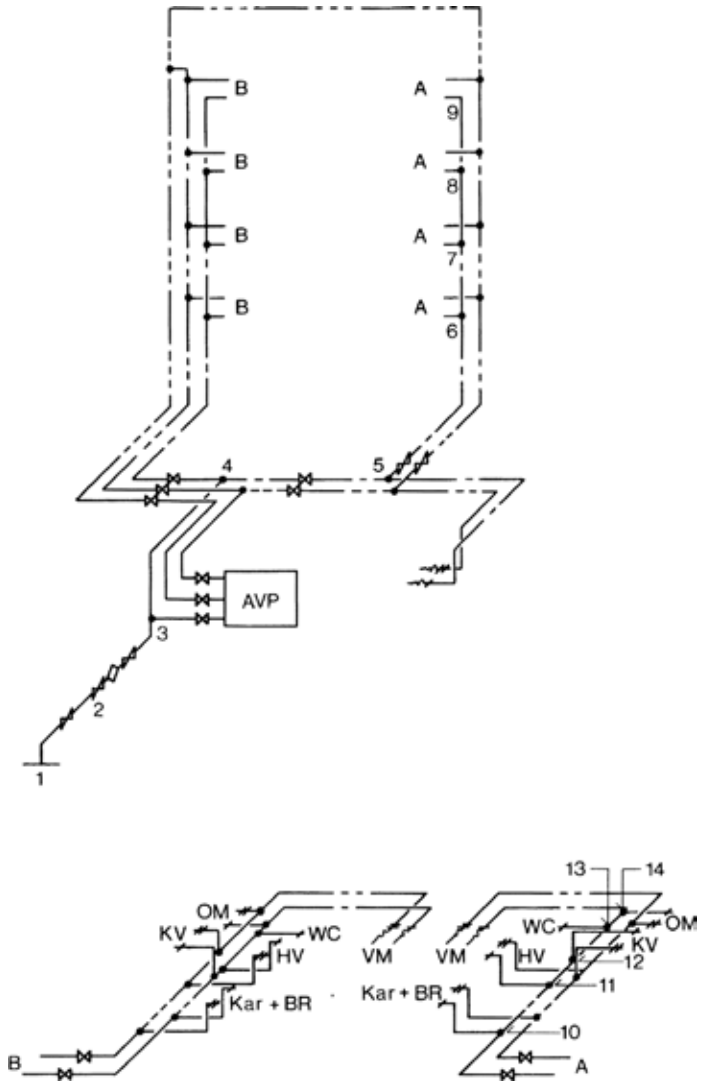
Lejligheden forsynes via lodrette fordelingsledninger med afgreninger til de enkelte lejligheder. Men henblik på en rationel udførelse er de lodrette fordelingsledninger ført igennem i uændrede dimensioner, og alle lejlighedsinstallationer udføres af udskiftelige kobberrør.

Enkeltmodstande

Ledningsarmaturer mv. er angivet på diagrammet. Bøjninger og andre formstykker er ikke vist. Enkeltmodstande i bøjninger o.lign. på fordelingsledninger er skønsmæssigt medregnet med  $\Sigma \zeta = 0,2 + 0,2 \cdot L_F$  ( $L_F$  = længde af fordelingsledning). For koblingsledninger regnes  $\Sigma \zeta = 0,5 + 0,5 \cdot L_k$  ( $L_k$  = længde af koblingsledning). Enkeltmodstande i ledningsarmaturer er medregnet i overensstemmelse med de i figur 2.14 anførte modstandstal.

Dimensioneringsforudsætninger

Tryk i forsyningsledning: 38 mV  
Kote til forsyningspunkt: 10,00 m



Figur 3.18. Diagram over installationen i en firetages boligejendom, hørende til eksempel 3.1. Ejendommen rummer 4 · 2 lejligheder.

Laveste normale tryk

Det laveste normale tryk bliver da

$$p_{ln} = 38 \cdot 9,81 = 373 \text{ kPa}$$

Farligste punkt

Farligste punkt *FP* skønnes at være ved opvaskemaskinen tilsluttet i pkt. 14. I henhold til VA-godkendelsen kræver denne et tryk på 150 kPa. Det faktiske tryk i *FP* skal altså være mindst 150 kPa. Koten til *FP* er 20,8 m.

Tryktab for forsyningsledning til måler

Herudover er der en række tryktab fra forsyningsledning til måler. På denne strækning er den dimensionsgivende vandstrøm den til de 8 boliger svarende. Summen af forudsatte vandstrømme bliver:

$$\Sigma q_f = (0,8 + 0,8) \cdot 8 = 12,8 \text{ l/s}$$

Den dimensionsgivende vandstrøm

Den dimensionsgivende vandstrøm i stikledningen fås af figur 3.5 til  $q_d = 0,81 \text{ l/s}$ .

Tryktab

Med denne vandstrøm bliver tryktabene

$$\text{i anboring } (\zeta = 5): \Delta p_a = 6 \text{ kPa}$$

$$\text{i måler: } \Delta p_M = 30 \text{ kPa}$$

$$\text{i kontraventil: } \Delta p_v = 10 \text{ kPa}$$

i stikledning (se

$$\text{beregningsskema): } \frac{\quad}{\Delta p_s} = 50 \text{ kPa}$$

Disponibelt trykfald

Det disponible trykfald er:

$$\begin{aligned} \Delta P_{disp} &= P_{ln} - (z_{FP} - z_F) \cdot 9,81 \\ &= 373 - (20,8 - 10,0) \cdot 9,81 = 267 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Det trykfald pr. meter ledning (inkl. enkeltmodstande), der er til rådighed til fordelingsledning og koblingsledning frem til *FP* er da, idet ledningslængden er 28,6 m

$$\frac{\Delta p_{disp} - \Delta p_s - \Delta p_{vn}}{L} = \frac{267 - 50 - 150}{28,6} = 2,3 \text{ kPa/m}$$

De 2,3 kPa/m anvendes som vejledende ved valg af rørdimensioner, idet det bemærkes, at enkeltmodstande skal være inkluderet.

Dimensionering

Dimensioneringen af koldtvandsledning er udført på skemaerne i figur 3.19 og 3.20. Med de valgte dimensioner ses det, at det disponible tryk er fuldt udnyttet til det farligste punkt.

Punkt	Kote punkt	Styrkning	Længde L	Vindstærke						R	R L	Trykstat			Bæringssk.	Hæde over formlingspunkt H <sub>0</sub> (Koteafskæll)	Vindtryk s <sub>d</sub>	Max tryk F <sub>max</sub>	s <sub>d</sub> V	Punkt
				q <sub>1</sub>	q <sub>2</sub>	q <sub>3</sub>	q <sub>4</sub>	q <sub>5</sub>	q <sub>6</sub>			U	U	U						
1	100	4-2	10.0	0	12.8	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	1
2	9.5	2-3	3.0	0	12.8	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	2
3	9.6	3-4	4.0	6.6	6.4	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	3
4	10.0	4-5	6.3	3.2	3.2	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	4
5	10.0	5-6	1.5	0.2	3.2	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	5
6	10.8	6-7	3.3	0.8	2.4	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	6
7	11.1	7-8	3.3	0.8	1.6	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	7
8	17.4	8-9	3.3	0.8	0.8	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	8
9	20.7	9-10	1.0	0	0.8	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	9
10	20.8	10-11	0.8	0.3	0.8	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	10
11	20.8	11-12	0.3	0.1	0.7	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	11
12	20.8	12-13	1.1	0.2	0.5	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	12
13	20.8	13-14	0.2	0.1	0.4	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	13
14	20.8			0.4																14

Figur 3.19. Beregning af fordelingsledninger i en firetages boligjendom.

Punkt	Kote til punkt	Strækning	Længde L	Vandstrømme				Bord- dimension	Hastighed v	Tryktab				Beregningss- tryk p <sub>h</sub>	Højde over forings- punkt m	Faktisk tryk (sættetryk)	Max. tryk p <sub>x</sub> kPa	p <sub>h</sub> kPa	Punkt	Eksempel Beliggenhed Koblings- ledning
				q <sub>t</sub>	q <sub>g</sub>	q <sub>h</sub>	q <sub>h</sub>			q <sub>h</sub>	q <sub>h</sub>	R	R L							
1	2	3	m	l/s	l/s	l/s	l/s	mm	m/s	kPa/m	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	24	25
Kar 21,3	m	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	25x1	2,3	8,25	5	0,8	2,55	2	7	268	11,3	157	150	Kar
10															275				10	
HV 21,3			0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	12x1	1,3	3,92	2	0,8	0,82	1	3	270	11,3	159	100	HV
11															273				11	
KV 21,5			0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	12x1	2,5	15,1	8	0,8	3,25	3	11	261	11,5	148	130	KV
12															272				12	
WC 20,8			0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	12x1	1,3	3,92	2	0,7	0,82	1	3	266	10,8	160	100	WC
13															269				13	
OM 20,8			0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	12x1	2,5	15,1	8	0,8	3,25	3	11	258	10,8	152	150	OM = FP
14															269				14	
VM 20,8			0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	12x1	2,5	15,1	30	1,5	3,25	5	35	234	10,8	128	100	VM
14															269				14	

Figur 3.20. Beregning af koblingsledninger i etage 4 i en firetages boligjendom.

Ved de øvrige tapsteder vil vandstrømmen ved fuldt åben ventil blive større end den forudsatte vandstrøm. I øverste etage vil f.eks. vandstrømmen ved køkkenvasken blive ca.

$$q = q_f \cdot \sqrt{\frac{148}{130}} = 1,07 \cdot q_f$$

Tilsvarende bliver vandstrømmen ved håndvasken:

$$q = q_f \cdot \sqrt{\frac{159}{100}} = 1,26 \cdot q_f$$

Trykforhold

Som det fremgår af eksemplet er trykkene i de lavere liggende etager væsentligt højere end nødvendigt. I pkt. 6 (afgreningspunkt for installation til lejlighed i etage 1) er det faktiske tryk 292 kPa, dvs.  $292 - 176 = 116$  kPa højere end i etage 4 (målt over tapstederne).

Ved håndvasken i etage 1 vil vandstrømmen for fuldt åben ventil blive

$$q = q_f \cdot \sqrt{\frac{159 + 116}{100}} = 1,66 \cdot q_f$$

Indsætning af enkeltmodstande

Der vil således være risiko for, at taping i etage 1 vil kunne medføre for lave vandstrømme i de øvre etager. Der bør derfor indsættes enkeltmodstande (f.eks. reguleringsventiler) i de nedre etager.

Enkeltmodstandene i de lavere etager kan være:

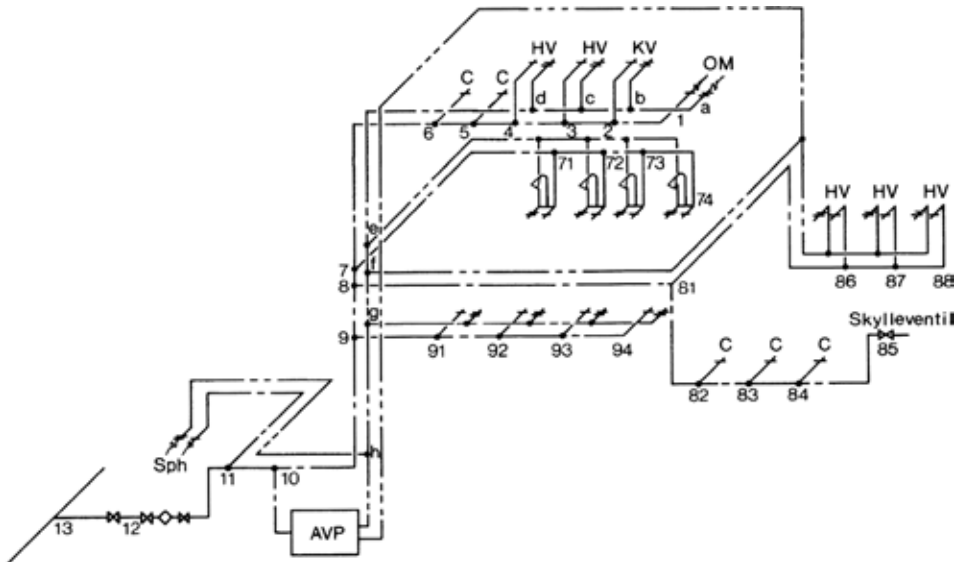
$$\text{pkt. 6: } 292 - 176 = 116 \text{ kPa}$$

$$\text{pkt. 7: } 251 - 176 = 75 \text{ kPa}$$

$$\text{pkt. 8: } 212 - 176 = 36 \text{ kPa}$$

I stedet for enkeltmodstande i form af ventiler kan der anvendes et kobberrør af en længde og en dimension, der giver det ønskede trykfald. Da længden ofte vil være større end nødvendig for at klare afstanden, må den overskydende længde op-rulles og placeres diskret.

Beskrivelse	<p><b>Eksempel 3.2. En mindre erhvervsbygning</b></p> <p>Bygningen er en mindre erhvervsbygning, hvor installationen skal forsyne et mindre køkken samt bade- og vaskerum. Installationen er optegnet i figur 3.21.</p>
Systematisk benyttelse	<p>Badeinstallationerne regnes systematisk benyttet. De resterende tapsteder regnes tilfældigt benyttet. Det bemærkes, at et urinal i stueetage er forsynet med skylleventil (<math>q_f = 0,4</math> l/s).</p>
Max-hastigheder	<p>Installationen udføres af kobberrør, der fra pkt. 7 til FP er lagt, så de er udskiftelige.</p>
Tryk og tryktab	<p>Laveste normale tryk i forsyningsledningen er <math>p_{ln} = 402</math> kPa. Tryktabene undervejs kan beregnes til</p>



Figur 3.21. Diagram over installationen i en mindre erhvervsbygning.

Tryktab i måler (afsæt):	$\Delta p_M = 40 \text{ kPa}$
Tryktab i kontraventil:	$\Delta p_v = 10 \text{ kPa}$
Tryktab i anboring:	$\Delta p_a = 25 \text{ kPa}$
Tryktab i taparmatur (opvaske- maskine) i farligste punkt:	$\frac{\Delta p_{vn}}{\text{i alt}} = \frac{200 \text{ kPa}}{275 \text{ kPa}}$

Kote til farligste punkt er 15,5. Det disponible trykfald er

$$\begin{aligned}\Delta P_{disp} &= P_{ln} - (z_{FP} - z_F) \cdot 9,81 \\ &= 402 - (15,5 - 11,0) \cdot 9,81 = 358 \text{ kPa}\end{aligned}$$

Det trykfald, der er til rådighed for ledningerne fra forsyningspunkt  $F$  til farligste punkt  $FP$ , er

$$\begin{aligned}\Delta p_{disp} &= \Delta p_M - \Delta p_a - \Delta p_{vn} - \Delta p_v = \\ &= 358 - 40 - 25 - 200 - 10 = 83 \text{ kPa}\end{aligned}$$

Tryktab i enkeltmodstande (ekskl. vandmåler, kontraventil, anboring og taparmatur) skønnes til 20 pct. af tryktabet i rør, dvs. at der pr. meter af de lige rør er disponibelt

$$R_{disp} = \frac{83}{31,7} \cdot \frac{100}{100 + 20} = 2,2 \text{ kPa/m}$$

idet rørlængden er 31,7 meter.

#### Dimensionering

Dimensioneringen af strækningen til det farligste punkt er gennemført på skema i figur 3.22. Desuden er installationen for vaskerende gennemregnet som vist i figur 3.23.

#### Neddrogning af armaturer

Ved vaskerender er der anvendt armaturer med et tryktab på 50 kPa ved en vandstrøm på 0,03 l/s. Ved disse samtidigt benyttede tapsteder forudsætter normen, at det ved neddrogning sikres, at vandstrømmen ikke overstiger 0,03 l/s. Der bør således ved hvert armatur indskydes en modstand på  $252 - 50 = 202 \text{ kPa}$ .

Punkt	Køle til Køle til Køle til	Strækning	Længde L m	Vandretsnæve						Bord- -retion	Rastgred. v	R	R-L	Trykstøb			Bærgnings- -tryk kPa	Hvide over- -fløetings- -punkt H <sub>g</sub> (Kølefortsætt)	Faktisk tryk kPa	Max tryk kPa	kPa	Punkt	Eksempel Erhvervs- bygning. Ledning til FP				
				q <sub>1</sub>	q <sub>2</sub>	q <sub>3</sub>	q <sub>4</sub>	q <sub>5</sub>	q <sub>6</sub>					q <sub>7</sub>	q <sub>8</sub>	q <sub>9</sub>								q <sub>10</sub>	q <sub>11</sub>	q <sub>12</sub>	q <sub>13</sub>
1	15.5			0.2	0.2	0.20		0.20	15x1	1.5	3.80									255	4.5	211	200	24	25	1	FP
2	15.5	1-2	0.6	0.2																258						2	
3	15.5	2-3	4.0	0.1	0.4	0.26		0.26	22x1	0.8	0.67									261						3	
4	15.5	3-4	4.2	0.1	0.5	0.27		0.27	22x1	0.9	0.73									262						4	
5	15.5	4-5	4.0	0.1	0.6	0.28		0.28	22x1	0.9	0.76									263						5	
6	15.5	5-6	0.9	0.1	0.7	0.29		0.29	22x1	0.9	0.83									264						6	
7	14.4	6-7	1.5	0.1	0.8	0.30		0.30	22x1	0.9	0.88									266						7	Σ q syst = 0.40 1/2
8	14.3	7-8	0.1	0.6	0.8	0.30		0.30	28x1	1.2	1.28									266						8	q skyl = 0.40 1/2
9	12.9	8-9	1.4	1.4	1.4	0.35		0.40	28x1	1.5	2.22	3.40								272						9	Σ q syst = 0.12 1/2
10	11.6	9-10	4.0	1.1	1.4	0.35		0.40	28x1	1.27	2.25	4.20								292						10	Σ q syst = 0.52 1/2
11	11.6	10-11	2.0	0.2	2.5	0.41		0.40	35x1	1.85	2.3	2.70								298						11	
12	11.0	11-12	5.0	0.2	2.7	0.43		0.40	35x1	1.5	2.3	2.80								365						12	ΔP <sub>12</sub> = ΔP <sub>11</sub> + 50 kPa
13	11.0	12-13	10.0	2.7	2.7	0.43		0.40	50PEL		1.00									402						13	ΔP <sub>13</sub> = 25 kPa

Figur 3.22. Eksempel. Erhvervsbygning. Dimensionering af ledning til farligste punkt (FP).

Punkt	Køle til punkt	Strækning	Længde, L	Vandstrømme							Hastighed, v	R	Trykstab				Beregnings-tryk, p <sub>k</sub>	Hvide over forsynings-linier, m	Faktisk tryk, p <sub>k</sub>	Max. tryk, p <sub>k,max</sub>	kPa	Punkt	
				lg	lg	lg	lg	lg	lg	lg			R	L	l	l							l
9	12,9	3	1,2																			9	
91	12,9	3	0,6																				91
92	12,9	3	0,6																				92
93	12,9	3	0,6																				93
94	12,9	3	0,6																				94

Figur 3.23. Eksempel. Erhvervsbygning. Dimensionering af strækningen som forsyner vaskerenden.

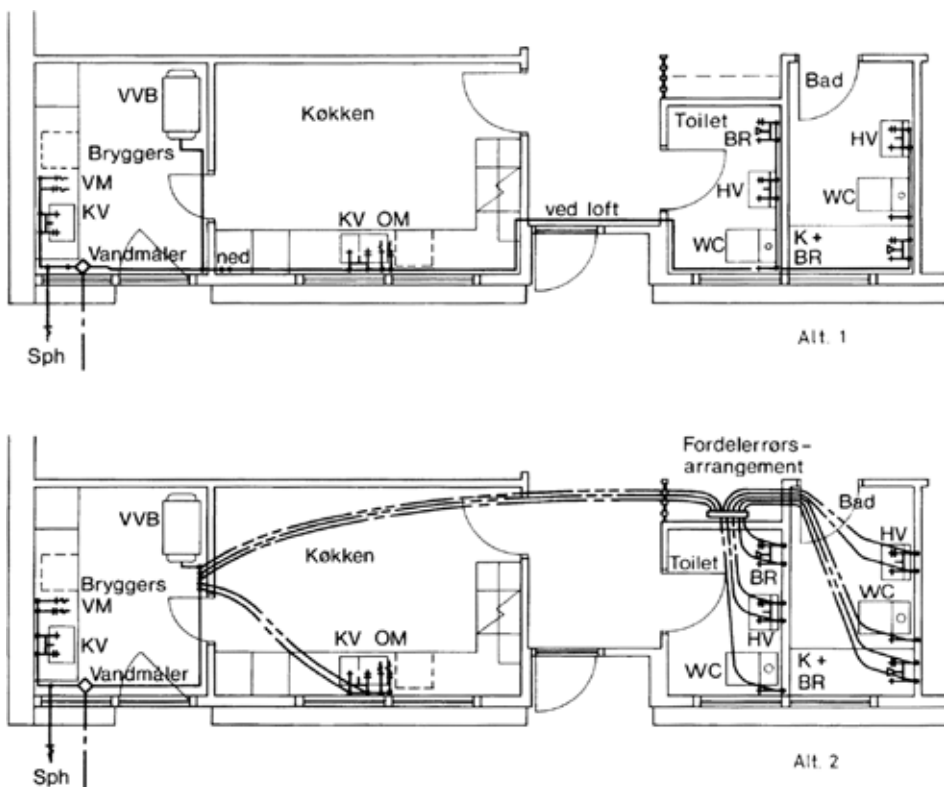
## Beskrivelse

**Eksempel 3.3. Et enfamiliehus**

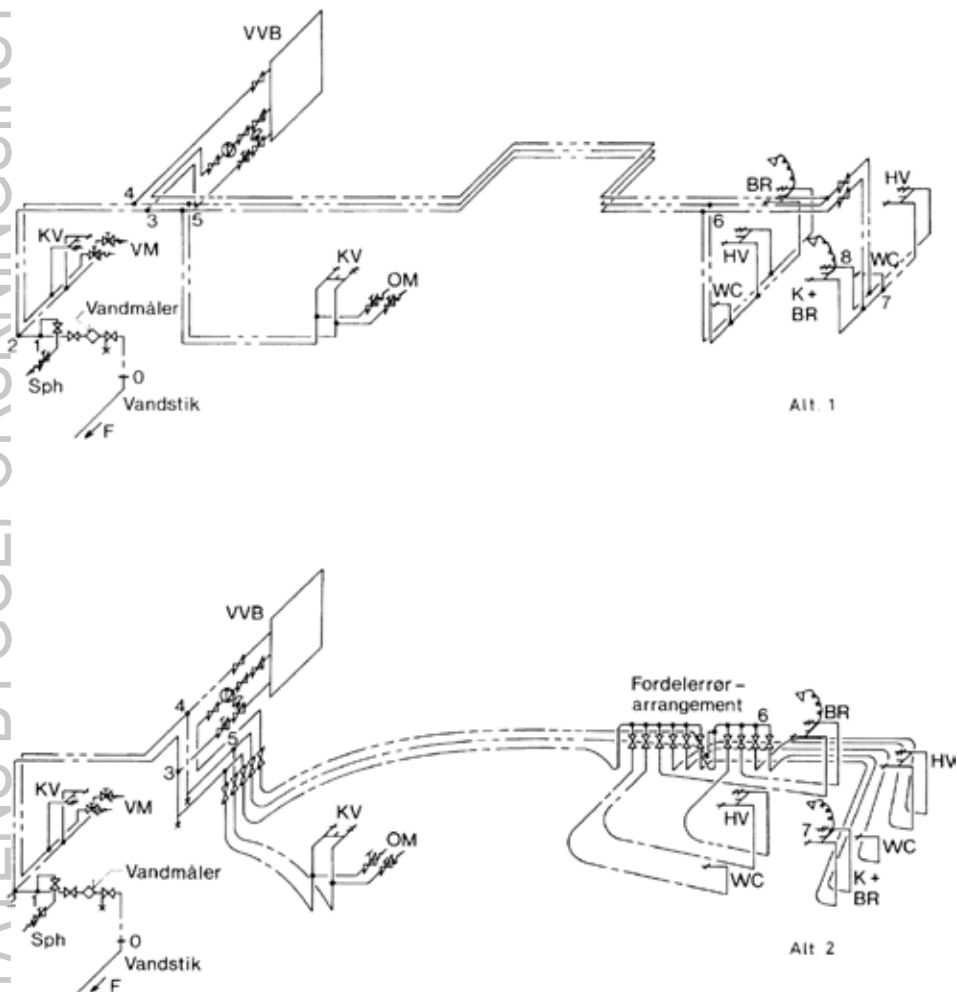
Til det enfamiliehus, hvis plan er vist i figur 3.24, skal der dimensioneres en vandinstallation. Der vil i et sådant tilfælde ofte være flere muligheder for valg af system, så der er i dette eksempel gennemført en dimensionering af to forskellige installationstyper, nemlig

- Traditionel installation udført af varmforzinkede stålrør. Rørene er placerede udskiftelige.
- »Fordeleerrørs«-installation udført af plastrør (PEX). Installationen udføres som en tomrørsinstallation med udskiftelige rør. Rør i bryggers er udskiftelige kobberør.

Diagrammerne til de 2 installationer er vist i figur 3.25.



Figur 3.24. Enfamiliehus. 2 forskellige muligheder for en vandinstallation. I figur 3.25 er vist de tilhørende diagrammer, og beregningerne er vist i figur 3.26 og 3.27.



Figur 3.25. Diagrammer over 2 forskellige muligheder for en vandinstallation til enfamiliehuset i figur 3.24. De 2 installationer kan karakteriseres som: En traditionel installation med varmforzinkede stålrør og en fordelerrørsinstallation med plastrør placeret udskifteligt i tomrør. Beregningerne er vist i figur 3.26 og 3.27.

## Udgangsværdier

Fælles for de 2 muligheder gælder:  
 Laveste normale tryk o.t. er 300 kPa  
 Terrænkote ved forsyningspunkt 25,00 m  
 Kote til forsyningspunkt  $z_F = 23,60$  m  
 Herudfra kan beregnes

$$p_{ln} = 300 + 1,4 \cdot 9,81 = 314 \text{ kPa}$$

Endvidere gælder følgende data  
 Kote til farligste punkt  $Z_{FP} = 27,00$   
 Tryktab i måler  $\Delta p_M = 20$  kPa  
 Tryktab i kontraventil  $\Delta p_v = 10$  kPa  
 Tryktab på strækning  $F-1$ ,  $\Delta p_{F-1} = 15$  kPa  
 Tryktab i armatur (kar),  $\Delta p_{vn} = 100$  kPa

Der tilsluttes forsyningsledning med en 20 mm sideanbo-  
 ring, og stikledningen udføres af 32 mm PEL. Trykket i pkt. 1  
 er derfor det samme i begge tilfælde.

Det disponible trykfald er

$$\begin{aligned} \Delta p_{disp} &= p_{ln} - (z_{FP} - z_F) \cdot 9,81 \\ &= 314 - (27,00 - 23,60) \cdot 9,81 = 281 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Det trykfald, der er til rådighed fra pkt. 1 til farligste punkt  
 (FP), kan beregnes som

$$\begin{aligned} \Delta p_{disp} - \Delta p_M - \Delta p_v - \Delta p_{F-1} - \Delta p_{vn} &= \\ 281 - 20 - 10 - 15 - 100 &= 136 \text{ kPa} \end{aligned}$$

## Dimensionering

Dimensioneringen af varmtvandsledning i de 2 installatio-  
 ner er vist i figurerne 3.26 og 3.27.



Punkt	Kote til punkt	Strømlængde	Vandstrøme						Hældning v	Tryktab				Beregningstryk $P_{tr}$ kPa	Højde over punkt H <sub>0</sub> (Koteafskælt) m	Faktisk tryk $P_x$ kPa	Maks tryk $P_{x,max}$ kPa	Punkt	Eksempel Enfamiliehus Fordelerør					
			h <sub>0</sub>	h <sub>01</sub>	q <sub>01</sub>	q <sub>02</sub>	q <sub>03</sub>	q <sub>04</sub>		R	R-L	L	10 <sup>2</sup> / 10 <sup>2</sup> ad											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	24	25		
F	236		m																314				F	
0		F-0	15	1,6					0,36										45				0	100+100+30kPa
1		0-1	1,0	1,6					0,36	22x10			1,3	0					269				1	Cu
2		1-2	0,2	1,6					0,36	22x10			1,3	8					269				2	Cu
3		2-3	6,4	1,6					0,36	22x10			0,9	1					259				3	Cu
4		3-4	1,0	0,8					0,30	22x10			2,8	6					258				4	Cu
5		4-5	2,0	0,8					0,30	18x10			1,8	14					251				5	PEX
6		5-6	8,0	0,7					0,29	22x3			10	38					233				6	PEX
7	270	6-7	3,8	0,3					0,21	15x2,5			48	48					165	3,4	131	100	7	q > 0,3 l/s

Incl. 25% tillæg for enkeltmodstande  
\*) Tryktab i fordelerrør ~ 20 kPa

Figur 3.27. Dimensionering af installation til enfamiliehus. Eksempel på fordelerrørsinstallation, plastør, se figur 3.24 og 3.25.

## KAPITEL 4

# Dimensionering ved forenklet beregning

Muligheder for forenkling .....	100
Mangler ved forenklede metoder .....	101
Normens forenklede dimensionering for beboelses- og kontorbygninger o. lign .....	101
Betingelser for anvendelse af metoden .....	101
Begrænsninger i metoden .....	102
Fremgangsmåde ved den forenklede metode .....	102
Disponibelt tryktab pr. meter .....	104
Bestemmelse af vandstrømme .....	106
Fastlæggelse af rørdimensioner .....	107
Systemer, hvori der indgår systematisk benyttede tapsteder .....	112
Eksempler på anvendelse af den forenklede metode .....	113
Eksempel 4.1. En firetagers boligejendom .....	113
Eksempel 4.2. Enfamiliehus .....	116
Fordelerrørsmetoden .....	120
Betingelser for anvendelsen .....	120
Fremgangsmåde ved beregning .....	120
Eksempel 4.3. Enfamiliehus .....	125

## Muligheder for forenkling

I det foregående kapitel er fremgangsmåden ved dimensionering ved beregning beskrevet, som den er angivet i normen. Normen giver imidlertid også mulighed for anvendelse af enklere dimensioneringsmetoder. I dette kapitel er der beskrevet to forenklede metoder:

- Normens forenklede metode.
- Fordelerrørsmetoden

Normens forenk-  
lede metode

Normens metode for forenklet beregning gælder for almindelige beboelses- og kontorbygninger i op til 4 etager, altså også enfamiliehuse.

Fordelerrørs-  
metoden

Den anden metode, der er angivet i dette kapitel - »fordelerrørsmetoden« - er udviklet af SBI og er specielt egnet til fordelerrørsinstallationer i enfamiliehuse.

Andre metoder

Det er muligt at udvikle andre forenkede metoder med begrænsninger i anvendelsesområdet. Jo snævrere afgrænsninger (i vandstrømme, i etageareal, i tryk osv.) der foretages, desto enklere kan metoderne gøres.

### Mangler ved forenkede metoder

For de angivne metoder gælder, at den ikke giver fuld sikkerhed for rigtige dimensioner og mod støjgener, og man bør derfor ikke anvende metoden for »unormale« installationer, f.eks. installationer med meget lange ledninger, mange enkeltmodstande osv.

I installationer, hvor bygningsreglementets støjkrav forudsættes opfyldt, bør metoden kun anvendes i forbindelse med støjsvage armaturer og de i kapitel 15 angivne regler.

## Normens forenkede dimensionering for beboelses- og kontorbygninger o.lign.

### Betingelser for anvendelse af metoden

Metoden bør kun anvendes i almindelige beboelses- og kontorbygninger samt bygninger, hvis brug kan sidestilles hermed. Metoden kan altså også anvendes på enfamiliehuse. Herudover skal følgende vilkår være opfyldt:

Begrænsninger

- Der må ikke forekomme systematisk benyttede tapsteder.
- Den største forudsatte vandstrøm  $q_f$  må højst være 0,3 l/s.
- Summen af de forudsatte vandstrømme  $\Sigma q_f$  må højst være 100 l/s svarende til ca. 60 boliger.
- Det til tryktab i stikledning og fordelingsledning disponible tryk  $p_{disp}$  skal være så stort, at

$$\frac{p_{disp}}{L} \geq 0,5 kPa$$

Beregning af  $p_{disp}$  er forklaret senere.

- Etageantallet må ikke overstige 4, idet kælderetage ikke medregnes.
- Tilslutningen til forsyningsledningen udføres efter følgende retningslinier:
  - 20 mm anboring kan tilsluttes en sum af forudsatte vandstrømme på højst 15 l/s
  - 25 mm anboring kan tilsluttes en sum af forudsatte vandstrømme på højst 40 l/s
  - T-stykke kan tilsluttes en sum af forudsatte vandstrømme større end 40 l/s.
- Der må ikke forekomme armaturer i højere trykgruppe end 300 kPa.

### Begrænsninger i metoden

Dimensionering ved forenkede beregninger giver ikke mulighed for at kontrollere de grænser for støjniveauet, der er anført i bygningsreglementet. Man bør derfor altid anvende støjsvage armaturer, dvs. armaturer fra støjgruppe 1 (se de respektive armaturers godkendelsesblade). I øvrigt vil den fuldstændige beregning heller ikke muliggøre, at der kan gives en sikker garanti mod støj, men mulighederne for at vurdere støjgenerne er bedre ved den fuldstændige beregning, hvor man har fuldt kendskab til tryk- og strømningsforhold.

Som nævnt må metoden kun benyttes for ledninger, der udelukkende forsyner tilfældigt benyttede tapsteder. Der findes dog en mulighed for at benytte den forenkede metode for den del af en blandet installation, som alene omfatter tilfældigt benyttede tapsteder, se senere i kapitlet.

### Fremgangsmåde ved den forenkede metode

Beregningerne kan foretages på det beregningsark, som er vist i figur 4.1. Hovedpunkterne i metoden er følgende:

- a. Bestemmelse af det disponible tryktab pr. meter af ledningen.
- b. Bestemmelse af vandstrømmen i de enkelte rørstrækninger.
- c. Fastlæggelse af rørdimensionerne ud fra tabeller.

Støjforhold

Tilfældigt og systematisk benyttede tapsteder

Punkt eller strækning	Vandstrømme l/s	Bemærkninger	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>Dimensioneringsforudsætninger:</b></p> <p>Tryk i forsyningsledning <math>P_{in} =</math> kPa (1 mV/S = ca 10 kPa)</p> <p><b>Noter:</b></p> <p>Kote til laveste punkt FP <math>Z_{FP} =</math> m</p> <p>Kote til forsyningspunkt F <math>Z_F =</math> m</p> <p>Højdeforskel <math>H = Z_F - Z_{FP} =</math> m</p> <p>Tryktab i taparmatur <math>\Delta P_{vn} =</math> kPa</p> <p><input type="checkbox"/> <math>\Delta P_{vn} \leq 50</math> kPa, <math>\Delta P_0 = 100</math> kPa</p> <p><input type="checkbox"/> <math>\Delta P_{vn} \leq 150</math> kPa, <math>\Delta P_0 = 150</math> kPa</p> <p><input type="checkbox"/> <math>\Delta P_{vn} \leq 300</math> kPa, <math>\Delta P_0 = 220</math> kPa</p> <p>Disponibelt tryktab pr. meter ledning <math>\Delta P_{dstp} = \frac{P_{in} - 10H - \Delta P_0 - \Delta P_E}{L}</math> kPa/m</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Sum af forudsatte vandstrømme i stikledning = _____ l/s</p> <p><sup>1)</sup> <math>\Delta P_E</math> er tryktab i særligt store enkeltmodstande</p> </div> </div>
			<p><b>Leidningslængder:</b></p> <p>Længde af stikledning m.v. <math>L_S =</math> m</p> <p>Længde af fordelingsledning <math>L_F =</math> m</p> <p>Længde af koblingsledning til FP <math>L_K =</math> m</p> <p>Længde af koblingsledning til FP <math>L_S + L_F =</math> m</p> <p>Tilslutning til forsyningsledning _____ mm</p> <p>anboring T-stykke _____ mm</p>
			<p>Leidningsmateriale _____ mm</p> <p>Sum af forudsatte vandstrømme <math>\Sigma Q =</math> l/s</p> <p>Fordelt vandstrøm <math>Q_i =</math> l/s</p>

Figur 4.1. Beregningsark til forenklet dimensionering.

**Disponibelt tryktab pr. meter**

Udgangspunktet for dimensioneringen er det disponible tryktab pr. meter ledning (kPa/m), der beregnes som

$$\frac{p_{disp}}{L} = \frac{p_{ln} - 10 \cdot H - \Delta p_o - \Delta p_E}{L}$$

Betydningen af de enkelte størrelser i ligningen er:  $p_{ln}$  er det laveste normale tryk i forsyningsledningen i kPa, og det opgives af den stedlige vandforsyning.

Hvis trykket er opgivet i mVS over terræn,  $H_{o.t.}$ , er

$$p_{ln} = 10 \cdot (H_{o.t.} + h_F), \text{ kPa}$$

hvor  $h_F$  er forsyningspunktets dybde under terræn i meter.

Hvis trykket er opgivet som en trykkote,  $z_p$ , i meter er

$$p_{ln} = 10 \cdot (z_p - z_F), \text{ kPa}$$

hvor  $z_F$  i meter er koten til forsyningspunktet.

$H$  er højdeforskellen mellem forsyningspunktet og farligste punkt. Det farligste punkt er normalt det højest beliggende tapsted, men også punkter, der forsynes gennem en lang fordelingsledning, kan komme på tale. Også tapsteder, hvor der er armaturer med stort trykfald (stor værdi af  $\Delta p_{vn}$ ), kan være blandt de farligste.

$\Delta p_o$  er et tryktab, som skal dække modstanden i armaturer, i andre modstande, i koblingsledning og i tilslutning til forsyningsledning samt i måler. Størrelsen fastsættes alene ud fra den trykgruppe, som de anvendte tapventiler tilhører, efter følgende:

Trykgruppe	$\Delta p_o$
50 kPa	100 kPa
150 -	150 -
300 -	220 -

Tapventilernes trykgruppe fremgår af VA-godkendelsen, se også figur 4.2.

Såfremt installationen indeholder særligt store enkeltmodstande, f.eks. visse gennemstrømningsvandvarmere skal tryktabet ( $\Delta p_E$ ) heri tages i betragtning.

Trykgruppe kPa	Tryktab $\Delta p_{vn}$ ved fuldt åben ventil ved den forudsatte vandstrøm kPa	Tapventiltyper, der sædvanligvis kan henføres til trykgruppen
50	$\Delta p_{vn} \leq 50$	Alm. tapventiler og alm. blandearmatur
150	$50 < \Delta p_{vn} \leq 150$	Etgrebs-blandearmatur Togrebs-blandearmatur med $q_f \geq 0,2$ l/s Termostat-blandearmatur med $q_f \leq 0,2$ l/s Vaske- og opvaskemaskiner for husholdning
300	$150 < \Delta p_{vn} \leq 300$	Termostat-blandearmatur med $q_f > 0,2$ l/s Særlige apparater Skylleventil

Figur 4,2 Oversigt over tapventilers indplacering i trykgrupper. Bemærk, at oversigten kun er vejledende. En tapventils trykgruppe findes i dens VA-godkendelse.

Det tryktab  $\Delta p_E$ , der anvendes ved beregning af det disponible tryktab, skal være målt eller beregnet for den dimensionsgivende vandstrøm gennem den aktuelle enkeltmodstand.

Hvis man kender tryktabet i enkeltmodstanden  $\Delta p_{E,0}$  ved en bestemt vandstrøm  $q_0$  l/s, kan man beregne tryktabet  $\Delta p_E$  ved den dimensionsgivende vandstrøm  $q_d$  ved udtrykket

$$\Delta p_E = \left( \frac{q_d}{q_0} \right)^2 \cdot \Delta p_{E,0}$$

$L$

$L$  er summen af længderne af stikledning og fordelingsledning til det forsyningsmæssigt farligste punkt. Det farligste punkt kan defineres som det punkt, for hvilket

$$\frac{P_{disp}}{L}$$

bliver mindst, men normalt får man ret hurtigt en fornemmelse for, hvilket punkt, der får sværest ved at blive forsynet.

**Bestemmelse af vandstrømme**

For hver ledningsstrækning skal vandstrømmen beregnes. Ved de almindelige beregninger anvendes den dimensionsgivende vandstrøm, men ved denne forenklede beregning anvendes summen af forudsatte vandstrømme. Forudsatte vandstrømme for de almindelige tapsteder findes i figur 4.3.

Tapsted	Forudsat vandstrøm $q_f$ (l/s)	
	Koldt vand	Varmt vand
Badekar	0,3	0,3
Bidet	0,1	0,1
Brusebad	0,2	0,2
Gård/havevanding	0,2	
Håndvask	0,1	0,1
Køkkenvask	0,2	0,2
Rengøringsvask	0,2	0,2
Samtidigt benyttede tapventiler for brusere i fabrikker og lignende <sup>1)</sup>	0,1	0,1
Samtidigt benyttede tapventiler for håndvaske eller vaskerender i fabrikker og lignende <sup>1)</sup>	0,03	0,03
Skylleventil for urinal	0,4	
Skylleventil for WC	1,5	
Ventil for spuling af gulve og lignende	0,2	0,2
Vaske- og opvaskemaskiner for husholdning	0,2	0,2
WC-cisterne	0,1	
Slangevinder i henhold til Bygningsreglementet <sup>2)</sup>	0,33	

- 1 Det forudsættes, at der foretages en reduktion af tapventilernes ydeevne.
- 2 For slangevindere i industri etc. henvises til Brandteknisk Vejledning nr. 15 fra Dansk Brandværns-Komité.

Figur 4.3. Forudsatte vandstrømme ved de hyppigst forekommende tapsteder.

**Fastlæggelse af rørdimensioner**

Når vandstrømmen og det tryktab pr. meter rør, som er disponibelt, er fundet, kan rørdimensionerne bestemmes ved hjælp af tabellerne i figur 4.4-4.7.

Tilslutning til forsyningsledning

Tilslutningen til forsyningsledningen kan udføres efter følgende retningslinier:

- 20 mm anboring må højst tilsluttes en sum af normal vandstrømme på 15 l/s.
- 25 mm anboring må højst tilsluttes en sum af normal vandstrømme på 40 l/s.

Ved større belastninger skal tilslutning til forsyningsledningen ske ved indsætning af et T-stykke, eller der anbores med større dimension.

Tryktabet i anboringen skal ikke medregnes separat, da det er indregnet i  $\Delta p_0$ .

Stikledning

Stikledningen og jordledningen på privat grund og ledning i bygning indtil måler kan dimensioneres efter figur 4.4. Som indgang anvendes det disponible tryk pr. meter og summen af forudsatte vandstrømme. Mindre rørstørrelser end 32 mm bør ikke anvendes.

Disponibelt tryktab $\frac{P_{disp}}{L}$ kPa/m	Størst tilsluttet sum af forudsatte vandstrømme $\Sigma q_f$ (l/s)		
	Rørstørrelse mm		
0,5	32	40	50
1,0	16	8	35
2,0	6	20	60
3,0	15	45	100
4,0	20	65	100
5,0	30	80	100
5,0	40	95	100

Figur 4.4. Tabel til dimensionering af stikledning og jordledning af plastrør på privat grund.

## Fordelingsledning

Fordelingsledningers dimensioner kan fastlægges ved hjælp af figur 4.5-4.7 for henholdsvis varmforzinkede stålør, plastrør (PEX-rør) og kobberør. Indgang til tabellerne er: det disponible tryktab pr. meter og summen af de forudsatte vandstrømme for tapstederne, der forsynes fra ledningen. Når der anvendes kobberør, skal man iagttage, at normen angiver maksimale vandhastigheder med henblik på risikoen for korrosion, se figur 4.8 og 4.9.

## Ventetider

Den forenkledte beregning bør altid afsluttes med en kontrol af at ventetiderne er acceptable, se kapitel 5.

## Koblingsledning

Koblingsledningen er strækningen fra fordelingsledningen til tapstedet, dvs. ledningen forsyner kun 1 tapsted, hvilket gør dimensioneringen lettere. Koblingsledningens dimension kan bestemmes ud fra figur 4.10.

Disponibelt tryktab	Størst tilsluttet sum af forudsatte vandstrømme $\Sigma q_f$ (l/s)					
	Rørstørrelse mm					
$\frac{P_{disp}}{L}$						
kPa/m	15	20	25	32	40	50
0,5	0	0,2	1,0	9,1	34	58
1,0	0,1	0,3	3,0	19,5	37	96
2,0	0,1	1,0	7,5	34	65	100
3,0	0,2	2,5	12,1	48	78	100
4,0	0,2	3,0	16,2	59	100	100
5,0	0,4	4,0	22,5	71	100	100

Figur 4.5. Tabel til dimensionering af fordelingsledninger af varmforzinkede stålør.

Hvis det disponible tryktab  $\frac{P_{disp}}{L}$  er større end 5,0 kPa/m kan værdien for 5,0 kPa/m anvendes; der vil dog i så fald være forøget risiko for støjgener, og i bygninger med flere lejligheder bør der gennemføres en beregning som anført i kapitel 3. Der må gerne interpoleres i tabellen.

Disponibelt tryktab $\frac{P_{disp}}{L}$	Størst tilsluttet sum af forudsatte vandstrømme $\Sigma q_f$ (l/s)				
	Rørstørrelse mm				
kPa/m	12 × 2,0	15 × 2,5	18 × 2,5	22 × 3,0	28 × 4,0 <sup>1)</sup>
0,5	0	0	0	0,1	0,2
1,0	0	0	0,1	0,2	1,0
2,0	0	0	0,1	0,6	4,3
3,0	0	0,1	0,2	1,7	5,5
4,0	0	0,1	0,2	2,2	9,3
5,0	0	0,1	0,3	3,0	12,3

1) Største VA-godkendte rørstørrelse.

Figur 4.6. Tabel og diagram til dimensionering af fordelingsledninger af plastrør. Det bemærkes, at fordelingsledninger for varmt vand kun må udføres af plast, såfremt rørfabrikatet er VA-godkendt til varmt vand.

Hvis det disponible tryktab  $\frac{P_{disp}}{L}$  er større end 5,0 kPa/m kan værdien for 5,0 kPa/m anvendes; der vil dog i såfald være forøget risiko for støjgener, og i bygninger med flere lejligheder bør der gennemføres en beregning som anført i kapitel 3. Der må gerne interpoleres i tabellen.

Disponibelt tryktab $\frac{P_{disp}}{L}$	Størst tilsluttet sum af forudsatte vandstrømme $\Sigma q_f$ (l/s)						
	Rørstørrelse mm						
kPa/m	15 × 1,0	18 × 1,0	22 × 1,0	28 × 1,2	35 × 1,5	42 × 1,5	54 × 1,5
0,5	0	0,1	0,2	1,7	9,0	25	77
1,0	0	0,1	0,6	5,3	19,2	46	100
2,0	0,1	0,2	2,2	11,7	34	77	100
3,0	0,1	0,5	4,1	17	46	100	100
4,0	0,1	1,0	6,0	23	59	100	100
5,0	0,2	1,6	8,0	28	70	100	100

Figur 4.7. Tabel til dimensionering af fordelingsledninger af kobberør. For kobberør gælder det, at man på grund af risikoen for korrosion ikke må overskride de i normen angivne maksimale vandhastigheder, som er vist i figur 4.8 og 4.9.

Hvis det disponible tryktab  $\frac{P_{disp}}{L}$  er større end 5,0 kPa/m kan værdien for 5,0 kPa/m anvendes; der vil dog i så fald være forøget risiko for støjgener, og i bygninger med flere lejligheder bør der gennemføres en beregning som anført i kapitel 3. Der må gerne interpoleres i tabellen.

Vandledning	Installationsområde	Største forsvarlige <sup>1)</sup> hastighed i m/s	
		Koldt vand ≤ 25 °C	Varmt vand <sup>2)</sup> ≤ 70 °C
Ledning med kontinuert strømning fx cirkula- tionsledning	Udskiftelige og ikke-udskiftelige fordelingsledninger	2,0	0,5
Ledning med sammenlagt strømning > 6 timer pr. døgn	Udskiftelige og ikke-udskiftelige fordelingsledninger og koblingsledninger	2,0	1,3
Ledning med sammenlagt strømning < 6 timer pr. døgn	Udskiftelig	Fordelingsledning og koblingsledning	Ingen grænser
	Ikke udskiftelig	Fordelingsledning	2,0
		Koblingsledning	4,0

- 1 Ved ekstremt ugunstige forhold kan turbulenskorrosion indtræffe, f.eks. ved korrosivt vand, uheldig geometri ved afgreninger, ventiler, loddesamlinger mv., luftansamlinger i ledninger, relativ lang varighed af strømning.
- 2 Ved højere temperaturer bør hastighederne mindskes med minimum 25 pct.

Figur 4.8. Tabel over de største forsvarlige hastigheder i fordelingsledninger og koblingsledninger af kobber med hensyn til korrosion. Tabellen angiver den største forsvarlige hastighed, når vandtemperaturen, ledningens udskiftelighed og ledningens belastning i form af strømningens varighed, er kendt.

Max. tilladelig hastighed m/s	Maksimal dimensionsgivende vandstrøm l/s								
	Dimension af kobberør (udv. d × godstykkeelse mm)								
	10 × 0,8	12 × 1,0	15 × 1,0	18 × 1,0	22 × 1,0	28 × 1,2	35 × 1,5	42 × 1,5	54 × 1,5
0,5	0,03	0,04	0,07	0,10	0,16	0,26	0,40	0,60	1,02
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	0,07	0,10	0,17	0,26	0,41	0,67	1,05	1,55	2,66
	-	-		(0,4)	(2,5)	(8,5)	(22)	(40)	(90)
2,0	0,11	0,15	0,26	0,40	0,63	1,03	1,61	2,39	4,08
	-	-	(0,4)	(2,3)	(7,2)	(20)	(43)	(124)	(160)
4,0	0,22	0,31	0,53	0,80	1,26	2,06	3,22	4,78	8,17
	(0,2)	(0,9)	(5,0)	(12)	(28)	(60)	(115)	(180)	(400)

Tal i parentes angiver maksimal sum af forudsatte vandstrømme i fordelingsledninger, der alene forsyner tilfældigt benyttede tapsteder.

Figur 4.9. Maksimalt tilladelige sum af forudsatte vandstrømme svarende til de i tabellen angivne maksimale strømningshastigheder; anvendes sammen med figur 4.8.

Kobberør			
Rørstørrelse mm	Største længde af koblingsledning, m		
	$q_f = 0,1$ l/s	$q_f = 0,2$ l/s	$q_f = 0,3$ l/s
10 × 0,8	3,5	1,0	-
12 × 1,0	8	2,0	1,0
15 × 1,0	8	8	4
Varmforzinkede stålør			
15	8	8	5
20	8	8	8
PEX-rør			
10 × 1,8	1,2	0,3	-
12 × 2,0	3,5	1,0	0,4
15 × 2,5	8	3,0	2,0
18 × 2,5	8	8	5
22 × 3	8	8	8

Figur 4.10. Tabellen angiver maksimalt tilladelige længder af koblingsledninger i installationer dimensioneret ved normens forenkede beregning. Hvis det er nødvendigt at anvende en koblingsledning i større længder end angivet i tabellen, kan det klares på følgende måde: Den overskydende længde dimensioneres som fordelingsledning, og den overskydende længde indregnes i længden L ved beregning af det disponible tryktab.

## Systemer, hvori der indgår systematisk benyttede tapsteder

Hvis der er systematisk benyttede tapsteder i en installation, skal alle ledninger, der fører vand til disse, dimensioneres efter kapitel 3, altså efter den fuldstændige beregningsmetode. Denne regel tillader imidlertid, at den forenkledte metode anvendes for ledninger, der udelukkende forsyner tilfældigt benyttede tapsteder.

I dette tilfælde anvendes følgende fremgangsmåde: Først gennemføres beregningen af de dele af installationen, som forsyner de systematisk benyttede tapsteder, efter kapitel 3. Derefter findes det punkt ( $n$ ), hvorfra den ledning, som udelukkende betjener tilfældigt benyttede tapsteder, udgår. I dette punkt findes (fra den tidligere beregning) beregningstrykket  $p'_n$ , hvor  $n$  står for dette punkts betegnelse.

Det skal beregnes, hvor stort et trykfald, der er disponibelt for fordelingsledning og koblingsledning fra punkt  $n$  og op til det farligste punkt i denne del af installationen. Dette trykfald kan fås som

$$p'_n - \frac{1}{2} \Delta p_{vn} - 10 \cdot H$$

hvor  $\Delta p_{vn}$  står for tryktabet i armaturet og  $H$  er højdeforskellen mellem forsyningspunktet og det farligste punkt.  $\Delta p_{vn}$  kan i denne forbindelse findes som armaturets trykgruppetal. Hvis armaturet tilhører trykgruppe 150, indsættes  $\Delta p_{vn} = 150$ .

Herudfra findes det disponible tryk pr. meter rør som

$$\frac{p_{disp}}{L} = \frac{p'_n - \frac{1}{2} \Delta p_{vn} - 10 \cdot H}{L}$$

hvor  $L$  er den samlede længde af fordelingsledning og koblingsledning til farligste punkt. Beregningen gennemføres som før beskrevet.

## Eksempler på anvendelse af den forenkledede metode

I det følgende er der angivet nogle eksempler på dimensionering med forenklet beregning, nemlig:

1. En firetages boligejendom.
2. Et enfamiliehus med 2 forskellige installationsløsninger.

Bygningen og installationen i disse eksempler er identisk med de i eksemplerne 3.1 og 3.3 behandlede for den fuldstændige beregningsmetode.

### Eksempel 4.1. En firetagers boligejendom

Installationen omfatter i alt 8 lejligheder i et firetagers hus, og et diagram over installationen er vist i figur 4.11.

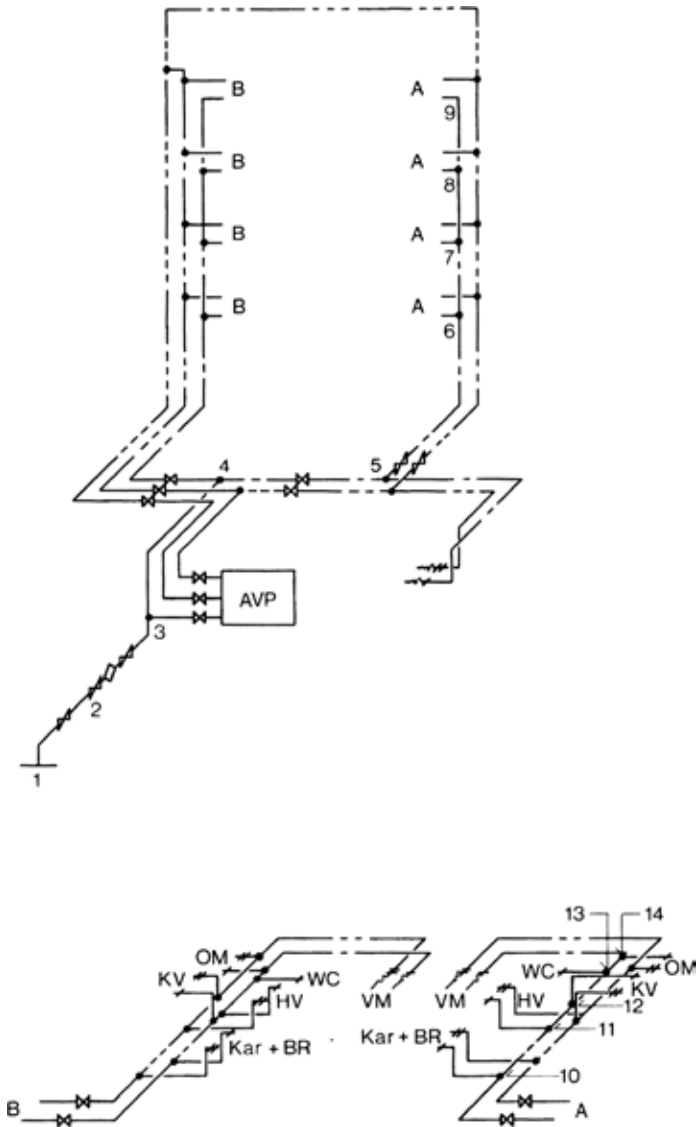
Beskrivelse

Tilslutning til forsyningsledning er her foretaget med 20 mm sideanboring. Det bemærkes, at jordledningen er valgt til 50 PEL, uanset beregningerne tillader en mindre dimension (32 PEL). Indføring af jordledning sker i kælder, hvor måleren er placeret.

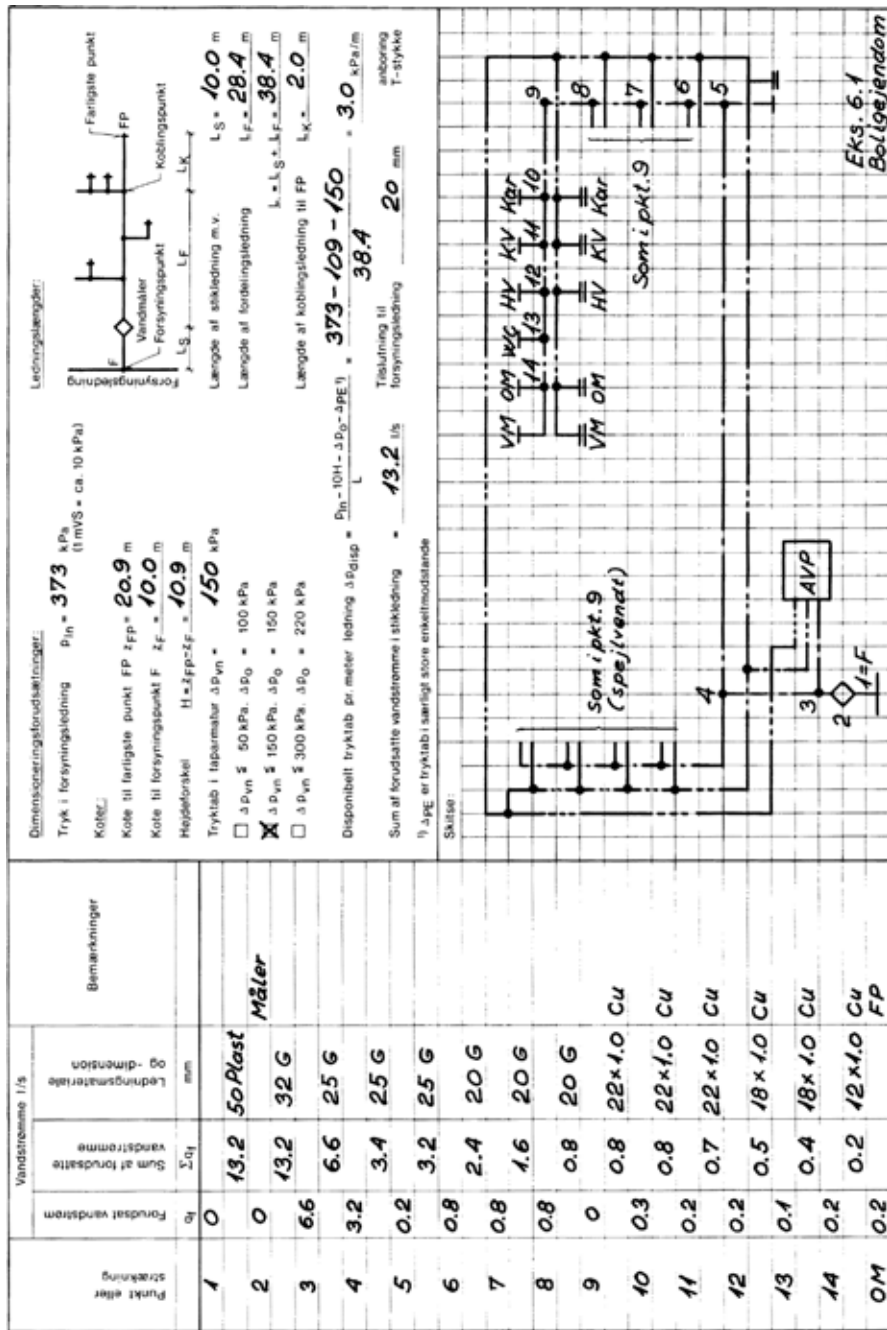
Lejlighederne forsynes via lodrette fordelingsledninger med afgreninger til de enkelte lejligheder. Med henblik på en rationel udførelse er de lodrette fordelingsledninger ført igennem i uændrede dimensioner, og alle lejlighedsinstallationer udføres af kobberør.

Dimensionering

Dimensioneringen er gennemført på dimensioneringsarket i figur 4.12. Dimensioneringsarket er beregnet til at rumme hele beregningen i de fleste af de tilfælde, som egner sig til forenklet beregning. Der er desuden plads til et diagram over installationen. Da diagrammet kun skal bruges som støtte for den forenkledede beregning, kan det udføres med et minimum af detaljer.



Figur 4.11. Diagram over installationen i en firetages beboelsesbygning hørende til eksempel 4.1. Bygningen rummer 4 x 2 lejligheder. Samme installation er behandlet i eksempel 3.1.



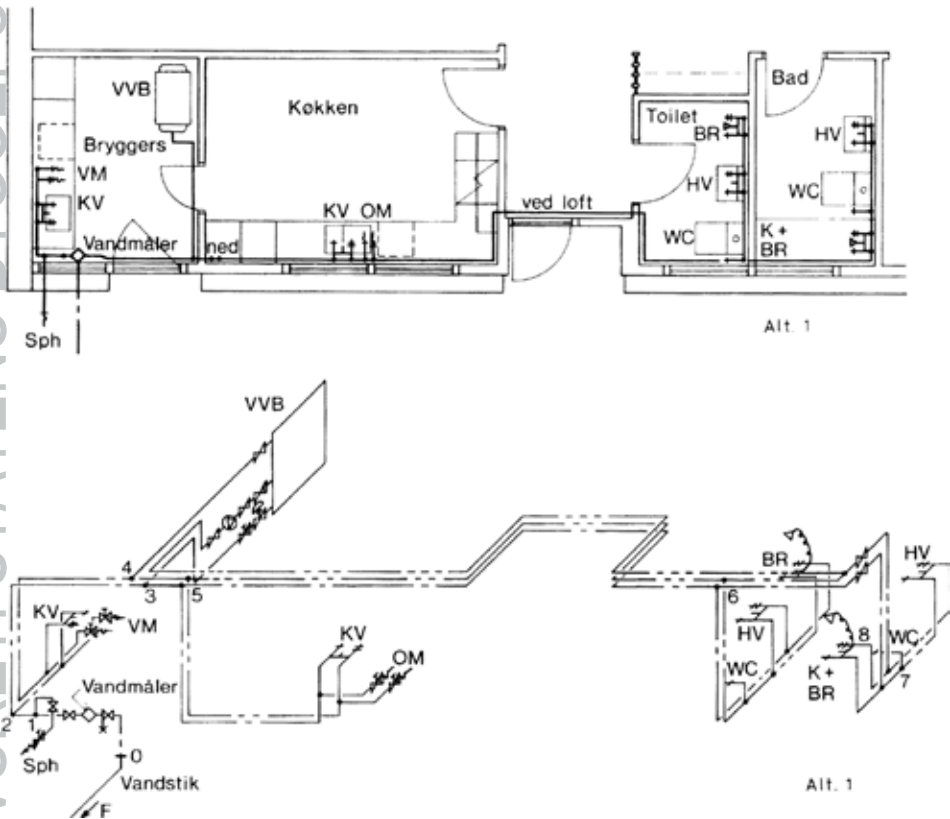
Figur 4.12. Dimensionering af installation i fretages beboelsesbygning, eksempel 4.1.

## Beskrivelse

**Eksempel 4.2. Enfamiliehus**

For det enfamiliehus, hvis plan er vist øverst i figur 4.13 og 4.14 skal dimensioneres en vandinstallation. Der vil i et sådant til-fælde ofte være flere muligheder for valg af system, så der er i dette eksempel gennemført en dimensionering af 2 forskellige installationstyper, nemlig:

1. Traditionel installation af varmforzinkede stålrør, se figur 4.13.
2. »Fordelelerrørs«-installation udført af PEX- og kobberør, se figur 4.14.



Figur 4.13. Plan og diagram over vandinstallation udført som udskiftelig installation af varmforzinkede stålrør. Den forenklete beregning er vist i figur 4.15.

De samme installationer er vist gennemregnet efter den fuldstændige metode i kapitel 3.

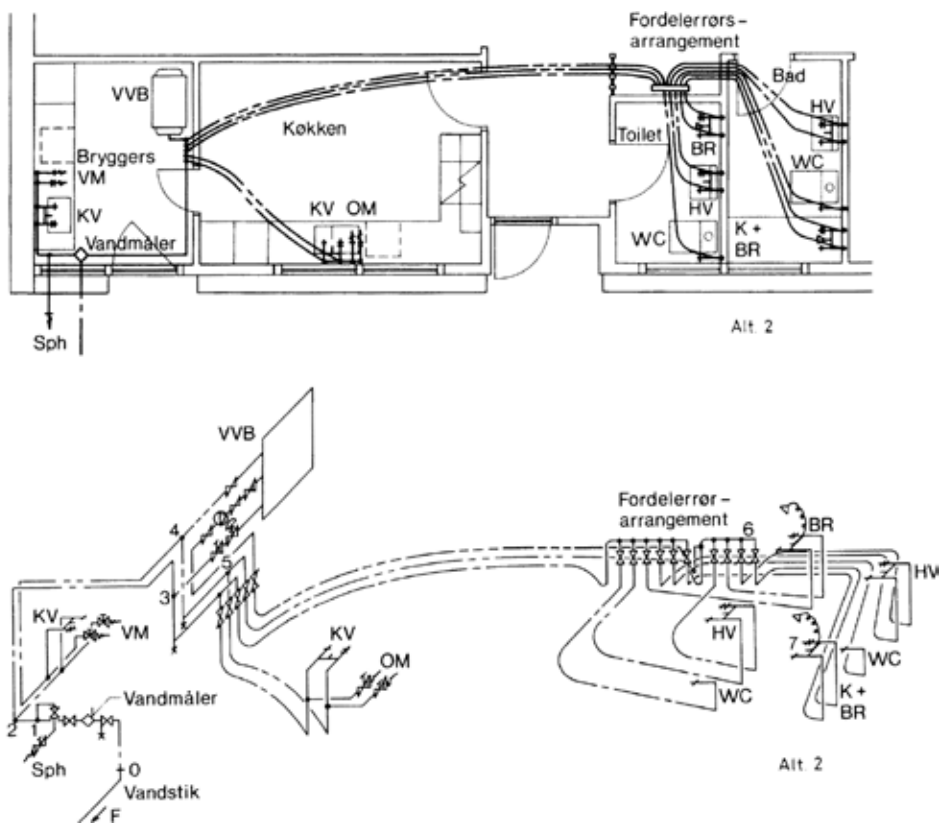
#### Forudsætninger

Fælles for de 2 installationer er:

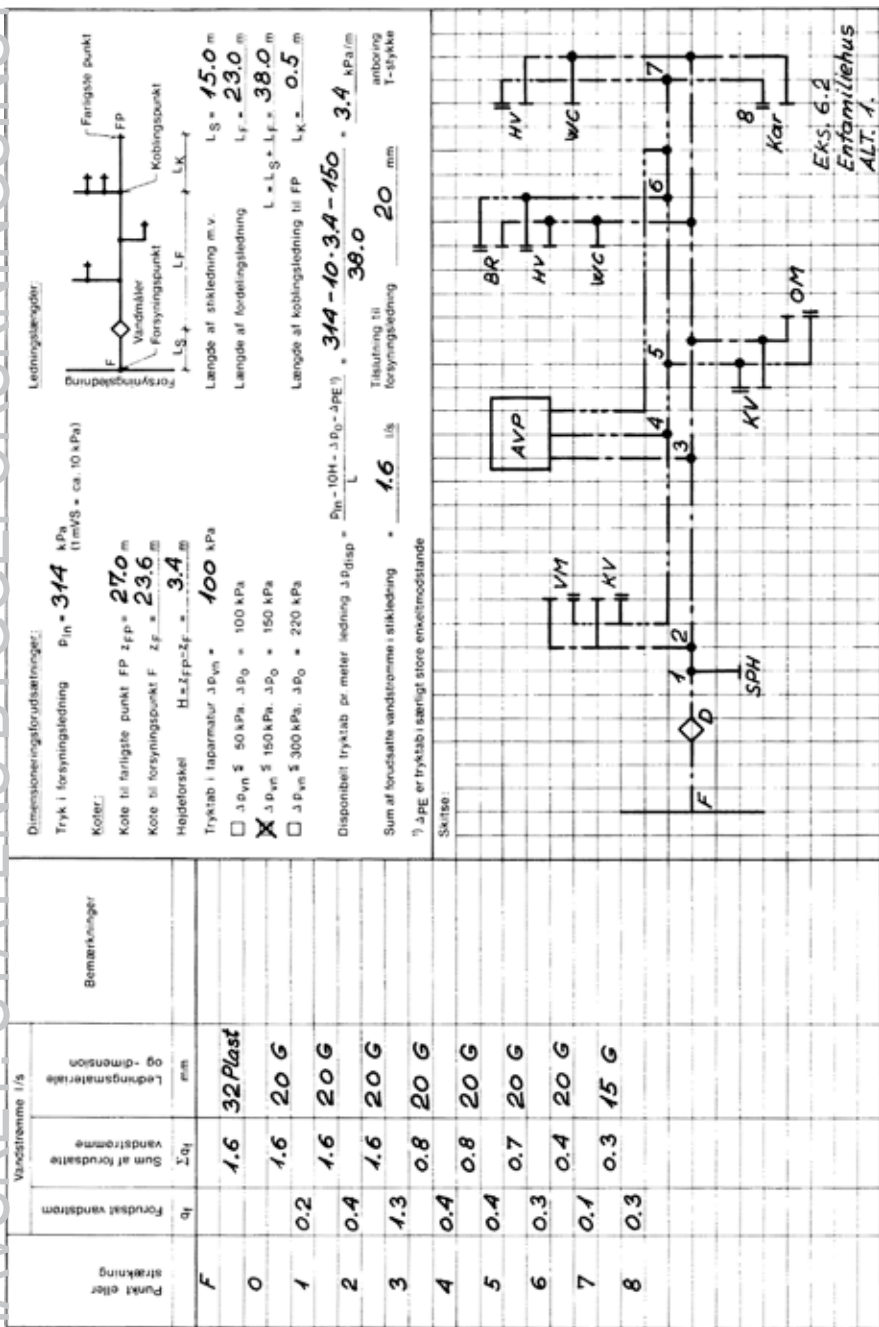
1. Laveste normale tryk o.t. er 300 kPa.
2. Terrænkote v. forsyningspunkt 25,00 m.
3. Kote til forsyningspunkt skønnes til 23,60 m.
4. Tilslutning til forsyningsledning foretages med 20 mm sideanboring.

#### Dimensionering

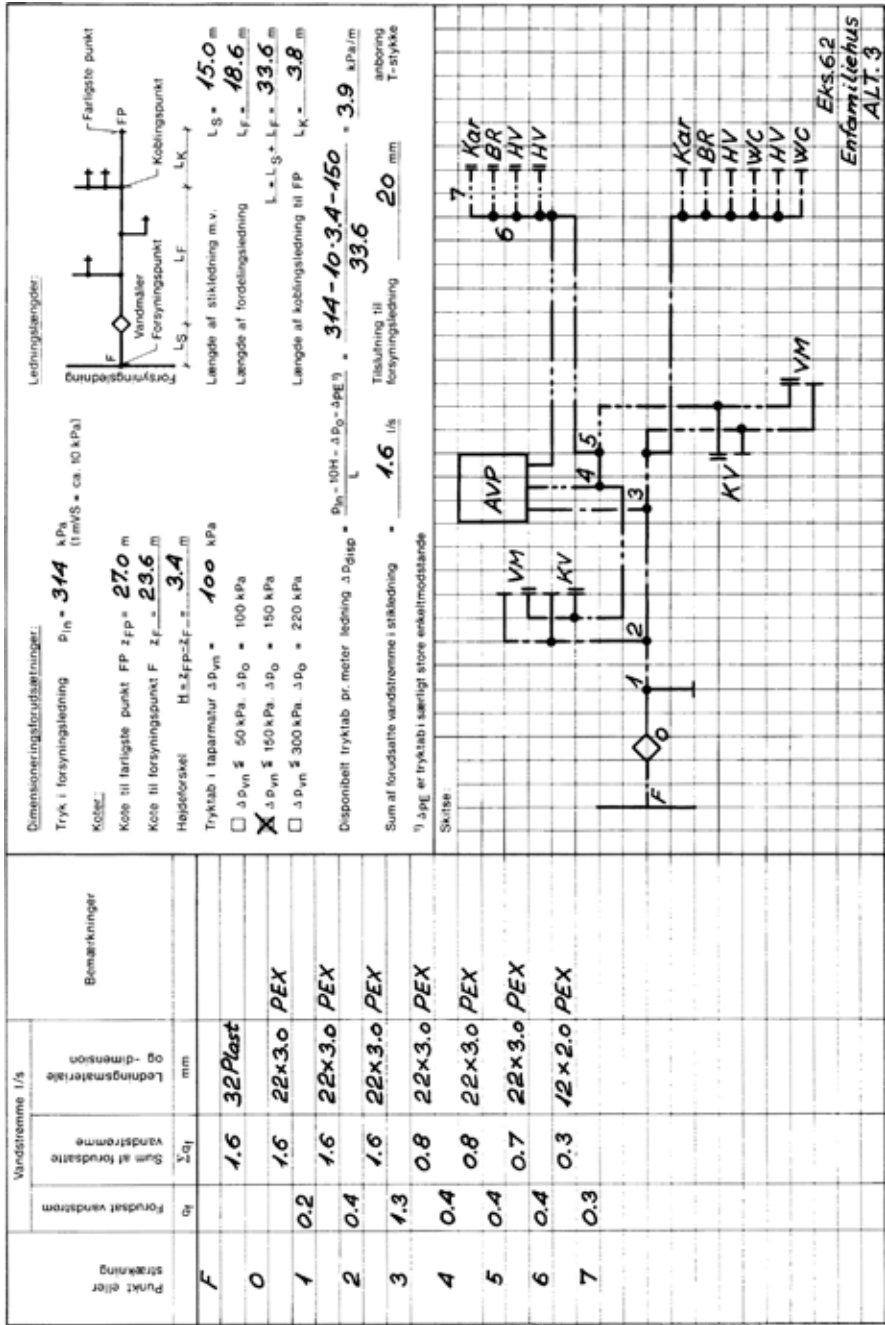
Gennemførelse af dimensioneringen er vist i dimensioneringsarkene i figur 4.15 og 4.16.



Figur 4.14. Plan og diagram over vandinstallation udført som fordelerrørsinstallation af PEX- og kobberør. Den forenklete beregning er vist i figur 4.16.



Figur 4.15. Forenklet beregning af vandinstallation udført som udskiftelig installation af varmforzinkede stålrør. Plan og diagram er vist i figur 4.13.



Figur 4.16. Forenklet beregning af vandinstallation udført som fordelersinstallation af PEX- og kobberør. Plan og diagram er vist i figur 4.14.

## Fordelerrørsmetoden

### Begrænsninger for anvendelsen

Den i det følgende angivne metode kan anvendes til forenklet dimensionering af vandinstallationer i enfamiliehuse.

### Betingelser for anvendelsen

Når metoden anvendes skal følgende betingelser være opfyldt:

- Der må kun forekomme tilfældigt benyttede tapsteder.
- Den forudsatte vandstrøm til det største tapsted må højst være 0,3 l/s, dvs. at der ikke må anvendes skylleventiler.
- Tilslutning til forsyningsledning er foretaget med T-stykke eller an boring på mindst 20 mm.
- Der anvendes en vandmåler, der højst har et tryktab på ca. 20 kPa ved en vandstrøm på 0,36 l/s. En 3 m<sup>3</sup>-måler opfylder denne betingelse.

### Fremgangsmåde ved beregning

Ved den forenkede beregning kan skemaet i figur 4.17 anvendes. De enkelte trin i beregningen er nærmere forklaret i det følgende:

#### 1. Tryk i forsyningsledning ( $p_{ln}$ )

$p_{ln}$  er det laveste tryk i forsyningsledningen i kPa, og det opgives af den stedlige vandforsyning.

Hvis trykket er opgivet i mVS over terræn,  $H_{o.t.}$ , er

$$p_{ln} = 10 \cdot (H_{o.t.} + h_F), \text{ kPa}$$

Her er

$h_F$  forsyningspunktets dybde under terræn i meter.

Hvis trykket er opgivet som en trykkote,  $z_p$ , i meter er

$$p_{ln} = 10 (z_p - z_F), \text{ kPa}$$

Her er

$z_F$  koten til forsyningspunktet

$H$	<p><b>2. Højdeforskel</b></p> <p><math>H</math> er højdeforskellen mellem forsyningspunktet og farligste punkt. Det farligste punkt er normalt det højest beliggende tapsted, men også tapsteder, hvor der er armaturer med stort trykfald (stor værdi af <math>\Delta p_{vn}</math>), kan være blandt de farligste.</p>
Disponibelt tryktab	<p><b>3. Disponibelt tryktab</b></p> <p>Det disponible tryktab beregnes som <math>p_m - 10 \cdot H</math>, hvor <math>p_m</math> og <math>H</math> er beregnet under pkt. 1 hhv. pkt. 2.</p>
Særlige tryktab	<p><b>4. Særlige tryktab</b></p> <p>Særlige tryktab er tryktab i enkeltmodstande, f.eks. anbring, måler og fordelerrør. Disse er beregnet forud og værdier er indsat i skemaet. Andre særlige tryktab er f.eks. tryktab i gennemstrømningsvandvarmere. Vedrørende størrelsen af disse henvises til VA-godkendelsen eller leverandørens oplysninger. Tryktab i vandvarmere kan beregnes for en vandstrøm på 0,3 l/s, men medregnes kun, hvis det farligste punkt er et varmtvandstapsted.</p>
$\Delta p_{vn}$	<p><b>5. Tryktab i taparmatur i FP</b></p> <p>I henhold til normen kan tryktabet i taparmaturet i det farligste punkt (FP) beregnes for 70 pct. af den forudsatte vandstrøm, dvs. at tryktabet kan sættes til <math>0,5 \cdot \Delta p_{vn}</math>, hvor <math>\Delta p_{vn}</math> er tryktabet ved den forudsatte vandstrøm. Kendes kun taparmaturets trykgruppe kan man sætte tryktabet til</p> <p>25 kPa for armaturer i trykgruppe 50 kPa. 75 kPa for armaturer i trykgruppe 150 kPa. 150 kPa for armaturer i trykgruppe 300 kPa.</p>
$L_s$	<p><b>6. Tryktab i stik- og jordledning</b></p> <p>Først opmåles længden af stik- og jordledning <math>L_s</math>, som længden af ledningen fra anbring til vandmåler.</p> <p>Dernæst vælges ledningsmateriale og ledningsdimension som en af følgende: 32 PEL, 40 PEL, 32 PEM eller 40 PEM.</p> <p>Med den valgte ledning som indgang findes tryktabet <math>\Delta p_s</math> kPa/m af tabel A i figur 4.17.</p> <p>Det samlede tryktab beregnes som</p>
Materiale og dimension	<p><math>L_s \cdot \Delta p_s</math> kPa.</p>

A. Tryktab i stik- og jordledninger  $\Delta p_s$  i kPa/m

Rør	32 PEL	32 PEM	40 PEL	40 PEM
Tryktab i kPa/m	0,50	0,33	0,18	0,12

B. Tryktab i fordelingsledninger  $\Delta p_F$  i kPa/m

BK og BV: Ledninger for både koldt og varmt vand,  
dvs. fra måler til afgrening til vandvarmer  
BK eller BV: Ledninger for både koldt eller varmt vand,  
dvs. fra afgrening til vandvarmer til fordelerrør

<b>PEX</b>	18 · 2,5	22 · 3,0	28 · 4,0	
BK og BV:	9,0	3,2	1,1	
BK eller BV:	6,6	2,4	0,8	

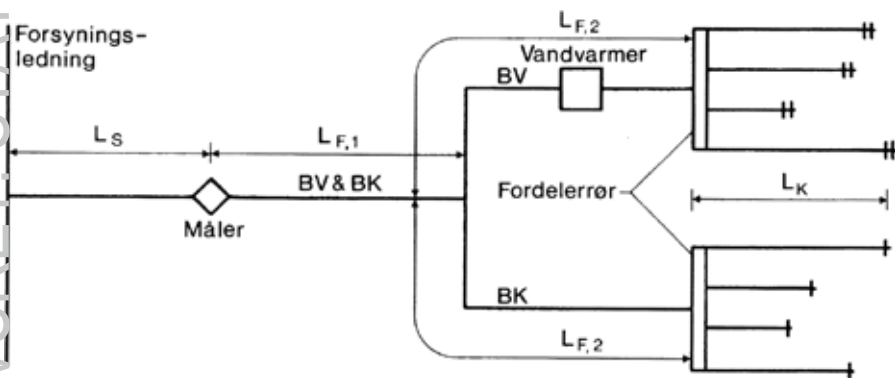
<b>Kobberrør</b>	15 · 1,0	18 · 1,0	22 · 1,0	28 · 1,2
BK og BV:	15	5,0	1,5	0,43
BK eller BV:	10	3,5	1,1	0,31

<b>Varmforzinkede stålrør</b>	15	20	25	32
BK og BV:	12	2,2	0,60	0,14
BK eller BV:	8,5	1,6	0,43	0,10

C. Tryktab i koblingsledninger  $\Delta p_k$  i kPa/m

<b>PEX-rør</b>	12 · 2,0	15 · 2,5	18 · 2,5	22 · 3,0
HV, WC: $q_f = 0,1$ l/s	5,0	1,6	0,45	0,17
KV, BR: $q_f = 0,2$ l/s	17	5,5	1,6	0,55
Kar: $q_f = 0,3$ l/s	33	12	3,2	1,2

<b>Kobberrør</b>	12 · 1,0	15 · 1,0	18 · 1,0	22 · 1,0
HV, WC: $q_f = 0,1$ l/s	2,2	0,60	0,21	0,07
KV, BR: $q_f = 0,2$ l/s	8,3	2,2	0,73	0,23
Kar: $q_f = 0,3$ l/s	19	4,6	1,6	0,50



Figur 4.17. Beregningstabeller og -skema til forenklet beregning efter fordelerrørsmetoden (fortsættes).

- 1. Tryk i forsyningsledning**  $P_{in} =$  kPa
- 2. Højdeforskel**  
 Kote til farligste punkt  $FP: Z_{FP} =$  m  
 Kote til forsyningspunkt  $F: Z_F =$  m  
 Højdeforskel  $H = Z_{FP} - Z_F =$  m
- 3. Disponibelt tryktab**  $= p_{in} - 10 \cdot H =$  kPa

- 4. Særlige tryktab**
- |  |        |     |
|--|--------|-----|
| Tryktab i anboring                     | 2 kPa  |     |
| Tryktab i måler (3 m <sup>3</sup> )    | 20 kPa |     |
| Tryktab i fordelerrør                  | 20 kPa |     |
| Tryktab i særlig store enkeltmodstande | kPa    |     |
| Sum                                    | kPa    | kPa |

- 5. Tryktab i taparmatur i FP** kPa  
 Tryktabet kan sættes til det halve af tryktabet ved den forudsatte vandstrøm kPa

- 6. Tryktab i stik- og jordledning** kPa
- $L_S \cdot \Delta p_S =$   
 $L_S =$  m. Valgt ledning: \_\_\_\_\_  
 $\Delta p_S =$  kPa/m (fra tabel A)

- 7. Tryktab i fordelingsledning for både koldt og varmt vand** kPa
- $L_{F,1} \cdot \Delta p_F =$   
 $L_F =$  m. Valgt ledning: \_\_\_\_\_  
 $\Delta p_F =$  kPa/m (fra tabel B: BK og BV)

- 8. Tryktab i fordelingsledning for koldt eller varmt vand** kPa
- $L_{F,2} \cdot \Delta p_F =$   
 $L_{F,2} =$  m. Valgt ledning: \_\_\_\_\_  
 $\Delta p_F =$  kPa/m (fra tabel B: BK eller BV)

- 9. Tryktab i koblingsledninger**
- Til HV, WC mv. ( $q_F = 0,1$  l/s):  $L_K \cdot \Delta p_K =$  kPa  
 $L_K =$  m. Valgt ledning: \_\_\_\_\_  
 $\Delta p_K =$  kPa (fra tabel C)
- Til KV, BR mv. ( $q_F = 0,2$  l/s):  $L_K \cdot \Delta p_K =$  kPa  
 $L_K =$  m. Valgt ledning: \_\_\_\_\_  
 $\Delta p_K =$  kPa (fra tabel C)
- Til kar ( $q_F = 0,3$  l/s):  $L_K \cdot \Delta p_K =$  kPa  
 $L_K =$  m. Valgt ledning: \_\_\_\_\_  
 $\Delta p_K =$  kPa (fra tabel C)
- Den største værdi for tryktab i koblingsledning = kPa

- 10. SAMLET TRYKTAB I INSTALLATION =** kPa  
 Skal være mindre end det disponible tryktab (pkt. 3)

Figur 4.17. Beregningstabeller og -skema til forenklet beregning efter fordelerrørsmetoden.

**7. Tryktab i fordelingsledning for koldt og varmt vand**

Ledning for koldt og varmt vand er ledningen fra måler til afgrening til vandvarmer.

Først opmåles ledningslængden  $L_{F1}$ . Dernæst vælges ledningsmateriale og ledningsdimension.

Med den valgte ledning som indgang findes tryktabet  $\Delta p_{F1}$  kPa/m af tabel B i figur 4.17 i linierne for BK og BV.

Det samlede tryktab beregnes som

$$L_{F1} \cdot \Delta p_{F1}.$$

**8. Tryktab i ledning for koldt eller varmt vand**

Ledning for koldt vand eller varmt vand er ledningen fra afgreningen til vandvarmeren til fordelerrør for koldt eller varmt vand afhængigt af om farligste punkt er et tapsted for koldt eller varmt vand.

Først opmåles ledningslængden  $L_{F2}$ . Dernæst vælges ledningsmateriale og ledningsdimension.

Med den valgte ledning som indgang findes tryktabet  $\Delta p_{F2}$  kPa/m af tabel B i figur 4.17 i linierne for BK eller BV.

Det samlede tryktab beregnes som

$$L_{F2} \cdot \Delta p_{F2} \text{ kPa.}$$

**9. Tryktab i koblingsledning**

Først beregnes koblingsledningen til det farligste punkt. Længden af ledningen  $L_k$  opmåles og ledningsmateriale og ledningsdimension vælges. Med det valgte som indgang findes tryktabet  $\Delta p_k$  kPa/m i tabel C i figur 4.17.

Det samlede tryktab beregnes som

$$L_k \cdot \Delta p_k \text{ kPa.}$$

De øvrige koblingsledninger dimensioneres derefter således at tryktabet i disse er mindre end i koblingsledningen til farligste punkt.

**10. Samlet tryktab i installation**

Det samlede tryktab i installationen (til farligste punkt) beregnes som summen af tryktabene beregnet under punkt 4-9. Det

Ventetider

samlede tryktab skal være mindre end det disponible tryktab beregnet under punkt 1-3. Det disponible tryktab bør udnyttes bedst muligt og hvis det ved en første gennemregning er udnyttet dårligt, bør der foretages en omregning, f.eks. med mindre dimensioner på fordelingsledningerne.

Den forenkledede beregning bør altid afsluttes med en kontrol af, at ventetiderne er acceptable, se kapitel 5.

**Eksempel 4.3. Enfamiliehus**

I figur 4.18 er der vist et eksempel på dimensionering efter fordelingsmetoden. Forudsætningerne er de samme som i eksempel 4.2.

A. *Tryktab i stik- og jordledninger  $\Delta p_s$  i kPa/m*

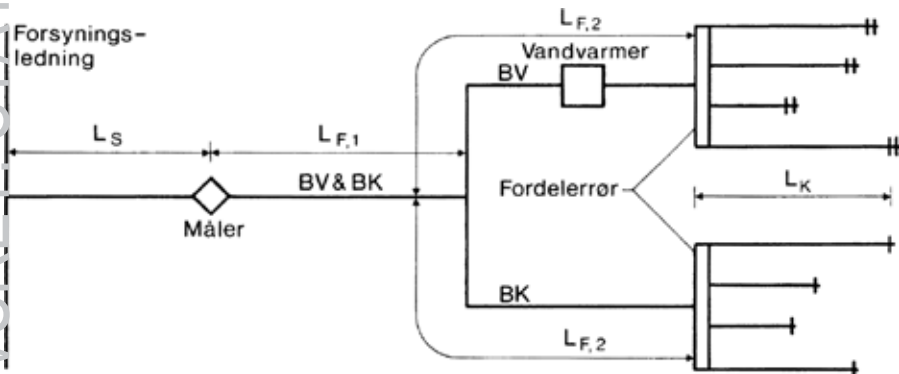
Rør	32 PEL	32 PEM	40 PEL	40 PEM
Tryktab i kPa/m	0,50	0,33	0,18	0,12

B. *Tryktab i fordelingsledninger  $\Delta p_F$  i kPa/m*

BK og BV:	Ledninger for både koldt og varmt vand, dvs. fra måler til afgrening til vandvarmer			
BK eller BV:	Ledninger for både koldt eller varmt vand, dvs. fra afgrening til vandvarmer til fordelerrør			
<b>PEX</b>	18 · 2,5	22 · 3,0	28 · 4,0	
BK og BV:	9,0	3,2	1,1	
BK eller BV:	6,6	2,4	0,8	
<b>Kobberrør</b>	15 · 1,0	18 · 1,0	22 · 1,0	28 · 1,2
BK og BV:	15	5,0	1,5	0,43
BK eller BV:	10	3,5	1,1	0,31
<b>Varmforzinkede stålrør</b>	15	20	25	32
BK og BV:	12	2,2	0,60	0,14
BK eller BV:	8,5	1,6	0,43	0,10

C. *Tryktab i koblingsledninger  $\Delta p_k$  i kPa/m*

<b>PEX-rør</b>	12 · 2,0	15 · 2,5	18 · 2,5	22 · 3,0
HV, WC: $q_f = 0,1$ l/s	5,0	1,6	0,45	0,17
KV, BR: $q_f = 0,2$ l/s	17	5,5	1,6	0,55
Kar: $q_f = 0,3$ l/s	33	12	3,2	1,2
<b>Kobberrør</b>	12 · 1,0	15 · 1,0	18 · 1,0	22 · 1,0
HV, WC: $q_f = 0,1$ l/s	2,2	0,60	0,21	0,07
KV, BR: $q_f = 0,2$ l/s	8,3	2,2	0,73	0,23
Kar: $q_f = 0,3$ l/s	19	4,6	1,6	0,50



Figur 4.18. Forenklet beregning efter fordelerrørsmetoden. Eksempel 4.3 Enfamiliehus. Installationen er den samme som i eksempel 4.2 (fortsættes).

OPHAVSRET · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

<b>1. Tryk i forsyningsledning</b>	$P_{in} =$	<b>314 kPa</b>
<b>2. Højdeforskel</b>		
Kote til farligste punkt $FP: Z_{FP} =$	<u>27,0 m</u>	
Kote til forsyningspunkt $F: Z_F =$	<u>23,6 m</u>	
Højdeforskel $H = Z_{FP} - Z_F =$	<u>3,4 m</u>	
<b>3. Disponibelt tryktab <math>= p_{in} - 10 \cdot H =</math></b>	<u><b>314 - 10 \cdot 3,4 =</b></u>	<b>280 kPa</b>
<hr/>		
<b>4. Særlige tryktab</b>		
Tryktab i an boring	2 kPa	
Tryktab i måler (3 m <sup>3</sup> )	20 kPa	
Tryktab i fordelerrør	20 kPa	
Tryktab i særlig store enkeltmodstande	<u>0 kPa</u>	
Sum	<u>42 kPa</u>	<b>42 kPa</b>
<b>5. Tryktab i taparmatur i FP</b>		<b>50 kPa</b>
Tryktabet kan sættes til det halve af tryktabet ved den forudsatte vandstrøm		
<b>6. Tryktab i stik- og jordledning</b>		<b>8 kPa</b>
$L_S \cdot \Delta p_S = 16 \cdot 0,5$		
$L_S = 16$ m. Valgt ledning: <u>32 PEL</u>		
$\Delta p_S = 0,50$ kPa/m (fra tabel A)		
<b>7. Tryktab i fordelingsledning for både koldt og varmt vand</b>		<b>38 kPa</b>
$L_{F,1} \cdot \Delta p_F = 7,6 \cdot 5$		
$L_F = 7,6$ m. Valgt ledning: <u>18 \times 1,0 CU</u>		
$\Delta p_F = 5$ kPa/m (fra tabel B: BK og BV)		
<b>8. Tryktab i fordelingsledning for koldt eller varmt vand</b>		<b>66 kPa</b>
$L_{F,2} \cdot \Delta p_F = 10 \cdot 6,6$		
$L_{F,2} = 10$ m. Valgt ledning: <u>18 \times 2,5 PEX</u>		
$\Delta p_F = 6,6$ kPa/m (fra tabel B: BK eller BV)		
<b>9. Tryktab i koblingsledninger</b>		
Til HV, WC mv. ( $q_F = 0,1$ l/s): $L_K \cdot \Delta p_K =$		kPa
$L_K =$	m. Valgt ledning: _____	
$\Delta p_K =$	kPa (fra tabel C)	
Til KV, BR mv. ( $q_F = 0,2$ l/s): $L_K \cdot \Delta p_K =$		kPa
$L_K =$	m. Valgt ledning: _____	
$\Delta p_K =$	kPa (fra tabel C)	
Til kar ( $q_f = 0,3$ l/s): $L_K \cdot \Delta p_K = 3,8 \cdot 12 =$	<u>46 kPa</u>	
$L_K = 3,8$ m. Valgt ledning: <u>15 \times 2,5 PEX</u>		
$\Delta p_K = 12$ kPa (fra tabel C)		
Den største værdi for tryktab i koblingsledning =		<u>46 kPa</u>
<b>10. SAMLET TRYKTAB I INSTALLATION =</b>		<b>250 kPa</b>
Skal være mindre end det disponible tryktab (pkt. 3)		

Figur 4.18 (fortsat). Forenklet beregning efter fordelerrørsmetoden. Eksempel 4.3 Enfamiliehus. Installationen er den samme som i eksempel 4.2.

## KAPITEL 5

Dimensionering af installationer  
for varmt brugsvand

Grundlag for dimensionering .....	129
Anlægstyper .....	130
Anlæg uden cirkulation .....	131
Isolering .....	131
Eksempel 5.1. Beregning af isoleringens indflydelse ....	131
Dimensionering ud fra ventetid .....	132
Eksempel 5.2. Enfamiliehus. Beregning af ventetid .....	134
Eksempel 5.3. Ventetider i et anlæg med fordelerrør ....	136
Muligheder for anlæg uden cirkulation .....	138
Anlæg med cirkulation .....	139
Vandets afkøling .....	139
Beregning af cirkulerende vandstrøm .....	141
Cirkulationsformer .....	141
Pumpecirkulationssystemer .....	142
Planlægning af cirkulationssystemer .....	142
Cirkulationsomfang .....	142
Fordelingsledninger .....	143
Cirkulationsledninger .....	143
Pumper .....	145
Tilslutning til vandvarmer .....	145
Hensyn til korrosion .....	145
Dimensionsgivende afkøling .....	146
Cirkulerende vandstrømme .....	147
Dimensionering af cirkulationssystemer .....	147
Forudsætninger for forenklede beregninger .....	147
Cirkulerende vandstrøm .....	148
Tryktab i cirkulationssystemet .....	149
Dimensionering af pumpe .....	150
Dimensionering af system med én kreds .....	151
Dimensionering af system med flere kredse .....	153

Termostatstyret cirkulation .....	154
Termostatventilers virkemåde .....	154
Placering af termostatventiler .....	154
Drift .....	156

## Grundlag for dimensionering

Specielle forhold  
for varmt vand

Der er ingen principiel forskel på ledningsdimensioneringen for koldt og varmt vand. Der gælder samme regler for beregning af dimensionsgivende vandstrømme og tryktab, så denne side er allerede dækket i kapitlerne 2, 3 og 4. Der er imidlertid nogle andre forhold, som gælder specielt for varmt vand.

1. Installationen skal kunne yde varmt vand i tilstrækkelig mængde og af passende temperatur ved tapstederne.
2. Der skal undgås energispild.
3. Brugeren skal ved tapning ikke vente urimeligt længe på det varme vand.

Det er disse hensyn, som danner baggrund for normens krav - selv om det i normen udtrykkes på en lidt anden måde.

Anlæg for varmt-  
vandsproduktion

En væsentlig del af normkravene går på anlægget for varmtvandsproduktion. Dimensionering af disse anlæg er behandlet i kapitel 9. En forudsætning for dimensioneringen er valg af de temperaturer, som er nødvendige eller ønskelige ved de forskellige typer af tapsteder. En vurdering af disse temperaturer er givet her i kapitlet.

Isolering

Sikring mod energispild sker primært med isolering. Selv om den varme, der afgives fra varmtvandsinstallationen, bliver i bygningen og kommer denne til gode, gælder dette kun i perioder med opvarmningsbehov. En varmtvandsinstallation isoleres som beskrevet i kapitel 13.

Vandspild

Isolering har også en betydning i relation til vandspild. Isolering bevirker, at varmetabet til omgivelserne bliver mindre, således at vandets afkøling mellem tapningerne reduceres. Er der imidlertid tale om en installation, hvorfra der kun tappes med lange mellemrum, kan isoleringen ikke forhindre, at vandet afkøles, og hvis stilstandsperioderne er lange nok, vil

brugsvandet antage samme temperatur som omgivelserne. Isolering alene kan således ikke bevirke, at vandspild undgås. Se i øvrigt kapitel 17.

Komfort

Varmtvandsinstallationer bør udføres således, at temperaturen senest 10 sekunder efter, at tapningen er påbegyndt, er tilfredsstillende. Normen angiver, at ventetiden kan beregnes med en vandstrøm på 0,2 l/s. Bestemmelsen i normen tilsigter primært at reducere vandspild - og det deraf følgende energispild - men sekundært sikrer kravet brugerne en vis komfort. I installationer, hvor brugerne lægger vægt på god komfort, bør ventetiden dog ikke overstige 2-5 sekunder.

Ved tapsteder, der bruges sjældent, f.eks. i gæstetoiletter i boliger og ved tapsteder, hvor der tappes større mængder blandet vand, f.eks. til karbade og tøjvask, kan der ses bort fra kravet om at undgå vandspild.

Ønsket temperatur

Ifølge normen skal varmtvandsstrømmen præsteres ved en temperatur, der passer til formålet. Dette har betydning for drift af anlægget, men det har også betydning for dimensionering og udformning.

Passende vandtemperaturer

Som retningslinje for en passende temperatur kan anvendes følgende:

- Vand til personlig hygiejne ..... min. 40 °C.
- Vand til opvask (hushold) ..... 45-55 °C.
- Vand til bækkenskylning ..... min. 85 °C.
- Vand til vask (erhverv) ..... min. 95 °C.

Det bemærkes, at der er tale om passende temperaturer for det tappede vand, og at varmtvandstemperaturen af andre årsager kan være højere.

Vandtemperaturen bør efter den vedtagne ventetid på 10 sekunder ikke afvige mere fra den ønskede værdi end ca. 2 °C.

## Anlægstyper

Når de angivne krav og hensyn skal respekteres, kan det ske med forskellige anlægstyper, som kan opdeles i to grupper:

1. Anlæg uden cirkulation.
2. Anlæg med cirkulation.

## Anlæg uden cirkulation

Når normens krav skal opfyldes i et anlæg uden cirkulation er det primært følgende foranstaltninger, der udføres:

- Isolering af varmtvandsledningerne.
- Ledninger fra varmtvandsbeholder til de kritiske tapsteder udføres med så små dimensioner, at ventetiden bliver acceptabel.
- Opretholdelse af varmtvandstemperaturen ved varmebændler.

### Isolering

Ledninger for varmt vand isoleres i henhold til DS 452 [litt. 5.1]. Hvor der går lang tid mellem to tapninger, har isoleringen dog ingen praktisk værdi, idet vandet efter en tid, der afhænger af isoleringens tykkelse, vil antage omgivelsernes temperatur. Man vil derfor aldrig kunne klare kravene med isolering alene og uden hensyntagen til ledningsdimensionens indflydelse på ventetiden. Når der er tale om meget lange ledninger, vil isoleringen imidlertid mindske afkølingen og dermed temperaturfaldet, når der tappes.

### Eksempel 5.1. Beregning af isoleringens indflydelse

Et 20 mm rør fører en vandstrøm på 0,2 l/s. Varmtvandstemperaturen er i gennemsnit 55 °C og omgivelsernes temperatur er 10 °C. Røret isoleres, og varmetabet er 9 W/m, se figur 13.6.

Temperaturfaldet pr. meter rør vil, når vandets varmekapacitet er 4200 J/kg·°C, være

$$\frac{9}{0,2 \cdot 4200} = 0,011 \text{ °C pr. m}$$

Hvis røret havde været uisolert, ville temperaturfaldet have været

$$\frac{45}{0,2 \cdot 4200} = 0,054 \text{ °C pr. m}$$

idet varmetabet pr. meter er ca. 45 W/m, se figur 13.10.

Afkøling ved stilstand

Ved en stilstandsperiode på 1/2 time mellem to tapninger vil det stillestående vand i den isolerede ledning afkøles til ca. 40 °C, dvs. i praksis til et for lavt niveau. Vandet i ledningen må derfor tappes af som spild før tilstrækkeligt varmtvand er fremme ved tapstedet.

### Dimensionering ud fra ventetid

I anlæg uden cirkulationsledning opfyldes normens vejledningstekst om maksimalt 10 sekunders ventetid lettest ved at gøre ledningerne så korte og så små som muligt.

Ved tapning fra et anlæg uden cirkulation må det påregnes, at hele ledningsstrækningen fra varmtvandsbeholder til tapsted skal tømmes, før temperaturen bliver tilfredsstillende. Dette gælder for såvel koblingsledning som for fordelingsledninger. Tiden, der medgår til tømning af ledningen, afhænger af ledningens længde og diameter samt af vandstrømmen. I henhold til normen kan vandstrømmen ved beregning af ventetiden sættes lig 0,2 l/s.

Ventetiden kan beregnes som

$$\tau = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \cdot L \cdot 0,2 = \text{ca. } 0,004 \cdot d_i^2 \cdot L$$

Her er

$\tau$  ventetiden i sekunder

$d_i$  rørets indvendige diameter i mm

$L$  ledningens længde i meter.

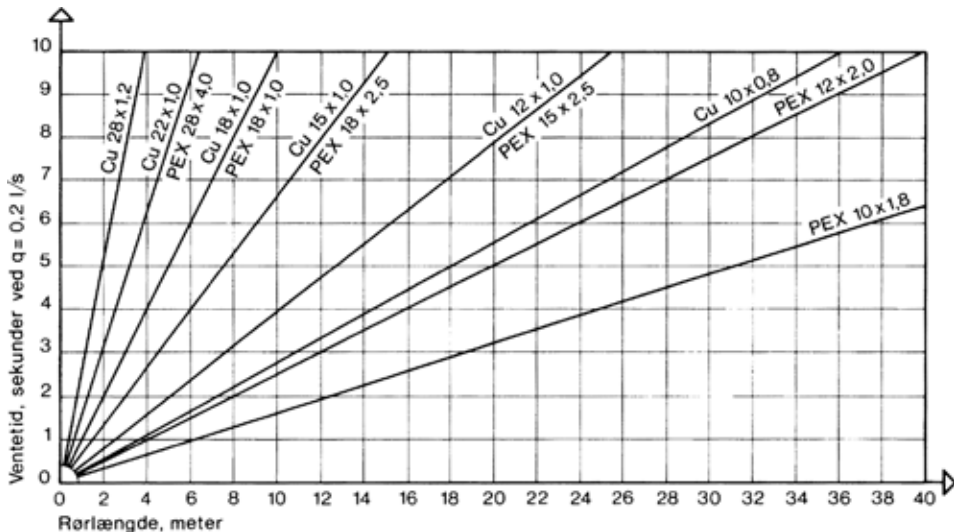
Består ledningsstrækningen af delstrækninger med forskellige diametre, skal ventetiden beregnes som summen af ventetiderne for hver enkelt strækning, og alle ventetider skal beregnes for 0,2 l/s, uanset der kan være tale om, at en del af strækningen kan være en fordelingsledning, der er dimensioneret for en større strøm. I figur 5.1 og 5.2 er udtrykket for ventetiden optegnet henholdsvis for kobberør efter DS 2110 og PEX-rør samt for stålør efter DIN 2444.

Såfremt koblings- og/eller fordelingsledninger udføres af kobberør, må strømningshastighederne ikke overstige de i

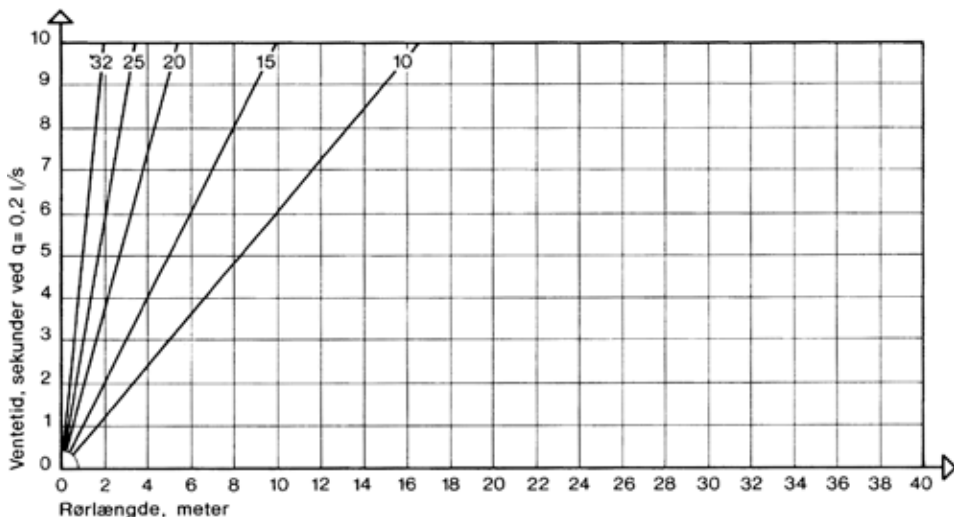
Anlæg uden cirkulation

Udtryk for beregning af ventetid

Max-hastigheder i kobberør



Figur 5.1. Ventetider ved brug af kobber- og PEX-rør i afhængighed af rørlængde konstrueret ud fra formelen  $\tau = 0,004 d_i^2 \cdot L$ . Betegnelsen på kurverne er udvendige diameter  $\cdot$  godstykkelse.



Figur 5.2. Ventetider ved brug af varmforzinkede stål-rør i afhængighed af rørlængde konstrueret ud fra formelen  $\tau = 0,004 d_i^2 \cdot L$ . Betegnelser på kurverne er nominelle diametre.

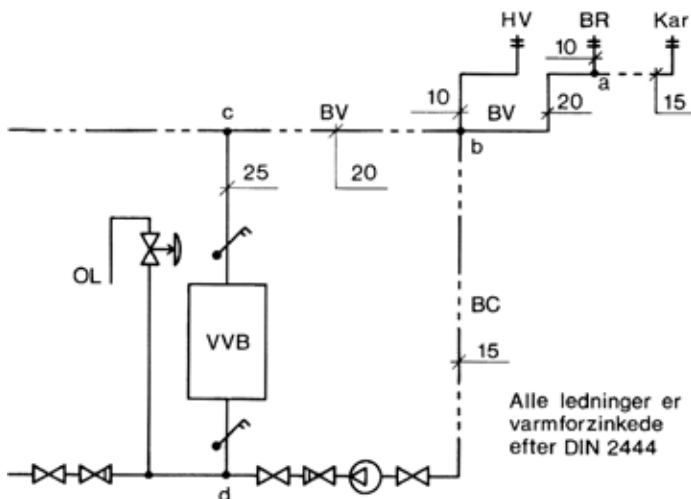
kapitel 3 anførte maksimalt tilladelige hastigheder med henblik på risikoen for turbulenskorrosion.

Hvis en ledningsdimension vælges efter figur 5.1 eller 5.2 skal man sikre sig, at tryktabet i ledningen (inkl. enkeltmodstande) ikke overstiger det disponible tryktab.

### Eksempel 5.2. Enfamiliehus. Beregning af ventetid

I et enfamiliehus er der projekteret den i figur 5.3 viste installation for varmt brugsvand. Det skal undersøges, om normens vejledning om max. 10 sekunders ventetid nødvendiggør udførelse af cirkulationsledning. Ved beregning af ventetiden anvendes diagrammet i figur 5.2 for hver enkelt ledningsstrækning.

Da badekarret er et eksempel på et tapsted, hvor man ikke behøver at anvende ventetidskriteriet, undersøges ventetiderne for bruser og håndvask.



Figur 5.3. Diagram over varmt vandsinstallation i enfamiliehus, eksempel 5.2. I eksemplet undersøges, om ventetiderne er acceptable.

Ventetiden, når der tappes ved bruser, beregnes således:

Ventetid ved tapning fra bruser

Ledningsstrækning	Ledningslængde m	Nominal diameter mm	Ventetid for $q=0,2$ l/s s
BR-a	0,3	10	0
a-b	1	20	2
b-c	5	20	9
c-VVB	1	25	3
Samlet ventetid		$\tau =$	14

For tapning ved håndvask fås:

Ventetid ved tapning ved håndvask

Ledningsstrækning m	Ledningslængde m	Nominal diameter mm	Ventetid for $q=0,2$ l/s s
HV-b	1	10	1
b-c	5	20	9
c-VVB	1	25	3
Samlet ventetid		$\tau =$	13

Beregningerne viser således, at ventetiderne for tapning ved bruser og håndvask er for lange, og at der derfor bør udføres cirkulation eller varmebændler.

Vurdering af vandspild

I henhold til normens vejledningstekst er begrænsningen af ventetiden baseret på et ønske om at gøre vandspildet ved tapning af for koldt vand rimeligt lille. Vandspildet ved de tre forskellige tapninger kan beregnes i følgende skema.

Vandindhold i rørstrækninger

Ledningsstrækning	Ledningslængde m	Nominal diameter mm	Vandindhold*) l/m	Vandindhold l
VVB-c	1	25	0,581	0,58
c-b	5	20	0,366	1,83
b-a	1	20	0,366	0,37
a-Kar	0,7	15	0,201	0,14
a-BR	0,3	10	0,123	0,04
b-HV	1	10	0,123	0,12

\*) Vandindhold pr. meter fremgår af figur 5.5.

Vandspildet bliver ved tapning fra de forskellige tapsteder:

$$\text{Kar: } 0,58 + 1,83 + 0,37 + 0,14 = 2,92 \text{ l}$$

$$\text{Bruser: } 0,58 + 1,83 + 0,37 + 0,04 = 2,82 \text{ l}$$

$$\text{HV: } 0,58 + 1,83 + 0,12 = 2,53 \text{ l}$$

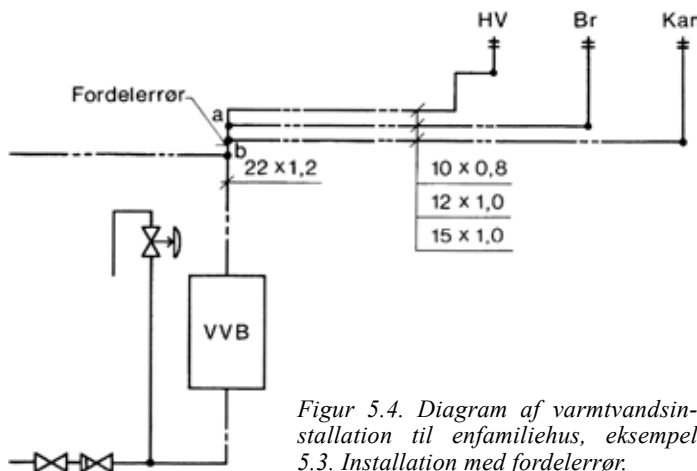
Det bemærkes, at en ventetid på 10 s ved vandstrøm på 0,2 l/s svarer til et vandspild på 2 liter.

Valg af cirkulationsledning

Hvis disse størrelser for vandspild skal kunne udnyttes ved placering af en cirkulationsledning, kan følgende ræsonnement anvendes. I almindelighed vil det være sådan, at badeinstallationerne vil blive benyttet sjældnere end installationen for håndvasken, og da vandspildet stort set er det samme ved de tre tapninger, vil den rimeligste løsning være, at en eventuel cirkulationsledning føres fra pkt. b til varmtvandsbeholderen. Eventuelt kan samme strækning holdes opvarmet med varmebændler.

### Eksempel 5.3. Ventetider i et anlæg med fordelerrør

I et enfamiliehus er der projekteret den i figur 5.4 viste installation for varmt vand. Ventetiderne for tapning fra de tre tapsteder ønskes beregnet. Der regnes med, at strækning a-VVB = b-VVB = 1 m. Ved beregning af ventetid anvendes diagrammet i figur 5.1 for hver enkelt ledningsstrækning. Der er anvendt kobberør.



Figur 5.4. Diagram af varmtvandsinstallation til enfamiliehus, eksempel 5.3. Installation med fordelerrør.

For tapning fra bruser fås:

Ventetid ved  
tapning  
fra bruser

Lednings- strækning	Lednings- længde m	Nominel diameter mm	Ventetid $q = 0,2$ l/s s
BR-a	6,3	12 • 1,0	3
a-VVB	1	22 • 1,0	1
Samlet ventetid		$\tau =$	4

For tapning ved håndvask:

Ventetid ved  
tapning  
ved håndvask

Lednings- strækning	Lednings- længde m	Nominel diameter mm	Ventetid $q = 0,2$ l/s s
HV-a	7	10 • 0,8	2
a-VVB	1	22 • 1,0	2
Samlet ventetid		$\tau =$	4

Denne installation giver således tilfredsstillende ventetider.

Vandspildet ved tapninger til kar, bruser og håndvask kan beregnes i følgende skema:

Vandindhold i  
rørstrækninger

Lednings- strækning	Lednings- længde m	Nominel diameter mm	Vand- indhold <sup>1)</sup> l/m	Vand- indhold l
VVB-a	1	22 • 1,0	0,314	0,31
b-kar	6,7	15 • 1,0	0,133	0,89
a-BR	6,3	12 • 1,0	0,079	0,50
a-HV	7	10 • 0,8	0,055	0,39

1) Vandindholdet pr. meter rør fremgår af figur 5.5.

Vandspildet bliver ved tapning fra de forskellige steder:

- Kar:  $0,31 + 0,89 = 1,20$  l.
- Bruser:  $0,31 + 0,50 = 0,81$  l.
- HV:  $0,31 + 0,39 = 0,70$  l.

## Varmforzinkede stålrør (DIN 2444)

nominel diameter, mm	10	15	20	25	32	40	50
Vandindhold i l pr. meter rør	0,123	0,201	0,366	0,581	1,01	1,37	2,21

## Kobberrør.

Udv.diam.

× godstykkelse, mm

10×0,8	12×1,0	15×1,0	18×1,0	22×1	28×1,2	35×1,5	42×1,5	54×1,5
--------	--------	--------	--------	------	--------	--------	--------	--------

## Vandindhold

i l pr. meter

rør	0,055	0,079	0,133	0,201	0,314	0,515	0,804	1,20	2,04
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------

## PEX-rør. Udvendig diameter

× godstykkelse, mm

10×1,8	12×2,0	15×2,5	18×2,5	22×3,0	28×4,0
--------	--------	--------	--------	--------	--------

Vandindhold i l pr. meter rør	0,032	0,050	0,079	0,133	0,201	0,314
-------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Figur 5.5. Tabel over vandindhold pr. meter rør for forskellige rørdiameter. Anvendes i forbindelse med beregning af vandspild ved aftapning fra varmtvandsinstallation.

### Muligheder for anlæg uden cirkulation

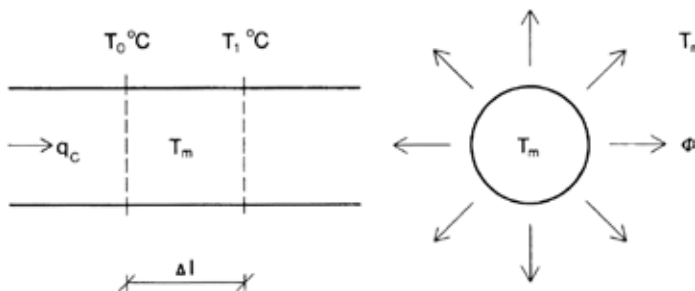
De to gennemregnede eksempler 5.2 og 5.3 viser de veje, man kan gå, hvis man vil udføre et anlæg uden cirkulationsledning.

Der er i eksempel 5.2 tale om et traditionelt anlæg, hvor der er fremført en fordelingsledning, hvortil koblingsledningerne sluttes. I eksempel 5.3 er behandlet en anden anlægstype, hvor der umiddelbart ved varmtvandsbeholderen er anbragt et fordelerrør, og fra dette er der ført koblingsledninger ud til tapstederne.

Eksemplerne viser, at det ofte er lettere at udføre et fordelerrørsanlæg uden cirkulation, end det er tilfældet for et traditionelt anlæg. Beregningerne viser, at ventetider og vandspild er klart gunstigst i installationen i eksempel 5.3. En ulempe ved denne installation er, at tryktabene ved tapning er relativt store. Der er dog normalt så rigeligt tryk til rådighed, at der kan udføres op til 30-40 m lange ledninger uden cirkulation og uden at ventetiden bliver større end de 10 sekunder, se figur 5.1 og 5.2.

## Anlæg med cirkulation

Normens krav om undgåelse af uønskede temperaturfald kan opfyldes, såfremt installationen for varmt vand udføres med cirkulation gennem vandvarmeren. Ved etablering af cirkulationssystemet kan man opnå, at afkølingen af det varme vand holdes inden for visse grænser, og at det varme vand med korte ventetider er fremme ved tapstedet med en tilfredsstillende temperatur.



Figur 5.6. Afkøling af vand langs en rørstrækning.

### Vandets afkøling

Afkølingen af det strømmende varme vand skyldes varmetabet fra vandet til omgivelserne, der i almindelighed har en lavere temperatur end vandet. Varmetabet fra en ledningsstrækning med længde  $\Delta L$ , se figur 5.6 kan beregnes af:

$$\phi = k \cdot (T_i - T_e) \cdot \Delta L$$

Udtryk for rørets  
varmetab

Her er

$\phi$  varmetabet i W

$k$  varmetabet pr meter rør i  $W/(m \cdot ^\circ C)$ .  $k$  afhænger bl.a. af rørmateriale og -dimension og isoleringsmateriale og -tykkelse.  $k$  kaldes ofte for rørtransmissionstallet

$T_i$  vandets middeltemperatur i  $^\circ C$

$T_e$  omgivelsernes temperatur i  $^\circ C$ .

Den varme, som tabes fra røret, bevirker en afkøling af vandstrømmen. Afkølingen er angivet ved:

Udtryk for vandets afkøling

$$\Delta T = \frac{\phi}{q_c \cdot \rho \cdot c}$$

Her er

$\Delta T$  afkølingen i °C

$\phi$  varmetabet i W

$q_c$  den cirkulerende vandstrøm i l/s

$\rho$  vandets massefylde i kg/l

$c$  vandets varmekapacitet i J/(kg · °C)

Indsættes heri

$$\rho = 1 \text{ kg/l}$$

$$c = 4200 \text{ J/(kg} \cdot \text{°C)}$$

fås afkølingen i °C som funktion af varmetab og vandstrøm.

$$\Delta T = \frac{\phi}{4200 \cdot q_c}$$

hvor  $q$  er angivet i l/s. Hvis vandstrømmen angives i 1/h  $q'_c$ , fås:

$$\Delta T = \frac{\phi}{1,17 \cdot q'_c}$$

Det fremgår heraf, at afkølingen er omvendt proportional med den cirkulerende vandstrøm. I en given installation kan man derfor nedsætte afkølingen ved at øge den cirkulerende vandstrøm.

I udtrykket for rørets varmetab indgår omgivelsernes,  $T_e$ . Denne temperatur må skønnes i hvert enkelt tilfælde. Som vejledende værdier angives:

*I bygninger*

Opvarmede rum ..... 18-22 °C

Uopvarmede kældre ..... 10-15 °C

Udluftede tagrum ..... -5/+5 °C

Varmecentraler ..... 25-30 °C

Krybekældre ..... 0 °C

Ingeniørgange ..... 20-25 °C

Rørskakte ..... 30-35 °C

Afkøling som funktion af vandstrøm og varmetab

Omgivelsernes temperatur

Det bemærkes, at varmtvandsrør normalt skal anbringes således, at varmetabet kommer bygningen til gode. Placering i krybekældre og tagrum, der er ventileret til det fri, bør ikke ske.

### *I jord*

Afhængig af jordart og jorddækningsens højde .....0-8 °C.

Vandets middeltemperatur

Ved beregning af varmetabet er det nødvendigt at kende vandets middeltemperatur. I princippet kan denne ikke bestemmes, før installationen er fastlagt og den cirkulerende vandstrøm ( $q_c$ ) kendes for alle ledningsstrækninger. Ved beregning af varmetabet vil det dog i almindelighed være tilstrækkeligt at regne med samme middelvandtemperatur ( $T_m$ ) for alle ledninger i en given installation, og et rimeligt skøn vil da være at regne  $T_m$  som er den laveste acceptable temperatur ved tapstederne.

I anlæg, hvor det varme vand primært skal bruges til almindeligt husholdningsbrug (personlig hygiejne, vask og rengøring) regnes med  $T_m = 55$  °C ved beregning af varmetabet.

### **Beregning af cirkulerende vandstrøm**

Når varmetabet  $\phi$  er bestemt, og den tilladelige afkøling  $\Delta T$  er fastsat, kan den cirkulerende vandstrøm  $q_c$  findes

$$q_c = \frac{\phi}{\Delta T \cdot 4200}$$

hvor  $q_c$  fås i l/s, når  $\phi$  er angivet i W. Hvis vandstrømmen ønskes angivet i l/h, bliver udtrykket

$$q'_c = \frac{\phi}{\Delta T \cdot 1,16}$$

I kapitel 13, Isolering, er beskrevet, hvorledes varmetabet kan beregnes.

### **Cirkulationsformer**

Cirkulationen kan etableres ved:

- Naturlig cirkulation.
- Pumpecirkulation.

Naturlig  
cirkulation

Tidligere anvendtes ofte naturlig cirkulation, dvs. at cirkulationen bliver drevet af vægtyldeforskellen mellem det kolde og det varme vand. Systemet anvendes nu kun enkelte steder og skal ikke omtales nærmere.

Pumpecirkulation

I nyere installationer anvendes så godt som altid pumpecirkulation. Pumpen monteres normalt i cirkulationsledningen, f.eks. som vist på figur 5.3.

## Pumpecirkulationssystemer

Formålet med et cirkulationssystem er primært at begrænse det vand- og energispild, der opstår, når varmtvandstemperaturen ved en tapnings start er uacceptabel lav. Et cirkulationssystem begrænser således ventetiden på det varme vand, og det indebærer således også, at installationens brugere får en god komfort.

Cirkulationssystemet består af:

- De almindelige fordelingsledninger til tapstederne - dimensioneret som angivet i kapitel 4 og 5.
- Cirkulationsledninger med regulerings- og indreguleringsarmaturer.
- Cirkulationspumpe.
- Tilbagestrømningssikring.
- Vandvarmere, hvor det cirkulerede vand genopvarmes.

## Planlægning af cirkulationssystemer

### Cirkulationsomfang

Cirkulationsbehov

Omfanget af cirkulationssystemet bestemmes af hvilke tapsteder, der har behov for cirkulation. Retningslinier for dette er angivet i det foregående. Hvis cirkulation er nødvendig kan det være en fordel bl.a. af komfortsyn at udføre cirkulation til alle tapsteder og at gøre ledninger uden cirkulation så korte som muligt.

Omfanget af cirkulationen kan begrænses ved at holde temperaturen oppe i dele af installationen ved hjælp af elektrisk opvarmning (varmebændler).

### Fordelingsledninger

Fordelingsledningerne til tapstederne lægges således, at varmetabet kommer bygningen til gode, og placering i kolde rum bør undgås.

Det bør tilstræbes, at tapsteder med samme brugsmønster – specielt sjældent brugte tapsteder – tilsluttes samme fordelingsledninger. Det giver mulighed for at undgå cirkulation i dele af installationen.

Fordelingsledninger uden cirkulation bør udføres i så små dimensioner som muligt.

### Cirkulationsledninger

Ved planlægning af cirkulationssystemet er det vigtigt, at også indreguleringen og driften af systemet inddrages. I figur 5.7 er der skitseret tre karakteristiske eksempler på, hvorledes man i praksis kan udføre et cirkulationssystem.

Skitse A viser et system, hvor man kun lader hovedfordelingsledningen indgå i cirkulationssystemet. Det er en betingelse for anvendelsen af systemet, at den cirkulerende vandstrøm er så stor, at temperaturerne i pkt.  $a_1$ - $a_4$  mindst er den lavest acceptable for de tapsteder, der forsynes fra det pågældende punkt, og at ventetiden ved tapning ikke overstiger 10 sekunder. Ventetiden beregnes som tømningstiden ved en vandstrøm på 0,2 l/s for de lodrette ledninger, der udgår fra pkt.  $a_1$ - $a_4$ .

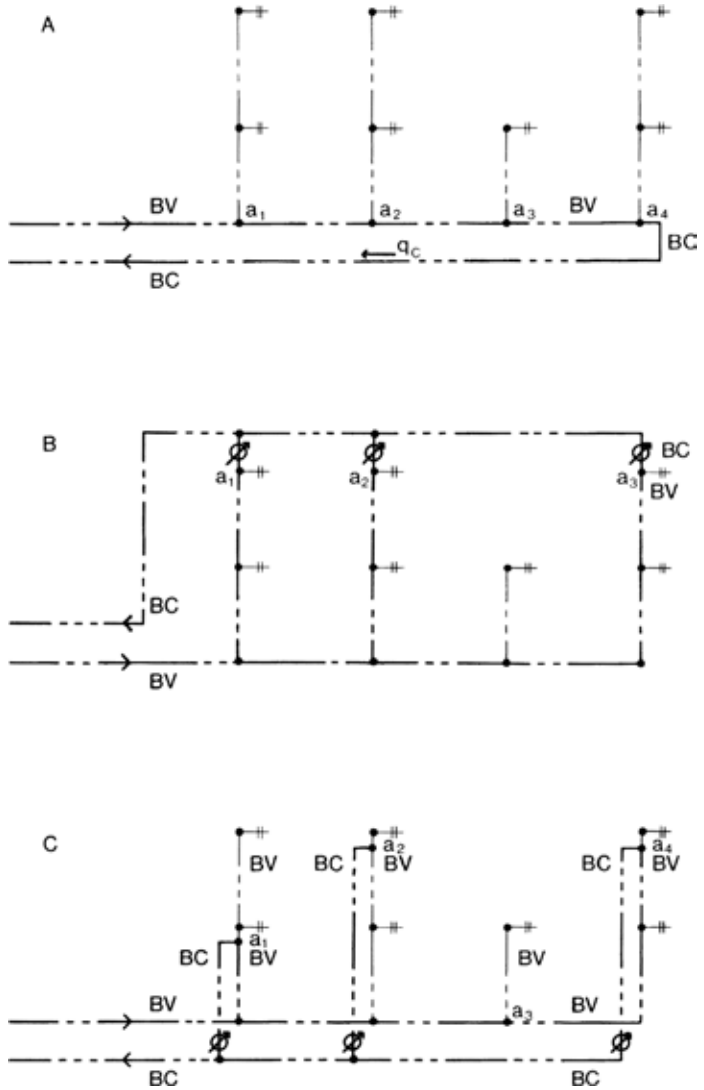
Det skitserede system er et typisk sparesystem, der er billigt i anlæg, og da det er et system med én cirkulationskreds, er det let at indregulere. Systemet er også velegnet i forbindelse med et fordelerrørsarrangement. Fordelerrørene monteres umiddelbart ved punkterne  $a_1$  ...  $a_4$  og herfra trækkes koblingsledninger til hvert enkelt tapsted.

Systemet, der er vist på skitse B, er en udbygning af system A (se ovenfor) og anvendes, hvor system A vil medføre for lange ventetider, eller hvor man af komfortmæssige årsager vil reducere ventetiderne.

Systemet har flere kredse og kræver derfor en indregulering, dels for at sikre passende temperaturer i punkterne  $a_1$  ...  $a_3$ , og dels for at sikre mod »kortslutning«, der i kobber-rørs-installationer kan medføre utilsigtede store strømnings-

Cirkulation i hovedfremløbsledning – alene

Cirkulation i alle strenge



Figur 5.7. Eksempler på cirkulationssystemer.

Cirkulation i alle fordelingsledninger

hastigheder. Indreguleringsmæssigt kan det være en fordel at udføre cirkulationsledningen som en »vendt retur«.

Systemet, der er vist på skitse C, inddrager praktisk talt alle fordelingsledninger i cirkulationssystemet. Herved opnås meget små ventetider. Systemet har flere kredse, og vedrørende indregulering gælder, hvad der er anført for system B.

Cirkulationsledningen bør ikke placeres i et uisoleret tagrum eller lignende, da der vil være risiko for frostsprængninger, såfremt cirkulationspumpen ikke er i drift.

### **Pumper**

Pumper anbringes normalt i cirkulationsledninger ved deres tilslutning til vandvarmeren.

Pumpens ydelse bør være regulerbar, alternativt kan der anbringes en forindstillingsventil i serie med pumpen.

Pumpen anbringes af reparationshensyn mellem 2 afspæringsventiler.

Pumpen bør normalt være forsynet med en urstyring, således at cirkulationen kan afbrydes i perioder, hvor der ikke er behov for cirkulation.

### **Tilslutning til vandvarmer**

Cirkulationsledningen tilsluttes enten på koldt vandstilgangen til vandvarmeren eller på en særlig studs på vandvarmeren efter fabrikantens anvisninger. På tilslutningen skal der anbringes en kontraventil. Af hensyn til funktionskontrol, reparation eller udskiftning bør kontraventilen anbringes mellem to afspæringsventiler.

Kobberrørssystem

### **Hensyn til korrosion**

I kobberrørssystemer, der normalt ikke er korrosionsbeskyttet med elektrolyse, skal man for at undgå turbulenskorrosion sikre, at strømningshastigheden ved den cirkulerende vandstrøm ikke overstiger 0,5 m/s. Kravet gælder for alle ledninger i systemet, og når et cirkulationssystem består af flere kredse, er det derfor nødvendigt at kunne foretage en indregulering af systemet. Dette gælder både for små og for store installationer.

Stålrørs-  
systemer

I cirkulationssystemer udført af varmførzinkede stålrør, der er korrosionsbeskyttet med elektrolyseanlæg, er korrosionsbeskyttelsens effektivitet stærkt afhængig af, at cirkulationssystemet fungerer korrekt.

Normen angiver, at strømningshastigheden bør være mindst 0,05-0,1 m/s, men nyere erfaringer viser, at strømningshastigheden er et mindre godt mål at arbejde med. Det er derimod vigtigere at sikre sig, at der reelt er cirkulation end at opnå en vis mindste hastighed. Dette forhold skal tages i betragtning, når man vælger dimensioner på rør og forindstillingsventiler, idet der ved små gennemstrømningsåbninger er stor risiko for tilstopninger på grund af kalkafsætninger og korrosionsprodukter, der er opslæmmet i vandet. For at undgå tilstopning bør den mindste nominelle diameter, der anvendes i cirkulationssystemet, være 15 mm, og forindstillingsventiler bør stilles til mindst »75 pct.«-åbning – se næste afsnit om dimensionsgivende afkøling.

### Dimensionsgivende afkøling

Den størrelse, der er afgørende for dimensionering af cirkulationssystemet, dvs. fastlæggelse af cirkulationsledningens dimensioner og pumpestørrelser, er afkølingen i systemet.

Den dimensionsgivende afkøling fastlægges som forskellen mellem afgangstemperaturen i vandvarmeren og den mindste acceptable returtemperatur, dvs. temperaturen i cirkulationsledningen ved tilslutningen til vandvarmeren.

Normen angiver, at afgangstemperaturen bør kunne holdes på mindst 55 °C. Af korrosionsmæssige årsager bør temperaturen i vandvarmeren ikke overstige 60 °C, og den temperatur, der vælges afhænger bl.a. af dimensioneringen af vandvarmeren, se kapitel 9.

Normen angiver at temperaturen ved tapstederne bør være mindst 50 °C. Det kan anbefales, at temperaturen i hele cirkulationssystemet holdes på mindst 50 °C, dvs. at temperaturen ved tapstederne bliver nogle grader højere end det, normen angiver som mindste temperatur.

I almindelige installationer vil den dimensionsgivende afkøling således være 5-10 °C. Det skal dog bemærkes, at i mindre installationer bliver den cirkulerende vandstrøm så lille, at

Afgangstemperatur  
i vandvarmer

Returtemperatur

der bliver problemer med indregulering og afsætning mv. at det kan være hensigtsmæssigt at arbejde med afkølinger på 2-3 °C.

### Cirkulerende vandstrømme

Vandstrømmene i cirkulationssystemet beregnes ud fra formlen

$$q_c = \frac{\phi}{\Delta T \cdot 4200}$$

Her er  $\phi$  varmetabet i W og  
 $\Delta T$  afkølingen i °C.

Formlen anvendes såvel på det samlede system som på de enkelte ledningsstrækninger.

### Dimensionering af cirkulationssystemer

Min. 50 °C

Ved dimensioneringen af et cirkulationssystem skal man sikre sig, at temperaturen i alle punkter mindst er den temperatur, der er tilfredsstillende ved de enkelte tapsteder - dog mindst 50 °C.

Tilstopning

Ved dimensioneringen skal man yderligere sikre sig, at vandstrømmene bliver så store, at der ikke bliver problemer med tilstopning i ledninger og ventiler.

Disse krav kan opfyldes af mange sæt parametre, dvs. pumpeydelse, dimensioner, isoleringsgrad og vandstrømme, og det er derfor hensigtsmæssigt at følge en forenklet metode, hvor man bestemmer den samlede cirkulerende vandstrøm og en vandstrømsfordeling i systemet, der tilfredsstillende temperaturkravene.

Herudfra foretages en beregning af dimension, af forindstillingsventilens indstilling og af pumpen, der sikrer denne vandstrømsfordeling.

### Forudsætninger for forenkede beregninger

Varmetab

Hvis ledningerne opfylder følgende forudsætninger, nemlig

- at de er isoleret efter DIF's Norm for termisk isolering af tekniske installationer, DS 452,

- at ledningsdimensionerne ikke overstiger 50 mm,
- at ledningerne er placeret i rum med en rumtemperatur på mere end 10 °C
- at vandtemperaturen er 50 °C,

kan man med god tilnærmelse regne med, at varmetabet er  $\phi = 12$  W pr. meter ledning.

Afkøling

Afkølingen fra anlægget for varmtvandsproduktion og ud til installationens fjerneste koblingspunkt kan sættes til

$$\Delta T = 3 \text{ °C}$$

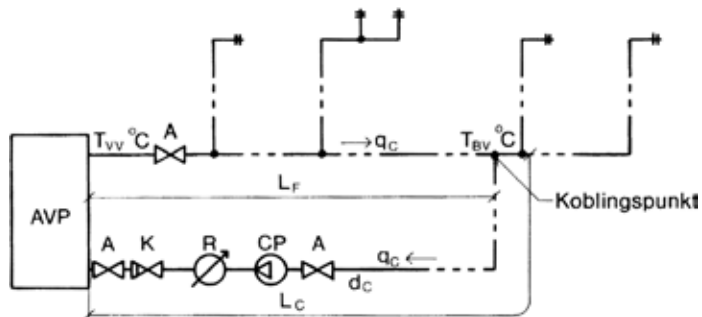
hvilket f.eks. i en boliginstallation svarer til en afgangstemperatur fra vandvarmeren på ca. 55 °C og en temperatur ved cirkulationsledningens tilslutning til vandvarmeren på ca. 50 °C.

### Cirkulerende vandstrøm

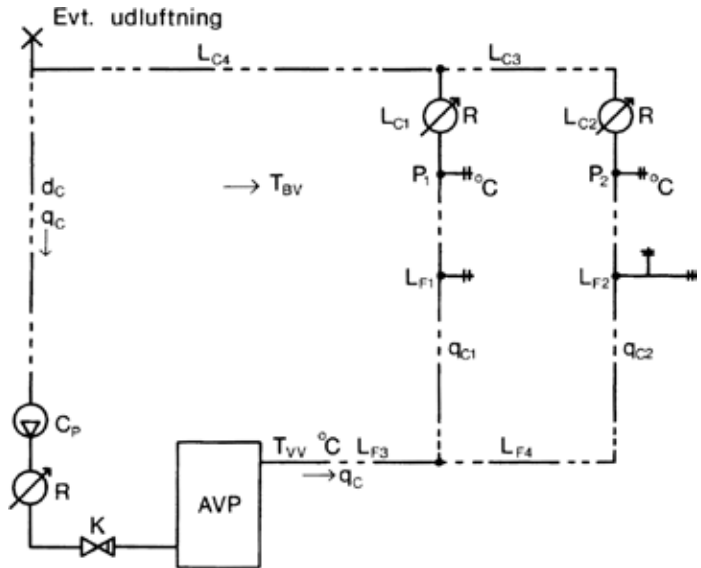
Under ovenstående forudsætninger kan den cirkulerende vandstrøm  $q_c$ , dvs. den vandstrøm, der netop sikrer, at temperaturfaldet er 3 °C, beregnes som

$$q_c = \frac{12}{3 \cdot 1,16} L = \text{ca. } 3,5 \cdot L \text{ l/h} \sim \text{ca. } 0,001 \cdot L \text{ l/s}$$

hvor  $L$  er summen af længderne ( $L_{F1}$ ,  $L_{F2}$  ...) af alle de ledninger i cirkulationssystemet, der fører til tapsteder, se figur 5.8 og 5.9.



Figur 5.8. Principskitse af cirkulationssystem med én kreds.



Figur 5.9. Principskitse af cirkulationssystem med to kredse.

Tryktab i frem-  
løbsledning

### Tryktab i cirkulationssystemet

Den vandstrøm  $q_c$  der skal til for at opnå tilfredsstillende temperaturforhold i et cirkulationssystem, er meget lille i forhold til f.eks. den forudsatte vandstrøm for en håndvask. Dette medfører, at tryktabene for den cirkulerende vandstrøm  $q_c$  i de ledninger (fremløbsledningerne), der under tapning fører vand ud til tapstederne, er så små, at der kan ses bort fra dem.

Herudover er der tryktabene i cirkulationsledningen og de armaturer mv., der er placeret i denne. Disse armaturer er primært forindstillingsventiler samt kontraventiler, der altid skal placeres i cirkulationsledningen for at sikre mod forkert strømretning under tapning.

Kontraventil

Tryktabet i kontraventiler afhænger af ventilens konstruktion og størrelse, og det skal bemærkes, at man i de fleste tilfælde ikke kender (eller har målt) tryktabet i kontraventiler ved de meget små vandstrømme, der her er tale om. For fjederbelastede kontraventiler kan man dog regne med det såkaldte løftningstryk, dvs. det tryk, der skal til for at åbne ventilen.

Ved de følgende beregninger er løftningstrykket sat til  $\Delta p_k = 5$  kPa. De forskellige ventiltyper kan imidlertid have forskellige løftettryk. Der henvises til VA-godkendelserne.

Forindstillings-  
ventil

Tryktabet i forindstillingsventilerne afhænger også af konstruktion og størrelse. Ved de følgende beregninger bestemmes det nødvendige tryktab  $\Delta p_R$  i eventuelle reguleringsventiler således, at vandstrømmen gennem dem ikke overstiger den, der er nødvendig for at sikre en passende temperatur ( $T_{BI}$ ) ved tapstederne.

Tryktab i cirku-  
lationsledning

Tryktabet i cirkulationsledningen afhænger af den cirkulerende vandstrøm  $q_c$  og af ledningens dimension og længde samt af de aktuelle enkeltmodstande. I de følgende beregninger regnes tryktabet i enkeltmodstande til 25 pct. af tryktabet  $\Delta p_c$  i de lige rør.

### Dimensionering af pumpe

Pumpen dimensioneres på grundlag af en pumpekaraktistik. Dertil må kendes den nødvendige pumpeydelse, dvs.

$q_p$  den nødvendige vandstrøm fra pumpen  
 $\Delta p_p$  den nødvendige trykforøgelse over pumpen.

Vandstrøm

Pumpen skal yde den tidligere beregnede cirkulerende vandstrøm  $q_c$  l/h

$$q_p = q_c = 3,5 \cdot L$$

Trykforøgelse

Trykforøgelsen i kPa skal mindst være

$$\Delta p_p = 1,25 \cdot \Delta p_c + 5$$

hvor  $\Delta p_c$  er tryktabet i de lige strækninger i cirkulationsledningen.

Såfremt den valgte pumpe har for stor en ydelse, optages det overskydende trykfald,  $\Delta p_R$ , i reguleringsventilen. Hvis pumpen ved vandstrømmen  $q_c$  kan præstere en trykforøgelse på  $\Delta p_{faktisk}$ , så findes

$$\Delta P_R = \Delta p_{faktisk} - 1,25 \cdot \Delta p_c - 5$$

Ventilen bør kunne indstilles til et givet trykfald ud fra en forindstillingskurve eller lignende.

**Dimensionering af system med én kreds**

I det tilfælde, hvor cirkulationsledningens længde med tilnærmelse er lig fremløbsledningens, kan pumpens nødvendige ydelse bestemmes af figur 5.10. I andre tilfælde anvendes følgende fremgangsmåde:

Cirkulerende vandstrøm

*1. Bestemmelse af cirkulerende vandstrøm*

$q_c = 3,5 \cdot L_F$  l/h = nødvendig pumpevandstrøm, idet  $L_F$  er længden af fremløbsledning fra varmtvandsbeholder til cirkulationspunkt.

Tryktab

*2. Bestemmelse af tryktab i cirkulationskreds*

$L_c$ , længden af cirkulationsledning fra cirkulationspunkt til varmtvandsbeholder, bestemmes.

Cirkulationsledningens dimension,  $d_c$ , vælges.

Med  $d_c$  og  $q_c$  som indgangsværdier bestemmes  $R$ , tryktabet pr. meter ledning af cirkulationsledningen ved hjælp af nomogrammerne i kapitel 2. Tryktabet i cirkulationsledningen ekskl. enkeltmodstande er da

$$\Delta p_c = R \cdot L_c$$

*3. Bestemmelse af nødvendig trykforøgelse i pumpen*

Den nødvendige trykforøgelse i kPa er

$$\Delta p = 1,25 \cdot \Delta p_c + 5$$

De 5 kPa svarer til tryktabet (løftningstrykket) i en fjederbelastet kontraventil. Løftningstrykket bør dog søges nøjere oplyst, og den rigtige værdi indsættes.

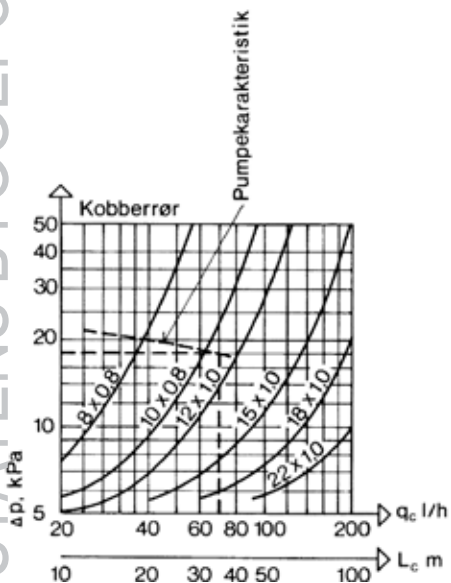
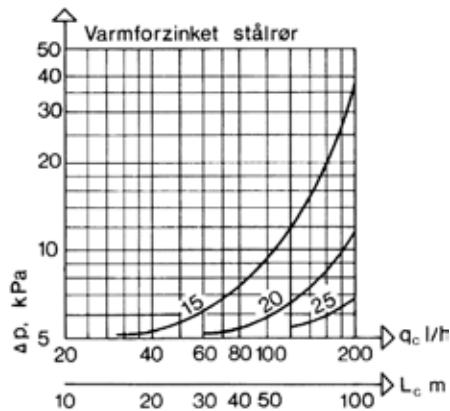
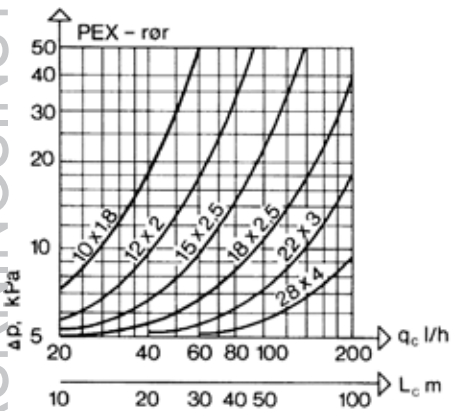
*4. Valg af pumpe*

Pumpen vælges ud fra en pumpekarakteristik. Ved aflæsning på pumpekarakteristik ud for  $q_c$  fås som regel en trykforøgelse,  $\Delta p_{faktisk}$ , der er for stor.

*5. Valg af indstilling af reguleringsventil*

Ventilen vælges og indstilles til at optage trykfaldet

$$\Delta p_R = \Delta p_{faktisk} - \Delta p$$



Figur 5.10. Forenklet dimensionering af cirkulationssystem med én kreds.

$L_c = L_F \pm 20\%$  se figur 5.8.

De anvendte symboler er:

$L_c$  = længden (m) af cirkulationsledning regnet fra varmtvandsbeholder til fjerneste koblingspunkt.

$q_c$  = cirkulerende vandstrøm (l/h) = pumpeydelse.

$\Delta p$  = tryktab i cirkulationskreds = pumpe trykforøgelse ved  $q_c$ .

Eksempel:

I et familiehues haves  $L_F = L_c = 20$  m

$q_c = 3,5 \cdot 20 = 70$  l/h

Cirkulationsledningens dimension vælges til 12 · 1,0 mm kobberrør

$\Delta p_p$  = pumpe trykforøgelse = 14 kPa.

Der vælges en pumpe, der ved et tryk på 18 kPa yder 70 l/h, pumpe karakteristisk er indtegnet.

Der bør monteres en reguleringsventil, der ved en vandstrøm på 70 l/h, skal have en modstand på 18 - 14 = 4 kPa.

**Dimensionering af system med flere kredse**

Korrekt dimensionering af systemer med flere kredse er tidsrøvende, men for systemer af begrænset udstrækning kan det normalt forsvares at anvende følgende forenkede metode, der i det følgende er beskrevet for et system med 2 kredse, se figur 5.9.

*1. Bestemmelse af den cirkulerende vandstrøm*

$$q_c = 3,5 \cdot L_F = 3,5 \cdot (L_{F1} + L_{F2} + L_{F3} + L_{F4})$$

*2. Fordeling af vandstrøm på de enkelte kredse*

$q_c$  l/h fordeles efter længderne af de enkelte kredse

$$q_{c1} = \frac{L_{F1}}{(L_{F1} + L_{F2} + L_{F3} + L_{F4})} \cdot q_c$$

$$q_{c2} = \frac{L_{F2} + L_{F4}}{(L_{F1} + L_{F2} + L_{F3} + L_{F4})} \cdot q_c$$

*3. Tryktab over de enkelte strækninger af cirkulationsledningen*

Tryktabet bestemmes ud fra  $q_c$ ,  $q_{c1}$  og  $q_{c2}$  med de valgte dimensioner ud fra

$$\Delta p_{c1} = 1,25 \cdot R_{c1} \cdot L_{c1}, \text{ kPa}$$

$$\Delta p_{c2} = 1,25 \cdot R_{c2} \cdot L_{c2}, \text{ kPa}$$

uden hensyntagen til tryktab i reguleringsventiler og kontra-ventil.

*4. Bestemmelse af nødvendig pumpe størrelse*

Pumpens nødvendige tryk  $\Delta p_p$  (kPa) bestemmes som tryktabet i den kreds, der giver det største tryktab.

$$\Delta p = \Delta p_{c2} + \Delta p_{c3} + \Delta p_{c4} + 5$$

*5. Valg af pumpe*

For den valgte pumpe bestemmes ved hjælp af pumpens karakteristisk pumpens trykforøgelse,  $\Delta p_p$ , ved vandstrømmen  $q_c$

### 6. Reguleringsventilens modstand

Hvis pumpens trykførogelse  $\Delta p_p$  overstiger  $\Delta p$  (se pkt. 4) bestemmes modstanden  $\Delta p_R$  i forindstillingsventilen på hovedkredsen som

$$\Delta p_R = p_{faktisk} - \Delta p$$

Herefter bestemmes modstanden i reguleringsventilerne i de kredse, der har mindre tryktab end  $\Delta p$ . I det i figur 5.9 viste system bestemmes  $p_{R1}$  som

$$\Delta p_{R1} = \Delta p_{c3} + \Delta p_{c2} - \Delta p_{c1}$$

idet tryktabet i de enkelte strækninger er beregnet under pkt. 3.

En anden forenklet metode er angivet i SBI-notat 20, Cirkulationssystemer for varmt brugsvand.

Forenklet  
metode

## Termostatstyret cirkulation

Et alternativ til de i det foregående omtalte cirkulationssystemer med forindstillingsventiler er systemer med termostatventiler, der sikrer passende temperaturer i systemet.

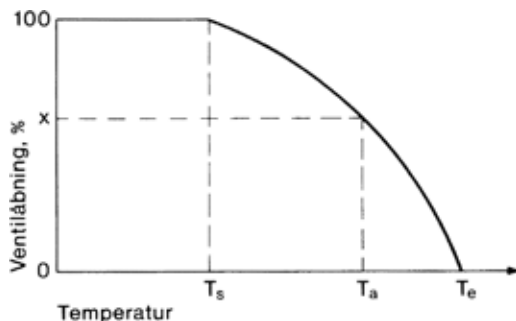
Der anvendes selvvirkende proportionalregulatorer (termostatventiler), der automatisk åbner, når temperaturen på det sted, hvor ventilen er anbragt, bliver for lav.

### Termostatventilers virkemåde

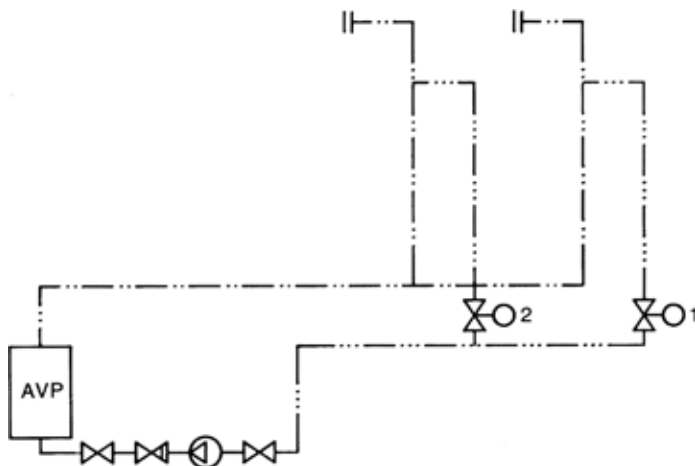
De ventiltyper, der pt. findes på markedet er indstillet til faste åbne- og lukketemperaturer, se figur 5.11. I drift vil ventilen stille sig i en mellemstilling afhængig af det tryktab, der er til rådighed for ventilen, dvs. ventilåbningen er bl.a. afhængig af, hvor den er placeret i anlægget. Jo mindre tryktab desto mere åben vil ventilen stå.

### Placering af termostatventiler

Et cirkulationssystem med termostatventiler planlægges og dimensioneres som anført i det foregående for systemer med forindstillingsventiler, hvor disse erstattes med termostatventiler.



Figur 5.11. Arbejdskurve for termostatventil til cirkulationssystemer.



Figur 5.12. Cirkulationssystemer med termostatventiler.

Selve dimensioneringen er noget enklere, idet det er den i trykmæssig henseende værst placerede ventil, der er udgangspunktet for dimensioneringen. Man bestemmer den mindste acceptable temperatur, hvor den »fjerneste« ventil er placeret og beregner differensen mellem denne temperatur og ventilens lukketemperatur.

Denne temperaturdifferens og den vandstrøm, der skal til for at opretholde den mindste acceptable temperatur, bestemmer tryktabet over ventilen, og pumpe og net kan herefter dimensioneres.

For de øvrige kredse kan man foretage en meget enkel dimensionering, og egentlig beregning af temperaturforløb mv. er normalt ikke nødvendig - termostatventilerne vil selv afpasse ventilåbningerne, således at temperaturkravene overholdes.

### **Drift**

I det foregående er risikoen for tilstopninger af ventiler med små åbninger omtalt. Den samme risiko optræder ved termostatventiler, men den kan mindskes meget ved systematisk at standse cirkulationen 1-2 timer hvert døgn. Under denne »natsenkning« vil termostatventilerne åbne mere og mere for til slut at stå fuldt åbne. Når man starter cirkulationen igen, vil der foregå en kraftig »kaskade« -gennemskylning af systemet før termostatventilerne igen indstiller sig på deres arbejdstemperatur.

## KAPITEL 6

Rør, formstykker  
og samlingsmetoder

Ledninger i jord, generelt .....	159
Støbejernsrør i jord .....	161
Anvendelse .....	161
Fremstilling .....	161
Fysiske egenskaber .....	162
Kemiske egenskaber .....	162
Dimensioner .....	162
Forarbejdning .....	162
Formstykker .....	162
Samlinger .....	162
Kobberrør i jord .....	164
PVC-rør i jord .....	164
Fremstilling .....	164
Fysiske egenskaber .....	164
Kemiske egenskaber .....	164
Dimensioner .....	165
Forarbejdning .....	165
Samlinger .....	166
PEL-rør i jord .....	166
Fremstilling .....	166
Fysiske egenskaber .....	166
Kemiske egenskaber .....	166
Dimensioner .....	166
Forarbejdning .....	167
Formstykker .....	167
Samlinger .....	168
PEM-rør og PEH-rør i jord .....	168
Fremstilling .....	168

Fysiske egenskaber .....	168
Kemiske egenskaber .....	169
Dimensioner .....	169
Forarbejdning .....	169
Formstykker og samlinger .....	169
Varmforzinkede stålrør i jord .....	169
Præisolerede rør .....	169
Ledninger i bygning, generelt .....	169
Varmforzinkede stålrør i bygninger .....	170
Fremstilling .....	170
Fysiske egenskaber .....	170
Kemiske egenskaber .....	171
Dimensioner .....	171
Forarbejdning .....	171
Samlinger .....	171
Formstykker .....	172
Kobberrør i bygninger .....	172
Fremstilling .....	172
Fysiske egenskaber .....	172
Kemiske egenskaber .....	173
Dimensioner .....	173
Bearbejdning .....	173
Samlinger .....	174
Rustfri stålrør i bygninger .....	175
Fremstilling .....	176
Fysiske egenskaber .....	176
Kemiske egenskaber .....	176
Dimensioner .....	176
Bearbejdning .....	176
Samlinger .....	176
PEX-rør i bygninger .....	177
Fremstilling .....	177
Fysiske egenskaber .....	177
Kemiske egenskaber .....	177
Dimensioner .....	177
Bearbejdning .....	175
Samlinger .....	178
Slangesæt .....	178
PE- og PVC-rør i bygning .....	179

Anvendelses- område	<p>Til anvendelse i brugsvandsinstallationer findes rør, formstykker etc. i et rigt udvalg med variationer i materiale, geometri og samlingsmetoder. Den rette anvendelse sikres kun ved et godt kendskab til komponenternes materialeegenskaber, samlingens kvalitet og fabrikanternes handelsprogram. I det følgende bringes en oversigt med de relevante oplysninger.</p> <p>Ledningerne er opdelt efter deres anvendelsesområder, dvs. i</p> <p>ledninger i jord og ledninger i bygninger.</p>
Rørmateriale	<p>Hver af de to grupper er igen opdelt efter rørmateriale, og her er de relevante oplysninger anført i følgende orden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Fremstilling.</li> <li>– Fysiske egenskaber.</li> <li>– Kemiske egenskaber.</li> <li>– Dimensioner.</li> <li>– Forarbejdning.</li> <li>– Formstykker.</li> <li>– Samlinger.</li> </ul>
VA-godkendelse	<p>Det pointeres, at uanset at et rørmateriale eller en samlingsmetode er omtalt i det følgende, må anvendelse i en vandinstallation kun finde sted, såfremt der foreligger en VA-godkendelse af den pågældende installationsdel.</p>
Undtagelser	<p>Det bemærkes, at standardiserede plastrør til koldt vand og varmforzinkede stålrør og støbejernsrør indtil videre er undtaget godkendelsesordningen.</p>
Oplysninger kan blive forældede	<p>Det skal bemærkes, at der sker en stadig udvikling på dette område, nye materialer kommer til, kendskabet til materialerne og deres anvendelsesmuligheder og -begrænsninger udvides. De givne oplysninger afspejler derfor kun den aktuelle viden.</p>
Støbejern, plast og varmforzinket stål	<p><b>Ledninger i jord, generelt</b></p> <p>De mest almindelige materialer til ledninger i jord er støbejern og plast. I nogle forsyningsområder anvendes specielt til små stikledninger varmforzinket stål, men allerede de tidligere</p>

»Forskrifter vedr. vandinstallationer«, udsendt af Dansk Ingeniørforening, indeholdt en bestemmelse om, at varmforzinkede stålrør kun undtagelsesvis måtte benyttes, og kun såfremt der udførtes en korrosionsbeskyttelse med bekliving eller lignende. Normen tillader nu, at de varmforzinkede rør kan anvendes i jord på visse betingelser, se kapitel 16. I områder med eksisterende bebyggelse kan man dog træffe ubeskyttede, varmforzinkede stålrør i jord. I større bebyggelser med central produktion af varmt vand anvendes i et vist omfang

Materiale		Samlingsmetode								
Rør	Formstykke	Håndlodning <sup>1)</sup>	Blødlodning <sup>1)</sup>	Svejsning	Limning	Mekanisk samling <sup>4)</sup>	Gummiringssamling	Gevindsamling	Flangesamling	Blystøbning
Støbejern	Støbejern	-	-	-	-	-	jb	-	jb	jb
Varmforzinket stål	Varmforzinket blødstøbegods	-	-	-	-	-	-	jb <sup>2)</sup>	b	-
Rustfrit stål	Rustfrit stål	-	-	-	-	jb	-	-	-	-
Kobber	Kobber eller kobberlegering	jb	jb	jb <sup>3)</sup>	-	jb	-	-	jb	-
PVC	Plast eller metal	-	-	-	jb	jb	jb	-	jb	-
PEL	Plast eller metal	-	-	jb	-	jb	-	-	jb	-
PEM		-	-	jb	-	jb	-	-	jb	-
PEH		-	-	jb	-	jb	-	-	jb	-
PEX	Metal	-	-	-	-	jb	-	-	-	-

Tegningforklaring:

b: anvendelig i bygning

j: anvendelig i jord

1) Lodninger udføres som kapillarlodninger.

2) Se begrænsninger i anvendelse i kapitel 16.

3) Ved dimension? 35 mm kan kobberør svejses.

4) Mekaniske samlinger i jord skal være afzinkningsbestandige.

Figur 6.1. Vejledende eksempler på rør, formstykker og samlingsmetoder for udskiftelige ledninger i bygning, og for ledninger i jord (uden for bygning).

## Oversigt

varmforzinkede stålrør i jord, enten præisolerede med plastkappe eller placeret i betonkanaler.

I figur 6.1 er der anført en oversigt over de materialer og samlingsmetoder, der for tiden kan anvendes til vandleddninger i jord.

## Støbejernsrør i jord

**Anvendelse**

Støbejernsrør anvendes primært til forsynings-, stik- og jordledninger.

**Fremstilling**

Nye støbejernsrør er SG-rør (SG = Sfærisk Grafitjern), også kaldet duktile rør. Ældre rør er normalt af gråt støbejern.

## Kvalitetskrav

Duktile rør er fremstillet efter international klasse K9, se figur 6.2. Rørene skal være af et ensartet, tæt materiale, nøjagtig af form og fri for fejl.

## Overfladebehandling

Støbejernsrør, der skal være udvendigt korrosionsbeskyttet, leveres normalt varmtafalterede, eventuelt cementerede, indvendigt og udvendigt.

Nominal diameter mm	40	50	80	100	125	150	200	250	300
Udvendig diameter mm	56	66	98	118	144	170	222	274	326
Indvendig diameter mm									
<i>Centrifugalstøbte rør:</i> uden for DS	43,0	52,6							
Klasse LA (DS 943)			83,6	103,0	127,2	153,4	203,6	254	304,4
Klasse A (DS 946)			82,2	101,4	126,6	151,6	201,8	252	302,2
Klasse B (DS 947)			80,8	100,0	125,0	150,0	200,0	250	300
<i>SG-rør:</i> International klasse K9			86,0	105,8		157,4	209,2	260,4	311,8

Figur 6.2. Oversigt over udvendige og indvendige diametre for støbejernsrør. Rør efter de anførte standarder findes i nominelle diametre op til 600 mm. De centrifugalstøbte rør er ældre rørtyper.

**Fysiske egenskaber**

Støbejernsrør har en massefylde på  $7250 \text{ kg/m}^3$ . Rørene er stærke. De grå støbejernsrør er følsomme over for slag, stød og hårdhændet bearbejdning.

Rørene har en termisk længdeudvidelseskoefficient på  $0,012 \text{ mm/m} \cdot ^\circ\text{C}$  og er i princippet modstandsdygtige over for alle normalt forekommende temperaturpåvirkninger. Rørenes asfaltering gør, at de ikke må anvendes til varmt vand.

**Kemiske egenskaber**

Når undtages et surt miljø (f.eks. sur, humusholdig jord) kan støbejernsrør regnes at være modstandsdygtige over for de almindeligt forekommende jordarter. Rørene bør ikke anvendes, hvor vandet har en pH-værdi, der er mindre end 6,5.

**Dimensioner**

SG-rør leveres i dimensioner fra 80 mm til 600 mm, se figur 6.2, og i fabrikationslængder på ca. 6 m, eventuelt i længder på 1 m.

**Forarbejdning**

Støbejernsrør kan overskæres med roterende slibeskiver, eller med renskærer med hjul. For de mindre dimensioners vedkommende kan yderligere anvendes en nedstryger. Støbejernsrør på 80 mm og derover kan anbores med en diameter, der højst er 25 pct. af rørets diameter.

**Formstykker**

Til de almindeligst anvendte dimensioner kan f.eks. fås bøjninger, grenrør, reduktionsstykker og skydemuffer.

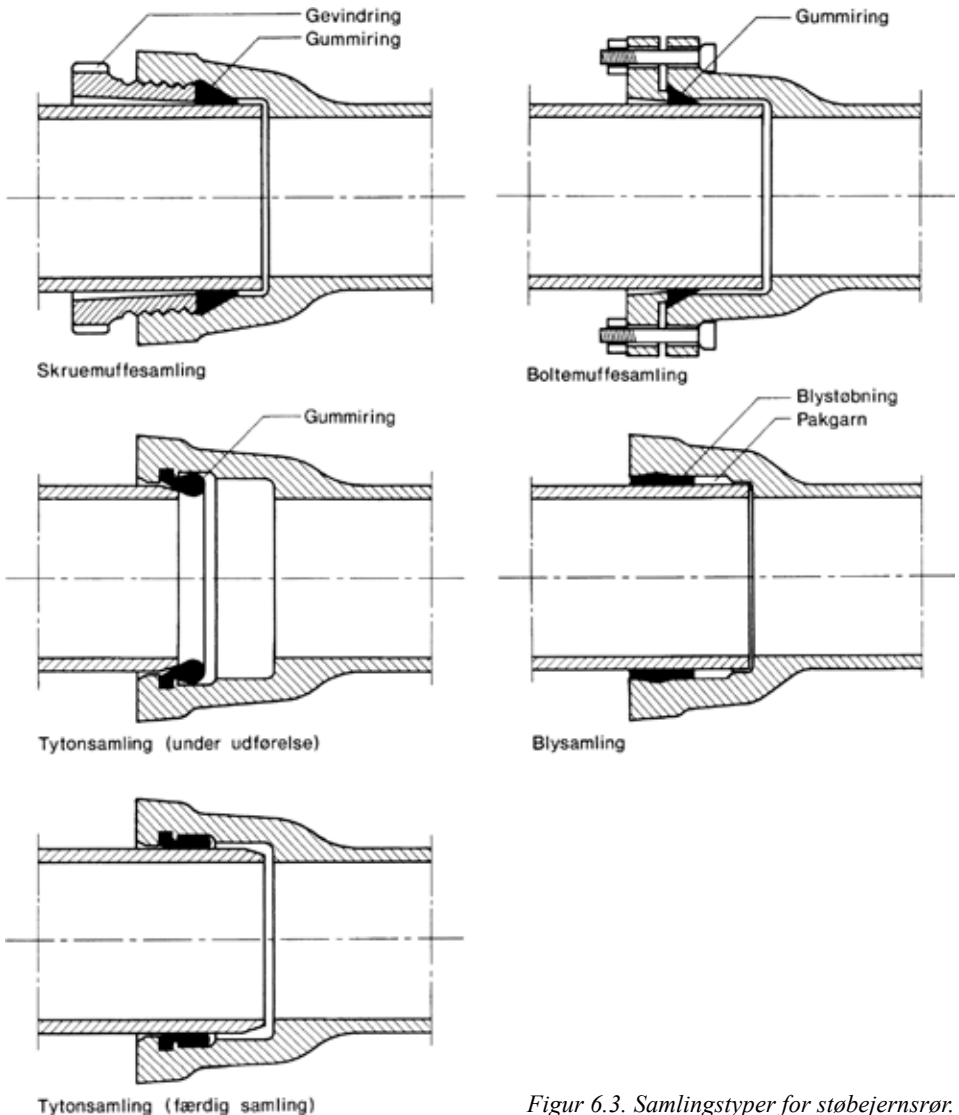
Disse formstykker kan normalt leveres med muffer i den ene eller i begge ender. Desuden leveres anboringsbøjler, slutmuffer og hanemuffer.

**Samlinger**

De grå støbejernsrør er muffer beregnet for samling ved blystøbning. SG-rør kan f.eks. samles med:

- Skruemuffer.
- Tytonsamlinger (gummislanger).
- Boltmuffer.
- Flangesamlinger.

De tre første er fleksible samlinger, og de tillader vinkeldrejninger op til 4-5 grader. Hver samlingstype kræver sin særlige udformning af mufferne. De nedenfor beskrevne samlingstyper er vist på figur 6.3.



Figur 6.3. Samlingstyper for støbejernsrør.

## Blysamling

Samling ved blystøbning er den traditionelle samlings-type for de grå støbejernsmufferør. Der udføres en centreringsring med indstemning af pakgarn, hvorefter der foretages en udstøbning med bly. For at opnå tættest mulig samling er det nødvendigt at blystøbningen efterstemmes. Blystøbningen bør fylde den halve muffedybde. Den blystøbte samling er ikke trækfast, så ved retningsændringer mv. udføres bagstøbninger.

## Kobberrør i jord

I Danmark anvendes kobberrør kun sjældent til ledninger i jord, men kan ifølge normen anvendes såvel til koldt som varmt vand. Kobberrør skal korrosionsbeskyttes udvendigt. Rørene er nærmere omtalt under afsnittet »Kobberrør i bygninger«.

## PVC-rør i jord

Rør i stift PVC (uplastificeret polyvinylchlorid) anvendes til ledninger for koldt vand, især i jord.

**Fremstilling**

Danske PVC-rør fremstilles efter DS 972 og i trykklasseerne PN 6, 10 og 16. Kun rør i PN 10 og 16 må anvendes i vand-installationer, der er omfattet af normen.

Rørene skal være mærket som vist på figur 6.5.

**Fysiske egenskaber**

PVC-rør har en massefylde på ca.  $1400 \text{ kg/m}^3$ , og den termiske udvidelseskoefficient er  $0,06 \text{ mm/m} \cdot ^\circ\text{C}$ . PVC bliver skørt ved lave temperaturer, og håndtering og lægning af rørene ved temperaturer under  $5^\circ\text{C}$  bør ske med forsigtighed.

**Kemiske egenskaber**

PVC er modstandsdygtigt over for alle normalt forekommende jordarter og anses for at være diffusionstæt.

Mærkning

**Dimensioner**

PVC-rør leveres normalt i dimensioner (udv. diameter) 12-630 mm og i længder på 6 m, se figur 6.4. Rør med  $d_u \leq 32$  mm bør ikke anvendes i jord.

**Forarbejdning**

PVC-rør kan overskæres med en nedstryger, en fintandet fuksvans eller en speciel rørskeer. Efter overskæringen renses for grater og spåner, og spidsenden rejfes ( $15^\circ$ ).

**Bukning af rør**

PVC-rør kan bukkes efter forudgående opvarmning. Der henvises til fabrikanternes anvisninger. Dimensioner større end 75 mm bør kun bukkes på fabrik. PVC-rør kan bøjes i kold tilstand med bøjningsradius på ca. 400 gange den udvendige diameter.

**Anboring**

PVC-rør kan anbores ved hjælp af en anboringsbøjle.

Nominel yderdiameter mm	PVC-rør efter DS 972 PN 10		PEL-rør efter DS 719 PN 10		PEM og PEH-rør efter DS 2129 PN 10	
	Min. godstykkelse $t$ mm	Indv. diameter $d_i$ mm	Min. godstykkelse $t$ mm	Indv. diameter $d_i$ mm	Min. godstykkelse $t$ mm	Indv. diameter $d_i$ mm
12	1	10	1,7	8,6	2	8
16	1	14	2,2	11,6	2	12
20	1	18	2,8	14,4	2	16
25	1,2	22,6	3,4	18,2	2,3	20,4
32	1,6	28,8	4,4	23,2	2,9	26,2
40	2	36	5,5	29	3,7	32,6
50	2,4	45,2	6,8	36,4	4,6	40,8
63	3	57	8,6	45,8	5,8	51,3
75	3,6	67,8	10,2	54,6	6,8	61,3
90	4,3	81,4	12,2	65,6	8,2	73,6
110	5,3	99,4	14,9	80,2	10	90
125	6	113	16,9	91,2	11,4	102,2
140	6,7	126,6	19	102	12,7	114,6
160	7,7	144,6			14,6	130,8
180	8,6	162,8			16,4	147,2
200	9,6	180,8			18,2	163,6

Figur 6.4. Oversigt over dimensioner indtil  $d_u = 200$  mm for PVC-, PEL-, PEM- og PEH-rør. Skemaet angiver godstykkelse og indvendig diameter for de hyppigst anvendte rørdimensioner.

### Samlinger

PVC-rør samles normalt med gummiringssamling (stikmuffer), men kan samles ved limning, med mekaniske samlinger og flangesamlinger.

Samlinger med gummiringe er en hurtig og bekvem samling, der anvendes ved dimensioner fra 40 mm og opefter. Gummiringssamlinger kan være trækfaste eller ikke-trækfaste. Anvendes ikke-trækfaste samlinger skal ledningerne fastholdes i graven ved bagstøbning.

Udformningen af stikmuffernes spor og af gummiringenes profil varierer fra fabrikat til fabrikat, og man skal derfor sikre sig, at gummiringe og rør er fra samme fabrik og hører til samme system.

Vedrørende samlingernes udførelse henvises til fabrikanternes anvisninger.

### PEL-rør i jord

Rør af PEL (polyethylen med lav massefylde) er almindeligt anvendt til ledninger i jord for koldt vand.

### Fremstilling

PEL-rør fremstilles efter DS 2119 og i trykklasseerne PN 4, 6 og 10. Det bemærkes, at kun rør i PN 10 må anvendes i vandinstallationer, der er omfattet af normen.

Rørene skal være mærket som vist på figur 6.5.

### Fysiske egenskaber

PEL-rør har en massefylde på  $930 \text{ kg/m}^3$  (dvs. lettere end vand) og en termisk udvidelseskoefficient på ca.  $0,22 \text{ mm/m} \cdot ^\circ\text{C}$ .

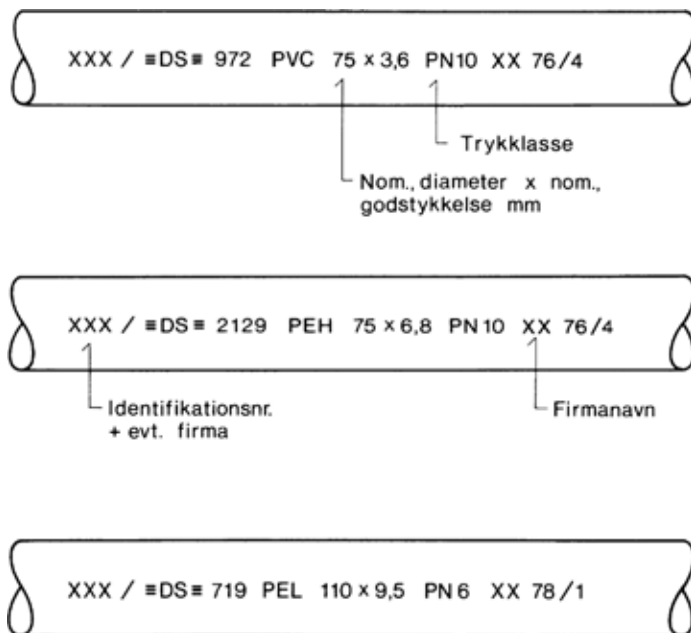
### Kemiske egenskaber

PEL er modstandsdygtig over for alle normalt forekommende jordarter og vandkvaliteter. PEL-rør er ikke diffusionstætte.

### Dimensioner

PEL-rør leveres normalt i dimensioner (udvendig diameter) 12 - 200 mm, se figur 6.4. Rørene leveres i længder på 6 m eller i ruller på f.eks. op til 200 m og endog op til 1000 m.

Mærkning



Figur 6.5. Mærkning af PVC-, PEL- og PEH-rør. Figuren viser, hvorledes rør, der er fremstillet efter hhv. DS F972 og 719 og DS 2129 skal mærkes.

### Forarbejdning

PEL-rør overskæres let med nedstryger, rørskeer eller lignende. PEL-rør kan anbøres.

Rørene kan bukkes koldt med en bøjningsradius på mindst ca. 25 gange rørdiameteren.

### Formstykker

Der findes et righoldigt udvalg af formstykker til PEL-rør. Formstykkerne er fremstillet af andre plastarter eller af metaller med eller uden overfladebeskyttelse. Formstykkerne leveres i forskellige systemer efter samlingstypen, se det følgende afsnit.

### Samlinger

Til PEL-rør anvendes normalt følgende samlingstyper:

- Kompressionskoblinger.
- Stikkoblinger.
- Svejsesamlinger.
- Flangesamlinger.

Kompressionskoblinger og stikkoblinger skal være VA-godkendte.

Kompressions-  
koblinger

Kompressionskoblinger findes i forskellige fabrikater og udførelser. De er oftest udført af messing eller andre metaller, men kan også være udført af plast. Der skal anvendes støttebøsninger.

Stikkoblinger

Stikkoblinger er en samlingstype, der er meget simpel at udføre, idet PEL-røret blot skal indføres i et koblingshus med indvendige modhageriller. Ved dimensioner større end 40 mm skal rørenderne kalibreres med specialværktøj. Samlingstypen bør ikke anvendes, hvor der er risiko for undertryk i ledningen.

Svejsesamlinger

PEL-rør kan samles med stuksvejsning og elektrisk modstandssvejsning.

### PEM- og PEH-rør i jord

Rør af PEH (polyethylen med høj massefylde) og PEM (polyethylen med middel massefylde) kan anvendes til ledninger i jord for koldt vand.

### Fremstilling

Rørene fremstilles efter DS 2119 og i trykklasseerne PN 4, 6 og 10. Det bemærkes, at kun rør i PN 10 må anvendes i vandinstallationer, der er omfattet af normen.

Mærkning

Rørene skal være mærket som angivet i figur 6.5.

### Fysiske egenskaber

PEH-rør har en massefylde på 948-970 kg/m<sup>3</sup> og en termisk udvidelseskoefficient fra ca. 0,15 til 0,20 mm/m · °C. PEM-rør har en massefylde på ca. 936 kg/m<sup>3</sup> og en termisk udvidelseskoefficient på ca. 0,22 mm/m · °C.

**Kemiske egenskaber**

Rørene er modstandsdygtige over for alle normalt forekommende jordarter og vandkvaliteter. Rørene er ikke diffusions-tætte.

**Dimensioner**

PEM- og PEH-rør leveres normalt i dimensioner (udvendig diameter) 12-630 mm, se figur 6.4. PEM-rør leveres i ruller som angivet for PEL-rør.

**Forarbejdning**

PEM- og PEH-rør forarbejdes som PEL-rør.

**Formstykker og samlinger**

Der gælder samme forhold som nævnt under omtalen af formstykker til PEL-rør.

**Varmforzinkede stålrør i jord**

Varmforzinkede stålrør, der anvendes i jord, skal være udvendigt korrosionsbeskyttet, f.eks. med bevikling. Se i øvrigt under ledninger i bygning.

**Præisolerede rør**

Til varmtvandleddninger i jord anvendes ofte præisolerede rør med tæt plastkappe. Såfremt de udføres efter DIF's Norm for fordelingsledninger til fjernvarme, DS 448, kan kravene til den udvendige korrosionsbeskyttelse anses for opfyldt.

**Ledninger i bygning, generelt**

De traditionelle materialer til ledninger i bygninger er varmforzinkede stålrør og kobberør. I de senere år har plast (især PEX) fundet udbredt anvendelse. Rør af rustfrit stål er omtalt i det følgende, men anvendes endnu kun lidt. De mange rørmaterialer har meget forskellige egenskaber og dermed forskellige anvendelsesområder. Den, der ved udførelse af vand-installationer træffer valg af materiale, bør derfor have et nøje kendskab til materialeegenskaberne.

Valg af rør-  
materiale

Valg af rørmateriale kan ikke træffes alene ud fra de oplysninger, der er givet i dette kapitel, idet kapitlerne om isolering (13), støj (15), korrosion (16) m.fl. indeholder oplysninger, som er væsentlige for de rette valg af materialekombinationer.

En oversigt over de vigtigste rørmaterialer og tilhørende samlingsmetoder er vist i figur 6.1. Man bør dog være opmærksom på, at der kan ske ændringer – fabrikationer kan blive stoppet, en VA-godkendelse kan blive trukket tilbage, og nye materialer eller kombinationer kan dukke op.

## Varmforzinkede stålrør i bygninger

Varmforzinkede stålrør (gevindrør) er de mest anvendte rør til vandinstallationer i bygninger. Stålrørene er ikke blandt de rørtyper, som normens vejledning angiver som egnede til ikke-udskiftelige installationer.

### Fremstilling

Rørene fremstilles af de sædvanlige typer af stålrør ved neddykning i et bad af smeltet zink. Rørene blev tidligere benævnt galvaniserede rør, men da denne betegnelse også dækker elektrolytgalvaniserede rør, der ikke anvendes i vandinstallationer, anvendes nu betegnelsen varmforsinkede rør.

Rørene skal være fremstillet efter DIN 2444 eller tilsvarende standarder. Der kan også fremstilles varmforsinkede rør på basis af de svære rør (damprør) med større godstykkelse.

### Fysiske egenskaber

De varmforsinkede stålrør har en massefylde på  $7850 \text{ kg/m}^3$ . Rørene er stærke (prøvetryk  $\text{kPa} = 50 \text{ bar}$ ) og meget modstandsdygtige over for mekaniske påvirkninger. Den termiske udvidelseskoefficient er  $0,012 \text{ mm/m} \cdot ^\circ\text{C}$ , og rørene er modstandsdygtige over for alle normalt forekommende temperaturpåvirkninger.

### Kemiske egenskaber

De varmforsinkede stålrørs kemiske egenskaber har i tidens løb givet anledning til mange problemer. Til ledninger for koldt vand kan rørene normalt anvendes med begrænset risiko

Kvalitetskrav

for korrosion, dog ikke i områder med surt eller meget blødt vand, eller hvor vandet indeholder kalkopløsende kuldioxid, se kapitel 16. Til ledninger for varmt vand bør rør af varmforzinket stål normalt ikke benyttes uden supplerende korrosionsbeskyttende foranstaltninger. Korrosionsforholdene er imidlertid meget komplicerede og i en vis udstrækning ikke afklarede.

Ledninger af varmforzinket stål er bestandige for normalt forekommende ydre kemiske påvirkninger i bygninger.

### Dimensioner

Varmforzinkede stålrør leveres i de i figur 6.6 anførte dimensioner og i fabriklængder på ca. 6 m.

### Forarbejdning

Rørene overskæres med nedstryger eller rørskærer. Efter overskæring skal indvendige grater fjernes f.eks. med en rival (rørfræser). Rørene bør ikke bukkes, da overfladebehandlingen derved kan blive ødelagt.

### Samlinger

Gevindsamling

Varmforzinkede stålrør samles med gevind, i enkelte tilfælde (store dimensioner) med flanger, der påsættes røret med gevind. Rørenes glatte ender forsynes med et konisk gevind ved hjælp af en håndklup eller en gevindskæremaskine, og sam-

	Nominel diameter, mm													
	6**	8**	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
Udv. diameter, max. mm	10,6	14	17,5	21,8	27,3	34,2	42,9	48,4	60,8	76,6	89,5	115	140,8	166,5
Udv. diameter, min. mm	9,8	13,2	16,7	21	26,5	33,3	42	47,9	59,7	75,3	88	113,1	138,6	163,9
Godstykkelse, mm	2	2,35	2,35	2,65	2,65	3,25	3,25	3,25	3,65	3,65	4,05	4,50	4,85	4,85
Indv. diameter*, mm			12,4	16	21,7	27,2	36	42	53	69	81	105	130	155

\* Den anførte indvendige diameter kan anvendes ved tryktabsberegningen. Den sande indvendige diameter kan ikke umiddelbart angives, fordi kravene går på udvendig diameter (skal ligge mellem max. og min.) og godstykkelse (den tilladelige afvigelse i godstykkelse er nedad begrænset til 12,5 pct. medens der ikke er nogen grænse for godstykkelsen opad). Den angivne indvendige diameter er søgt beregnet, så den udgør et gennemsnit for rør i handelen.

\*\* Disse dimensioner anvendes normalt ikke i vandinstallationer.

Figur. 6.6. Dimensioner for varmforzinkede stålrør efter DIN 2444.

lingerne udføres med fabriktionsfremstillede formstykker. Samlingerne pakkes med pakgarn af hør, som smøres med et tyndt lag paksalve. I stedet for pakgarn af hør kan anvendes en speciel plasttæpe.

Ved gevindskæring mv. skal der bruges køle/smøremidler, der er lette at fjerne, se kapitel 14.

### Formstykker

Til varmforzinkede stålør anvendes formstykker (fittings) fremstillet af tempergods (aducergods eller blødstøbt gods). Almindelige bøjninger, T-stykker og lignende er normalt blødstøbte randfittings. Udvalget i formstykker er meget stort.

## Kobberrør i bygninger

Kobberrør anvendes i stor udstrækning til vandinstallationer, især til ikke-udskiftelige ledninger og til koblingsledninger.

### Fremstilling

Rørene fremstilles i dimensioner efter DS 2110, DIN 1786 eller SS 145015 ved kold trækning i to kvaliteter, bløde og hårde rør. Kobberrør er uden overfladebehandling.

Visse fabrikater kan leveres med en fabriksfremstillet isole-ring af plast.

### Fysiske egenskaber

Kobberrør har en massefylde på  $9900 \text{ kg/m}^3$ . Den termiske udvidelseskoefficient er  $0,017 \text{ mm/m} \cdot ^\circ\text{C}$ .

Kobber er et blødt metal, og specielt rør af den bløde type er følsomme over for ydre mekaniske påvirkninger. Ved fritliggende installationer, der kan komme ud for mekanisk overlast, bør man derfor beskytte rørene.

Et særligt forhold er kobberrørens følsomhed over for slid hidrørende fra vandets strømning i rørene og den dermed forbundne korrosion (turbulenskorrosion). Normen angiver derfor maksimalt tilladelige strømningshastigheder i kobberrør i afhængighed af temperatur mv., se kapitlerne 3 og 16.

Præisolerede rør

Turbulens-  
korrosion

**Udmattelses-  
korrosion**

Det skal også nævnes, at man ved udførelse af kobberrør-installationer skal være opmærksom på rørenes store termiske udvidelseskoefficient. Hvis rørenes ekspansionsmuligheder er utilstrækkelige, kan der forekomme udmattelseskorrosion.

Ved lodning af hårde kobberrør skal man være opmærksom på, at en udglødning kan gøre røret blødt. Da der er risiko for, at de termiske bevægelser koncentrerer sig i bløde områder, er der her særlig stor risiko for udmattelseskorrosion.

**Kemiske egenskaber**

Kobberrør er modstandsdygtige over for de normalt forekommende kemiske påvirkninger. Se i øvrigt kapitel 16.

**Dimensioner**

Kobberrør leveres i de i figur 6.7 angivne dimensioner (DS 2110). Kobberrørs dimension angives som udvendig diameter · godstykkelse, f.eks. 18 · 1,0 mm.

**Længder**

Bløde kobberrør leveres i ruller med 25 m. Hårde kobberrør leveres i længder à 5 m.

**Præisolering**

Både hårde og bløde rør kan leveres med isoleringskappe af plast og med isolering af skumplast med beskyttelsesfolie af plast.

**Bearbejdning****Overskæring**

Kobberrør er lette at bearbejde. Rørene kan overskæres med en fintandet nedstryger, men det anbefales at anvende en rørskærer. Grater, der fremkommer ved overskæringen, skal fjernes både udvendigt og indvendigt, og det gøres bedst med et specielt afgratningsværktøj.

**Bukning**

Kobberrør kan bukkes i kold tilstand. Ved koldbukning bliver metallet hårdere, og det er derfor vanskeligere at rette en bøjning ud, end det er at udføre den. Mindre dimensioner kan

Udv. diameter × godstykkelse, mm	6×0,8	8×0,8	10×0,8	12×1,0	15×1,0	18×1,0	22×1,0	28×1,2	35×1,5*	42×1,5*	54×1,5*
Indv. diameter, mm	4,4	6,4	8,4	10	13	16	20	25,6	32	39	51
Vægt pr. m rør, kg	0,12	0,161	0,21	0,31	0,39	0,48	0,59	0,90	1,4	1,7	2,2

\* Forhandles ikke som bløde kobberrør

Figur 6.7. Oversigt over dimensioner og vægt for kobberrør efter DS 2110.

bukkes i hånden uden hjælpemidler, men det anbefales at bruge bukkeapparater for at opnå jævne og ikke for små bøjningsradier. Bøjningsradius bør ikke være mindre end 4 gange rørdiameteren. Koldt udførte bøjninger kan gøres bløde igen ved at udgløde bøjningerne.

### Samlinger

Kobberrør samles hovedsagelig på to forskellige måder:

- Ved lodning.
- Med mekaniske koblinger.

Større dimensioner ( $d \geq 35$  mm) kan svejses eller samles med flanger.

Ved lodning af kobberrør skelnes mellem blødlodning og hårdlodning. Fremgangsmåden er i princippet den samme i begge tilfælde, men der er forskel på de anvendte loddematerialer og dermed i de temperaturer, der arbejdes med. Ved temperaturer på under 400-450 °C er der tale om blødlodning og ved højere temperaturer om hårdlodning.

Lodning af kobberrør er baseret på den kapillare indsugning af smeltet loddemateriale, der foregår mellem en muffe og en rørende, når spalten mellem disse er tilstrækkelig smal. Loddensamlingsens godhed er betinget af spaltebredden, der bør være ca. 0,05-0,3 mm, så det er ubetinget nødvendigt, at såvel muffe som rørende er nøjagtigt kalibrerede. Uanset, om man anvender fabrikationsfremstillede loddefittings, bør man altid foretage en kalibrering. Kalibreringen foretages med et særligt værktøj.

Da der er risiko for, at cadmium og bly kan afgives til vandet i ledningerne, fastsætter VA-godkendelsesbetingelserne, at indholdet af cadmium og bly hverken i loddemetaller eller i flussmidler må overstige 0,1 vægtprocent cadmium hhv. 1,0 vægtprocent bly. Loddemidler skal være VA-godkendte.

Ved blødlodning arbejdes ved en temperatur på ca. 210 – 260 °C afhængigt af loddematerialet. Loddematerialet er en legering af f.eks. tin og sølv (3-5 pct. sølv).

Det bemærkes, at tin-bly loddemetal ikke kan anvendes i vandinstallationer.

Blødlodningen foretages med fabriksfremstillede loddefit-

Lodning

Kapillarsugning  
KalibreringMax. indhold af  
cadmium (Cd)  
og bly (Pb)

Blødlodning

- tings, og rørenderne skal kontrolleres og eventuelt kalibreres. Overskydende flussmiddel skal fjernes.
- Hårdlodning** Ved hårdlodning, der tidligere også kaldtes slaglodning, arbejdes med temperaturer på ca. 660 °C.
- Loddematerialerne kan f.eks. være søvlod eller kobberphosphorlod, og de kræver en arbejdstemperatur på ca. 700 °C. Kobber-phosphorlod er uanvendeligt til rødgodsfittings.
- Hårdlodning foretages som regel med fabriksfremstillede loddefittings. Overskydende flussmiddel skal fjernes.
- Opbertling** Loddesamlinger skal normalt udføres med fabriksfremstillede fittings. Ved særlig omhyggelig kontrol kan samling dog ske ved, at muffen opbertles til samme dimensioner og tolerancer som de fabriksfremstillede.
- Loddesamlingers kvalitet** Den normale fremgangsmåde ved kontrol af samlingerne er en trykprøve med vand, men det skal her bemærkes, at denne prøvningsmetode ikke er 100 pct. sikker.
- Ufuldstændige lodninger, f.eks. når rester af flussmiddel i spalten danner små kanaler i loddemetallet og skaber en forbindelse fra rørenes inderside til yderside, vil ikke altid afsløres af vandtrykket ved en kortvarig prøve. Fejlen vil måske først vise sig efter nogen tids drift, og kan under uheldige omstændigheder medføre store skader og ulemper. Den bedste metode til afsløring af denne type fejl er en trykprøvning med luft, se kapitel 20, men heller ikke denne kontrolmetode er uden problemer.
- Mekaniske koblinger** Den anden almindelige samlingstype er den mekaniske kobling. Koblingerne, der alle er fabriksfremstillede, findes i flere typer. Koblingerne skal være VA-godkendte.
- Det bemærkes, at ved samling af bløde kobberrør med mekaniske koblinger skal der anvendes støttebøsninger.
- Samlingernes anvendelsesområde er normalt angivet i VA-godkendelserne.

## Rustfri stålrør i bygninger

Rustfrit stål er et nyt materiale i Danmark til brugsvandsinstallationer. Rør af rustfrit stål har stort set samme anvendelsesområde som kobberrør. På visse områder afviger stålrørenes egenskaber dog fra kobberrørene.

Overflade-  
behandling

### Fremstilling

Rustfri stålrør til brugsvandsinstallationer fremstilles af rustfrit stål efter AISI 316.

Rør af rustfrit stål er uden særlig overfladebehandling.

### Fysiske egenskaber

Rør af rustfrit stål har en massefylde på  $7800 \text{ kg/m}^3$ . Den termiske udvidelseskoefficient er  $0,016 \text{ mm/m} \cdot ^\circ\text{C}$ , dvs. den er af samme størrelsesorden som kobberrørs. De rustfri stålrør er stærkere end kobberrør og derfor mindre udsat for mekaniske skader.

### Kemiske egenskaber

Rustfri stålrør har gode kemiske egenskaber og er modstandsdygtige over for alle normale typer brugsvand. Kun hvor vandet har et meget højt chloridindhold (Cl), dvs. mere end  $300 \text{ mg Cl/l}$ , bør rørene ikke anvendes.

Spændings-  
korrosion

Risikoen ved chloridholdigt vand skyldes, at høje chloridkoncentrationer kan fremkalde spændingskorrosion i rustfrit stål. Sådanne høje koncentrationer kan opstå, hvor vand inddampes – f.eks. hvor vand fra en utæt samling siver ud og fordamper fra røroverfladen. Selv almindeligt brugsvand kan på denne måde frembringe høje chloridkoncentrationer, se i øvrigt kapitel 16.

Hertil kommer at chloridindholdet over  $300 \text{ mg/l}$  kan medføre risiko for spaltekorrosion i samlinger udført med mekaniske koblinger.

### Dimensioner

Rørene kan leveres i mange forskellige dimensionsserier med forskellige godstykkelser, afhængigt af fabrikat.

Et eksempel på en dimensionsserie er  $15 \cdot 1,0$ ,  $22 \cdot 1,2$ ,  $28 \cdot 1,2$  og  $35 \cdot 1,5$  (udvendig diameter  $\cdot$  godstykkelse i mm).

### Bearbejdning

Rørene kan bukkes koldt i et bukkeapparat.

### Samlinger

Rørene samles med særlige fittings af rustfrit stål, der VA-godkendes sammen med rørene.

## PEX-rør i bygninger

Et af de nyere ledningsmaterialer er forgrenet polyeten med ekstra høj molekylevægt, de såkaldte PEX-rør. Disse plastrør kan anvendes både til koldt og varmt vand. Anvendes rørene til varmt vand, skal de dog placeres udskiftelige (se i øvrigt under samlinger) f.eks. i tomrør.

### Fremstilling

Rørene fremstilles ved ekstrudering.

### Fysiske egenskaber

PEX-rør har en massefylde på  $940 \text{ kg/m}^3$ . Den termiske udvidelseskoefficient er  $0,18 \text{ mm/m} \cdot ^\circ\text{C}$  som middeltal for brugsområdet.

PEX-rørene er bløde, men ret modstandsdygtige over for mekaniske påvirkninger. Dog skal man undgå kontakt med skarpe genstande, og især er rørene følsomme over for stikskader. Ved anbringelse direkte på betongulve bør der træffes beskyttelsesforanstaltninger.

### Kemiske egenskaber

PEX-rør er modstandsdygtige over for alle normalt forekommende typer af brugsvand. Vedvarende berøring med f.eks. tjære, fortynder og smøremidler skal undgås.

### Dimensioner

PEX-rør leveres normalt i de i figur 6.8 angivne dimensioner. I dimensioner indtil  $22 \cdot 3,0 \text{ mm}$  leveres rørene i ruller med rørlængder indtil 100 m. Dimensioner  $28 \cdot 4,0 \text{ mm}$  leveres i længder indtil 50 m. Rørene kan leveres i større dimensioner.

Udv. diameter × godstykkelse, mm	$10 \times 1,8$	$12 \times 2,0$	$15 \times 2,5$	$18 \times 2,5$	$22 \times 3,0$	$28 \times 4,0$
Indvendig diameter, mm	6,4	8,0	10,0	13,0	16,0	20,0
Vægt pr. meter rør, kg	0,047	0,059	0,092	0,114	0,168	0,283

Figur 6.8. Oversigt over dimensioner og vægt for PEX-rør.

### Bearbejdning

PEX-rørene kan overskæres med nedstryger eller rørskeer. Rørene kan bukes koldt eller varmt. Til opvarmningen anvendes en varmluftpistol, og temperaturen bør være ca. 130 °C. Ved tildannelse af korte bøjninger anbefales varmbukning eventuelt med anvendelse af bukkeværktøj. Bøjningerne »fastholdes« med et særligt bukkegarniture. Bukkede rør kan rettes ud igen ved opvarmning.

### Samlinger

PEX-rør samles med kompressionsfittings. Der skal altid anvendes støttebøsninger.

### Slangesæt

Slangesæt er fleksible slanger med fast monterede koblinger i begge ender. Koblingerne monteres på fabrik og slangerne må derfor ikke afkortes.

Anvendelsesområde

Slangesæt må kun anvendes som koblingsledninger og kun i samme rum som det tapsted eller den maskine, der tilkobles. Slangesæt godkendes til

- koldt vand (max. 25 °C) eller til
- varmt og koldt vand (max. 95 °C).

Der skelnes mellem slangesæt for vand til teknisk brug og slangesæt til almindeligt brug, dvs. til drikkevand.

Slangesæt til teknisk brug må kun anvendes ved tilslutning af maskiner, f.eks. vaske- og opvaskemaskiner, og ved tilslutning af WC-cisterner o.lign. Slangesæt til almindeligt brug kan yderligere anvendes ved tilslutning af et enkelt tarmatur.

På tilgangsledningen til slangesættet monteres en afspæringsventil, der bør være placeret i samme rum som slangen.

Længde

Slangesæt leveres i faste længder på op til 2 m, og slangesæt må ikke forbindes til slangesæt.

Holdbarhed

Slangesæt af gummi o.lign. forudsættes at have en holdbarhed på ikke over 10 år og skal derfor anbringes let udskifteligt og bør jævnligt kontrolleres.

For de enkelte slangesæt henvises til VA-godkendelsen der giver de specifikke betingelser for anvendelsen.

### PE- og PVC-rør i bygning

PE- og PVC-rør kan også anvendes i bygning. Efter normen kan de anvendes til koldt vand og såvel udskiftelige som ikke-udskiftelige, se figur 6.1.

## KAPITEL 7

## Armaturer

Krav til armaturer.....	181
Normen .....	181
VA-godkendelse.....	181
Armaturernes hovedgrupper.....	181
Tapventiler og blandearmaturer .....	182
Tapventiler .....	183
Forskellige grupper af tapventiler.....	183
Almindelige tapventiler .....	183
Tapventiler med tilbagestrømningssikring spulehaner....	184
Selvlukkende armaturer .....	185
Skylleventiler.....	185
Blandearmaturer.....	186
Manuelt styrede blandearmaturer .....	186
To-grebs blandere, manuelt styrede .....	186
Et-grebs blandere, manuelt styrede.....	187
Særlige blandearmaturer .....	187
Automatisk styrede blandearmaturer .....	187
Trykstyrede blandearmaturer .....	187
Temperaturstyrede blandearmaturer .....	188
Afspærringsventiler.....	188
Armaturkonstruktioner.....	188
Manuelt og automatisk styrede afspærringsventiler .....	191
Reguleringsventiler .....	191
Forindstillingsventiler.....	191
Reguleringsventiler, automatisk styrede .....	192
Tilbagestrømningssikringer.....	193
Kontraventiler.....	193
Vacuumventiler mv .....	195
Andre tilbagestrømningssikringer.....	197

Sikkerhedsventiler.....	197
Fjederbelastede sikkerhedsventiler .....	197
Vægtbelastede sikkerhedsventiler.....	197
Andre armaturer .....	198
Svømmerventiler.....	198

## Krav til armaturer

### Normen

Generelle krav

Armaturer skal opfylde de generelle krav til materialer og installationer, f.eks. vedrørende holdbarhed, støj og sundhed mv.

Specielle krav

For nogle armaturtyper er der formuleret specielle krav i normen. Det drejer sig f.eks. om aftapningsarmaturer og sikkerhedsventiler, og disse krav er anført senere i dette kapitel.

Godkendelses-  
og prøvnings-  
betingelser

### VA-godkendelse

Alle armaturer skal VA-godkendes i henhold til godkendelses og prøvnings-betingelser for de enkelte armaturtyper.

VA-godkendelsens  
indhold

Ved VA-godkendelsen oplyses om armaturets egenskaber, og der anføres eventuelle specielle betingelser for armaturets anvendelse. Inden der tages beslutning om anvendelse af et armatur, bør VA-godkendelsen altid studeres nærmere, og fremfor alt bør det kontrolleres, at armaturet er godkendt.

## Armaturernes hovedgrupper

Armaturer kan benævnes og grupperes på flere forskellige måder. En del armaturer er defineret i normen, men ikke alle typer er dækket. VA-godkendelsesbladene har en benævnelse for alle armaturer, som godkendes. Der er ikke fuldstændig overensstemmelse mellem de to sæt af betegnelser - og ofte svarer disse ikke til den almindelige sprogbrug. Man bør derfor være omhyggelig med udformning af beskrivelser af armaturer i tilfælde, hvor der kan være tvivl.

## Hovedgrupper

I det følgende er armaturerne opdelt i følgende hovedgrupper:

- Tapventiler.
- Blandearmaturer.
- Afspærringsventiler.
- Reguleringsventiler.
- Tilbagestrømningssikringer.
- Sikkerhedsventiler.
- Andre armaturer.

## Aftapningsarmaturer

Tapventiler, blandearmaturer samt visse specialarmaturer er i VA-godkendelsen henført til hovedgruppen 1.4 Aftapningsarmaturer. Denne betegnelse er her i en vis udstrækning undgået, fordi normen bruger betegnelsen aftapningsventil for et armatur, der anvendes ved tømning. Armaturer med denne funktion beskrives under gruppen afspærringsventiler.

## Haner og ventiler

Begreberne hane og ventil kan anvendes til at karakterisere armaturkonstruktionerne, men bruges ofte i flæng. En spulehane vil oftest være en ventilkonstruktion, og en kugleventil minder mest om en hane. Disse begreber kan dog stadig anvendes til at fortælle noget om konstruktionerne, hvis de præciseres yderligere såsom toldehane og sædeventil.

## Tapventiler og blandearmaturer

## VA-godkendelse

Ved VA-godkendelsen oplyses om aftapningsarmaturernes anvendelsesområde og væsentlige funktioner. Der oplyses specielt om armaturernes tryktab og støjmessige egenskaber.

## Tryktab

For de enkelte armaturer oplyser VA-godkendelsen om tryktabet i armaturet ved forskellige vandstrømme. Disse forhold er generelt behandlet i kapitlerne 2-4.

## Støjmessige egenskaber

Der oplyses om armaturernes støjmessige egenskaber. Disse forhold er generelt behandlet i kapitel 15.

## Mærkning

Som en særlig kontrolforanstaltning angives, hvorledes armaturerne er mærket, således at fabrikatet kan konstateres. Det kan (og bør) kontrolleres, at armaturet nøje svarer til godkendelsesbladets beskrivelse og fotografi.

## Tapventiler

En tapventil er i normen defineret som en ventil til åbning/lukning og regulering af vandstrømmen ved et tapsted. Tapventiler har kun én tilslutning til rørrettet og kan altså føre koldt eller varmt vand, men ikke blande til en ønsket temperatur. En tapventil kan dog anvendes til vand, som er blandet i et andet armatur.

### Forskellige grupper af tapventiler

Tapventiler kan opdeles i følgende grupper:

- Almindelige tapventiler.
- Tapventiler med tilbagestrømningssikring (spulehaner) mv.
- Selvlukkende armaturer.
- Skyllventiler.

#### Ventiltyper

Tapventiler udføres normalt som enten

- Sædeventiler eller
- Keramiske ventiler.

#### Sædeventiler

I sædeventilerne sker lukningen normalt ved at en elastisk pakning presses mod et metalsæde, f.eks. som vist i figur 7.1 og 7.2. Ventilkonstruktionen er følsom over for urenheder i vandet og bliver ofte stiv med tiden. Sædeventilers pakninger skal derfor udskiftes jævnlige og ofte skal metalsædet fræses op.

#### Keramiske ventiler

I de keramiske ventiler foregår åbning og lukning ved at to keramiske skiver med udsparinger drejes i forhold til hinanden. De foreløbige erfaringer med denne ventiltipe er, at de er praktisk taget vedligeholdelsesfri og lette at betjene også efter flere års drift.

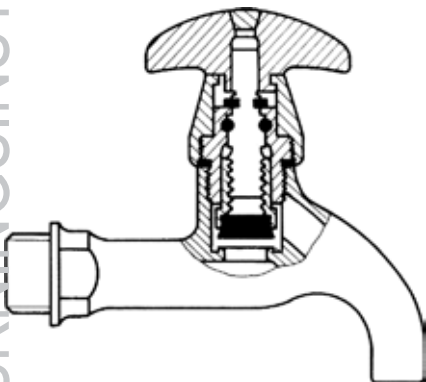
### Almindelige tapventiler

#### Konstruktion

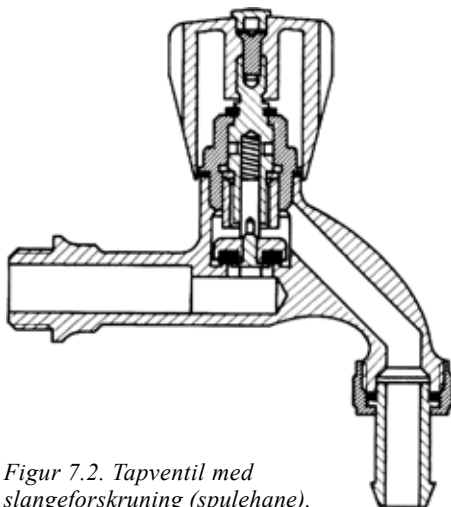
Almindelige tapventiler er oftest sædeventiler, der betjenes med et håndgreb. Til anvendelse på hospitaler o.lign. findes ventiler med knæ- eller fodbetjening.

#### Anvendelse

Almindelige tapventiler er beregnet for anbringelse på f.eks. håndvaske, hvor man ikke ønsker eller har mulighed for at anvende blandearmaturer. En typisk tapventil er vist på figur 7.1.



Figur 7.1. Almindelig tapventil.



Figur 7.2. Tapventil med slangeforskruning (spulehane).

### Tapventiler med tilbagestrømningssikring (spulehaner)

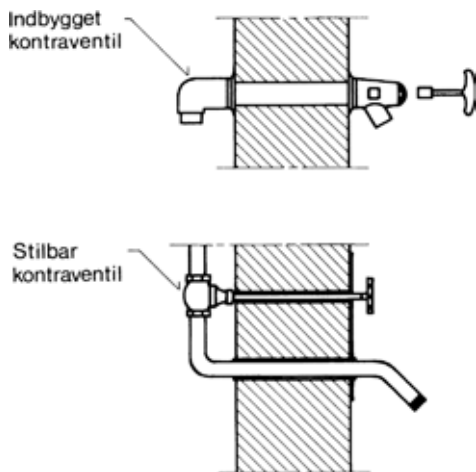
Når tapventiler har slangeforskruning (spulehaner), skal de forsynes med tilbagestrømningssikring. Dette kan f.eks. ske med en kontraventil, som monteres foran tapventilen, men der godkendes nu kun armaturer med indbygget tilbagestrømningssikring. Denne består - for de normalt anvendte spulehaner - af en kontraventil, men der findes også tapventiler, der har indbygget en kombineret kontraventil og vacuumventil.

En tapventil er oftest konstrueret som en sædeventil med løse kegle, som vist i princippet på figur 7.2. Denne ventiltipe kaldes også stilbar kontraventil - i modsætning til en almindelig kontraventil, som kun har den funktion at sikre mod tilbagestrømning.

Armaturet anvendes oftest som spule- og havevandingshane, men kan også anvendes ved tilslutning af opvaskemaskiner mv. i de tilfælde hvor der i VA-godkendelsen er krævet såvel afspærings- som kontraventil. Se kapitel 8. Nyere maskiner har indbygget tilbagestrømningssikring, således at der kan anvendes en almindelig afspæringsventil. Dette er nævnt i maskinens godkendelse.

Konstruktion

Anvendelse



Figur 7.3. Spulehane til frostsikker anbringelse.

## Frostsikring

Mange spulehaner anbringes i det fri eller i rum, hvor der er frostfare. Der skal i disse tilfælde sikres mod frostska-der f.eks. ved tømning i den frostfarlige periode. Der findes spu-lehaner med forlænget spindel og udløbstud, hvilket mulig-gør, at selve ventilen kan anbringes frostfrit og alligevel have betjeningsgreb og selvtømmende udløb placeret i det fri, se figur 7.3.

## Selvlukkende armaturer

Selvlukkende armaturer findes til flere formål, f.eks. køkken-vask, håndvask, urinal og bruser, og de findes både som tapven-tiler og som blandearmaturer.

## Indstilling af åbningstid

Nogle selvlukkende tapventiler giver mulighed for indstil-ling af åbningstiden inden for et givet interval, f.eks. fra 6 til 120 sekunder.

## Anvendelse

### Skylleventiler

Skylleventiler er selvlukkende ventiler, der primært anvendes til skylning af urinaler og WC'er. Da skylleventiler er ret robu-ste, anvendes de ofte på offentlige toiletter o.lign.

## Konstruktioner

Skylleventiler betjenes normalt ved tryk på en knap som øvrige selvlukkende ventiler. Åbningstiden kan som regel indstilles.

## Vandstrømme og tryktab

WC- og urinals skylning med skylleventiler kræver ret store vandstrømme, og anvendelse af skylleventiler medfører derfor relativt store rørdimensioner. Hertil kommer, at tryktabet i skylleventiler normalt er ret stort. Disse forhold gør, at man i praksis oftest anvender cisternes skylning til WC'er.

## Blandearmaturer

Et blandearmatur består i princippet af to tapventiler (f.eks. sædeventiler eller keramiske ventiler) med fælles udløb. De kan være forsynet med omstilling mellem flere udløb. Der skelnes mellem:

- Manuelt styrede blandearmaturer.
- Automatisk styrede blandearmaturer.

**Manuelt styrede blandearmaturer**

Efter den måde, som blandearmaturerne betjenes på, benævnes de: To-grebs blandere og et-grebs blandere.

**To-grebs blandere, manuelt styrede**

Armaturer, hvor to tapventiler betjenes med hver sit håndgreb, kaldes to-grebs blandere eller almindelige blandearmaturer.

De almindelige blandearmaturer anvendes i stor udstrækning ved installationsgenstande, f.eks. hånd-, køkken- og rengøringsvaske og badekar mv.

Armaturerne kan være forsynet med omstilling mellem flere udløb og således betjene flere end én sanitetsgenstand. Omstillingen kan f.eks. være et håndgreb eller en trykknop.

Udløbene kan f.eks. være udformet som faste eller svingbare tude, eller de kan være forsynet med faste brusere eller håndbrusearrangementer.

Nogle armaturer har indbyggede afspærringsventiler (eller haner), således at reparation og udskiftning af pakninger kan foretages uden gene for resten af installationen.

Nogle armaturer med flere udløb har indbyggede tilbage-

## Armaturtyper

## Flere udløb

## Udløbstude

## Supplerende funktioner

## Flere udløb

strømningssikringer. Den sikring kan være en automatisk tilbagestilling til det udløb, der ikke kræver sikring mod tilbagesugning, når armaturet lukkes. Dette er specielt tilfældet for armaturer med omskiftning mellem kar og håndbruser og ved bidet-armaturer.

Vedrørende sikring mod tilbagestrømning henvises til kapitlerne 8 og 14.

### **Et-grebs blandere, manuelt styrede**

Mange moderne blandearmaturer er af den såkaldte etgrebs type. Ved disse bestemmes såvel vandstrømmens størrelse som blandingen af koldt og varmt vand ved manøvrering af ét håndgreb.

For udløbstyper henvises til det, der er anført for to-grebs blandere.

### **Særlige blandearmaturer**

Nogle armaturer har to greb, hvor man med det ene indstiller forholdet mellem koldt- og varmtvandstrømmene og med det andet vandstrømmens størrelse.

Nogle armaturer har en indbygget forindstilling, der muliggør, at armaturet kan forindstilles til forskellige tryktab ved fuldt åben stilling. Sådanne armaturer med forindstilling kan være velegnede som vandbesparende foranstaltning, hvor samme armatur ønskes anvendt ved forskellige trykforhold.

### **Automatisk styrede blandearmaturer**

Automatisk styrede blandearmaturer er indrettet til en manuel indstilling og en automatisk fastholdelse af udløbstemperaturen samt en manuel regulering af vandstrømmens størrelse. Armaturerne er enten tryk- eller temperaturstyrede.

### **Trykstyrede blandearmaturer**

Trykstyrede armaturer har normalt to betjeningsgreb. Med det ene reguleres vandstrømmen, og med det andet indstilles blandingen af koldt og varmt vand til den ønskede udløbstemperatur. Ved trykændringer i koldt- og/eller varmtvandsledningerne vil armaturet automatisk sørge for, at den indstillede blanding og dermed udløbstemperaturen fastholdes.

Styring af temperatur og vandstrøm

Indbygget forindstilling

Tryk- eller temperaturstyring

Styring af blandingsforhold

For anvendelsesområder og udløbsudformning gælder, hvad der er anført for de manuelt betjente blandearmaturer.

### Temperaturstyrede blandearmaturer

Styring af  
temperatur

Temperaturstyrede armaturer har normalt to betjeningsgreb. Med det ene reguleres vandstrømmen, og med det andet indstilles den ønskede udløbstemperatur. En indbygget termostat styrer blandingen af koldt og varmt vand, således at den indstillede temperatur fastholdes.

Nogle armaturer har fast indstillet blandingstemperatur og i andre kan temperaturområdet begrænses, f.eks. med henblik på begrænsning af skoldningsrisiko.

### Afspærringsventiler

Armatortyper

#### Armaturkonstruktioner

Afspærringsventiler kan efter deres konstruktion opdeles i følgende typer:

- Toldehaner.
- Sædeventiler.
- Kuglehaner.
- Skydeventiler.
- Membranventiler.

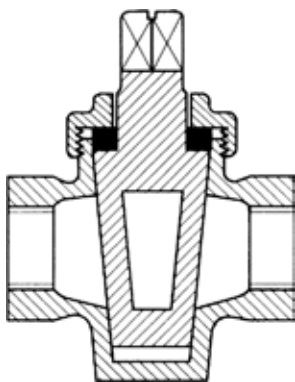


Fig. 7.4. Toldehane (stoppane)

## Toldehaner

Toldehaner i vandinstallationer finder næsten kun anvendelse som afspærringsmulighed på ledninger i jord og som tømehaner på beholdere. En toldehane er vist i figur 7.4.

## Sædeventiler

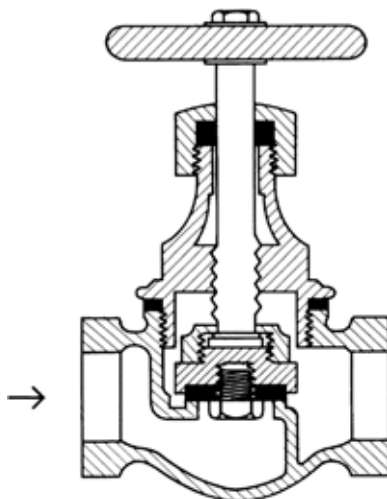
Sædeventiler anvendes meget i vandinstallationer, og de fremstilles i to typer: Almindelig sædeventil og fristrømsventil, som er en sædeventil med skrånstillet spindel. Fristrømsventilerne har et relativt lille modstandstal, og de anvendes derfor primært i installationer, hvor det er nødvendigt at begrænse tryktabet. En almindelig sædeventil er vist i figur 7.5.

## Kuglehaner

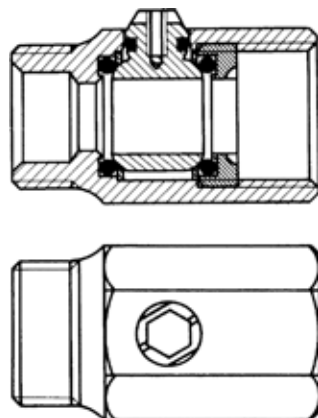
Kuglehaner er meget anvendte afspærringsventiler. De anvendes oftest som reparationsventiler på koblingsledninger, ligesom de kan være indbygget i tilgangene på aftapningsarmaturer. Se figur 7.6. På grund af risikoen for trykstød bør anvendelsen af kuglehaner begrænses til koblingsledninger og fordelingsledninger i enfamiliehuse samt til tømmeventiler på beholdere mv., hvor risikoen for store strømningshastigheder, når ventilen lukkes, er lille.

## Skydeventiler

Skydeventiler hører til de billigste afspærringsventiler, men de er – når der ses bort fra armaturer på ledninger i jord - ikke



Figur 7.5. Sædeventil.



Figur 7.6. Kuglehane.

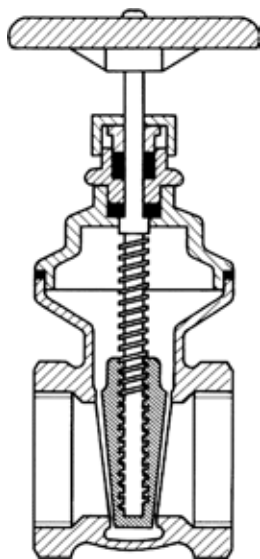
meget anvendt i vandinstallationer. Skydeventiler har en kort byggelængde og et ret lille modstandstal. Skydeventiler af ældre type, hvor lukningen er »metal mod metal«, giver normalt ikke fuld tætning. En skydeventil er vist i figur 7.7.

På de typer af skydeventiler, der anvendes på ledninger i jord, er der normalt  $9\frac{1}{4}$  spindelomdrejninger fra åben til lukket stilling.

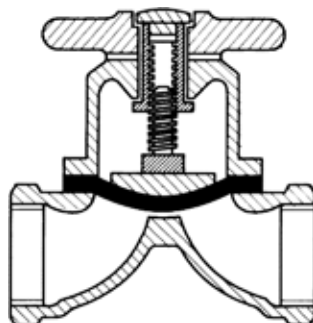
#### Membranventiler

Membranventiler anvendes endnu kun i begrænset omfang i vandinstallationer. Ventilerne er karakteristiske derved, at der ikke er vand i overdelen, og at spindel-tætning derfor ikke er nødvendig. Membranventilerne kræver derfor ikke megen vedligeholdelse. Et typisk anvendelsesområde er som afspæringsventil i jord.

Til samme ventil findes ofte et stort udvalg af membraner, så det bør altid kontrolleres, at den anvendte membran er egnet for den aktuelle vandtype. En membranventil er vist i figur 7.8.



Figur 7.7. Skydeventil.



Figur 7.8. Membranventil.

**Manuelt og automatisk styrede afspærringsventiler**

Afspærringsventiler er i almindelighed manuelt betjente. Der kan dog nævnes automatisk styrede afspærringsventiler, såsom svømmerventiler og magnetventiler. Svømmerventiler er beskrevet under afsnittet Andre armaturer.

## Konstruktion

Magnetventiler er ofte membranventiler med fjederbelastede magnetankre. Styrespændingen er afhængig af fabrikatet og kan variere mellem 24 V og 380 V.

## Anvendelse

Magnetventiler anvendes bl.a. i forbindelse med skylning af urinaler, hvor man derved kan opnå en automatisk skyllefunktion, som f.eks. kan være styret af et ur eller en fotocelle. Magnetventiler findes indbygget i mange maskiner og apparater, f.eks. vaske- og opvaskemaskiner.

For at undgå trykstød udføres magnetventiler som »langsomt lukkende«.

**Reguleringsventiler**

Reguleringsventiler anvendes, hvor man ønsker at begrænse eller regulere vandstrømmen i en ledning. Reguleringsventiler kan f.eks. være forindstillingsventiler, der indstilles til et ønsket fast modstandstal, eller de kan være automatisk virkende ventiler, der sikrer, at trykfaldet over ventilen eller vandstrømmen gennem ventilen holdes konstant.

**Forindstillingsventiler**

Ved indregulering af cirkulationssystemer, se kapitel 5, har man behov for ventiler, der kan indstilles til en fast modstand for at sikre den rette fordeling af vandstrømmene i systemet.

Hertil anvendes forindstillingsventiler, normalt sædeventiler, med forindstillingsskala og eventuelt trykmåleudtag.

## Reguleringsteer

En særlig enkel form for reguleringsventiler er reguleringsteer. Et reguleringsteer er et testykke, hvori der er indskruet en prop i afgreningen. Når proppen skrues mere eller mindre ind til reduktion af ledningstværsnittet, etableres der en variabel modstand. Reguleringsteer anvendtes tidligere ofte i cirkulationssystemer.

## Modstand ved tapsted

Der kan være behov for indregulering i en vandinstallation ved det enkelte tapsted. Der findes imidlertid ikke ventiler,

som er umiddelbart egnet for dette formål. Der er behov for et reguleringsarmatur, som kan optage et overskydende tryk – uden generende støj. Dette er uddybet i kapitel 15, hvor der nævnes den mulighed, at et overskydende tryk optages i koblingsledningen, der udformes som et langt, tyndt rør. Denne metode er imidlertid ikke særlig praktisk.

### **Reguleringsventiler, automatisk styrede**

Automatisk regulering anvendes, hvor et tryk, en vandstrøm eller en vandtemperatur skal fastholdes på en ønsket værdi. Armaturer, som både har tappefunktion og automatisk regulering, er omtalt under tapventiler og blandearmaturer.

Automatisk regulering anvendes endnu kun i begrænset omfang i vandinstallationer.

Temperatur-  
regulering

Hvis flere tapsteder skal forsynes med vand af samme temperatur, kan vand af denne temperatur fås gennem blanding af koldt og varmt vand i en termostatisk reguleringsventil. Blandingstemperaturen kan normalt indstilles inden for et vist område, men indstillingen kan som regel ikke foretages af brugeren af det enkelte tapsted.

Nogle termostatiske reguleringsventiler skal ved monteringen forsynes med kontraventil på koldt vandstilgangen. Hvor dette er tilfældet, er det anført i VA-godkendelsesbladet. Nyere armaturer har indbygget den fornødne tilbagestrømnings-sikring.

Trykregulering

I områder, hvor der er meget højt vandtryk – eventuelt kun i perioder – kan det være ønskeligt at begrænse trykket og fastholde det på en lavere værdi. Dette kan gøres med en reduktionsventil. En reduktionsventil søger at fastholde trykket på sekundærsiden, uanset trykket på primærsiden og uanset vandstrømmens størrelse. Reduktionsventiler anvendes normalt ikke i vandinstallationer, men visse steder kunne de være en hjælp til at mindske støjgener.

Vandstrøms-  
regulering

Fastholdelse af en bestemt vandstrøm er normalt kun af interesse, når det gælder de enkelte tapsteder. Hvis man forsynede hvert tapsted i en installation med en vandstrømsregulator, som kunne begrænse og fastholde vandstrømmen til tapstedets normalvandstrøm, kunne man opnå, at taping fra

et tapsted kun ville få begrænset indflydelse på vandstrømmen til andre tapsteder.

Vandstrømsregulatorer til dette formål findes på markedet svarende til de forskellige forudsatte vandstrømme. De har et ret stort tryktab (50 - 200 kPa ved den påregnede vandstrøm) og for at begrænse risikoen for overstrømning f.eks. i blandede armaturer bør der anbringes kontraventiler i armaturtilgang. Vandstrømsregulatorer skal VA-godkendes.

Termostatiske  
regulerings-  
armaturer

Termostatiske reguleringsarmaturer til cirkulationssystemer er nærmere omtalt i kapitel 5.

## Tilbagestrømningssikringer

Anvendelse af tilbagestrømningssikringer er beskrevet i kapitel 14. De kan opdeles i følgende grupper:

- Kontraventiler.
- Vacuumventiler.
- Andre tilbagestrømningssikringer.

### Kontraventiler

Kontraventiler tillader kun vandgennemstrømning i en retning.

Armatortyper

Kontraventiler udføres bl.a. i følgende typer:

- Klappkontraventil.
- Sædekontraventil.
- Kuglekontraventil.

Klappkontraventil

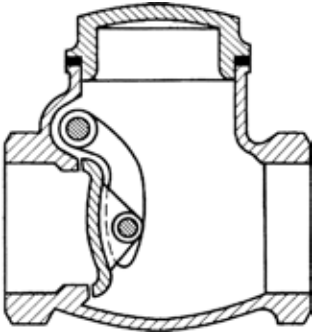
En typisk klappkontraventil er vist på figur 7.9. Kontraklap-pens vægt kan i visse armaturtyper være afbalanceret med et forskydeligt lod på en vægstang, men disse typer anvendes ikke i vandinstallationer.

I de mindre dimensioner anvendes klappkontraventiler ofte i cirkulationssystemer. I de større dimensioner anvendes ventilerne i forbindelse med trykforøgeranlæg. I det sidstnævnte tilfælde bør man være opmærksom på risikoen for trykstød.

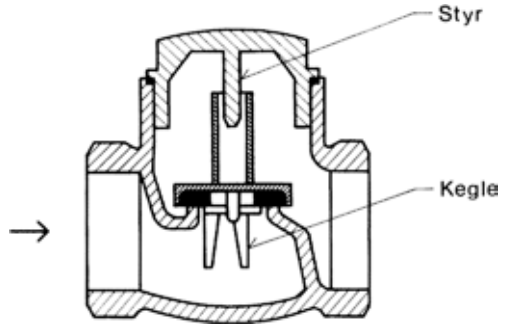
Sædekontra-  
ventiler

Sædekontraventiler er nok de oftest anvendte kontraventiler. Konstruktionen kan være som vist på figur 7.10.

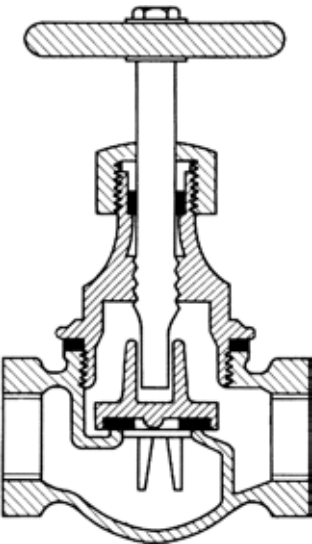
Ventilerne kan eventuelt være fjederbelastede.



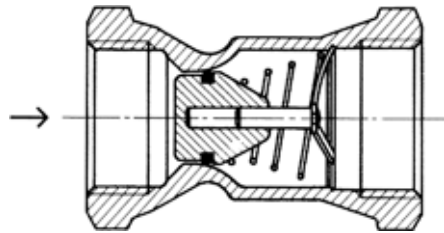
Figur 7.9. Klapkontraventil.



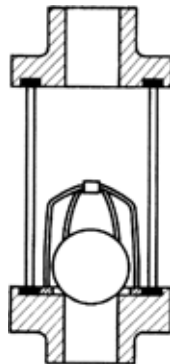
Figur 7.10. Sædekontraventil.



Figur 7.11. Stilbar kontraventil.



Figur 7.12. Fjederbelastet kontraventil.



Figur 7.13. Kuglekontraventil.

**Stilbar  
kontraventil**

Sædekontraventilen kan være forsynet med en tvangslukning, som vist på figur 7.11, således at ventilen også kan fungere som afspærringsventil. Den kaldes så en stilbar kontraventil.

Sædekontraventiler findes både som vægtbelastede og som fjederbelastede. De vægtbelastede er kun beregnet for vandret montage, mens de fjederbelastede kan monteres i en vilkårlig stilling. Krav til montage (vandret/lodret) fremgår af VA-godkendelsesbladet og kan også være påstemplet ventilen.

Fjederbelastede kontraventiler kan f.eks. bestå af et rørførmet hus af messing med indvendigt rørgvind. Ventilen har på midten en indsnævring, der danner sæde for et pæreformet, fjederbelastet ventillegeme af plast eller metal, se figur 7.12.

**Kuglekontraventil**

Kuglekontraventilen minder i princip meget om sædekontraventilen - blot er ventillegemet kugleformet, se figur 7.13.

Ventilhuset udføres ofte med skueglas, således at ventilens funktion kan kontrolleres. Denne funktion kan også opnås med andre konstruktioner, f.eks. ved kontrol gennem åbning af en pinolskrue. Denne ventiltipe kaldes kontrollerbar kontraventil.

**Andre kontra-  
ventiler**

Der findes også andre typer af kontraventiler. Der er således VA-godkendt en membrankontraventil.

**Vacuumventiler mv.**

En vacuumventil er en tilbagestrømningssikring, som ved undertryk i vandledningen åbner forbindelse til yderluften, hvorved hævertvirkningen brydes.

Tidligere blev vacuumventiler kaldt rørafbrydere. Denne betegnelse er nu delvis forladt, men ses dog i forbindelsen »åbne rørafbrydere«.

**Åbne rør-  
afbrydere**

Åbne rørafbrydere har en luftindsugningsåbning, der til stadighed står åben. Åbne rørafbrydere er altid indbygget i et taparmatur - f.eks. i en skylleventil - og de findes i øjeblikket ikke som VA-godkendte, selvstændige armaturer. Åbne rørafbrydere kan være udført efter ejektorprincippet.

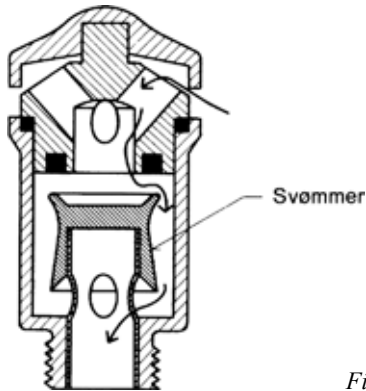
**Lavtryksvacuum-  
ventiler**

I lavtryksvacuumventiler er luftindsugningsåbningerne lukket, når ledningen står under tryk. Lavtryksvacuumventiler er vacuumventiler, der ikke til stadighed påregnes udsat for fuldt ledningstryk. Lavtryksvacuumventiler installeres derfor mel-

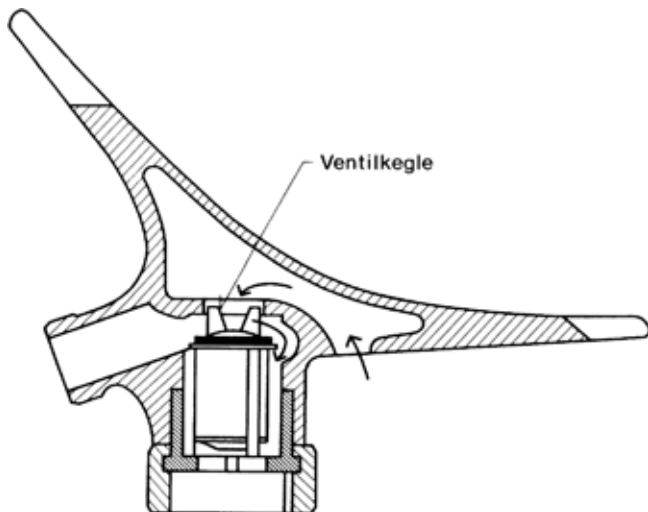
lem en ventil og den derefter følgende rørlednings frie udløb, se figur 7.14.

Indbygget ventil

Ventilerne kan f.eks. være indbygget i gaffelstykker for brusere, f.eks. som vist på figur 7.15, eller de kan være selvstændige armaturer.



Figur 7.14. Lavtryksvacuumventil.



Figur 7.15. Gaffelstykke for håndbruser med indbygget lavtryksvacuumventil.

## Højtryksvacuum-ventiler

I høj tryksvacuumventiler er luftindsugningsåbningerne lukket, når ledningen står under tryk. Højtryksvacuumventiler kan tåle fuldt ledningstryk, og de kan derfor installeres før tapventilen.

### Andre tilbagestrømningssikringer

Tilbagestrømningssikringer findes enten som særskilte armaturer eller indbygget i eller sammenbygget med andre armaturer. For armaturer, hvor der findes en omskifter mellem et fast og et bevægeligt udløb (f.eks. håndbruser), kan armaturet udformes på en sådan måde, at det faste udløb udgør en tilbagestrømningssikring for håndbruseren. Forskellige typer af tilbagestrømningssikringer kan også kombineres i samme armatur, f.eks. tapventil med kontraventil og vacuumventil, eller kombineret højtryks- og lavtryksvacuumventil.

## Sikkerhedsventiler

Sikkerhedsventiler er ventiler, der åbner ved et forud indstillet tryk, og som bortleder overskydende luft-, vand- eller dampmængder, der opstår i et lukket beholder- eller rørsystem.

Reglerne for godkendelse og anbringelse af ventiler, indstilling af løftetryk (max. 1000 kPa) og overløbsplacering er – hvad angår sikkerhedsventiler til vandvarmere – omtalt i kapitel 9.

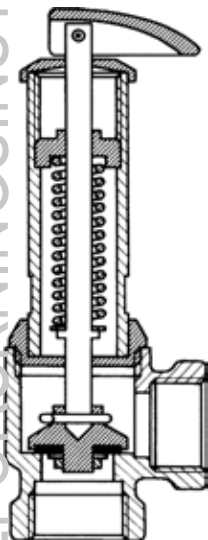
Sikkerhedsventiler udføres normalt som sædeventiler. Tilvejebringelse af et bestemt løftetryk kan ske ved fjederbelastning eller vægtbelastning.

### Fjederbelastede sikkerhedsventiler

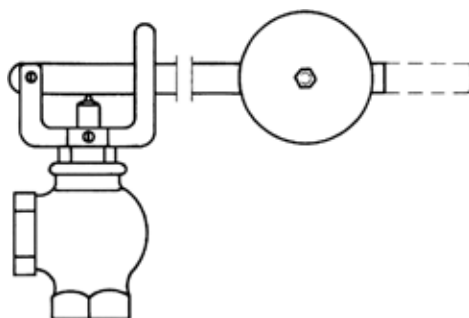
Fjederbelastede sikkerhedsventiler kan være udført som vist på figur 7.16. Ventilerne kan være forsynet med en indstillingsmulighed for indstilling af løftetrykket.

### Vægtbelastede sikkerhedsventiler

I vægtbelastede sikkerhedsventiler holdes ventilkeglen nede af en vægtstang med et lod, se figur 7.17. Indstilling af løftetrykket sker ved at forskyde loddet på vægtstangen.



Figur 7.16.  
Fjederbelastet sikkerhedsventil.



Figur 7.17.  
Vægtbelastet sikkerhedsventil.

## Andre armaturer

I det foregående er der kort omtalt en række almindeligt anvendte armaturtyper. Der kan under forudsætning af VA-godkendelse anvendes andre armaturtyper med samme eller andre funktioner. Her skal kun en enkelt, men meget vigtig, armaturtype omtales, nemlig svømmerventiler.

### Svømmerventiler

Ventiler til fyldning af cisterner er normalt svømmerstyrede sædeventiler, se figur 7.18.

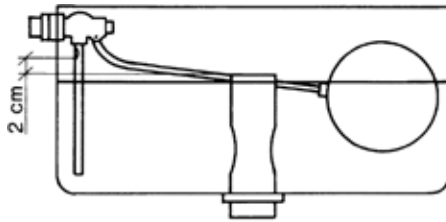
Selve svømmerlegemet kan være en hul metalbeholder, et plastlegeme eller lignende, der kan forskydes på en stang, således at den aftappede vandmængde kan indstilles.

Det er vigtigt, at der foretages en rigtig indstilling af svømmerventilen, både for at opnå en tilstrækkelig god skylning og for ikke at bruge mere vand end nødvendigt. Cisterner er forsynet med et vandstandsmærke, og af VA-godkendelsen fremgår, hvilken vandmængde dette svarer til.

Anvendelse

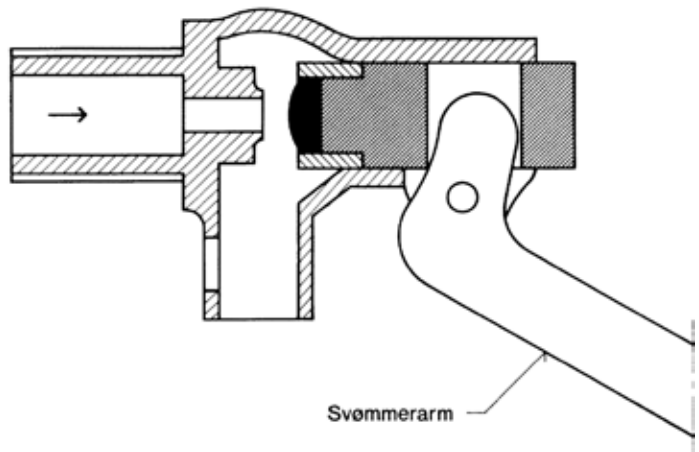
Konstruktion

Indstilling af  
vandmængde



Cisterne med neddykket rør fra svømmerventilen skal være med åben rørafbryder

Detalje af svømmerventil



Figur 7.18. Svømmerventil.

## KAPITEL 8

## Installationsgenstande

Generelle krav til installationsgenstande.....	202
Badekar .....	202
Armaturtyper.....	202
Armaturmontering .....	203
Sikring mod tilbagestrømning .....	203
Særlige forhold .....	203
Bidet.....	203
Armaturtyper.....	204
Armaturmontering .....	204
Sikring mod tilbagestrømning .....	204
Fælles-bruserarrangementer .....	204
Armaturtyper.....	204
Armaturmontering .....	205
Sikring mod tilbagestrømning .....	205
Sikring mod overstrømning .....	205
Særlige forhold .....	205
Cisterner for urinaler og WC'er.....	205
Installationstyper.....	206
Montering .....	206
Særlige forhold .....	206
Køkkenvask.....	207
Armaturtyper.....	207
Armaturmontering .....	207
Sikring mod tilbagestrømning .....	207
Havevandingshaner mv .....	208
Armaturtyper.....	208
Armaturmontering .....	208
Sikring mod tilbagestrømning .....	208
Særlige forhold .....	208

Håndvaske.....	209
Armaturtyper.....	209
Armaturmontering .....	209
Sikring mod tilbagestrømning .....	209
Spulehaner o. lign. ....	209
Armaturtyper.....	209
Armaturmontering .....	209
Sikring mod tilbagestrømning .....	210
Særlige forhold .....	210
Påfyldningshaner.....	210
Armaturtyper.....	211
Sikring mod tilbagestrømning .....	211
Rengøringsvaske .....	211
Armaturtyper.....	211
Armaturmontering .....	212
Sikring mod tilbagestrømning .....	212
Skyllventiler for WC'er og urinaler .....	212
Armaturtyper.....	212
Særlige forhold .....	212
Vaske- og opvaskemaskine for husholdning .....	213
Montering .....	213
Sikring mod tilbagestrømning .....	213
Særlige forhold .....	214
Vaske- og opvaskemaskiner for erhverv .....	214
Montering .....	215
Sikring mod tilbagestrømning .....	215
Særlige forhold .....	215
Vaskerender.....	215
Armaturtyper.....	215
Armaturmontering .....	216
Sikring mod tilbagestrømning .....	216
Særlige forhold .....	216

## Normkrav

I dette kapitel er der beskrevet en række forskellige installationsgenstande med de tilhørende vandinstallationer. Der er anført de normkrav, som gælder i forbindelse med den pågældende installationsgenstand, og der er angivet eksempler på installationsløsninger.

## Generelle krav til installationsgenstande

## VA-godkendelse

Der kan generelt henvises til de respektive VA-godkendelser, som i mange tilfælde er helt fundamentale for den pågældende installationsgenstand. Man finder her ikke alene en godkendelse af produktet, men også en beskrivelse af monteringen. Dette gælder i særlig grad for maskiner, specielle armaturer o.lign., hvor der kan være krav til installationen, f.eks. vedrørende tilbagestrømningssikring. Et meget vigtigt punkt i VA-godkendelserne er betingelserne for det aktuelle produkts godkendelse.

## Afspærring ved reparation

Normens generelle krav om afspærringsmulighed ved reparation er ikke omtalt ved alle installationerne, men dog i de tilfælde (f.eks. ved cisterner), hvor det anbefales i normens vejledningsstof. Hvorledes normens krav om afspærring skal tilgodeses, afhænger i øvrigt af installationens arrangement, se kapitel 19. Det skal dog nævnes, at det i de fleste tilfælde er en god idé at montere afspærringsventiler på tilgange til hver enkelt installationsgenstand.

## Særlige installationsgenstande

Mere ualmindelige installationsgenstande, såsom bækken-skyllere og drikkecummer er ikke omtalt i dette kapitel. Vedrørende disse kan der generelt henvises til VA-godkendelserne.

## Badekar

## Forudsatte vandstrømme

Tilslutninger:

Koldt vand  $q_f = 0,3$  l/s.

Varmt vand  $q_f = 0,3$  l/s.

## Armatortyper

Blandearmatur med fast eller svingbar udløbstud.

Blandearmatur med fast eller svingbar tud og omstilling til bruser.

## Bruser

**Bundfyldning**  
Flere installationsgenstande

Blandearmatur med udløb placeret i badekarsbund.  
Blandearmatur med svingbar udløbstud kan installeres således, at det kan betjene såvel badekar som anden installationsgenstand (f.eks. håndvask).

### Armaturmontering

Armaturer monteres normalt fri af badekar, f.eks. på væg eller på muret banket.

Armaturløsning  
Armaturløsning

Armaturløsning monteres normalt på badekars kantvulst.

Armaturløsning bør placeres i samme ende af kar som karrets bundventil.

Luftgabsproblemer  
Luftgabsproblemer

### Sikring mod tilbagestrømning

Armaturer med fast og svingbar tud skal placeres med udløbet mindst 20 mm over overkant af badekar. Såfremt armaturet betjener flere installationsgenstande, skal udløbet være 20 mm over overkant af højeste installationsgenstand.

Der er ikke krav om luftgabsproblemer, såfremt der er sikret mod tilbagestrømning gennem udløbstud med f.eks. vacuumventil, åben rørfryder eller med kontraventiler (ikke-stilbare) på begge tilgange. Tilbagestrømningssikringen kan være indbygget i armaturet og er så omfattet af VA-godkendelsen.

Overløbsproblemer  
Overløbsproblemer

Det bemærkes, at eventuelt overløb i henhold til normen ikke anses for at have tilstrækkelig kapacitet til, at ovennævnte luftgabsproblemer og højde af vacuumventil kan beregnes ud fra overløbet.

Støjproblemer  
Støjproblemer

### Særlige forhold

Fyldning af badekar kan give anledning til støj. Se kapitel 15.

### Bidet

Tilslutninger:

Forudsatte vandstrømme

Koldt vand  $q_f = 0,10$  l/s.

Varmt vand  $q_f = 0,10$  l/s.

**Armaturtyper**

Blandearmaturl med skrå tud og eventuelt med mulighed for indstilling af strålekarakter og stråleretning. Denne armaturtype er praktisk taget den eneste, der anvendes.

Håndbruser

Blandearmaturl (som ovenfor) med omstilling til f.eks. håndbruser og bundbruser.

Bundbruser

Blandearmaturl med omstilling mellem bundbruser og vulstskylnng. Der findes normalt en reguleringsventil på tilgang til bundbruser, således at strålehdjude kan reguleres.

Bundventil

Alle armaturtyper kan fås med løft-op-bundventil eller tilsvarende.

**Armaturlmontering**

Armaturler monteres normalt på bidet. Enkelte typer er beregnet til montering på væg.

**Sikring mod tilbagestrømning**

Sikring mod tilbagestrømning foretages som anført for badekar.

**Fælles-brusearrangementer**

Tilslutninger:

Koldt vand  $q_f = 0,1 \times n \text{ l/s}$ .

Varmt vand  $q_f = 0,1 \times n \text{ l/s}$ .

Her er  $n$  antallet af brusere.

Forudsatte  
vandstrømme

Det forudsættes, at vandstrømme begrænses til 0,1 l/s pr. bruser efter blandeventilen.

**Armaturltyper**

Manuelt betjent blandeventil.

Termostatstyret blandeventil (termostatisk reguleringsventil). Nogle armaturtyper er ikke forsynet med afspærringsventiler. Afspærringsventiler kan være fælles for flere brusere, eller de kan anbringes ved hver enkelt bruser.

For at begrænse vandforbruget kan brusere udstyres med selv-lukkende tapventiler med indstillelig åbningstid.

Neddrosling

Neddrosling skal foretages med egnede reguleringsventiler på tilgange til brusere.

**Armaturmontering**

De enkelte armaturers tilslutning varierer meget, og der henvises derfor til fabrikanternes oplysninger.

**Sikring mod tilbagestrømning**

Såfremt brusearrangementet forsynes med håndbrusere, skal der sikres mod tilbagestrømning som anført under håndbrusere. Almindeligst forsynes fælles brusearrangementer dog med faste brusere.

**Sikring mod overstrømning**

For visse armaturtyper kan der kræves særlige tilbagestrømningssikringer for at hindre overstrømning mellem koldt- og varmtvands tilslutningerne, f.eks. kontraventiler på tilgangene til blandearmaturet. De særlige krav vil fremgå af VA-godkendelserne.

**Særlige forhold**

Styring af vandtemperatur

Som det fremgår af det foregående, styres bruservandets temperatur sædvanligvis centralt, f.eks. kan blandearmaturet være placeret uden for selve bruserrummet. For at undgå skoldning er det derfor bedst, at temperaturen styres automatisk, og at der fra betjeningsstedet er mulighed for at overvåge bruserrummet, samt at der som en simpel kontrol monteres de nødvendige termometre.

Regulering

Hvor hver enkelt bruser ikke er forsynet med afspærrings- og reguleringsmulighed, bør anlægget forsynes med reguleringsventil, der sikrer en vandstrøm på 0,1-0,2 l/s ved hver bruser.

Dimensionering

Ved dimensionering af ledninger til blendeventil regnes med 0,1 l/s pr. bruser i såvel koldt- som varmtvandsledningen.

**Cisterner for urinaler og WC'er**

Forudsatte vandstrøm

Tilslutning:  
Koldt vand  $q_f=0,1$  l/s.

**Installationstyper**

Cisterner fastgjort til WC (kombinationsklosetter).

Cisterner til lav montering.

Cisterner til halvhøj montering.

Cisterner til høj montering.

**Montering**

Afspærringsventil

Tilgangsledningen skal af hensyn til reparation og vedligeholdelse af cisternens svømmerventil mv. være forsynet med afspærringsventil.

Cisterner og afspærringsventil skal være anbragt således, at de er tilgængelige for service og vedligeholdelse. Såfremt cisternen monteres skjult, kan der f.eks. være adgang til den gennem et demonterbart dæksel.

Koblingsledning kan være et slangesæt godkendt til formålet.

**Særlige forhold**

Indregulering

Ved skylning af WC'er og urinaler bør der ikke anvendes større vandmængde end nødvendigt til en effektiv skylning. Skyllevandsmængden afhænger af fabrikat og type. For WC'ers vedkommende vil den fremgå af VA-godkendelsen og vil i de fleste tilfælde være 6 liter.

Cisterner er normalt forsynet med et mærke, der angiver vandstanden ved en bestemt skyllevandsmængde (ved nyere kombinationsklosetter 6 liter), og cisterneventilen (svømmerventilen) kan ved hjælp af dette mærke indreguleres til den ønskede mængde.

Brandforhold

Når der anvendes skjult montering af cisterne bag eller i en væg, til hvilken der stilles brandtekniske krav, skal man være opmærksom på, at væggenes brandtekniske egenskaber kan blive forringet utilladeligt, hvis der anbringes en større åbning i væggen. Normalt vil en afdækning af åbningen med en 1 mm tyk stålplade være tilstrækkeligt, men brandtekniske foranstaltninger bør i hvert tilfælde aftales med myndighederne.

Vandbesparende foranstaltninger

Ved automatisk skylning af urinal(er) begrænses skyllevandsmængden normalt til max. 20 liter pr. time pr. urinal, og anlægget skal automatisk holdes aflukket uden for benyttelsestiden. Hvis der anvendes automatiske cisterner, kan dette krav

Samtidig skylning af flere urinaler	<p>tilfredsstilles ved anbringelse af en magnetventil på tilgangen til cisternen. Magnetventilen kan styres af et ur, eventuelt af en fotocelle, dørkontakt eller lignende anordning til registrering af urinalets benyttelse.</p> <p>Flere urinaler kan skylles samtidigt fra samme cisterne. Skyllerørsarrangementet skal udformes således, at alle urinaler skylles effektivt. Skyllvandsmængden pr. urinal afhænger af fabrikat og type og vil normalt være ca. 1-2 liter.</p>
Forudsatte vandstrømme	<p><b>Køkkenvask</b></p> <p>Tilslutninger: Koldt vand <math>q_f = 0,2</math> l/s. Varmt vand <math>q_f = 0,2</math> l/s.</p>
Håndbruser	<p><b>Armaturløstyper</b></p> <p>Blandearmatur med fast eller svingbar udløbstud. Blandearmatur med fast eller svingbar tud og omstilling til håndbruser.</p>
Svingtudslængde, armatur i bord	<p><b>Armaturløstyper</b></p> <p>Armaturer monteres normalt på væg over køkkenvask eller i bord.</p> <p>Svingtuden bør være så lang, at udløbet kan nå midte af vask. Hvis armaturet placeres i bord, vil et fremspring på 200 mm fra midten af armatur normalt være passende.</p>
Armaturløst på væg	<p>Såfremt armaturer placeres på væg over vask, vil et fremspring på 250-300 mm fra midte armatur normalt være passende.</p>
Udløbets højde	<p>Af hensyn til fyldning af spand eller lignende, bør udløbets højde over vaskens bund være mindst ca. 300 mm.</p>
Luftgab	<p><b>Sikring mod tilbagestrømning</b></p> <p>For armaturer ved køkkenvaske gælder de samme regler om luftgab og vacuumventiler, som er anført for håndvaske. De brugsmæssige krav til udløbets højde medfører i de fleste tilfælde, at kravet om luftgab automatisk er overholdt. Såfremt der anvendes separate tapventiler, og udløbene forbindes med løse gummislanger eller lignende, skal luftgabet regnes fra det fælles udløb til overkant af vask.</p>

## Havevandingshaner mv.

Forudsat  
vandstrøm

Tilslutning:  
Koldt vand  $q_f = 0,2$  l/s.

### Armaturtyper

Aftapningsarmatur med slangeforskruning.

### Armaturmontering

Armaturene monteres oftest på væg eller som opstander fri af bygning. Ved montering som opstander bør installationens stivhed sikres, f.eks. ved at armaturet monteres på en stolpe af trykimprægneret træ. Udløbet bør placeres mindst 0,5 m over terræn.

### Sikring mod tilbagestrømning

Sikring mod tilbagestrømning foretages normalt med en kontraventil eller ved at vælge et aftapningsarmatur, der er udført som stilbar kontraventil. Sikringen kan ikke foretages med vacuumventil.

### Særlige forhold

Frostsikring

Havevandingshaner på bygning kan frostsikres som angivet for spulehaner. Havevandingshaner anbragt fri af bygning frostsikres normalt ved at indrette installationen, så den kan afspærres og tømmes i frostperioder.

Tømning

Tømningen bør ske til f.eks. gulvafløb i kælderrum. De tidligere meget anvendte selvtømmende ventiler anbragt i jord må ikke anvendes. Såfremt tømning ikke kan ske til lavtliggende afløb, bør installationen kunne tømmes på anden måde, f.eks. ved hjælp af trykluft.

## Håndvaske

Forudsatte  
vandstrømme

Tilslutninger:  
Koldt vand  $q_f = 0,1$  l/s.  
Varmt vand  $q_f = 0,1$  l/s.

Ved samtidigt løbende tapsteder i omklædningsrum i fabrikker o.lign. kan der under forudsætning af neddrøsling regnes:  
Koldt vand  $q_f=0,03$  l/s.  
Varmt vand  $q_f=0,03$  l/s.  
Se i øvrigt under fælles-bruserarrangementer.

### Armaturtyper

Blandearmaturer med fast udløbstud.

Blandearmatur med fast udløbstud og omstilling til håndbruser.

Armaturer med svingbar udløbstud kan anvendes. De fleste armaturtyper kan fås med løft-op-bundventil. Blandearmatur kan være fælles for håndvask og andre sanitetsgenstande (f.eks. badekar).

### Armaturmontering

Armaturer monteres normalt på håndvasken, men kan monteres fri af håndvask på væg.

### Sikring mod tilbagestrømning

Luftgab

Armaturer med fast eller svingbar udløbstud skal monteres med udløbet mindst 20 mm over overkant af håndvask.

Håndbruser

Ved armaturer med omstilling til håndbruser skal denne sikres mod tilbagestrømning som angivet for håndbruser.

### Spulehaner o.lign.

Forudsatte  
vandstrømme

Tilslutninger:

Koldt vand  $q_f=0,2$  l/s.

Varmt vand  $q_f=0,2$  l/s.

Der kan være brugskrav om større vandstrømme.

### Armaturtyper

Aftapningsarmatur med slangeforskruning.

Ofte monteres spulehaner således, at de også kan anvendes til andre formål, f.eks. fyldning af kar og spande.

### Armaturmontering

Udløbet bør placeres mindst ca. 0,5 m over gulv eller terræn.

**Sikring mod tilbagestrømning**

Ved valg af tilbagestrømningssikring skal man tage hensyn til, hvorfra tilbagestrømning kan ske.

Normale forhold

Under normale forhold, dvs. hvis der ikke kan ske tilbagestrømning fra installation med særlig forureningsrisiko, foretages sikringen med en kontraventil eller ved at vælge et aftapningsarmatur, der er udført som en stilbar kontraventil.

Særlig forureningsrisiko

Hvor der foreligger særlig forureningsrisiko, f.eks. i laboratorier eller virksomheder, hvori der anvendes giftige bade etc. henvises til kapitel 14.

**Særlige forhold**

Frostsikring

Mange spulehaner anbringes således, at de er udsat for frost, f.eks. når de anbringes i affaldsrum eller i det fri. I disse tilfælde skal der sikres mod frostsprængning. Sikringen kan foretages således, at installationen kan afspærres og aftappes i frostperioder.

Slanger

Ved tilslutning af slanger skal man specielt være opmærksom på tryktabet i slangen, der kan betyde en væsentlig nedsættelse af vandstrømmen, og på det forhold at ikke alle slanger er trykfaste. Ikke-trykfaste slanger bør aldrig forsynes med afspærring.

Afløb

Spulehaner bør altid placeres således, at der er afløb, f.eks. gulvafløb eller nedløbsbrønd i umiddelbar nærhed.

**Påfyldningshaner**

Forudsat vandstrøm

Vandstrømmen til påfyldningshaner fastsættes i hvert enkelt tilfælde.

Påfyldningshaner kan være tilsluttet såvel koldt- som varmtvandsinstallationen.

Påfyldningshaner, fra hvilke der tilføres vand til f.eks. kedelanlæg, medregnes kun sjældent ved dimensioneringen af installationen. Dette kan tillades, såfremt påfyldningshanerne kun anvendes lejlighedsvis.

Aftapning af store vandmængder

Hvis der aftappes store vandmængder, f.eks. ved fyldning af beholdere (cisterner), svømmebassiner, fjernvarmeanlæg, bør aftapningstidspunktet aftales med den stedlige vandforsy-

ning. I mange tilfælde vil det blive krævet, at påfyldning skal ske i en periode med et ringe forbrug i den øvrige del af forsyningsområdet, f.eks. om natten.

### Armaturtyper

Armaturtypen afgøres i det enkelte tilfælde. Der vil ofte være tale om almindelige afspærringsarmaturer eller f.eks. stilbare kontraventiler. Se i det følgende om sikring mod tilbagestrømning.

### Sikring mod tilbagestrømning

Faste forbindelser

Påfyldningshaner kræves altid sikret mod tilbagestrømning, og faste forbindelser for påfyldningshaner til de anlæg, der skal påfyldes, vil kun i sjældne tilfælde kunne tillades efter normen. Faste forbindelser vil kunne tillades til anlæg, der indeholder drikkevand, vanddamp, kvælstof eller atmosfærisk luft.

Varmeanlæg

Faste forbindelser til vandvarmeanlæg, i hvilke der sker tilsætning af f.eks. korrosionshæmmende stoffer, kan således ikke accepteres. For at sikre sig mod, at fremtidige ændringer af et vandvarmeanlæg skal give problemer, anbefales det derfor, at forbindelsen mellem påfyldningshanen og anlægget altid udføres med en let demonterbar slange (trykfast).

Stilbar kontraventil

Påfyldning af varmeanlæg (max. temp. 120 °C) og lavtryksdampanlæg (max. temp. 120 °C og max. tryk 100 kPa) vil i henhold til normen kunne tillades, når påfyldningshanen udføres som en stilbar kontraventil.

Andre anlæg

I alle andre anlæg bør sikring mod tilbagestrømning ske som anført i kapitel 14.

### Rengøringsvaske

Tilslutninger:

Koldt vand  $q_f = 0,2$  l/s.

Varmt vand  $q_f = 0,2$  l/s.

Forudsatte vandstrømme

### Armaturtyper

Blandearmatuur med fast eller drejelig udløbstud, evt. separate tapventiler for koldt hhv. varmt vand.

### Armaturmontering

Armatur monteres normalt på væg over vask.

Af hensyn til fyldning af spande bør der være en frihøjde på mindst 300 mm.

### Sikring mod tilbagestrømning

For armaturer ved rengøringsvaske gælder de samme regler som anført for køkkenvaske.

## Skylleventiler for WC'er og urinaler

Tilslutninger:

WC'er koldt vand  $q_f = 1,5$  l/s.

Urinaler koldt vand  $q_f = 0,4$  l/s.

### Armaturtyper

Selvlukkende, trykknopbetjente skylleventiler, evt. med indstillelig åbningstid.

Ved skylning af urinaler anvendes ofte afspærringsventiler med almindeligt betjeningsgreb. For at undgå vandspild bør foretrækkes selvlukkende ventiler.

Ved fælles automatisk skylning af flere urinaler anvendes oftest magnetventiler.

### Særlige forhold

Nogle skylleventiler har relativt dårlige lydæssige egenskaber, se VA-godkendelsen.

Ved automatisk skylning af urinaler skal skyllemængden begrænses til normalt max. 20 liter pr. time pr. urinal. Ved skylning via en magnetventil bør denne automatisk holdes lukket uden for benyttelsestiden. Magnetventilen kan styres af et ur, evt. en fotocelle, dørkontakt eller lignende anordning, se under »Cisterner«.

Ved anvendelse af selvlukkende skylleventiler, såvel trykknopbetjente ventiler som magnetventiler, bør man være opmærksom på risikoen for skadelige trykstød.

Forudsatte  
vandstrømme

Støjforhold

Vandbesparende  
foranstaltninger

Trykstød

## Vaske- og opvaskemaskiner for husholdning

### Tilslutninger:

Koldt vand  $q_f = 0,2$  l/s.

Varmt vand  $q_f = 0,2$  l/s.

Normalt tilsluttes vaskemaskiner kun koldt vand, mens opvaskemaskiner kan tilsluttes enten koldt eller varmt vand. Der henvises til fabrikantens anvisninger. For nogle maskiner angiver fabrikanten en maksimal temperatur ved tilslutning til varmtvandsinstallationen.

### Montering

Normalt forbindes maskinen til vandinstallationen med en fleksibel trykslange med fabriksmonterede omløbere i begge ender, dvs. et slangesæt. Der skal anbringes afspærringsventil på tilgangen (før slangen) til maskinen. Afspærringsventilen bør placeres således, at den er bekvem at betjene. Ved nye maskiner skal trykslangen leveres med maskinen. Monteringsvejledning skal medfølge ved køb af nye maskiner.

### Sikring mod tilbagestrømning

Alle installationer for vaske- og opvaskemaskiner skal sikres mod tilbagestrømning. I nye maskiner (dvs. maskiner med VA-godkendelsesnumre større end 870) vil sikringen være indbygget i maskinen, og på forbindelsen til installationen kræves derfor kun den ovennævnte afspærringsventil.

I ældre maskiner er tilbagestrømningssikringen ikke altid indbygget, og der skal derfor henvises til VA-godkendelsen, hvor de krav der stilles til tilslutningen vil være formuleret.

Der vil ved ældre maskiner uden blødgøringsanlæg oftest være stillet krav om en stilbar kontraventil på tilgangsledningen, mens der for ældre maskiner med blødgøringsanlæg kan være stillet strengere krav.

Ved visse maskiner kan der således være stillet krav om såvel stilbar kontraventil som vacuumventil, og der kan være givet retningslinier for disses placering i forhold til maskinen.

VA-godkendelserne for ældre maskiner bør derfor altid rekvireres, og de deri angivne krav følges.

Forudsatte  
vandstrømme

Indbygget tilbage-  
strømningssikring

Ældre maskiner

Stilbar  
kontraventil

Vacuumventil

**Særlige forhold**

Trykforhold

For at vaske- og opvaskemaskiner skal kunne virke efter hensigten, skal trykket ved maskinens tilslutning til vandinstallationen ligge mellem visse grænser, der er afhængige af maskintype og -fabrikat.

Min. tryk

De fleste maskiner kræver et mindste tryk på 100-150 kPa, enkelte dog kun 20-30 kPa.

Max. tryk

Det maksimale tryk er almindeligvis 1000 kPa. Nøjagtige oplysninger om min. og max. tryk kan findes i VA-godkendelsen.

Oversvømmelses-sikring

VA-godkendte vaske- eller opvaskemaskiner, der er udført med sikring mod oversvømmelse som følge af utilsigtet vandtilstrømning eller blokeret afløb, tillades placeret i rum uden gulv afløb, såfremt de er placeret på et vandtæt underlag, der er udført således, at udstømning eller udsivning af vand kan konstateres.

VA-godkendte vaske- eller opvaskemaskiner med speciel sikring og særlig udformning, der sikrer, at udsivning af vand er forhindret, kan opstilles i rum uden gulv afløb og uden vandtæt underlag.

Vaske- eller opvaskemaskiner uden oversvømmessikring tillades kun opstillet i rum med gulv afløb.

Fleksible slanger

Erfaringsmæssigt bliver de fleksible trykslanger utætte efter nogle års drift, og installationen bør derfor udføres således, at udskiftning let kan foretages.

**Vaske- og opvaskemaskiner for erhverv**

Tilslutninger:

Vandtilslutningernes art og antal ved vaske- og opvaskemaskiner til erhvervsformål varierer meget, afhængigt af fabrikat og type.

Der kan f.eks. være tale om tilslutninger for én eller flere af følgende muligheder:

- Koldt vand.
- Varmt vand (max. T 55-60 °C).
- Koldt, blødgjort vand.

- Varmt, blødgjort vand (max.  $T=55-60$  °C).
- Hedt, blødgjort vand ( $60$  °C  $<T <100$  °C).
- Damp.

Vandstrømmene vil fremgå af fabrikanternes informationsmateriale.

### Montering

Maskinerne forbindes normalt til installationen med rør eller fleksible trykslanger, og der skal være afspærringsventiler på tilgangene.

### Sikring mod tilbagestrømning

Her gælder samme forhold som anført for vaske- og opvaske-maskiner til boliger.

### Særlige forhold

Oversvømmelses-sikring

Vaskemaskiner til erhvervsformål er normalt ikke forsynet med indbygget oversvømmessikring, og VA-godkendelsen kan derfor indeholde krav om, at den pågældende maskine kun må opstilles i rum med gulv afløb. Se i øvrigt under vaske- og opvaske maskiner til boliger.

Trykforhold mv.

Vedrørende trykforhold, fleksible slanger mv. se under vaske- og opvaske maskiner til boliger.

### Vaskerender

Forudsatte vandstrømme

Tilslutninger:

Koldt vand  $q_f = 0,03 \times n$  l/s.

Varmt vand  $q_f = 0,03 \times n$  l/s.

Her er  $n$  antallet af aftapningsarmaturer.

Det forudsættes, at vandstrømmen til vaskerender begrænses til ovennævnte vandstrøm.

### Armaturtyper

Blandearmatur med fast (eller svingbar) udløbstud.

Ved vaskerender anvendes ofte de såkaldte fabriksarmaturer med tilgangene placeret lodret over hinanden, evt. med fast bruser på udløb.

**Armaturmontering**

Armaturer monteres normalt fri af vaskerende, f.eks. på væg eller på rørstativ.

Af hensyn til brugen bør udløbstuden være ca. 300-400 mm over kant af vaskerende.

**Sikring mod tilbagestrømning**

For armaturer med vaskerender gælder samme regler som anført for håndvaske.

**Særlige forhold**

Blandearmaturer ved vaskerender bør regnes samtidigt løbende og bør derfor neddrosles til de anførte normalvandstrømme. Neddroslingen kan foretages med reguleringsventiler ved hvert enkelt armatur. Se i øvrigt under bruserarrangementer.

Luftgab

Neddrosling

## KAPITEL 9

Anlæg for produktion  
af varmt vand

Anlægstyper og deres virkemåde .....	220
Varmtvandstemperaturen under drift .....	221
Et anlægs ydelse .....	222
Effekt og beholdervolumen.....	223
Det effektive beholdervolumen.....	223
Den effektive beholderydelse .....	225
Overslagsdata for varmtvandsbeholdere.....	226
Varmtvandsbehov .....	227
Tappeprogram .....	227
Dimensionering.....	230
Dimensioneringsforudsætninger .....	230
Dimensionering af gennemstrømningsvarmere .....	233
Dimensionering af varmtvandsbeholdere .....	234
Eksempel 9.1. Erhvervsvirksomhed .....	235
Dimensionering af anlæg der forsyner enkelte boliger.....	238
Anlæg der forsyner alle tapsteder i en helårsbolig.....	238
Eksempel 9.2. Kassebeholder til bolig.....	239
Eksempel 9.3. Beholder med varmepumpe .....	240
Dimensionering af anlæg for flerfamiliehuse.....	240
Anlæg for 2-3 lejligheder.....	240
Større beboelsesejendomme .....	240
Vejledende regler for anlæg med 4-150 lejligheder .....	242
Anlægsformer .....	243
Varmtvandsbeholdere og gennemstrømnings- varmere.....	243
Trykfaste og ikke-trykfaste anlæg.....	244
Opvarmningsmåder.....	244
Beholdermaterialer .....	245

Generelle krav til anlæg og deres installation .....	48
Reparation og vedligeholdelse .....	48
Anoder .....	49
Elektrolyseanlæg .....	49
Armaturer .....	49
Tømning af anlæg .....	49
Rensemuligheder .....	50
Udtagning af varmefflader .....	50
Korrosionsbeskyttelse .....	50
Beholdere af stålplade uden overfladebehandling .....	50
Beholdere af emaljeret stålplade .....	50
Beholdere af stålplade med plastbelægning .....	50
Armaturer .....	51
Afspærring .....	51
Sikring mod tilbagestrømning .....	51
Sikkerhedsventil .....	51
Cirkulationsledningens tilslutning .....	52
Styring og regulering af varmtvandstemperatur .....	53
Vandtemperaturer .....	53
Instrumentering af vandvarmere mv. ....	54
Styring og regulering af vandtemperatur .....	54
Varmtvandsbeholdere, vandopvarmede .....	55
Kappebeholdere .....	55
Varmtvandsbeholdere med indlagt varmefflade .....	57
Gennemstrømningsvarmere .....	58
Effektiv beholderydelse .....	58
Tryktab i gennemstrømningsvarmere .....	59
Anlægstyper .....	59
Elvandvarmere .....	59
Ydelse .....	60
Kalkafsætninger .....	61
Gasvandvarmere .....	62
Gasvandvarmeres kapacitet .....	62
Tryktab i gasvandvarmere .....	62
Korrosionsforhold .....	63
Cirkulation .....	63
Godkendelse .....	63
Skoldningsrisiko .....	63

Anlæg for fjernvarmeopvarmning.....	64
Trykforhold.....	64
Varmtvandsbeholdere for fjernvarme .....	64
Gennemstrømningsvarmere for fjernvarme .....	65
Anlægstyper for fjernvarme.....	65
Kedelunits .....	65
Armaturer.....	65
Anlægstyper.....	66
Anlæg for opvarmning med damp og hedtvand.....	66
Arbejdstilsynet.....	66
Anlægstyper.....	66
Anlæg for hedt brugsvand.....	67
Kalkudfældning .....	67
Anlægstyper.....	67

#### Normens krav

Ifølge normen skal et anlæg for varmtvandsproduktion kunne yde en rimelig vandmængde med en temperatur, der passer til formålet, under hensyntagen til varmtvandstapventilernes antal og brug.

Herudover stiller normen krav om, at

- temperaturerne i anlægget skal være således, at risikoen for bakterievækst er mindst mulig,
- den tilførte energi udnyttes bedst muligt,
- vandspild undgås og
- varmeffladerne udføres således, at belægninger på disse holdes på et så lavt niveau som muligt og at varmeffladerne skal være tilgængelige for rensning.

#### Erfaringsmateriale og beregningsmetoder

Normens krav er ret løst formuleret - som det må være tilfældet ved en norm baseret på funktionskrav - men der findes erfaringsmateriale og beregningsmetoder, som giver en nogenlunde dækning af de fleste opgaver.

#### Varmtvandsbehov

Det er imidlertid ikke problemfrit at dimensionere et anlæg for varmtvandsproduktion. Det kan således være vanskeligt at opgøre behovet for varmt vand. Lettest er det hvor det f.eks.

drejer sig om en kendt fabrikationsproces eller ved større boligbyggeri, hvor man kan påregne en vis udjævning i samtidigheden af de individuelle forbrug, og hvor man har et stort erfaringsmateriale. Det er sværere ved anlæg, hvor de enkelte familiers brugsmønster spiller ind; her bør brugerne være med til at formulere behovet. I de tilfælde, hvor brugerne ikke er kendt, og det forventede brugsmønster derfor ikke kan fastlægges, kan man anvende normens tappeprogrammer som retningslinje for, hvad der er rimeligt. Dette behandles senere i kapitlet.

Anlægsydelse

Det kan endvidere være vanskeligt at beregne et anlægs præcise ydelse. Fabrikterne angiver som regel dimensioneringstabeller, men kun for små anlæg findes der veldefinerede prøvningsmetoder eller beregninger, som kan bekræfte disse erfaringstal. Ved store anlæg vil det normalt kunne betale sig selv at gennemføre en beregning og ikke uden videre forlade sig på opgivne beholderdata, f.eks. udtrykt som et antal lejligheder, der kan forsynes af de forskellige beholdertyper.

## Anlægstyper og deres virkemåde

Anlæg for produktion af varmt vand består af en varmevekslerdel, i hvilken vandet opvarmes og eventuelt en beholderdel, i hvilken det opvarmede vand opbevares (akkumuleres) til senere brug.

Varmtvands-  
beholder

I mange anlæg kombineres de to anlægsdele til det, der i almindelighed kaldes en varmtvandsbeholder, men der er intet til hinder for at udføre varmeveksler og beholder hver for sig.

Gennemstrø-  
ningsvarmer

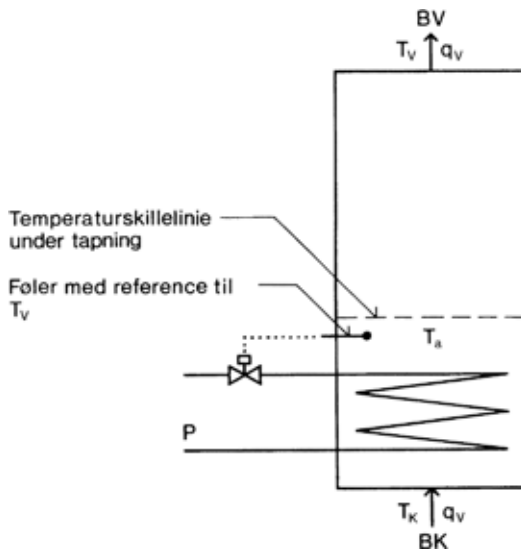
Et varmtvandsanlæg med en meget lille, eventuelt slet ingen beholderdel kaldes en gennemstrømningsvarmer eller en gennemstrømningsvarmeveksler. Normens betegnelse er gennemstrømningsvandvarmer.

Separat  
varmeveksler  
og beholder

Undertiden udføres større anlæg som en kombination af separate varmevekslere og beholdere. I sådanne anlæg vil det pga. varmetabet fra beholderen være nødvendigt at holde denne opvarmet, eventuelt ved cirkulation til varmeveksleren for at sikre en passende vandtemperatur til tapstederne.

Symboler og  
definitioner

De symboler og definitioner, som vil blive anvendt i det følgende, er angivet i figur 9.1.



Figur 9.1. Symboler og definitioner anvendt i forbindelse med varmtvandsbeholder.

Aftapning

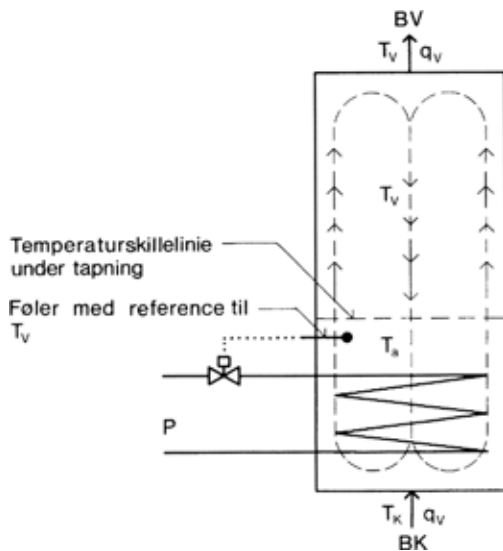
### Varmtvandstemperaturen under drift

Når der tappes en vandstrøm  $q_v$  fra et magasin, der er opvarmet til temperaturen  $T_v$ , vil der samtidig strømme koldt vand med temperaturen  $T_k$  ind, se figur 9.2. Det kolde vand opvarmes til en temperatur  $T_a$ , der normalt er lavere end  $T_v$ , men i øvrigt afhænger af størrelsen af  $q_v$ . Da koldt vand har større vægtfylde end varmt, vil der i de fleste beholdertyper være en skilleflade, dvs. en smal overgangszone mellem det vand, der i forvejen var i magasinet og det vand, der strømmer ind under tapningen, og som opvarmes til temperaturen  $T_a$ . Under fortsat tapning vil skillefladen bevæge sig opad, og på et tidspunkt vil temperaturen på det vand, der forlader produktionsanlægget, falde temmelig brat fra  $T_v$  til  $T_a$ .

Effektivt volumen

Hvis  $T_a$  er for lav til at sikre en passende temperatur vedtappstederne kan man sige, at anlæggets effektive beholdervolumen er »opbrugt«, idet afgangstemperaturen bliver lavere end den ønskede temperatur. Ved konstruktion af varmtvandsbeholdere sigter man mod, at så meget vand som muligt kan tappes ved den høje temperatur.

Hvis tilførslen af koldt vand er uheldigt udformet, kan der



Figur 9.2. Eksempel på strømnings- og temperaturforhold ved aftapning og genopvarmning.

ske en opblanding af det indstrømmende kolde vand i det varme - overgangszonen bliver større - og det effektive volumen kan blive kraftigt reduceret.

Genopvarmning

Når tapningen ophører, og der ikke strømmer koldt vand ind, vil anlægget fortsætte opvarmningen af det vand, der er i beholderen, og der vil i de fleste beholdertyper – afhængigt af varmevekslerens udformning – opstå termiske strømninger, dvs. strømninger, der er betinget af vægtfyldeforskelle hidrørende fra forskellene i vandtemperatur. Såfremt effekttilførslen er automatisk reguleret, vil opvarmningen standse, når temperaturen ved føleren er nået op på  $T_v$ . Det bemærkes, at følerens placering er meget vigtig, og at mange fabrikanter angiver den mest hensigtsmæssige placering.

### Et anlægs ydelse

En gennemstrømningsvarmer eller en varmtvandsbeholder kan karakteriseres på flere forskellige måder. Det gælder om at få nogle data, som kan anvendes ved dimensioneringen, og der vil i det følgende blive omtalt de hyppigst anvendte størrelser.

Beskrivelse  
af ydeevne

### Effekt og beholdervolumen

De væsentligste data for et anlæg er beholderens volumen og den effekt, som varmefladen kan tilføre vandet. Imidlertid er der så store forskelle i anlægskonstruktionerne, at effekt og beholderstørrelse ikke direkte kan tages som et udtryk for et anlægs ydeevne. Da man i dimensioneringen har brug for størrelser, som - uden hensyn til konstruktion - beskriver et anlægs ydeevne, har man defineret begreberne

- Det effektive beholdervolumen.
- Den effektive beholderydelse.

### Det effektive beholdervolumen

Det man har brug for at vide er ikke, hvor stor beholderen er, men hvor meget brugsvand af en vis temperatur, der kan tappes fra den. Ved langvarige tapninger kan vandets afgangstemperatur ændre sig, og man må derfor - når det effektive beholdervolumen skal angives - præcisere, hvor lav en afgangstemperatur, der kan accepteres. Underskrides denne temperatur kan man sige, at det effektive volumen er udtømt.

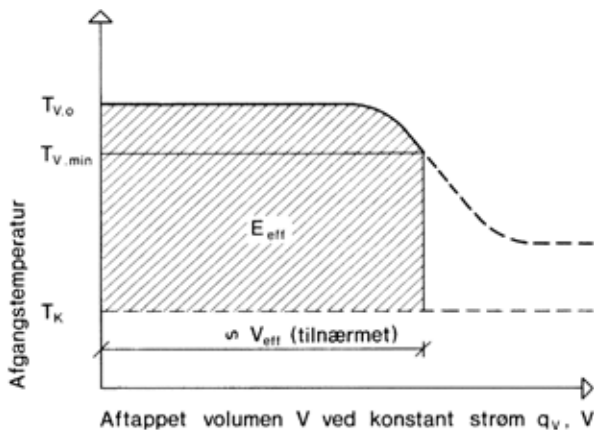
Variierende  
vandtemperatur

Når vandets afgangstemperatur varierer, kan man ikke nøjes med at måle det aftappede volumen, fordi jo varmere vandet er, desto flere liter varmt brugsvand kan det blive til, når det blandes med koldt vand ved tapstedet til den ønskede temperatur, der normalt er lavere end  $T_V$ . Man får derfor et bedre mål for beholderens effektive volumen ved at se på energien eller varmemængden i det aftappede volumen, hvilket kan benævnes varmtvandsbeholderens effektive energiindhold. I figur 9.3 er det effektive energiindhold anskueliggjort i et diagram, og det kan i ord defineres som følger:

Det effektive  
energiindhold

En varmtvandsbeholder er fuldt opladet til temperaturen  $T_{V,o}$ . Der igangsættes en tapning med en given, konstant strøm  $q_V$ , og der tilføres koldt vand af temperaturen  $T_K$ . Tapningen fortsættes til afgangstemperaturen er sunket til en given temperatur  $T_{V,min}$ . Det effektive energiindhold  $E_{eff}$  er da den varmemængde over  $T_K$ , som er indholdet i det aftappede vand.

Ud fra denne definition kan man bestemme  $E_{eff}$  gennem måling, når driftsbetingelserne er fastlagt.



Varmtvandsbeholderen aftappes ved en konstant strøm  $q_v$ . Det først aftappede vand har temperaturen  $T_{V,o}$ , men på et tidspunkt begynder temperaturen at falde. Når den er nået ned til den laveste afgangstemperatur, som kan accepteres,  $T_{V,min}$ , er den effektive energi udtømt. Den effektive energi defineres herudfra som varmeindholdet over  $T_K$  af det aftappede vand. Den effektive energi er i diagrammet udtrykt ved det skraverede areal, som kan beregnes af

$$E_{eff} = c \int_{T_V = T_{V,o}}^{T_V = T_{V,min}} (T_V - T_K) dV$$

hvor  $c$  er vandets varmekapacitet. Det effektive beholdervolumen kan – hvis temperaturfaldet fra  $T_{V,o}$  til  $T_{V,min}$  sker på kort tid – defineres

$$V_{eff} = \frac{E_{eff}}{(T_{V,o} - T_K) c \cdot \rho}$$

$V_{eff}$  er med tilnærmelse lig med det volumen, som er vist i diagrammet.

Figur 9.3. Diagram til illustration af en varmtvandsbeholders effektive energiindhold.

Definition på det effektive beholdervolumen

Selv om  $E_{eff}$  er et godt udtryk for beholderens kapacitet, så kan det være ønskeligt også at kunne give et udtryk for det effektive beholdervolumen,  $V_{eff}$ , som kan defineres ved

$$V_{eff} = \frac{E_{eff}}{(T_{V,o} - T_K) c \cdot \rho}$$

Her er

$c$  vandets specifikke varmekapacitet  
 $\rho$  massefylde.

Derved bliver  $V_{eff}$  et udtryk for det volumen vand af temperatur  $T_{V,o}$ , som man kan regne med i dimensioneringen, se figur 9.3.

Det effektive beholdervolumen er indtegnet i figur 9.3.

Det effektive beholdervolumen afhænger primært af beholderkonstruktionen og er næsten uafhængigt af den valgte beholdertemperatur ( $T_{V,o}$ ). Det effektive energiindhold afhænger dels af det effektive beholdervolumen og dels af den valgte beholdertemperatur.

Normens vejledning angiver, at beholdertemperaturen af hensyn til bakterievækst bør kunne holdes på 55-60 °C.

Hvor man ønsker at definere  $V_{eff}$  uden at gå over energiindholdet kan anvendes følgende definition:

Det effektive beholdervolumen ved en given vandstrøm og ved en given effektilførsel er det volumen vand, som kan tappes fra en beholder med vandtemperaturen  $T_{V,o}$ , før vandets afgangstemperatur er sunket til under en given temperatur  $T_{V,min}$ .

Det ses, at flere parametre skal være fastlagt, før man kan angive det effektive beholdervolumen. Disse parametre kan imidlertid som regel fastlægges i et konkret projekt, således at det effektive beholdervolumen kan være en del af bestillingsgrundlaget.

Den sikreste måde til at bestemme det effektive beholdervolumen er at foretage en aftapningsprøve, hvor alle parametre (temperaturer, vandstrømme, opstilling mv.) er fastlagt. Ændres parametrene fås en anden værdi af det effektive volumen. En sådan prøve er kostbar at gennemføre og anvendes derfor sjældent for store anlæg.

### Den effektive beholderydelse

Den effektive beholderydelse er et mål for den effekt, som varmefluden kontinuert kan overføre til brugsvandet, og den defineres på følgende måde:

Den effektive beholderydelse er den varmtvandsydelse, som beholderen kan yde kontinuert ved en given effektilførsel og ved opvarmning af brugsvandet fra en given koldt vandstemperatur  $T_K$  til den varmt vandstemperatur  $T_V$ , som kan opnås ved den valgte vandstrøm  $q_V$ .

Tilnærmet definition på det effektive beholdervolumen

Bestemmelse af parametre

Måling af det effektive beholdervolumen

Definition på den effektive beholderydelse

Den effektive beholderydelse,  $P_{eff}$ , kan udtrykkes som

$$P_{eff} = q_V \cdot (T_V - T_K) \cdot \rho \cdot c$$

Fastlæggelse af  
parametre

Det ser ud som om man på denne måde selv kan bestemme hvor stor en beholders effektive ydelse skal være, men man må naturligvis vælge  $q_V$  på en sådan måde, at den varmtvands-temperatur  $T_V$ , som opnås, er relevant.  $T_V$  bør vælges til noget i retning af  $T_{V,min}$  – dvs. den laveste afgangstemperatur som kan accepteres, fordi en måling med for lav værdi af  $T_V$  vil give en urealistisk stor værdi af den effektive beholderydelse.

Temperatursæt

Den effektive beholderydelse kan udtrykkes for vilkårlige sæt af temperaturer, men ofte anvendes

afgangstemperatur  $T_V$ : 55 °C

koldt vandstemperatur  $T_K$ : 10 °C

Hvor opvarmningsmediet er varmt vand, specificeres fremløbs- og returtemperatur til 80/60 °C eller 90/70 °C. Andre værdier, f.eks. 70/40 °C eller 60/30 °C kan anvendes i forbindelse med lavtemperaturanlæg.

### Overslagsdata for varmtvandsbeholdere

Det hører til undtagelserne, at effektivt volumen og beholderydelse er bestemt ved måling for større beholdere. Normalt fås data, som er fremkommet gennem fabrikantens erfaring og brug af forskellige korrektionsfaktorer.

Beholdervolumen  
og effektivt  
volumen

Ved sædvanlige temperaturforhold vil beholderens geometriske volumen  $V$  være større end dens effektive volumen. Dette kan udtrykkes ved ligningen

$$V = f_V \cdot V_{eff}$$

hvor  $f_V$  altså er en faktor, der er større end 1, og som afhænger af beholderens geometri, varmebladens størrelse og placering samt følerens placering.

Opblanding

Disse forhold har blandt andet indflydelse på opblandingen, dvs. den blanding, der sker af det indstrømmende kolde vand og det varme vand, der befinder sig i beholderen. Opblandingen bevirker, at temperaturen i beholderen falder, og dermed at det effektive beholdervolumen nedsættes.

For beholderstørrelser på op til ca. 500 l findes der prøvningsmetoder til bestemmelse af  $f_V$ . Rigtigt konstruerede beholdere har  $f_V$ -værdier der ligger under 1,2.

Såfremt der ikke foreligger målinger, kan man som et groft overslag – som ikke tager hensyn til hvor god konstruktionen er – regne med følgende værdier for  $f_V$ :

- Kapselbeholdere  $f_V = 1,5$
- Beholdere med indbygget varmeplade  $f_V = 1,4$

Beholdereffekt og effektiv ydelse

Den effekt eller varmeydelse  $P_o$ , som opgives af fabrikanten, vil være lig med den effektive beholderydelse  $P_{eff}$ .  $P_o$  skal være bestemt ved de temperatur- og driftsforhold, som er relevante for det aktuelle anlæg.  $P_o$  vil imidlertid normalt gælde for nye, rene varmeplader, så der må påregnes en vis reduktion af effekten forårsaget af tilstening. Dette kan angives ved

$$P_o = f_p \cdot P_{eff}$$

Faktor for tilstening

hvor faktoren  $f_p$  vil være afhængig af brugsvandets kemiske egenskaber, af vedligeholdelse og rensning, varmepladens overfladetemperatur, og af om der er installeret elektrolyseanlæg eller lignende. Den kan derfor variere meget. Normen nævner mulige reduktioner på 15-30 pct. svarende til

$$f_p = 1,15-1,30$$

Store værdier af  $f_p$  haves f.eks. i visse typer af gasvandvarmere og elvandvarmere. Små værdier haves f.eks. i lavtemperaturanlæg. En tilstening vil normalt kun påvirke det effektive volumen i ringe grad.

### Varmtvandsbehov

Tappeprogram

Varmtvandsbehovet kan specificeres på forskellige måder, men til brug for dimensionering af anlæg for varmt brugsvand er et såkaldt tappeprogram et godt udgangspunkt.

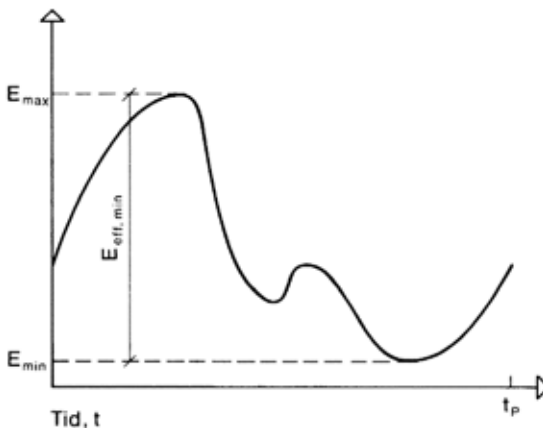
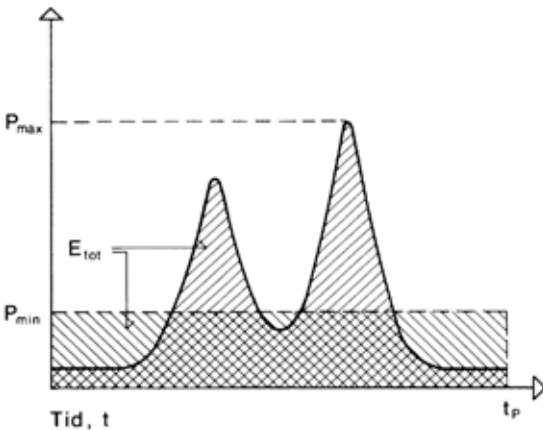
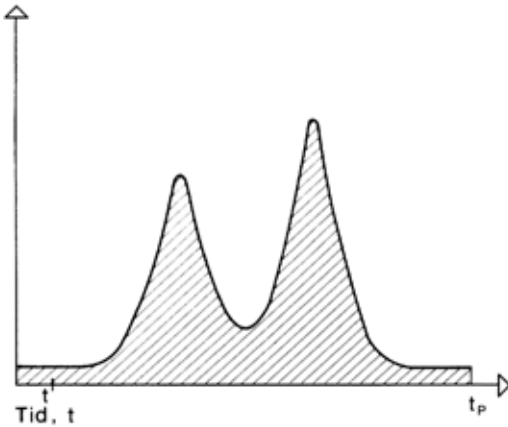
Varmtvandsbehovet – og dermed tappeprogrammet – skal fastlægges for et døgn med stort forbrug.

### Tappeprogram

Et tappeprogram er en redegørelse for sammenhængen mellem tid og varmtvandsforbrug. Det kan anskueliggøres i et diagram, som vist i figur 9.4.

Vandstrøm,  $q_V$ Effekt  $P = c \cdot q_V \cdot (T_{V,o} - T_K)$ 

Energindhold i beholder



Figur 9.4. Tappeprogram for en varmtvandsinstallation. Øverst er tappeprogrammet angivet som vandstrømmen som funktion af tiden i den belastede periode. I midten er vandstrømmen erstattet af den effekt som er indeholdt i vandstrømmen, dvs.  $P = 4,2 \cdot q_V \cdot (T_{V,o} - T_K)$ . Arealet mellem kurven og tidsaksen er et udtryk for energiforbruget  $E_{tot}$  i tidsperioden, og det er vist at samme energiforbrug kunne dækkes af effekten  $P_{min}$ , hvis den virkede i hele perioden. Den nederste kurve angiver energiindholdet i beholderen beregnet som forskellen mellem forbrug og produktion. Forskellen mellem  $E_{max}$  og  $E_{min}$  giver det nødvendige energiindhold i beholderen svarende til  $P_{min}$ .

## Tappeperiode

Tapningen i en installation følger normalt et vist mønster, der med en vis sandsynlighed gentager sig med en bestemt periode. I boliger er denne periode et døgn, eventuelt en uge. I virksomheder med skifteholdsdrift kan den være f.eks. 8 timer.

## Tappeprogram baseret på vandstrøm

Et tappeprogram fastlægger således forbrugets variation inden for denne tidsperiode. De forskellige varmtvandsbehov vil som regel være kendt som en vandstrøm ved en bestemt temperatur. Da temperaturerne kan være forskellige må der ske en omregning, således at de vandstrømme, som indgår i tappeprogrammet, alle er henført til vand af beholderens afgangstemperatur. Den vandstrøm, som tappeprogrammet øverst i figur 9.4 angiver, er altså den vandstrøm som forlader beholderen, og ikke de blandede vandstrømme, som f.eks. forlader blandearmaturene. De vandstrømme, der arbejdes med i tappeprogrammet, er ikke de dimensionsgivende vandstrømme, se kapitel 3. Der er tale om gennemsnitlige forbrug i et noget længere tidsrum, f.eks. en time.

## Tappeprogram baseret på varmtvandseffekt

I stedet for et tappeprogram, som angiver hvor meget vand varmtvandsbeholderen skal yde på et vilkårligt tidspunkt, kan man angive den effekt  $P$ , som skal ydes. Effekten fås som

$$P = \rho \cdot c \cdot q_V \cdot (T_{V,o} - T_K)$$

Her er

$\rho$  vandets massefylde, lig 1000 kg/m<sup>3</sup> og

$c$  vandets varmfylde, lig 4,2 kJ/kg °C.

Hvis  $P$  udtrykkes i kW og  $q_V$  i l/s fås

$$P = 4,2 \cdot q_V \cdot (T_{V,o} - T_K)$$

## Beregning af effekt ud fra vandstrøm

Brug af effekten i tappeprogrammet indebærer den fordel at man kan angive en installations varmtvandsbehov uden at have bundet sig til beholderens afgangstemperatur  $T_{V,o}$ . Hvis f.eks. et bidrag til tappeprogrammet består i en vandstrøm  $q_B$  ved temperaturen  $T_B$ , så skal den omregnes til en vandstrøm  $q_V$  henført til  $T_{V,o}$

$$q_V = q_B \frac{T_B - T_K}{T_{V,o} - T_K}$$

Effekten fås som

$$\begin{aligned} P &= 4,2 \cdot q_V \cdot (T_{V,o} - T_K) \\ &= 4,2 \cdot q_B \cdot \frac{T_B - T_K}{T_{V,o} - T_K} \cdot (T_{V,o} - T_K) \end{aligned}$$

eller

$$P = 4,2 \cdot q_B \cdot (T_B - T_K)$$

som kan beregnes, uden at  $T_{V,o}$  er kendt.

Brug af  
tappeprogrammet

Et tappeprogram baseret på timeforbrug kan ikke umiddelbart anvendes ved valg af varmtvandsbeholdere med små volumener. Man kan af midterste diagram i figur 9.4 se, at hvis anlægget kan yde effekten  $P_{max}$ , vil man teoretisk få et effektivt beholdervolumen på nul. Her skal man være opmærksom på, at  $P_{max}$  er beregnet som et gennemsnit for den maksimale time. Hvis man betragter forbrugsvariationer inden for en time vil man få »spidser« i forbruget, der kan være mere end 3-4 gange større end  $P_{max}$ . Hvis man vælger en effektiv beholderydelse, der er af samme størrelse som  $P_{max}$  vil det nødvendige beholdervolumen kun kunne beregnes, hvis man kender forbrugets variation inden for en time. Af figur 9.4 ses ligeledes, at hvis man kunne udjævne belastningen jævnt over hele perioden, kunne man klare sig med effekten  $P_{min}$ , idet arealet  $P_{min} \cdot (\tau_p - o)$  er lig med arealet under kurven. For at opnå denne udjævning må der anvendes et vist beholdervolumen – hvor stort kan man direkte se på den nederste kurve.

## Dimensionering

Dimensionering af anlæg for varmtvandsproduktion sker på grundlag af normens krav, der er nævnt først i dette kapitel.

### Dimensioneringsforudsætninger

Valg af  
temperaturer

Der kan, når der er tale om boliginstallation og lignende vælges følgende dimensionerende temperaturer:

Tilgangstemperatur (koldt vand)  $T_K = 10 \text{ }^\circ\text{C}$

Afgangstemperatur (varmt vand)  $T_{V,o} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$

dvs. der dimensioneres for en temperaturstigning på  $45 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Data for tapning	Symbol	Enhed	Tapsted				
			Badekar	Bruser	Køkkenvask	Håndvask	
Tapning	Mindste vandstrøm	$q_{min}$	l/s	0,21	0,14	0,10	0,06
	Passende temperatur	$T_V$	°C	40	40	45	40
	Forudsat varmtvandsmængde	$V$		125	42	15	10
	Tappetid for én tapning	$\tau$	s	600	300	150	180
	Tapsteds effektbehov						
	TK = 10 °C	$P_T$	kW	26,3	17,6	14,7	7,0
	TK = 5 °C		kW	30,6	20,6	16,8	8,2
	Tapnings energibehov						
	TK = 10 °C	$E_T$	kWh	4,36	1,47	0,61	0,35
	TK = 5 °C		kWh	5,09	1,71	0,70	0,41
Tappeprogram for et tapsted	Antal tapninger		2	4	2	4	
	Tappeinterval = Tid mellem start af to tapninger	$\tau_i$	min.	30	20	20	20
	Tappeperiode = Tid mellem gentagelse af tappeprogram	$\tau_p$	h	12	12	3	6

Figur 9.5. Tapninger og tappeprogrammer for varmtvandstapsteder i helårsboliger o.lign. Tabellen anvendes ved dimensionering af vandvarmere, der forsyner enkelte tapsteder og som grundlag for tappeprogrammer for vandvarmere, der forsyner flere tapsteder.

Såfremt det påvises, at et specificeret taparmatur med specificeret udstyr (f.eks. en bruser) har en tilfredsstillende funktion ved en ydelse, der er mindre end tabellens angivelser, kan vandvarmerens ydelse fastsættes i overensstemmelse hermed, idet tappeprogrammet i øvrigt fastholdes. Det forudsættes, at vandvarmeren altid installeres i forbindelse med det pågældende udstyr.

Grundlag for anlæggets ydelse

Grundlaget for bestemmelse af anlæggets ydelse er et tappeprogram. For enfamiliehuse o.lign. er der angivet et tappeprogram i normen, se figur 9.5 og 9.6.

For flerfamiliehuse angiver normen direkte vejledning i beholderstørrelse og effekter.

For andet end boliger er man nødt til at opstille et tappeprogram i det enkelte tilfælde.

Andre hensyn

Der skal endvidere ved valg af anlæggets ydeevne tages hensyn til:

- |                  |   |
|------------------|---|
| Cirkulationstab  | – Cirkulationstab. F.eks. svarende til 0,1-0,2 kW pr. lejlighed afhængigt af anlæggets udstrækning og isolering. Se kapitel 5. Tillægget gives til den effektive beholderydelse.                            |
| Tilstening       | – Stenbelægning på varmefluden. Afhængig af beholderens udformning kan der gives et tillæg til den effektive beholderydelse, som tager højde for belægning – f.eks. 15-30 pct.                              |
| Elektrolyseanlæg | – Elektrolyseanlæg. Disse kræver ofte at vandets opholdstid i beholderen bliver mindst 20 minutter beregnet ud fra det maksimale timeforbrug. Opholdstiden beregnes ud fra det geometriske beholdervolumen. |
| Bakterievækst    | – For at mindske risikoen for bakterievækst bør anlægget ikke overdimensioneres.  |

*For installationer med badekar*

2 karbade: starttidspunkt for tapningen 0 og 30 min.

2 brusebade: starttidspunkt for tapningen 60 og 80 min.

2 tapninger ved køkkenvask.

Badene regnes at foregå med de i figur 9.5 angivne tapninger.

Tapningen til køkkenvask regnes at foregå uafhængig af tapning til bad med det i figur 9.5 angivne tappeprogram, dog ikke samtidig med tapning til badekar.

*For installationer uden badekar*

4 brusebade.

2 tapninger til køkkenvask.

Badene regnes at foregå med de i figur 9.5 angivne tapninger og tappeintervaller mv.

Tapning til køkkenvask regnes at kunne foregå samtidig med tapning til brusebad med det i figur 9.5 angivne tappeprogram.

Såfremt vandvarmeren kun forsyner tapsteder i samme rum, som opstilles et tappeprogram under hensyntagen til rummets benyttelse. Normalt kan det forudsættes, at der kun foregår tapning ved ét sted ad gangen.

Figur 9.6. Tappeprogrammer for flere varmtvandstapsteder i en helårsbolig. Tappeprogrammerne anvendes ved dimensionering af vandvarmere, der forsyner alle tapsteder i helårsboliger o. lign., og anvendes ved såvel beholdere som gennemstrømningsvandvarmere. Tappeprogrammerne regnes gentaget med en periode på 12 timer.

**Dimensionering af gennemstrømningsvarmere**

Når der anvendes en gennemstrømningsvarmer helt uden beholdervolumen, skal den til enhver tid kunne yde en effekt  $P_{eff}$ , som er lig med det maksimale effektbehov.

Hvis der ikke foreligger et tappeprogram, må man regne med, at der skal ydes en effekt svarende til den dimensionsgivende vandstrøm,  $q_d$ , nemlig

$$P_{eff} = 4,2 \cdot q_d (T_{V,min} - T_K)$$

Boligbyggeri

I et boligbyggeri regnes normalt med  $T_{V,min} = 45 \text{ °C}$  og  $T_K = 10 \text{ °C}$ .

$P_{eff (kW)}$  skrives da

$$P_{eff} = 4,2 \cdot q_d (45 - 10) = 147 \cdot q_d$$

og for den rene varmeoverflades effekt  $P_o$  må regnes med et tillæg på 15-30 pct.

$$P_o = 1,15 \text{ a } 1,30 \cdot P_{eff}$$

og med et rundt tal

$$P_o = 180 \cdot q_d$$

Her er

$P_o$  effekten i kW for den rene varmefflade

$q_d$  den dimensionsgivende varmtvandsstrøm l/s.

Enfamiliehuse

For anlæg, der udelukkende betjener en enkelt familie, dvs. lejlighedsanlæg eller anlæg i enfamiliehuse, kan effekten udledes af de angivne formler for  $P_{eff}$  og  $P_o$ .

Den nødvendige effekt vil normalt svare til tapning fra køkkenvask og bruser samtidig. Den nødvendige effekt er

til køkkenvask	14,7 kW
til bruser	<u>17,6 kW</u>
I alt	32,3 kW
Tilsteningstillæg 30 pct. =	9,7 kW
Den nødvendige effekt bliver	42,0 kW

Tilsteningstillægget afhænger bl.a. af opvarmningsmetoden, og af hvor ofte det kan accepteres, at der foretages en afsyning. Hvor temperaturen på primærsiden er lav, f.eks. hvor

Decentral  
opvarmning af  
brugsvand

varmemediet er vand under ca. 80 °C, kan der regnes med små tilsteningstillæg. Hvor temperaturen er høj, f.eks. hvor der er direkte opvarmning med el eller gas, bør der regnes med et højt tilsteningstillæg.

Man kan vælge at decentralisere varmtvandsforsyningen og placere gennemstrømningsvarmere ved de enkelte tapsteder – en løsning der ofte anvendes, når opvarmningen er baseret på el.

Ved en decentraliseret varmtvandsforsyning med gennemstrømningsvarmere kan man ifølge figur 9.5 regne med følgende installerede effekter:

Ved badekar: ca. 26 kW  
 Ved bruser: ca. 18 kW  
 Ved håndvask: ca. 7 kW  
 Ved køkkenvask: ca. 15 kW

Hertil kommer tilsteningstillæg, se ovenfor.

### Dimensionering af varmtvandsbeholdere

Mange anlæg for varmtvandsproduktion har en eller anden form for beholder, hvor varmt vand kan opmagasineres, og sådanne anlæg kan dimensioneres efter regler, som er givet i det følgende.

Sammenlignet med de i det foregående omtalte gennemstrømningsvarmere har varmtvandsbeholderne den store fordel, at varmebladens effekt kan gøres lille, idet spidsbelastningerne dækkes af den opmagasinerede varmtvandsmængde.

Dimensioneringen af varmtvandsbeholdere består i at finde de nødvendige størrelser af beholder og varmeblade.

Grundlaget for dimensioneringen kan være et tappeprogram, som beskrevet i figur 9.4.

Beregningen kan foretages ud fra følgende betragtning:

For enhver tidsperiode gælder det, at en beholders energiindhold ved periodens begyndelse plus den energimængde, der produceres i perioden skal være større end forbruget i perioden.

Hvis varmebladens effekt kan betragtes som konstant i en vilkårlig periode kan dette udtrykkes som

Grundlag for  
dimensionering

$$E_1 + P_{eff} \cdot (\tau_2 - \tau_1) \geq \int_{\tau_1}^{\tau_2} P \cdot d\tau$$

Her er

$E_1$  energiindholdet til tidspunktet  $t_1$  i kWh

$P_{eff}$  den effektive effekt i kW

$\tau_1$  tiden ved en periodes begyndelse

$\tau_2$  tiden ved en periodes ophør og

$P$  den tappede effekt i kW som funktion af tiden, dvs. det matematiske udtryk for tappeprogrammet i perioden.

Samtidig skal det være opfyldt at

$$P_{eff} \geq P_{\min} = \frac{E_{tot}}{t_p}$$

hvor

$E_{tot}$  er det samlede energiforbrug i perioden  $\tau_p$ .

*P-V og P-E kurver*

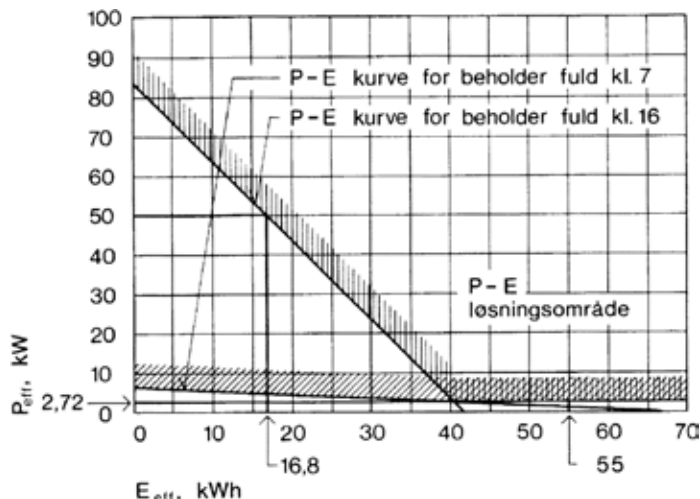
De to uligheder vil som resultat have, at der er mere end en løsning til  $(P_{eff}, E_{eff})$  – der vil ofte være et helt løsningsområde. En anskuelig måde at vise dette på er anvendelse af diagrammer med et koordinatsystem hvor  $P_{eff}$  er den ene akse og  $E_{eff}$  den anden. I diagrammet kan da angives grænsekurve og løsningsområder. Disse kurver kaldes *P-E* kurver, og deres anvendelse er vist i de følgende eksempler. Man kan også arbejde med *P-V* kurver, hvor  $V_{eff}$  er afbildet i stedet for  $E_{eff}$ .

### Eksempel 9.1. Erhvervsvirksomhed

De ansatte og deres badevaner

I en erhvervsvirksomhed er der 40 ansatte, hvoraf de 20 erfaringsmæssigt bader ved arbejdstidens ophør. I arbejdstiden (kl. 7-16) er det resterende varmtvandsforbrug jævnt fordelt og andrager erfaringsmæssigt i alt ca. 450 liter med en temperatur på 55 °C.

Vandforbruget til brusebadning kan ifølge normen, se figur 9.5, sættes til 42 liter a 40 °C i boliger. Her skønnes et noget større forbrug, nemlig 60 liter vand af 40 °C svarende til 40 liter vand af 55 °C pr. badende. Det samlede badeforbrug kan således sættes til  $20 \cdot 40 = 800$  liter, som regnes forbrugt i tidsrummet kl. 16-16.30.



Figur 9.7. P-E diagram hørende til eksempel 9.1. Løsningsområderne ligger over de to kurver.

Tappeprogram

Tappeprogrammet ser således ud:

Kl. 7-16:  $450 : 9 = 50$  liter pr. time hvilket svarer til en effekt på

$$P_1 = \frac{50}{3600} (55 - 10) \cdot 4,2 = 2,6 \text{ kW}$$

Kl. 16-16.30:  $800 : 0,5 = 1600$  liter pr. time hvilket svarer til effekten:

$$P_2 = \frac{1600}{3600} (55 - 10) \cdot 4,2 = 83,9 \text{ kW}$$

Energiforbrug  
over døgnet

Det totale energiforbrug over døgnet er:

$$E_{tot} = 2,6 \cdot 9 + 83,9 \cdot 0,5 = 65,4 \text{ kWh}$$

$E_{eff}$  og  $P_{eff}$   
baseret på fuld  
beholder kl. 16

Hvis det forudsættes, at beholderen er fuldt opladet til kl. 16, så gælder for perioden kl.16.00-16.30:

$$E_{eff} - 83,9 \cdot 0,5 + P_{eff} \cdot 0,5 \geq 0$$

Og for hele døgnet

$$P_{eff} \geq \frac{65,4}{24} = 2,73 \text{ kW}$$

Løsningen til disse to sammenhørende ligninger er afbildet i  $P$ - $E$  diagrammet i figur 9.7. Grænsekurven svarer til, at lighedstegnet i uligheden gælder

$$E_{eff} = 83,9 \cdot 0,5 - 0,5 \cdot P_{eff}$$

Når ulighedstegnene tages i betragtning, ses at hele det skraverede område er et løsningsområde – bemærk det lille trekantede areal under  $P_{eff} = 2,73 \text{ kW}$ , som ikke indgår i løsningsområdet.

$E_{eff}$  og  $P_{eff}$   
baseret på fuld  
beholder kl. 7

Såfremt det forudsættes, at beholderen skal være opladet kl. 7, fås for perioden kl. 7.00-16.30:

$$E_{eff} - 2,6 \cdot 9 - 83,9 \cdot 0,5 + P_{eff} \cdot 9,5 \geq 0$$

$$E_{eff} \geq 65,4 - 9,5 \cdot P_{eff}$$

De sammenhængende værdier af  $P_{eff}$  og  $E_{eff}$  er vist på figur 9.7, og løsningsområdet er vist skraveret.

Valg af løsning

Det mest økonomiske vil være at vælge  $P_{eff}$  og  $E_{eff}$  beliggende på en af kurverne, og man kan f.eks. vælge

$$(P_{eff}, E_{eff}) = (50 \text{ kW}, 17,0 \text{ kWh})$$

Hvis der vælges en beholdertemperatur på  $T_{V,o} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$ , fås det effektive beholdervolumen til:

$$V_{eff} = \frac{17,0}{(55-10) \cdot 0,001163} = 325 \text{ liter}$$

Beregning af  
beholderstørrelse

Vælges en beholder med indlagt varmefflade skal der vælges et anlæg med et rumindhold på  $325 \cdot 1,4 = 457 \text{ liter}$  og en varmeydelse (ren varmefflade) på  $50 \cdot 1,2 = 60 \text{ kW}$ .

Løsning med  
1500 liter  
beholder

Hvis der vælges en 1500 liter beholder og en varmtvandstemperatur på  $55 \text{ }^\circ\text{C}$  fås et effektivt beholdervolumen på

$$V_{eff} = \frac{V}{f_V} = \frac{1500}{1,4} = 1071 \text{ liter}$$

Det effektive energiindhold bliver

$$\begin{aligned} E_{eff} &= V_{eff} \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta T \\ &= \frac{1071}{1000} \cdot 1000 \cdot 4200 \cdot (55 - 10) \\ &= 2,02 \cdot 10^8 \text{ J} = 2,02 \cdot 10^5 \text{ kJ} = 56 \text{ kWh} \end{aligned}$$

For at finde den effektive beholderydelse anvendes følgende betingelser for  $P_{eff}$

$$E_{eff} = 56 \geq 83,9 \cdot 0,5 - 0,5 \cdot P_{eff}$$

$$E_{eff} = 56 \geq 65,4 - 9,5 \cdot P_{eff}$$

$$P_{eff} \geq 2,73 \text{ kW}$$

Den nødvendige effekt

Disse uligheder er opfyldt, når blot den nederste er det, dvs. når  $P_{eff}$  er større end 2,73 kW, svarende til en ydelse af den rene varmeplade på

$$P = 2,73 \cdot 1,2 = 3,3 \text{ kW}$$

Ændre beholderdata ved andre temperaturer

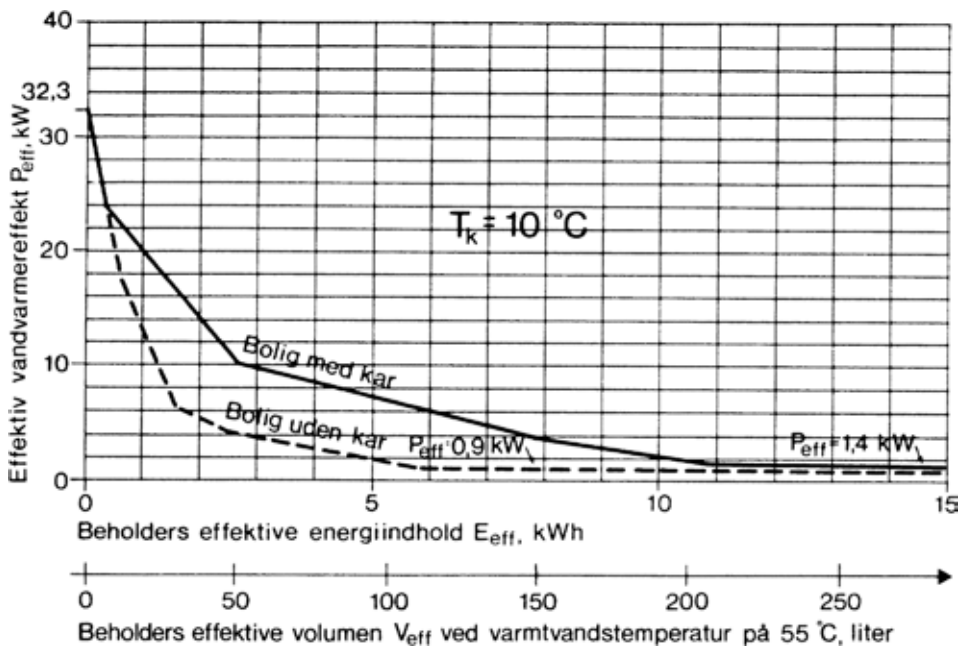
Hvis der vælges en højere temperatur i beholderen, ændres den nødvendige effektive ydelse af varmepladen ikke, men det vil være nødvendigt at bruge en større varmeplade, såfremt der anvendes vand eller damp som opvarmningsmedium, da en given varmeplades ydelse falder med stigende brugsvandstemperaturer. Vedrørende valg af varmeplade henvises til leverandørernes kataloger.

I eksemplet er der ikke medregnet cirkulationstab. Hvis der udføres et cirkulationssystem, skal varmeafgivelsen fra dette medregnes i de tidsperioder, der er cirkulation.

## Dimensionering af anlæg der forsyner enkelte boliger

### Anlæg der forsyner alle tapsteder i en helårsbolig

Ved dimensioneringen anvendes de tappeprogrammer, der er angivet i figur 9.6. De tilsvarende  $P$ - $E$ -kurver er angivet i figur 9.8.



Figur 9.8. P-E-kurver for vandvarmere, der forsyner alle varmtvandstapsteder i en normal helårsbolig for en familie. Omregning fra  $E_{\text{eff}}$  til  $V_{\text{eff}}$  kan ske med formlen

$$V_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \cdot \frac{860}{T_v - 10} \text{ hvor } T_v \text{ er den valgte varmtvandstemperatur.}$$

Det er forudsat, at der er tale om en familiebolig. Andre tappeprogrammer kan anvendes f.eks. i kollegieboliger beregnet for en eller to beboere og i sommerhuse. Værdierne for de enkelte tapninger bør forudsættes at være som angivet i figur 9.5.

### Eksempel 9.2. Kappebeholder til bolig

En kappebeholder skal forsyne en bolig med badekar og har ved de aktuelle temperaturer på primærsiden en effekt på 3 kW. Med et tilsteningstillæg på 15 pct. bliver den effektive effekt  $3 : 1,15 = 2,6\text{ kW}$ . På P-E-kurven i figur 9.8 aflæses et nødvendigt effektivt energiindhold på ca. 9,5 kWh. Ved en varmtvandstemperatur på  $55^\circ\text{C}$  fås et effektivt volumen på 182 liter. Med et tillæg for opblanding på 50 pct. fås et nødvendigt beholdervolumen på ca. 250 liter.

**Eksempel 9.3. Beholder med varmepumpe**

En varmepumpe med et beholdervolumen på 230 liter skal forsyne en familiebolig med badekar. Ved prøvning er tillægget for opblanding bestemt til 10 pct., dvs. det effektive volumen er ca.  $230 : 1,10 = 210$  liter. Ved en temperatur på 45 °C fås et effektivt energiindhold på  $210 \cdot 35 : 860 = 8,5$  kWh. Den nødvendige effekt bliver ifølge figur 9.8 ca. 3,3 kW.

## Dimensionering af anlæg for flerfamiliehuse

**Anlæg for 2-3 lejligheder**

Ved anlæg, der kun skal forsyne 2-3 lejligheder, kan man ikke regne med, at der vil være nogen særlig stor spredning i forbruget. Man må i hvert enkelt tilfælde overveje nærmere, hvilket tappeprogram man kan lægge til grund for dimensioneringen. En væsentlig faktor er det antal personer, der bor i lejlighederne, men der kan i øvrigt ikke gives nogle sikre retningslinier.

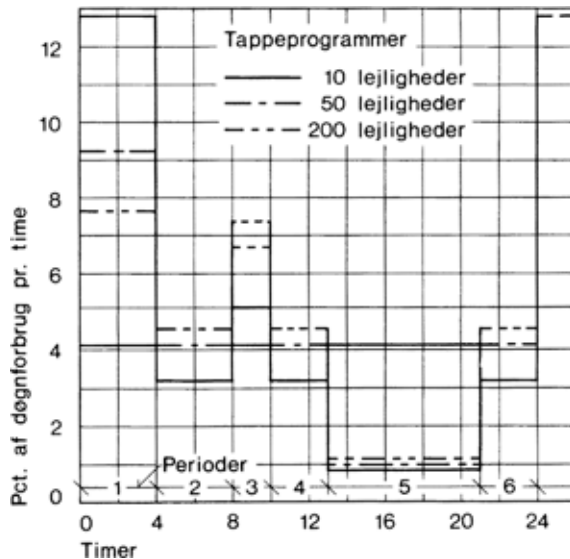
Det vil være på den sikre side at regne med beholderstørrelser og -ydelser, der er 2 hhv. 3 gange større end de i det foregående anførte for individuelle lejlighedsanlæg.

**Større beboelsesejendomme**

Ved større beboelsesejendomme er man på lidt mere sikker grund. Dels er der i tidens løb blevet foretaget en del målinger af varmtvandsforbruget, og dels har man mange års praktiske erfaringer med hvilke beholderstørrelser og -ydelser, der ikke giver problemer.

I figur 9.9 er der vist tre tappeprogrammer som kan anvendes ved dimensionering af anlæg for flere lejligheder. Kurverne gælder for hhv. 10, 50 og 200 lejligheder. Hvert af disse tappeprogrammer angiver den procentiske fordeling af forbruget, hvor døgnforbruget svarer til 100 pct. Når det aktuelle maksimale døgnforbrug er kendt, kan tappeprogrammet optegnes. Hvis der forsøges interpolation ved andre antal lejligheder, så bemærk, at summen af de procentiske delforbrug skal være 100 pct.

Tappe-  
programmer



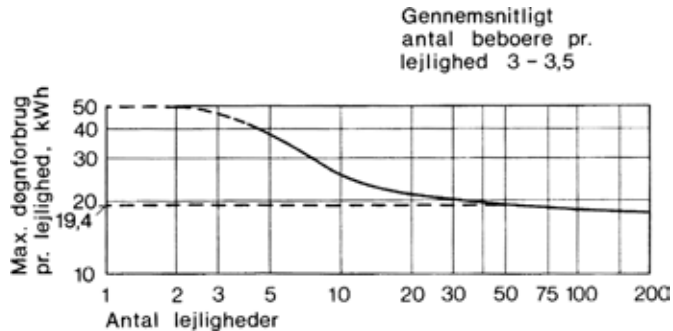
Figur 9.9. Tappeprogrammer for anlæg som betjener flere lejligheder. I tappeprogrammerne er forbruget angivet i pct. af døgnforbruget. Det maksimale døgnforbrug pr. lejlighed kan findes af figur 9.10.

Maksimalt  
døgnforbrug  
for en lejlighed

Ved dimensioneringen er det nødvendigt at kende døgnforbruget af varmt vand. For lejligheder med i gennemsnit 3-3,5 beboere kan man overslagsmæssigt regne med, at forbruget af varmt vand på årsbasis andrager ca. 5000 kWh, svarende til et middeldøgnforbrug på 13,7 kWh. For den enkelte lejlighed må man regne med, at det maksimale døgnforbrug er væsentlig større end middeldøgnforbruget, f.eks. 2-4 gange så stort, eller svarende til en såkaldt døgnfaktor på 2-4. Der er imidlertid stor spredning, og kurven i figur 9.10, der viser det maksimale døgnforbrug som funktion af lejlighedsantallet, er derfor punkteret ved de små værdier.

Døgnfaktor

I en ejendom med flere lejligheder er der kun en lille sandsynlighed for, at det største døgnforbrug indtræder samtidigt for alle lejlighederne, og på det samlede forbrug kan man regne med en væsentlig mindre døgnfaktor, evt. helt ned til 1,2-1,3 ved store lejlighedsantal. Ved dimensionering kan man regne med de i figur 9.10 anførte værdier for det maksimale



Figur 9.10. Overslag over det maksimale døgnforbrug af varmt vand pr. lejlighed som funktion af antallet af lejligheder, der forsynes fra anlægget.

Eksempel: I en bebyggelse er der 50 lejligheder. Af kurven ses, at det maksimale døgnforbrug for en af disse lejligheder kan anslås til 19 kWh. Anlæggets samlede maksimale døgnforbrug er da  $50 \cdot 19 = 950$  kWh/døgn. Fordelingen af forbruget over døgnen kan skønnes efter figur 9.9.

Det angivne gennemsnit på 3-3,5 beboere pr. lejlighed passer for mange bebyggelser. Hvor der er konsekvent afvigelse herfra f.eks. i kollegier og plejehjem kan tallene korrigeres – dog mindre end den procentviske ændring af gennemsnitsantallet af beboerne.

varmtvandsforbrug. Man bør dog tillige udnytte en eventuel viden om byggerier, som svarer til det aktuelle projekt.

De angivne kurver indeholder ikke cirkulationstab, tilsteningstillæg eller andre korrektionsfaktorer. De fundne værdier af  $P_{eff}$  og  $V_{eff}$  skal omsættes, som beskrevet tidligere i kapitlet.

### Vejledende regler for anlæg med 4-150 lejligheder

For boligbyggeri med fra 4-150 lejligheder kan anvendes den i figur 9.11 viste tabel ved dimensioneringen. Forudsætningen for de anførte værdier af det effektive beholdervolumen og den effektive beholderydelse er angivet i figurteksten, idet det bemærkes, at det er forudsat, at temperaturen i en spidsbelastningsperiode kan falde fra 55 °C til 45 °C.

Antal lejligheder	Pr. lejlighed		I alt		Ændring (+ eller -) i $P_{eff}$ ved 1 liter ændring i $V_{eff}$
	$V_{eff}$ l	$P_{eff}$ kW	$V_{eff}$ l	$P_{eff}$ kW	
4	85	3,3	340	13,2	ca. $17 \cdot 10^{-3}$ kW
5	78	3,1	390	15,5	ca. $16 \cdot 10^{-3}$ kW
6	70	2,9	420	17,4	ca. $16 \cdot 10^{-3}$ kW
8	65	2,7	520	21,6	ca. $15 \cdot 10^{-3}$ kW
10	60	2,6	600	26,0	ca. $14 \cdot 10^{-3}$ kW
15	55	2,1	825	31,5	ca. $14 \cdot 10^{-3}$ kW
20	50	1,7	1000	34	ca. $13 \cdot 10^{-3}$ kW
30	43	1,5	1290	45	ca. $12 \cdot 10^{-3}$ kW
50	40	1,4	2000	70	ca. $12 \cdot 10^{-3}$ kW
75	35	1,3	2625	98	ca. $11 \cdot 10^{-3}$ kW
100	30	1,2	3000	120	ca. $10 \cdot 10^{-3}$ kW
150	25	1,1	3750	165	ca. $8 \cdot 10^{-3}$ kW

Figur 9.11. Vejledende værdier for det effektive beholdervolumen  $V_{eff}$  og den effektive beholderydelse  $P_{eff}$  for anlæg som forsyner 4-150 lejligheder. De samhoørende værdier af  $V_{eff}$  og  $P_{eff}$  er angivet ved et  $V_{eff}$  der ligger nær ved det maksimale timestofbrug, hvilket erfaringsmæssigt ligger tæt ved en økonomisk optimal dimensionering. Såfremt andre beholderstørrelser vælges, gælder i området fra 50 pct. til 150 pct. af de anførte volumener med tilnærmelse de i sidste kolonne anførte ændringer i ydelse ved 1 liter volumenændring, idet større ydelse tillader mindre beholdervolumen.

## Anlægsformer

Karakteristik  
af typer

Anlæg for produktion af varmt vand kan efter forskellige kriterier opdeles i en række forskellige typer. Typerne kan karakteriseres efter følgende forhold:

- Beholder/varmeveksler.
- Trykfast/ikke-trykfast.
- Direkte/indirekte opvarmning.
- Materiale.

## Varmtvandsbeholdere og gennemstrømningsvarmere

Ydelse/volumen

Efter forholdet mellem beholderydelsen og beholdervolumenet kan anlæggene deles i:

- Varmtvandsbeholdere og
- Gennemstrømningsvarmere.

Der er ikke en nøjagtigt defineret grænse mellem de to anlægstyper. Generelt kan man sige, at varmtvandsbeholdere har et stort beholdervolumen og en lille beholderydelse, og at gennemstrømningsvarmere har en stor ydelse og et lille, eventuelt slet intet, beholdervolumen. Rent dimensioneringsmæssigt gælder for en gennemstrømningsvarmer, at det effektive beholdervolumen er så lille, at det ikke har betydning for anlæggets kapacitet.

Forrådsbeholdere

Almindeligvis er en beholder forsynet med en varmeveksler (f.eks. rørspiral eller kappe), men der findes også beholdere uden varmeveksler, de kaldes forrådsbeholdere.

### Trykfaste og ikke-trykfaste anlæg

Anlæg kan være trykfaste eller ikke-trykfaste. Trykfaste anlæg er udført for et beregningstryk (på brugsvandssiden) på mindst 1000 kPa. Ikke-trykfaste anlæg, der skal stå i uafspærrelig forbindelse med atmosfæren, er udført for et beregningstryk på 50 kPa.

Trykforhold

Anlæg, hvor opvarmningsmediet er vand, damp eller lignende, der står under tryk, skal være godkendt for det aktuelle medietryk. Oplysninger herom fremgår for nye anlægs vedkommende af VA-godkendelsen. For ældre anlæg henvises til fabrikantens oplysninger.

### Opvarmningsmåder

Opvarmningen af vandet kan ske på forskellig måde. Der opdeles i denne forbindelse i:

- Direkte opvarmede anlæg og
- Indirekte opvarmede anlæg.

Direkte opvarmning

I direkte opvarmede anlæg kan opvarmningen f.eks. ske med el, eller anlæggene kan være direkte fyrede med gas eller olie. Normalt skal anlæggene foruden at være VA-godkendt også være godkendt af andre myndigheder. Dette gælder f.eks. for gasfyrede anlæg (Danmarks Gasmateriel Prøvning, DGP) og elopvarmede anlæg (Danmarks Elektriske Materielkontrol, DEMKO).

Indirekte opvarmning

Ved indirekte opvarmede anlæg er varmemediet oftest vand, sjældnere damp.

### **Beholdermaterialer**

Anlæg for produktion af varmt vand kan også karakteriseres ved de materialer, de består af. Der anvendes normalt stålpladeholdere, eventuelt med en eller anden form for overfladebehandling eller med en foring af f.eks. kobber.

## **Generelle krav til anlæg og deres installation**

Uanset anlægsform kan der til anlæggene stilles en række generelle krav.

Hensyn ved montering

### **Reparation og vedligeholdelse**

Anlæg for produktion af varmt vand skal være således udført og monteret i installationen, at de dele af anlægget, der af driftstekniske årsager kræver det, kan repareres, eventuelt udskiftes eller vedligeholdes. Hvad komponenterne angår er dette en forudsætning for VA-godkendelsen, men også ved montering af anlægget skal man tage visse hensyn.

Vedrørende friarealer mv. henvises til DS 1135. Installationer i byggeriet. Pladsbehov [litt. 12.1].

Kontrol og udskiftelighed

### **Anoder**

Anlægget skal monteres således, at anoder kan kontrolleres og udskiftes. Kravet vedrører specielt anoder i beholdere af stålplade uden korrosionsbeskyttende overfladebehandling, hvor man mindst én gang om året bør kontrollere anodens tilstand og eventuelt udskifte den. I beholdere med overfladebehandling kan kravet til inspektion af eventuelle anoder lempes.

Udslamning og rensning

### **Elektrolyseanlæg**

For anoder i elektrolyseanlæg gælder samme krav om udskiftelighed som nævnt ovenfor. Anoderne holder normalt i flere år, afhængig af strømstyrken. Hertil kommer krav om service på de elektriske dele af anlægget, udslamning og rensning af beholderen.

Kontrol og  
reparation

### Armaturer

Reguleringsarmaturer, følere, kontraventiler og sikkerhedsventiler mv. bør være anbragt således, at deres funktion kan kontrolleres, og således at reparation kan udføres på bekvem måde.

Rimelig  
tømningstid

### Tømning af anlæg

Anlæg skal være udført således, at de kan tømmes for vand. Beholdere med et vandindhold på mere end 300 liter er forsynet med en særlig tømmestuds, eller således indrettede, at de eventuelt kan tømmes gennem tilgangsledningen. Tømmestudsens forsynes med en VA-godkendt tømmebane og en tømmeledning, der – for at man kan undgå for store gener ved tømningen – bør udmunde over et gulv afløb. Tømmeledningen må ikke forbindes fast til afløbsinstallationen. Tømmebane og tømmeledning bør udføres i en rigeligt stor dimension (ved større anlæg mindst 50 mm) for at opnå en rimelig tømningstid og for at undgå tilstopning med slam og lignende. Ved større beholdere bør udluftning udføres i tilsvarende dimension.

Tilgængelighed

### Rensemogigheder

Anlæg skal monteres således, at mandehuller og inspektionsåbninger er tilgængelige, og således at inspektion og udslamning bekvemt kan foretages.

I næsten alle beholdere samles slam i bunden, og bl.a. for at mindske risikoen for bakterievækst er det nødvendigt at rense beholderen med jævne mellemrum. Ved rensningen bør man sørge for, at alt slam kommer ud, og det er derfor vigtigt, at renseadgange og tømmeledninger har rigelige dimensioner og er let tilgængelige.

Det bemærkes, at der er udviklet beholdertyper med særligt arrangement til rensning af beholderbund.

Udskiftelighed

### Udtagning af varmeblader

Anlæg skal monteres således, at eventuelle varmeblader, der er udtagelige, kan udskiftes. Der skal være et frit areal ved anlægget, således at varmebladen kan udtages. Vedrørende friarealets størrelse henvises til fabrikantens oplysninger.

## Korrosionsbeskyttelse

Korrosionsproblemerne er nærmere omtalt i kapitel 16. Her skal resumeres nogle af de vigtigste foranstaltninger.

### **Beholdere af stålplade uden overfladebehandling**

Beholdere af stålplade uden overfladebehandling skal altid forsynes med en katodisk beskyttelse dvs. en anode, eller et elektrolyseanlæg.

### **Beholdere af emaljeret stålplade**

Emaljebelægninger anses normalt ikke for at være poretætte, og det er derfor vigtigt at anvende katodisk beskyttelse.

### **Beholdere af stålplade med plastbelægning**

Plastbelægninger kan beskadiges (slå fra), hvis beholderen forsynes med en katodisk beskyttelse. I disse tilfælde må der derfor ikke monteres anoder. Hvis der anvendes en plastbelægning, som ikke beskadiges heraf, vil det kunne anbefales at montere en katodisk beskyttelse.

Ingen anode

## Armaturer

Anlæg for varmtvandsproduktion skal forsynes med armaturer til dækning af følgende funktioner:

- Afspærring.
- Sikring mod tilbagestrømning.
- Sikring mod for højt tryk.
- Eventuelt en overkogssikring.

### **Afspærring**

Normen stiller krav om, at deraf hensyn til reparation skal anbringes en afspærringsventil på tilgangsledningen til anlæg for produktion af varmt vand, se figur 9.12 og 9.13. Større anlæg skal tillige forsynes med afspærringsventil på afgangsledningen.

Normkrav

## Normkrav

**Sikring mod tilbagestrømning**

Normen kræver, at der ved anlæg med et vandindhold på mere end 10 liter og ved indirekte opvarmede gennemstrømningsvarmere med et varmemedietryk, der er større end brugsvandstrykket, skal sikres mod tilbagestrømning af varmt vand i koldtudsinstallationen. Sikringen sker med en kontraventil.

## Kontraventil

Da kontraventiler kræver tilsyn og vedligeholdelse, bør kontraventilen, ved anlæg med et vandindhold på mere end 300 liter, anbringes mellem 2 afspærringsventiler.

Stilbar  
kontraventil

Ved anlæg med et vandindhold på mindre end 300 liter tildeles det, at afspærringsventilen mellem kontraventilen og beholderen udelades, og at kontraventilen og afspærringsventilen før denne erstattes med en stilbar kontraventil, se figur 9.12 og 9.13. Det bemærkes, at normen stiller krav om montage af kontraventil ved stikledningens indføring i bygning.

Vands udvidelse  
ved opvarmning**Sikkerhedsventil**

Da vand udvider sig ved opvarmning, er det nødvendigt at anbringe en sikkerhedsventil ved vandvarmeren. Sikkerhedsventil kan udelades ved ikke-trykfaste vandvarmere.

Konstruktion  
Temperaturer  
> 100 °C

Sikkerhedsventilers konstruktion er omtalt i kapitel 7.

Ved anlæg, hvor der er risiko for, at varmtvandstemperaturen kan overstige 100 °C, skal sikkerhedsventilen være godkendt af arbejdstilsynet. Dette gælder for sikkerhedsventiler på direkte opvarmede anlæg og indirekte opvarmede anlæg, hvor varmemediet er varmere end 100 °C (f.eks. dampopvarmede beholdere). Beholderfabrikanten vil kunne oplyse om sikkerhedsventilens dimension, der i øvrigt skal være efter Arbejdstilsynets regler.

Temperaturer  
< 100 °C

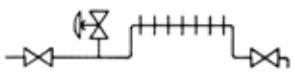
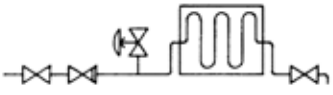

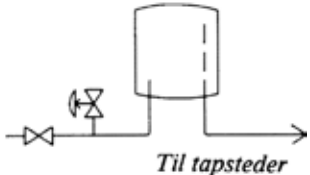
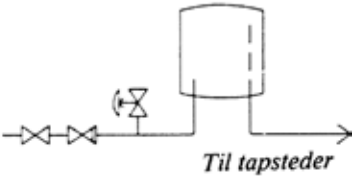
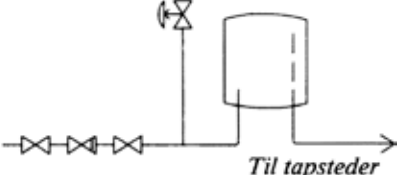
Ved anlæg, hvor varmtvandstemperaturen ikke kan komme over 100 °C, skal sikkerhedsventiler være VA-godkendt, men der kræves ikke Arbejdstilsynets godkendelse.


## Løftetryk


Sikkerhedsventilen skal indrettes således, at den åbner ved tryk, der mindst er det højest forekommende vandledningstryk på stedet og højst er det beregningsmæssige tryk.


Sikkerheds-  
ventilers  
montering

Sikkerhedsventiler skal monteres i uafspærrelig forbindelse med beholderen.

Type	Betegnelse	Sikringsmetode
Trykfaste anlæg til varmtvandsproduktion	Gennemstrømningsvandvarmer, direkte opvarmet (f.eks. el eller gas) <sup>2)</sup>	
	Gennemstrømningsvandvarmer, indirekte opvarmet, varmemedietryk > brugsvandstryk (f.eks. fjernvarme) <sup>1)</sup>	
	Gennemstrømningsvandvarmer, indirekte opvarmet, varmemedietryk < brugsvandstryk (f.eks. centralvarme) <sup>2)</sup>	
	Varmtvandsbeholder med maks. 10 l volumen, direkte opvarmet (f.eks. el eller gas)	 Til tapsteder
	Varmtvandsbeholder med maks. 300 l volumen <sup>1)</sup>	 Til tapsteder
	Varmtvandsbeholder med mere end 300 l volumen	 Til tapsteder

 Afspærringsventil


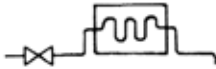
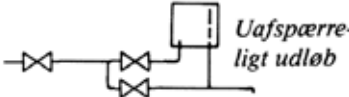
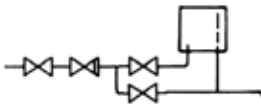
 Kontraventil



 Sikkerhedsventil

1) Afspærringsventil og kontraventil kan evt. erstattes af en stilbar kontraventil.

2) For alle trykfaste gennemstrømningsvandvarmere er det i de her viste eksempler forudsat, at det opvarmede vandvolumen er mindre end 10 l. Hvis volumenet er større end 10 l, skal der altid anbringes en afspærringsventil, en kontraventil og en sikkerhedsventil på tilgangsledningen.

Figur 9.12. Afspærrings-, kontra- og sikkerhedsventiler ved trykfaste vandvarmere.

Type	Betegnelse	Sikringsmetode
Ikke-trykfast anlæg til varmtvandsproduktion	Gennemstrømningsvandvarmer, direkte opvarmet (f.eks. el eller gas)	
	Gennemstrømningsvandvarmer, indirekte opvarmet (f.eks. fjernvarme)	
Varmtvandsbeholder med maks. 10 l volumen	Varmtvandsbeholder med mere end 10 l volumen <sup>1)</sup>	
		

 Afspærringsventil     
  Kontraventil

1) Afspærringsventil og kontraventil kan evt. erstattes af en stilbar kontraventil.

Figur 9.13. Afspærrings- og kontraventil ved ikke-trykfaste vandvarmere.

Sikkerhedsventiler skal være udført og anbragt således, at deres funktion let kan afprøves.

Af hensyn til risikoen for tilkalkning anbringes sikkerhedsventilen normalt på tilgangsledningen (koldt vandstilgangen) til vandvarmeren. For at undgå vandspild ved reparation og udskiftning af sikkerhedsventilen bør den ved større beholdere (større end 300 liter) anbringes over beholderens top.

Sikkerhedsventilens overløbsledning skal indrettes således, at overløbet kan afledes synligt og på farefri måde, og ledning og udmundning skal være frostfrit anbragt.

Overløbsledningen fra sikkerhedsventilen skal have mindst samme dimension som sikkerhedsventilen, og den må ikke kunne afspærres. Den må ikke føres direkte på afløbsledning, men kan f.eks. udmunde frit over gulv afløb eller anden installationsgenstand.

Overløbsledningen bør udføres af varmforzinket stål, af kobberør eller af andet korrosionsfast materiale.

**Cirkulationsledningens tilslutning**

I installationer, hvor der udføres cirkulation, se kapitel 5, tilsluttes cirkulationsledningen enten på tilgangsledningen for koldt vand, eller direkte til varmtvandsbeholderen.

Ved tilslutning direkte til beholderen skal der anvendes en studs efter fabrikantens anvisninger.

Kontraventil

Såfremt cirkulationsledningen tilsluttes koldt vandstilgangen, angiver normen, at der skal anbringes kontraventil på ledningen, således at det undgås, at koldere vand strømmer gennem cirkulationsledningen til tapstederne.

Pumpe

Cirkulationspumpen bør være anbragt mellem to afspærringsventiler. Kontraventil og pumpe kan anbringes mellem de samme to afspærringsventiler.

**Styring og regulering af varmtvandstemperatur****Vandtemperaturer**

Skoldningsfare

Med henblik på risikoen for skoldning bør varmtvandstemperaturen holdes under 65 °C, når vandet skal anvendes til almindelige husholdningsformål og til badning.

Kalkudfældning

Når vandet har en hårdhed på over 2,1 mmol/l svarende til 12 °dH bør temperaturen ikke overstige 55 °C. Hvis vandet ønskes opvarmet til højere temperaturer (max. 95 °C) bør der installeres et blødgøringsanlæg. Vandet må i så fald kun anvendes til tekniske formål, f.eks. til vaskerianlæg.

Energiforbrug

Blødgjort vand kan dog normalt anvendes til kaffemaskiner og lignende.

Det kan ved mange anlægstyper være en fordel at holde temperaturen så lav som muligt af hensyn til energiforbruget. Til husholdningsforbrug vil temperaturer på 40-45 °C normalt være tilstrækkelige. Energibesparelserne opnås primært ved, at varmetabet til omgivelserne bliver mindre ved lavere temperaturer.

En lav varmtvandstemperatur kan endvidere være en fordel i lavtemperaturanlæg såsom varmepumpe- og solvarmeanlæg samt i fjernvarmeanlæg. I sidstnævnte kan der ved lav varmt-

vandstemperatur opnås en større afkøling, hvilket medfører en direkte besparelse, hvor varmemeforbruget afregnes efter volumenmåler.

#### Bakterievækst

Normen angiver, at temperaturen i vandvarmeren bør kunne holdes på 55-60 °C for at gøre risikoen for bakterievækst mindst mulig. Dette betyder ikke, at vandtemperaturen altid skal holdes på 55-60 °C, men at man i perioder skal kunne holde temperaturen på dette niveau. I normal drift kan temperaturen være lavere f.eks. af hensyn til energiforbrug.

Hvis vandvarmeren indgår i et lavtemperatursystem, f.eks. visse varmepumpeanlæg, hvor man på primærsiden har så lave temperaturer, at man ikke kan komme op på de 55-60 °C, er det nødvendigt at have en supplerende energitilførsel, f.eks. et elvarmelegeme. Når støttevarmen indkobles kan man i perioder hæve varmtvandstemperaturen til de 55-60 °C.

Det skal nævnes, at overholdelse af normens krav til temperaturer ikke giver fuld sikkerhed mod bakterievækst.

#### Instrumentering af vandvarmere mv.

Efter Bygningsreglementet skal vandvarmere forsynes med måleinstrumenter eller måleudtag, der muliggør kontrol af driftsforhold og energiforbrug. Bestemmelsen gælder ikke for énfamiliehuse.

#### Temperaturmålinger

Der bør monteres termometre til måling af nedenstående temperaturer.

- Afgangstemperaturen på det varme vand. Termometret kan placeres i toppen af vandvarmeren eller i ledningen umiddelbart efter afgang fra vandvarmer.
- Beholdertemperaturen. Termometret bør placeres således at der måles en middeltemperatur for beholderen. Hermed kan det konstateres om beholderen er »under opladning« eller er fuldt opladet.
- Temperatur i cirkulationssystemet. I cirkulationssystemer med én cirkulationskreds kan termometret placeres ved cirkulationsledningens tilslutning til vandvarmeren. I cirkulationssystemer med flere kredse bør det nævnte termometer suppleres med termometre i de enkelte kredse, således at cirkulationens indregulering kan kontrolleres.

- Primærmediets temperaturer. Der bør, hvor primærmediet er vand, placeres termometre i såvel fremløb som retur. Hermed kan man bl.a. kontrollere afkølingen over varmepladen. Afkølingen må ikke blive lavere end forudsat ved projekteringen af anlægget. Er afkølingen for lille, kan det f.eks. betyde, at der er belægninger på varmepladen, eller at reguleringen af energitilførslen er for dårlig.

Energiforbrugs-  
måling

Den korrekte måde at måle energiforbruget på er, at målesammenhørende værdier af afkøling og vandforbrug på opvarmningssiden og opsummere produktet i en energimåler. Installationen kræver indbygning af en vandmåler og to temperaturmålere. Ved indbygningen skal man være opmærksom på de i kapitel 18 anførte indbygningsregler for målere. Af hensyn til driftovervågning er det hensigtsmæssigt at kunne aflæse såvel det samlede energiforbrug som afkøling, vandmængde og eventuelt effekt.

### Styring og regulering af vandtemperatur

Det vil normalt være en fordel at kunne styre og regulere varmtvandstemperaturen, men i mange anlægstyper er dette ikke muligt. Det gælder f.eks. for visse typer af kedelunits, hvor temperaturen i kolde perioder kan komme op på 90 °C. Samme forhold gælder i nogle gennemstrømningsvarmere, hvor den effekt, der indkobles under tapning, stort set er uafhængig af vandstrømmen.

Regulering af  
effekttilførsel

Regulering af vandtemperaturen foregår normalt ved en regulering af den tilførte effekt.

Manuel og auto-  
matisk regulering

I mange anlæg, især mindre, sker styringen ved en manuelregulering eller rettere indstilling af enten varmemediets temperatur (f.eks. kedeltemperaturen) eller af mediestrømmens størrelse. Den tilførte effekt er stort set konstant døgnet igennem, og som følge heraf vil varmtvandstemperaturen variere, f.eks. vil den være høj efter længere perioder uden tapning. Af denne grund anvendes i visse tilfælde automatisk regulering, der kan udføres efter mange forskellige principper.

Følerplacering

Ved automatisk regulering af varmtvandstemperaturen anbringes en føler i beholderen. Det er vigtigt, at følere placeres hensigtsmæssigt, således at beholderens rumindhold udnyttes

bedst muligt. Man bør her nøje følge fabrikantens anvisninger. Føler for eventuel overkogssikring skal placeres i beholderens top.

## Varmtvandsbeholdere, vandopvarmede

Vandopvarmede varmtvandsbeholdere kan i det væsentlige opdeles på de tre typer:

- Kappebeholdere.
- Varmtvandsbeholdere med indlagt varmeplade.
- Gennemstrømningsvarmere.

I det følgende afsnit behandles disse typer under forudsætning af, at det drejer sig om almindelige, indirekte opvarmede anlæg med vand som varmemedium, og at varmemediets tryk ikke er større end trykket på brugsvandssiden. I senere afsnit behandles gennemstrømningsvarmere, anlæg for fjernvarmepvarmning og direkte fyrede anlæg (el- og gasopvarmede anlæg).

## Kappebeholdere

Kappebeholdere er beholdere for brugsvand, der er forsynet med en kappe, hvorigennem varmemediets føres. Den effektive beholderydelse for kappebeholdere af almindelig type (se figur 9.14) er relativt lille, og der findes derfor en række anlægstyper, hvor man på forskellig måde har forøget beholderydelsen. Som eksempler kan nævnes anlæg, hvor kappen også omslutter den ene endebund og kappebeholdere med forvarmer, se figur 9.15 og 9.16.

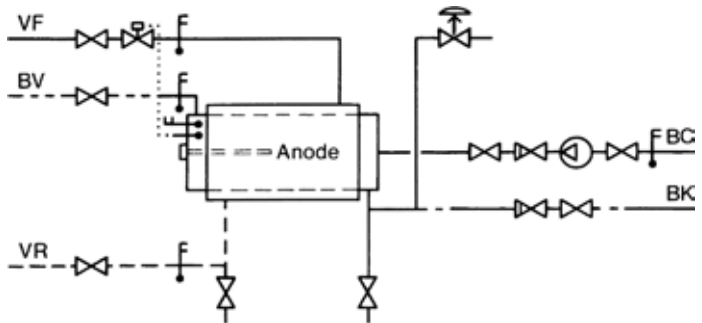
Almindelige kappebeholdere udføres normalt med et beholdervolumen på 75-500 liter.

Det effektive beholdervolumen  $V_{eff}$  kan som et groft overslag skønnes til

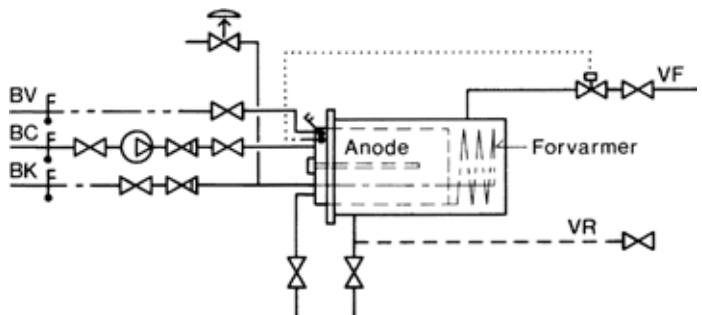
$$V_{eff} = \frac{V}{1,5}$$

hvor  $V$  er beholdervolumenet.

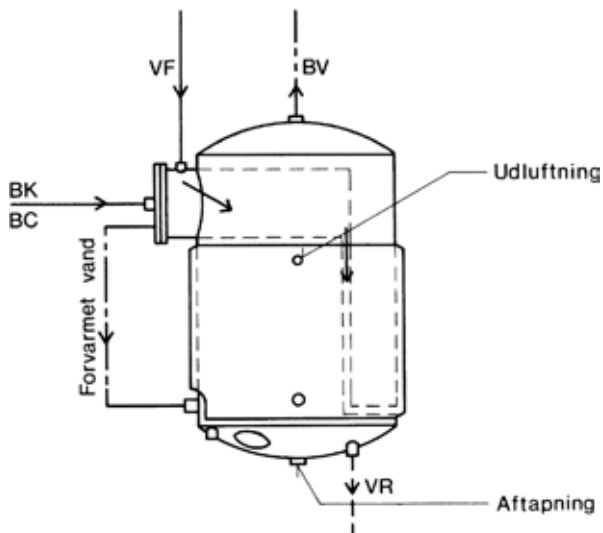
Almindelige  
kappebeholdere  
Effektivt  
beholdervolumen



Figur 9.14. Almindelig kappebeholder. Eksempel på installation.



Figur 9.15. Kappebeholder med forvarmer. Eksempel på installation.



Figur 9.16. Kappebeholder med indlagt forvarmer.

Fabrikanter af kappebeholdere oplyser kun sjældent om de almindelige kappebeholderes effektive beholderydelse. Hvor der ikke foreligger ydelsesmålinger af de enkelte fabrikater og beholderstørrelser, kan man som et groft overslag regne med, at genopvarmningstiden er ca. 2,5 timer. Ved genopvarmningstid forstås i denne forbindelse den tid, der går, fra en beholder fyldt med koldt vand ( $T = 10\text{ }^\circ\text{C}$ ) er opvarmet til en temperatur på  $55\text{ }^\circ\text{C}$  under normale driftsforhold i varmeanlægget.

Beregning af den effektive beholderydelse

Under disse forudsætninger kan man beregne den gennemsnitlige effektive beholderydelse i genopvarmningsperioden som

$$P_{eff} = \frac{V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta T}{\tau_G}$$

Her er

$P_{eff}$  den effektive beholderydelse

$V$  beholderens volumen

$\rho$  vandets massefylde

$c$  vandets varmekapacitet

$\Delta T$  temperaturstigning i genopvarmningstiden

$\tau_G$  genopvarmningstid

Hvis  $P_{eff}$  ønskes udtrykt i kW, og  $V$  angives i liter,  $\Delta T$  i  $^\circ\text{C}$  og  $\tau_G$  regnes 2,5 timer fås

$$P_{eff} = \frac{V \cdot 1,0 \cdot (55 - 10)}{2,5} \cdot 0,001163$$

$$P_{eff} = 0,02 \cdot V$$

For kappebeholdere kan man regne med  $f_V = 1,5$ , dvs.  $V_{eff} = V \cdot 1,5$ . Dette kan sammen med  $P_{eff}$  anvendes f.eks. i figur 9.8.

Kappebeholder med vandfyldt endebund

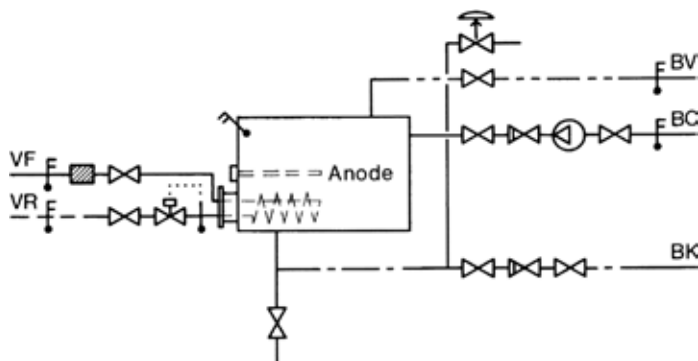
Der opnås en væsentlig forøgelse af den effektive ydelse, såfremt man udfører kappebeholderen således, at kappen også omslutter den ene endebund. Man kan med denne konstruktion opnå, at inderbeholderen kan udføres udtagelig.

## Varmtvandsbeholdere med indlagt varmefflade

Mindre varmtvandsbeholder for fjernvarme

Varmtvandsbeholdere med indbyggede varmefflader findes i et stort antal forskellige varianter. Her skal blot omtales tre typer.

I enfamiliehuse anvendes ofte den på figur 9.17 viste beholdertype. Den er specielt udviklet til anlæg, der er tilsluttet fjernvarmeanlæg, og varmeffladen udgøres af en spiral af kobberrør. Beholdertypen leveres med beholdervolumen på 100-500 liter. Den effektive ydelse svarer normalt til ydelsen af almindelige kappebeholdere med tilsvarende volumen, hvis ikke andet er opgivet af fabrikanten.



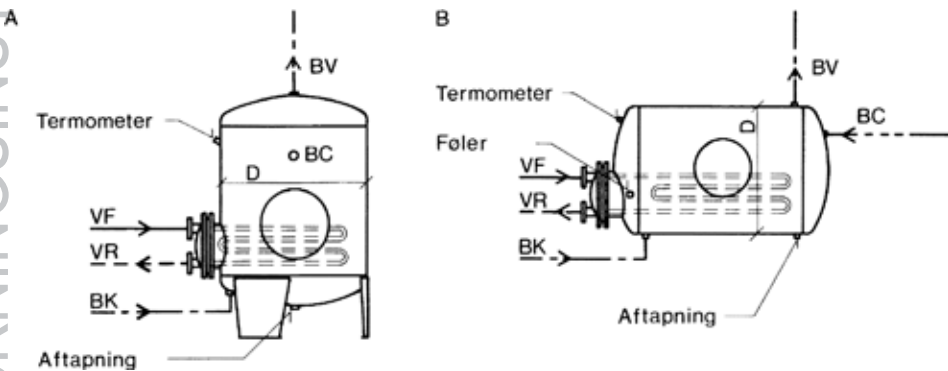
Figur 9.17. Varmtvandsbeholder med indlagt varmefflade. Den viste type anvendes oftest hvor der tilsluttes direkte til fjernvarmeanlæg.

Andre typer

Eksempler på andre varmtvandsbeholdere er vist på figur 9.18.

Effektiv beholderydelse

Fabrikanterne oplyser normalt om anlæggenes maksimale ydeevne eller lignende under nærmere definerede driftsomstændigheder. Man skal her være opmærksom på, om der er overensstemmelse med de driftsbetingelser, der er aktuelle i den installation, hvori beholderen skal monteres. Ved afvigelser bør fabrikanten rådspørges. Et andet forhold, man skal være opmærksom på, er om den af fabrikanten oplyste ydelse er regnet ved ren varmefflade, dvs. med en varmefflade uden kalkafsætninger. Man kan normalt regne med



Figur 9.18. Varmtvandsbeholdere med indlagt varmeblænde. Eksempler på anlæg, der anvendes i større installationer.

$$P_{eff} = \frac{P_o}{f_P}$$

hvor  $f_P = 1,15-1,30$ , og  $P_o$  er den effektive ydelse ved ren varmeblænde.

Det effektive beholdervolumen  $V_{eff}$  kan skrives

$$V_{eff} = \frac{V}{f_V}$$

hvor  $V$  = beholdervolumenet og  $f_V$  en faktor, der kan sættes til ca. 1,4, hvis den ikke er bestemt ved prøvning.

## Gennemstrømningsvarmere

Gennemstrømningsvarmere – eller varmevekslere – er anlæg med et meget lille, eventuelt slet intet, beholdervolumen. De er normalt udført som plade- eller rørvarmevekslere, hvor brugsvandet føres inde i rørene, og varmemediet føres uden på rørene.

Rørvarmevekslere er normalt udført med rør af kobber eller rustfrit stål af hensyn til korrosion. Strømningshastigheden i kobberrørene må ikke overstige de i figur 3.8 anførte grænser.

Effektivt  
beholdervolumen

Lille  
beholdervolumen

Rørvarmevekslere

Pladevarmevekslere

Bemærk, at såfremt varmepladen er af kobber, bør den efterfølgende installation ikke være udført af varmforzinket stål.

Pladevarmevekslere er ofte udført af rustfrit stål.

Deklaration  
af ydelse

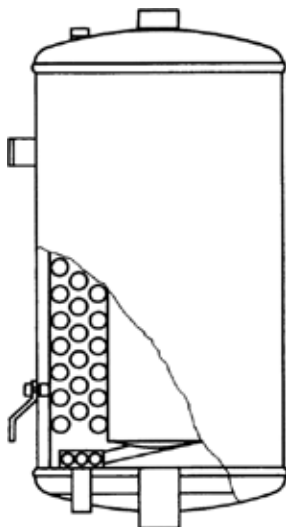
### Effektiv beholderydelse

Gennemstrømningsvarmeres ydelse oplyses af fabrikanterne, og der gælder her, hvad der er anført for den effektive ydelse for varmtvandsbeholdere. For små vekslere findes der prøvningsmetoder, og deres ydelser bør være deklareret på basis heraf.

### Tryktab i gennemstrømningsvarmere

Ved valg af rørvarmevekslere skal man være opmærksom på, at disse – i sammenligning med varmtvandsbeholdere – har et relativt stort tryktab på såvel varmemediesiden (primærsiden) som på brugsvandssiden (sekundærsiden).

Der bør altid søges nærmere oplysninger om disse tryktab, der bør kunne oplyses af fabrikanten. På brugsvandssiden skal tryktabet ved den dimensionsgivende vandstrøm indgå i tryktabsberegningen og dimensioneringen, som beskrevet i kapitel 3 og 4.



Figur 9.19. Gennemstrømningsvarmer for mindre anlæg.

### Anlægstyper

Gennemstrømningsvarmere findes i mange størrelser og typer.

Små anlæg

I figur 9.19 er der vist et eksempel på en gennemstrømningsvarmer, der anvendes i enfamiliehuse.

I mindre anlæg (forsyning til enfamiliehuse, lejligheder og til et enkelt eller nogle få tapsteder) anvendes gennemstrømningsvarmere ofte som eneste varmtvandsforsyning.

Større anlæg

I større anlæg kan gennemstrømningsvarmere anvendes i forbindelse med separate forrådsbeholdere.

Varmeforsyning

Når man baserer en varmtvandsforsyning på gennemstrømningsvarmere, skal man være opmærksom på, at de medfører en stor og meget variabel belastning for varmeanlægget.

Individuel måling

Gennemstrømningsvarmere anvendes ofte, hvor man ønsker individuel måling af energiforbruget, f.eks. i udlejningsejendomme.

### Elvandvarmere

Elvandvarmere er en fællesbetegnelse for elopvarmede varmtvandsbeholdere og gennemstrømningsvarmere.

Anvendelses-  
område

Elvandvarmere anvendes oftest som varmtvandsforsyning til et enkelt eller nogle få tapsteder. De større anlæg kan anvendes til forsyning af et enfamiliehus.

Udførelsesformer

Elvandvarmere kan udføres som enten trykfaste eller ikke-trykfaste anlæg. Den almindeligste form for elvandvarmer er som varmtvandsbeholder med indbygget varmefflade (varmelegeme). Elvandvarmere er normalt forsynet med en indstillelig termostat og overkogssikring.

DEMKO

Elvandvarmere skal være godkendt af DEMKO efter gældende regler og være VA-godkendte.

Arbejdstilsynet

Ved trykfaste elvandvarmere skal der monteres sikkerhedsventil, der er godkendt af Arbejdstilsynet.

### Ydelse

Effektivt  
beholdervolumen

En elvandvarmers effektive beholdervolumen  $V_{eff}$  sættes til

$$V_{eff} = \frac{V}{f_V}$$

Effektiv  
beholdereffekt

hvor  $V$  er det geometriske volumen i liter og  $f_V$  kan sættes til 1,4, hvis den ikke er bestemt ved prøvning.

Den effektive beholdereffekt  $P_{eff}$  kan sættes til

$$P_{eff} = \frac{P_o}{1,3}$$

Genopvarmningstid

hvor  $P_o$  er effekten med ren varmeplade.

Ved elvandvarmere arbejder man ofte med begrebet genopvarmningstiden ( $\tau_G$ ), der er den tid, der medgår til at opvarme en beholder med koldt vand ( $T_K = 10$  °C) til temperaturen  $T_V = 55$  °C, når den maksimale effekt er indkoblet. Genopvarmningstiden kan beregnes som

$$\tau_G = \frac{V \cdot (T_V - T_K) \cdot \rho \cdot c}{P_{eff}}$$

Genopvarmningstiden regnet i minutter kan fås af

$$\tau_G = \frac{V \cdot (55 - 10) \cdot 1,0}{P_o} \cdot \frac{1,3 \cdot 4,2}{60} = ca. 4 \cdot \frac{V}{P_o}$$

Her er

$P_o$  effekten for ren varmeplade i kW

$V$  beholdervolumenet i liter

$\tau_G$  genopvarmningstiden i minutter.

Eksempel

En 30 l elvandvarmer er forsynet med et varmelegeme på 3,6 kW. Genopvarmningstiden kan da skønnes til

$$\tau_G = 4 \cdot \frac{30}{3,6} = ca. 33 \text{ minutter}$$

Eftersyn og  
afsyring

### Kalkafsætninger

På grund af de høje temperaturer på elvarmelegemernes overflade kræves der et hyppigt eftersyn og eventuel afsyring af kalkafsætninger. Der henvises til fabrikanternes anvisninger.

## Gasvandvarmere

Gasvandvarmere er en fælles betegnelse for gasopvarmede (direkte opvarmede) varmtvandsbeholdere og gennemstrømningsvarmere. Gasvandvarmere udføres normalt som trykfaste anlæg.

Direkte opvarmede varmtvandsbeholdere anvendes kun sjældent og skal ikke omtales nærmere her.

Gasvandvarmere og deres gastekniske forhold er omtalt i SBI-anvisning 145: Naturgasinstallationer, små anlæg [litt. 9.21.

### Gasvandvarmeres kapacitet

Gasvandvarmere godkendes kun for en nominel belastning, der er mindre end 35 kW. Den nominelle ydelse, dvs. den effekt, der kan afleveres til brugsvandet er noget mindre og vil normalt fremgå af fabrikantens informationsmateriale.

De nominelle ydelser oplyses normalt for vandvarmere uden kalkafsætninger, dvs. at tilsteningstillægget skal fratrækkes den nominelle ydelse. Nogle typer har et internt vandkredsløb (kombikedler) og i disse typer kan regnes med et lille tilsteningstillæg (5-10 pct.). I de typer, hvor brugsvandstrømme opvarmes direkte af gassen, bør der regnes med et noget større tilsteningstillæg (20-30 pct.) afhængigt af afsyringsintervaller og vandets kalkindhold.

Når ovenstående tages i betragtning, vil de fleste gasvandvarmeres kapacitet sjældent overstige ca. 20 kW, og deres kapacitet er normalt kun tilstrækkelig til forsyning af ét tapsted ad gangen. Gasvandvarmere er således ikke anvendelige som eneste vandvarmer i en normal familiebolig, se figur 9.20.

Det kan anbefales at gasvarmere ikke vælges større end nødvendigt, dels fordi startvandstrømmen normalt er relativ stor og dels pga. risikoen for temperatursvingninger.

### Tryktab i gasvandvarmere

Tryktabet i gennemstrømningsvandvarmere er normalt ret stort (100-200 kPa) og tryktabet skal medregnes ved dimensioneringen som anført i kapitel 3 og 4.

Max belastning  
35 kW

Tilsteningstillæg

Effektiv effekt

Valg af størrelse

Vandvarmer forsyner:	Nominel ydelse	
	kW	l/min ved 25 °C opvarmning <sup>1)</sup>
Kun håndvask	8,8	5
Kun bruser	22	13
Kun køkkenvask	18	10
Kun badekar	33	19
Normal bolig (hele boligen)	40 <sup>2)</sup>	23
Køkkenvask og bruser	40 <sup>2)</sup>	23

1) Ved en koldt vandstemperatur på 10 °C er varmt vandstemperaturen 35 °C, hvilket er i underkanten af det passende. Det er derfor forudsat, at vandvarmeren har samme nominelle ydelse målt i kW ved en højere varmt vandstemperatur.

2) Der findes ikke DGP-godkendte gasvandvarmere med så stor ydelse.

*Figur 9.20. Nominelle ydelser for gasgennemstrømningsvarmere til forskellige formål. Tabellen angiver vandvarmerens nominelle ydelse inkl. 25 pct. tillæg for tilkalkning.*

Materiale-  
kombinationer

### Korrosionsforhold

Acceptable materialekombinationer er nærmere omtalt i kapitel 16. Her skal blot nævnes, at hvor brugsvandet strømmer gennem en varmeveksler af kobber bør den efterfølgende rørinstallation ikke udføres eller være udført af varmforsinkede stålrør.

### Cirkulation

Cirkulation til gasvandvarmere af gennemstrømningstypen er normalt ikke mulig.

DGP

### Godkendelse

Gasvandvarmere skal være godkendt af Dansk Gasmaterielprøvning (DGP) og være VA-godkendte.

### Skoldningsrisiko

Ved tapning af små vandstrømme vil varmt vandstemperaturen normalt blive så høj, at der er risiko for skoldning. Det anbefales derfor, at f.eks. brusere forsynes med egnede termostatstyrede blandearmaturer.

## Anlæg for fjernvarmeopvarmning

Anlæg for produktion af varmt vand opvarmet med fjernvarmevand er i henhold til normen underkastet særlige bestemmelser. Årsagen hertil er, at trykket på opvarmningssiden normalt er større end på vandsiden.

### Trykforhold

I princippet adskiller fjernvarmeanlæg sig kun fra andre varmeanlæg, hvad angår trykket. Det afgørende er, om trykket på varmesiden er større end trykket på brugsvandssiden. Hvis dette er tilfældet, stiller normen krav om, at anlægget skal være udført således, at der kan ses bort fra risikoen for indtrængning af opvarmningsmediet i brugsvandsinstallationen.

Det fremgår af VA-godkendelsen af de enkelte anlæg, om de er godkendt til »fjernvarme«, hvilket i denne forbindelse vil sige, om en varmtvandsbeholder eller en gennemstrømningsvarmer er anvendelig i varmeanlæg, hvor trykket i varmemediet kan blive større end trykket i vandinstallationen.

De tryk, der skal sammenlignes i denne forbindelse, er for varmemediets vedkommende det højest forekommende tryk i varmebladen (evt. kappen) og for brugsvandets vedkommende det laveste forekommende tryk  $P_{min}$ , under normale omstændigheder.

Trykket i varmemediet beregnes som det resulterende tryk i varmeanlægget, hvorved forstås summen af hviletrykket (trykket i det laveste punkt af anlægget, når pumpen er stoppet) og den af cirkulationspumperne frembragte trykforøgelse.

### Varmtvandsbeholdere for fjernvarme

Varmtvandsbeholdere, der skal anvendes i anlæg, hvor varmemediets tryk er større end vandtrykket, skal være godkendt for de aktuelle tryk. Brugsvandssiden skal være udført for et beregningstryk, der er mindst 1000 kPa, og varmesiden for et beregningstryk, der mindst er lig det aktuelle resulterende tryk.

Rørvarmeblader, der er indlagt i varmtvandsbeholdere, er normalt udført af emaljerede stålrør, kobberrør eller rustfri stålrør, se kapitel 16 om korrosionsforhold.

VA-godkendelse

Laveste forekommende vandtryk

Tryk i varmemediet

Varmeblader

Kappebeholdere, der anvendes i fjernvarmeanlæg, skal normalt være stålpladebeholdere med korrosionsbeskyttende overfladebehandling. Emaljerede beholdere skal være kato-disk beskyttet. Kobberforede beholdere og beholdere af kobber, rustfrit stål eller tilsvarende korrosionstrægt materiale vil kunne anvendes.

### **Gennemstrømningsvarmere for fjernvarme**

Gennemstrømningsvarmere, der anvendes i forbindelse med fjernvarmeanlæg, er normalt udført således at alle dele, der berøres af brugsvandet, er udført af kobber eller rustfrit stål.

Bemærk, at såfremt varmebladen er af kobber, bør den efterfølgende installation ikke være udført af varmforzinket stål.

Belastning på fjernvarmenet

Mange fjernvarmeselskaber har regler for, hvor store belastninger man kan tillade på fjernvarmenettet hidrørende fra anlæg for varmtvandsforsyning. Da gennemstrømningsvarmere kan medføre en belastning på fjernvarmenettet, der er større end belastningen for varmeanlæggene, har mange selskaber bl.a. af denne grund regler, der præciserer, om man overhovedet må anvende gennemstrømningsvarmere eller ej. Før et anlæg projekteres, bør man derfor altid søge oplysninger hos fjernvarmeselskabet.

### **Anlægstyper for fjernvarme**

I figur 9.19 er der vist en gennemstrømningsvarmer, og i figur 9.17 er vist en varmtvandsbeholder med indlagt varmeblade. Disse typer (mindre anlæg) anvendes ofte, hvor der tilsluttes fjernvarmeanlæg.

### **Kedelunits**

Sammenbyggede anlæg

Anlæg for produktion af varmt vand kan leveres sammenbyggede med kedler, og det samlede anlæg kaldes da en kedelunit. Anlægget er normalt en varmtvandsbeholder (ofte en kappebeholder). I flere typer er beholderen indbygget i kedlens vandrum.

Flere godkendelsesinstanser

### Godkendelse

Kedelunits skal være VA-godkendte. Oliefyrede kedelunits skal herudover være godkendt af Boligministeriet, og gasfyrede kedelunits skal være godkendt af Danmarks Gasmaterielprøvning (DGP).

### Armaturer

Kedelunits er i større eller mindre omfang forsynet med armaturer (kontraventiler, sikkerhedsventiler mv.). Der henvises til VA-godkendelsen, hvoraf det fremgår, om de krævede armaturer er sammenbygget med kedeluniten, eller om der kræves en særskilt montering af kontraventiler, sikkerhedsventiler mv.

Anlæg uden varmtvands-temperaturstyring

### Anlægstyper

I mange typer er der ingen mulighed for at styre varmtvandstemperaturen separat, dvs. uafhængigt af kedeltemperaturen. Efter en længere periode uden tapning vil varmtvandstemperaturen derfor være meget tæt på kedeltemperaturen, hvilket i kolde perioder med høj kedeltemperatur kan medføre en stærkt forøget kalkudfældning. Der vil tillige i disse perioder være en vis skoldningsfare.

I perioder med stort forbrug af varmt vand kan der blive mindre varmeeffekt disponibel til varmeanlægget. Dette har dog normalt ingen betydning for varmeanlæggets funktion.

## Anlæg for opvarmning med damp og hedtvand

Primær varmeveksler

I mange anlæg er varmemediet damp (højtryks- eller lavtryks-) eller hedtvand, hvilket kræver en række særlige hensyn. Ofte vælges imidlertid at lede dampen til en varmeveksler, hvor dens varmeindhold overføres til vand. Dette vand anvendes så til opvarmning af brugsvand samt til øvrige opvarmningsformål.

### Arbejdstilsynet

Dampopvarmede anlæg for produktion af varmt vand skal – som øvrige dampopvarmede anlæg – udføres efter Arbejds-

tilsynets regler, se [litt. 9.3]. Reglerne omhandler bl.a. sikkerhedsventiler, deres størrelse og godkendelse.

### Anlægstyper

Anlæg med  
2 varmeplader

De anlæg, der anvendes ved dampopvarmning, adskiller sig i princippet kun lidt fra de anlæg, der anvendes, når varmemediet er varmt vand, se figur 9.18. Som en speciel anlægstype kan nævnes beholdere med 2 varmeplader, hvor der ledes damp gennem den ene, og varmen i kondensatet udnyttes i den anden.

### Anlæg for hedt brugsvand

Vandtemperaturer  
op til 95 °C

I anlæg, der forsyner vaskerier, køkkener, skyllerum o.lign., har man ofte brug for brugsvand med temperaturer på op til 95 °C. Brugsvand af denne temperatur benævnes ofte hedt vand – ikke at forveksle med vandet i hedtvandsanlæg, som er varmeanlæg, hvor vandets temperatur er over 120 °C.

### Kalkudfældning

Ved opvarmning til mere end 60-65 °C vil kalkudfældningen øges meget kraftigt. Det må anses for en nødvendighed, at man blødgør vand, der skal opvarmes til disse temperaturer. Blødgjort vand må kun anvendes til teknisk brug.

### Anlægstyper

To-trins  
opvarmning

Varmt vand med temperaturer på op til 95 °C kan produceres i direkte opvarmede anlæg eller i anlæg, hvor varmemediet er f.eks. damp eller hedtvand.

Oftest anvendes en to-trins opvarmning. Første trin kan bestå i en opvarmning af brugsvandet til ca. 55 °C med almindeligt »centralvarmevand«. Andet trin, der skal dække opvarmning fra de 55 °C til den ønskede temperatur, kan f.eks. bestå af en elvarmeplade, der indbygges i en særlig beholder – ofte kaldet en hedtvandsbeholder.

## KAPITEL 10

## Vandbehandlingsanlæg

Normens krav til vandbehandling .....	269
Anlægstyper .....	269
Blødgøringsanlæg .....	270
Anvendelse .....	270
Princippet i blødgøring .....	270
Anlæggets opbygning .....	270
Afsaltningsanlæg .....	273
Anvendelse .....	273
Princippet i afsaltning .....	273
Anlæggets opbygning .....	274
Omvendt osmoseanlæg .....	274
Anvendelse .....	274
Princippet i omvendt osmose .....	275
Elektrolyseanlæg .....	276
Vandets egenskaber .....	276
Elektrolyseanlægs virkemåde .....	276
Installationer med magnesiumanoder .....	279
Installationer med mekaniske filtre .....	280
Anlæg for kemikaliedosering .....	280
Magnetiske vandbehandlingsanlæg .....	281

Ved vandbehandling forstås en behandling, der ændrer vandets kemiske og/eller mikrobiologiske egenskaber. Det bemærkes, at opvarmning af drikkevand i denne forbindelse ikke opfattes som vandbehandling.

Tilladelse til vandbehandling	<h3>Normens krav til vandbehandling</h3> <p>I henhold til normen må ændring af vandets kemiske eller bakteriologiske beskaffenhed kun foretages med særlig tilladelse, og en sådan gives kun, såfremt det behandlede vand udelukkende anvendes til teknisk brug, dvs. ikke til drikkevand, madlavning og bad. Der kan anføres flere grunde til denne restriktion. For eksempel kan man risikere, at der i dårligt passede behandlingsanlæg foregår en biologisk aktivitet, som kan gøre vandet sundhedsfarligt, eller at anlægget ved regenerering udført af ukyndige påfyldes forkerte og måske skadelige stoffer. Hertil kommer, at indtagelse af større mængder behandlet vand kan medføre sundhedsfare. I almindelige husholdninger kan behandlet (blødgjort) vand tillades anvendt i vaske- og opvaskemaskiner, når det sikres, at det behandlede vand udelukkende benyttes til disse apparater.</p>
Sikring mod tilbagestrømning	<p>Installationer for behandlet vand skal udføres således, at det behandlede vand ikke kan trænge tilbage i installationer for drikkevand. Der er i normen og i VA-godkendelsen angivet hvilke forholdsregler, der skal tages.</p>
Mærkning	<p>Installationer for behandlet vand skal mærkes, f.eks. med særlig farve (DS 134). Tapventiler skal mærkes: »Ikke drikkevand«.</p>
Undtagelser	<p>For elektrolyseanlæg samt for anoder af magnesium og aluminium samt visse grovmaskede mekaniske filtre stiller normen ikke særlige krav om tilbagestrømningssikring og mærkning.</p>

## Anlægstyper

De vigtigste former for anlæg til vandbehandling er:

- Blødgøringsanlæg.
- Afsaltningsanlæg.
- Omvendt osmoseanlæg.
- Elektrolyseanlæg.
- Installationer med magnesiumanoder.
- Installationer med mekaniske filtre.
- Anlæg for dosering af kemikalier.
- Magnetiske vandbehandlingsanlæg.

## Blødgøringsanlæg

### Anvendelse

I blødgøringsanlæg foretages en nedsættelse af vandets hårdhed til en hårdhedsgrad på ca. 0,5 °dH.

Blødgøring anvendes oftest til følgende formål:

- Besparelse af sæbe ved vaskeprocesser.
- Undgåelse af kalkpletter på service ved opvask.
- Mindskelse af kalkaflejringer i ledninger og beholdere ved høje driftstemperaturer.

Anlæggene finder f.eks. anvendelse i vaskerier, anlæg for spædevand til dampkedler og anlæg, hvor der skylles med vand af høje temperaturer (> 60-65 °C), såsom bækkenskyllere og opvaskemaskiner.

Vandets hårdhed

Dansk vandværksvand er ofte hårdt, dvs. at det indeholder store mængder calcium- og magnesiumsalte. Mængden af disse salte udtrykkes i hårdhedsgrader (°dH), hvor 1 °dH definitionsmæssigt svarer til et indhold på 10 mg/liter CaO (calciumoxid) eller 7,2 mg/liter MgO (magnesiumoxid). Der skelnes mellem den forbigående og den blivende hårdhed, se kapitel 16.

### Princippet i blødgøring

Ionbytning

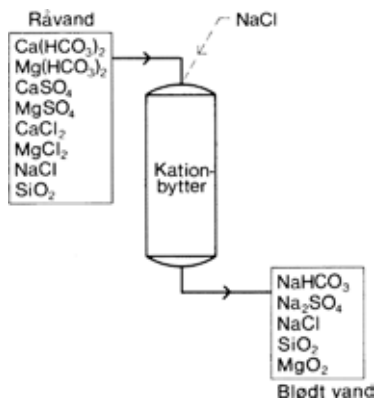
Blødgøring foregår ved en ionbytningsproces. Under drift ombyttes vandets indhold af calcium- og magnesiumioner med den tilsvarende mængde (ækvivalente mængde) natriumioner. Råvandets saltindhold reduceres således ikke, men ombyttes til natriumsalte, som er letopløselige.

Regeneration

Når ionbytteren er ved at være mættet med calcium- og magnesiumioner, stiger hårdhedsgraden i det behandlede vand, og ionbytteren skal regenereres. Hertil anvendes en stærk opløsning af natriumklorid (kogsalt). Kogsaltet uddriver de opsamlede calcium- og magnesiumioner, som sendes til afløb, samtidig med at ionbytteren igen oplades. Anlægget er derefter klar til drift igen.

### Anlæggets opbygning

I dag anvendes kun automatiske blødgøringsanlæg, som i princippet består af en filtertank med ionbytter, en saltfor-



Figur 10.1. Princip i blødgøringsanlæg.

rådsbeholder til opbevaring af kogsalt, et automatisk ventilsystem og et styringsanlæg.

Kontinuerlig drift

Et anlæg med kun én filtertank vil ikke kunne levere blødgjort vand under regeneration, så ønsker man kontinuerlig drift skal anlægget bestå af to filtertanke.

Materialer

Filtertankene udføres enten i overfladebelagt stål, glasfiber eller andet plastmateriale. Saltforrådsbeholdere og ventilsystemer udføres normalt i plastmateriale.

Ionbytter

Ionbyttener er små kugler af uopløseligt kunststof, der indeholder kemiske reaktionsgrupper, som kan optage uønskede ioner fra vandet, samtidig med at de afgiver ioner, som kan accepteres i det behandlede vand.

Styringsanlægget har primært to funktioner:

- Indstilling af regenerationstidspunkterne.
- Styring af regenerationsfaserne.

Dimensionering

Ved dimensionering af et blødgøringsanlæg er der specielt to forhold at tage i betragtning:

- Den største tilladelige belastning, angivet som den dimensiongivende vandstrøm.
- Anlæggets kapacitet, angivet som den vandmængde, der kan behandles mellem to regenerationer.

Begge oplyses af leverandørerne af anlæggene. Tryktabet gennem ionbytteranlæg kan være ret store, 50-200 kPa, afhængig af anlæggets type, størrelse og vandstrøm. Tryktabet fremgår af VA-godkendelsen.

Største tilladelige belastning

Den største tilladelige belastning på filtret må ikke være mindre end den dimensionsgivende vandstrøm for ledninger til de tapsteder, der skal forsynes med blødgjort vand. Disse tapsteder er oftest systematisk benyttede, og der må i hvert enkelt tilfælde skønnes over den relevante samtidighedsfaktor.

Filterkapacitet

Den væsentligste faktor for valg af anlægsstørrelsen er filtermaterialets kapacitet. Denne afhænger af ionbytterens type og af hårdhedsgraden af det ubehandlede vand. Kapaciteten ( $C$ ) opgives af leverandøren normalt i  $m^3$  svarende til  $1^\circ\text{dH}$ . Kendes hårdhedsgraden  $h$  ( $^\circ\text{dH}$ ) af det ubehandlede vand, kan den nødvendige kapacitet  $C$  beregnes som

$$C = V \cdot h$$

hvor  $V$  er den vandmængde i  $m^3$ , som man ønsker skal kunne behandles mellem to regenerationer, og  $h$  er hårdheden i  $^\circ\text{dH}$ . Når denne vandmængde er behandlet, vil det være nødvendigt at regenerere anlægget. Under denne proces sættes anlægget ud af drift, og filtret gennemskylles med opløst  $\text{NaCl}$ .

Regenerations-tidspunkt

Det er således nødvendigt at kende vandinstallationens vandforbrug for at kunne foretage en korrekt dimensionering. Det er ligeledes nødvendigt at kende den tidsmæssige fordeling af vandforbruget, således at det undgås, at tidspunkterne for regenerering og behov for blødgjort vand fra anlægget falder sammen.

Tidsstyring af regeneration

De fleste anlæg er automatisk styrede, således at regenerering foregår enten på faste tidspunkter (f.eks. om natten), eller når en forud valgt vandmængde er behandlet.

Mængdestyring af regeneration

Tidsstyring af regenerationen giver i almindelighed det billigste anlæg. Til gengæld er driftsudgifterne store, da det så er nødvendigt at overdimensionere anlægget for at opnå sikkerhed for tilstrækkelig blødgøring. Dette medfører, at de fleste regenerationer sker på et anlæg, der ikke er fuldt udnyttet, og dermed opstår et større saltforbrug end nødvendigt.

Ved mængdestyring af regenerationen kan det opnås, at denne altid foregår på et fuldt udnyttet filter, og at saltforbruget

Anlægsformer	<p>ikke bliver større end nødvendigt. For at undgå gener ved tidsmæssigt uheldige regenerationer er det i reglen nødvendigt at dublere filterbeholderen.</p> <p>De fleste ionbytteranlæg, der installeres, er præfabrikerede enheder. Installeringen består så blot i en montering af el- og vandforbindelser, herunder de krævede tilbagestrømningssikringer, se figur 10.3.</p> <p>Anlæggene skal være VA-godkendte, og da anlæggene kan være forskelligt udstyret, kan VA-godkendelsen indeholde særlige betingelser, der skal være opfyldt, før myndigheden kan godkende den færdige installation.</p>
Små anlæg	<p>Til husholdningsbrug og til mindre erhvervskøkkener mv. findes der en lang række små anlæg på markedet. Den største tilladelige belastning varierer fra ca. 0,3 l/s til 0,8 l/s, og kapaciteten går fra ca. 25 m<sup>3</sup>/l<sup>o</sup>dH til ca. 100 m<sup>3</sup>/l<sup>o</sup>dH (ved vand med en hårdhedsgrad på 20° dH svarer disse kapaciteter til ca. 1,2 m<sup>3</sup> hhv. ca. 5 m<sup>3</sup> behandlet vand).</p>
Sikring mod tilbagestrømning	<p>Blødgøringsanlæg kan ifølge normen henføres til forureningsgrad 4, se kapitel 14. Sikring mod tilbagestrømning skal normalt udføres med både vacuumventil og kontrollerbar kontraventil, se figur 10.3.</p>

## Afsaltningsanlæg

### Anvendelse

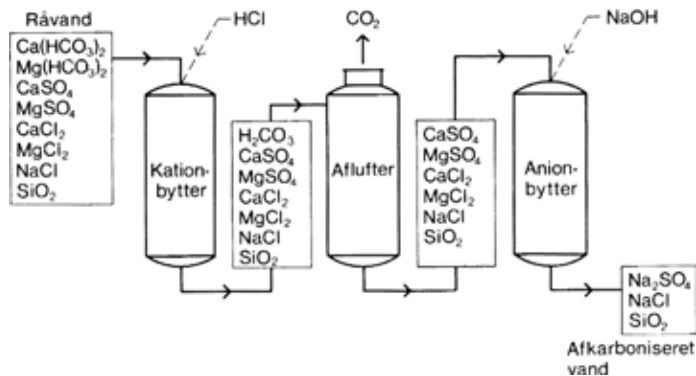
Et afsaltningsanlæg (demineraliseringsanlæg) fjerner alle vandets salte, så det behandlede vand bliver saltfrit.

Afsaltningsanlæg har en udbredt anvendelse inden for industrien, hvor der ofte stilles store krav til vandets kvalitet. Det anvendes f.eks. til:

- Skylning af emner uden eftertørring.
- Fremstilling af medicin, kosmetik og kemikalier.
- Spædevand til dampanlæg med høj hedefladebelastning.
- Restaurationskøkkener med stor opvask af vinglas.

### Princippet i afsaltning

Afsaltning foregår ved to ionbytningsprincipper, idet vandet passerer både en kation- og en anionbytter. Disse ionbyttere



Figur 10.2. Princip i afsaltningsanlæg (kation- og anionbytter).

regenereres med henholdsvis saltsyre ( $\text{HCl}$ ) og natronlud ( $\text{NaOH}$ ).

Vandets salte, som består af en kation (f.eks. natriumion –  $\text{Na}^+$ ) og en anion (f.eks. klorid –  $\text{Cl}^-$ ) ombyttes med henholdsvis en brintion ( $\text{H}^+$ ) og en hydroxylion ( $\text{OH}^-$ ), som tilsammen danner vand ( $\text{HOH}$ ). Vandets salte ombyttes således med vand.

### Anlæggets opbygning

Et afsaltningsanlæg består i princippet af to filtertanke med henholdsvis en kation- og en anionbytter, kemikalieforrådstanke, ventilsystemer og styring.

En korrekt dimensionering kræver en komplet vandanalyse som kun kan foretages af fagfolk.

Afsaltningsanlæg kan ifølge normen henføres til forureningsgrad 4, se kapitel 14. Sikring mod tilbagestrømning skal normalt udføres med både vacuumventil og kontrollerbar kontraventil, se figur 10.3.

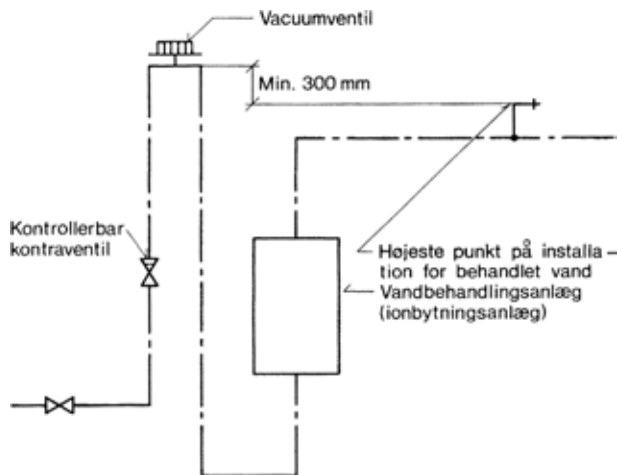
### Omvendt osmoseanlæg

#### Anvendelse

Et omvendt osmoseanlæg fjerner råvandets salte og organiske stoffer.

Dimensionering

Sikring mod  
tilbagestrømning



Figur 10.3. Sikring mod tilbagestrømning fra blødgøringsanlæg. På tilgangsledningen anbringes vacuumventil og kontrollerbar kontra-ventil. Vacuumventiler skal være anbragt mindst 300 mm over det højeste punkt på installation for behandlet vand Vandbehandlingsanlæg (ionbytningsanlæg)

Da der ikke anvendes saltsyre og natronlud til regeneration, har denne type anlæg vundet indpas mange steder hvor man tidligere anvendte afsaltning ved ionbytning.

Anvendelsesområderne er de samme som nævnt for afsaltningssystemer.

### Princippet i omvendt osmose

Forbehandlet, oftest blødgjort og filtreret, råvand føres ved hjælp af en højtrykspumpe ind i et osmoseanlæg. Trykket kan være fra ca. 10-60 bar.

Trykket presser 50-75 pct. af vandet gennem en membran, som tilbageholder 95-99 pct. af vandets salte. De opkoncentrerede salte føres til afløb.

Et omvendt osmoseanlæg består normalt af en højtrykspumpe og et varierende antal osmosemembraner i trykrør af enten rustfrit stål eller glasfiberarmeret plast. Hertil kommer ventiler, flow-metre, måleudstyr og styring.

En korrekt dimensionering og forbehandling kræver en komplet vandanalyse, som kun kan foretages af fagfolk.

Anlæggets opbygning

Dimensionering

Sikring mod  
tilbagestrømning

Et omvendt osmoseanlæg kan normalt henføres til forureningsgrad 4, se kapitel 14. Sikring mod tilbagestrømning skal normalt udføres med både vacuumventil og kontrollerbar kontraventil, se figur 10.3.

## Elektrolyseanlæg

Elektrolyseanlæg installeres i anlæg for varmtvandsproduktion for at mindske risikoen for korrosion i varmtvandsinstallationerne. I visse tilfælde anvendes elektrolyseanlæg også i koldt-vandsinstallationer.

### Vandets egenskaber

Beskyttende lag

I almindelighed bliver drikkevandet kalkfældende ved opvarmning, og kalken afsættes i ledninger og beholdere i et lag, hvis udbredelse og tykkelse er afhængig af vandets hårdhedsgrad og temperatur. Laget giver en beskyttelse mod korrosion. Ved blødt vand kan man ikke påregne, at der vil dannes et korrosionsbeskyttende lag, der er tilstrækkelig effektivt.

Aggressivt ilt

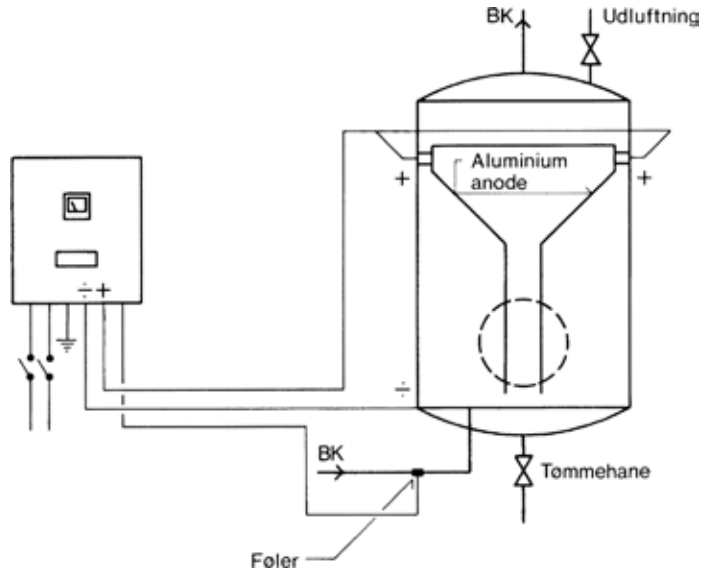
Når vandet forlader vandværket, har det et indhold af opløst ilt ( $O_2$ ) på mindst 5 mg/l. Denne iltmængde er særdeles aktiv i korrosionsmæssig henseende, og såfremt det beskyttende kalklag ikke er effektivt nok, vil jern i anlægget korrodere.

Galvanisk  
korrosion

Foruden den korrosion, der skyldtes den opløste ilt, kan der også forekomme galvanisk korrosion. Galvanisk korrosion optræder f.eks., når der i en vandinstallation anvendes metaller, der ligger langt fra hinanden i spændingsrækken og som er i elektrisk ledende forbindelse med hinanden gennem vandet. Se kapitel 16.

### Elektrolyseanlægs virkemåde

Et elektrolyseanlæg består af en anode af aluminium, der indbygges i en varmtvandsbeholder, og en ensretter. Anoden påtrykkes en jævnstrøm fra plussiden af ensretteren. Ensretterens negative pol forbindes til selve beholderen, og der etableres således et elektrisk felt mellem anoden og selve anlægget



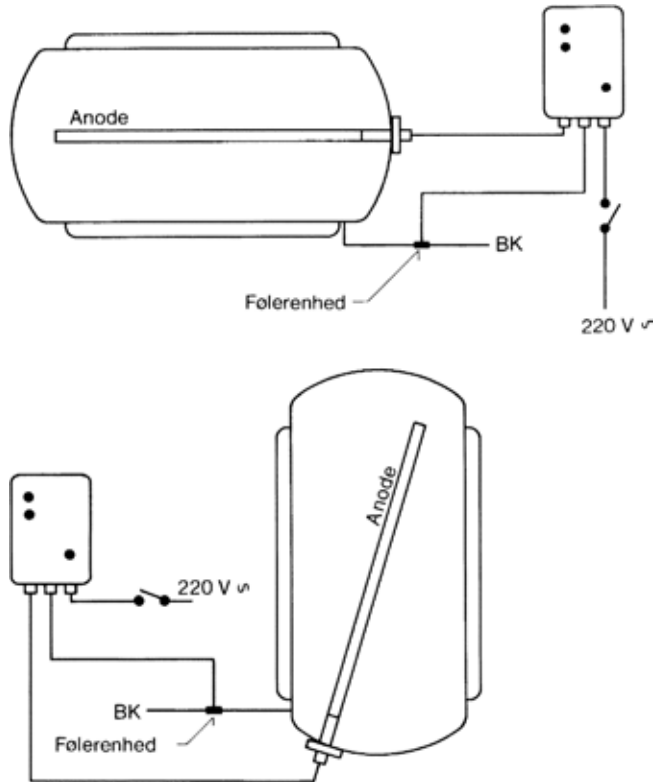
Figur 10.4. Principskitse af elektrolyseanlæg for større beholdere. Apparatkabet rummer et aggregat, der ensretter vekselstrømmen og nedsætter spændingen. Endvidere er der automatisk regulering af strømstyrken.

Dannelse af beskyttelseslag

for varmtvandsproduktion. I figur 10.4 og figur 10.5 er skematisk vist elektrolyseanlæg for et stort og et lille anlæg.

I det elektriske felt, der dannes mellem anode og beholdervægge, vil den opløste ilt reagere med aluminiumsanoden, og der dannes tungt opløseligt aluminiumhydroxyd. Den dannede aluminiumhydroxyd har desuden den virkning, at den udskilning af kalcium- og magnesiumbikarbonat, der forårsages af vandets opvarmning, vil foregå hurtigere og derfor ske i varmtvandsbeholderen og ikke ude i ledningssystemet. På indersiden af ledningerne dannes der samtidigt et beskyttende lag af aluminiumhydroxyd, der bevirker, at korrosionen hæmmes.

De nævnte processer, der dels virker korrosionsbeskyttende og dels mindsker kalkafsætningerne i ledningerne, kan kun komme i gang, hvis vandet indeholder ilt. Normalt, koldt



Figur 10.5. Principskitse af elektrolyseanlæg til mindre beholder bestemt for familiehuse eller små ejendomme.

drikkevand er mættet med ilt. Man kan derfor regne med, at elektrolyseanlæg også er effektive i koldt vandsanlæg.

Såfremt vandet »overbehandles«, opstår lugt- og smagsge-  
ner og evt. også eksplosionsfare. Det er derfor nødvendigt, at strømstyrken reguleres efter vandstrømmen, således at strømstyrken går ned på et minimum, når der ikke tappes. Elektrolyseanlæg er derfor udstyret med en speciel følerenhed, der monteres på koldt vandstilgangen og styrer strømstyrken i relation til forbruget. Eventuelt kan strømforbruget styres af signaler fra en vandmåler.

Styring af elektrolyseanlæg

Opholdstid i beholder

Såfremt et anlæg for varmtvandsproduktion udføres med flere beholdere, bør man for at sikre en effektiv behandling af alt vandet udføre rørsystemerne således, at alle beholdere belastes lige meget.

For at give de elektrokemiske processer tid til at forløbe, skal varmtvandsbeholdere gøres så store, at vandet har en opholdstid i beholderen på mindst 20-30 minutter. Opholdstiden beregnes ud fra det maksimale timeforbrug. Elektrolyseanlæg kan derfor ikke umiddelbart anvendes i anlæg uden beholder (gennemstrømningsvarmeveksler).

Det er en fordel, at varmeplade og beholder er således konstrueret, at der i perioder, hvor der ikke tappes, opstår termiske strømninger, således at alt vandet kommer i kontakt med anoderne.

Indregulering af elektrolyseanlæg

For at anlægget skal kunne fungere tilfredsstillende, skal der foretages en indregulering, dvs. en afstemning af den elektriske strømstyrke i forhold til vandstrømmen. En sådan indregulering bør altid foretages af specialfirmaer.

Drift og vedligeholdelse

Et elektrolyseanlæg bør kontrolleres jævnlige og systematisk. Det i beholderen udskilte slam bør tømmes ud jævnlige, og når det er nødvendige, skal anoden udskiftes.

## Installationer med magnesiumanoder

Beholdere

En meget enkel form for anlæg til korrosionsbeskyttelse af beholdere består af en magnesiumanode, der monteres i en varmtvandsbeholder af stål.

På grund af potentialforskellen mellem jern og magnesium vil der gå en strøm fra anoden gennem vandet til beholdervæggen. Strømkredsen slutes ved, at anode og beholder er metalisk forbundet. Herved opnås, at den aggressive ilt angriber anoden og ikke stålbeholderen. Med tiden vil anoden tære helt op, og den skal derfor kontrolleres ca. 1 gang årlige i ubehandlede stålbeholdere og evt. udskiftes.

Blødt vand

For at opnå beskyttelse af beholderen er det nødvendige, at vandet har en ledningsevne, der er større end ca. 30 mS/m (mikro-Siemens pr. meter). Dette er normalt ikke tilfældet,

når vandet er naturligt blødt, og i så fald kan man ikke regne med nogen korrosionsbeskyttelse ved brug af anode.

Hårdt vand

Når vandet er meget hårdt, vil det være nødvendigt at udskifte anoden ofte, og der er risiko for, at der vil opstå lugt- og smagsgener. Normalt vil en magnesiumanode holde i 1-2 år. En magnesiumanode beskytter ikke rørsystemet, således som et elektrolyseanlæg gør det.

## Installationer med mekaniske filtre

Særlig rent vand

I visse typer af installationer, f.eks. i laboratorier, har man brug for vand af en særlig renhed. Her kan anvendes mekaniske filtre og filtre med f.eks. aktivt kul. Disse filtre skal være VA-godkendte, og VA-godkendelsen kan indeholde særlige betingelser for installationen. Sikring mod tilbagestrømning skal normalt ske med en kontraventil. Visse filtre godkendes til brug i varmdrikautomater bl.a. på betingelse af, at vandet inden brug opvarmes til mindst 95 °C.

## Anlæg for kemikaliedosering

VA-godkendelse

Til visse processer og formål kan der være behov for at tilsætte kemikalier til vandet i bestemte mængder. Hertil haves forskellige typer af doseringsapparater, der alle skal være VA-godkendte. Blandt stoffer, som tilsættes vandet, kan nævnes:

- Sæbe.
- Fosfat (kan hæmme korrosion og kalkafsætning).
- Desinfektionsmidler.
- Silikat.
- Gødning.
- Klor.

Tilladelse

Alle de nævnte stoffer indgår i tekniske processer, og doseringen kræver tilladelse. I nogle lande tilsættes fosfater også til drikkevand for korrosionsbeskyttelse af installationen, men det er ikke tilladt i Danmark, fordi koncentrationen skal være forholdsvis stor, hvis man ønsker den optimale virkning. Ved lavere koncentrationer løber man risiko for forøget korrosion.

## Magnetiske vandbehandlingsanlæg

### Beskrivelse

Magnetiske vandbehandlingsanlæg er anlæg eller komponenter, hvor vandet ledes gennem et magnetfelt skabt af en eller flere permanente magneter. I nogle typer etableres yderligere en kraftig turbulens.

### Virkning

Virkningen af behandlingen menes at være, at det i vandet opløste kalk får en ændret krystalstruktur, således at kalken ikke afsættes i beholdere, ledninger og armaturer. I visse tilfælde sker yderligere en opløsning af allerede afsat kalk, hvilket kan være uheldigt i ældre installationer af varmforzinkede stålrør.

### Godkendelse

Magnetiske vandbehandlingsanlæg VA-godkendes pt. kun for så vidt angår deres installation og ikke deres effektivitet til at reducere kalkafsætning. Der kræves, at eftersyn og reparation kan foregå uden væsentlige ulemper og at anlægget anbringes mellem to afspærringsventiler, hvis de er anbragt på en fordelingsledning. Der henvises til VA-godkendelserne.

### Anvendelse

Magnetiske vandbehandlingsanlæg ses anvendt i områder, hvor vandet er meget kalkholdigt.

## KAPITEL 11

## Trykforøgning

Normens krav .....	80
Trykforhold .....	80
Støj .....	81
Kritiske tapsteder .....	81
Koteforhold .....	82
Tryktab i armaturer .....	83
Apparaters driftstryk .....	83
Tryktab i ledninger mv. ....	83
Det laveste nødvendige faktiske tryk $p_1$ .....	83
Zondeling .....	84
Trykforøgeranlæg .....	84
Hydroforanlæg .....	84
Hydroforanlæg med forkompression .....	86
Dimensionering af hydroforanlæg med forkompression .....	87
Hydroforbeholder med membran .....	92
Hydroforanlæg uden forkompression .....	92
Trykforøgeranlæg uden beholder .....	93
Anlæg med statisk frekvensomformer .....	93
Anlæg med thyristor-spændingsregulator .....	94
Anlæg med flere faste omdrejningstal .....	94
Højdebeholdere (cisterner) .....	95

## Normens krav

Krav om og til trykforøgning

Hvor vandtrykket i forsyningsledningen ud for en ejendom ikke er tilstrækkeligt stort til at yde en tilfredsstillende forsyning af alle tapsteder i ejendommen, skal der installeres et trykforøgeranlæg, der udformes således, at der opnås en passende forøgelse af trykket, uden at der opstår generende tryk-svingninger eller støj i pågældende eller nærliggende ejendomme.

Ressourceforbrug

Vandinstallationer skal ligeledes udføres således at ressourceforbruget bliver rimeligt lavt. Det betyder, at trykforøgeranlægget skal indrettes således, at trykket kun forøges i det omfang der er behov for det. Trykforøgeranlægget medfører forøgede driftsudgifter, og der bør derfor anvendes

- rimeligt store rørdimensioner, f.eks. svarende til et tryktab i rørene på 2-4 kPa/m, og
- armaturer i en lav trykgruppe, f.eks. i trykgrupperne 50 eller 150 kPa.

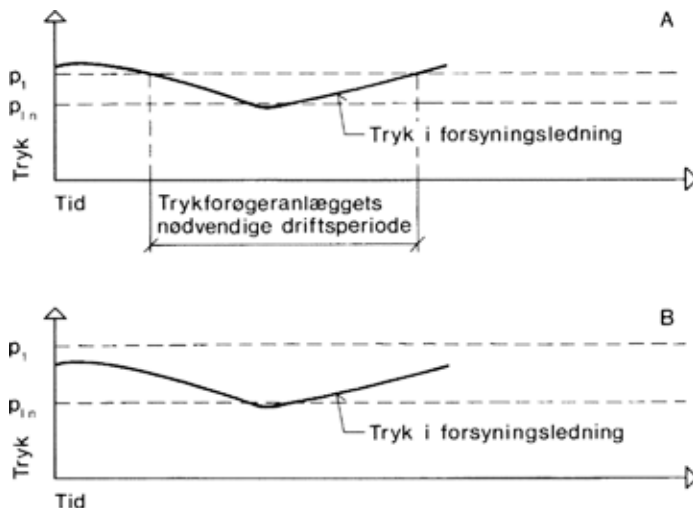
## Trykforhold

Trykvariationer

Trykket i forsyningsledningerne varierer normalt med tiden, og det er ofte sådan, at det kun er nødvendigt at øge trykket i visse perioder, f.eks. når forbruget i forsyningsområdet er stort. Etableringen af et trykforøgeranlæg bør baseres på en nøje undersøgelse af trykvariationerne, og det er i almindelighed ikke nok at have oplysning om det laveste normale tryk  $p_1$ , se kapitel 3. Et trykforøgeranlæg medfører ikke alene forøgede anlægsudgifter, men også forøgede driftsudgifter, og anlæggene bør derfor indrettes således, at trykket kun forøges i de perioder, hvor det er nødvendigt, se figur 11.1.

Det laveste nødvendige tryk ( $p_1$ )

Ved dimensionering af trykforøgeranlæg er det nødvendigt at kende det laveste nødvendige tryk  $p_1$  for den pågældende installation, dvs. det tryk, der er nødvendigt for at alle tapsteder med en passende sandsynlighed kan tilføres vand i en mængde, der er tilfredsstillende for det enkelte tapsteds funktion. Ved fastsættelse bør der tages hensyn til fornævnte forhold vedrørende tryktabet i rørene og armaturernes trykgruppe.



$p_{in}$  laveste normale tryk i forsyningsledning.

$p_1$  laveste nødvendige tryk.

Kurve A: Forøgelse af trykket er kun nødvendig i en del af tiden.

Kurve B: Forøgelse af trykket er nødvendigt hele tiden.

Figur 11.1. Trykkets variation i forsyningsledninger.

## Støj

Krav

I installationer med trykforøgeranlæg gælder de almindelige krav til dimensioner mv., der er gældende for installationer uden trykforøgeranlæg. Ligeledes gælder kravet om at undgå generende støj, hvilket kan få stor betydning. Der er her ikke alene støj hidrørende fra tapning, men også den støj, der måtte komme fra trykforøgeranlægget med de tilhørende armaturer (kontraventiler mv.).

## Kritiske tapsteder

Det er ikke altid nødvendigt eller ønskeligt at øge trykket for hele installationen. Oftest vil det være sådan, at trykket i forsyningsledningerne vil være tilstrækkeligt til en del af instal-

Hvorledes  
afgøres om et  
tapsted er kritisk

lationen, og at det kun er de »kritiske« tapsteder, der – for at yde en passende vandstrøm – kræver en forøgelse af trykket. Det forsyningsmæssigt farligste punkt kaldes i det følgende: det farligste punkt, *FP*.

Forinden etablering af trykforøgeranlæg vil det være nødvendigt at gennemgå installationen for at fastslå hvilke tapsteder, der er kritiske under de i normen fastsatte vilkår.

De forhold i selve installationen, der medfører at tapsteder kan være kritiske er:

1. Koteforholdene
2. Armaturers tryktab ved den forudsatte vandstrøm
3. Apparaters driftsmæssigt nødvendige tryk
4. Tryktabet i ledninger og armaturer ved den dimensionsgivende vandstrøm.

Disse forhold skal betragtes under et, da det meget ofte er kombinationen af dem, der medfører kritiske trykforhold (under tapping) i installationen, f.eks. ved installation af apparater, der kræver et højt driftstryk.

### Koteforhold

Disponibelt tryk

Det disponible tryktab  $\Delta p_{disp}$  er defineret som:

$$\Delta p_{disp} = p_{ln} - (z_{FP} - z_F) \cdot 9,81$$

Her er

$\Delta p_{disp}$  det trykfald der er til rådighed langs røvejen fra forsyningspunkt (*F*) til det farligste punkt (*FP*)

$p_{ln}$  det lavest normale tryk i forsyningsledning

$z_F$  kote til forsyningspunktet (*F*)

$z_{FP}$  kote til farligste punkt (*FP*).

Betydningen af de indgående størrelser er forklaret i deltaljer i kapitel 3.

For lille  
disponibelt tryk

Det disponible tryk skal have en vis mindste størrelse. Er det disponible tryk mindre end 50-100 kPa, vil det normalt være nødvendigt at udføre et trykforøgeranlæg for hele installationen eller en del af denne. Det skal bemærkes, at man så vidt muligt bør undgå en trykforøgning, der dels er dyr og dels medfører stadige drifts- og vedligeholdelsesudgifter.

Det disponible tryktab går til tryktab i

- tilslutning til forsyningsledning
- stikledning og andre ledninger i jord med afspærringsarmaturer osv.
- måler
- fordelingsledninger med armaturer
- koblingsledninger med armaturer
- armaturer, apparater osv.

For varmtvandsinstallationer vil der tillige være tab i varmtvandsbeholdere og tilhørende armatur.

I figur 11.2 er vist, hvorledes man kan beregne, om et givet tapsted  $x$ , udgør et kritisk punkt.

### Tryktab i armaturer

Tryktabet i taparmaturet ( $\Delta p_{vn}$ ) ved den forudsatte vandstrøm afhænger som anført i kapitel 3 af armaturtype og fabrikat. Der skal gøres opmærksom på de store forskelle, der kan være i  $\Delta p_{vn}$  for forskellige armaturtyper.

### Apparaters driftstryk

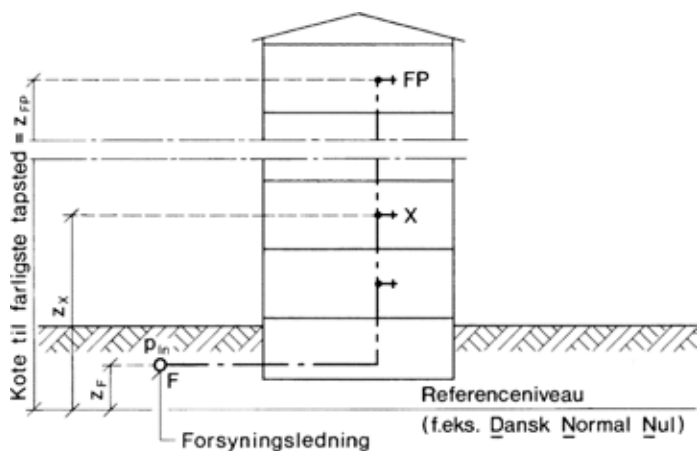
Det vil ofte være sådan, at vaske- og opvaskemaskiner, bækenskyllere og filteranlæg mv. kræver et stort vandtryk for at fungere tilfredsstillende, og forud for installation af sådanne apparater er det derfor nødvendigt at skaffe oplysning om de krævede trykforhold.

### Tryktab i ledninger mv.

Tryktabet i ledninger og armaturer spiller også en rolle, når et trykforøgeranlæg skal dimensioneres og udføres. Jo større tab i ledninger mv., jo mere skal et tryk forøgeranlæg yde, og jo større bliver anlægs- og driftsudgifter.

Ved nye installationer vil det være hensigtsmæssigt at gennemføre en økonomisk beregning, idet små ledningsdimensioner giver en mindre udgift til rørarbejder mv., men større anlægs- og driftsudgifter ved trykforøgeranlægget. Det vil imidlertid som regel være en klar fordel at begrænse trykforøgningen mest muligt. Som vejledning kan dimensioneres med et tryktab på 2-4 kPa/m.

Økonomisk  
overslag



For hvert enkelt tapsted  $x$  i installationen kan man bestemme det disponible tryktab som

$$\Delta p_{disp, x} = p_{in} - (z_x - z_F) \cdot 9,81$$

$\Delta p_{disp, x}$  skal mindst være så stor, at

$$\Delta p_{disp, x} \geq \Delta p_{F-x} + \Delta p_{vn, x}$$

Her er  $\Delta p_{F-x}$  det samlede tryktab på strækningen fra forsyningspunktet  $F$  til punktet  $x$ .

$\Delta p_{vn, x}$  tryktabet i taparmaturet i pkt.  $x$  ved normalvandstrømmen.

Alle punkter, for hvilke uligheden ikke er opfyldt, kaldes kritiske tapsteder. Det ugunstigst beliggende af de kritiske tapsteder er det farligste punkt  $FP$ .

Figur 11.2. Højdeforhold ved trykforøgning.

### Det laveste nødvendige faktiske tryk $p_1$

Når installationen er dimensioneret under hensyntagen til det i det foregående anførte, kan man bestemme det laveste nødvendige faktiske tryk  $p_1$  umiddelbart efter trykforøgeranlægget, som angivet i figur 11.9.

## Zonedeling

Opdeling af installation

Man bør kun øge trykket i den del af installationen, der kræver det. I figur 11.3 og 11.4 er vist et par eksempler på en sådan opdeling (trykzoneopdeling).

Fordele

Ved at foretage en zoneopdeling opnås mange fordele, der naturligvis skal vejes af mod eventuelt forøgede anlægsudgifter på installationssiden. Blandt de fordele, der i visse tilfælde kan opnås, er:

- lavere anlægsudgifter til trykforøgeranlæg
- lavere driftsudgifter
- begrænsning af risikoen for støjgener.

I store installationer kan det være en fordel at opdele i flere end 2 trykzoner.

## Trykforøgeranlæg

Med/uden beholder

Trykforøgeranlæg inddeles normalt i:

- anlæg med beholder (hydroforanlæg) og
- anlæg uden beholder.

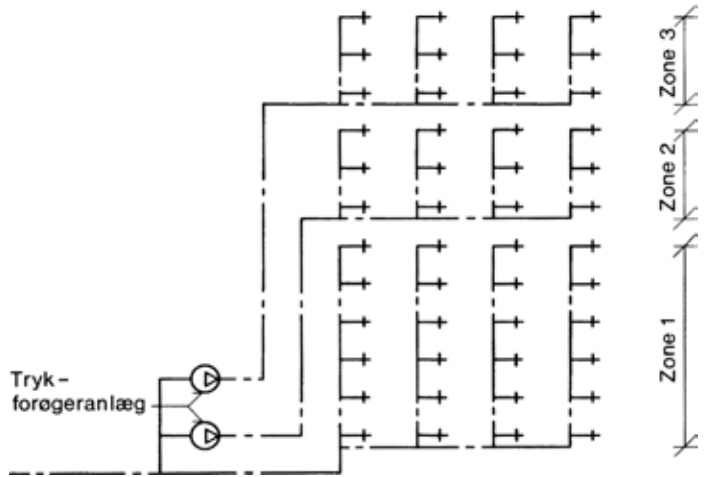
Hydroforanlæg er den ældste type og anvendes stadig i stor udstrækning, især ved mindre anlæg. Anlæg uden beholder (med variabel pumpeydelse) er en mere moderne form for trykforøgeranlæg, der især udmærker sig ved små pladskrav. Trykforøgeranlæg bør have en høj virkningsgrad i hele funktionsområdet.

## Hydroforanlæg

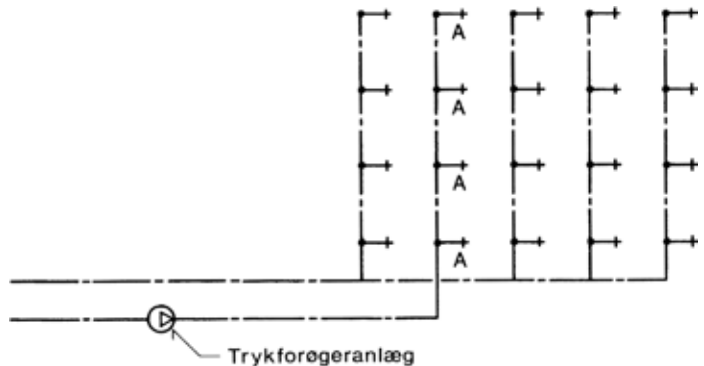
Funktion

Et hydroforanlæg består af en pumpe i forbindelse med en trykbeholder, der er delvis fyldt med luft. Pumpens drift styres af lufttrykket i beholderen. Lufttrykket i beholderen opretholdes oftest af et kompressoranlæg, men ved små anlæg for enkelt forbrugere kan kompressoranlægget udelades, og efterfyldning af luft kan ske med en håndpumpe. Hydroforanlæg kan således opdeles i:

- anlæg med forkompression og
- anlæg uden forkompression.



Figur 11.3. Trykforøgeranlæg med zoneopdeling. Hvor det laveste normale vandtryk i forsyningsledningen ( $p_{in}$ ) er tilstrækkeligt til at give tilfredsstillende vandstrømme i en del af installationen (nederste trykzone) bør der foretages en opdeling i trykzoner og kun udføres trykforøgeranlæg for den eller de dele af installationen (trykzone 2 og 3), der kræver det. Det kan undertiden være en fordel at placere trykforøgeranlægget oppe i bygningen.



A, apparater som kræver stort tryk

Figur 11.4. Trykforøgeranlæg. I en installation, hvori der indgår apparater, der kræver så store tryk for at opnå tilfredsstillende funktion, at det er nødvendigt at udføre trykforøgeranlæg, bør der foretages en zonedeling, således at trykket kun forøges i den del af installationen, der kræver det.



Dette medfører, at luftvolumenet i beholderen skal gives en vis passende størrelse. Det anbefales normalt, at luftvolumenet ved trykket  $p_1$  er ca. 75 pct. af beholdervolumenet.

Luften vil med tiden blive ført bort af vandet, og det er derfor nødvendigt at tilføre luft. Dette gøres af kompressoren (8), der startes automatisk af niveaumåleren (11), såfremt trykket  $p_2$  først nås ved en vandstand, der er højere end svarende til  $V_2$ .

Omløb

Såfremt det laveste normale tryk i forsyningsledningen i perioder er så stort, at en øgning af trykket er unødvendigt, kan der etableres et omløb, der sættes i funktion ved, at ventilen (5) åbnes enten manuelt eller bedre styres automatisk af trykket i tilgangsledningen. I visse tilfælde kan ventilen styres af et kontaktur.

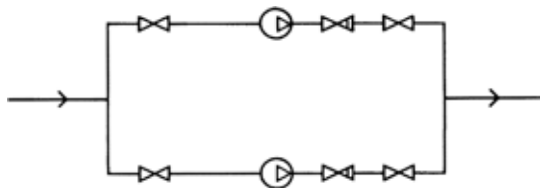
Pumpe

Hydroforpumpen er en centrifugalpumpe. Ved større anlæg kan det være en fordel at dele pumpekapaciteten på flere pumper, der i så fald skal parallelkobles, se figur 11.6. Dette giver dels en bedre mulighed for at tilpasse pumpekapaciteten til vandforbruget og dermed for at opnå en bedre driftsøkonomi, og dels giver det en større driftssikkerhed. Pumpearrangementet udstyres med kontraventiler.

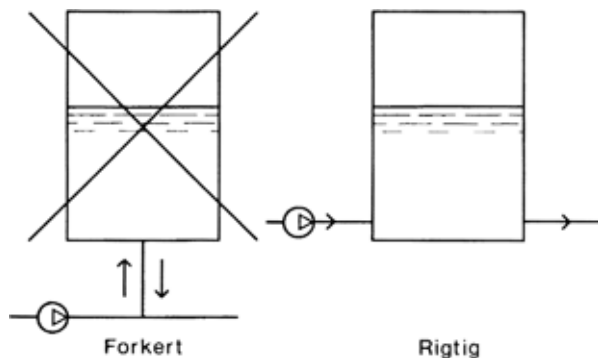
Hydrofor-beholder

Hydroforbeholderen er en trykfast beholder, der normalt udføres af stålplade. Beholderen skal være konstrueret, opstillet og udstyret i overensstemmelse med Arbejdstilsynets tekniske forskrifter, [litt. 11.1].

Beholderen skal være forsynet med en aftapning (10), og til- og afgangsledning for vandet skal være tilsluttet således, at



Figur 11.6. Trykforøgeranlæg. Parallelkobling af pumper. For at undgå tilbageløb når kun én pumpe kører, kræves kontraventil ved hver pumpe.



Figur 11.7. Tilslutning til hydroforbeholder. Tilslutningen skal ske således, at der sker en stadig fornyelse af vandet i beholderen.

der sker en stadig fornyelse af det i beholderen opmagasinerede vand. Se figur 11.7.

Der skal være anbragt trykmåler (7) og trykafbryder (6) i forbindelse med beholderens luftvolumen. Beholderen skal være forsynet med vandstandsglas (9) for direkte aflæsning og kontrol af vandstand. Af hensyn til opstart af anlægget vil det normalt være nødvendigt, at beholderen er forsynet med en udluftningsventil (12).

Kompressor

Kompressorens forbindelse til beholderen skal være forsynet med kontraventil (3), automatisk olie- og vandudlader (13) og luftfilter (14). Tilgangen af trykluft skal styres af vandspejlet ved hjælp af en svømmer (11).

### Dimensionering af hydroforanlæg med forkompression

Anlæg med forkompression er f.eks. indrettet som det i figur 11.5 viste anlæg, hvor lufttrykket i beholderen kan opretholdes gennem styring af kompressoren.

Ved dimensionering af hydroforanlæg med forkompression anvendes følgende formel:

Hydroforformel

$$V = \frac{q}{4 \cdot \alpha \cdot n} \cdot \frac{p_2 + 101,3}{p_2 - p_1}$$

Her er

$V$  hydroforbeholderens totalvolumen i  $m^3$

$q$  pumpens ydeevne i  $m^3/h$

$p_1$  trykket i hydroforbeholderen ved pumpestart i kPa = det laveste faktiske tryk ved afgang fra hydrofor

$p_2$  trykket i hydroforbeholderen ved pumpestop i kPa

$n$  det maksimalt tilladelige antal pumpestarter pr. time

$\alpha$  forholdet mellem hydroforbeholderens luftvolumen ved starttrykket  $p_1$  og totalvolumenet – hvilket svarer til forholdet mellem forkompressionstrykket  $p_f$  og starttrykket  $p_1$  (dvs. at forkompressionstrykket kan bestemmes af  $p_f = \alpha \cdot p_1$ ).

Pumpens ydeevne

Pumpen ydeevne  $q$  bestemmes ud fra pumpekaraktistikken som middeltallet mellem ydeevnerne ved starttrykket  $p_1$  og ved sluttrykket  $p_2$ . Den gennemsnitlige ydeevne bør svare til det forventede største timeforbrug for installationen. Dette kan altså ikke beregnes ud fra den dimensionsgivende vandstrøm ved omregning fra  $l/s$  til  $m^3/h$ . Erfaringsmæssigt vil det føre til en urimelig overdimensionering af hydroforanlægget, såfremt pumpens ydelse sættes til den største sandsynlige vandstrøm beregnet som anført i kapitel 3.

Vandforbrug

Normen giver ingen vejledning til fastsættelse af pumpens ydeevne, som det største timeforbrug, men der kan henvises til to andre normer, nemlig DIF's normer for »Mindre ikke-almene vandforsyningsanlæg« og »Almene vandforsyningsanlæg«, [litt. 11.2] og [litt. 11.3].

Den førstnævnte giver vejledning i fastsættelse af det støste timeforbrug, for så vidt der er tale om enkelt-ejendomme med eget vandindvindingsanlæg, dvs. i første række enkelt-husstande og landbrugsejendomme. Den sidstnævnte giver en tilsvarende vejledning for forskellige bebyggelseskategorier fra spredte landbrugsbebyggelser og sommerhusområder til større samlede bebyggelser med differentierede byerhverv.

For en given vandinstallation vil det være nødvendigt at foretage et skøn over det største timeforbrug, og det vil her ofte være nødvendigt at anvende erfaringer fra andre tilsvarende installationer.

Det største timeforbrug  $q$

Det største timeforbrug kan beregnes ved hjælp af formlen

$$q = \frac{f_t}{24} \cdot \frac{f_d}{365} \cdot q_{\text{år}}$$

Her er

- $q$  det største timeforbrug i  $\text{m}^3/\text{h}$
- $f_t$  timefaktoren, der angiver forholdet mellem det største og det gennemsnitlige timeforbrug
- $f_d$  døgnfaktoren, der angiver forholdet mellem det største og det gennemsnitlige døgnforbrug, og
- $q_{\text{år}}$  det gennemsnitlige årsforbrug i  $\text{m}^3/\text{år}$ .

### Erhvervsbygninger

For vandinstallationer i erhvervsbebyggelser kan der ikke laves simple regler for beregning af det største timeforbrug, idet gennemsnitlige årsforbrug og time- og døgnfaktoren varierer stærkt afhængig af erhvervets art og størrelse. For en del erhvervsvirksomheder kan vejledning findes i »Teknisk Hygiejne – Afløbsteknik«, [litt. 11.4].

Såfremt der er tale om hydroforanlæg for installationer til et ukendt erhvervsformål, kan som overslag regnes med et maksimalt timeforbrug på 0,4-0,5  $\text{m}^3/\text{h}$  pr. 1000  $\text{m}^2$  af grundens areal.

### Kontorbygninger

Man kan for kontorbygninger og banker mv. regne med et gennemsnitligt døgnforbrug på ca. 60 l/døgn pr. ansat. Dette giver med en skønnet forbrugsperiode på 8 timer pr. døgn et største timeforbrug på ca. 7-8 l/h pr. ansat.

### Skoler

For almindelige skoler kan man regne med et gennemsnitligt døgnforbrug på 50-100 l/døgn pr. elev (størst hvor der er svømmehal). Med skønnede timefaktorer og døgnfaktorer på 3 hhv. 2 fås et største timeforbrug på ca. 12-25 l/h pr. elev.

### Sygehuse

For sygehuse kan regnes med et gennemsnitligt døgnforbrug på 0,5-1,0  $\text{m}^3/\text{døgn}$  pr. seng (størst hvor der er vaskeri). Med en skønnet timefaktor på 2,4 og en døgnfaktor på 2 fås et største timeforbrug på fra 0,1-0,2  $\text{m}^3/\text{h}$  pr. seng.

### Boliger

Når det drejer sig om forbrug til personlig hygiejne, madlavning, vask og rengøring mv., kan det påregnes, at det gennemsnitlige døgnforbrug er 150-175 l/døgn pr. person, uafhængigt af installationens størrelse.

Time- og døgnfaktoren varierer stærkt afhængigt af antallet af personer, der benytter installationen.

Enkelt husstand

Ved installationer for en enkelt husstand (2,5-3,5 personer) kan man således regne med en timefaktor på 8-12 og en døgnfaktor på 2,5-3,5.

Flere husstande

Ved installationer for flere husstande (lejligheder) kan regnes med at time- og døgnfaktoren er faldende med et stigende antal husstande. Ved meget store installationer kan man regne med timefaktorer på 2,4-3,1 og døgnfaktorer på 1,3-1,5.

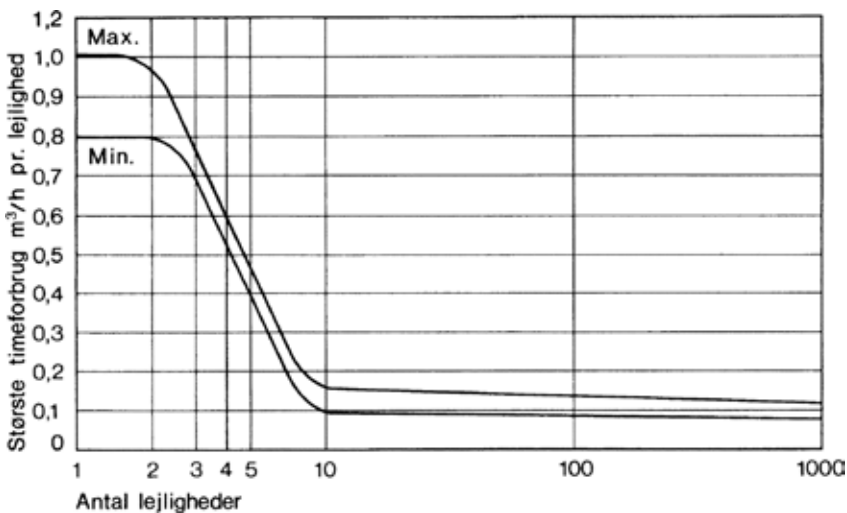
En gennemsnitshusstand omfatter 2-2,7 personer, men det vil være rimeligt at se tallet i relation til lejlighedsstørrelsen. Som en meget grov regel kan regnes med 1 person pr. værelse, dog ikke over 4-5 personer pr. lejlighed.

Største timeforbrug for beboelsesejendomme

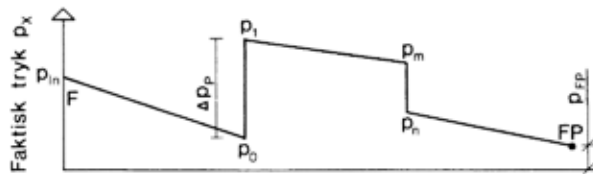
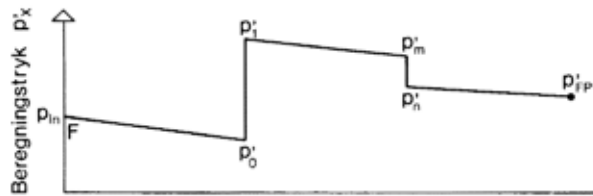
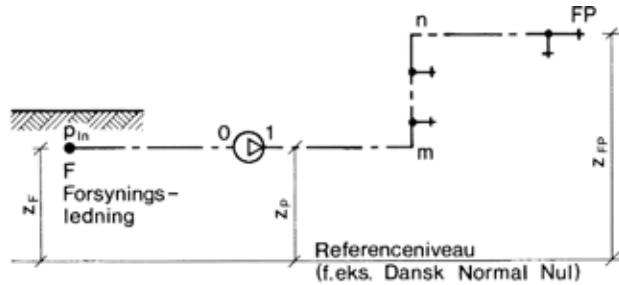
For beboelsesejendomme med ca. 3,5 personer/lejlighed, kan det største timeforbrug som funktion af lejlighedsantallet findes af kurven på figur 11.8. Det bemærkes, at kurven for lejlighedsantal på 4-10 er behæftet med stor usikkerhed.

Starttrykket  $p_1$

Pumpens starttryk  $p_1$  skal mindst være så stort, at de kritiske tapsteder sikres en passende vandstrøm. (Om beregning af  $p_1$  se tidligere i dette kapitel og figur 11.9).



Figur 11.8. Sandsynligt største timeforbrug for beboelsesejendomme. Antallet af personer pr. lejlighed er ansat til 3,5 og det gennemsnitlige forbrug er skønnet til 175 liter pr. døgn pr. person.



Pkt.	Beregningstryk $p'_x$	Faktisk tryk $p_x$
F	$p'_F = p_{in}$	$p_x = p_{in}$
O	$p'_O = p_{in} - \Delta p_{F-O}$	$p_O = p'_O - (z_P - z_F) \cdot 9,81$
1	$p'_1 = p'_O + \Delta p_p$	$p_1 = p'_1 - (z_P - z_F) \cdot 9,81$
m	$p'_m = p'_1 - \Delta p_{1-m}$	:
n	$p'_n = p'_m - \Delta p_{m-n}$	:
FP	$p'_{FP} = p'_n - \Delta p_{n-FP}$	$p_{FP} = p'_{FP} - (z_{FP} - z_F) \cdot 9,81 \geq \Delta p_{v_n}$

1) Tryktab fra forsyningspunkt F til pumpens sugestuds  $\Delta p_{F-O}$  bestemmes for pumpens ydelse  $q_p$ .

2) Tryktab fra pkt. 1 (pumpens trykstuds eller afgangsstuds på hydrofor) til farligste punkt FP beregnes som angivet i kapitel 3 for den dimensionsgivende vandstrøm.

Det laveste nødvendige faktiske tryk ( $p_1$ ) ved trykforøgeranlæggets trykstuds beregnes som

$$p_1 = p_{FP} + \Delta p_{1-FP}$$

hvor  $p_{FP}$  vælges  $\geq \Delta p_{v_n}$

Trykforøgelsen  $\Delta p_p$  i pumpen bestemmes som

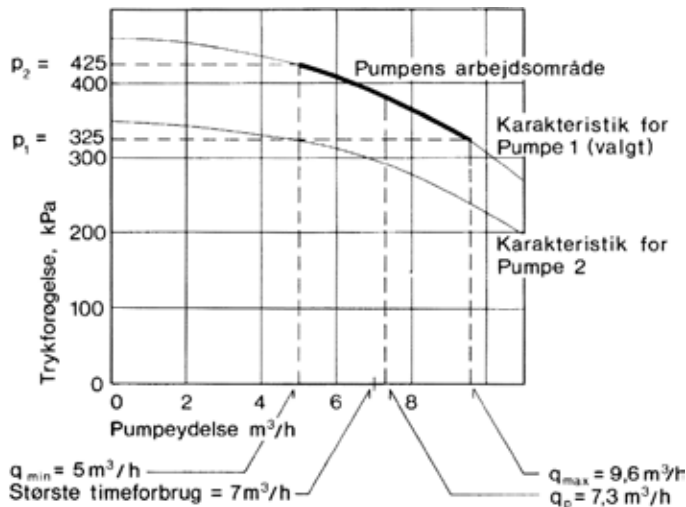
$$\Delta p_p = p_1 - p_O$$

Ved hydroforanlæg bestemmes trykforøgelsen som

$$\Delta p_p = \frac{p_1 + p_2}{2} - p_O$$

Figur 11.9. Trykforhold i installation med trykforøgeranlæg (under drift).

Sluttrykket $p_2$	Normalt vælges sluttrykket $p_2$ til $p_2 = p_1 + 100$ kPa. Dette er en erfaringsregel, som giver rimelige beholderstørrelser, og tryksvingningerne i installationen begrænses til 100 kPa. I visse tilfælde, f.eks. hvor trykvariationer på 100 kPa ikke kan tolereres f.eks. af støjmæssige årsager, kan andre trykdifferenser vælges.
Antal pumpestarter $n$	Antallet af pumpestarter pr. time vælges under hensyntagen til anlæggets størrelse, automatikkens kvalitet (spec. kontaktorerne) og afkølingsforholdene for motoren. For anlæg med en motorstørrelse under 4 kW kan man med moderne automatik vælge $n$ helt op til 100 uden væsentlig forringelse af anlæggets levetid. For større anlæg vælges normalt $n = 10-30$ .
Forholdet $\alpha$	Forholdet $\alpha$ mellem forkompressionstrykket og starttrykket vælges normalt til 0,75.
Pumpedimensionering	Den nødvendige pumpeydelse skal som nævnt svare til det største timeforbrug $q$ , og vedrørende bestemmelsen af den dimensionerende trykforøgelse $\Delta p_p$ henvises til figur 11.10. Når pumpeydelsen $q$ og $\Delta p_p$ er bestemt, kan pumpen vælges.
Pumpevalg	Pumpetypen vælges normalt på basis af fabrikantens oplysninger. Disse gives i form af såkaldte pumpekaraktistikker. Se figur 11.10, hvor der tillige er vist et eksempel på dimensionering af et hydroforanlæg.  Ved valg af pumpetype og ydelse må man sikre sig en god overensstemmelse mellem de dimensionerende størrelser, det største timeforbrug og det laveste nødvendige tryk ved afgangstudsens i hydroforanlægget og anlæggets faktiske ydelse. En underdimensionering giver utilstrækkelige forsyningsforhold, og en overdimensionering kan medføre gener for andre forbrugere og gener, f.eks. i form af støj.
Pumpens nyttevirkning	Der bør vælges en pumpe med en god nyttevirkning i det aktuelle driftsområde. Nogle pumpefabrikanter oplyser om pumpekaraktistikkerne og om den samlede nyttevirkning (af pumpe + motor). Der bør vælges en pumpe med en nyttevirkning, der mindst er 0,7-0,8.
Kavitation	Ved lave tryk i forsyningsledningen skal man være opmærksom på det forhold, at der i visse tilfælde kan optræde kavitation med faldende pumpeydelse og et unormalt stort mekanisk slid i pumpen til følge. Kavitation defineres som lo-



#### Eksempel: Dimensionering af hydroforanlæg.

I en installation er et største timeforbrug  $q = 7 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Det laveste nødvendige faktiske tryk  $p_1$  er beregnet til  $p_1 = 475 \text{ kPa}$  og  $p_2$  vælges til  $p_2 = p_1 + 100 = 575 \text{ kPa}$ .

Det faktiske tryk ved pumpens sugestuds er beregnet til  $150 \text{ kPa}$ .

Ved trykket  $p_1$  bliver den nødvendige trykforøgelse  $\Delta p_{P, \min} = 475 - 150 = 325 \text{ kPa}$ .

Ved trykket på  $p_2$  bliver den nødvendige trykforøgelse  $\Delta p_{P, \max} = 575 - 150 = 425 \text{ kPa}$ .

På karakteristikken for den valgte pumpe fås

$q_{P, \max} = 9,6 \text{ m}^3/\text{h}$  svarende til  $\Delta p_{P, \min} = 325 \text{ kPa}$   
 $q_{P, \min} = 5,0 \text{ m}^3/\text{h}$  svarende til  $\Delta p_{P, \max} = 425 \text{ kPa}$ .

Pumpens gennemsnitlige ydelse i arbejdsområdet er

$$q_P = \frac{9,6 + 5,0}{2} = 7,3 \text{ m}^3/\text{h} > q = 7 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Hydroforets volumen ( $V$ ) beregnes som

$$V = \frac{p_P}{4 \cdot \alpha \cdot n} \cdot \frac{p_2 + 101,3}{(p_2 - p_1)} = \frac{7,3}{4 \cdot 0,75 \cdot 100} \cdot \frac{575 - 101,3}{575 - 475} = 0,16 \text{ m}^3$$

Figur 11.10. Pumpekaraktistik til valg af hydroforpumpe med dimensioneringseksempel.

NPSH  
– holdetryk

kal fordampning af vandet som følge af lokale tryksænkninger på grund af bevægelse, og der kan i en pumpe dannes dampbobler, som senere slår sammen med stor kraft, når de af strømmen føres ind i områder med højere tryk.

Det vil her føre for vidt at komme ind på kavitationen i detaljer, her skal blot anføres, at der til enhver pumpe svarer et såkaldt holdetryk, almindeligt kaldet pumpens NPSH (Net positive suction head). Såfremt man sørger for at det laveste mulige tryk ved pumpens sugestuds er højere end damptrykket og pumpens NPSH, vil der kun være ringe risiko for, at der optræder kavitation. Forholdene bør altid undersøges nærmere, såfremt overtrykket ved pumpens sugestuds er lavere end 100-200 kPa under pumpens drift.

Temperatur og  
placering

Det bemærkes, at risikoen for kavitation stiger med temperaturen. Endvidere bør man placere pumpen så lavt som muligt og sørge for, at installationen før pumpen har et lille tryktab, dvs. at tilgangsledningen bør være rigelig i dimension og indeholde så få modstande som muligt.

En mere indgående behandling af kavitationsfænomenet kan findes i »Pumpeståbi«, [litt. 11.5].

Trykstød

Ved trykforøgeranlæg kan der opstå trykstød, når pumpen standser og kontraventilen lukker.

Et eksempel på dimensionering af et hydroforanlæg er givet i figurteksten til fig. 11.10.

### Hydroforbeholder med membran

De i det foregående beskrevne hydroforer med forkompression er udstyret med kompressor til opretholdelse af forkompressionstrykket.

Adskillelse af vand- og luftvolumenerne i beholderen kan foretages med en membran og »luftvolumenet« kan være fyldt med kvælstof eller en anden uskadelig luftart. Anlæggene kan leveres med fortryk efter ønske og dimensioneringen kan ske som angivet i det foregående. For tiden findes ikke VA-godkendte anlæg af denne type.

### Hydroforanlæg uden forkompression

Små anlæg

Ved små hydroforanlæg, dvs. primært anlæg for en enkelt husstand, kan forkompression evt. undværes. Trykket vil så

## Dimensionering

opstå ved sammenpresning af den luftmængde, der befinder sig i beholderen ved anlæggets opstart.

Ved dimensionering af anlæg uden forkompression gælder det væsentlige af, hvad der er anført i det foregående. Beholderens volumen bestemmes af formlen:

$$V = \frac{q}{4 \cdot \alpha \cdot n} \cdot \frac{(p_1 + 101,3) \cdot (p_2 + 101,3)}{(p_2 - p_1) \cdot p_A}$$

Trykket  $p_A$  er atmosfæretrykket, som kan regnes til 101,3 kPa (eller afrundes til 100). De øvrige størrelser er forklaret ved formlen for anlæg med forkompression.

### Trykforøgeranlæg uden beholder

Alternativt til hydroforanlæggene kan man udføre trykforøgeranlæg som anlæg uden beholder med pumper med variabel og automatisk styret pumpekapaцитet.

## To reguleringssystemer

Pumpekapaцитeten varieres ved en ændring af pumpens omdrejningstal, og da man i installationer af økonomiske årsager helst anvender almindelige trefasede kortslutningsmotorer, bruges i dag hovedsageligt to reguleringssystemer

- anlæg med statisk frekvensomformer og
- anlæg med thyristor-spændingsregulator.

Begge anlægstyper leveres normalt som præfabrikerede enheder med pumper, automatik mv.

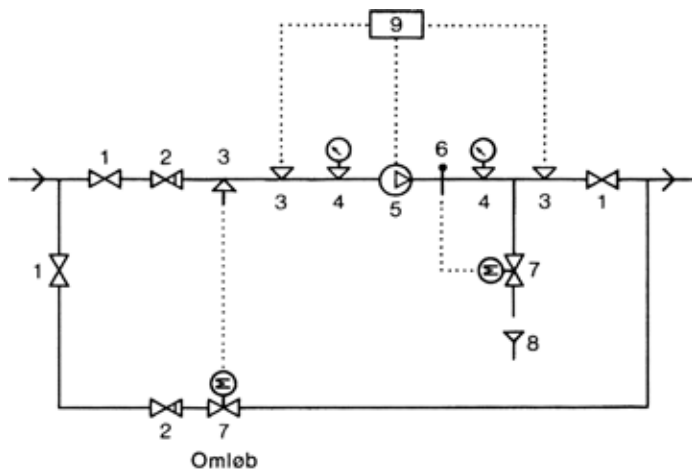
#### Anlæg med statisk frekvensomformer

## Funktion

Anlægget består af én eller flere centrifugalpumper med 3 fasede asynkronmotorer, der strømforsynes gennem en statisk frekvensomformer. Denne styres af en pressostat i anlæggets afgangsledning, og pumpens omdrejningstal reguleres på en sådan måde, at trykket i afgangsledningen holdes konstant. Se figur 11.11.

## Omløb

Da trykket kun bør forøges, når det er nødvendigt, vil det være hensigtsmæssigt at udstyre anlægget med et omløb, der automatisk træder i funktion, hvis trykket i tilgangsledningen i perioder er tilstrækkeligt til at opretholde en tilstrækkelig



- |                        |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| 1. Afspærringsventiler | 6. Termostat                |
| 2. Kontraventiler      | 7. Magnetventiler           |
| 3. Pressostater        | 8. Afløb                    |
| 4. Manometre           | 9. Statisk frekvensomformer |
| 5. Pumpe               |                             |

Figur 11.11. Trykforøgeranlæg med pumpe med variabel omdrejningshastighed.

forsyning. Alternativt kan dette i visse tilfælde opnås via en tidsstyring.

Omdrejnings-  
tallets variation

En statisk frekvensomformer kan regulere omdrejningstallet i området 2-100 pct. – i praksis dog kun 30-100 pct. – af motorens normale omdrejningstal. Anlægget stopper ikke i perioder uden forbrug. Det vand, der står i selve anlægget, vil derfor blive opvarmet. For at mindske generne i forbindelse hermed udføres et afløb med en magnetventil, der åbner når temperaturen overstiger ca. 35 °C, og det opvarmede vand kan ledes til afløb. Endvidere bør anlæggene forsynes med en minimumspressostat i tilgangsledningen, der afbryder anlægget, når trykket falder under en vis mindsteværdi (f.eks. ved ledningsbrud).

Anlægsstørrelsen

Statistiske frekvensomformere leveres normalt som lagervare op til 15-20 kW. Større anlæg kan leveres på bestilling.

## Dimensionering

Pumpen skal dimensioneres for den dimensionsgivende vandstrøm beregnet som angivet i kapitel 3, og pumpens trykførøgelse skal svare til det laveste nødvendige tryk  $p_1$  ved trykforøgeranlæggets trykstuds.

## Virkningsgrad

Virkningsgraden for omformerer er normalt ca. 90 pct. ved maksimal effekt.

**Anlæg med thyristor-spændingsregulator**

Disse anlæg adskiller sig i princippet ikke væsentligt fra anlæg med frekvensomformer. Styreenheden er en thyristor-spændingsregulator, der arbejder med faseafskæring. Motorens omdrejningstal kan reguleres kontinuerligt i området 0-100 pct.

Nyttevirkingen er ved maksimal effekt op til 99 pct. for regulatoren alene.

**Anlæg med flere faste omdrejningstal**

Trykforøgeranlægget uden beholder kan også udføres med en eller flere pumper med flere faste omdrejningstal.

Afhængigt af vikling af motoren kan man f.eks. opnå følgende faste forhold mellem omdrejningstallene: 1:4 eller 1:2 eller 3:2:1.

Ved ændring af omdrejningstallet for en given centrifugalpumpe får man i princippet en helt ny pumpekaraktistik, der kan konstrueres ved hjælp af følgende formler

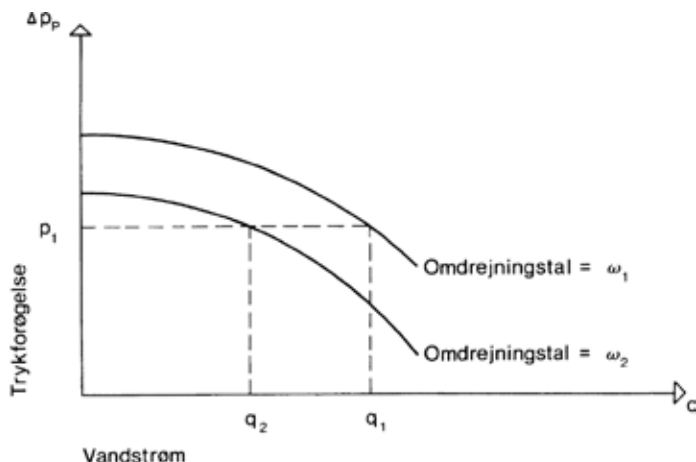
$$\frac{q_1}{q_2} = \sqrt{\frac{\Delta p_{P1}}{\Delta p_{P2}}} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

hvor  $q_1$  og  $q_2$  er de respektive vandstrømme og  $\Delta p_{P1}$  og  $\Delta p_{P2}$  de respektive trykførøgelser ved omdrejningstallene  $\omega_1$  og  $\omega_2$  (Ligningerne gælder kun for moderate ændringer af omdrejningstallene). Se i øvrigt figur 11.12.

**Højdebeholdere (cisterner)**

## Funktion

Medens det i Danmark er en tradition, at et trykforøgeranlæg er udført med trykstyrede pumper med en relativ stor ydelse, anvendes i udlandet ofte trykførøgning i forbindelse med en



Hvis man kender en pumpes karakteristik ved et givet omløbstal  $\omega_1$ , kan man finde karakteristikken for en anden værdi  $\omega_2$  ud fra

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

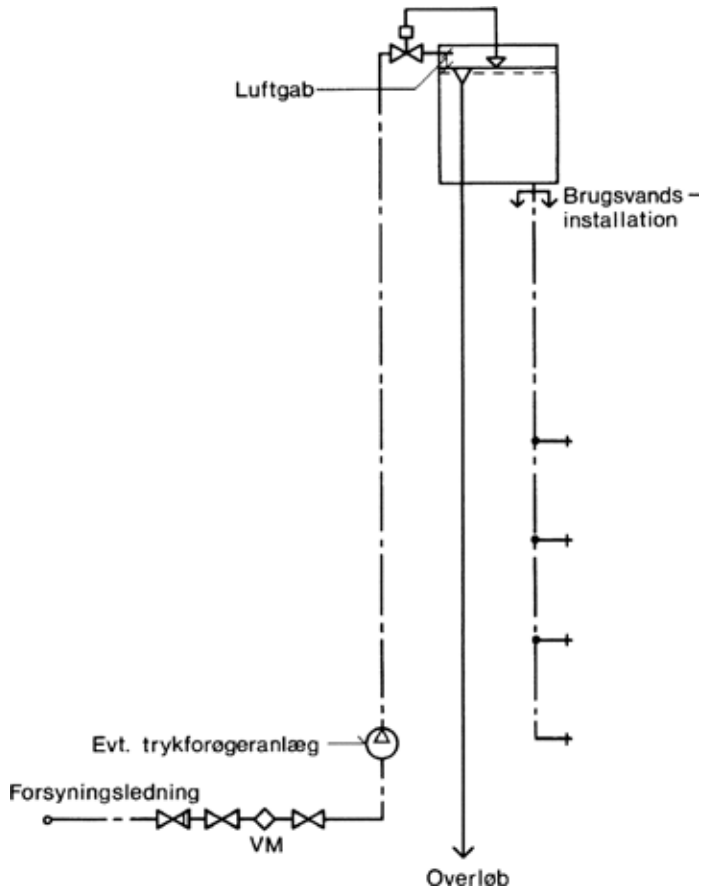
som gælder for en fastholdt værdi af trykforøgelsen. Som vist på figuren overføres et punkt i den første karakteristik ( $q_1, \Delta p_1$ ) til et punkt af den anden ( $q_2, \Delta p_1$ ) ved

$$q_2 = \frac{\omega_2}{\omega_1} \cdot q_1$$

Figur 11.12. Ændring af centrifugalpumpens omdrejningstal.

højtliggende trykløs beholder (cisterne), hvor pumperne styres af vandspejlet i beholderen. Det er her en forudsætning, at beholderen ligger så højt, at der er tilstrækkeligt tryk til en passende forsyning af de tilsluttede tapsteder.

I de tilfælde, hvor trykket kun er for lavt i et begrænset tidsrum i døgnet, kan man ved anlæg med højdebeholder eventuelt klare sig uden pumper. Hvis man i den periode, hvor trykket er tilstrækkeligt, fylder beholderen op, har man et reservoir til det tidsrum, hvor trykket ikke er højt nok. Løsningen med en højdebeholder kan også anvendes, hvor installationens dimensionsgivende vandstrøm er så stor, at den offentlige vandforsyning ikke kan følge med.



Figur 11.13. Trykforøgning med højdebeholder.

En skematisk tegning af et system med højdebeholder er vist i figur 11.13.

Højdebeholderens  
rumindhold

Højdebeholderens rumindhold skal være så stort, at der er vand nok til at dække forbruget i de perioder, hvor trykket er utilstrækkeligt, men bør heller ikke være større end nødvendigt, da der sker en forringelse af vandets kvalitet, når det opholder sig længe i beholderen.

Tilførsel til  
beholder

Tilførslen til beholderen skal dimensioneres således, at den kan nå at blive fyldt op, og det kan være nødvendigt at installere en pumpe.

---

Regulering af tilførsel	Tilførsel til beholderen reguleres af en ventil, der styres af vandspejlet i beholderen.
Overløb	Beholderen bør forsynes med et overløb, der skal dimensioneres for den største vandstrøm, der kan forekomme i tilførselsledningen.
Isolering af beholder	Selve beholderen bør isoleres, således at vandets temperatur ikke kan stige utilladeligt, og således at den er sikret mod frost. Ligeledes bør man sikre sig mod skadelig kondensdannelse.
Sikring mod tilbagestrømning	Der skal sikres mod tilbagestrømning med et luftgab på mindst 50 mm.
Hygiejne	Vand, der har passeret en højdebeholder, bør – f.eks. på grund af risiko for bakterievækst og temperaturstigninger – kun anvendes til teknisk brug, medmindre der træffes særlige foranstaltninger til sikring af vandets kvalitet.

## KAPITEL 12

## Brandinstallationer

Anlægstyper .....	307
Brandhaner .....	307
Anlæg med brandventiler .....	308
Overrislingsanlæg .....	308
Sprinkleranlæg .....	308
Vandforsyning .....	309
Anlæg med vandfyldte slangevinder .....	312
Kapacitetskrav .....	313
Dimensionering efter bygningsreglement .....	315
Installationsmæssige forhold .....	316
Installation efter Statens Brandinspektions og SKAFOR's regler .....	318
Dimensionering af installationen .....	321
Det faktiske tryk ved tapstederne .....	321

Personer og ting

Særlige installationer for brandslukning vedrører dels person-sikkerhed og dels tingssikkerhed. Kravene til personsikkerhed er formuleret i bygningsreglementet og kravene til tingssikkerhed er formuleret i regler fra Statens Brandinspektion og SKAFOR (Dansk forening for skadesforsikring).

Norm og  
vejledning

I DIF's Norm for vandinstallationer, DS 439, stilles kun krav til brandslukningsinstallationer for så vidt angår sikring mod tilbagestrømning til vandinstallationer. Normens vejledning angiver desuden en formel for beregning af den dimensions-givende vandstrøm i installationer med vandfyldte slangevin-dere, se kapitel 3.

## Anlægstyper

Der findes forskellige brandslukningsanlæg, f.eks.

- brandhaner
- brandventiler
- vandfyldte slangevindere
- overrislingsanlæg
- sprinkleranlæg.

Hertil kommer stigrørene, der ikke tilsluttes vandinstallationen.

### Brandhaner

Anvendelses-  
område

Brandhaner placeres uden for bygning og tilsluttes ledninger i jord. Brandhanerne er beregnet for direkte tilslutning af en brandslange med en standardiseret kobling eller et såkaldt brandgevind.

Brandhanetyper

Brandhaner skal være af en type, der er godkendt af den lokale myndighed, og de fremstilles, afhængigt af ydelsen, i tre typer: A, B og C. Se figur 12.1.

Dimensionering

En brandhanes dimension afgøres af myndighederne.

Da det forventes af en brandhane, at den kan yde ret store vandstrømme, er det vigtigt, at det ledningssystem, der forsyner den, har rigeligt store dimensioner, og der bør dimensioneres for de vandstrømme, der fremgår af figur 12.1. Ved en

Brandhane type	A	B	C
Dansk standard nr.	761	762	763
Ventillysning i mm	80	67	60
Storz-koblings lysningsdiameter i mm	90	65	45
Til støbejernsrør <sup>2)</sup> nominel diameter i mm	100	80	80
Mindste jorddækning fra terræn til midte rør i mm	1367 <sup>1)</sup>	1349 <sup>1)</sup>	1368 <sup>1)</sup>
Vandstrøm i l/s ved tryktab på 100 kPa	33	25	13

<sup>1)</sup> Jorddækningshøjden er ikke standardiseret. Andre højder kan opnås med andre længder af mellemrør.

<sup>2)</sup> Brandhanerne findes også med tilslutning til plastrør f.eks. med flanger.

Figur 12.1. Oversigt over brandhanetyper efter Dansk Standard.

beregning bør det vises, at trykket under tapning ved tilslutningen til jordledningen mindst er 100 kPa over terræn.

Placering af brandhaner afgøres ligeledes af myndighederne. Det skal være muligt at køre ret tæt hen til brandhanerne, og afstanden mellem dem bør i områder med højere bebyggelse samt i industriområder ikke overstige 150 m. I anden bebyggelse bør afstanden ikke overstige 300 m.

### **Anlæg med brandventiler**

Brandventiler er beregnet til direkte tilslutning af brandslanger og placeres i bygninger på frostfrie steder. De kan anbringes i forbindelse med den almindelige vandinstallation eller i forbindelse med en særlig installation.

Brandventiler er sæde- eller skydeventiler med en fast monteret storz-kobling. De kan være ligeløbende eller vinkelløbende, eventuelt med en skråt placeret tud. Ventilerne findes i dimensionerne 25, 40 og 50 mm.

Der findes ikke fastsatte regler for anlæg med brandventiler. Anlæggene udføres primært i udstrakte industribebyggelser, og det kan derfor anbefales, at de lokale brandmyndigheder rådspørges i hvert enkelt tilfælde.

### **Overrislingsanlæg**

Overrislingsanlæg udføres kun i forbindelse med større tankanlæg for F-gas o.lign. og omtales ikke her.

## **Sprinkleranlæg**

Et sprinkleranlæg er et automatisk virkende brandslukningsanlæg, der anvendes i bygninger, hvor der er en stor risiko for opståen af brand, og hvor en brand kan få vidtrækkende følger både for bygningen og for de personer og ting, der befinder sig i den.

Et sprinkleranlæg kan i et vist omfang erstatte andre brandtekniske foranstaltninger, specielt bygningsmæssige, og der stilles derfor ret strenge krav til indretning, udførelse og tilsyn af anlægget. Det vil føre for vidt i denne anvisning at komme ind på alle dele af et sprinkleranlæg, og kun den del af anlægget, der vedrører vandforsyningen vil blive nærmere omtalt.

Placering af  
brandhaner

Konstruktion

Dimensionering

Definition

## Bestemmelser

Sprinkleranlæg skal udføres efter SKAFOR's »Forskrifter for automatisk sprinkleranlæg« [litt. 12.1] og DIF's »Norm for automatisk sprinkleranlæg i bygninger« [litt. 12.2].

Det bemærkes, at sprinkleranlæg, der kræves godkendt af SKAFOR, skal være udført af en installatør, der er godkendt af foreningen, og alle materialer og alt materiel skal ligeledes være godkendt af foreningen.

## Forsynings-sikkerhed

**Vandforsyning**

Vandforsyningen til et sprinkleranlæg skal være sikret på en sådan måde, at den ikke kan afbrydes ved tilfældige begivenheder, såsom aflukninger på grund af reparation af det offentlige vandledningsnet, strømafbrydelser til pumpeanlæg, fejlagtig betjening af ventiler, frostvejr mv.

Da vandforsyningen normalt vil være afhængig af tilførslerne fra det offentlige net, bør forholdene i nettet altid undersøges nærmere, og myndighederne spørges om nettets kapacitet.

## Tapprøve

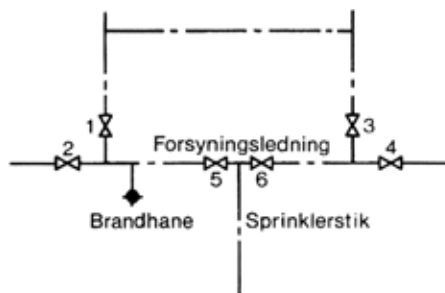
Hvor der er tvivl om forsyningsledningernes kapacitet, bør der foretages en tapp prøve så nær som muligt det sted sprinkleranlæggets stikledning skal tilsluttes. Bedst er det at foretage tapp prøven på stikledningen, hvis denne er etableret. Hvis stikledningen ikke er etableret, gennemføres en tapp prøve, før stikket udføres. Ved en tapp prøve bestemmes sammenhørende værdier af tappet vandstrøm og tryk i forsyningsledningen. Vandstrømmen bør mindst svare til den vandstrøm sprinkleranlægget skal dimensioneres for.

Hvis der som f.eks. vist på figur 12.2 er mulighed for forsyning fra flere sider, bør der udføres tapp prøver for alle forsyningssituationer, og resultatet af den dårligste prøve bør være udgangspunktet for indretning og dimensionering af sprinkleranlægget.

## Vandmængde

Ud over oplysningerne om vandstrøm og -tryk må man før projekteringen sikre sig, at vandforsyningen kan yde den til slukningen nødvendige vandmængde.

Det vil her føre for vidt at komme ind på sprinkleranlæggets indretning og dimensionering, og i det følgende skal derfor blot omtales de forholdsregler, der kan tages i anvendelse når den offentlige vandforsynings kapacitet er utilstrækkelig.



Principskitse af forsyningsnet. I det skitserede tilfælde bør der foretages mindst 2 tapperøve.

Tapperøve A: ventilerne 1 og 2 lukket, forsyning fra højre.

Tapperøve B: ventilerne 3 og 4 lukket, forsyning fra venstre.

Aftapningen kan foretages fra den viste brandhane, men bør foretages på selve sprinklerstikket. Ventilerne 5 og 6 vil evt. blive forlangt af Dansk forening for skadesforsikring.

Figur 12.2. Sprinkleranlæg – tapperøve. Principskitse af forsyningsnet.

Utilstrækkeligt tryk

Hvis trykket i vandforsyningsnettet er utilstrækkeligt, mens kapaciteten af vandstrøm og -mængde er god nok, kan der indrettes et trykforøgeranlæg, som beskrevet i kapitel 11.

Da et trykforøgeranlæg er afhængig af eltilførsel, bør der udføres et nødstrømsanlæg for at sikre strømtilførslen i tilfælde af strømafbrydelse.

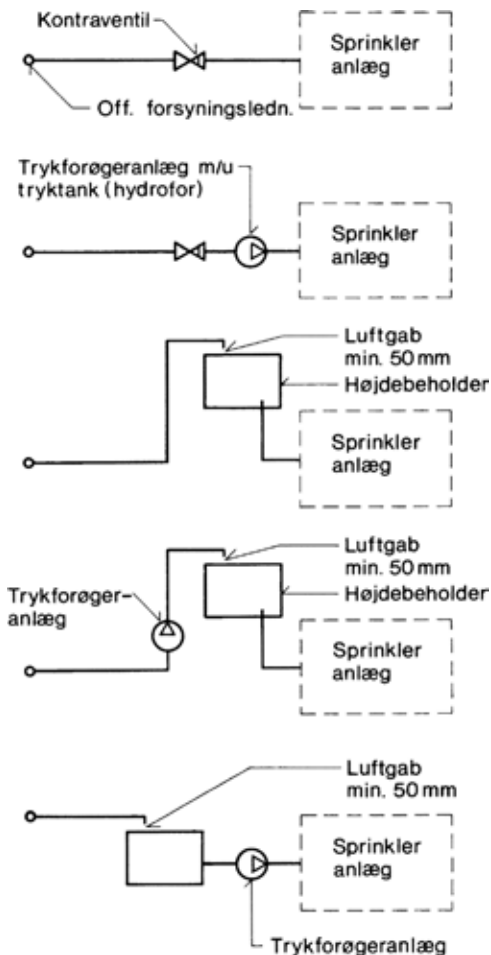
Det nødvendige tryk kan også etableres ved oppumpning til en højdebeholder. Ved valg af denne løsning kan nødstrømsanlæg eventuelt undværes.

Utilstrækkelig vandstrøm

Hvis det offentlige vandforsyningsnet ikke kan yde den nødvendige vandstrøm, hvorimod trykket er tilstrækkeligt, må der etableres et reservoir, der rummer den til slukningen nødvendige vandmængde. Vandet i reservoiret skal have det nødvendige tryk i forhold til sprinkleranlægget, dvs. at det kan udføres som en højdebeholder eller som en tryktank (hydroforbeholder).

Utilstrækkelige vandmængder

Hvis vandforsyningen har utilstrækkelig kapacitet rent mængdemæssigt skal der indrettes et reservoir som nævnt i det foregående. I øvrigt henvises til figur 12.3.



Figur 12.3. Eksempler på vandforsyning til sprinkleranlæg.

### Frostsikring

Vandforsyningen til et sprinkleranlæg skal frostsikres. Da der sjældent er strømning i en stikledning for et sprinkleranlæg bør frostsikringen ske ved en jorddækning på mindst 1,4-1,5 meter, se kapitel 14.

Reservoarer skal også frostsikres, og det sker for højdebeholdere normalt ved en opvarmning af vandet.

### Sikring mod tilbagestrømning

Sikring mod tilbagestrømning kan ske som anført i figur 12.3.

Andet end offentlig vandforsyning

For fuldstændighedens skyld skal det nævnes, at et sprinkleranlæg kan udføres uafhængigt af den offentlige vandforsyning. Til slukningen kan f.eks. anvendes vand fra søer og svømmebassiner mv. De nærmere betingelser for disse løsninger findes i SKAFOR's regler.

## Anlæg med vandfyldte slangevinder

»Førstehjælp«

Formålet med brandslukningsinstallationer med vandfyldte slangevinder og brandventiler er primært en slags førstehjælp ved brands opståen. Formålet er således, at bygningernes brugere skal kunne slukke mindre brande (f. eks. en sengebrand), evt. begrænse en mindre brands udbredelse, indtil brandvæsenet når frem og slukker branden.

Krav

Kravene, der stilles til disse brandslukningsinstallationer, er principielt, at ethvert sted i den bygning, der skal sikres, skal kunne nås med en vandstråle med en rimelig kastelængde og vandstrøm i en rimelig tid. Hertil kommer krav om en vis sikkerhed for, at det ønskede til enhver tid kan opnås (forsynings-sikkerhed).

Kravene kan variere fra bygning til bygning, dels efter risikoen for at en brand opstår, dels efter risikoen for at branden breder sig, og dels efter om der er tale om risiko for personer og/eller ting.

I overensstemmelse hermed er det således, at Bygningsreglementet stiller krav til brandslukningsinstallationer i bygninger, hvor der primært er tale om personsikkerhed, og at Statens Brandinspektion og SKAFOR stiller krav til brandslukningsinstallationer i bygninger, hvor der primært er tale om tingsikkerhed.

Reglerne er angivet i følgende:

- Bygningsreglementet (BR).
- Statens Brandinspektion's »Tekniske forskrifter for brandfarlig virksomhed og oplag«.
- Dansk forening for skadesforsikrings (SKAFOR) »Forskrifter for brandslukningsudstyr«.
- Dansk Brandværns-komité's Brandtekniske vejledning nr. 15.
- DIF's Norm for vandinstallationer (DS 439).

### Kapacitetskrav

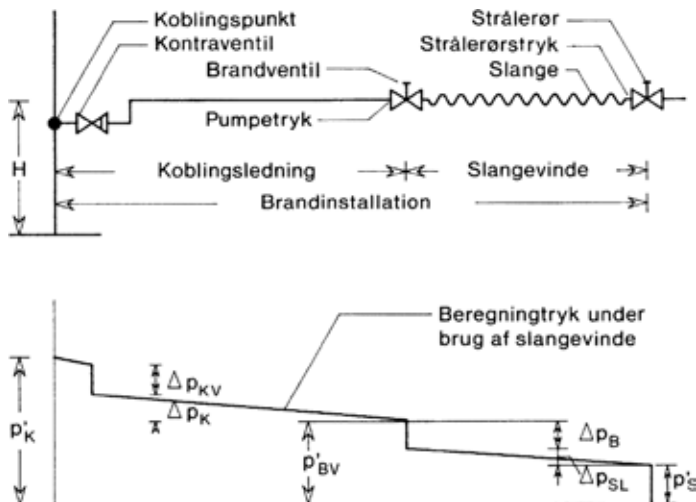
Kravene til en slangevindes ydelse er angivet i figur 12.4. Det bemærkes, at der ikke stilles krav om et mindste tryk foran strålerøret. De i figur 12.5 anførte slangevindetyper er eksempler på, hvilke slangedimensioner og strålerørstyper, der kan forventes at opfylde kravene. Angående trykforholdene ved brug af slangevinder, se figur 12.6.

For de bygninger, der alene omfattes af bygningsreglementet, dimensioneres vandinstallationen, som om slangevinden var et almindeligt tilfældigt benyttet tapsted med en forudsat vandstrøm  $q_F = 20 \text{ l/min} = 0,331/\text{s}$ . Det nødvendige faktiske tryk ved slangevinden fastsættes efter de retningslinier, der er angivet i figur 12.5 og 12.6.

Det faktiske pumpetryk  $p_{BV}$  skal være mindst som angivet i figur 12.6.

Bygningsart	Krav til slangevindes ydelse	Placering af slangevinden	Krav til vandinstallation
Bygninger, der alene er omfattet af bygningslovgivningen, bortset fra industri- og lagerbygninger.	20 l/min. med en kaste-længde på 9 m.		Ved vandinstallationers dimensionering medregnes én slangevinde som et almindeligt tilfældigt benyttet tapsted.
Industri- og lagerbygninger og bygninger, der er omfattet af brandlovgivningen og DANFOR's regler.	40 l/min. med en kaste-længde på 9 m.	Der må høst være 25 m fra et vilkårligt punkt i bygningen til en slangevinde.	Vandforsyningen skal have en kapacitet, der mindst svarer til 80 l/min. i mindst 10 min., og med et tryk der opfylder ydelseskrauet. Krauet skal endvidere være opfyldt ved samtidig brug af mindst 2 vilkårligt valgte slangevinder og tillagt virksomhedens maksimale timeforbrug.

Figur 12.4. Krav til slangevindens ydelse og til vandinstallationen. Nærmere krav til de enkelte komponenter er angivet i SKAFOR's regler og Dansk Brandværns-komité's »Brandteknisk vejledning nr. 15«.



Ved beregning af vandinstallationen bestemmes det beregningsmæssige tryk  $p'_K$  i slangevindens koblingspunkt.

Ved beregningen findes tryktabene i kPa i

- kontraventil  $\Delta p_{KV}$
- koblingsledning  $\Delta p_K$
- brandventil  $\Delta p_{BV}$  og
- slange  $\Delta p_{SL}$ .

Det beregningsmæssige strålerørstryk  $p'_s$  findes som

$$p'_s = p'_K - (\Delta p_{KV} + \Delta p_K + \Delta p_{BV} + \Delta p_{SL}),$$

og det faktiske strålerørstryk  $p'_s$  findes som

$$P_s = p'_s - 10 \cdot H$$

hvor  $H$  er højden (m) af brandventilen over forsyningspunktet.

$\Delta p_{KV}$  findes af VA-godkendelsen.

$\Delta p_{BV}$  og  $\Delta p_{SL}$  findes af fabrikantens informationsmateriale.

Nogle fabrikanter oplyser om det såkaldte pumpetryk  $p_{BV}$ , dvs. det nødvendige faktiske tryk før brandventilen.  $p_{BV}$  kan beregnes på samme måde som strålerørstrykket ud fra formlen

$$p'_{BV} = p'_K - (\Delta p_{KV} + \Delta p_K) \text{ og}$$

$$P_{KV} = p_{BV} - 10 \cdot H$$

Det faktiske pumpetryk  $p_{BV}$  skal være mindst, som angivet i figur 12.6

Figur 12.5. Trykforhold ved brug af slangevinde.

Vandstrøm	Strålerørsdimension	Kastelængde	Nødvendigt faktisk strålerørstryk	Slangedimension med slangelængde på 25 m	Nødvendigt faktisk pumpetryk
l/min (l/s)	mm	m	kPa	mm	kPa
20 (0,33)	6	ca. 9	70	20 25	100 ca.80
40 (0,67)	6	ca. 12*	280	20 25	400 ca. 320
	8	ca.9	90	20 25	ca. 210 120

\*) Hvis et 6 mm strålerør skal kunne yde 0,67 l/s, vil kastelængden blive 12 m.

*Figur 12.6. Mindste strålerørs- og pumpetryk er vejledende, idet de er fabriкатаfhængige. Man bør derfor undersøge forholdene for det valgte fabrikat nøjere og regne med de aktuelle værdier.*

### Dimensionering efter bygningsreglement

Dimensionering af ledninger, der forsyner både slangevinde og normale tilfældigt benyttede tapsteder sker efter DIF's Norm for vandinstallationer (DS 439), idet man går ud fra, at én og kun én slangevinde er i brug. Dimensionering ved forenklet beregning kan ikke anvendes på installationer med slangevinder.

Dimensionsgivende vandstrøm

Den dimensionsgivende vandstrøm beregnes som angivet i kapitel 3.

Slangevinder

Ved slangevinder skal der dimensioneres således, at det faktiske tryk foran strålerøret er så stort, at der kan ydes en vandstrøm på 0,33 l/s med kastelængde på 9 meter. Trykket oplyses normalt af fabrikanten. Når der dimensioneres, skal der regnes med tryktabene i brandventil og slange.

Nogle fabrikanter oplyser om det nødvendige pumpetryk, der skal til, for at slangevinden får den forlangte ydelse. Pumpetrykket, der opgives som det faktiske tryk umiddelbart før brandventilen, omfatter tryktab i brandventil, slange og strålerør.

**Installationsmæssige forhold**

Når en brandslukningsinstallation, der har forbindelse med den normale vandinstallation, skal planlægges, er der forskellige hensyn at tage. De kan opdeles i to hovedgrupper:

- sikring af forsyningen til brandslukning og
- sikring af vandinstallationen mod forurening.

Brandslukningsinstallationen skal sikres mod utilsigtet afbrydelse. Ledningerne skal placeres således, at de ikke udsættes for fysisk overlast, frost osv. Heri adskiller brandslukningsinstallationen sig ikke fra den normale vandinstallation. På et enkelt felt kan der imidlertid komme modstridende synspunkter ind, og det er ved planlægningen af installationerne med hensyn til gennemførelsen af reparationer uden store gener. Generelt gælder for en brandslukningsinstallation, at den skal sikres mod afbrydelse af forsyningen ved reparationer i vandinstallationen. De eneste afspærringsventiler (reparationsventiler), der accepteres i brandinstallationen, er ventilerne ved vandmåleren og hovedafspærringsventiler på stikledninger og lignende, og disse afspærringsventiler accepteres kun, fordi de også afspærrer den normale installation. Brugeren har således al mulig grund til hurtig genåbning af ventilerne.

I figur 12.7 er der angivet nogle eksempler på hensigtsmæssige udformninger af installationerne. Det skal nævnes, at brandmyndighederne generelt er interesseret i, at slangevinder o.lign. tilsluttes den normale installation i så stort omfang som muligt.

I områder med ret lille forsyningstryk og -kapacitet, vil det være nærliggende at tilslutte brandslukningsinstallationen før måleren for at undgå det store tryktab i måleren. Dette kræver vandværkets tilladelse.

Den normale installation skal sikres mod forurening hidrørende fra det stillestående vand i de ledninger, der udelukkende anvendes til brandslukning. Reglerne herfor er angivet i vandnormen (DS 439). Bemærk, at kontraventiler i brandslukningsinstallationer ikke må være stilbare og at ventil sæder skal være udført af metal eller andet materiale, der er bestandigt over for ekstremt høje tryk. Ledninger, der alene forsyner slangevinder, bør gøres så korte som muligt, og der bør

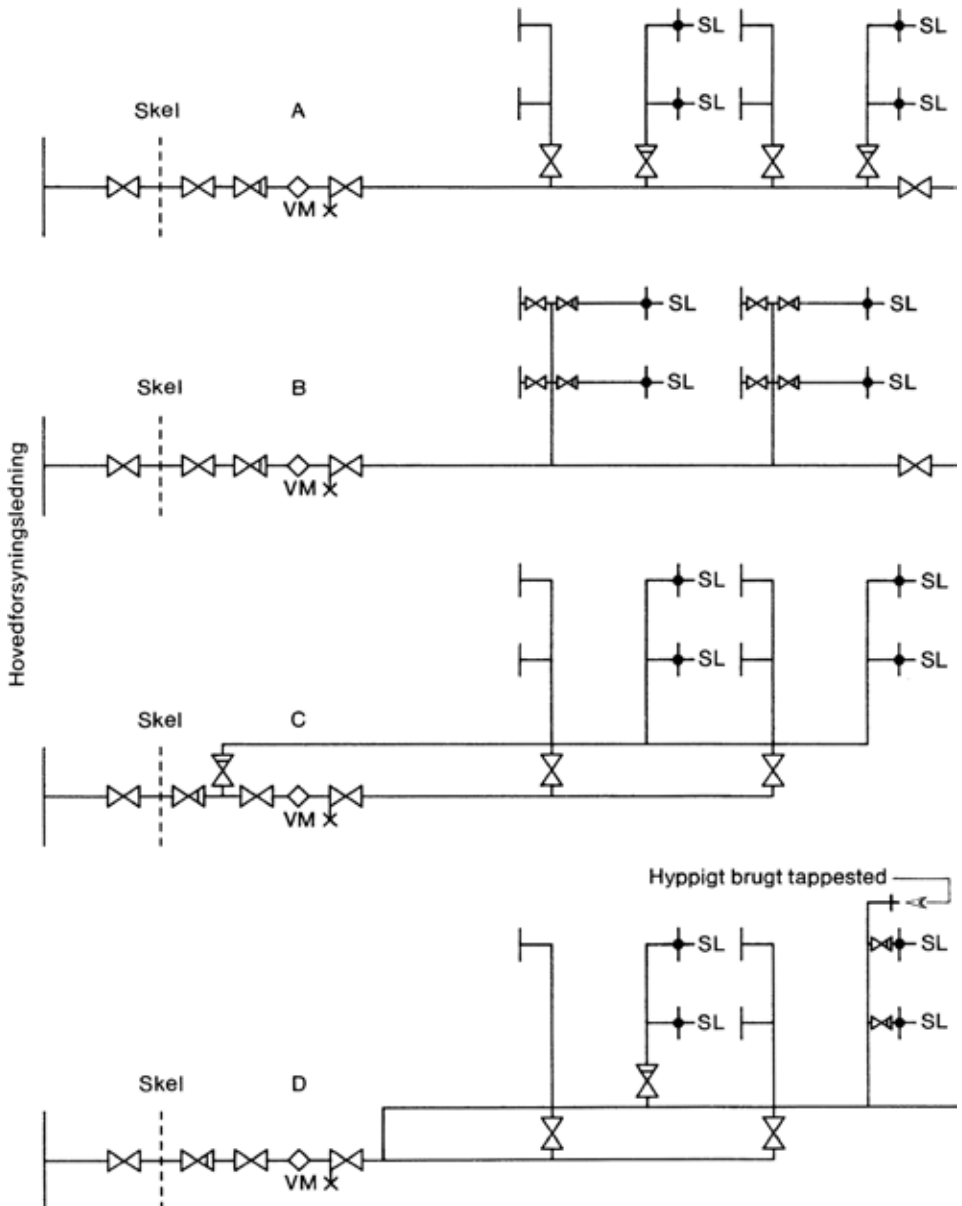
Forsyning og forurening

Forsynings-sikkerhed

Reparations-muligheder

Tilslutning før måler

Sikring mod forurening



Figur 12.7. Eksempler på installation for både brugsvand og brandslukningsformål. A og B er i almindelighed hensigtsmæssige løsninger. Tilslutning af brandinstallationen før måleren som i C kræver vandforsynings tilladelse. Installationen bør suppleres med et hyppigt brugt tappested som i D, og brandinstallationen tilsluttes efter måler. SL angiver slangevinde.

anbringes et hyppigt brugt tapsted så tæt på slangevinden som muligt.

### **Installation efter Statens Brandinspektions og SKAFOR's regler**

For de bygninger, der omfattes af Statens Brandinspektions og SKAFOR's regler, skal installationen dimensioneres for vandstrømmen til slangevinder tillagt virksomhedens maksimale timeforbrug.

Vandstrømmen til en slangevinde skal være  $40 \text{ l/m} = 0,67 \text{ l/s}$ , og der skal regnes med, at to slangevinder er i brug samtidig.

Ved indføring af begrebet »maksimalt timeforbrug« er der skabt mulighed for en rimelig dimensionering af ledninger, der forsyner både slangevinder og normale tapsteder.

Vedrørende beregning af det maksimale timeforbrug kan henvises til DIF's Norm for Almene Vandforsyningsanlæg. Denne norm giver retningslinier for beregning af virksomhedens samlede timeforbrug, og dermed den vandstrøm som stikledninger og større fordelingsledninger bør dimensioneres for.

For de mindre fordelingsledningers vedkommende kan normens retningslinier dog ikke umiddelbart anvendes, og en fastsættelse af den dimensionerende vandstrøm for disse vil derfor blive behandlet i det følgende.

Formålet med de nye regler for fastsættelse af den dimensionsgivende vandstrøm for vandinstallationer, der er tilsluttet brandinstallationer (primært slangevinder), er

- at sikre den nødvendige vandstrøm til brandslukningsformål og
- at give et økonomisk rimeligt dimensioneringsgrundlag.

Ved beregningen af den dimensionsgivende vandstrøm vurderes det, hvilke andre tapsteder, der i værste fald kan være i brug, når en brand opstår og når bekæmpelse af branden foregår.

Ved vurderingen kan man som støtte dele tapstederne i to kategorier:

Slangevindes  
ydelse

Maksimalt  
timeforbrug

Nye regler

Dimensions-  
givende  
vandstrøm

- tilfældigt benyttede tapsteder og
- systematisk benyttede tapsteder.

Tilfældigt benyttede tapsteder

I en erhvervsvirksomhed vil de tilfældigt benyttede tapsteder være WC'er, håndvaske, spulehaner, rengøringsvaske o.lign. Medmindre der er tale om fordelingsledninger til større bygningskomplekser, vil det maksimale timeforbrug (omregnet til l/s) være lille, og sandsynligheden for at tapstederne vil være i funktion under en brand vil ligeledes være lille.

Små fordelingsledninger

For små fordelingsledninger, dvs. ledninger, hvor der foruden slangevinder kun er tilsluttet et ringe antal tilfældigt benyttede tapsteder, vil man beregningsmæssigt komme ud for, at det maksimale timeforbrug er praktisk taget nul. Dette forhold er ikke rimeligt, da en tilfældig tapning i så fald kan forringe forsyningen til slangevinderne. For små fordelingsledninger bør man derfor altid regne med, at i hvert fald ét af de tilfældigt benyttede tapsteder (det største) er i brug i brandsituationen.

Større fordelingsledninger

For større fordelingsledninger kan det maksimale timeforbrug  $q_t$  beregnes ud fra formlen

$$q_t = \frac{f_t}{24} \cdot \frac{f_d}{365} \cdot q_{\text{år}} \cdot \frac{1}{3600} \text{ l/s}$$

Her er

$q_t$  det maksimale timeforbrug

$f_t$  timefaktoren, der angiver forholdet mellem det største og det gennemsnitlige timeforbrug,

$f_d$  døgnfaktoren, der angiver forholdet mellem det største og det gennemsnitlige døgnforbrug,

$q_{\text{år}}$  det gennemsnitlige årsforbrug i  $\text{m}^3/\text{år}$ .

For vandinstallationer i erhvervsbebyggelser varierer det gennemsnitlige årsforbrug og døgn- og timefaktorerne meget, afhængig af virksomhedens art og størrelse. For en del erhvervsvirksomheder mv. kan nærmere vejledning findes i kapitel 11. Såfremt der er tale om ukendte erhvervsformål, kan der som et groft overslag regnes med et maksimalt timeforbrug på ca. 0,15 l/s pr. 1000  $\text{m}^2$  af grundens areal.

Systematisk benyttede tapsteder

I en erhvervsvirksomhed vil der ofte være flere typer af systematisk benyttede tapsteder. De systematisk benyttede tap-

steder kan f.eks. være tapsteder, hvorfra der i længere tid tappes til produktionsformål, brusere i større baderum, vaskerender o.lign.

Hvis det er sandsynligt, at systematisk benyttede tapsteder er i brug ved en brands opståen og under bekæmpelse af branden, skal der tages hensyn hertil ved dimensioneringen af fordelingsledningerne. Tapsteder, der bør medregnes, er f.eks.

- tapsteder, der styres automatisk
- tapsteder, der aht. produktionen ikke ønskes afbrudt ved en mindre brand
- tapsteder, der er således placeret, at de ikke kan påregnes afbrudt samtidig med eller umiddelbart efter, at branden er opstået.

De systematisk benyttede tapsteders bidrag til den dimensiongivende vandstrøm kan sættes til summen af de forudsatte vandstrømme for de aktuelle tapsteder.

Størrelsen af de forudsatte vandstrømme fastsættes efter

- kapitel 3
- VA-godkendelsen
- et specifikt kendskab til vandstrømmen (f.eks. ved taping til produktionsformål).

For ledninger, der forsyner såvel slangevinder som tilfældigt og systematisk benyttede tapsteder, kan den dimensiongivende vandstrøm i brandtilfældet beregnes som

$$q_d = q_t + q'_{\text{sys}} + q_B \text{ eller}$$

$$q_d = q_{f,\text{max}} + q'_{\text{sys}} + q_B$$

Her er

$q_t$  det maksimale timeforbrug for de tilfældigt benyttede tapsteder i l/s

$q'_{\text{sys}}$  summen af de forudsatte vandstrømme for de systematisk benyttede tapsteder, der må forventes at være i brug i brandsituationen i l/s

$q_{f,\text{max}}$  den forudsatte vandstrøm til det største af de tilfældigt benyttede tapsteder i l/s

$q_B$  vandstrømmen til slangevinder i l/s.

Dimensions-  
givende  
vandstrøm

Normalt anvendes den nederste af de to formler. Den øverste formel anvendes for meget store fordelingsledninger.

Fastsættelse af  $q_B$  Vandstrømmen til slangevinder  $q_B$  fastsættes til 0,67 l/s for ledninger, der kun forsyner én slangevinde og 1,33 l/s for ledninger, der forsyner flere slangevinder.

## Dimensionering af installationen

Dimensionering af en installation, der fører vand til både normalt forbrug og til brandslukning, skal ske således at begge formål tilgodeses. I hvert enkelt tilfælde må det undersøges, hvilken af de to situationer, der er den forsyningsmæssigt farligste, og ledningsdimensionerne vælges i overensstemmelse hermed.

Vandstrømme I begge tilfælde sker dimensioneringen ud fra det laveste normale tryk ( $p_{in}$ ) i forsyningsledningen, og vandstrømmene, der dimensioneres for, er enten

- den dimensionsgivende vandstrøm, beregnet som angivet i DIF's Norm for vandinstallationer (DS 439) eller
- den dimensionsgivende vandstrøm i brandsituationen, beregnet som anført i det foregående.

### Det faktiske tryk ved tapstederne

Ved dimensioneringen skal det sikres, at det faktiske tryk ved tapstederne er så stort, at der kan tappes en passende vandstrøm.

Brandsituationen I brandsituationen dimensioneres der således, at det faktiske tryk foran strålerørene er så stort, at der kan ydes en vandstrøm på 0,67 l/s med en kastelængde på 9 meter. Trykket oplyses normalt af fabrikanten. Når der dimensioneres, skal der regnes med tryktabene i brandventil og slange. Nogle fabrikanter opgiver det nødvendige pumpetryk, der skal til for at slangevinden får den forlangte ydelse. Pumpetrykket, der opgives som det faktiske tryk umiddelbart før brandventilen, omfatter tryktab i brandventil, slange og strålerør.

Vedrørende strålerørstryk og pumpetryk, se figur 12.5.

Den normale situation ved brand I den normale forsyningsituation (ikke brand) dimensioneres der således, at det faktiske tryk ved tapstederne svarer til tryktabet i armaturet ved den forudsatte vandstrøm,  $\Delta p_{vm}$ .

## KAPITEL 13

## Isolering

Isolering mod energitab.....	232
Beregning af rørs varmeafgivelse og isolering .....	323
Beregning af beholderes varmeafgivelse og isolering ....	324
Normens krav til isolering mod energitab.....	325
Forenklet beregning af isolering .....	326
Isoleringens omfang.....	330
Overslagsværdier for varmetabet.....	331
Begrænsning af varmetab af hensyn til omgivelserne ....	332
Isolering mod forbrænding mv. ....	332
Kondensisolering .....	333
Isolering mod frost.....	336
Isolering mod uacceptabel opvarmning og afkøling	
af vandet .....	337
Varmtvandsinstallationer .....	337
Koldtvandsinstallationer .....	337
Varmeafgivelse fra uisolerede rør .....	337

## Isoleringsnorm

Normen stiller krav om at vandinstallationer skal isoleres efter DIF's norm for termisk isolering af tekniske installationer, DS 452 [litt. 13.1], kort betegnet som »isoleringsnormen«.

## Krav

I isoleringsnormen er der angivet bestemmelser for isolering mod

- Energitab
- Fare, ulemper og skader, f.eks. forbrændingsskader og kondensskader
- Frysning
- Uacceptabel opvarmning og afkøling.

Opfyldelse af krav

Alle disse forhold er relevante i vandinstallationer, og der skal i det enkelte tilfælde isoleres således, at alle relevante krav bliver opfyldt.

Formler

I det følgende er der angivet formler mv. til beregning af isolering, i øvrigt henvises til SBI-meddelelse 7, 1981, Dimensionering af rørisolering [litt. 13.2].

## Isolering mod energitab

Varmeafgivelse

### Beregning af rørs varmeafgivelse og isolering

For varmeafgivelsen  $\Phi$  fra fritliggende rør gælder følgende formel:

$$\Phi = k_r \cdot (T_i - T_e) \cdot L$$

Her er

$\Phi$  varmeafgivelsen i W

$K_r$  varmetransmissionskoefficienten for røret inkl. isolering i  $W/(m \cdot ^\circ C)$

$T_i$  vandtemperaturen i  $^\circ C$

$T_e$  den omgivende lufts temperatur i  $^\circ C$

$L$  ledningens længde i m.

Varmetransmissionskoefficient

Varmetransmissionskoefficienten  $k_r$  er afhængig af det valgte rørmateriale, af rørdiameteren, isoleringen mv.

I almindelighed udføres isolering af vandrør med ét lag isolering, og hvis der ses bort fra tab ved rørbærere og isoleringens afslutning med pap, plast, folie eller tilsvarende kan  $k_r$  beregnes som

$$k_r = \frac{\pi}{\frac{1}{2\lambda_r} \cdot \ln \frac{d_u}{d_i} + \frac{1}{2\lambda_i} \cdot \ln \frac{d_2}{d_u} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2}}$$

Her er

$k_r$  varmetransmissionskoefficienten i  $W/(m \cdot ^\circ C)$

$\lambda_r$  rørmaterialets varmeledningsevne i  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

$\lambda_i$  isoleringsmaterialets varmeledningsevne i  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

$d_i$  rørets indvendige diameter i m

$d_u$  rørets udvendige diameter i m

$d_u$  isoleringens udvendige diameter i m

$\alpha_2$  den udvendige varmeovergangskoefficient  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ .

Overflade	Udvendig diameter $d_2$ mm	$\alpha_2$ W/m <sup>2</sup> · °C					Middel værdi <sup>2)</sup>
		$T_2 - T_e$ °C <sup>3)</sup>					
		1	2	5	10	20	
Ikke-spejlende overflade	Vandret rør $d_2 = 50$	7,9	8,5	9,4	10,3	11,5	
	Vandret rør $d_2 = 200$	7,1	7,5	8,2	8,9	9,8	9
	Lodret rør og plan flade	6,6	7,0	7,7	8,4	9,6	
Metallisk-blank overflade <sup>1)</sup>	Vandret rør $d_2 = 50$	4,2	4,7	5,6	6,4	7,4	
	Vandret rør $d_2 = 200$	3,4	3,8	4,4	5,0	5,7	5
	Lodret rør og plan flade	2,8	3,2	3,9	4,5	5,4	

- 1) Blank overflade med støvafsætning eller lettere oxydering.
- 2) Kan anvendes i beregning, hvis resultat er forholdsvis ufølsomt for variationer i  $\alpha_2$ .
- 3) Tabellen forudsætter, at  $T_e = 20$  °C. Er  $T_e = 0$  °C, formindskes værdierne for ikke-spejlende overflader med 1,0 og for metallisk blanke overflader med 0,3 W/m<sup>2</sup> · °C.

Figur 13.1. Udvendig varmeovergangskoefficient  $\alpha_2$  for varme rør og beholdere.

Udvendige varmeovergangstal  $\alpha_2$

Den udvendige varmeovergangskoefficient  $\alpha_2$  kan fastlægges efter tabellerne i figur 13.1 og 13.2. En nøjagtigere formel er angivet i [litt. 13.2].

### Beregning af beholderes varmeafgivelse og isolering

For beholdere og større rør ( $d_i > 300$  mm) beregnes varmetabet af formlen

$$\Phi = k \cdot A \cdot (T_i - T_e)$$

Her er

$\Phi$  varmeafgivelsen i W

$k$  varmetransmissionskoefficient i W/(m<sup>2</sup> · °C)

$A$  isoleringens areal beregnet midt i isoleringen i m<sup>2</sup>

$T_i$  vandets temperatur i °C

$T_e$  omgivelsernes temperatur i °C.

Overflade	Udvendig diameter $d_2$ mm	$\alpha_2$ W/m <sup>2</sup> · °C					Middel værdi <sup>2)</sup>
		$T_e - T_2$ °C <sup>3)</sup>					
		1	2	5	10	20	
Ikke-spejlende overflade	Vandret rør $d_2 = 50$	7,9	8,4	9,1	9,8	10,5	
	Vandret rør $d_2 = 200$	7,1	7,4	7,9	8,4	8,8	8
	Lodret rør og plan flade	6,5	6,9	7,4	7,9	8,4	
Metallisk-blank overflade <sup>1)</sup>	Vandret rør $d_2 = 50$	3,3	3,8	4,7	5,4	6,3	
	Vandret rør $d_2 = 200$	2,5	2,9	3,5	4,0	4,6	4
	Lodret rør og plan flade	2,0	2,3	2,9	3,5	4,4	

1) Blankvalset aluminium (emissionsevnen forudsættes lavere end i figur 13.1 af hensyn til sikkerhed for tilstrækkelig kondensisolering).

2) Kan anvendes i beregning, hvis resultat er forholdsvis ufølsomt for variationer i  $\alpha_2$ .

3) Tabellen forudsætter, at  $T_e = 20$  °C. Er  $T_e = 0$  °C, formindskes værdierne for ikke-spejlende overflader med 1,0 og for metallisk blanke overflader med 0,1 W/m<sup>2</sup> · °C.

Figur 13.2. Udvendig varmeovergangskoefficient  $\alpha_2$  for kolde rør og beholdere.

Beregning af  $k$

Varmetransmissionskoefficienten beregnes af formlen

$$\frac{1}{k} = \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$$

Her er

$s$  isoleringslagets tykkelse i m

$\lambda$  varmeledningsevnen i W/(m · °C)

$\alpha_2$  den udvendige overgangskoefficient i W/(m<sup>2</sup> · °C), se figur 13.1 og 13.2.

### Normens krav til isolering mod energitab

Driftsparameter

Isolering mod energitab bestemmes ud fra driftsparameteren  $D$ , der defineres som

$$D = \int p |T_i - T_e| d\tau$$

Her er

$D$  driftsparameteren i  $^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}/\text{år}$

$p$  den brøkdelt af varmeafgivelsen, der går til spilde

$T_i$  vandtemperaturen

$T_e$  omgivelsernes temperatur

$\tau$  tiden i sekunder.

Integrationen udstrækkes over et normalår. Er  $p$  konstant i hele året, er driftsparameteren

$$D = p |\bar{T}_i - \bar{T}_e| \tau_a$$

Her er

$D$  driftsparameteren i  $^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}/\text{år}$ ,

$\bar{T}_i$  og  $\bar{T}_e$  middelværdier af  $T_i$  og  $T_e$  i den periode  $\tau_a$  i sekunder, hvor installationen er i drift.

$p$ -faktoren

Isoleringsnormen [litt. 13.1] angiver at  $p$  normalt regnes til 1,0, men det vil være tilladeligt, at man anvender andre værdier, hvis de kan dokumenteres.

$k$ -værdi

Når driftsparameteren er bestemt, kan isoleringsklassen og den krævede  $k$ -værdi bestemmes af figur 13.4 og isoleringstykkelsen (når  $\lambda$ -værdien er kendt) af figur 13.4.

### Eksempel

Temperaturen i en varmtvandsledning er i gennemsnit over året  $53^{\circ}\text{C}$ . Omgivelsestemperaturen er  $10^{\circ}\text{C}$  og det påregnes at 80 pct. af varmetabet går til spilde, dvs.

$$p = 0,8.$$

Driftsparameteren  $D$  kan beregnes som

$$D = (53 - 10) \cdot 0,8 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 = 1,1 \cdot 10^9 \text{ s}$$

Ifølge figur 13.3 skal der isoleres i klasse 3.

### Forenklet beregning af isolering

Isoleringsnormen [litt. 13.1] angiver, at man uden eftervisning af driftsparameteren kan isolere efter følgende retningslinier:

- Fordelingsledninger – fordelingsledninger i drift hele året og mere end 60 timer pr. uge ( $t_i \leq 55$  °C): klasse 3 i alle rum
- fordelingsledninger mv. i drift mindre end 60 timer pr. uge i alle rum: klasse 2
- Koblingsledninger – koblingsledninger uden cirkulation isoleres normalt ikke
- Vandvarmere – vandvarmere, der forsyner ét eller flere tapsteder i samme bolig, og som er anbragt i boligen, kan isoleres således, at enten den beregningsmæssige eller den målte varmeafgivelse ikke overstiger de i figur 13.5 angivne værdier. Det er en forudsætning, at medietemperaturen ikke væsentligt overstiger  $T_i = 65$  °C for varmtvandsbeholdere af kappetyper og  $T_i = 55$  °C for beholdere med indlagt varmeplade og for gennemstrømningsvandvarmere
- andre vandvarmere isoleres som angivet i figur 13.3.

Isoleringsklasse	Driftparameter D °C · s/år	Middeltemp. differens <sup>3)</sup> $T_i - T_e$ °C	Største varme-transmissionskoefficient	
			Rør <sup>1)</sup> W/m · °C	Plane flader <sup>2)</sup> W/m · °C
0	$D < 0,05 \cdot 10^9$	$0 < \Delta T < 1,6$	Isolering mod energitab kan udelades	
1	$0,05 \cdot 10^9 \leq D < 0,35 \cdot 10^9$	$1,6 \leq \Delta T < 11$	$2,6 d_u + 0,20$	0,88
2	$0,35 \cdot 10^9 \leq D < 0,70 \cdot 10^9$	$11 \leq \Delta T < 22$	$2,0 d_u + 0,18$	0,66
3	$0,70 \cdot 10^9 \leq D < 1,4 \cdot 10^9$	$22 \leq \Delta T < 44$	$1,5 d_u + 0,16$	0,49
4	$1,4 \cdot 10^9 \leq D < 2,8 \cdot 10^9$	$44 \leq \Delta T$	$1,1 d_u + 0,14$	0,35

Installationsdele, hvor isolering direkte på installationsdelen er uhensigtsmæssig, f.eks. af produktionstekniske årsager, kan isoleres svarende til det arealmæssigt mindste cirkulærcylindriske eller kasseformede legeme, der omskriver installationsdelen. Dette gælder f.eks. for visse varmevekslere, kompakt udbyggede rørarrangementer og installationsunits.

- 1) Rør omfatter rør og kanaler med cirkulært tværsnit indtil en udvendig diameter på 0,4 m. Rør og kanaler med ovalt, kvadratisk eller rektangulært tværsnit kan isoleres således, at isoleringslagets tykkelse er som for cirkulære rør med samme omkreds.
- 2) Plan flade omfatter beholdere og andre større installationsdele med plane eller krumme overflader, cirkulære rør med diameter over 0,4 m samt større rør og kanaler med ikke-cirkulært tværsnit.
- 3) Middeltemperaturdifferensen mellem vandtemperatur og omgivelsernes temperatur når al energien går til spilde og temperaturerne er konstante over året.

Figur 13.3. Isolering mod energitab fra varmtvandsrør og vandvarmere.

$d_u$ mm	Isoleringsklasse 1					Isoleringsklasse 2				
	$k_r$ (W/m · °C)	$\lambda$ W/m · °C				$k_r$ (W/m · °C)	$\lambda$ W/m · °C			
		0,03	0,04	0,05	0,06		0,03	0,04	0,05	0,06
10	0,23	2	5	8	14	0,20	4	7	13	20
20	0,25	7	12	19	27	0,22	10	17	26	38
30	0,28	11	17	25	36	0,24	14	23	35	50
40	0,30	14	21	30	42	0,26	18	28	41	58
60	0,36	17	26	37	50	0,30	23	35	50	69
80	0,41	20	29	41	54	0,34	26	39	55	74
100	0,46	22	32	43	57	0,38	29	42	59	78
200	0,72	27	37	49	62	0,58	35	50	66	85
300	0,98	28	39	51	64	0,78	38	53	69	86
plan	(0,88)	31	41	51	62	(0,66)	42	56	70	84

$d_u$ mm	Isoleringsklasse 3					Isoleringsklasse 4				
	$k_r$ (W/m · °C)	$\lambda$ W/m · °C				$k_r$ (W/m · °C)	$\lambda$ W/m · °C			
		0,03	0,04	0,05	0,06		0,03	0,04	0,05	0,06
10	0,18	6	11	19	31	0,15	9	17	29	49
20	0,19	13	23	36	56	0,16	18	33	54	86
30	0,21	19	31	49	72	0,17	16	45	71	111
40	0,22	24	38	58	84	0,18	32	54	85	128
60	0,25	30	47	70	99	0,21	41	67	102	150
80	0,28	35	54	77	107	0,23	48	76	113	162
100	0,31	38	58	82	112	0,25	53	82	120	169
200	0,46	47	68	92	120	0,36	65	97	134	178
300	0,61	51	72	95	122	0,47	71	102	137	178
plan	(0,49)	58	77	96	116	(0,35)	82	110	137	165

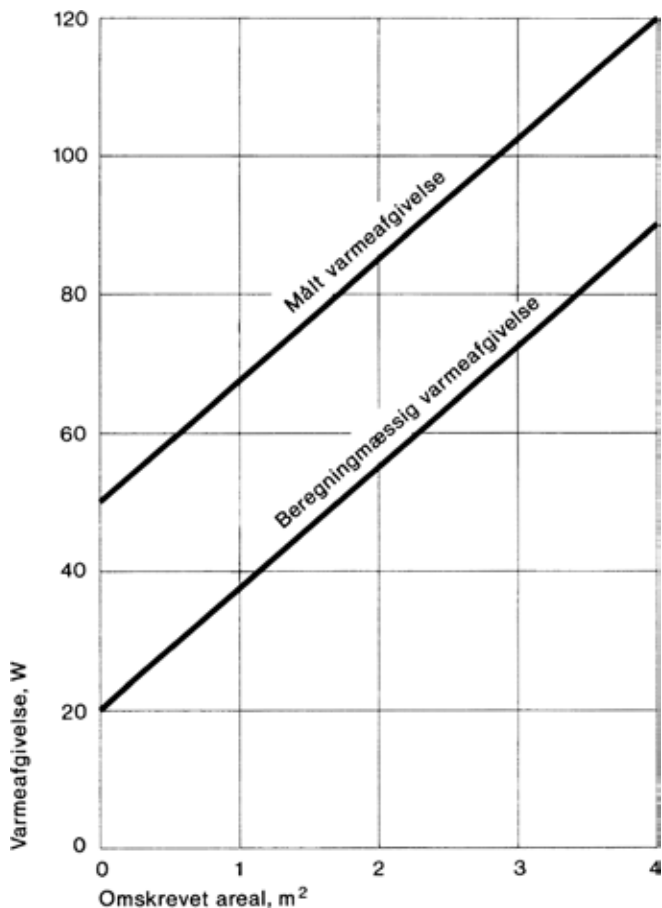
Mindste isoleringstykkelse i mm, som opfylder kravene i isoleringsklasse 1, 2, 3 og 4 afhængigt af varmeledningsevne  $\lambda$  og udvendig rørdiameter  $d_u$ . Det forudsættes, at den udvendige varmeovergangskoefficient  $\alpha_2$  er  $9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ .

Transmissionskoefficienten  $k_r$  for rør angives i  $\text{W/m} \cdot \text{°C}$ , for plan flade angives  $k$  i  $\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$ .

Varmeledningsevnen  $\lambda$  bestemmes ud fra middeltemperaturen i driftsperioderne.

Der kan interpoleres lineært i tabellen.

Figur 13.4. Isoleringstykkelser og varmetransmissionskoefficienter ved isolering mod energitab.



*Målt varmeafgivelse:* Den målte varmeafgivelse er varmeafgivelsen målt under forhold, der svarer til de normale driftsforhold for den pågældende installationskomponent.

*Beregningmæssig varmeafgivelse:* Den beregningmæssige varmeafgivelse er den gennemsnitlige varmeafgivelse fra en installationsdel under normale driftsforhold beregnet med de aktuelle varmetransmissionskoefficienter. Ved isolering efter reglerne for plane flader regnes overfladen beliggende midt i isoleringen.

*Omskrevet areal:* Det arealmæssige mindste cirkulærcylindriske eller kasseformede areal, der omskriver vandvarmeren.

*Figur 13.5. Største tilladelige varmeafgivelse fra små vandvarmere mv. ifølge DS 452.*

Ved bestemmelse af beregningsmæssig og målt varmeafgivelse forudsættes for vandvarmere i boliger:

Ved prøvning og beregning af varmeafgivelsen kan sættes

$$T_e = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_i = 65 \text{ }^\circ\text{C} \text{ for beholdere af kappetypen}$$

$$T_i = 55 \text{ }^\circ\text{C} \text{ for beholdere med indlagt varmeplade og for gennemstrømningsvandvarmere.}$$

For fabriksisolerede vandvarmere skal dokumentationen af, at kravene er overholdt, godkendes af Boligministeriet (VA-godkendelse).

Installationer for kølet vand isoleres mod energitab efter samme regler som angivet for varme installationer.

Kolde  
installationer

### Isoleringens omfang

Alle dele af installationerne skal isoleres. Isolering udføres dog ikke, hvor den kan skade eller forringe installationens holdbarhed, og hvor det af sikkerhedsmæssige årsager er utilladeligt, samt hvor isoleringen vil være til væsentlig gene under driften.

Kravet medfører at bl.a. følgende skal isoleres:

- Dæksler, inspektionslemme og lignende.
- Flanger.
- Rør- og kanal gennemføringer i dæk og vægge.
- Indstøbte og indmurede rør mv.
- Armaturer, dog ikke håndgreb, aflæsningskalaer og lignende.

Nedsættelse af  
isoleringstykkelse

Ved varme installationer kan isoleringslagets tykkelse ved de nævnte installationsdele dog nedsættes til halvdelen af den tykkelse, som for det pågældende isoleringsmateriale kræves på de tilstødende rør, kanaler og flader. Såfremt isoleringstykkelsen, der følger af figur 13.3, er større end 40 mm, vil det normalt være acceptabelt, at isoleringstykkelsen på rør og kanaler i gennemføringer ikke overstiger 20 mm ( $\lambda \leq 0,06 \text{ W} \cdot \text{m/K}$ ).

- Pumper** Pumper isoleres, hvor der på grund af høj temperatur eller stor varmeafgivende overflade er et særligt behov for at begrænse energitab. Hvor isolering kan hindre nødvendig køling, isoleres ikke.
- Bæring** Isoleringen bør som hovedregel være helt dækkende. Understøtninger, rørbæring og rørophæng, sidestyr og fastspændinger, der gennembryder det varmeisolerende lag, skal udformes og anbringes under hensyntagen til, at der opnås en rimelig begrænsning af energitabet.
- Tomrørsinstallationer** Tomrørsinstallationer skal ligeledes isoleres. Isoleringen kan udføres uden på tomrøret og beregnes efter tomrørets udvendige diameter.
- Installationer i jord** Varmtvandsledninger i jord kan isoleres efter ovenstående regler. Omgivelsernes temperatur  $T_e$  kan ved bestemmelse af driftsparameteren sættes til 7 °C.

### Overslagsværdier for varmetabet

Isoleringsnormens [litt. 13.1] krav angiver den største tilladte k-værdi. Som regel vil de anvendte isoleringer have en lidt bedre isolering, bl.a. fordi der normalt anvendes handelsdimensioner på isoleringen. Ved overslagsberegninger kan man anvende de i figur 13.6 angivne værdier for varmetab fra isolerede rør.

Lokalitet	Omgiv. temp. °C	Varmetab pr. løbende meter rør, W/m						
		Udvendig diameter $d_u$ , mm						
		<10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100
Uopvarmet rum	10	8	9	10	10	11	13	14
Opvarmet rum	20	6	7	7	8	9	10	11
Rørsrakt o. lign.	35	4	4	4	4	5	6	6

Figur 13.6. Overslagsværdier for varmetab fra fritliggende varmtvandsrør isoleret svarende til isoleringsklasse 3. Der er forudsat en varmtvandstemperatur på 55 °C.

**Begrænsning af varmetab af hensyn til omgivelserne**

I isoleringsnormen [litt. 13.1] er det angivet, at varmeafgivelsen fra varme installationer ikke må hindre en hensigtsmæssig regulering af rumtemperaturen.

Beboelsesrum

I beboelsesrum og dermed ligestillede rum bør varmeafgivelsen fra installationer, der ikke er beregnet til opvarmning af rummet, ikke på noget tidspunkt medføre større rumtemperaturstigninger end 2 °C.

Rum med varmeafgivende installationer

I rum med et stort omfang af varmeafgivende installationer, f.eks. varmecentraler, isoleres installationerne sådan, at temperaturen i tilgrænsende rum ikke bliver uacceptabel høj. Overfladetemperaturen på gulve i opholdsrum over varmecentraler og lignende bør ikke overstige 26 °C. Ved beregning af isoleringstykkelsen tages hensyn til de afgrænsende bygningsdeles isolering og ventilationen i rummet med de varmeafgivende installationer.

Disse regler kan være aktuelle ikke alene for varmtvandsinstallationen i sig selv men også for varmtvandsinstallationen sammen med andre varme installationer, og de kan betyde at isoleringen skal gøres bedre end anført i det foregående.

*Eksempel:*

Et rum har et varmetab på 30 W/ °C ved en indetemperatur på 20 °C og en udetemperatur på - 12 °C. I rummet findes 4 stk. gennemgående ledninger (varme frem og retur, varmtvandsfordelingsledning og -cirkulationsledning) i alt 10 m.

Varmeafgivelsen fra de fire rør må ikke overstige  $2 \cdot 30 = 60$  W eller 6 W/m rør i gennemsnit. Da varmerør normalt er isoleret i isoleringsklasse 2, kan man komme ud for at måtte forøge isoleringen på nogle af rørene, se figur 13.6.

**Isolering mod forbrænding mv.**

Isoleringsnormen indeholder et krav om sikring mod for høje overfladetemperaturer, der kan medføre forbrændingsskader eller skader på omgivelserne.

Max 50 °C overfladetemperatur

Varmtvandsinstallationer må derfor normalt ikke have højere overfladetemperatur end 50 °C. Retningslinjer for dimensionering af isoleringer er angivet i isoleringsnormen.

I varmtvandsinstallationer, der er isoleret mod varmetab, og hvor vandtemperaturer er under 60 °C, er supplerende isolering mod for høje overfladetemperaturer normalt unødvendig.

## Kondensisolering

Kondensdannelse

Kondensdannelsen på en lednings yderside sker, hvor ledningens overfladetemperatur er lavere end rumluftens dugpunkt.

Valg af isoleringstykkelse

For at undgå dette udføres en isolering af ledningerne, hvorved det opnås, at temperaturen på ledningens overflade hæves. Ved valg af en passende isoleringstykkelse opnås, at dugpunktstemperaturen optræder i selve isoleringslaget, og at overfladekondensering undgås. Da de fleste isoleringsmaterialer er diffusionsåbne, er det – for at undgå at isoleringslaget fyldes med vand – nødvendigt at afslutte isoleringen med et damp tæt lag, f.eks. en asfaltpap eller plastfolie, se [litt. 13.1].

Temperatur på yderside af isolering

Temperaturen på isoleringens yderside  $t_2$  kan bestemmes ud fra følgende formel:

$$k_r \cdot (T_e - T_i) = \alpha_2 \cdot (T_e - T_2) \cdot \pi \cdot (d_u + 2s)$$

Her er

$k_r$  transmissionskoefficienten for det isolerede rør i  $W/(m \cdot ^\circ C)$

$T_e$  rumluftens temperatur i  $^\circ C$

$T_2$  temperaturen på isoleringens yderside i  $^\circ C$

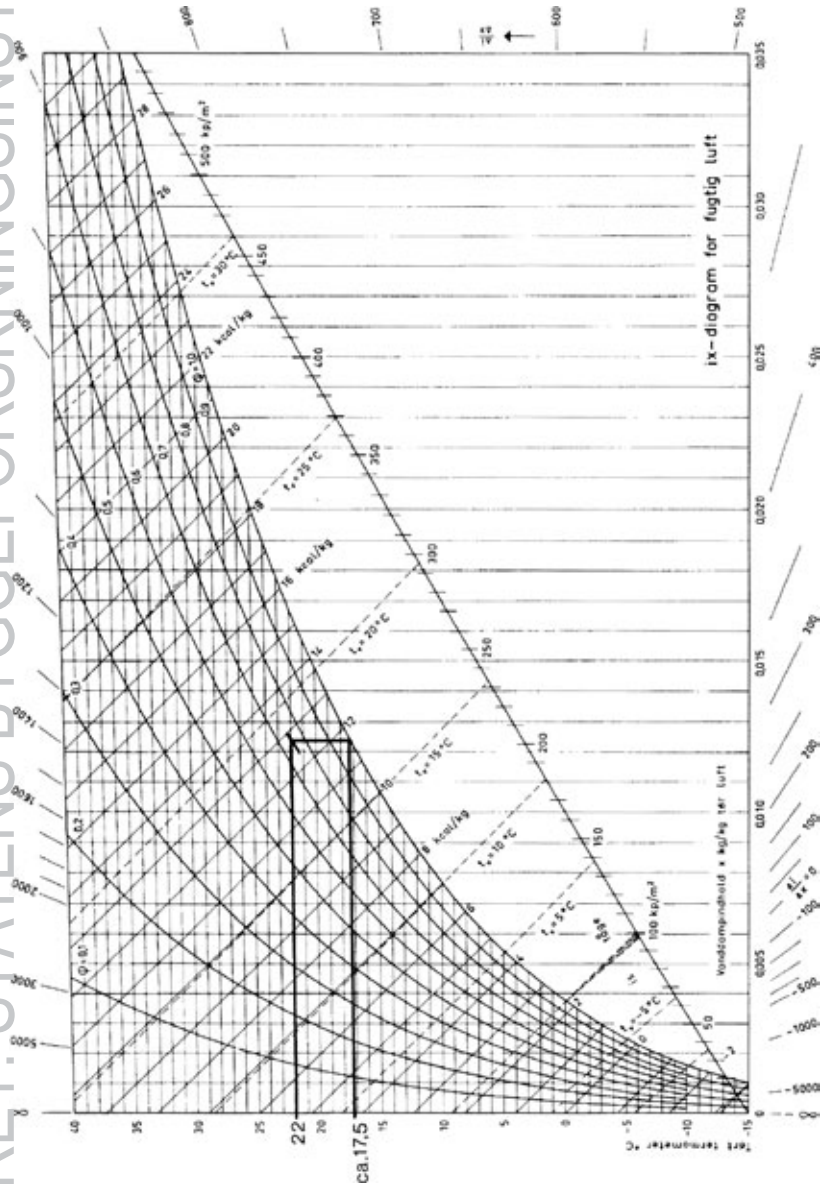
$T_i$  vandets temperatur i  $^\circ C$

$\alpha_2$  den udvendige varmeovergangskoefficient i  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

$d_u$  rørets udvendige diameter i m

$s$  isoleringslagets tykkelse i m (dvs.  $d_u + 2s$  er den færdigt isolerede lednings udvendige diameter).

$k_r$  og  $\alpha_2$  kan findes i figurerne 13.1, 13.2 og 13.4. Ved beregning af isoleringstykkelsen regnes oftest  $T_i = 7^\circ C$  koldt vands-temperatur.



Figur 13.7. Mollier-diagram.

Eksempel. I et rum haves  $T_e = 22^\circ\text{C}$  og  $\varphi = 0,75$ , find rumluftens dugpunktstemperatur.

Med  $T_e = 22^\circ\text{C}$  gås ind i diagrammet til et punkt midt mellem kurverne  $\varphi = 0,7$  og  $\varphi = 0,8$ .

Fra dette punkt gås lodret ned (konstant vanddampindhold) til skæring med kurven mærket  $\varphi = 1,0$ . Fra dette punkt følges temperaturkurverne til den lodrette akse, og temperaturen  $T_d =$  ca.  $17,5^\circ\text{C}$  aflæses.

Dugpunktstemperaturen

Rumluftens dugpunktstemperatur  $T_d$  afhænger af rumluftens temperatur og rumluftens relative fugtighed, og den kan bestemmes i et såkaldt Mollier-diagram for fugtig luft. Se figur 13.7.

Beregning af isoleringstykkelse

I normale tilfælde kan isoleringstykkelsen findes i tabellen i figur 13.8.

		Mindste isoleringstykkelse i mm								
		$T_i = + 5 \text{ }^\circ\text{C}$			$T_i = - 5 \text{ }^\circ\text{C}$			$T_i = - 15 \text{ }^\circ\text{C}$		
		$\lambda \text{ W/m} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$			$\lambda \text{ W/m} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$			$\lambda \text{ W/m} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$		
Rør- over- flade	$d_u$ mm	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,05
Ikke spejlende over- flade	10	7	9	10	12	15	18	16	20	24
	30	9	11	14	15	19	23	21	27	32
	100	11	14	17	19	25	31	27	35	43
	300	13	17	21	23	30	37	33	43	53
	plan	13	18	22	25	34	42	37	49	62
Metallisk blank overflade	10	12	15	19	21	27	33	29	38	47
	30	17	22	26	29	38	46	41	53	64
	100	23	31	37	42	54	66	59	76	92
	300	31	41	50	56	73	90	80	104	127
	plan	36	48	60	68	90	113	99	132	165

Mindste isoleringstykkelse i mm, som hindrer udvendig kondensation, afhængigt af vandtemperaturen  $T_i$ , udvendig rørdiameter  $d_u$ , isoleringsmaterialets varmeledningsevne  $\lambda$  og den udvendige overflades emissionsevne. Tabellen gælder ved en omgivelsestemperatur  $T_e$  på  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  og en luftfugtighed  $\varphi$  på 80 pct. Ved metallisk blank overflade forstås en overflade svarende til blankvalset aluminium.

Figur 13.8. Isoleringstykkelser ved isolering mod udvendig kondensation.

## Isolering mod frost

Vandinstallationer skal være frostsikre, og denne sikring bør kun undtagelsesvis ske ved isolering. Årsagen hertil er, at en isolering alene ikke hindrer frysning, men blot udsætter tidspunktet for tilfrysning.

Frostisolering vælges efter længden af det tidsinterval det må forventes, at installationsdelen er udsat for frost, og dimensioneringen kan ske som angivet i [litt. 13.1] og [litt. 13.2]. I normale tilfælde kan isoleringen vælges efter tabellen i figur 13.9.

		Mindste isoleringstykkelse i mm								
		$\tau = 12$ timer			$\tau = 24$ timer			$\tau = 48$ timer		
Rør-	$d_u/d_i$	$\lambda_i$ W/m · C			$\lambda_i$ W/m · C			$\lambda_i$ W/m · C		
materiale	mm	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,05
Kobber- rør	15/13	33	68	133	*	*	*	*	*	*
	22/20	8	14	21	36	68	122	*	*	*
	35/32	2	3	4	10	16	23	36	63	104
	54/51	0	0	0	3	5	6	12	18	26
Stålrør	21/16	19	33	54	90	*	*	*	*	*
	27/22	8	12	18	31	55	92	154	*	*
	34/27	4	6	9	17	27	41	63	121	*
	42/36	1	2	3	9	13	18	29	47	73

\* Frostbeskyttelse ved isolering ikke praktisk mulig.

Mindste isoleringstykkelse i mm, som hindrer frysning af rør, der indeholder vand, afhængigt af varmeledningsevne  $\lambda_i$ , udvendig og indvendig rørdiameter  $d_u$  og  $d_i$  samt længden af det tidsinterval  $\tau$ , hvori cirkulationen er afbrudt. Tabellen gælder for en omgivelsestemperatur  $T_e$  på  $-10$  °C og en vandtemperatur  $T_i$  på  $+10$  °C ved intervallets begyndelse. Den udvendige varmeovergangskoefficient  $\alpha_2$  sættes til  $8$  W/m<sup>2</sup> · °C. Hele rørtværsnittet regnes isfyldt ved intervallets slutning. For at opnå sikkerhed mod frostskafer bør isoleringen dimensioneres for en værdi af  $\tau$ , der er væsentlig større end længden af de virkeligt forekommende driftsafbrydelser.

En forøgelse af isoleringstykkelsen kan være nødvendig, hvis isoleringen gennembrydes af bæringer og lignende.

Figur 13.9. Isoleringstykkelser ved isolering mod frysning.

## Isolering mod uacceptabel opvarmning og afkøling af vandet

### Varmtvandsinstallationer

Varmtvandsinstallationer skal udføres således, at der ikke sker en uacceptabel afkøling. Beregning af afkøling og dimensionering af isolering kan ske som angivet i [litt. 13.1] og [litt. 13.2]. Normkravet vil normalt være opfyldt, når der er isoleret mod energitab, som angivet foran.

I varmtvandsledninger, der indgår i et cirkulationssystem, kan det være en god idé at øge isoleringstykkelsen for derved at begrænse varmetabet og den cirkulerende vandstrøm. Det bemærkes, at varmtvandstemperaturen ved tapstederne ikke bør være lavere end 50 °C af hensyn til bakterievækst.

### Koldtvandsinstallationer

Koldtvandsinstallationer skal udføres således, at der ikke sker en opvarmning, der bevirker, at vandet er uacceptabelt som drikkevand.

Beregning af opvarmningen og dimensionering af isolering kan ske som angivet i [litt. 13.1] og [litt. 13.2]. Normkravet vil i mindre installationer normalt være opfyldt, hvis der er isoleret mod kondens som anført foran.

I større installationer kan en mere detaljeret dimensionering være nødvendig.

## Varmeafgivelse fra uisolerede rør

Varmeafgivelse pr. meter rør fra uisolerede rør kan beregnes ved hjælp af formlerne

$$\Phi = k_r \cdot (T_i - T_e) \cdot L$$

og

$$\frac{l}{k_r} = \frac{\pi}{\frac{l}{2 \cdot \lambda_r} \cdot \ln \frac{d_u}{d_i} + \frac{l}{\alpha_2} \cdot d_u}$$

Her er

$\Phi$  varmeafgivelsen i W/m

$k_r$  varmetransmissionskoefficienten i W/(m · °C)

$\lambda_r$  rørmaterialets varmeledningsevne i W/(m<sup>2</sup> · °C)

$T_i$  vandets temperatur i °C

$T_e$  omgivelsernes temperatur i °C

$d_u$  rørets udvendige diameter i m

$d_i$  rørets indvendige diameter i m

$\alpha_2$  den udvendige varmeovergangskoefficient i W/(m<sup>2</sup> · °C)

Værdien for  $\alpha_2$  kan findes i figur 13.1.

Eksempler på varmeafgivelse for uisolerede rør er angivet i figur 13.10.

$d_u$ mm	Varmeafgivelse i W/m eller W/m <sup>2</sup>				
	$T_i$ , °C				
Vandrette rør	40	60	80	100	
10	9	21	35	50	W/m
20	16	38	63	91	W/m
50	36	83	138	200	W/m
100	67	153	253	367	W/m
200	124	282	467	679	W/m
Lodrette rør	190	445	748	1098	W/m <sup>2</sup>

Varmeafgivelse fra uisolerede overflader afhængigt af udvendig rørdiameter  $d_u$  og vandtemperatur  $T_i$ . Tabellen gælder for en omgivelsestemperatur  $T_e$  på 20 °C. Det forudsættes, at overfladen ikke er metalisk blank.

*Figur 13.10. Varmeafgivelse fra uisolerede rør.*

## KAPITEL 14

## Sikring mod fare, skader og ulemper

Krav til vand og vandinstallation .....	339
Normens krav .....	339
Vandkvalitet ved tapning .....	340
Tilført vands kvalitet .....	341
Sikring mod skader .....	341
Sprængninger .....	341
Skoldning og forbrænding .....	342
Sikring af drikkevandskvalitet .....	344
Sikring mod tilbagestrømning af tappet vand .....	344
Normens krav .....	344
Forureningsgrad af tappet og behandlet vand .....	344
Metoder til sikring mod tilbagestrømning .....	346
Eksempler på sikring mod tilbagestrømning af tappet vand .....	348
Rensning af installation .....	352
Forurening ved udførelse .....	352
Gennemskylning .....	352
Rensning efter forurening .....	352
Krav til materialer .....	353
Ubenyttede installationer .....	353
Forureningsrisiko .....	353
Ubenyttede dele af en installation .....	353
Sjældent benyttede dele af en installation .....	354
Tømning af installationer .....	354
Indtrængning af sundhedsfarlige stoffer .....	355

## Krav til vand og vandinstallation

**Normens krav**

Overordnede krav

Normen stiller følgende overordnede krav:

Vandinstallationer udføres således, at de ikke giver anledning

til fare eller ulemper for personer og husdyr eller til skader på ting, f.eks. andre bygningsdele og installationer samt andre genstande i bygning og tilhørende grundareal.

Detaljerede krav

Ovenstående overordnede krav detaljeres i normen i en række detailkrav, der er nærmere omtalt i det følgende.

Det overordnede krav vedrører kun selve vandinstallationen, og for at sikre forsyningsnettet – og dermed andre vandinstallationer – stiller normen yderligere følgende krav:

Nyanlæg

Ved nyanlæg af installationer skal der, til sikring af vandforsyningsanlægget imod forurening hidrørende fra svigtende tilbagestrømningssikring fra installationsgenstande – vandvarmere, vandbehandlingsanlæg med mere – monteres en kontraventil, enten på fordelingsledningen umiddelbart efter jordledningens indføring i ejendommen eller i ejendommens vandmåler.

### Vandkvalitet ved tåpning

Krav til drikkevand

Vand, der tappes fra vandinstallationer, skal opfylde de krav til drikkevand, der fastsættes af Miljøministeriet. Kravene til drikkevand er angivet i EF's drikkevandsdirektiv [litt. 14.1]. Det bemærkes, at kravene vedrører det tappede vand, og at det er en forudsætning, at det vand, der tilføres installationen, opfylder kravene.

Vandbehandling

Anlæg til ændring af vandets kemiske eller bakteriologiske beskaffenhed må kun anbringes i vandinstallationen efter tilladelse fra myndigheden og kun, såfremt det behandlede vand alene anvendes til teknisk brug.

Anlæg til opvarmning af vand, anoder af aluminium og magnesium, elektrolytiske anlæg samt visse magnetiske vandbehandlingsanlæg og grovmaskede mekaniske filtre anses ikke for at påvirke vandkvaliteten.

Vand til teknisk brug

Installationer for vand til teknisk brug eller installationer, der af andre grunde medfører, at kravene til drikkevandskvaliteten ikke er opfyldt, skal være mærket på en sådan måde, at fejlagtig brug undgås.

Ledninger for behandlet vand mærkes f.eks. med særlig farve eller ifølge Dansk Standard, DS 134, »Farver og kendingsbogstaver på rørledninger til anvendelse på tegninger og

rør anlæg«. Aftapningsarmaturer og apparater mærkes »Ikke drikkevand«.

Vand til vaskemaskiner og opvaskemaskiner – også til almindelige husholdninger – betragtes som vand til teknisk brug, når det behandlede vand udelukkende benyttes til disse apparater, se kapitel 10.

Miljøministeriets krav

### **Tilført vands kvalitet**

Vand, som tilføres, forudsættes i fysisk, kemisk og bakteriologisk henseende at opfylde de krav som Miljøministeriet stiller til drikkevand.

Vand fra vandforsyningsanlæg, der er underkastet myndighedernes tilsyn, forudsættes at være tilfredsstillende.

Forbindelse mellem vandforsyninger

En vandinstallation, der er tilsluttet et alment vandforsyningsanlæg (offentlig eller privat fællesvandværk), må ikke samtidig kunne sættes i forbindelse med andre vandindvindingsanlæg såsom nødforsyningsanlæg og mindre ikke-almene anlæg.

Ønskes nødforsyning etableret mellem vandindvindingsanlæg i tilfælde af, at den ene eller den anden vandforsyning skulle svigte, må forbindelsen etableres på en sådan måde, at de to anlæg ikke kan sættes i direkte forbindelse med hinanden.

Tilslutningen kan f.eks. etableres over en åben beholder, hvor begge ledninger udmunder frit over højeste vandspejl, eller ved hjælp af pasrør, der kun kan monteres enten på den ene eller den anden forbindelse. Kontraventiler anses ikke for tilfredsstillende sikring ved en permanent forbindelse, men den skal dog være der.

Vandforsyningsanlæg udføres efter DIF's Norm for almene vandforsyningsanlæg, DS 442 [litt. 14.2] og Norm for ikke-almene vandforsyningsanlæg, DS 441 [litt. 14.3].

## **Sikring mod skader**

### **Sprængninger**

Vandinstallationer skal udformes på en sådan måde, at der ikke opstår risiko for sprængninger.

## Materialekrav

Kravet er dobbeltsidigt; dels skal der sikres mod skadelige tryk, dels skal installationer udføres af materialer og komponenter, der kan modstå de tryk, der kan forekomme.

## Trykforøgelse ved opvarmning

Krav til materialer og komponenter er nærmere omtalt i kapitel 6.

Opvarmning af vand skal ske således, at der ikke opstår skadelige tryk og således at vandtemperaturen ikke overstiger 95 °C ved normal drift. Foranstaltningerne er nærmere omtalt i kapitel 9.

## Trykstød

Vandinstallationer skal udformes således, at der ikke opstår skadelige trykstød.

Undgåelse af trykstød sker dels ved at vælge armaturer, der ikke lukker for hurtigt, dels ved at udforme installationer således, at trykstød ikke forplanter sig ud i installationen. Udformning af installationer er nærmere omtalt i kapitel 19.

## Trykforøgeranlæg

Trykforøgeranlæg skal udføres således, at trykket ikke kan overstige prøvetrykket.

Trykforøgeranlæg skal være forsynet med automatisk virkende afbryder, der træder i funktion ved et tryk, der er mindre end eller lig med prøvetrykket, samt ved et tryk på sugesiden på mindre end 100 kPa.

## Eksplosionsfare

Trykforøgeranlæg skal være forsynet med let aflæselige trykmålere. Trykforøgeranlæg er nærmere omtalt i kapitel 11.

Vandinstallationer skal udføres således, at der ikke dannes eksplosionsfarlige luftarter.

Dette krav er især relevant ved elektrolyseanlæg, hvor en overbehandling af vandet kan medføre brintudvikling.

## Frostsprængning

Vedrørende sikring mod frostsprængning, se kapitel 19.

**Skoldning og forbrænding**

Vandinstallationer skal udføres således, at der ved tapning af vand ikke opstår risiko for skoldning, og således at der ikke forekommer overfladetemperaturer, der kan medføre skader på personer.

## Skoldning

For boliger og lignende, hvor brugerne selv kan reagere mod skoldningsfare (i modsætning til f.eks. plejehjemsbeboere), angiver normen, at kravet er opfyldt, hvis man sikrer sig, at temperaturen på det varme vand ikke kan overstige 65 °C.

Det kan man f. eks. sikre sig på følgende måder:

- Varmtvandstemperaturen i vandvarmeren styres således at den ikke kan overstige 65 °C.
- Der iblandes centralt koldt vand, så varmtvandstemperaturen ikke kan overstige 65 °C.
- Der anbringes termostatblander ved de enkelte tapsteder, der er indstillet således, at temperaturen på det udstømmende vand ikke kan overstige 65 C.

Det skal bemærkes, at man for at undgå en stærkt forøget risiko for kalkafsætning og korrosion, ikke bør have højere vandtemperatur end ca. 60 °C.

Valg af vandvarmer

Ved valg af vandvarmer bør man sikre sig, at vandvarmerens styring og regulering er således, at vandtemperaturen ikke kan overstige 65 °C. I visse typer af kedelunits og gennemstrømningsvandvarmere kan dette ikke lade sig gøre, og man bør derfor sikre sig mod for høje vandtemperaturer, f.eks. ved at anvende termostatblandere.

Institutioner

I børnehaver, vuggestuer, plejehjem, plejeafdelinger og lignende steder, hvor brugerne ikke kan forventes at reagere mod skoldning, bør man sikre sig, at det udstømmende vands temperatur ikke kan overstige ca. 38 °C. Det kan f.eks. gøres ved at anvende termostatblandere, hvis indstillingsmuligheder er begrænset til temperaturer, der er lavere end 38 °C.

Det bemærkes, at man ifølge normen normalt bør holde temperaturen ved tapstederne på mindst 50 °C for at undgå bakterievækst. I de tilfælde, hvor man skal overholde kravet om max. 38 °C, bør man derfor ikke gøre dette ved at holde vandvarmeren på 38 °C eller ved centralt at iblande koldt vand.

Udløb fra sikkerhedsventiler

Udløb fra sikkerhedsventiler skal udføres således, at udstømmende varmt vand ikke kan medføre risiko for skoldning. Udløbet skal endvidere foregå synligt (dvs. kontrollerbart) og farefrit, og det udstømmende vand skal føres til afløb. Sikkerhedsventilens udløb kan f.eks. udmunde

- ved gulv i rum med gulvafløb, helst umiddelbart over gulvafløbet
- i eller over en tragt, der er forbundet med vandlås, der er sikret efterfyldning, f.eks. fra en håndvask
- over sanitetsgenstand, f.eks. en rengøringsvask.

For høje overfladetemperaturer

Sikring mod for høje overfladetemperaturer sker normalt ved isolering som angivet i kapitel 13. Normen angiver i øvrigt, at

- overfladetemperaturen på uisolerede installationsgenstande i lejligheder og lignende ikke bør overstige 65 °C. I kælder-rum og lignende dog 90 °C
- man kan se bort fra kravet på koblingsledninger i samme rum som taparmaturet.

## Sikring af drikkevandskvalitet

Normkrav

Installationer for drikkevand udføres således, at det vand, der kan tappes, opfylder kravene til drikkevand. Dette krav er et af normens vigtigste krav og det vedrører såvel udformning af installationen som valg af materialer, udførelsesmetoder og drift af installationer.

Som en grundforudsætning angiver normen, at behandlet vand og drikkevand, der er tappet, principielt må anses for at være forurenset.

## Sikring mod tilbagestrømning af tappet vand

### Normens krav

Installationer for drikkevand skal udformes således, at vand, der er tappet ved et tapsted, ikke kan strømme tilbage til drikkevandsinstallationen.


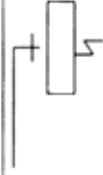


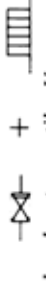
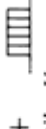



Foranstaltninger til sikring mod tilbagestrømning af behandlet vand afpasses efter det behandlede vands sundhedsfarlighed og installationens art og brug.

Drikkevand anses for tappet, når det har forladt drikkevandsinstallationen, f.eks. via et taparmatur til en installationsgenstand (WC-cisterne, køkkenvask o.lign.)

### Forureningsgrad af tappet og behandlet vand

Normens vejledning opdeler det tappede og behandlede vand i fem forureningsgrader, se figur 14.1.

Tappet vand

Forureningsgrad	Forureningens eller risikoens art	Eksempler på lokaler/tapsteder og vandbehandlingsanlæg hvor risiko for forurening kan forekomme	Sikringsmetode
1	Stærkt koncentrerede giftstoffer eller særlig farlige vira og bakterier	Kemiske industrier laboratorier	 $\downarrow$ <i>Luftgab</i> $\uparrow$ $\geq 50$ mm
2	Apparater og udstyr, hvori forekommer eller tilsættes sundhedsfarlige stoffer	Doseringsapparater i f.eks. gartnerier og stalde	 $\downarrow$ <i>Luftgab</i> $\uparrow$ $\geq 20$ mm
3	Apparater og udstyr, hvori vira, sygdomsfremkaldende bakterier, afføring eller urin forekommer	Vandlosetter, urinaler, bidet'er, bækkenskyllere, vaskemaskiner og opvaskemaskiner i sygehuse	$\downarrow$ <i>Luftgab</i> $\uparrow$ $\geq 20$ mm <i>eller:</i> <i>åben rørfbryder indbygget i skylleventil eller separat</i>
4	Stoffer, der kun i større mængder er sundhedsfarlige (chlorider, sulfater, nitrater, vaskemidler etc.)	Afhærdnings- og blødgøringsanlæg, husholdningsmaskiner, rengøringsmaskiner	 +  <i>Kontraventil</i> + <i>Vacuumventil</i>  +  <i>Kontrollerbar kontraventil</i> + <i>Vacuumventil</i>
5	Ikke-sundhedsfarlige stoffer, der giver ulemper i form af f.eks. misfarvning, ilde lugt eller smag (jern- og manganforbindelser, alger, ikke-patogene bakterier etc.)	Cisterner, badekar, håndvaske, periodevis ubenyttede installationsanlæg, brandslukningsanlæg	 <i>Kontraventil</i> <i>eller</i>  <i>vacuumventil</i> <i>eller</i>  <i>luftgab</i> $\downarrow$ $\geq 20$ mm $\uparrow$

Figur 14.1. Forureningsgrader og sikringsmetoder

Afgørende for forureningsgraden er, hvad en installationsgenstand bruges til, og hvor den er placeret. Eksempelvis kan nævnes, at en udslavningsvask i et kemisk laboratorium henføres til forureningsgrad 1, mens en vask i en bolig henføres til forureningsgrad 5.

## Metoder til sikring mod tilbagestrømning

Luftgab

Ved luftgab forstås den fri højde mellem en tapventils udløbstud og den højest tænkelige vandstand i den installationsgenstand, beholder og lignende, som tapventilen er anbragt over. Hvis installationsgenstanden er forsynet med overløb, og hvis dette med sikkerhed kan bortføre den størst tilførte vandmængde, kan afstanden regnes hertil. Hvis der ved bidet, håndvask og køkkenvask findes overløb, anses dette ikke for at have tilstrækkelig kapacitet, og højden regnes derfor her over installationsgenstandens overkant.

Normen

I normen regnes med to højder af luftgab:

- 50 mm luftgab, der anvendes ved forureningsgrad 1
- 20 mm luftgab, der er tilstrækkelig ved forureningsgraderne 2-5.

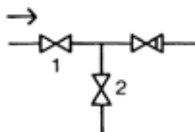
Kontraventil

En kontraventil er et armatur, der kun tillader gennemstrømning i én retning. Kontraventiler er nærmere omtalt i kapitel 7.

I forureningsteknisk henseende skelnes mellem almindelige kontraventiler og kontrollerbare kontraventiler.

Kontrollerbar  
kontraventil

Den kontrollerbare ventil er en kontraventil, der er udformet eller anbragt på en sådan måde, at dens funktion kan kontrolleres. En almindelig kontraventil kan gøres kontrollerbar, hvis den indbygges som vist på figur 14.2.



Figur 14.2. Kontrollerbar kontraventil. Den tilladte strømningsretning er mod højre. Ved kontrol lukkes afspærringsventilen (1) og ventilen (2) åbnes.

## Vacuumventil

En vacuumventil er en ventil, der åbner til den omgivende luft hvis der opstår undertryk i vandinstallationen. Derved udelukkes en eventuel hævertvirkning. Vacuumventilen kan anbringes, enten så den normalt står under tryk (højtryksvacuumventil), eller så den kun er under tryk, når der åbnes for en tapventil (lavtryksvacuumventil), se kapitel 7.

## Placering

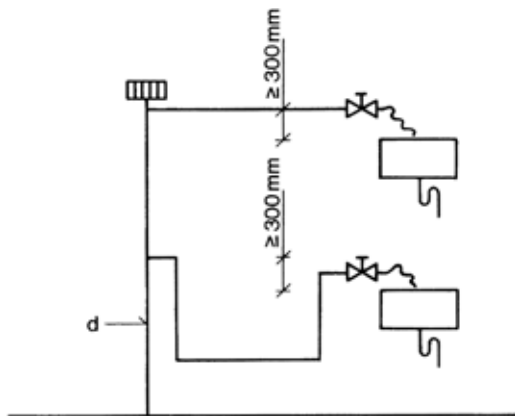
Vacuumventiler anbringes direkte på tilgangsledningen i et T-stykke, hvis højde over overkanten af installationsgenstanden (eventuelt overløbet efter samme kriterier som angivet under luftgab) er mindst 300 mm.

Lavere monteringshøjde tillades kun i sammenbyggede armaturer, hvor særlig typegodkendelse foreligger.

I stedet for vacuumventiler ved de enkelte installationsgenstande kan der anbringes en fælles vacuumventil for hver opgående fordelingsledning. Det er dog her en forudsætning, at afgreningen på den opgående fordelingsledning er anbragt i en højde af mindst 300 mm over installationsgenstandenes overkant, se figur 14.3.

## Åben rørfbryder

En åben rørfbryder er en rørdel til hvis indre luften har permanent adgang, og den kan f.eks. være udformet efter ejetorprincippet. Rørfbrydere anbringes i en højde af mindst 20 mm over installationsgenstandens overkant. Åbne rørfbry-



Figur 14.3. Sikring mod tilbagestrømning af flere installationsgenstande med fælles vacuumventil. Vacuumventilens dimension  $a$ -hænger af fordelingsledningens dimension ( $d$ ). Vacuumventilens dimension findes i VA-godkendelsen.

dere i forbindelse med skylleventiler ved WC'er eller bækenskyllere anbringes dog altid mindst 300 mm over skålens overkant.

Andre typer

Ud over ovennævnte armaturer findes også andre typer af tilbagestrømningssikringer, f.eks. sikringer der er indbygget i blandearmaturer med omstilling fra kar til bruser.

## Eksempler på sikring mod tilbagestrømning af tappet vand

Håndbrusere

Håndbrusere anvendes f.eks. ved brusebade, køkkenvaske og lignende, hvor der normalt er tale om risiko for forurening svarende til forureningsgrad 5, se figur 14.1. Sikringen mod tilbagestrømning kan foretages med en kontraventil, en vacuumventil eller på anden VA-godkendt måde.

Påfyldning af varmeanlæg

Ved påfyldning af varmeanlæg afgøres sikringen mod tilbagestrømning af, hvordan påfyldning foretages, og af om vandet i varmeanlægget behandles, herunder tilsættes f.eks. korrosionshæmmende stoffer.

Hvor der er tale om manuelt styret påfyldning af varmeanlæg, og hvor vandet ikke behandles, kan sikringen foretages efter forureningsgrad 5, f.eks. med en kontraventil. Forbindelsen til varmeanlægget kan være en slange eller en permanent rørforbindelse.

Hvor der er tale om varmeanlæg, hvor vandet blødgøres eller afhærdes, f.eks. ved ionbytning, sker sikringen efter forureningsgrad 4, dvs. med kontraventil og vacuumventil. Når påfyldningen sker automatisk, bør kontraventilen være kontrollerbar.

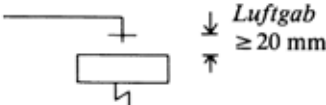
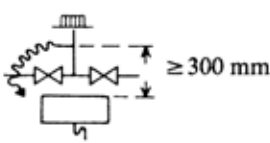
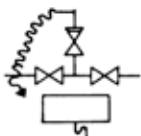
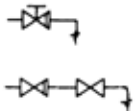
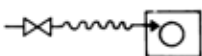
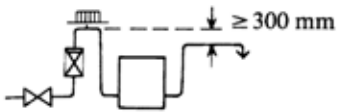
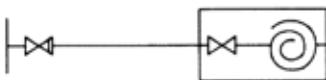

Hvor der er tale om varmeanlæg, hvor vandet tilsættes giftige stoffer, f.eks. visse korrosionshæmmende stoffer, skal sikringen mod tilbagestrømning ske efter den aktuelle forureningsgrad, normalt 1 eller 2, dvs. normalt med luftgab.

Spulehaner

Normale tapventiler med slangeforskruning, f.eks. beregnet for havevanding eller gulvspuling, kan sikres med kontraventil (forureningsgrad 5).

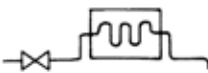
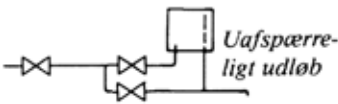
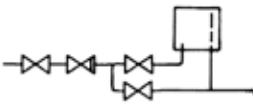
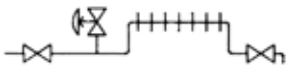
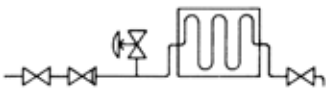

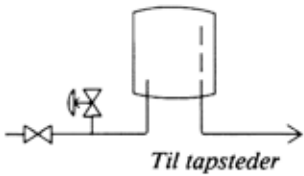
Eksempler på sikringsmetoder er vist i figur 14.4.

Sikring mod tilbagestrømning fra vandvarmere er behandlet i kapitel 9.

Type	Betegnelse	Sikringsmetode
Tapventil uden forskrunding eller kobling på udløbet	Med udløb over installationsgenstandens kant	
	Med udløb under installationsgenstandens kant	
	Ikke-stilbar kontraventil på udløb eller kontraventil på såvel koldt vandstilgang som varmt vandstilgang	
Tapventil med forskrunding eller kobling på udløbet	Spuleventil eller påfyldningsventil	
Afspærringsventil for ét apparat	VA-godkendt apparat med indbygget tilbagestrømningssikring permanent tilsluttet vandinstallationen	
Vandbehandlingsanlæg		
Brandslukningsanlæg <sup>3)</sup>	Vandfyldte slangevindere	
Ikke-trykfast anlæg til varmtvandsproduktion	Gennemstrømningsvandvarmer, direkte opvarmet (f.eks. el eller gas)	

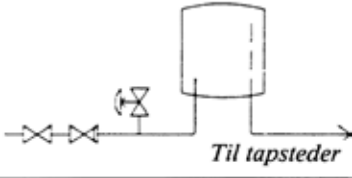
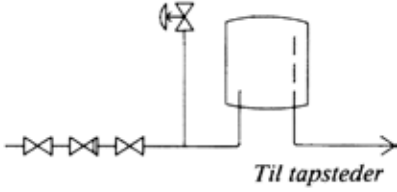
(Figur 14.4 fortsættes)

(Figur 14.4 fortsat)








Type	Betegnelse	Sikringsmetode
	Gennemstrømningsvandvarmer, indirekte opvarmet (f.eks. fjernvarme)	
	Varmtvandsbeholder med maks. 10 l volumen	
	Varmtvandsbeholder med mere end 10 l volumen <sup>1)</sup>	
Trykfaste anlæg til varmtvandsproduktion	Gennemstrømningsvandvarmer, direkte opvarmet (f.eks. el eller gas) <sup>2)</sup>	
	Gennemstrømningsvandvarmer, indirekte opvarmet, varmemedietryk > brugsvandstryk (f.eks. fjernvarme) <sup>1)</sup>	
	Gennemstrømningsvandvarmer, indirekte opvarmet, varmemedietryk < brugsvandstryk (f.eks. centralvarme) <sup>2)</sup>	
	Varmtvandsbeholder med maks. 10 l volumen, direkte opvarmet (f.eks. el eller gas)	

(Figur 14.4 fortsættes)

(Figur 14.4 fortsat)

Type	Betegnelse	Sikringsmetode
	Varmtvandsbeholder med maks. 300 l volumen <sup>1)</sup>	 <p>Til tapsteder</p>
	Varmtvandsbeholder med mere end 300 l volumen	 <p>Til tapsteder</p>

	Afspærringsventil		Sikkerhedsventil
	Kontraventil		Tapventil
	Kontraventil, kontrollerbar		Vacuumventil
	Kontraventil, stilbar		

- 1) Afspærringsventil og kontraventil kan evt. erstattes af en stilbar kontraventil.
- 2) For alle trykfaste gennemstrømningsvandvarmere er det i de her viste eksempler forudsat, at det opvarmede vandvolumen er mindre end 10 l. Hvis volumenet er større end 10 l, skal der altid anbringes en afspærringsventil, en kontraventil og en sikkerhedsventil på tilgangsledningen.
- 3) Udføres efter regler angivet i:
  - Bygningsreglementet.
  - Statens Brandinspektions »Tekniske forskrifter for brandfarlig virksomhed og oplag«.
  - DANFOR's »Forskrifter for brandslukningsudstyr«.
  - Dansk Brandværns-Komités Brandtekniske vejledning nr. 15.

Figur 14.4. Eksempler på sikring mod tilbagestrømning.

## Rensning af installation

En vigtig del af sikringen af vandkvaliteten er at rense installationen før ibrugtagning efter nyanlæg og reparationer, og efter at installationen har været udsat for eventuelle sundhedsfarlige stoffer.

### Forurening ved udførelse

Ved nyanlæg og reparationer mv. er der risiko for, at installationen tilføres stoffer, der forringer vandkvaliteten.

Hvis der ved udførelsen af vandinstallationer anvendes hjælpemidler, som forringer vandkvaliteten, eller som kan give anledning til skader på rørinstallationer (f.eks. køle-, smøre- og flusmidler), skal hjælpemidlerne være lette at fjerne, og fjernelsen skal ske inden ibrugtagningen.

Ved udførelse og reparationer er der ligeledes risiko for, at der kommer jord og snavs og andre urenheder ind i installationen.

### Gennemskylning

Det er et normkrav, at der skal foretages en gennemskylning med drikkevand, før en vandinstallation eller en del af installationen tages i brug – også efter reparation.

Gennemskylningen skal foretages således, at alle dele af installationen bliver rensset. Man bør sikre sig, at alle tapventiler kan lukke tæt efter gennemskylningen.

### Rensning efter forurening

Hvis installationen kan have været udsat for inficerende/ sundhedsfarlige stoffer, skal der foretages sådanne foranstaltninger, at der skabes sikkerhed for, at installationen atter bliver sundhedsmæssigt forsvarlig. Disse foranstaltninger skal foretages efter aftale med myndighederne.

Forureningen kan f.eks. være køle-/smøremidler (anvendt ved gevindskæring mv.) og bakterier, men også en forurening efter tilbagestrømning af tappet eller behandlet vand.

Er der risiko for, at der sker forurening, kan det være nødvendigt at foretage en desinficering af ledningsnettet. Den må kun foretages efter samråd med myndigheden. Der skal deref-

Krav til hjælpemidler

Snavs mv.

Myndigheder

Desinficering

## Udsyring

ter foretages en grundig gennemskylning af installationen, og det skal fastslås – eventuelt ved laboratorieundersøgelse – at forholdene er i orden, før installationen tages i brug igen.

Det kan være nødvendigt med mellemrum at foretage en behandling, f.eks. udsyring, af varmtvandsinstallationer for at fjerne kalkaflejringer. Installationen må først tages i brug efter tilstrækkelig gennemskylning.

### Krav til materialer

Normen stiller som et krav, at vandinstallationer skal udføres af materialer, der ikke afgiver sundhedsfarlige stoffer til vandet eller omgivelserne i sådanne mængder, at der opstår forureningsrisiko. Kravet vedrører alle materialer, der indgår i installationen, f.eks. i rør, armaturer og pakninger. Opfyldelsen af kravet sikres gennem anvendelse af VA-godkendte materialer og komponenter.

## Misfarvning af vandet

Et stykke tid efter ibrugtagningen af kobberinstallationer kan man komme ud for en misfarvning af vandet. Denne vil ofte forsvinde efter et par måneders drift, når der er dannet et beskyttelseslag på rørvæggene. I sjældnere tilfælde kan kobberafgivelse dog fortsætte i flere år.

### Ubenyttede installationer

**Forureningsrisiko**

Når vand har henstået i en del af en vandinstallation i korte eller længere tid, er der risiko for at vandet ikke opfylder kravene til drikkevand. Grunde til dette kan være, at der kan forekomme bakterievækst eller misfarvning, og at vandets iltindhold (friskhed) reduceres.

## Afmontering

**Ubenyttede dele af en installation**

Normen stiller krav om at dele af en vandinstallation, der ikke mere benyttes, skal afmonteres fra den del af installationen, der er i brug.

Afmonteringen bør ske umiddelbart ved afgrening fra den del af installationen, der er i brug.

**Sjældent benyttede dele af en installation**

Dele af en vandinstallation, der i mere end et år forventes at være ubenyttet, skal kunne afspærres og tømmes. Dette gælder dog ikke for brandslukningsinstallationer.

Som en næsten generel regel bør man ved planlægning af en installation sikre, at alle dele af installationen sikres en hyppig gennemstrømning (vandfornyelse). Man bør således sørge for

- at sjældent benyttede tapsteder ikke er placeret yderst i installationen og
- at lange sideledninger til sjældent benyttede tapsteder undgås.

Sommerhuse m.m.

Ledningsanlæg, der er ubenyttet kortere tid end ca. ½-1 år som f.eks. i sommerhuse, behøver ikke at tømmes af hensyn til forureningsfaren, men derimod hvis der er frostfare.

Der henvises til kapitel 12.

Brandsluknings-  
installationer**Tømning af installationer**

Normens krav

Normen stiller følgende krav:

- Tømning af en midlertidigt ubenyttet installation skal kunne foregå således, at der ikke er risiko for forurening af installationen.
- Tømningsanordninger skal udføres således, at forurenende organismer og stoffer ikke kan trænge ind i installationen.

Tømning til  
afløbsinstallation

Når tømning sker til en afløbsinstallation må dette ikke ske ved en direkte tilslutning. Der bør være et rigeligt luftgab (min. 50 mm) for at sikre mod tilbagestrømning. Hvis tømninger sker til en brønd, der har afløb til afløbsinstallation, skal man sikre sig, at det højeste vandspejl f.eks. under opstemning ikke er højere end at nævnte luftgab er til stede.

Tømning til jord

Tømning til nedrivningsbrønd eller lignende vil kunne tillades, hvor der ikke er risiko for at grundvand og nedrivende overfladevand mv. kan trænge ind i installationen, eller hvis installationen indrettes således, at den afspærres (lukkes) efter tømningen. Den traditionelle 3-vejsventil kan således ikke

## Let tømning

anvendes alene i dette tilfælde, da den ikke kan lukkes efter tømningen. Den må suppleres med en afspærringsventil på forsynings siden.

Tømmeanordninger og installationer i øvrigt bør udføres således, at tømningen er let at foretage, tager rimelig kort tid og således, at det er let at kontrollere, at tømningen er effektiv. Tømningen bør normalt kun skulle foregå ét sted, og den del af installationen, der skal tømmes, bør have rigeligt fald mod tømmepunktet. Det kan normalt accepteres, at tømningen foregår med trykluft eller pumpe, såfremt der foreligger udførlig tømning sinstruktion.

I øvrigt henvises til kapitel 19.

## Indtrængning af sundhedsfarlige stoffer

Hvor drikkevandsinstallationer kan komme i berøring med sundhedsfarlige stoffer, skal installationerne udføres således, at der ikke kan opstå sundhedsfare.

## Diffusion

Ledninger af polyethylen, f.eks. PEH, PEM, PEL og PEX, er ikke tilstrækkeligt diffusionstætte over for visse kulbrinter. Det betyder, at disse materialer ikke kan bruges i jord på tankstationer og lignende steder, hvor der er risiko for ud- og nedsivning af olie og benzin, som kan diffundere ind gennem rørvæggen.

Af samme grunde skal vandledninger lægges i så stor afstand som muligt fra tanke for gas, olie og benzin mv. Den fri afstand mellem parallelle ledninger for drikkevand og gas, olie samt benzin bør være mindst 1 m.

## Indtrængning gennem utætheder

Rørledninger og beholdere mv. til drikkevand, som kan komme i forbindelse med flydende eller luftformige stoffer, der kan stå under højere tryk end vandledningstrykket, skal udformes således eller være af sådanne materialer, at der kan ses bort fra risikoen for indtrængning af fremmede stoffer i vandinstallationen ved korrosion mv.

Risikoen for indtrængning er til stede, både når trykket permanent er højere i omgivelserne, og når vandtrykket i installationen midlertidigt forsvinder, f.eks. under reparation.

Disse forhold betyder, at vandledninger normalt ikke bør lægges i samme ledningsgrav som afløbs- og fjernvarmeled-

ninger mv. Hvis de lægges i samme grav, bør der være en fri afstand mellem ledningerne på mindst 0,5 m, og vandledningen bør altid ligge højere end afløbsledningen.

Et af de mest almindeligt forekommende steder, hvor der er risiko for indtrængen af fremmede stoffer, er i vandvarmere. Her kan varmemediet stå under højt tryk og være tilsat f.eks. korrosionshæmmende stoffer, frostvæske mv. Sikring mod indtrængen er i dette tilfælde behandlet i kapitel 9.

## KAPITEL 15

## Støj

Lyd .....	358
Lydtryk.....	358
Svingninger.....	360
Lovmæssige bestemmelser.....	361
Gyldighedsområde.....	361
Bestemmelsernes indhold .....	361
Kontrol af bestemmelsernes overholdelse .....	362
Vanskeligheder med overholdelse af støjbestemmelserne.....	363
Støjens opståen.....	363
Omsætning af energi.....	363
Støjklender.....	364
Armaturer.....	364
Støjsvage modstande.....	364
Luftblandere.....	365
Strålesamlere.....	366
Vaske- og opvaskemaskiner.....	367
Cisterner.....	368
Badekar.....	368
Støj fra armaturer .....	368
Strømning gennem en modstand.....	368
Måling af støj.....	369
Anvendelse af målte værdier .....	370
Opdeling af armaturer i støjgrupper.....	371
Data i godkendelsesblad .....	372

Støjens udbredelse.....	372
Svingninger i rørsystemet .....	373
Svingninger i bygningsdele .....	374
Støjudbredelse i rørsystemet.....	374
Støjdæmpning.....	374
Projektering med henblik på støjreduktion .....	375
Fremgangsmåde ved projektering.....	375
Valg af armaturer .....	376

Støj fra vandinstallationer er en af de hyppigste årsager til klager over installationsstøj. Der er gjort meget for at mindske dette problem – dels gennem myndighedskrav og dels gennem udvikling af bedre komponenter, især aftapningsarmaturer. Man kan sige, at baggrunden for at projektere og udføre en støjsvag installation stort set er til stede, men det er ikke altid, at disse muligheder udnyttes fuldt ud.

I dette kapitel er der først søgt givet nogle enkle beskrivelser af lydens væsen og opførsel. Der er derefter givet en oversigt over lovkraft og endelig givet grundlag for dimensioneringen og dens gennemførelse.

## Lyd

Den ydre, fysiske årsag til et lydindtryk er tryksvingninger i luften. Disse tryksvingninger sætter ørets trommehinde i svingning. Fra trommehinden forplantes svingningerne gennem ørets komplicerede mekanisme, hvor de omsættes til elektriske svingninger, der sendes til hjernen.

### Lydtryk

Tryksvingningerne, dvs. skiftevis over- og undertryk i forhold til det øjeblikkelige atmosfæretryk, kaldes for lydtrykket. Tryksvingningerne er meget små i forhold til atmosfæretrykket, normalt er de langt under en tusindedel af dette. Der skal derfor anvendes fintmærkende instrumenter til at måle lydtryk.

Hvis man målte lydtrykket, som man almindeligvis måler et

Beskrivelse,  
lovkraft og  
dimensionering

Fysiologi

Lydtrykmåling

Lydtrykkets  
variation

tryk, ville viseren blot stå og svinge frem og tilbage omkring nulstillingen (atmosfæretryk). Derfor indretter man lydtrykmålere, så de måler lydtrykkets effektivværdi – det er en slags middelværdi baseret på lydtrykkets kvadrat, og derfor indgår udslaget både for over- og undertryk som positive størrelser.

Størrelsen af lydtrykket for de lyde, vi udsættes for, kan variere meget. Forholdet mellem et lydtryk svarende til en lyd, man lige akkurat kan høre, og lydtryk for en lyd, der kan give smertefornemmelser, kan være som 1 til ca. 1.000.000. Dette gør, at lydtrykket er en lidt upraktisk størrelse at regne med. I stedet for at måle lydtrykket måler man derfor lydtrykkets størrelse i relation til en referencestørrelse. Et sådant niveaubegreb er i øvrigt ikke knyttet til lydtryk alene.

Niveau og decibel

Har man en vilkårlig størrelse  $A$ , til hvilken man vil finde det tilsvarende niveau, dividerer man det først med en vedtaget referencestørrelse  $A_0$

$$\frac{A}{A_0}$$

Til dette forhold tager man logaritmen

$$\log \frac{A}{A_0}$$

Denne størrelse, som er et bestemt logaritmisk forhold, kaldes det til  $A$  hørende niveau angivet i bel, som ikke er en enhed, men en betegnelse, der skal minde om, hvordan niveauet hørende til  $A$  er regnet ud. Normalt angiver man ikke et niveau i bel, men i decibel, som er talmæssigt 10 gange større.

$$10 \log \frac{A}{A_0}$$

Ved at regne med decibel opnår man at kunne operere med meget store tal uden at have besvær med mange cifre. Hvis f.eks.  $A_0$  er vedtaget at være 1, og man har en værdi af  $A$  på 1.000.000, så bliver det til  $A$  hørende niveau

$$N_A = 10 \log \frac{A}{A_0} = 10 \log \frac{1.000.000}{1} = 60 \text{ dB}$$

hvor dB er forkortelsen for decibel.

## Brugen af dB

Hvis man har en størrelse med benævnelsen dB bagefter behøver det ikke at være et lydtrykniveau – det kan være lyddefektniveau, lydintensitetsniveau eller andet. Også de størrelser, der har med lydisolering at gøre, f.eks. en vægs reduktionstal, benævnes med dB. Derfor må man kende mere til størrelsen, end hvor mange dB den er.

## Frekvens

**Svingninger**

Grunden til, at man får tryksvingninger i luften, er, at en lyd giver har sat luften i bevægelse, således at luftpartiklerne svinger frem og tilbage omkring en ligevægtsstilling. Afgørende for karakteren af lyden er, om svingningerne er hurtige eller langsomme. Hurtige svingninger giver høje toner. Man kan måle hvor mange svingninger, der udføres i et sekund, og denne størrelse kaldes frekvensen.

## Opfattelse af støjen

Det menneskelige øre opfatter ikke lyde af forskellige frekvenser på samme måde som et måleinstrument. Lyde med høje frekvenser opfattes kraftigere end lyde med lave frekvenser. Derfor har man i måleinstrumenter indbygget nogle filtre, der kan svække de lave frekvensers betydning for måleresultatet. Det hyppigst anvendte filter kaldes A-vægtet filter, og et lydtrykniveau, der er målt på denne måde kaldes ofte for støjniveau, hvilket er gjort i det følgende.

En måling af støjniveauet tilsigter altså at give et mål for ørets opfattelse af den pågældende støj. Det er imidlertid meget kompliceret at efterligne høresansen, så et målt støjniveau kan ikke præcist fortælle, hvilken virkning støjen har. Man kan anvende mange forskellige måle- og beregningsmetoder til bedømmelse af støjens virkning, men ingen af dem er perfekte. I de fleste tilfælde, hvor det er af betydning at kunne foretage en hurtig og enkel måling – som f.eks. på installationsområdet – bruges derfor måling med A-vægtede filter. De fleste lande anvender det A-vægtede lydtrykniveau som grundlag for krav til støj.

## Støjniveauet

Almindeligvis benyttes betegnelsen støjniveau i stedet for det mere præcise lydtrykniveau. Man skal være opmærksom på, at støjniveauet principielt også finder anvendelse på effekt- og energiniveau. Det er derfor nødvendigt at anvende et symbol, der angiver hvorledes støjniveauet er målt.

Symbolet for det  $A$ -vægtede lydtrykniveau er  $L_{pA}$ , hvor  $p$  refererer til lydtryk og  $A$  til  $A$ -vægtningsfiltret.  $L_{AeqT}$  angiver, at lydtrykket er målt med  $A$ -filter og at der over tiden  $T$  foretages en gennemsnitsberegning i lighed med den, der benyttes ved måling af lydtrykniveauet.  $L_{AeqT}$  kaldes det energiækvivalente,  $A$ -vægtede lydtrykniveau. Grunden til at man anvender denne størrelse er, at man er interesseret i støjbilledet over et vist tidsrum, f.eks. ca. 2 minutter. De støjmålere, der anvendes, vil som regel kunne indstilles til et ønsket måletidsrum.

dB(A)

Tidligere angav man støjniveauet i dB(A). Dette betragtes ikke længere som korrekt, idet ordet støjniveau eller det tilhørende symbol i sig selv fortæller, at  $A$ -filtret er anvendt. Et givet støjniveau skal derfor blot angives i dB. I visse sammenhænge anvendes dog endnu dB(A).

## Lovmæssige bestemmelser

BR og BR-S

Reglerne for de støjniveauer, som en vandinstallation må give anledning til, findes i Bygningsreglementet (BR) samt i Bygningsreglement for småhuse (BR-S).

### Gyldighedsområde

Beboelsesbygninger

Beboelsesbygninger er omfattet af støjbestemmelserne, også i de tilfælde, hvor en del af bygningen anvendes til erhvervs-mæssige formål. Krav til sammenbyggede enfamiliehuse findes i BR-S. Fritliggende enfamiliehuse er ikke omfattet.

Hoteller, kollegier, plejehjem mv.

Omfattet af bestemmelserne er hoteller (herunder moteller), hotelpensioner, kroer, kollegier, plejehjem, klublejligheder, kostskoler, sygehjem, plejehjem, hvilehjem samt andre institutioner og virksomheder med lignende formål.

Skoler

Skoler og andre bygninger til undervisningsformål er omfattet af bestemmelserne.

Erhvervsbygninger

Erhvervsbyggeri er ikke omfattet, men her kan krav fra Arbejdstilsynet komme ind i billedet.

### Bestemmelsernes indhold

En oversigt over de væsentligste krav til vandinstallationer er vist i figur 15.1. De detaljerede krav og målebetingelser er angivet i BR og BR-S.

*Støj fra vandinstallationer*

Maksimalt tilladelige støjniveauer, dB

Beboelses- bygninger (fritliggende enfamiliehuse undtaget)	Hoteller plejehjem kollegier mv	Bygninger til undervisnings- formål	Rekreative arealer
Rum i bolig- enheder* (beboelsesrum og køkkener. Bade-, wc-, pulterrum o.lign. er ikke omfattet)	Beboelsesrum, herunder fælles opholdsrum*	Undervisnings- rum	Altaner, tag- terrasser, ude- rum samt uden for vinduerne i beboelses-byg- ninger og hotel- ler mv.
35 dB**	35 dB**	35 dB	40 dB
Kravet gælder for umøblerede rum	Kravet gælder for umøblerede rum	Kravet gælder for møblerede rum uden personer	

\* Kravet omfatter ikke støj, som er frembragt ved brug af den del af vandinstallationen, som ligger i selve boligenheden.

\*\* For støj hidrørende fra erhvervslejemaal er grænsen 30 dB.

Alle de angivne grænser skærpes med 5 dB for momentane lyde og for støj med en ren tone.

*Figur 15.1. Oversigt over bygningsreglementets bestemmelser for støj fra vandinstallationer for forskellige bygningskategorier og rumtyper.*

**Kontrol af bestemmelsernes overholdelse**

Myndighederne udøver ikke altid kontrol med, om støjbestemmelserne er overholdt men har hjemmel til at lade foretage en undersøgelse for bygherrens regning, såfremt man har mistanke om overskridelse. BR nævner, at »Kommunalbestyrelsen kan forlange, at der inden den færdige bygning tages i brug foretages måling af lydforholdene til eftervisning af, at forholdene er tilfredsstillende«.

Aftapnings-  
armatur og  
rørsystem

### Vanskeligheder med overholdelse af støjbestemmelserne

Vandinstallationer kan let forårsage støjproblemer. Alle former for aftapningsarmaturer kan – hvis der ikke er taget særlige hensyn ved udformningen – give anledning til generende støj. Desuden kan rørsystemet let lede støjen rundt i en bygning, og derved forstærke genevirkningen.

Selv om støj er et vanskeligt problem at klare, må det dog fastslås, at med de komponenter, som kan fås på markedet, og med det kendskab til støj, der findes tilgængeligt, er det muligt at udforme en vandinstallation således, at den både er hensigtsmæssig til sit egentlige formål og i overensstemmelse med støjkraevne.

### Støjens opståen

Støj opstår i forbindelse med omsætning af energi. Den energi, der omsættes i en vandinstallation, hidrører fra vandets bevægelse.

Energิตab

### Omsætning af energi

Hvis vandet underkastes pludselige ændringer i hastighedens størrelse og retning, kan der dannes en kraftig støj.

Der vil altid ved en sådan strømning være et energิตab – eller rettere en omsætning fra mekanisk energi til varmeenergi. Det er nærliggende at antage, at jo større dette energิตab er, desto større er tendensen til frembringelse af støj, og dette bekræftes meget godt i praksis.

Koncentreret  
energiomsætning

Det viser sig, at jo større energiomsætningen er, og jo mere koncentreret (på et lille område) den sker, desto kraftigere vil tendensen til støj være. Hvis man altså skal udforme et støjsvagt rørsystem, skal man have små tab (strømmlinet udformning) eller have tabene jævnt fordelt over store dele af systemet.

Energiomsætning  
i et vandsystem

Den energi, som findes i vandet i en vandinstallation, kommer fra trykket i forsyningsledningen. Som forklaret i kapitel 2, har en strømmende væske under et vist tryk et energiindhold, fordi den kan udføre et arbejde, som f.eks. at bevæge et stempel.

Overskydende energi

Energien skal bruges til at transportere vandet op til aftapningsarmaturet og til at dække tab undervejs. Hvis der er for lille et tryk – dvs. for lidt energi – må der ske en energitilførsel ved hjælp af en pumpe.

Hvis der er for meget energi, dvs. mere end nødvendigt for at dække tab og lodret transport af den nødvendige vandstrøm, må den overskydende energi på en eller anden måde bruges. Energien kan bruges enten ved taping af en større vandstrøm (end den nødvendige) eller ved at øge tabene – f.eks. ved at lukke mindre op for aftapningsarmaturet. I begge tilfælde kan der være risiko for støj, så i støjmæssig henseende er det ikke ønskeligt at have et alt for rigeligt vandtryk.

## Støjkilder

De steder i en vandinstallation, hvor der sker en stor, koncentreret energiomsætning, er i de store modstande, først og fremmest i aftapningsarmaturerne. Det tab, som sker i et langt, lige rør, vil kun sjældent give støj af betydning. Hvis et tab af samme størrelse sker i et armatur, kan det give kraftig støj.

### Armaturer

Armaturerne er i overvejende grad de store støjkilder, og derfor underkastes de en prøvning for støj i forbindelse med VA-godkendelsen. En beskrivelse af disse prøvninger og baggrunden for den er givet i afsnittet »Støj fra armaturer«.

### Støjsvage modstande

I forbindelse med støj fra installationer bruges ofte begrebet »en støjsvag modstand«.

Betegnelsen støjsvag anvendes i denne forbindelse på to forskellige måder. Hvis man taler om et støjsvagt armatur, menes der blot et aftapningsarmatur, som støjer mindre end hovedparten af de armaturer, som er på markedet. Nogle opfatter det således, at armaturet skal tilhøre støjgruppe I (se under afsnittet »Støj fra armaturer«), hvilket må være et minimumskrav for at bruge betegnelsen støjsvag.

Prøvning

Støjsvagt armatur

Støjsvag modstand til overskydende energi

I forbindelse med tilfælde af overskydende energi, altså hvor trykket er større end nødvendigt, vil det være ønskeligt, at overskuddet optages i en støjsvag modstand. I denne forbindelse menes med »Støjsvag modstand«, at modstanden og aftapningsarmaturet tilsammen forårsager et støjniveau, som er mindre end det støjniveau, som armaturet alene ville medføre. Som et af de brugelige eksempler på en støjsvag modstand kan nævnes et langt rør med lille diameter.

### Luftblandere

Ofte forsynes aftapningsarmaturer med luftblandere, dvs. mundstykker hvor vandstrålen iblandes luft, så den får en »blødere« karakter og ikke har tendens til sprøjtning. Ydermere anføres det ofte, at en luftblander virker støjdæmpende – og det kan i visse tilfælde være rigtigt.

En luftblanders virkemåde

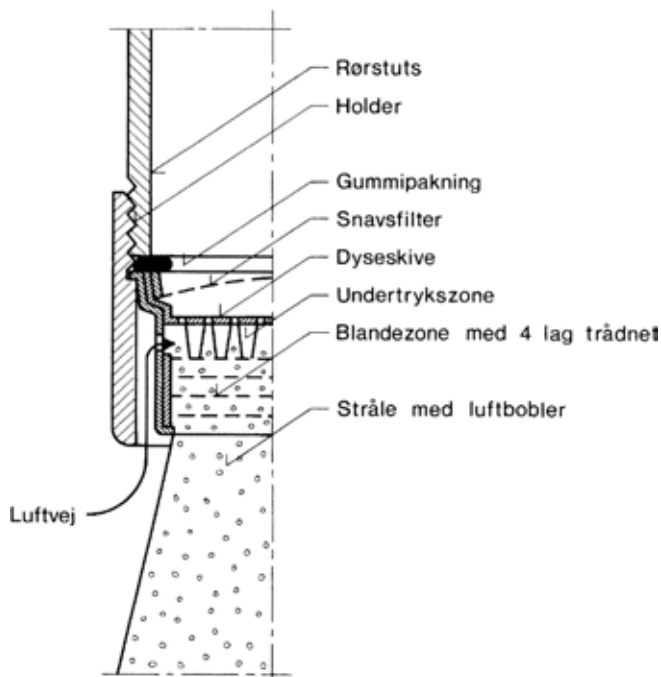
I en luftblander sker der følgende, se figur 15.2. Når vandet passerer dyseskiven får det en stor hastighed (stor kinetisk energi), men til gengæld et lavt tryk (lille trykenergi). Når trykket bliver lavere end atmosfærens kan der indsuges luft, som blandes med vandet, hvorved den bløde stråle fremkommer.

Luftblander over stålvaske

Udover behageligheden ved den bløde stråle er der også den virkning, at hvis strålen rammer en vask, som den sætter i svingninger (f.eks. en rustfri stålvaske), så giver den luftblandede stråle mindre støj end en almindelig vandstråle.

Luftblander som støjsvag modstand

Hvis man måler det støjniveau, som et armatur forårsager hhv. med og uden luftblander, vil det normalt vise sig, at støjniveauet med luftblander er det laveste. Samtidig kan man måle, at der kommer en mindre vandstrøm ud af armaturet, men det vil næppe blive bemærket umiddelbart på grund af luftindblandingen. Forklaringen på støjreduktionen er, at luftblanderen har virket som en støjsvag modstand. Den forøgede modstand har bevirket, at vandstrømmen er mindsket. Derved bliver trykfaldet over armaturet også mindre, og det gør effektomsætningen (produktet af tryktab og vandstrøm) også. Den mindre effektomsætning giver mindre støj. Der er til gengæld skabt en effektomsætning i luftblanderen, men da denne omsætning ikke giver anledning til væsentlig støj, er



Figur 15.2. Principskitse af en luftblander. Der findes mange forskellige typer, men hovedideen i dem er, at vandet ledes gennem en dyseskive med mange små huller. Vandet får derved en stor hastighed og til gengæld et lavt tryk (lavere end atmosfæretryk). Dette bevirker, at der udefra kan insuges luft som opblandes med vandet.

slutresultatet et lavere støjniveau. Luftblanderen kan altså anvendes som støjsvag modstand.

Den luft, som suges ind i en luftblander, kan indeholde støv, som kan afsættes på de indvendige overflader. Dette er dels uhygiejnisk, og dels kan støv og kalkafsætning blokere luftindsugningen, så luftblanderen ikke virker efter sin hensigt – heller ikke i støjmæssig henseende.

### Strålesamlere

Der findes andre typer af mundstykker, hvor der ikke sker en luftindblanding. De har ikke ulemperne med indsugning af støv, men de er normalt også dårligere til at virke som støjsvag modstand.

Ulemper ved  
luftblendere

**Vaske- og opvaskemaskiner**

De vandforbrugende husholdningsmaskiner frembringer dels en hydraulisk betinget støj og dels mekanisk støj.

Den hydrauliske støj

Hvad angår den hydrauliske støj, f.eks. stammende fra de ventiler, som styrer vandindtagning, så gælder det samme som anført for andre armaturer. Maskinerne bør af støjmæssige grunde ikke underkastes større vandtryk, end de har behov for – det overskydende kan med fordel fjernes i en støjsvag modstand. Den hydrauliske støj fra maskinerne kan være betydelig, men da tilslutningen til både vand- og afløbssystem normalt sker med fleksible forbindelser, vil støjudbredelsen gennem installationen være begrænset.

Den mekaniske støj

De mange bevægelige dele i forbindelse med vaske-, skylle- og centrifugeringsprocesser medfører en støj, der ikke er store muligheder for at ændre, når maskinen er valgt.

Hindring af udstråling

En fritstående maskine vil udstråle mere støj til det rum, hvor den er placeret, end en inddækket maskine. Hvis f.eks. en opvaskemaskine kan placeres i et rum, som er beklædt med absorberende materiale og som passer omkring maskinen, så kun forsiden er tilgængelig, opnås en betydelig forbedring.

Hindring af støjens udbredelse

Da maskinerne er tilsluttet installationssystemerne med fleksible forbindelser, sker den væsentligste udbredelse via bygningskonstruktionerne. For at hindre udbredelse må maskinen først og fremmest isoleres fra gulvet.

Trægulve

Hvis et trægulv sættes i svingning, vil støjen udbrede sig over det område, som det sammenhængende gulvareal dækker – altså også til andre rum, hvis de er afgrænset af lette vægge sat oven på trægulvet. Støjen vil således fortrinsvis udbrede sig i den bolig, hvor maskinen er opstillet.

Det kan lade sig gøre, at friskære gulvet under maskinen, og man kan også stille maskinen op på et stykke svømmende gulv bestående af en mineraluldsplade med f.eks. en spånplade ovenpå. Ingen af delene er nemt at udføre praktisk og hygiejnisk.

Hårde gulve

Hårde gulve vil – hvis de ikke er svømmende – transmittere lyden særdeles godt. Maskinerne bør derfor sættes op på svingningsdæmpere, som skal undersøges med mellemrum, da de kan have kortere levetid end maskinen.

Større maskiner

Større maskiner bør opsættes på svingningsdæmpere eller

på et særligt maskinfundament, som er oplagt på et svingningsdæmpende underlag.

### Cisterner

WC-cisterner var tidligere en af de mest generende støjkilder, men dette problem er meget nær løst. Det er i dag muligt at købe cisterner med en meget støjsvag fyldning, selv om det ikke gælder alle produkter på markedet.

### Badekar

Tapning af vand i badekar kan medføre støj, som let udbredes til andre lejemål, især hvis karret er indmuret. Det hjælper betydeligt, hvis der anvendes fritstående kar med gummifødder.

### Støj fra armaturer

De væsentligste støjkilder i en vandinstallation er aftapningsarmaturerne, så man bør vide så meget som muligt om disses støjmæssige forhold.

### Strømning gennem en modstand

Når man sender en vandstrøm gennem en stor enkeltmodstand, kan det medføre støj, og jo større vandstrømmen er, desto kraftigere bliver støjen. Trykfaldet over modstanden vil også vokse med vandstrømmen, så man kan lige så vel sige, at støjen vokser med trykfaldet. Det vil være rigtigere at sige, at støjen vokser med den omsatte effekt, som er produktet af vandstrømmen  $q$  og trykfaldet over modstanden  $\Delta p$ . Omsat effekt =  $\Delta p \cdot q$ .

Når det drejer sig om en fast modstand, kan man efter behag angive støjen som funktion af vandstrøm, trykfald eller omsat effekt. Hvis man derimod ønsker at sammenligne de støjmæssige egenskaber, som to modstande af forskellig størrelse har, kan det kun gøres ved at sammenligne støjen fra de to ventiler ved samme omsatte effekt.

Et armatur i en given stilling (f.eks. fuldt åben) opfører sig på samme måde som andre modstande. Hvis man ændrer arma-

Omsat effekt

Sammenligning  
af modstande

Armaturer

turets stilling, har man i princippet en helt ny modstand, som kan støje både mere eller mindre end den oprindelige.

### Måling af støj

Man kan ikke måle støjen fra et armatur, som er løserevet fra alt andet – der skal en vandstrøm til, og dertil behøves nogle rør. Der skal også et rum til at måle støjen i, så alt i alt må man gøre en hel del forberedelser, før der kan måles. Hvis det skal være muligt at sammenligne målinger fra forskellige laboratorier, må man have en standardiseret målemetode. Det har man i en metode beskrevet i ISO 3822/1, 2 og 4 [litt. 15.1].

Måleopstilling

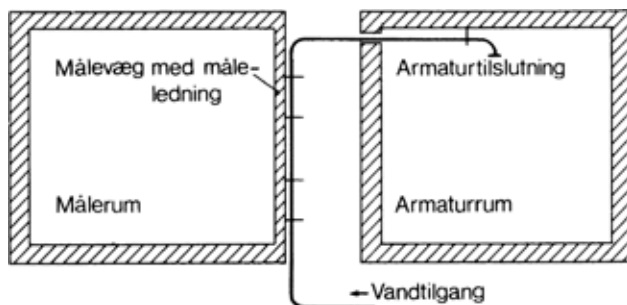
Metoden kræver en måleopstilling bestående af et målerum (med givne akustiske egenskaber), hvoraf en af væggene er prøvevæggen, hvortil en vandinstallation er fastgjort, se figur 15.3.

Differensniveau

Målingen udføres som en sammenligning mellem det støjniveau, som forårsages af armaturet i denne prøveopstilling og det tilsvarende støjniveau i samme opstilling hidrørende fra en standardiseret støjkilde (installationsstøjnormal), der gennemstrømmes af en vandstrøm, svarende til et trykfald over støjnormalen på 300 kPa. Resultatet af en sådan måling benævnes armaturets differensniveau  $D_S$ , hvilket er differensen mellem støjniveau  $L_S$  forårsaget af installationsstøjnormalen og støjniveauet  $L$  forårsaget af armaturet:  $D_S = L_S - L$ .

dB og dB(A)

I ISO 3822 er støjniveauerne ikke angivet som ækvivalentværdier. Det har imidlertid ingen praktisk betydning, da må-



Figur 15.3. Måleopstilling til bestemmelse af et armatures støjniveau.

lingerne foretages ved en stationær strømning og støjniveauet derfor vil være konstant. Resultaterne af målingerne vil oftest findes angivet i dB(A). Dette har heller ingen praktisk betydning, man kan f.eks. uden videre sammenholde et krav til støjniveau angivet i dB med ventildata angivet i dB(A).

$L_S$ , som altså er det støjniveau, som støjnormalen forårsager, vil normalt være større end  $L$  (armaturets støjniveau), da støjnormalen er udviklet således, at den giver en kraftig støj. Differensen  $D_S$  er altså normalt positiv og jo større differensen er, desto mere støjsvagt er det prøvede armatur.

$L_S$  måles altid ved et trykfald over støjnormalen på 300 kPa.  $L$  kan måles ved et vilkårligt trykfald over armaturet. Armaturet kan tillige være helt eller delvis åbnet. Ved angivelse af  $D_S$ -niveauer må det derfor præciseres, ved hvilket trykfald og ved hvilken armaturstilling  $L$  er målt.

Differensniveauet  $D_S$ , som karakteriserer armaturets støjmæssige egenskaber, kan anvendes ved sammenligning af forskellige armaturer, men det er uegnet til en direkte vurdering af, om armaturet vil give anledning til støjgener, når det anvendes i en færdig installation.

Begrænsning

Metoden tilsigter kun at bedømme den del af støjen, som overføres til brugsvandssystemet og derigennem til bygningsdele og til andre rum. For den støj, som armaturet forårsager i det rum, hvori det er installeret, foreligger der endnu ikke en vedtaget prøvemethode.

For de forskellige armaturtyper findes tilhørende prøvningsbetingelser, som er nøjere beskrevet i [litt. 15.2].

### Anvendelse af målte værdier

De i bygningsreglementerne angivne krav vil ikke automatisk være opfyldt gennem anvendelse af målte og godkendte armaturer af vis kvalitet. Der kan imidlertid angives nogle vejledende regler for, hvorledes et armatures differensniveau  $D_S$  kan anvendes, når man skal vurdere om det pågældende armatur kan anvendes i et givet tilfælde.

Normstøjniveau

Erfaringen fra måling i praksis viser, at et armatures  $D_S$ -niveau stort set er det samme i bygninger som i laboratorier. Da et armatures  $D_S$ -niveau er et differensniveau, er det imidlertid

nødvendigt at indføre et referenceniveau for  $D_S$ -niveauet, hvis det i praksis skal være muligt at foretage en vurdering af et armaturs støjmessige egenskaber, når det anvendes i en færdig installation. Til bestemmelse af dette referenceniveau angivet i dB har man defineret et armaturs normstøjniveau  $L_{ap}$  ved følgende udtryk:

$$L_{ap} = L_{sr} - D_S$$

$L_{sr}$  er her det støjniveau, støjnormalen forårsager i nærmeste naboelighed, når den monteres på armaturets plads og gennemstrømmes af en vandstrøm svarende til et trykfald på 300 kPa. Defineret på denne måde er  $L_{sr}$  afhængig af de på målestedet værende bygningsmæssige forhold.  $L_{sr}$  kan derfor også opfattes som en størrelse, der kan karakterisere en bygning og dens tilhørende installationssystem i støjmessig henseende. Forudsætning for den praktiske anvendelse af laboratoriemålingerne er altså kendskab til den aktuelle bygnings  $L_{sr}$ -niveau, idet det endelige krav er givet i bygningsbestemmelserne.

$L_{sr}$ -værdier

Målinger til bestemmelse af  $L_{sr}$  for forskellige bygninger er kun i beskedent omfang udført i Danmark. I Tyskland har man imidlertid på grundlag af talrige målinger udført i forskellige bygninger kunnet fastsætte en gennemsnitsværdi for  $L_{sr}$  på 45 dB – primært gældende for tunge bygninger. Det skal dog fremhæves, at der er en betydelig spredning (helt op til 10-15 dB), så man bør være forsigtig, hvor byggeriet på en eller anden måde afviger fra det traditionelle.

### Opdeling af armaturer i støjgrupper

Med udgangspunkt i  $L_{sr} = 45$  dB har VA-godkendelsessekretariatet foretaget følgende vejledende opdeling i tre støjgrupper.

Gruppe 1

*Støjgruppe 1:*

$D_S \geq 25$  dB Normalt ingen betingelser for anvendelsen. Det foreslås, at der generelt

$L_{ap} \leq 20$  dB anvendes armaturer af gruppe 1 i bygninger, der rummer flere boliger.

## Gruppe 2

*Støjgruppe 2:*

$D_S \geq 15$  dB Kan normalt anvendes i bygninger, hvor vand-installation, bygningskonstruktion og planløsning har en udformning, der sikrer, at støjgener ikke opstår, eller hvor der er sikkerhed for, at vandtrykket foran armaturet ikke vil overstige 300 kPa.

$L_{ap} \leq 30$  dB

## Gruppe 3

*Støjgruppe 3:*

$D_S < 15$  dB Kan normalt anvendes i installationer, hvor vandtrykket foran armaturet ikke vil overstige den værdi, der svarer til et  $L_{ap}$ -niveau på ca. 30 dB.

$L_{ap} > 30$  dB

Ovennævnte støjniveauer, der bestemmer armaturets gruppeplacering, er normalt beregnet på grundlag af målinger med helt åbent armatur, der gennemstrømmes af en vandstrøm svarende til et trykfald over armaturet på 300 kPa. Visse armaturer har mellemstillinger, hvor støjniveauet er højere end ved helt åben stilling. Hvis støjniveauet i en mellemstilling er mere end 3 dB højere end ved åben stilling, anvendes mellemstillingens støjniveau ved indplaceringen i støjgrupper. Yderligere vejledning er anført i [litt. 15.2].

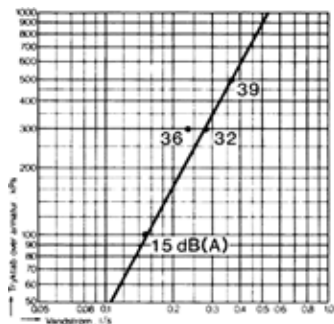
**Data i godkendelsesblad**

I VA-godkendelsesbladet for et armatur gives de støjmæssige oplysninger normalt i den form, som er vist i figur 15.4. Støjniveauet er angivet ved fuldt åben ventil og ved delvis åben ventil.

**Støjens udbredelse**

Det lydindtryk, som øret registrerer, er luftlydsvingninger, dvs. små, men meget hurtige variationer i lufttrykket.

Det man hører, når et vandsystem støjer, er ikke direkte vandets bevægelse i rørene, men de luftlydsvingninger, som vandbevægelsen har fremkaldt. Der kan imidlertid være en lang og kompliceret transmissionsvej fra svingningerne til øret.



1 kPa = 0,01 bar  $\approx$  0,1 mVS

Støjniveau  $L_{AP}$  i dB(A) og vandstrøm i afhængighed af tryktabet over armaturet.

Det angivne støjniveau ved 300 kPa  $L_{H,AP}$  = 36 dB(A) er det maksimale støjniveau ved regulering mellem åben og lukket ventil.

Støj	Støjniveau	$L_{H,AP}$ = 36 dB(A) ved $L_{SR}$ = 45 dB(A), tryktab 300 kPa og én strømvej delvis åben.
	Støjgruppe	

Figur 15.4. Gengivelse af et armatures støjdata fra VA-godkendelsesbladet. Nederst er anført armaturets støjgruppe og armaturets normstøjniveau svarende til et tryk foran armaturet (tryktab) på 300 kPa. Øverst er vist tryktabet som funktion af vandstrømmen ved fuldt åben ventil. På kurven er indtegnet de punkter hvor støjniveauet er målt. Det ses, at det maksimale støjniveau ved 300 kPa opnås ved en mellemstilling af ventilen.

### Svingninger i rørsystemet

Vandets bevægelse vil i første omgang sætte rørsystemet i svingninger. Det er ikke ligegyldigt, hvordan røret er fastgjort. Et indstøbt rør er vanskeligt at sætte i svingninger – da den masse, som det er indstøbt i, må svinge med – mens et frit rør let kommer i svingning.

Rørets svingninger kan for et fritliggende rør overføres til luften og derved nå øret. Hvis røret har små dimensioner, kan det ikke udstråle ret meget lydenergi til luften. Et fritliggende rør til et brugsvandsanlæg på f.eks. 15-25 mm kan – ved visse frekvensfordelinger – være i kraftige svingninger, uden at det lyder af ret meget. Kun hvis man holder øret tæt til røret, høres lyden tydeligt. Afløbsrør har normalt meget større dimensioner, så deres svingninger kan forårsage en kraftigere lyd.

Lydudstråling fra rørene

Lette og tunge  
bygningsdele

### Svingninger i bygningsdele

Rørets svingninger vil også – gennem fastgøringerne – forplantes til de bygningsdele (normalt dæk og vægge), hvortil røret er fastgjort. Betydningen af dette afhænger af disse bygningsdeles egenskaber. De lette bygningsdele er lette til at komme i svingning og vice versa. Hvis man fastgør et rør til en let væg, aktiverer man en bygningsdel, der dels er let at sætte i svingninger og dels har en stor flade, der kan udstråle en masse lydenergi. Det er ikke uden grund, at der advares imod fastgøring af installationer på lette vægge.

Rørmaterialer

### Støjudbredelse i rørsystemet

Det er klart, at røret svinger kraftigst, der hvor de voldsomste vandbevægelser forekommer, f.eks. umiddelbart ved en skarp bøjning, men svingningerne forplantes også langs med røret, idet der dog er forskel på de forskellige rørmaterialers evne til at forplante svingningerne. De stive rør – som f.eks. stål-rør – forplanter lyden bedst, hvorimod de mindre stive plastrør forplanter lyden dårligere. I et brugsvandsanlæg af stål-rør er lydforplantningen så god, at en støjkilde – f.eks. en ventil – er næsten umulig at finde frem til, selv når man lytter mange forskellige steder.

Transmissions-  
vejen

Lydens ofte lange og komplicerede transmissionsvej gør det vanskeligt at arbejde med installationernes støjproblemer. Det vil altid være bedst at angribe støjen ved kilden, dvs. udforme systemet, så svingningerne ikke opstår. Hvis det ikke kan lade sig gøre, bør man sætte ind så tæt på støjkilden som muligt. Jo længere fra kilden man kommer, desto mere omfattende bliver arbejdet med at bekæmpe støjen.

Blokering af  
transmissionsveje

### Støjdæmpning

Hvis man kunne blokere støjens transmissionsveje, ville man forhindre svingningerne i at blive overført til luften – og dermed have fjernet støjen. Dette er imidlertid så vanskeligt, at det normalt må betragtes som urealistisk.

Armaturler – rørnet

Man kunne forestille sig, at man først og fremmest ville isolere de primære støjkilder – f.eks. armaturerne fra rørnettet, således at svingningerne ikke kunne overføres. Det skulle kunne gøres ved at tilslutte ventilen ved hjælp af fleksible

Rørnet –  
bygningssdele

slanger, men desværre viser det sig, at en del af svingningerne – afhængig af slangelængden – kan forplantes gennem vandet, så virkningerne ikke altid er den ønskede. I øvrigt fastgør man ofte armaturet til en bygningsdel (f.eks. væggen eller til en håndvask ophængt på væggen), hvilket muliggør, at bygningsdele direkte sættes i svingning.

Man kan ligeledes forestille sig at isolere rørnettet helt fra alle større bygningsdele. Det kan f.eks. gøres ved at anvende rørbærere med et dæmpende indlæg (såsom kork), men det er meget vanskeligt at gennemføre dette overalt, fordi et rørnet har kontakt med bygningen på mange steder. Man kan i særlige tilfælde have glæde af denne dæmpningsform, men den er meget uegnet som generel metode til at klare støjproblemerne.

Gode muligheder

### Projektering med henblik på støjreduktion

Man kan ikke med fuld sikkerhed regne sig til en vandinstallation, som opfylder et givet støjkraft, men med omhu kan man komme tæt på. Det er imidlertid ikke tilstrækkeligt at regne rigtigt og anvende gode ventiler – man skal gennem hele projekteringen have i tankerne, at der skal tages støjmæssige hensyn.

Planløsning

### Fremgangsmåde ved projektering

Der bør så vidt muligt ved bygningsprojekteringen arbejdes med planløsninger, som adskiller støjende rum (køkkener og baderum) og rolige rum (soverum) – helst så disse to rumkategorier end ikke har fælles vægge. Dette kan være meget svært i små lejligheder – hvilket gør dimensionering og armaturvalg endnu vigtigere.

Selv om der ikke i BR er krav, der omhandler støjen fra vandinstallationen i den øjeblikkelige brugers lejemål, bør man alligevel tænke på, at der i samme lejlighed kan være både personer, der sover og personer, der tager bad.

Ydermere vil planløsninger i lejligheder liggende over hinanden i fleretages bygninger ofte være identiske, så hvis baderum ligger tæt ved soverum i samme bolig, vil baderummet også ligge nær soverum i andre boliger.

Rum med støjende installationer bør heller ikke placeres op mod lejlighedsskel, medmindre der også er støjende rum på den anden side.

De bygningsdele, som er i fast forbindelse med rørinstallationen, sættes i svingninger af denne. Jo lettere væggen er, desto nemmere sættes den i svingninger. Rør bør derfor aldrig ophænges på lette vægge, og de bør heller ikke ophænges på tunge vægge, som afgrænser soverum o.lign. Man bør heller ikke hænge installationer op på vægge, der er fælles med andre boliger, medmindre det drejer sig om tunge dobbeltvægge. Selv tunge vægge kan være utilstrækkelige, hvis der anvendes store indbygningsarmaturer, som reducerer vægtykkelsen væsentligt.

Selv om man har taget de nævnte hensyn ved valg af planløsning, rørføring og ophængning, skal der alligevel tænkes på vandinstallationens udformning og især på valg af armatur og eventuelle støjsvage modstande. Hvis man har anvendt en støjmæssig dårlig planløsning, kræves der endnu mere af armaturvalget.

### Valg af armaturer

De støjmæssige betragtninger er et supplement til den almindelige dimensionering af vandinstallationen. De kan udføres enten i forbindelse med dimensioneringen eller efter denne, som kontrol af at også støjkravene er overholdt.

Udgangspunkterne er forsyningstrykket, kote og forudsat vandstrøm for det betragtede armatur, samt armaturets støjdata.

Det tryk, der skal regnes med, er ikke  $p_{ln}$ , det laveste, normalt forekommende tryk, da man for en væsentlig del af tiden har et højere tryk, se kapitel 5. Det vil være mere rimeligt at regne med det højeste forekommende tryk  $p_{max}$ , medmindre dette tryk er væsentligt højere end den øvrige del af trykkurven eller kun forekommer meget sjældent. Ved valg af tryk skal man tænke på, at støjen især er generende i nattetimerne, hvor trykket som regel er højest.

De forskellige tapsteder skal normalt kunne yde deres forudsatte vandstrøm, men ofte er trykforholdene således, at der kan ydes en væsentlig større vandstrøm. Der må da regnes

Ophængning af  
installation

Udformning af  
vandinstallation

Tryk i  
forsyningspunkt

Vandstrømme

med denne større vandstrøm, eller den maksimale vandstrøm må begrænses ved hjælp af en støjsvag modstand. I støjberegningen regnes der med, at der kun tappes fra det tapsted, som betragtes. Derved bliver tryktabet i fordelingsledningen som regel så lille, at man kan se bort fra det og kun regne med tryktab i koblingsledninger og aftappingsarmaturer el.lign.

Tilladeligt  
støjniveau

BR angiver det tilladelige støjniveau i den færdige bygning, se figur 15.1, men ikke hvorledes dette skal sættes i relation til det på VA-godkendelsesbladet opgivne armaturstøjniveau  $L_{ap}$ . Dette kan ikke gøres uden videre, fordi bygning og rørføring spiller en væsentlig rolle, men denne betydning er svær at omsætte i tal. Som vejledende kan foreslås følgende fremgangsmåde:

Sikkerhedstillæg  
til  $L_{ap}$

Hvis bygning og rørinstallation svarer til det, som har dannet grundlag for definitionen af  $L_{ap}$ , skulle støjniveauet i den færdige bygning (i nærmeste beboelsesrum i et andet lejemål) blive lig med  $L_{ap}$ . Der vil i praksis være en vis spredning, men med et støjniveau på  $L_{ap} + 15$  dB kan støjvurderingen gennemføres uden hensyn til bygning og installation i øvrigt, når blot man betragter den værdi af  $L_{ap}$ , der svarer til det aktuelle vandtryk.

Sikkerhedstillægget på de 15 dB kan aftrappes, hvis bygning og rørinstallation har en god udformning i støjmæssig henseende.

$L_{ap}$  i forskellige  
støjgrupper

For et armatur fra støjgruppe 1 gælder det, at  $L_{ap} \leq 20$  dB. Med sikkerhedstillægget på 15 dB skulle støjniveauet i beboelsesrum (i andet lejemål) ikke kunne overstige  $20 + 15 = 35$  dB. Kravet er 35 dB, så her skulle ikke være problemer – dog forudsat, at armaturet vælges med hensyn til de trykforhold, der er på stedet.

For støjgruppe 2 gælder at  $L_{ap} \leq 30$  dB, og med tillæg kommer man op på et støjniveau på 45 dB. I dette tilfælde kan det altså ske, at kravet overskrides, men hvis bygningen og installationen er fornuftigt udformet (i relation til foregående afsnit om støjens udbredelse), skulle kravet kunne klares. Også her skal der tages hensyn til trykforholdene.

Støjgruppe 3 rummer alt, som ikke kan komme ned på et  $L_{ap}$ -niveau på 30 dB, og det kan derfor være svært at sige noget generelt om denne gruppe. Der må imidlertid tilrådes stor

Betydning af et  
armaturs  
støjgruppe

omhyggelighed med beregning og udførelse, og i almindelighed vil det være muligt at finde en tilsvarende ventil i en bedre støjgruppe.

Man bør ikke alene forlade sig på de anvendte armaturers støjgruppe – tapnings- og trykforholdene spiller også en rolle. Man kan i visse tilfælde placere en gruppe 1 ventil på en måde, så den ikke overholder kravene. Man kan også undertiden anvende en gruppe 3 ventil, så der ingen problemer er. Placeringen i støjgrupper er snævert knyttet til ventilens opførsel ved trykket 300 kPa. Ved andre tryk og vandstrømme kan forholdene være anderledes.

## KAPITEL 16

**Korrosion**

Krav til korrosionsbeskyttelse.....	380
Normens krav.....	380
VA-godkendelse.....	380
Årsager til korrosion .....	381
Vandets fysiske og kemiske egenskaber.....	381
Korrosionsformer .....	382
Typiske korrosionsskader .....	382
Korrosionsskader i rør og samlinger .....	383
Ledninger af varmforzinket stål.....	383
Ledninger af kobber.....	385
Ledninger af andre materialer.....	385
Korrosionsskader i beholdere.....	385
Forebyggelse af korrosionsskader.....	385
Forebyggelse af korrosionsskader i ledningssystemer .....	386
Ledningssystemer af varmforzinket stål .....	386
Ledningssystemer af kobber .....	389
Ledningssystemer af rustfrit stål.....	392
Ledningssystemer af plast.....	392
Forebyggelse af korrosionsskader i anlæg	
for produktion af varmt vand.....	392
Overfladebehandling.....	396
Katodisk beskyttelse af overfladebehandlede	
stålbeholdere .....	397
Korrosionsfaste beholdere .....	397
Varmelegemer i varmtvandsbeholdere.....	397
Oversigt over brugsvandsområdet.....	398

Korrosion i brugsvandsinstallationer er et almindeligt kendt fænomen. Udbedring af korrosionsskader på rør, beholdere og den øvrige del af bygningerne koster samfundet mange penge, og det er derfor naturligt, at normen stiller krav til materialevalg og udførelse, således at man kan begrænse dels risikoen for skadernes opståen, dels omfanget af følgeskaderne.

## Krav til korrosionsbeskyttelse

### Normens krav

Bestandighed

I normen stilles der krav om, at vandinstallationernes bestandighed bliver af en rimelig størrelsesorden sammenholdt med omgivelsernes karakter og installationernes indbygningsmåde.

Beskadigelser og forurening

For ledninger i jord anfører normen, at de skal lægges, så man tager højde for korrosionsrisiko, og for ledninger i bygninger anføres, at ledninger skal udføres således, at der ikke opstår skader på bygningsdele. Ledningerne skal ved indbygningen sikres en tilstrækkelig ekspansion. Der stilles en række krav til sikring mod forurening, hvilket f.eks. i beholdere kan nødvendiggøre anvendelse af særligt korrosionsfaste materialer. Hertil kommer, at korrosionsprodukterne i sig selv kan give anledning til forurening.

Dimensionering

Også i normafsnit, hvor korrosion ikke direkte er nævnt, kan der ligge korrosionshensyn bag de anførte krav eller vejledninger. Det gælder f.eks. dimensionering, hvor man i vid udstrækning er nødt til at vælge strømningshastigheder – og dermed dimensioner – på en sådan måde, at risikoen for korrosion mindskes, eller således at korrosionsforebyggende foranstaltninger virker efter deres hensigt.

Produktgodkendelse

### VA-godkendelse

Hensyn til korrosion indgår ligeledes i godkendelsesproceduren. I stedet for nogle summariske angivelser i en norm om hvilke materialer, der medfører korrosion, og hvilke ikke, kan man langt bedre gennem en godkendelse tage hensyn til aktuelle forhold for et produkt, en materialekombination, legeringer, brug og placering af komponenter osv. Derfor er der hel-

ler ikke i normen materialer, som er generelt godkendt – eller generelt forbudt. Godkendelsen går på produktet og ikke på materialet.

## Årsager til korrosion

Mange  
påvirkninger

Årsagerne til korrosion er mange. De forhold, der har betydning, er bl.a.:

- Vandets fysiske og kemiske egenskaber.
- Vandets strømningsforhold.
- Omgivelsernes fysiske og kemiske egenskaber.
- De anvendte materialer.
- Installationens indbygning.

Alle disse forhold spiller ind, når en installation skal opbygges således, at der bliver en minimal risiko for korrosion.

## Vandets fysiske og kemiske egenskaber

Vandanalyse

Som anført i kapitel 19 bør man altid undersøge brugsvandets egenskaber, dvs. indhold af opløste stoffer, forinden en installation projekteres og udføres.

Oplysninger fra  
vandværket

Ved henvendelse til vandværket vil man kunne få udleveret en vandanalyse, der indeholder de nødvendige oplysninger. Man kan ligeledes henvende sig til naboer eller vandværk for at få oplyst, om der i området er erfaringer for korrosionsskader. En vandanalyse giver en god information, men det skal nævnes, at vandets egenskaber kan variere med tiden. Det kan ske ved, at nye boringer tages i brug, eller at der i spidsbelastningsperioder kan forekomme blanding af vand fra flere værker, eventuelt iblanding af overfladevand. Det skal endvidere bemærkes, at man i nogle områder kan komme ud for korrosionsfænomener, der ikke kan forklares ud fra de teorier, der for tiden er kendte.

I SBI-anvisning 129, Korrosionsforebyggelse i VVS-installationer, er der nærmere redegjort for vandets fysiske og kemiske egenskaber samt deres betydning for korrosionen.

## Korrosionsformer

De fysiske og kemiske forhold omkring korrosion i vandinstallationer er endnu ikke fuldt opklaret. Man kan derfor godt komme ud for korrosionstilfælde, hvor det er vanskeligt at klarlægge årsagerne i alle detaljer. Til gengæld er den eksisterende viden om materialer og korrosionsforebyggelse så god, at det som regel kan angives, hvordan en installation skal ud-øres for at minimere korrosionsrisikoen.

Korrosion er processer af elektrokemisk art, hvor korrosionsprocessen i virkeligheden består af to sideløbende processer. De to processer kan kort beskrives således:

1. Metallet går i opløsning ved en såkaldt elektronproducerende proces.
2. Vandets indhold af ilt reduceres under dannelse af hydroxid (OH) ved en elektronforbrugende proces.

Det opløste metal og hydroxiden kaldes korrosionsprodukter.

I mange tilfælde accelereres den elektrokemiske korrosion som følge af andre processer. Ofte er det en betingelse for, at der ikke foregår korrosion, at der dannes en korrosions-hæmmende hinde (eller et lag) på de flader, der er i berøring med vandet. Såfremt denne hinde ikke dannes, eller hvis den bortslides (eroderer), vil den elektrokemiske proces kunne foregå med forøget hastighed. Flere almindelige korrosionsformer er kombinationer af mekaniske og elektrokemiske processer, og som meget kendte eksempler kan nævnes turbulens-, spændings- og udmattelseskorrosion.

I SBI-anvisning 129, Korrosionsforebyggelse i VVS-installationer, er der nærmere redegjort for teori og forekomst af de væsentlige korrosionsformer i brugsvandsinstallationer.

## Typiske korrosionsskader

De typiske korrosionsskader i vandinstallationer kan lokaliseres i 2 hovedgrupper:

- Korrosionsskader på rør og samlinger.
- Korrosionsskader i beholdere.

Elektrokemiske  
processer

Mekaniske  
processer

Rør, samlinger  
og beholdere

Der kan dog ofte være et sammenspil mellem to typer, f.eks. således, at uheldige forhold i en varmtvandsbeholder kan medføre skader i det tilsluttede ledningsnet.

## Korrosionsskader i rør og samlinger

Forskellige  
korrosionsforme

Skader i rør og samlinger skyldes i hovedsagen følgende korrosionstyper:

- Elektrokemisk korrosion i ledninger af varmforzinket stål.
- Turbulenskorrosion i ledninger af kobber.
- Udmattelseskorrosion og grubetæring i ledninger af kobber.

Andre typer kan også forekomme.

### Ledninger af varmforzinket stål

I ledninger af varmforzinket stål forekommer såvel flade- som grubetæring.

Fladetæring

Fladetæringer forekommer, hvor vandet er meget blødt, dvs. har en forbigående hårdhed, der er mindre end ca. 0,5 mmol/l = en hårdhedsgrad på ca. 3 °dH, og/eller hvor vandet indeholder fri aggressiv kuldioxid. I disse tilfælde vil der ikke kunne dannes det velkendte beskyttelseslag på indersiden af rørene, og vandets ilt har således fri adgang til zinklaget. Zinklaget vil først korrodere, og når der ikke er mere tilbage, vil jernet begynde at korrodere. Gennemtæring vil dog normalt først forekomme efter nogle års drift. I installationer med denne korrosionsform vil vandet ofte være rustfarvet. I varmt vand vil fladetæringen foregå hurtigere.

I det meget bløde vand vil grubetæring kun sjældent forekomme, da zinklaget virker som anode, og jernet er således katodisk beskyttet med et gunstigt anode/katode forhold.

Grubetæring

Grubetæring på ledninger af varmforzinket stål forekommer oftest i hårdt vand, men kan forekomme i vand med hårdheder helt ned til 0,5 mmol/l = 3 °dH. Grubetæringer foregår meget hurtigt, og de forløber, uanset at hårdt vand normalt er kalkfældende og danner et beskyttelseslag på rørenes inderside, der beskytter mod fladetæring.

Grubetæring er som angivet i det foregående en elektrokemisk korrosion, der ofte kan være af den galvaniske type. Den forekommer både ved samlinger og i selve rørene. Grubetæringene forekommer især, hvor der aflejres partikler af enhver art (tildækningskorrosion), hvor der udfældes kobber-

Vandkvalitet <sup>1)</sup>	Begrænsninger i anvendelse
pH < 7 Alkalinitet < 1 mmol/l Ca <sup>++</sup> < 0,5 mmol/l <sup>2)</sup> (20 mg/l)	Varmforzinket stål bør ikke anvendes
Aggressiv (kalkopløsende) carbondioxid	Varmforzinket stål bør ikke anvendes
Cl <sup>-</sup> + 1/2 · SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > 3 målt i mmol/l	Varmforzinket stål bør ikke anvendes
pH < 7 og hydrogencarbonatindholdet mindre end sulfatindholdet målt i mg/l (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> < 1)	Kobber kan grubetære
Højt chloridindhold i forhold til den forbigående hårdhed	Messing kan afzinke. Afzinkningsbestandige legeringer kan anvendes
Cl <sup>-</sup> > 300 mg/l	Øget korrosionsrisiko for rustfrit stål
Høj ledningsevne (> 100 mS/m)	Magnesiumanode kan bruges, men tæres hurtigt. Risiko for lugtgener og brintudvikling
Lav ledningsevne (< 30 mS/m)	Magnesiumanode i ubehandlet stålbeholder kan kun anvendes ved særligt velegnede konstruktioner eller ved isætning af flere anoder
Meget lav ledningsevne (< ca. 10 mS/m)	Elektrolyseanlæg og emaljerede beholdere med anode kan ikke bruges

- 1) Oplysninger om vandkvaliteten fås hos vandværket.
- 2) Svarer til, at den forbigående hårdhed hidrørende fra calcium skal være over 0,5 mmol/l (2,8 °d tyske hårdhedsgrader). Se i øvrigt DIN 50930.

Figur 16.1. Vandkvaliteter, som giver korrosionsproblemer.

partikler, og hvor zinklaget mangler f.eks. på grund af gevindskæring ved samlinger.

Grubetæring forekommer ofte i ledninger med et lille forbrug eller ringe cirkulation, men der forekommer også grubetæring af mange andre delvis ukendte årsager.

### Ledninger af kobber

De vigtigste korrosionsformer i ledninger af kobber er grube-, turbulens- og udmattelseskorrosion, se [litt. 16.1]. Disse korrosionsskader kan dog ofte undgås, da årsagerne er kendte.

### Ledninger af andre materialer

Der henvises, hvad messing og rustfrit stål angår, til oversigts-skemaet figur 16.1.

## Korrosionsskader i beholdere

Grubetæring i beholdere

Grubetæring er den almindeligste korrosionsform; den forekommer oftest i beholderens bund, hvor der sker en ret betydelig slamaflejring (tildækningskorrosion). Grubetæring kan dog ske overalt i beholdere, og specielt hvor en indvendig overfladebehandling lokalt ikke er dækkende (porer mv.). Korrosion kan også forekomme ved tilslutningsstutse.

Beholdere med kobbervarmelegeme

Hvis der i stålbeholdere monteres varmelegemer af kobber, øges risikoen for grubetæring, da kobber er højere placeret i spændingsrækken end jern. Hvis der er elektrisk ledende forbindelse mellem 2 metaller, vil der kunne foregå galvanisk korrosion, og korrosionshastigheden øges med temperaturen. Angående anoders indflydelse, se omtalen i de følgende afsnit.

## Forebyggelse af korrosionsskader

Generelt

Det er vanskeligt at give helt generelle retningslinier for opnåelse af en god korrosionsbeskyttelse. De eneste materialer, der vides at være korrosionsfaste over for alle typer drikkevand, er plastmaterialerne, men disse har andre egenskaber, der ikke gør dem fuldt anvendelige i alle installationer, f.eks. er kun PEX-rør anvendelige til varmt vand.

## Skadeserfaringer

Vor viden om korrosionsforebyggelse stammer i hovedsagen fra analyser af korrosionsskader. Hvis man derfor i en installation ønsker at anvende andre materialer eller andre materialekombinationer end dem, der er omtalt i det følgende, bør forholdene undersøges nærmere. I det følgende er der tilstræbt en opdeling af korrosionsskader efter:

- Ledningssystemer.
- Anlæg for varmtvandsproduktion.
- Kombinationer af ledningssystem og anlæg for varmtvandsproduktion.

Det er dog ikke muligt at foretage en hel skarp opdeling.

### Forebyggelse af korrosionsskader i ledningssystemer

En af de væsentligste forebyggende foranstaltninger består i korrekt valg af materiale. De normalt anvendte ledningsmaterialer er:

- Varmforzinket stål.
- Kobber.
- Rustfrit stål.
- Plast.

#### Ledningssystemer af varmforzinket stål

## Vandets hårdhed

Ledningssystemer af varmforzinket stål bør kun anvendes når den forbigående hårdhed er større end  $0,5 \text{ mmol/l} = 3 \text{ }^\circ\text{dH}$ . Denne grænse gælder for såvel varmt som koldt vand. Når vandets ledningsevne er rimelig høj ( $> 10 \text{ mS/m}$ ) er det dog muligt at beskytte ledningsnettet ved et elektrolyseanlæg.

## Vandets indhold af aggressiv kuldioxid

Ligeledes bør varmforzinket stål ikke anvendes, når vandet indeholder aggressiv kuldioxid, der hindrer dannelse af det korrosionsbeskyttende lag.

## Kobber kombineret med varmforzinket stål

Det er almindeligt kendt, at hvis man ønsker at kombinere ledninger af varmforzinket stål og ledninger eller beholdere af kobber, skal der tages særlige forholdsregler. For at undgå grubetæringer skal man sikre sig, at der ikke er for meget kobber ( $\text{max } 0,1 \text{ mg/l}$ ) i det vand, der gennemstrømmer stålrør

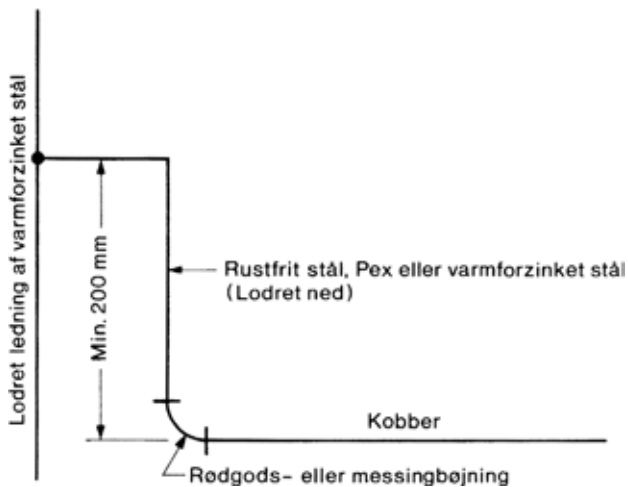
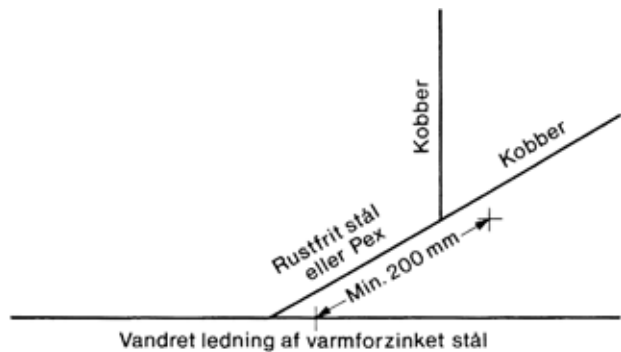
Materiale	Vandkvalitet	Anvendelse <sup>a)</sup>			
		I jord		Indvendig i bygning	
		Udskiftelig	Ikke udskiftelig	Udskiftelig	Ikke udskiftelig
SG-jern Asfalterede Cementerede	pH > 6,5	k <sup>e)</sup> k <sup>e)</sup>	k <sup>e)</sup> k <sup>e)</sup>	k k	– –
Stål Varmforzinkning DIN 2444 eller ækvivalente standarder	Alkalinitet > 1 mmol/l Ca <sup>++</sup> > 0,5 mmol/l pH > 7,0	vk <sup>d,e,f)</sup>	–	vk <sup>d,f)</sup>	–
Kobber, S 2110 DIN 1786 SS 145015	7 < pH < 9	vk <sup>e)</sup>	vk <sup>e)</sup>	vk	vk
Rustfrit stål AISI 316	Cl <sup>-</sup> < 300 mg/l	vk <sup>e)</sup>	–	vk	vk <sup>b)</sup>
PVC PEL PEH PEM		k	k	k <sup>g)</sup>	k <sup>g)</sup>
PEX <sup>c)</sup>		vk	k	vk <sup>g)</sup>	k <sup>g)</sup>

- a) k = koldt vand, vk = varmt vand og koldt vand.  
b) Varmtvandsrøret beskyttes mod udvendig fugt. Varmtvandstemperaturen bør ikke overstige 70 °C.  
c) Standard findes ikke. Krævet bestandighed forudsættes påvist.  
d) Bør kun anvendes i områder, hvor der er dokumenteret gode erfaringer med hensyn til bestandighed over for indvendig korrosion.  
e) Der kræves udvendig korrosionsbeskyttelse.  
f) Varmtvandstemperaturen bør ikke overstige 70 °C. I varmt vand er der risiko for grubetærringer, som kan modvirkes ved at tilføre Al-ioner ved elektrolyse.  
g) Plastrør, der fører vand til brandslukning, skal være brandbeskyttede.

Figur 16.2. Eksempler på anvendelige materialer til vandledninger under hensyntagen til vandkvalitet, anvendelsesområder og udskiftelighed.

ne. Der er således nogle regler, man skal følge, hvis man vil opnå en rimelig sikkerhed mod korrosionsskader.

- a. Varmforzinkede stålør må ikke findes efter kobberrør (regnet i vandets strømningsretning).
- b. Hvis en varmeblade i en varmtvandsbeholder er udført af kobberrør, må den efterfølgende installation kun udføres i varmforzinkede stålør, såfremt der er etableret elektrolyseanlæg.



Figur 16.3. Tilslutning af kobberrør til rør af varmforzinket stål (varmtvandsledninger).

Vedrørende a. Det er almindeligt, at der udføres fordelingsledninger af varmforzinket stål og koblingsledninger af kobber. Kravet er således opfyldt, men der findes mange eksempler på grubetæringer i denne type installationer, og det kan anbefales, at man følger de regler, der er vist på figur 16.3, idet man så opnår en vis sikkerhed mod tilbagestrømning af kobberpartikler og opløst kobber (f.eks. ved termiske strømninger) til stålrørene.

Katodisk beskyttelse

Vedrørende b. Katodisk beskyttelse af varmeplader af kobber kan udføres ved montering af en magnesiumanode i beholderen, se figur 16.4. Varmeplader med tætsiddende rør er dog meget vanskelige at beskytte effektivt, og den efterfølgende rørintallation må ikke udføres af varmforzinket stål. Hvis der udføres katodisk beskyttelse med et elektrolyseanlæg, opnås normalt en beskyttelse af det efterfølgende rørsystem af varmforzinket stål.

Koldt vandssystemer kan også benyttes med elektrolyseanlæg.

### Ledningssystemer af kobber

Kobber er korrosionsbestandigt over for næsten alle forekommende vandtyper.

Grubetæring

I surt vand ( $\text{pH} < 7$ ), hvor hydrogencarbonatindholdet er mindre end sulfatindholdet ( $\text{HCO}_3 < \text{SO}_4$ ), kan kobber dog grubetære. Det er specielt i områder med blødt vand, der indeholder aggressiv kuldioxid, man skal være opmærksom på dette forhold.

Der kan også forekomme grubetæringer i kobberrør, der som følge af en fabrikationsfejl har en indvendig kulstofbelægning. Hvis man anvender for rigelige mængder af flussmiddel, er der ligeledes forøget risiko for grubetæring.

Turbulenskorrosion

Turbulenskorrosion er en almindeligt forekommende korrosionsform i kobberrør. Generelt stiger risikoen for turbulenskorrosion med strømningshastighed, temperatur og ledningens benyttelsestid. Særlig risiko for turbulenskorrosion er der i:

- Ledninger med stadigt cirkulerende varmt vand på steder, hvor retningsændringer og indsnævringer i rørtværsnittet mv. giver forøget turbulens.

Anlæg til varmtvandsproduktion <sup>a)</sup>		Krav til vandkvalitet	Efterfølgende rørinstallation <sup>b)</sup>				
			Varmforzinket stål	Varmforzinket stål + elektrolyse	Kobber	Rustfrit stål	Plast
Varmefflade	Beholder <sup>b)</sup>						
Kappebeholder eller beholder med indlagt varmefflade at kobber, emaljeret stålrør eller rustfrit stål	Stål+magnesiumanode	Ledningsevne > 30 mS/m	+ <sup>c)</sup>	0	+ <sup>d)</sup>	+	+
	Stål+elektrolyse	Ledningsevne >10 mS/m	+	+	0	0	0
	Stål, emaljeret med anode	Ledningsevne >10 mS/m	+ <sup>c)</sup>	-	+ <sup>e)</sup>	+ <sup>c)</sup>	+
	Stål, plastbelagt	Ingen særlige krav <sup>a)</sup>	+ <sup>c)</sup>	-	+ <sup>e)</sup>	+ <sup>c)</sup>	+
	Kobberforet stål	pH > 7,5 <sup>f)</sup>	-	-	+	+	+
	Rustfrit stål	Chloridindhold < 300 mg/l	+	0	+	+	+
Gennemstrømningsvarmere	Kobber	pH > 7,5 <sup>f)</sup>	-	-	+	+	+
	Rustfrit stål	Chloridindhold < 300 mg/l	+	+	+	+	+

## Tegnforklaring:

- + Kombinationen er i orden.
- Kombinationen kan ikke anvendes.
- 0 kombinationen kan laves, men er normalt ikke relevant.

a) Plastbelægninger forudsættes poretætte.

b) Såfremt opvarmning foregår med el-varmelegeme eller varmespiral, bør der tages hensyn til korrosionsforhold, der er temperaturafhængige. Materialer skal mindst være som angivet i figur 16.2.

c) Hvis beholderen er forsynet med kobbervarmefflade, kan efterfølgende varmforzinkede stålrør ikke anvendes.

d) Vedligeholdelse af anode er meget vigtig.

e) Risiko for galvanisk korrosion ved studse. Risikoen kan eventuelt elimineres ved brug af ikke-ledende overgangsstykke, f.eks. plastovergangsstykke, der er godkendt for varmt vand.

f) Hvis  $\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{2-} > 1$  kan pH > 7 accepteres.

Figur 16.4. Eksempler på anvendelige materialer til anlæg for varmtvandsproduktion under hensyntagen til vandkvalitet.

## Hastighedsgrænser

For at opnå rimelig sikkerhed mod turbulenskorrosion angiver normen grænser for hvor store hastigheder, der kan tillades i kobberrør ved forskellige temperaturer, se figur 16.5. De anførte hastigheder beregnes ud fra kobberrørens indvendige diameter og den dimensionsgivende vandstrøm i røret. For cirkulationsledningernes vedkommende er det cirkulationspumpens ydelse under de aktuelle forhold, dvs. den cirkulerende vandstrøm, der er udgangspunkt for beregninger af hastigheden, og det skal bemærkes, at mange tilfælde af turbulenskorrosion skyldes, at der »for en sikkerheds skyld« er anvendt for store pumper.

Vandledning	Installationsområde	Største forsvarlige <sup>1)</sup> hastighed i m/s		
		Koldt vand ≤ 25 °C	Varmt vand <sup>2)</sup> ≤ 70 °C	
Ledning med kontinuert strømning f.eks. cirkulationsledning	Udskiftelige og ikke-udskiftelige fordelingsledninger	2,0	0,5	
Ledning med sammenlagt strømning > 6 timer pr. døgn	Udskiftelige og ikke-udskiftelige fordelingsledninger og koblingsledninger	2,0	1,3	
Ledning med sammenlagt strømning < 6 timer pr. døgn	Udskiftelig	Fordelingsledning og koblingsledning	Ingen grænser	
		Ikke-udskiftelig	Fordelingsledning	2,0
	Koblingsledning		4,0	4,0

1. Ved ekstremt ugunstige forhold kan turbulenskorrosion indtræffe, f.eks. ved korrosivt vand, uheldig geometri ved afgreninger, ventiler, loddesamlinger mv., luftansamlinger i ledninger, relativ lang varighed af strømning.
2. Ved højere temperaturer bør hastighederne mindskes med minimum 25 pct.

Figur 16.5. Maksimale hastigheder i vandledninger af kobberrør, når korrosionsrisiko skal minimeres.

Udmattelses-  
korrosion

Udmattelseskorrosion forekommer ret ofte i kobberrørsinstallationer, hvor svingninger i vandets temperatur medfører lokalt store deformationer af rørene som følge af uheldigt placerede fastspændinger. Fastspændingerne kan være egentlige fastspændinger, men kan også være fastholdelse af rørene i gennemføringer eller ved indstøbning.

Ekspansions-  
muligheder

Udmattelseskorrosion forekommer oftest i installationer af hårde kobberrør med hårdloddede samlinger. Ved hårdlodningen bliver temperaturen lokalt så høj, at der sker en udglødning af røret, dvs. det bliver blødt. Dette kan medføre, at temperaturbevægelserne primært optages på disse steder, og der er derfor stor risiko for udmattelsesbrud (-korrosion). Denne type korrosion kan også forekomme i andre kobberrørsinstallationer, og det er derfor særdeles vigtigt, at en installation af kobberrør altid sikres tilstrækkelige ekspansionsmuligheder, se kapitel 19.

### **Ledningssystemer af rustfrit stål**

Rustfrit stål er modstandsdygtigt over for alle normalt forekommende vandtyper. Der kan forekomme spændingskorrosion, hvor der optræder meget høje chloridkoncentrationer, f.eks. ved inddampning ved utætte samlinger. Rør af rustfrit stål og af varmforzinket stål kan uden problemer kombineres i en brugsvandsinstallation.

Samlinger udføres med formstykker, der er VA-godkendt sammen med rørene.

### **Ledningssystemer af plast**

Plastrør er i det væsentlige modstandsdygtige over for alle normalt forekommende vandtyper.

## **Forebyggelse af korrosionsskader i anlæg for produktion af varmt vand**

Langt de fleste anlæg for varmtvandsproduktion er udført med beholdere af stål, og der har i tidens løb været konstateret man-

ge korrosionsskader både i beholdere og i tilsluttede varmtvandsinstallationer. Skaderne har været så hyppige, at man i dag må konstatere, at stålbeholdere altid skal udføres med en korrosionsbeskyttelse. For beholdere af rustfrit stål og af kobber (kobberforede stålbeholdere), gælder det, at såfremt der anvendes de rigtige legeringer, og såfremt samlinger (svejsninger) udføres korrekt, opnås en god korrosionsbestandighed.

Metoder til forebyggelse

Korrosionsbeskyttelse af stålbeholdere udføres normalt ved enten:

- Katodisk beskyttelse.
- Overfladebehandling.
- Kombination af disse to.

I figur 16.4 er gengivet normens tabel over kombination af materialer i anlæg for varmtvandsproduktion.

Katodisk beskyttelse udføres enten ved indsætning af en anode af magnesium eller ved et elektrolyseanlæg, og der opnås en beskyttelse af selve beholderen, af en eventuel varme-flade og –hvis der anvendes et elektrolyseanlæg –også af det efterfølgende ledningssystem.

Magnesiumanoder

Ved indsætning af magnesiumanode opnås en god beskyttelse af stålbeholdere og –under gunstige forhold –af eventuelle varme-flader af overfladebehandlet stål. Det er dog en for-udsætning, at varme-fladerne er af en åben konstruktion med god afstand mellem rørene. Anoder skal anbringes således, at de giver en god beskyttelse af såvel beholder som varmelegeme.

Vandets ledningsevne

Hvis en anode skal virke hensigtsmæssigt er det nødvendigt, at vandet har en ledningsevne på mindst 30 mS/m, når der anvendes almindelige stålbeholdere og mindst 10 mS/m ved emaljerede beholdere. Dette er dog normalt tilfældet ved de ikke meget bløde vandtyper. Ved de bløde vandtyper kan det hjælpe at indsætte flere anoder.

Overbehandling af vandet

Hvis vandets ledningsevne er meget stor, dvs. større end 100 mS/m, er der ved små forbrug af varmt vand risiko for udvikling af brint og for lugtgener. I disse tilfælde vil magnesiumanoder tæres hurtigt, og hyppig kontrol og udskiftning er nødvendig.

Ved overbehandling af vandet kan der forekomme anaerobe bakterier og foregå en sulfatreduktion. Risikoen for overbehandling kan eventuelt mindskes ved at anvende mindre anodestørrelser.

Udslamning af  
beholdere

Korrosionsprodukterne fra magnesiumanoderne er tungt opløselige i vand og aflejres i bunden af beholderen, især hvis forbruget er ringe. Disse korrosionsprodukter skal med mellemrum renses ud.

Kobbervarme-  
legemer i  
ubehandlede  
stålbeholdere

I beholdere af ubehandlet stål, hvor en varmeplade af kobber er i elektrisk ledende forbindelse med stålbeholderen, vil stålet virke som en katodisk beskyttelse for kobbervarmepladen, og kun mindre kobbermængder vil gå i opløsning. Der vil dog være en stor risiko for, at stålet vil korrodere i nærheden af varmepladen, og der bør derfor indsættes en anode.

Magnesiumanoden, der således er offeranode for såvel varmepladen som stålbeholderen, vil korrodere hurtigt, og hyppig kontrol og eventuel udskiftning vil være nødvendig. I en sådan beholder skal varmelegemet ikke isoleres fra beholderen.

I emaljerede beholdere, hvor varmepladen er elektrisk isoleret fra stålet, er kobberet ikke katodisk beskyttet af stålet. Der vil derfor gå så meget kobber i opløsning, at der er en forøget risiko for grubetæring i varmforzinket stålror. Mængden af kobber, der går i opløsning er dog ikke så stor, at der er risiko for gennemtæring af varmelegemet.

Kobbervarme-  
legemer i over-  
fladebehandlede  
stålbeholdere

I stålbeholdere, der er overfladebehandlet med emalje eller kunststof, bør varmelegemer af kobber og rustfrit stål være elektrisk isoleret fra beholderen, da der ellers vil være forøget risiko for gennemtæring af stålbeholderen ved fejlsteder (porer) i overfladebehandlingen.

I emaljerede beholdere bør der altid indsættes en anode, der virker som katodisk beskyttelse for beholderen, da emaljen normalt ikke er poreæt.

I beholdere, der er overfladebehandlet med kunststof, vil en anode, afhængigt af hvilket kunststof, der er anvendt, kunne ødelægge kunststoffet. Der bør derfor ikke indsættes anoder i sådanne beholdere. Da der er risiko for gennemtæring ved fejlsteder, stilles der ved VA-godkendelsen af kunststofbelagte beholdere meget store krav til belægnings tæthed.

- Elektrolyseanlæg Ved katodisk beskyttelse med elektrolyseanlæg monteres en anode af aluminium i beholderen, og der påtrykkes en jævnspænding fra en ensretter. Ved elektrolyse opnås en katodisk beskyttelse af stålbeholderen, og der dannes en tynd hinde af aluminiumhydroxid på indersiden af de efterfølgende rør. Belægningen dannes bedst i nye rør, men dannes dog også i gamle installationer. Et rigtigt dimensioneret elektrolyseanlæg har vist sig at være en særdeles effektiv metode til korrosionsbeskyttelse. Selve dimensioneringen bør normalt overlades til leverandøren af anlægget, men for installationerne mv. gælder der nogle regler, som bør overholdes for at sikre en god beskyttelse.
- Beholderstørrelse – Varmtvandsbeholderen bør have en størrelse der mindst er ca.  $\frac{1}{3}$  af det maksimale timeforbrug (se afsnit om hydroforbeholder i kapitel 11).
- Åben konstruktion – Varmefluden bør være af en åben konstruktion, se kapitel 19.  
Varmefluden bør være sådan konstrueret og indbygget i beholderen, at der –når der ikke tappes – foregår termiske strømninger i vandet.
- Ensartet belastning – Hvis der er flere beholdere bør installationen udføres således, at alle beholdere belastes ens (installeres parallelt), f.eks. ved at rørintallationerne udføres symmetrisk.
- Forbrugsstyret behandling – Elektrolyseanlæggets strømstyrke bør tilpasses forbruget og vandets fysiske og kemiske egenskaber, da der ellers er risiko for overbehandling og dermed dårlig lugt og smag.
- Cirkulation – Den bedste beskyttelse af rørsystemet opnås, når der udføres cirkulation, og når cirkulationshastigheden er mindst 0,05-0,1 m/s i cirkulationsledningerne.
- Tidlig start – Elektrolyseanlægget bør sættes i drift samtidigt med anlægget for produktion af varmt vand, dvs. i mange tilfælde i byggeperioden inden en aflevering til bygherren.

Elektrolyseanlæg anvendes på grund af anlægsomkostningerne mest til større anlæg, men der er anlæg på markedet specielt beregnet til mindre installationer, f.eks. kappebeholdere i villaanlæg. Elektrolyseanlæg er ikke egnet til gennemstrømningsvarmevekslere med et lille rumindhold.

### Overfladebehandling

Overfladebehandling af varmtvandsbeholdere har i de senere år vundet frem, og der er flere muligheder for valg af materialer. Det bemærkes, at overfladebehandlingen af en varmtvandsbeholder skal være VA-godkendt (når undtages svumning med cement), og at det ikke – inden for rammerne af godkendelsen – er tilladt at reparere, forny eller udføre en helt ny overfladebehandling. Overfladebehandlingen består normalt af:

- Svumning med cementvælling.
- Emaljering.
- Belægning med kunststof.

Cement

Som nævnt er svumning med cementmørtel den eneste form for overfladebehandling, der ikke kræver særlig godkendelse. Svumningen kan således også udføres på gamle beholdere. Svumningen kan udføres med cement med ca. 30 pct. vand (konsistens som tyk fløde) og udføres bedst i flere lag indtil der er nået en lagtykkelse på ca. 2 mm. Inden svumningen skal løs rust fjernes, og under arbejdets udførelse og den efterfølgende afhærdning skal beholderen være kold. Beholdere skal forsynes med magnesiumanode eller elektrolyseanlæg.

Emaljering

I de senere år er det blevet almindeligt, at specielt små beholdere forsynes med en indvendig beskyttelse med glasesmalje, der fastbrændes ved en temperatur på 800-850°C. Emaljelagets tykkelse er normalt ca. 0,25 mm. Det skal bemærkes, at der er særlig stor korrosionsrisiko ved påsvejste stutse.

Kunststof-  
belægning

Beholdere kan beskyttes med en indvendig overfladebehandling med kunststof, der skal være VA-godkendt.

Varmforzinkning

Man har tidligere forsøgt at udføre en varmforsinkning af beholdere. Erfaringerne har dog været dårlige, idet der ofte forekom grubetæringer.

Kobberforing

En særlig type overfladebeskyttelse er kobberforing, der giver en god beskyttelse. De fleste »kobberbeholdere« på det danske marked er udført at stålplade med kobberforing. Kobberforede beholdere bør ikke anvendes, når vandets pH-værdi

er mindre end 7, dvs. surt vand. Den efterfølgende rørinstallation må ikke udføres af varmforzinkede stålrør.

### **Katodisk beskyttelse af overfladebehandlede stålbeholdere**

Katodisk beskyttelse af anlæg med varmelegemer af kobber er omtalt i det foregående.

Emaljerede  
beholdere

Emaljerede beholdere bør altid være katodisk beskyttede med en magnesiumanode. Det giver en god beskyttelse, og anoden vil i almindelighed holde længe. Man bør dog jævnlige kontrollere anoden og indsætte en ny, når den gamle er bortkorroderet.

Kunststofbelagte  
beholdere

På grund af risikoen for ødelæggelse af belægningen, bør beholdere med en overfladebelægning af kunststof ikke forsynes med magnesiumanode, medmindre det er dokumenteret, at anoden ikke beskadiger belægningen.

### **Korrosionsfaste beholdere**

Det er nærliggende, at man for at undgå korrosion i beholdere anvender beholdere af korrosionsfast materiale. Der findes i øjeblikket to typer korrosionsfaste beholdere:

- Beholdere af kobber.
- Beholdere af rustfrit stål.

Kobber

For beholdere udført af kobberlegeringer gælder, hvad der i det foregående er skrevet om kobberforede stålbeholdere. I udlandet findes udførelser af beholdere af legeringer af nikkel og kobber. Disse er karakteristiske derved, at legeringen er mere korrosionsfast end beholdere af rent kobber.

Rustfrit stål

Rustfrit syrefast stål (ikke 18/8 stål) er et velegnet materiale til varmtvandsbeholdere. Disse beholdere har fremfor kobberbeholdere den fordel, at de tilsluttede ledningssystemer kan udføres af varmforzinket stål.

### **Varmelegemer i varmtvandsbeholdere**

Varmelegemer i beholdere består normalt af rørrækker (batterier) udført af:

Ulegeret stål med overfladebelægning.  
Kobber eller kobberlegeringer.  
Rustfrit stål.

Varmemediet er normalt vand, damp eller olie, i sjældne tilfælde olie.

Varmelegemer af stål

Når der anvendes varmelegemer af overfladebehandlet ulegeret stål, er der normalt ikke korrosionsrisiko, såfremt den er omfattet af den katodiske beskyttelse.

Varmelegemer af kobber

Varmelegemer af kobber har i almindelighed lang levetid, når man sikrer sig, at strømningshastigheden er under de i figur 16.5 anførte værdier, at pH-værdien  $> 7$ , og at indholdet af hydrogencarbonat er større end indholdet af sulfat.

Når det efterfølgende ledningsanlæg helt eller delvis er udført af varmførzinket stål, vil det være nødvendigt at der monteres elektrolyseanlæg.

Varmelegemer af kobber bør ikke benyttes, når varmemediet er olie. Årsagen hertil er, at kobberet kan virke nedbrydende på olien.

Varmelegemer af rustfrit stål

Varmelegemer af molybdænlegeret rustfrit stål vil i almindelighed ikke give korrosionsproblemer, når varmelegemets temperatur ikke overstiger 110-115 °C. Hvis temperaturen bliver for høj, vil der kunne ske spændingskorrosion og grubetæring.

## Oversigt over brugsvandsområdet

Forholdene omkring korrosion og korrosionsbeskyttelse i brugsvandsanlæg er, som det fremgår af foranstående, ganske komplicerede.

I figur 16.6 er angivet forskellige måder at udføre vandanlæg på for så vidt angår materialevalg og korrosionsforebyggelse. Figuren omfatter ikke alle tænkelige materialekombinationer. F.eks. kan man udmærket kombinere plast, kobber og rustfrit stål i samme rørsystem.

*Figur 16.6. Checkliste for materialer og materialekombinationer i vandinstallationer.* ►

# CHECKLISTE FOR BRUGSVANDSINSTALLATIONER

## RÅD OG REGLER FOR KOLDT- OG VARMTVANDSINSTALLATIONER, generelt

- Følg reglerne i vandnormen, DS 439, 2. udgave, maj 1989.
- Alt materiel skal være VA-godkendt.
- Anbring installationer således, at evt. udsivende vand opdages.
- Anbring installationer udskifteligt, hvor det er muligt.
- Alle samlinger skal være udskiftelige, selvom andre dele af installationen er anbragt ikke-udskifteligt.
- Gennemskyl installationen grundigt før ibrugtagning.

### Materialer Rørsystem

Varmforzinket stål

Kobber

Rustfrit stål

Plast

### RÅD OG REGLER FOR KOLDTVANDSINSTALLATIONER

- Hvis vandet er aggressivt, eller de lokale erfaringer er dårlige, bør der anvendes et andet materiale
- Hold hastigheder så lave at turbulenskorrosion undgås.
- Grubetæring hidrørende fra kulstoffilm kan undgås ved brug af hårde kobberer eller blade rør, som er garanteret fri for kulstoffilm.
- Brug mindst mulig flus ved lodning og kun på rørenden.
- Brug aldrig varmforsinket stål efter kobber.
- Hvis vandets chloridindhold er over 300 mg/l, bør anvendes et andet rørmateriale.
- Lodning på rustfrit stål kræver special oplæring.
- Følg regler om lægning og samling i VA-godkendelser og leverandøranvisninger.

### Materialer Rørsystem

#### Vandvarmer

Varmforzinket stål uden elektrolyse

Varmforzinket stål med elektrolyse

Kobber

Rustfrit stål

Plast

### RÅD OG REGLER FOR VARMTVANDSINSTALLATIONER

- Hvis vandet er aggressivt og de lokale erfaringer er dårlige, bør der anvendes et andet materiale – eller bruges elektrolyse.
- Anbring ikke kobber før varmforsinket stål.
- Ved brug af anode: Kontrollér at vandets ledningsevne er stor nok. Anoden skal kunne udskiftes.
- Et kobbervarmelegeme i vandvarmeren skal være anodebeskyttet.
- Elektrolyseanlægget bør startes så snart der er vand på installationen.
- Anbring ikke kobber før varmforsinket stål – dog undtaget kobbervarmelegeme i varmvandsbeholder.
- God cirkulation bør sikres ved beregning og indregulering.
- Pasning og vedligeholdelse af elektrolyseanlægget foretages efter leverandørens forskrifter.
- Anbring rørene således, at de har de nødvendige ekspansionsmuligheder.
- Hold hastigheder så lave at turbulenskorrosion undgås – brug ikke for stor pumpe.
- Grubetæring hidrørende fra kulstoffilm kan undgås ved brug af hårde kobberer eller blade rør, som er garanteret fri for kulstoffilm.
- Brug mindst mulig flus ved lodning og kun på rørenden.
- Brug aldrig varmforsinket stål efter kobber.
- Hvis vandet er aggressivt bør der bruges et andet materiale.
- Ved brug af anode: Kontrollér at vandets ledningsevne er stor nok. Anoden skal kunne udskiftes.
- Hvis vandets chloridindhold er over 300 mg/l bør anvendes et andet rørmateriale.
- Lodning på rustfrit stål kræver special oplæring.
- Der findes pt ikke VA-godkendte rør.
- Følg regler om lægning og samling i VA-godkendelser og leverandøranvisninger.

## KAPITEL 17

## Vandbesparende foranstaltninger

Vandnormens krav.....	401
Utætte ledninger.....	401
Ledninger i jord.....	401
Ledninger i bygning.....	402
Sikring af koldtvandstemperatur.....	402
Sikring af varmtvandstemperatur.....	403
Sikring mod unødvendigt forbrug.....	404
Vand til særlige formål.....	404
Vand til vandingsformål.....	405
Sanitære installationer.....	406
Måling af vandforbrug.....	407
Vandspild ved utætheder og reparation mv. ....	408

En relativt stor del af det drikkevand, som vandværkerne tilvejebringer, ender på en eller anden måde som vandspild.

Vandspild kan ske undervejs fra vandindvinding til forbruger, f.eks. på grund af et utæt ledningsnet, eller det kan ske i forbrugers vandinstallation (utæt rørsystem, løbende cisterner og aftapningsarmaturer). Endvidere omfatter vandspild det overforbrug, der finder sted hos de enkelte forbrugere, enten når vandet anvendes til formål, der ikke kan anses for rimelige, eller når man kunne have opfyldt formålet tilfredsstillende med en mindre vandmængde.

Vandspild

## Vandnormens krav

Vandinstallationer skal udformes således, at unødvendigt vandforbrug undgås.

WC'er

Vejledningen til dette generelle krav vedrører skyllevandsmængder til WC'er og urinaler. Specielt anføres for WC'er, at skyllevandsmængden ikke bør vælges lavere end 6 l, medmindre WC'et er beregnet og VA-godkendt til en mindre vandmængde. Desuden skal de tilsluttede afløbsledninger være udført specielt med henblik på, at de tilsluttede WC'er har lille skyllevandsmængde.

## Utætte ledninger

Utætte ledninger og samlinger er en af de væsentligste årsager til vandspild, og især for ledninger i jord gælder det, at skaderne kan være svære at konstatere og lokalisere.

### Ledninger i jord

Forsyningsledninger

Utætheder i ledningsnettet i jord (forsyningsnet samt stikledninger) kan – i områder hvor der installeres målere – konstateres gennem forskellen mellem den vandmængde, som værket har leveret, og den vandmængde, som måles hos forbrugerne. Et symptom på utætheder er et stort forbrug i nattetimerne. Tabet kan i forsyningsnet med gamle ledningssystemer beløbe sig til 30-40 pct., men er oftest omkring 5-10 pct.

Systematisk lækagesøgning

For at komme dette tab til livs gennemfører mange vandforsyninger en systematisk lækagesøgning. Lækagesøgningen udføres ofte med elektroakustisk materiel (ventillytning eller terrænlytning) eller ved hjælp af isotopundersøgelser. Systematiske lækagesøgninger ved hjælp af særligt måleudstyr kan udføres af de teknologiske institutter og en række private firmaer.

I forhold til omfanget af forsyningsledninger er omfanget af installationer i jord på privat grund ret beskedent. Der er derfor i almindelighed ikke basis for systematisk lækagesøgning, når der bortses fra områder med større boligbebyggelser, hospitaler, plejehjem o.lign. Utætheder kan konstateres ved tæthedsprøvning og nu og da spores gennem fugtige områder på jordoverfladen eller på kælderydervægge.

For at lette lokalisering af ledninger i jord bør man altid i tegningsmaterialet foretage en omhyggelig indmåling af ledningerne i forbindelse med udførelsen.

Målere som kontrolforanstaltning

Ved større anlæg med en omfattende installation i jord kan man placere en hovedmåler så nær tilslutningen til forsyningsledningerne som muligt og ved en hensigtsmæssig placering af bimålere føre kontrol med vandtab fra jordledningerne.

### Ledninger i bygning

Utætte ledninger i bygninger vil som regel hurtigt blive opdaget og repareret, før der opstår større skader og vandspild.

Skjulte ledninger

En undtagelse fra denne regel er de skjulte ledninger; herved forstås i denne forbindelse de ledninger, der er placeret således, at udsivning ikke umiddelbart erkendes. Det kan f.eks. være ledninger i krybekældre, ingeniørgange og lignende steder.

Ingen samlinger

Normens krav om, at den ikke-udskiftelige del af en rørinstallation i bygninger skal udføres uden samling, nedsætter risikoen for vandskader fra ikke-udskiftelige ledninger. En yderligere sikkerhed kan opnås, hvis rørene lægges på en sådan måde, at udsivende vand kan observeres. Metoder til lægning af rør i enfamiliehuse er beskrevet i SBI-anvisning 160, Renovering af skjulte rørinstallationer i enfamiliehuse, [litt. 17.1].

Måler

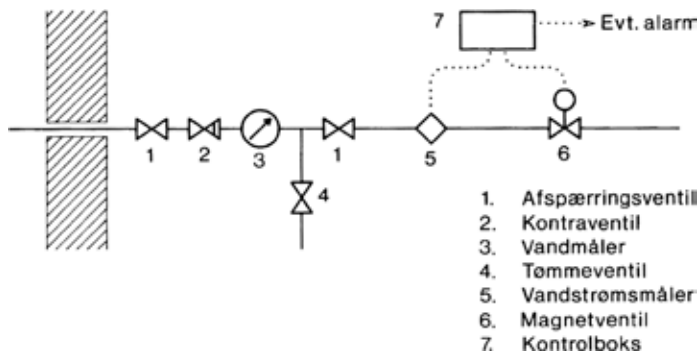
I installationer, der er forsynet med måler, vil det med en jævnlig kontrol af vandforbruget kunne afsløres, om der er unormalt store forbrug og måske utætheder.

Elektronik

Til automatisk sikring af vandinstallationer fås elektroniske systemer, der lukker for vandet og/eller giver alarm ved utilsigtet vandforbrug. Et sådant system er vist på figur 17.1.

### Sikring af koldt vandstemperatur

Normens krav vedrørende undgåelse af uønsket temperaturstigning tager først og fremmest sigte på ledninger, der fører vand til tapsteder for drikkevand, dvs. til armaturer i køkkener og over håndvaske samt drikkefontæner og lignende.



Figur 17.1. Anlæg til automatisk sikring af vandinstallation.

### Isolering

Den mest almindelige måde til sikring af normkravets overholdelse er isolering af ledninger for drikkevand, hvor de føres gennem opvarmede rum samt i nicher, rørkanaler og lignende, hvor de føres sammen med varme- og varmtvandsledninger. Ledninger, der føres gennem våde rum, f.eks. badeværelser, isoleres dog normalt ikke. Isoleringen udføres i henhold til Dansk Ingeniørforenings norm for termisk isolering af tekniske installationer, DS 452, [litt. 17.2].

Koldtvalsledninger, der er kondensisoleret, har normalt ikke behov for yderligere isolering.

### Ledningsføring

Isoleringen kan kun mindske den utilsigtede opvarmning af drikkevandet, så længe vandet strømmer i røret. Når vandet står stille, vil det efter en begrænset tid have samme temperatur som rørets omgivelser. Det kan derfor anbefales, at ledninger for drikkevand føres helt uden om meget varme rum, som f.eks. fyrrum.

## Sikring af varmtvandstemperatur

Normens krav om undgåelse af uønsket temperaturfald kan ikke klares med isolering alene – som for koldt vand gælder det, at når vandet står stille i rørene, vil der ske en temperaturudjævning.

### Ventetid

I normens vejledningsstof for dimensionering angives, at kravet indebærer, at der beregningsmæssigt ikke må være

længere ventetid end ca. 10 sekunder til normal varmtvandstemperatur opnås. Der kan dog ses bort fra denne regel ved tapsteder som sjældent benyttes og ved tapsteder, hvor der tappes en større mængde blandet vand. Ventetiden kan overholdes gennem anvendelse af korte ledninger med lille diameter eller ved cirkulation.

Det maksimale vandspild

En ventetid på 10 sekunder svarer til et vandspild pr. taping på 2 liter ved håndvask, køkkenvask, bruser og badekar.

Isolering

Varmtvandsledninger, der isoleres mod energitab efter litt. 17.2, behøver normalt ikke yderligere isolering for at modvirke uønsket temperaturfald.

## Sikring mod unødvendigt forbrug

Definition

Ved unødvendigt vandforbrug forstås i denne forbindelse brug af mere vand end nødvendigt til at opnå det ønskede resultat eller mere brug af drikkevand til formål, hvor der kan anvendes vand af ringere kvalitet, f.eks. søvand eller havvand.

Sikring

Unødvendigt vandforbrug kan f.eks. undgås ved: lokale forbud mod brug af drikkevand til industriformål, lokale forbud mod brug af drikkevand til vanding og begrænsning af vandforbrug i sanitære installationer.

Til de vandbesparende foranstaltninger hører i denne forbindelse også afregning af vandforbrug efter måler.

### Vand til særlige formål

Restriktioner

I mange vandforsyningsområder er der restriktioner, når det drejer sig om anvendelse af drikkevand til erhvervsformål. Vandværkerne kan frit indføre sådanne restriktioner, og i mange tilfælde sker det, når vandforsyningens kapacitet er begrænset.

Tilladelse til anvendelse af drikkevand til tekniske formål og til formål, som ikke kræver vand af drikkevandskvalitet, gives ofte på betingelse af gennemførelse af vandbesparende foranstaltninger, f.eks. genanvendelse.

Industriel vandanvendelse

I industrien anvendes drikkevand f.eks. til køling, vask og skylning. Vandet anvendes også direkte i industrielle processer, hvor det kan indgå i de færdige produkter.

**Køling** Såfremt vandværksvandet anvendes til køleformål, bør der foretages recirkulation. Det opvarmede vand kan anvendes til opvarmningsformål, eller det kan afkøles i køletårne. Under alle omstændigheder bør kølevandsstrømmen styres automatisk og begrænses til hvad der svarer til fordampningen fra anlægget.

**Vask, skylning og rengøring** I mange tilfælde er det nødvendigt at anvende vand af en høj renlighedsgrad til rengørings-, vaske- og skylleformål. Det er derfor ofte naturligt at anvende drikkevand til dette formål. Det påregnes, at ca. 70 pct. af industriens øjeblikkelige vandforbrug går til disse formål. Vandforbrug til skylning af produktionsemner i industrien kan ofte nedbringes betydeligt ved brug af egnede slangemundstykker eller tilførsel af trykluft til skyllevandet.

**Recirkulation** Også i vaske- og skylleprocesser er det muligt at begrænse forbruget af vandværksvand. I mange tilfælde kræver myndighederne, at vandet genanvendes.

**Havevanding** **Vand til vandingsformål**  
For havevanding gælder det, at vandforbruget hertil udgør en beskeden del af det samlede forbrug, så dette vil kun i få områder danne grundlag for et forbud. Havevandingen kan derimod medføre store spidsbelastninger, hvilket kan gøre, at restriktioner er nødvendige for at sikre det øvrige forbrug. Ofte skyldes restriktionerne, at vandforsyningsens kapacitet er utilstrækkelig.

I de områder, hvor havevanding tillades, ville der formentlig kunne opnås besparelse ved indlæring af en bedre vandingsteknik, f.eks. kan man med nogle få grundvandinger opnå mere effekt end ved mange mindre vandinger.

**Vanding i landbrug og gartneri** Vanding i landbrug og gartneri har en voksende udbredelse. Der anvendes ikke altid vandværksvand, men dog vand, hvis indvinding tærer på de samlede vandressourcer. Såfremt der tages skyldigt hensyn til miljøet (søer, åer, grundvandsspejl), kan vanding være en fornuftig, produktionsfremmende faktor – også selv om der arbejdes med vandbesparelser på andre områder.

### Sanitære installationer

Nybyggeriet

Der er i øjeblikket kun begrænsede muligheder for at gøre en installation vandbesparende gennem dimensionering og komponentvalg. Man kan gennem en omhyggelig beregning sørge for, at der ikke kan tappes mere fra et tapsted end forudsat i normen. Man kan vælge maskiner og installationsgenstande med lille vandforbrug. Ved VA-godkendelse af vandforbrugende apparatur og maskiner, f.eks. vaske- og opvaskemaskiner, skal der oplyses om vandforbruget. Disse oplysninger kan anvendes ved valg af maskinfabrikat, således at køberen har mulighed for at prioritere et lille vandforbrug i forhold til andre egenskaber.

Andre muligheder er f.eks. at vælge brusere i stedet for kar. Man kan i større badeanlæg vælge trykknappbetjente armaturer, hvilket har vist sig at medføre store vandbesparelser. På længere sigt kan det dog tænkes, at der vil komme en udvikling hen mod komponenter, som giver samme virkning med et mindre vandforbrug.

Vandstrømsregulatorer

En af de nyere metoder til vandbesparelse er anvendelse af vandstrømsregulatorer. En sådan regulator virker på den måde, at den fastholder vandstrømmen til en bestemt størrelse, når vandtrykket er større end en bestemt mindste størrelse. Vandstrømmen gennem udløbet er derefter konstant.

I eksisterende installationer, hvor der er mulighed for at tappe større vandstrømme end forudsat i normen, kan der være store besparelsemuligheder ved brug af vandstrømsregulatorer. Som et eksempel på egnede anvendelsesmuligheder kan nævnes brusere i større badeanlæg. Vandstrømsregulatorer til montage foran armaturer findes ligeledes, men anvendes stort set ikke i Danmark. For alle regulatorer gælder, at man skal være opmærksom på en mulig risiko for tilkalkning.

Husholdningerne

Der vil i husholdningerne kunne spares meget vand, hvis man bevidst går ind for det – der er dog ikke egentlige sparekampanjer i sigte. Som spareråd kan i denne forbindelse foreslås følgende:

Kontrollér installationer, aftapningsarmaturer, tømmeventiler og fyldeventiler i WC-cisterner samt ledninger for utætheder, og lad straks eventuelle utætheder afhjælpe.

Der bør bruges WC'er, der skyller med 6 l vandmængde el-

ler VA-godkendte afløbssystemer, der er tilsluttet WC'er med mindre skyllevandsmængde.

Vær opmærksom på maskinens vandforbrug ved valg af vaske- eller opvaskemaskine. Udfør havevanding med kande. Vask bilen med vand fra spand i stedet for med vand fra slange. Vask op og skyl af i balje og ikke under rindende vand. Tag brusebad i stedet for karbad. Vælg armaturer hvor både vandstrøm og vandtemperatur er nemme at indstille.

Automatisk  
tapning  
Urinaler

Hvor tapning sker automatisk skal tapningen styres af behovet.

Kravet finder f.eks. anvendelse ved automatisk skylning af urinaler, og normen angiver, at den automatiske skylning kan tillades, såfremt skyllevandsmængden begrænses til normalt max. 20 l pr. standplads pr. time. Vandtilførslen bør desuden afbrydes uden for benyttelsestiden.

### Måling af vandforbrug

Direkte vand-  
besparelser

Det har vist sig, at man i områder med afregning efter vandmålere har et klart (op til 25 pct.) mindre forbrug pr. person, end hvor der ikke måles. Dette burde føre til, at der overalt blev anvendt målere, hvilket vandforsyningsloven giver de enkelte vandforsyninger hjemmel til at kræve.

Andre fordele

Indførelse af vandmålere hos de enkelte brugere medfører – udover den direkte forbrugsbegrænsende virkning – en række muligheder for at opdage vandspild. Vandværket kan derigennem beregne tabet i ledningsnettet og således undersøge behovet for lækagekontrol. Vandspild hos brugerne – f.eks. hidrørende fra utætheder – vil kunne opdages ved de regelmæssige aflæsninger og hurtigt bringes til ophør.

Målere ved  
tapsted

Målere, der anbringes synligt ved tapstedet – eventuelt sammenbygget med armaturet – vil være en nærliggende mulighed, hvis brugernes bevidsthed om vandforbruget skærpes. Der findes allerede egnede målere på markedet.

Økonomi ved  
vandbesparelser

I mange kommuner er der sket en kraftig forøgelse af vandprisen, og denne tendens må påregnes at fortsætte. Dette kan bevirke, at vandbesparende foranstaltninger i større omfang bliver lønsomme, og må betragtes på linie med energibesparende foranstaltninger.

### Vandspild ved utætheder og reparation mv.

Vandinstallationer skal udføres således, at vandspild ved utætheder kan konstateres. Kravet indebærer f.eks., at ikke-synlige installationer, hvor utætheder ikke umiddelbart kan konstateres, skal udføres således, at de kan tæthedsprøves.

Vandinstallationer skal udføres således, at vandspild ved reparations- og vedligeholdelsesarbejder begrænses i rimeligt omfang. Foranstaltninger til dette er nærmere behandlet i kapitel 19.

## KAPITEL 18

## Måling af vandforbrug

Målertyper.....	409
Vingehjulsmålere .....	410
Woltmanmålere .....	410
Volumenmålere .....	411
Målere til varmtvandsforbrug .....	411
Dimensionering af målere .....	412
Fastlæggelse af målerstørrelse .....	413
Størrelse af woltmanmålere .....	414
Målerplacering .....	415
Målerbrønde.....	416
Målere i bygning.....	416
Målerarrangement.....	417
Umålt forbrug.....	419

## Normens krav

Normen stiller ikke krav om, at måler skal installeres, men vandinstallationer skal udføres på en sådan måde, at der er mulighed for at måle vandforbruget.

## Vandforsyningsloven

Ifølge vandforsyningsloven har den stedlige myndighed (vandforsyningen, vandværket) hjemmel til at kræve, at der installeres målere. En stor del af vandforbruget til husholdninger afregnes efter måler.

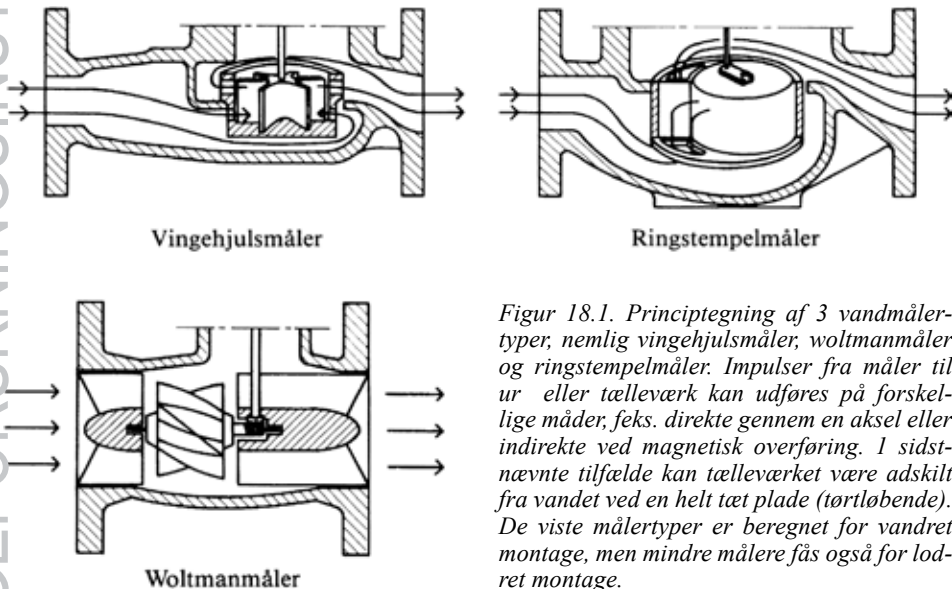
## Kontraventil

Det bemærkes, at normen kræver kontraventil placeret umiddelbart før eller i måleren.

## Målertyper

Myndigheden afgør hvilken målertype, der skal anvendes. Der arbejdes normalt med målere af følgende typer:

- vingehjulsmålere
- woltmanmålere
- volumenmålere.



*Figur 18.1. Principtegning af 3 vandmåler-typer, nemlig vingehjulsmåler; woltmanmåler og ringstempelmåler. Impulser fra måler til ur eller tællerværk kan udføres på forskellige måder, f.eks. direkte gennem en aksel eller indirekte ved magnetisk overføring. I sidstnævnte tilfælde kan tællerværket være adskilt fra vandet ved en helt tæt plade (tørtløbende). De viste målertyper er beregnet for vandret montage, men mindre målere fås også for lodret montage.*

### Vingehjulsmålere

Vingehjulsmålere er i princippet konstrueret som vist på figur 18.1.

Vingehjulsmålere har den svaghed, at små vandstrømme – afhængige af målerstørrelsen – kan passere måleren, uden at vingehjulet drejer sig. På figur 18.2 er vist et eksempel på en vingehjulsmålers nøjagtighedskurve. Det ses, at for de mindste vandstrømme (under 5 pct. af den maksimale belastning) er unøjagtigheden størst.

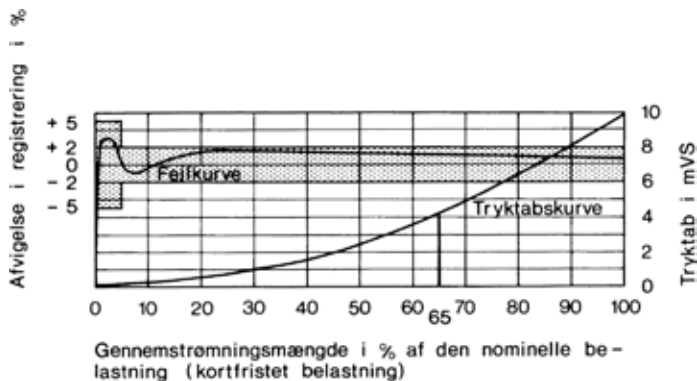
For at undgå stor unøjagtighed ved små vandstrømme anvendes i mange tilfælde de såkaldte kombinationsmålere. En kombinationsmåler er i princippet to sammenbyggede målere, en stor og en lille, med automatisk omkobling styret af vandstrømmen.

### Woltmanmålere

Woltmanmålerens princip er vist i figur 18.1. Det ses, at vandstrømmen drejer et lille turbinehjul, hvis bevægelse kan overføres til tællerværket. Målenøjagtigheden svarer til vingehjuls-

Målenøjagtighed

Kombinationsmålere



Figur 18.2. Typisk nøjagtighedskurve for vingehjulsmålere. Det skraverede område angiver det tilladte unøjagtighedsområde for vandmålere. Den viste tryktabskurve svarer til det tryktab, der iflg. normen skal regnes med i målere. Tryktabet i måleren må ikke være større end svarende til kurven. For woltmanmålere og for mange nyere vingehjulsmålere er trykfaldet væsentligt mindre.

målerens. Woltmanmåleren kan indgå i en kombinationsmåler, som f.eks. kan være dannet af en stor woltmanmåler og en lille vingehjulsmåler. Woltmanmålere anvendes som regel kun i større installationer.

### Volumenmålere

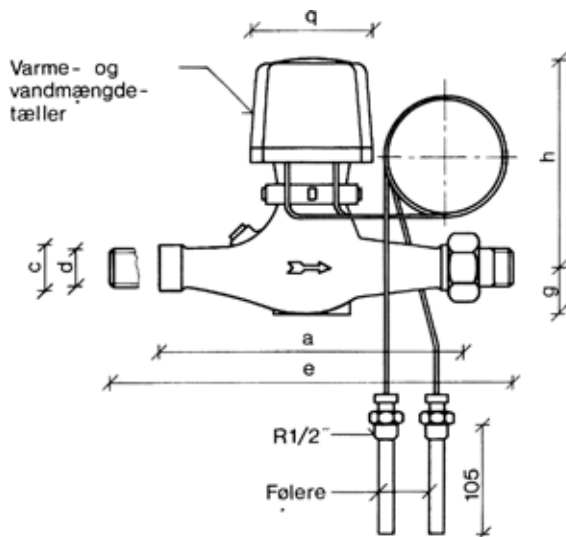
Volumenmålere udføres efter forskellige principper, men ofte som den i figur 18.1 viste ringstempelmåler.

Målenøjagtighed

Volumenmålere er karakteriseret derved, at de for hver omdrejning lader et ganske bestemt volumen vand passere måleren. Dette giver en større nøjagtighed, også for små vandstrømme. En ringstempelmåler har normalt en målenøjagtighed, som er bedre end 1 pct. i hele sit måleområde.

### Målere til varmtvandsforbrug

Måling af varmtvandsforbrug kan ske med målere af de nævnte typer. Man skal dog sikre sig, at måleren fås i en udførelse for varmt vand. Almindelige vingehjulsmålere til koldt vand kan normalt ikke anvendes til varmt vand.



Figur 18.3. Vandmålere med udstyr til måling af varmemængde.

## Varmemængde

Hvis man ønsker at registrere varmemængden – og ikke blot vandmængden – så kan nogle måletyper udstyres med temperaturfølere og en anordning, der kombinerer målingen af temperatur og vandstrøm til en varmemængdemåling. En sådan måler er vist i figur 18.3. Måling af varmtvandsforbrug ved de enkelte tapsteder kan også foretages med fordampningsmålere eller tilsvarende elektroniske målere. Disse anvendes primært som fordelingsmålere, dvs. en relativ måling, der fordeler en given varmemængde på flere tapsteder.

## Dimensionering af målere

### Tryktab i måler

Målerstørrelse vælges normalt ud fra størrelse af tryktab over måler ved den dimensionsgivende vandstrøm. Dette vil også indebære, at måleren anvendes over et område med en rimelig god nøjagtighed.

### Normvejledning

Normens vejledning angiver, at tryktabet ikke må overstige 40 kPa ved den dimensionsgivende vandstrøm svarende til, at den dimensionsgivende vandstrøm ikke overstiger 65 pct. af målerens nominelle størrelse.

## Bimålere

I nogle installationer er man interesseret i, at forbruget i en del af installationen måles separat. I disse tilfælde afgøres målerstørrelse og -type af den projekterende. Bimålere kan lejes hos nogle vandværker.

I større bygninger bør der altid opsættes måler (bimåler) for varmtvandsinstallationen, dvs. på tilgangen til varmtvandsbeholderen. Cirkulationsvandet må ikke føres gennem måler.

## Nominel målerstørrelse

**Fastlæggelse af målerstørrelse**

Ved dimensionering af målere beregnes den nominelle målerstørrelse. For den aktuelle installation beregnes den dimensionsgivende vandstrøm  $q_d$  l/s som angivet i kapitel 3.

## Den beregningsmæssige målerstørrelse

Den beregningsmæssige målerstørrelse  $M$ , der angives i  $\text{m}^3/\text{h}$ , beregnes som

$$M = q_d \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \frac{100}{65} = \text{ca. } 5,54 \cdot q_d \text{ m}^3/\text{h}$$

hvor  $q_d$  indsættes i l/s. Ved formlen beregnes  $M$  så  $q_d$  svarer til 65 pct. af den maksimale målerstørrelse.

## Den virkelige størrelse

Når den beregningsmæssige målerstørrelse er fundet, vælges den nærmeste større nominelle målerstørrelse. Af hensyn til ønsket om at opnå størst mulig nøjagtighed bør måleren ikke overdimensioneres mere end nødvendigt.

## Nominelle målerstørrelse

Vingehjulsmålere og volumenmålere findes i følgende nominelle målerstørrelse: (1), 3, 5, 7, 10, 20 og 30  $\text{m}^3/\text{h}$ , se figur 18.4. Målere med nominel størrelse 1  $\text{m}^3/\text{h}$  anvendes kun sjældent i vandinstallationer.

Nogle fabrikker fremstiller målere med en så god målenøjagtighed ved små vandstrømme, at f.eks. en 5  $\text{m}^3/\text{h}$ -måler kan bruges i en installation, der kun har behov for en 3  $\text{m}^3/\text{h}$ -måler. Målere med et på denne måde udvidet måleområde benævnes f.eks. 3/5 og 7/10  $\text{m}^3/\text{h}$ -målere. Tryktabet i måleren i en »3  $\text{m}^3/\text{h}$ -installation« bliver således meget mindre, hvis der anvendes en sådan 3/5  $\text{m}^3/\text{h}$ -måler, end hvis der anvendes en 3  $\text{m}^3/\text{h}$ -måler.

Det bemærkes, at uanset ovenstående beregning af målerstørrelsen er det myndighederne, der bestemmer målerstørrelsen.

## Eksempel

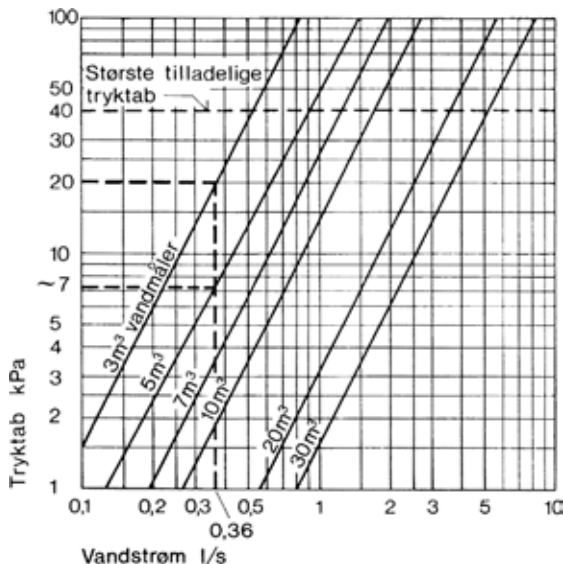
Beregning af målerstørrelse til et enfamiliehus.

I henhold til kapitel 3 kan summen af forudsatte vandstrømme i et enfamiliehus sættes til  $\Sigma q_F = 1,6$  l/s. Hertil svarer en dimensionsgivende vandstrøm på  $q_d = 0,36$  l/s.

Den beregningsmæssige målerstørrelse beregnes som  $M = 5,54 \cdot 0,36 = \text{ca. } 2 \text{ m}^3/\text{h}$ . Der bør således vælges en måler med nominal målerstørrelse på  $3 \text{ m}^3/\text{h}$ , evt.  $3/5 \text{ m}^3/\text{h}$ . Tryktabet i måleren kan findes i figur 18.4.

For  $3 \text{ m}^3/\text{h}$ -måler : tryktab ca. 20 kPa.

For  $3/5 \text{ m}^3/\text{h}$ -måler : tryktab ca. 7 kPa.



Figur 18.4. Tryktab i turbinemålere som funktion af vandstrøm. Diagrammet anvendes efter normen til valg af målerstørrelse. De punkterede aflæsninger indgår i eksemplet på beregning af målerstørrelse til et enfamiliehus. For den dimensionsgivende vandstrøm må tryktabet ikke overstige 40 kPa.

### Størrelse af woltmanmålere

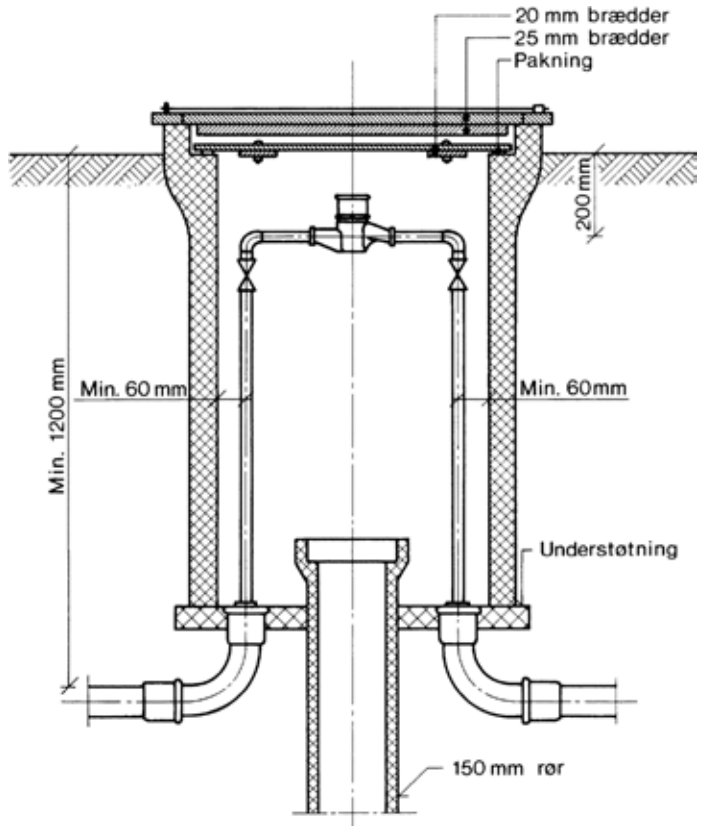
Dimensionering af woltmanmålere foretages normalt af myndighederne (vandværket) ud fra den ønskede nøjagtighed i det aktuelle måleområde.

Normalt må den dimensionsgivende vandstrøm  $q_d$  ikke overstige den maksimalt tilladelige kortvarige belastning for den aktuelle måler. Woltmanmålere anvendes som regel kun i større installationer.

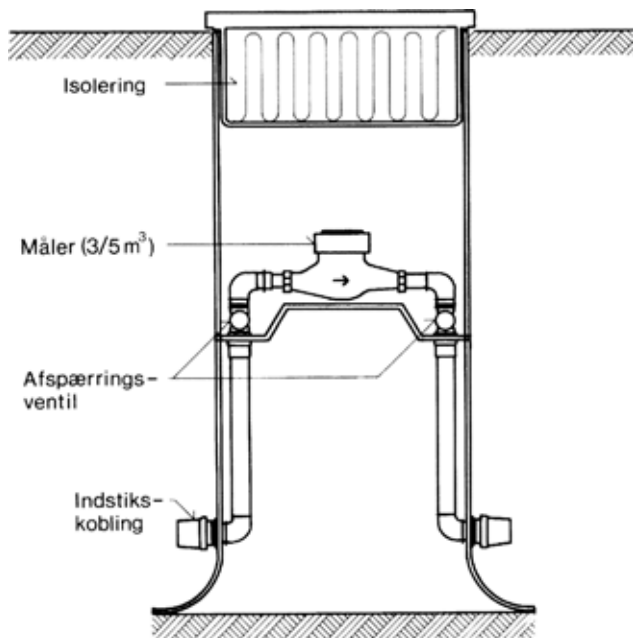
## Målerplacering

Normens krav

Måleren anbringes så tæt ved jordledningens indføring som muligt, og sådan at måleren er let at aflæse og udskifte og er beskyttet mod frost, utilsigtet opvarmning og skadelige ydre påvirkninger.



Figur 18.5. Cirkulær målerbrønd. Konstruktionen kan anvendes for målere med nominal målerstørrelse op til 10 m<sup>3</sup>/h.



Figur 18.6. Præfabrikeret målerbrønd af PVC.

Selv om vandværket ikke forlanger måler opsat straks, udføres installationen sådan, at den ikke skal ændres væsentligt ved eventuel senere måleropsætning. Eventuelt indsættes et passtykke.

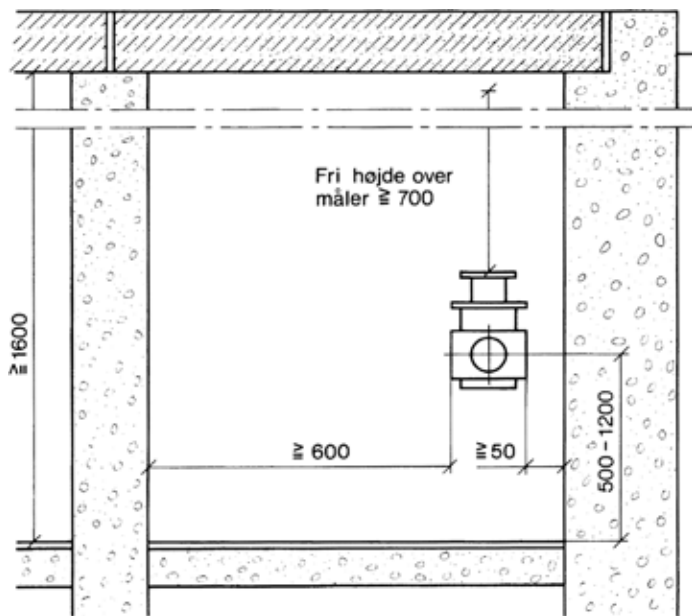
Måleren anbringes så vidt muligt i bygning. Hvor dette ikke kan lade sig gøre, anbringes den i en målerbrønd så tæt ved stikledningens eller jordledningens indføring som muligt.

### Målerbrønde

Mindre målere (op til 10 m<sup>3</sup>/h) kan placeres i en målerbrønd som vist på figur 18.5 og 18.6. Større målere placeres i målerkasse efter vandværkets anvisninger.

### Målere i bygning

Målere, der anbringes i bygning, anbringes i let tilgængelige rum og med frie afstande fra gulv, væg og loft som angivet i figur 18.7.



Alle mål i mm

Figur 18.7. Måler i bygning. Skitsen angiver de fri afstande, der iflg. normen er nødvendig for bekvem aflæsning af måler.

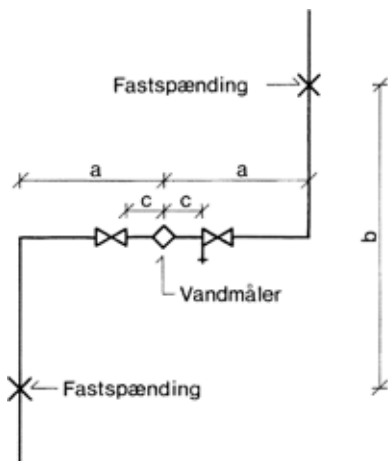
## Normvejledning

### Målerarrangement

Måleren anbringes normalt vandret mellem to afspærringsventiler, der skal have samme dimension som de tilsluttede ledninger, og der anbringes en aftapningsventil mellem to afspærringsventiler. Afspærringsventilerne bør ikke give anledning til turbulens.

Installationen udføres med sådanne ekspansionsmuligheder, at måleren kan udtages af installationen. Det kan enten ske ved fleksible rørstrækninger, som vist på figur 18.8, eller ved indbygning af ekspansionsstykker.

Ved målere på 50 mm og derover bør der før måleren være en lige rørstrækning på mindst  $10 \times$  målerdimensionen. Ved målerdimensionen forstås dimensionen på forskruninger eller tilslutningernes maksimale diameter. På denne rørstræk-



a max 0,4

b min 1,0m for rørdimensioner op til 32 mm

b min 1,8m for rørdimensioner større end 32 mm

c min 2 x målerdimension

Figur 18.8. Målerplacering med angivelse af nødvendige længder for ekspansion ved demontage af måleren. Skematisk opstalt.

ning er det dog tilladt at anbringe ventiler, der i fuldt åben stilling ikke giver anledning til turbulens. Afstanden til ventiler bør dog være mindst  $2 \times$  målerdimensionen.

For woltmanmålere kan der eventuelt være særlige regler for udluftning af målere. Der henvises til fabrikanternes anvisninger.

Der skal gøres opmærksom på, at der findes målertyper, der er beregnet til lodret montage, og at disse tillades anvendt i nogle forsyningsområder.

Hvis en ejendom forsynes gennem to eller flere stikledninger, der er indbyrdes forbundet, anbringes kontraventiler ved målerne, så returstrømning forhindres.

I ejendomme, der ikke kan tåle afbrydelse i vandforsyningen ved udskiftning af måler, kan installationen udføres med to parallelle målepladser, hvori der kun anbringes én måler. Den ikke benyttede målerplads afblændes.

Udluftning

Måler for lodret  
montering

Særlige måler-  
arrangementer

**Målergarniture**

Nogle vandforsyninger leverer særlige målerarrangementer (målergarniturer), dvs. en »unit« bestående af måler og ventiler mv.

**Umålt forbrug****Brandsluknings-  
anlæg**

Anlæg med brandhaner, overrislingsanlæg samt sprinkleranlæg udføres med eget selvstændigt ledningsnet uden måler, medens anlæg med brandventiler og slangevindere kan være anbragt på ledning efter måler; der må i så fald ved dimensionering af ledninger og måler tages hensyn hertil. Fra anlæg uden måler må der kun aftages vand i brandtilfælde bortset fra det til afprøvning af anlægget og eventuel fornyelse af vandet nødvendige forbrug.

## KAPITEL 19

## Arrangement og tilrettelæggelse

Forundersøgelse .....	422
Tilslutningsforhold .....	422
Tilslutningsbetingelser .....	424
Ydre forhold .....	425
Programmering .....	426
Eksisterende installationer .....	427
Planlagte installationer .....	427
Fremtidige installationer .....	429
Projektering .....	430
Projektering af stikledninger .....	431
Tilslutningers placering .....	431
Tilslutningens udførelse .....	432
Stikledningers dimension .....	433
Afspærringsmuligheder .....	433
Målerbrønde .....	435
Frostsikring .....	435
Projektering af jordledninger .....	435
Planlægning af føringsveje .....	435
Jordledningers udskiftelighed .....	435
Valg af materialer og samlinger .....	436
Brandslukningsanlæg .....	439
Varmtvandsledninger i jord .....	439
Koldtvandsledninger i jord .....	440
Lægning af ledninger i jord .....	441
Hensyn til fundamenter .....	442
Hensyn til andre ledningsanlæg .....	445
Særlige forhold ved jordledninger .....	446
Ledninger i kanaler og præisolerede rør .....	446
Indføring i bygninger .....	446
Indføring gennem kældervæg .....	446
Indføring gennem gulv på jord .....	448

Projektering af vandinstallationer i bygninger .....	449
Opdeling af installationen .....	449
Ledningers anbringelse i bygning .....	452
Ledningers udskiftelighed .....	452
Normens krav .....	452
Udskiftelig/ikke-udskiftelig installationsdel .....	453
Synlig/skjult installationsdel .....	454
Eksempler på udskiftelige ledninger .....	454
Eksempler på ikke-udskiftelige ledninger .....	455
Eksempler på synlige/skjulte ledninger mv. ....	456
Krav til installationsdele og deres indbygning .....	456
Krav til ikke-udskiftelige installationsdele .....	456
Krav til udskiftelige installationsdele .....	456
Krav til skjulte installationsdele .....	456
Udførelse af melding af utætheder .....	458
Tomrørsprincippet .....	458
Indstøbte og indmurede rør .....	459
Sikring mod frostskafer .....	460
Ledningers forhold til omgivelserne .....	460
Kemiske påvirkninger på ledninger .....	460
Fysiske påvirkninger på ledninger .....	461
Termiske påvirkninger på ledninger .....	461
Ledningers understøtning .....	462
Normens krav .....	462
Bæring .....	462
Bæringstyper .....	463
Ledningers ekspansion .....	465
Længdeudvidelse .....	466
Spændinger i rør .....	468
Optagelse af ekspansion .....	468
Ekspansionsløjfer .....	469
Sideslag .....	470
Ekspansion af fritliggende ledninger .....	470
Ekspansionsmuligheder for indstøbte og indmurede rør .....	473
Rørgennemføringer .....	473
Ledninger i sikringsrum .....	475
Tekniske installationer .....	475

Som det fremgår af denne anvisnings øvrige kapitler, er der mange hensyn at tage, når en vandinstallation skal tilrettelægges. Alle installationer er i den færdige udformning et kompromis af alle de hensyn, der skal tages, og der kan derfor ikke gives en anvisning på, hvordan den helt rigtige vandinstallation udformes i de enkelte tilfælde.

Faseopdeling

Tilrettelæggelsen kan hensigtsmæssigt opdeles i tre trin:

- Forundersøgelse.
- Programmering.
- Projektering.

Der vil i det følgende blive anført de vigtigste forhold, der skal vurderes på disse tre trin.

## Forundersøgelse

Det er ofte de ydre betingelser, der er afgørende for en vandinstallations udformning. Det er derfor nødvendigt at foretage en omhyggelig undersøgelse af muligheder og betingelser for tilslutning til en forsyningsledning, og af de øvrige ydre betingelser, såsom højdeforhold, jordbundsforhold, eksisterende bygninger og krav om brandslukningsanlæg.

## Tilslutningsforhold

I det følgende behandles kun de tilfælde, hvor tilslutning til en forsyningsledning er mulig. I mange tilfælde, især uden for egentlige byområder, vil det være nødvendigt helt eller delvist at udføre sin egen vandforsyning. Om betingelserne herfor skal der blot henvises til DIF's norm for almene vandforsyningsanlæg og for mindre, ikke-almene vandforsyningsanlæg, [litt. 19.1 og 19.2] og til forhandling med myndighederne.

Ved forundersøgelsen bør den nøjagtige beliggenhed af forsyningsledningerne bestemmes. Placeringen af disse i forhold til grunden er af afgørende betydning for tilrettelæggelsen af vandinstallationen. De nødvendige oplysninger vil normalt kunne fås hos myndighederne, der ligeledes vil kunne oplyse om krav til placering af stikledning, og om eventuelt eksisterende stikledninger skal benyttes.

Egen vandforsyning

Forsyningsledningsplacering

Andre ledninger

Hvor forsyningsledningen er placeret i gade eller vej, bør

- andre ledninger også lokaliseres. Placering af hovedaføbsledninger, fjernvarmekanaler, elkabler mv. har ofte stor betydning for de praktiske muligheder for indføring af stikledninger.
- Forsyningsledningers materiale og dimensioner  
Oplysning om forsyningsledningers materiale og dimensioner bør også indhentes. Dette har dels betydning ved en vurdering af trykforhold, og dels kan det være afgørende for selve tilslutningens udførelse, dvs. om der kan anbores, eller om tilslutning skal ske ved indsætning af et T-stykke.
- Forsyningstryk  
Forsyningstrykket og dets variation med tiden er grundlaget for vandinstallationens dimensionering, og man bør skaffe sig de bedst mulige oplysninger herom.
- Laveste normale forsyningstryk  
Ved forespørgsel hos myndighederne vil man normalt kunne få oplyst det laveste normale tryk ( $p_{ln}$ ), der som anført i kapitel 3 er udgangspunkt for dimensioneringen. Trykket opgives traditionelt i meter vandsøjle over terræn, men der er ingen faste regler for trykopgivelserne. Man kommer f.eks. ofte ud for, at trykket opgives som en trykkote, og for at undgå misforståelser, bør man altid udbede sig oplysningerne skriftligt. Uanset hvorledes trykket opgives, er det det disponible trykfald  $\Delta p_{disp}$ , se kapitel 3, der bestemmer ledningsnettets dimensioner og tapparmaturers trykgruppe og eventuelt afgør, om der skal udføres et trykforøgeranlæg.
- Max. forsyningstryk  
Man bør yderligere få oplyst størrelsen af det maksimalt forekommende tryk,  $p_{max}$ , der har betydning for valg af armaturers støjgruppe.
- Måling af forsyningstryk  
Såfremt myndighederne ikke er i stand til at opgive forsyningstrykket, må man skaffe sig oplysninger ved måling. I almindelighed er måling af trykket en besværlig udvej. Ifølge definitionen på det laveste normale tryk,  $p_{ln}$ , er det faktiske tryk større end  $p_{ln}$  i 99 pct. af tiden. Vil man derfor skaffe sig den korrekte værdi af  $p_{ln}$ , er man henvist til at måle i lang tid og registrere trykket ved hjælp af skrivere. Det er ikke alene døgnvariationerne, der har interesse, også variationerne gennem året bør man skaffe sig klarhed over. Man kan f.eks. komme ud for meget lave forsyningstryk i perioder, hvor der foregår havevanding.
- Hvilettryk  
Man må gøre sig klart, at de ovennævnte trykopgivelser og målinger er foretaget, mens der ikke tappes vand i den plan-

lagte installation. Det er hvad man kunne kalde hviletrykket, der opgives.

Tapprove

Hvis der i den planlagte installation vil forekomme store dimensionsgivende vandstrømme, f.eks. hvor der udføres sprinkleranlæg, vil det være nødvendigt at skaffe sig oplysning om trykforholdene under forudsætning af disse store forbrug. Der skal i så tilfælde udføres en egentlig tapprove med samtidig trykmåling. Målingerne foretages normalt af myndighederne og ofte på en nærliggende brandhane.

Fremtidige forhold

Da en vandinstallation til en vis grad skal være »fremtids-sikker«, bør det søges oplyst, hvordan forsyningstrykket vil være i fremtiden, dvs. om det vil afvige fra dagens. I praksis kan det blive såvel mindre som større, afhængigt af værkets planer. Hvis der er tale om væsentlige ændringer, bør man ved dimensionering og planlægning af installationen tage hensyn til ændringerne.

Vandkvalitet

Der bør indhentes oplysninger om vandets beskaffenhed. Det er primært de kemiske egenskaber, der har interesse og især vandets hårdhed og indhold af kuldioxid. Der henvises til kapitel 10 om vandbehandling og til kapitel 16 om korrosionsforhold.

De kemiske egenskaber har betydning bl.a. ved valg af materialer, korrosionsbeskyttelsens form, blødgøringsanlæg mv.

Myndighederne vil normalt kunne give oplysninger om vandets egenskaber. Der skal gøres opmærksom på, at egenskaberne kan ændres væsentligt med tiden. Der kan f.eks. være sæsonmæssige svingninger, ligesom ibrugtagning af nye boringer kan ændre vandets kvalitet.

### Tilslutningsbetingelser

Myndighederne stiller ofte krav af økonomisk og teknisk art, når en vandinstallation skal tilsluttes forsyningsledningen. Der må i hvert enkelt tilfælde søges oplysning om disse betingelser hos myndighederne.

Tilslutningsafgifter

Ved tilslutningen kræves normalt betalt en tilslutningsafgift. Beregningen af dennes størrelse varierer fra sted til sted og kan bl.a. afhænge af grundens størrelse, bruttoetagearealet, antal lejligheder og det forventede forbrugs størrelse.

	I nogle kommuner stilles krav om, at selve tilslutningen til forsyningsledningen og stikledningen udføres af kommunen selv, normalt for bygherrens regning.
Forbrugs- afgifter	I kommuner, hvor der ikke kræves opsat måler, betales normalt en fast årlig afgift. Beregningsgrundlaget for denne kan have betydning for tilrettelæggelsen af vandinstallationen, specielt i de tilfælde, hvor afgiften er bestemt af antallet af tapsteder o.lign.
Målere	I kommuner, hvor vandforbruget betales efter forbrugets størrelse, dvs. at der kræves opsat måler, kan der være store forskelle i m <sup>3</sup> -prisen fra sted til sted. En af årsagerne hertil er, at det i de senere år er blevet almindeligt, at m <sup>3</sup> -prisen tillægges miljøafgifter, f.eks. til spildevandsrensning.
Særlige målere	Såfremt der i en vandinstallation aftappes vand, der ikke bortledes gennem afløbssystemet, men anvendes i en produktion (f.eks. vandingsanlæg), kan der undertiden med myndighedernes godkendelse opsættes en særlig måler, således at vandforbrug til sådanne anlæg kan afregnes til særpris. Myndighederne vil i så fald stille særlige krav om opdeling af installationen.
Bimålere	Det vil ofte være aktuelt, at vandforbruget i dele af installationen måles særskilt. F.eks. opsættes ofte bimålere ved møntvaskerier i beboelsesejendomme.
Individuel måling	For at motivere brugerne til vand- og energibesparelser er individuel måling en relevant metode. Den individuelle måling kan også være aktuell i ejendomme med flere lejemål, og det bør afklares med vandforsyningen, om der skal foretages en samlet måling efter hvilken der afregnes, eller om der kan afregnes direkte med de forskellige lejemål.
	<b>Ydre forhold</b>
	Foruden at undersøge tilslutningsforholdene og -betingelserne er det nødvendigt at skaffe sig et nøje kendskab til selve grunden med henblik på udførelsen af ledninger i jord.
Højdeforhold	Det er af stor betydning at have et nøje kendskab til terrænets og bebyggelsens højdeforhold. I de fleste tilfælde vil det være nødvendigt at få foretaget et nivellement.
Terræn	Såfremt frostsikring af jordledninger foretages ved læg-

ning i frostfri dybde, må man have kendskab til højdeforholdene både på tidspunktet for udførelsen og til det færdige terræn, idet ledningerne skal være frostsikret under alle forhold.

Bygninger

Bygningernes højdeforhold er afgørende for dimensioneringen, og det er derfor nødvendigt at kende den højdemæssige placering i terrænet, etagehøjder osv., således at dimensioneringen kan foretages forsvarligt.

Koter

Det kan anbefales, at alle højder af terræn og eksisterende bygninger indmåles i samme system, dvs. med samme referenceniveau. Dette referenceniveau bør være »Dansk Normal Nul« (DNN), og højder med dette referenceniveau kaldes »koter«. Nye bygninger og deres vandinstallationer bør målsættes i samme system.

Der kan anvendes andre referenceniveauer, f.eks. terræn over forsyningsledningen, men DNN (koter) bør foretrækkes, se kapitel 3.

Jordbund

I hvert fald ved større projekter er et nøjere kendskab til jordbundens beskaffenhed nødvendigt. En ikke-bæredygtig jord kan ofte medføre store udgifter til særlige funderingsforanstaltninger. Ligeledes kan aggressive jordarter betinge særlige materialekrav.

Grundvand

Hvis jordledninger placeres under grundvandsspejlet, skal der i mange tilfælde træffes særlige foranstaltninger. Under udførelsen skal man sikre sig mod forurenede vands indtrængning i ledningerne, og i særlige tilfælde skal ledningerne opdriftssikres.

Forhindringer  
i terrænet

Forinden udførelsen af jordledningerne bør man sikre sig, at den planlagte føring er praktisk mulig. Af mulige forhindringer i terrænet kan nævnes: Eksisterende bygninger og ledninger, søer eller blot små vandhuller, træer, olietanke, terrænbelægninger, andre ledninger, fundamenter osv.

## Programmering

Ved programmering af en vandinstallation forstås i denne forbindelse, at man skaffer sig klarhed over hvilke krav, der skal stilles til vandinstallationen, ikke blot på udførelsestidspunktet, men i en rimelig tid fremover. Der kan skelnes mellem:

- Eksisterende installationer.
- Planlagte installationer.
- Fremtidige installationer.

Ændring af eksisterende installation

### **Eksisterende installationer**

Ved udførelsen af nyanlæg vil man ofte være nødt til at kombinere eventuelle eksisterende installationer med den nye installation. Man skal i så tilfælde være opmærksom på det forhold, at myndighederne har ret til at kræve den eksisterende vandinstallation bragt i overensstemmelse med den nye norm, hvis den planlagte installation har et væsentligt omfang i forhold til den eksisterende. Dette forhold vil dog i almindelighed ikke medføre de store ændringer, da den nugældende norm primært er baseret på funktionskrav. En eksisterende installation, der har fungeret tilfredsstillende, skal normalt ikke ændres, såfremt alle den nugældende norms bestemmelser om sikring mod forurening er opfyldt.

Opmåling

I mange tilfælde vil det være nødvendigt at foretage en opmåling og optegning af den eksisterende installation. I dimensioneringen af den kombinerede installation indgår jo også de eksisterende tapsteders art og antal. Det kan anbefales, at man ved udvidelse af eksisterende installationer i videst muligt omfang får oplysninger om brugernes (evt. dårlige) erfaringer med installationen og tager hensyn til disse ved projekteringen af nyanlægget. Der kan f.eks. være tale om store kalkafsætninger, utilstrækkelige varmtvandsydelse eller -cirkulation samt frostfarlige ledningsstrækninger.

Brugererfaringer

### **Planlagte installationer**

Forinden man påbegynder den endelige detailprojektering, skal man skaffe sig et nøje kendskab til brugernes ønsker om kapacitet og omfang af den planlagte installation og af påtænkte udvidelser. Der kan næppe gives en fuldstændig checkliste omfattende alle former for tapsteder og vandbehandlingsanlæg, men i det følgende vil der blive angivet en række tapsteder mv., som findes i mere eller mindre udstrakt grad i de mest almindelige installationstyper.

Boliger o.lign.

For boliger, plejehjem o.lign. er de krav, der stilles til vandinstallationerne almindeligvis ret traditionelle. Det gælder i hvert fald så længe, der er tale om installationer for, hvad der kan kaldes almindeligt husholdningsforbrug (personlig hygiejne, madlavning og vask).

Alm. husholdningsforbrug

De almindeligste tapsteder for vand er:

	Koldt vand	Varmt vand
Håndvask .....	×	×
Bruser .....	×	×
Badekar .....	×	×
Bidet .....	×	×
WC (cisterne eller skylleventil) ..	×	
Svømmebassin .....	×	
Køkkenvask .....	×	×
Udslagningsvask .....	×	×
Opvaskemaskine .....	×	og/eller ×
Vaskemaskine .....	×	og/eller ×
Urinal (cisterne eller skylleventil)	×	
Havevanding .....	×	
Kedelpåfyldning .....	×	eller ×
Frie tapsteder*) .....	×	og/eller ×
Befugtningsanlæg .....	×	
Blødgøringsanlæg .....	×	×

\*) f.eks. til fyldning af spande o.lign.

Varmtvands-temperatur

For at gøre risikoen for bakterievækst så lille som mulig, bør der planlægges med en varmtvandstemperatur på 55-60 °C. Man skal være opmærksom på, at nogle apparater, f.eks. visse bækkenkylere og opvaskemaskiner, kræver højere temperatur.

Andre forbrug

I erhvervsvirksomheder, institutioner o.lign. optræder, foruden de tidligere anførte, en lang række andre forbrugsmuligheder og -mønstre.

Vand til erhvervsformål

Når kravene til vandinstallationens omfang og kapacitet skal fastlægges for en erhvervsvirksomhed, vil man ofte komme ud for ønsker om, at drikkevand anvendes til egentlige erhvervsformål. Der kan f.eks. være tale om, at vandet ønskes

anvendt til køleformål, til levnedsmiddelproduktion, til store vaskeanlæg og vandingsanlæg. Man må i så tilfælde forhandle med myndighederne om mulighederne for at dække disse forbrug via vandforsyningen. Det er muligt, at det offentlige hverken kan eller vil dække disse forbrug, og man er så henvist til at anvende mindre vandkrævende produktionsmetoder, at udføre egne indvindingsanlæg, at få tilkørt vand udefra eller lignende.

Forsynings-  
sikkerhed

Ved programmeringen bør man gøre sig klart, at en vandforsyning helt eller delvist kan svigte i visse perioder. På sygehuse og i visse erhvervsvirksomheder vil afbrydelser i mange tilfælde ikke kunne tolereres, og det vil være nødvendigt at udføre særlige anlæg for at sikre sig mod afbrydelser. Her kan f.eks. være tale om anlæg af reservoirer eller egne indvindingsanlæg.

Samtidighed

Når der er tale om andet, end hvad der kan kaldes almindelige forbrug, bør det undersøges nøjere, om der forekommer systematisk benyttede tapsteder. Dimensioneringen af en installation, hvori der forekommer systematisk benyttede tapsteder, er behandlet i kapitel 3, og her skal blot nævnes nogle af de installationstyper, hvori der almindeligvis forekommer sådanne:

- Vaskerianlæg.
- Vaskeanlæg.
- Badeinstallationer i fabrikker, sportshaller, skoler o.lign.
- Større køkkener.
- Hoteller.

### **Fremtidige installationer**

Ved planlægningen af en vandinstallation vil det være hensigtsmæssigt at tage hensyn til en fremtidig udvidelse af installationen. Det kan være svært at forudse omfanget af fremtidige udvidelser, men et par enkelte forhold skal der dog peges på.

Installationer i boliger bør dimensioneres så rigelige, at installationer for vaske- og opvaskemaskiner kan udføres uden store ændringer af installationerne.

Stikledninger og øvrige ledninger i jord bør dimensioneres rigelige (f.eks. kan stikledningens dimension vælges større end forsyningsledningens). Ledninger, der forsyner brandhaner, bør normalt være mindst 100 mm.

## Projektering

Projekteringsfasen deles i praksis i flere trin med forskellig detaljeringsgrad som f.eks. myndighedsprojekt og hovedprojekt.

Myndigheds-  
projekt

Ansøgning om byggetilladelse skal normalt være bilagt et projektmateriale, der giver mulighed for, at myndighederne kan afgøre, om den planlagte installation er i overensstemmelse med gældende forskrifter, herunder Bygningsreglement – og dermed vandnormen (DS 439) – og miljølovgivning. Den detaljeringsgrad, myndighederne kræver, varierer fra kommune til kommune, og det vil altid være en fordel for den projekterende at rette henvendelse til myndighederne for at få oplyst, hvilket omfang myndighedsprojektet skal have.

Hovedprojekt

Hovedprojektet indeholder det fuldstændige grundlag for arbejdets udførelse, og skal derfor være meget detaljeret. Projektet bør f.eks. omfatte detaljerede anvisninger på sikring af ekspansion.

Når forundersøgelser og programmering er tilendebragt, bør man foretage en samlet vurdering af den planlagte vandinstallation. Specielt bør man skaffe sig overblik over i hvilket omfang, der kræves særlige foranstaltninger, f.eks. trykforøgning, blødgøringsanlæg, tilbagestrømningssikringer, særlige opdelinger af anlægget og brandtekniske foranstaltninger (f.eks. udvendige brandhaner).

Rørføring

Fremføringsveje for vandinstallationens vigtigste ledninger fastlægges efter følgende retningslinier:

Stikledninger og ledninger i jord gøres så korte som mulig under hensyntagen til placering af måler og eventuelle installationscentraler.

Måleren placeres så tæt ved ledningens indføring i bygning som muligt. Vedrørende krav til målers placering, se kapitel 18.

Installationens enkelte dele	<p>Fordelingsledninger føres så tæt som muligt til installationsgrupper.</p> <p>Af hensyn til reparationer opdeles anlæg i rimeligt afgrænsede zoner.</p> <p>Ledningernes tilgængelighed og udskiftelighed skal være så god som mulig.</p> <p>Installationens projektering vil i det følgende blive opdelt i:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Stikledninger.</li> <li>– Jordledninger.</li> <li>– Indføring i bygninger.</li> <li>– Vandinstallation i bygninger.</li> </ul>
------------------------------	---

## Projektering af stikledninger

Stikledningen går fra forsyningsledningen til grundgrænsen, mens den jordledning der går fra grundgrænse til bygning, benævnes »jordledning på privat grund«.

### Tilslutningers placering

Bygningsmyndighederne har ofte en række krav til udførelse af en ejendoms stikledning(er). Stikledningen – dvs. jordledningen uden for grundgrænsen – er ikke omfattet af normen.

Tilslutningssteder	<p>Forsyningsledningernes kapacitet (dimension og tryk) kan være afgørende for, hvor der kan tilsluttes. Har en ejendom flere tilslutningsmuligheder (f.eks. ved hjørneejendomme) kan myndighederne bestemme, hvor der skal tilsluttes. Normalt er man dog frit stillet i sit valg af tilslutningssted(er), således at hensynet til vandinstallationen tilgodeses.</p>
--------------------	--

Antal stikledninger	<p>Antallet af stikledninger bør begrænses, bl.a. af hensyn til de besværlige ledningsarbejder i vejarealet, og der vil kun undtagelsesvis blive givet tilladelse til mere end ét stik pr. ejendom af myndighederne. I praksis kan dette forhold formuleres som »ét stik pr. installation«, også af den grund at der ikke via en vandinstallation må skabes forbindelse mellem to (eller flere) stikledninger, medmindre der monteres kontraventiler.</p>
Store ejendomme	<p>Undtagelsesvis kan der gives tilladelse til indføring af flere</p>

stik ved meget store ejendomme (bebyggelser). Der bør dog kun indføres flere stik, hvor bebyggelsen omfatter flere bygninger, således at der er en klar opdeling af installationen («et stik pr. installation»).

Sprinkleranlæg  
o.lign.

Et af de tilfælde, hvor der gives tilladelse til flere stik, er, hvor der udføres brandslukningsanlæg, f.eks. sprinkleranlæg, der efter SKAFOR's regler kræver et separat stik i de fleste tilfælde. Om de særlige regler for tilslutning af sprinkleranlæg henvises til kapitel 12.

Tilslutning

### Tilslutningens udførelse

Selve tilslutningen af stikledningen til forsyningsledningen kan ske ved an boring eller ved et T-stykke. I de fleste tilfælde er det vandværket, der afgør, hvorledes tilslutningen skal foretages. Der skal dog gøres opmærksom på, at anboringer i visse tilfælde giver for store tryktab, til, at der sikres ejendommen rimelige forsyningsmuligheder.

Topanboring

Ved an boring i toppen af forsyningsledningen kan stikledningen komme til at ligge op til 10-30 cm højere end forsyningsledningen, afhængigt af ledningsmateriale og -dimension. For at frostsikre stikledningen med en jorddækning på 120 cm over top af ledningen er det således en betingelse for anvendelse af topanboring at forsyningsledningen ligger med en jorddækning på mindst 130-150 cm.

Sideanboring

Ved an boring i siden af forsyningsledningen vil sideledning og forsyningsledning komme til at ligge med næsten samme jorddækning.

Anboredimension

Anboredimensjonen afgøres af myndighederne. Dimensionen afhænger af forsyningsledningens materiale og dimension og tryktabets størrelse.

For vandinstallationens vedkommende vil det tryktabsmæssigt være en fordel med en stor anboredimension. Men en an boring medfører en svækkelse af forsyningsledningen, og der er derfor praktiske grænser for, hvor stor an boringen kan udføres.

Støbejernsledninger

Fra »gamle dage« har man haft den regel, at støbejernsledninger ikke må anbores med en større dimension end 1/4 af hovedledningens dimension. Da den mindste anboredimen-

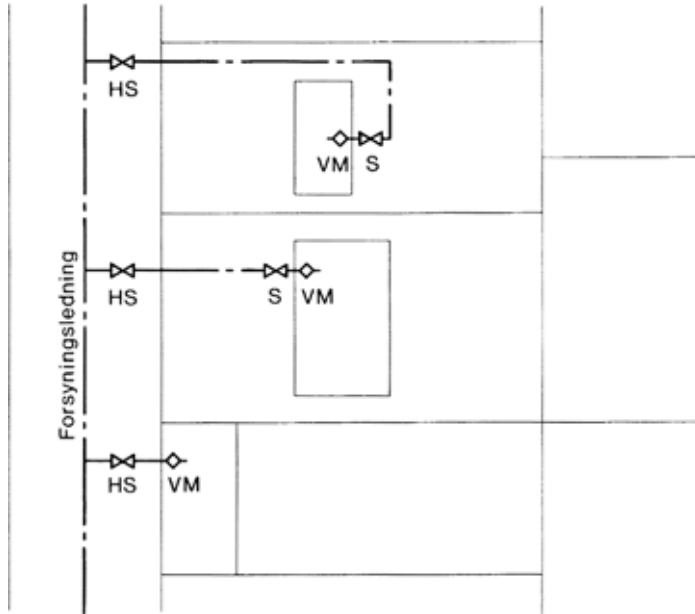
- sion er 20 mm betyder det, at man nødtigt anborer forsyningsledninger, der er mindre end 80 mm. Bedre værktøj og ledninger har dog medført, at man kan anbere med større dimension, f.eks. 40 mm anboring på en 80 mm forsyningsledning.
- Eternitledninger** Eternitledninger anbores sjældent med større dimension end 40 mm. Der henvises til fabrikantens anvisninger.
- Plastledninger** Plastledninger, som regel PVC-ledninger, kan anbores med ret store dimensioner. Der henvises til fabrikantens anvisninger.
- Tilslutning med T-stykke** Tilslutning med T-stykke foretages ved små forsyningsledninger, og hvor tryktabet ved anboring bliver for stort. Tilslutning foretages ved udskæring af et passende stykke af forsyningsledningen, hvorefter der monteres et grenrør (T-stykke) og eventuelt en skydemuffe.
- Afspærringsventil** Såfremt stikledning med hovedskydeventil ikke kan tilsluttes straks, kan det være nødvendigt at montere en afspærringsventil umiddelbart ved T-stykket, eventuelt at anvende en såkaldt kombimodel, dvs. et T-stykke med skydeventil på afgreningen. Under arbejdet skal den aktuelle strækning af forsyningsledningen være afspærret.
- I særlige tilfælde, f.eks. ved sprinklerstik, hvor man ikke kan tolerere afbrydelser i vandforsyningen, kan vandværket forlange, at der anvendes kombiarmaturer med afspærringsventiler på alle tre (eller fire) tilslutninger.

### **Stikledningers dimension**

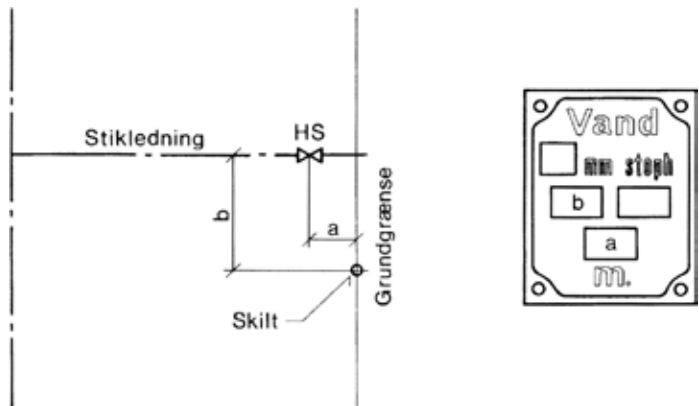
Dimensionering af stikledningen indgår i den almindelige dimensionering som beskrevet i kapitel 3 og 4. Her skal blot anbefales, at man af hensyn til udvidelsesmulighederne dimensionerer rigeligt.

### **Afspærringsmuligheder**

Såfremt myndighederne ikke placerer en tilgængelig afspærringsventil på stikledningen, anbringes der hovedafspærringsventil på jordledningen, se figur 19.1 og 19.5, hvor der er vist eksempler på anbringelse af afspærringsventiler i jord.



Figur 19.1. Placering af afspæringsventiler på jord- og stikledninger.



Figur 19.2. Afmærkning af hovedstophane og andre afspæringsventiler i jord.

Hovedafspærringsventilen skal være afmærket, let tilgængelig og skal kunne betjenes let. Ventilens placering afmærkes efter myndighedens bestemmelser, f.eks. som vist på figur 19.2.

### **Målerbrønde**

Det kan ofte være en relevant løsning at måle vandforbruget direkte på stikledningen med en måler placeret i en målerbrønd, se kapitel 18. Denne løsning, der kræver myndighedernes godkendelse, er især relevant ved måling af vand til byggebrug, men den kan også være aktuel i den færdige installation, f.eks. når adgangen til en måler i bygning er meget besværlig, eller når måleren ikke kan frostsikres på anden måde.

### **Frostsikring**

Se under jordledninger.

## Projektering af jordledninger

### **Planlægning af føringsveje**

Ved planlægning af føringsvejene i jord bør der tages hensyn til, at jordledninger er dyre at udføre og at reparere, og at utætheder er svære at opdage. Det kan medføre store vandtab og omfattende skader på bygninger og omgivelserne i øvrigt.

Jordledningerne bør derfor:

- Gøres så korte som muligt.
- Placeres udskifteligt.
- Udføres med så få samlinger som muligt.

### **Jordledningers udskiftelighed**

Udskiftelighed

Normen definerer udskiftelige jordledninger som ledninger, der er tilgængelige efter opgravning.

Ikke-udskiftelige jordledninger defineres som ledninger,

der er svært tilgængelige for reparation, f.eks. under bygningskonstruktioner.

Normen giver ikke eksempler på udskiftelighed/ikke-udskiftelighed, men følgende retningslinier kan følges:

Eksempler på udskiftelige ledninger i jord:

- Ledninger i havearealer.
- Ledninger under fliser o.lign. hvor fliserne ikke er lagt på beton eller andet svært gennemtrængeligt underlag.
- Ledninger i beskyttelsesrør (tomrør) såfremt ledningen er udskiftelig ved enderne af beskyttelsesrøret, og såfremt ledningen kan trækkes gennem beskyttelsesrøret. For at undgå skader på omgivelserne bør beskyttelsesrøret være tæt og først afsluttes på et sted, hvor udsivning ikke giver større skader.
- Ledninger i kanaler o.lign. såfremt de kan udskiftes »overlangs« eller i kanaler, der er placeret i have- eller flisearealer (se ovenfor), og hvor kanalafdækningen er let aftagelig.

Eksempler på ikke-udskiftelige ledninger i jord:

- Ledninger under bygning, hvor ledningerne ikke er anbragt udskifteligt i beskyttelsesrør, som anført for udskiftelige ledninger.
- Ledninger under svært opbrydelige terrænbefæstelser, hvor ledningerne ikke er anbragt i beskyttelsesrør, som anført for udskiftelige ledninger.

### Valg af materialer og samlinger

Normens vejledning i valg af materialer og samlinger er gengivet i figur 19.3 og 19.4. Det bemærkes, at ledninger af varmforzinket stål og af rustfrit stål kun kan anvendes til udskiftelige ledninger i jord.

Samlinger på ikke-udskiftelige ledninger i jord bør kun forekomme, når der er god sikkerhed for vedvarende tæthed. Anvendte samlingstyper bør være godkendte til ikke-udskiftelige ledninger og være udført under betryggende forhold f.eks. på værksted.

Materiale	Vandkvalitet	Anvendelse <sup>a)</sup>			
		I jord		Indvendig i bygning	
		Udskiftelig	Ikke udskiftelig	Udskiftelig	Ikke udskiftelig
SG-jern					
Asfalterede		k <sup>e)</sup>	k <sup>e)</sup>	k <sup>e)</sup>	–
Cementerede	pH > 6,5	k <sup>e)</sup>	k <sup>e)</sup>	k <sup>e)</sup>	–
Stål					
Varmforzinkning	Alkalinitet > 1 mmol/l				
DIN 2444	Ca <sup>++</sup> > 0,5 mmol/l				
eller	pH > 7,0	vk <sup>d,e,f)</sup>	–	vk <sup>d,f)</sup>	–
ækvivalente standarder					
Kobber,					
DS 2110					
DIN 1786	7 < pH < 9	vk <sup>e)</sup>	vk <sup>e)</sup>	vk	vk
SS 145015					
Rustfrit stål					
AISI 316	Cl <sup>-</sup> < 300 mg/l	vk <sup>e)</sup>	–	vk	vk <sup>b)</sup>
PVC		k	k	k <sup>g)</sup>	k <sup>g)</sup>
PEL					
PEH					
PEM					
PEX <sup>c)</sup>		vk	k	v k <sup>g)</sup>	k <sup>g)</sup>

a) k = koldt vand, vk = varmt vand og koldt vand.

b) Varmtvandsrøret beskyttes mod udvendig fugt.

Varmtvandstemperaturen bør ikke overstige 70 °C.

c) Standard findes ikke. Krævet bestandighed forudsættes påvist.

d) Bør kun anvendes i områder, hvor der er dokumenteret gode erfaringer med hensyn til bestandighed overfor indvendig korrosion.

e) Der kræves udvendig korrosionsbeskyttelse.

f) Varmtvandstemperaturen bør ikke overstige 70 °C. I varmt vand er der risiko for grubetæring, som kan modvirkes ved at tilføre Al-ioner ved elektrolyse.

g) Plastrør, der fører vand til brandslukning, skal være brandbeskyttede.

Figur 19.3. Eksempler på materialer til vandledninger under hensyn til udskiftelighed, vandkvalitet og anvendelsesområde.

Materiale		Samlingsmetode								
		Hårdlodning <sup>1)</sup>	Blødlodning <sup>1)</sup>	Svejsning	Limning	Mekanisk samling <sup>4)</sup>	Gummiringssamling	Gevindsamling	Flangesamling	Blystøbning
Rør	Formstykke									
Støbejern	Støbejern	-	-	-	-	-	jb	-	jb	jb
Varmforzinket stål	Varmforzinket blødstøbegods	-	-	-	-	-	-	jb <sup>2)</sup>	b	-
Rustfrit stål	Rustfrit stål	-	-	-	-	jb	-	-	-	-
Kobber	Kobber eller kobberlegering	jb	jb	jb <sup>3)</sup>	-	jb	-	-	jb	-
PVC	Plast eller metal	-	-	-	jb	jb	jb	-	jb	-
PEL PEM PEH	Plast eller metal	-	-	jb	-	jb	-	-	jb	-
PEX	Metal	-	-	-	-	jb	-	-	-	-

Tegningforklaring:

b: anvendelig i bygning

j: anvendelig i jord

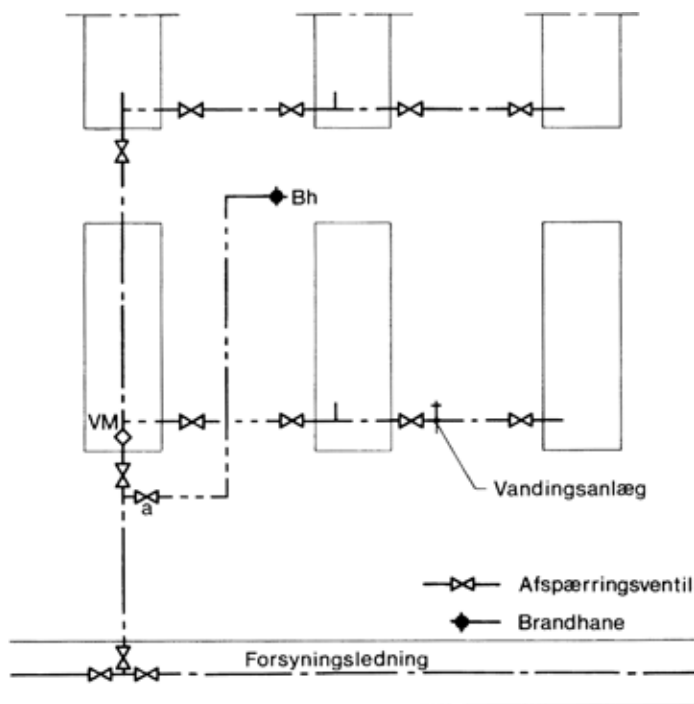
1) Lodninger udføres som kapillarlodninger.

2) Se begrænsninger i figur 19.3.

3) Ved dimension  $\geq 35$  mm kan kobberør svejdes.

4) Mekaniske samlinger i jord skal være afzinkningsbestandige.

Figur 19.4. Vejledende eksempler på samlingsmetoder for rør og formstykker for udskiftelige ledninger i bygning og ledninger i jord uden for bygning.



Figur 19.5. Eksempler på afspærringsventiler i jord. Afspærringsventilen a bør plomberes i åben stilling.

## Brandhaner

### Brandslukningsanlæg

I visse tilfælde stiller myndighederne krav om placering af brandhaner på privat grund, se kapitel 12. Forsyningen til disse bør ikke ske over måler, og det er almindeligt, at forsyningen sker via et særligt jordledningsnet, f.eks. som vist på figur 19.5. Ledninger, der forsyner brandhaner, bør kun undtagelsesvis forsynes med afspærringsventiler. Hvis der monteres afspærringsventiler bør disse plomberes i åben stilling for at undgå utilsigtet afspærring.

### Varmtvandsledninger i jord

Hvor varmtvandsledninger fremføres i jord, skal der isoleres mod varmetab. Ledningerne fremføres normalt i betonkanaler, eller de udføres som præisolerede rør med en tæt plastkappe.

**Koldtvandsledninger i jord**

Sikring mod frost

Koldtvandsledninger i jord skal sikres mod frost. Normen angiver, at frostsikringen kan ske ved nedgravning til frostfri dybde efter de regler, der er anført i det følgende:

- a. Ledninger i jord lægges i en dybde af mindst 1,2 m til top af ledning. Ledninger til sprinkleranlæg og andre brandslukningsanlæg lægges dog i en dybde af mindst 1,4 m, da der normalt ikke er vandbevægelse i disse ledninger, hvorfor risikoen for frostfare er større end ved normale ledninger. Ledninger må ikke føres ind i bygning gennem eller umiddelbart ved lyskasser eller kældernedgange, men skal holdes i en afstand af mindst 1,0 m herfra.
- b. Såfremt ledninger med periodevis benyttelse (byggebrug, kolonihaver, havevanding mv.) anbringes i ikke-frostfri dybde, indrettes anlægget til at kunne holdes afspærret og aftappet.

Normen opererer således med en frostfri dybde på 1,4 m (til top af ledning) for ledninger, der kun sjældent er strøm i, mens man for ledninger, der jævnligt er i brug, kan nøjes med en jorddækning på 1,2 m.

Den frostfri  
dybdes variation

Erfaringerne viser, at de anførte jorddækninger ikke er tilstrækkelige under alle omstændigheder. Den frostfri dybde afhænger således af hvilke materialer, der er anvendt ved tilfyldningen, materialernes vandindhold og af jordoverfladens beskaffenhed i vintertiden.

Jordartens  
betydning

For områder med moræneler kan man regne med at frosten inden for en 50 års periode ikke går mere end ca. 1,2 m, under forudsætning af at grundvandet ligger mere end 1,2 m under terræn.

Såfremt jorddækningen består af sand eller grovere jordarter, vil frosten trænge længere ned. Det er f.eks. tilfældet i vejarealer, hvor der er udført bundsikring i store tykkelser. Man har i flere tilfælde konstateret, at stikledninger til enfamiliehuse fryser til på den del, der ligger i vejarealet. Forsyningsledningerne i vejen fryser meget sjældent til, hvilket skyldes, at der næsten til stadighed løber vand i ledningen.

For den frostfri dybde kan man skønsmæssigt regne med de i figur 19.6 anførte værdier.

Jordart eller fyldningsmateriale	Frostfri dybde, m
Grus, singels, makadam mv.	2,2
Sand, sandet grus, bundsikringsgrus	1,4
Sandet moræneler	1,2
Moræneler, mjåle	0,7
Silt og ler i kapillær kontakt med grundvandet	0,6
Tørv med højt grundvandsspejl	0,4

Figur 19.6. Frostfri dybde for forskellige jordarter. Værdierne gælder for ikke-bevokset overflade (heller ikke græs).

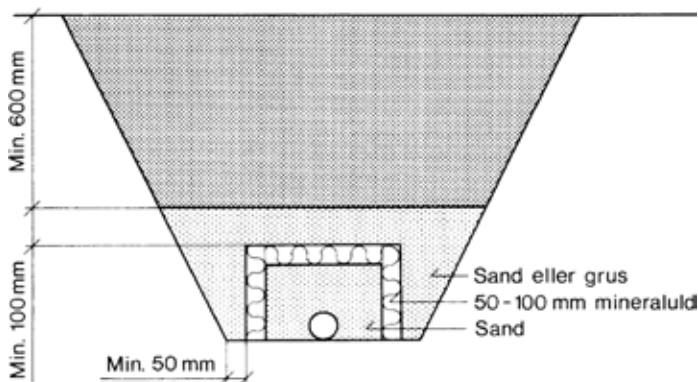
Man kan generelt regne med, at frosten går længere i jorden, når jordarten har en lille varmeledningsevne. Dette hænger sammen med, at der i vintertiden går en varmestrøm nedefra og op, fra det varmemagasin solen i sommerens løb har dannet i de dybere jordlag.

Isolering mod frost

Dette forhold kan udnyttes, idet man ved at udføre en isolering som vist på figur 19.7 kan tillade, at ledningen lægges i ikke-frostfri dybde.

### Lægning af ledninger i jord

Lægning af ledninger i jord udføres efter DIF's Norm for lægning af stive ledninger af beton mv. i jord, DS 437 [litt. 19.3] og DIF's Norm for lægning af fleksible ledninger af plast i jord, DS 430 [litt. 19.4].



Figur 19.7. Isolering mod frost af ledning i jord.

### Funderingsnorm

Vandinstallationer skal udføres således, at der ved udgravning for deres udførelse, ved en eventuel senere reparation eller i den permanente tilstand, ikke opstår skader på ejendommens fundering. Vandledninger skal placeres således i forhold til ejendommens fundering, at der ved udgravning for ledningerne på langs af ejendommen eller krydsende denne ikke sker en forringelse af funderingens bæreevne eller opstår skade som følge af sætninger. Normen henviser til DIF's norm for fundering, DS 415 [litt. 19.5] og i det følgende gengives de vigtigste bestemmelser i denne.

De krav, der stilles i DIF's norm for fundering, medfører krav til den indbyrdes beliggenhed af fundamenter og vandledninger.

I nærheden af eksisterende fundamenter, som i det væsentlige bærer lodret last, kan midlertidige udgravninger foretages uden særlige foranstaltninger, hvis følgende tre betingelser er opfyldt:

1. Den truede konstruktion er funderet svarende til normens krav og henhører i øvrigt ikke under skærpet projekt-klasse.
2. Udgravningen når ikke ned under grundvandsspejlet og når ikke ned i sprækket fedt ler.
3. Udgravningen udføres over de på figur 19.8 viste flader for henholdsvis ler og sand.

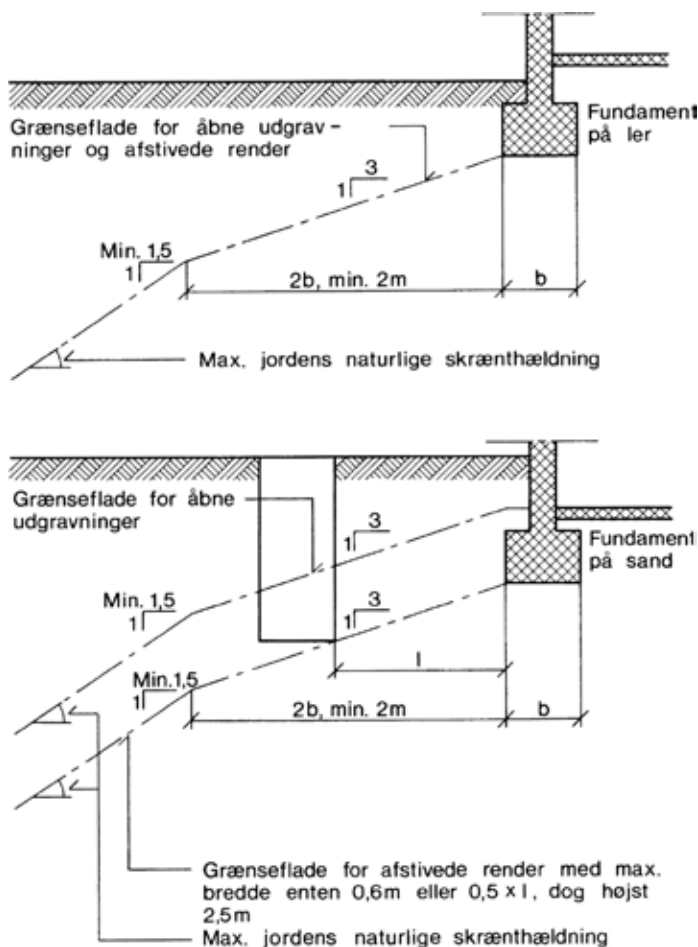
Funderingsnormen regner med 3 projektklasser: lav, normal og skærpet projektklasse, og der henvises til funderingsnormen angående henførelsen til projektklasser. Meget kort kan det siges, at alt der ikke kan henføres til lav og normal projektklasse henføres til skærpet projektklasse.

For bygninger i normal projektklasse må den regningsmæssige fundamentslast ikke overstige 5000 kN (5 MN) for enkeltfundamenter eller 1000 kN/m (1 MN/m) for stribefundamenter. For direkte funderede konstruktioner må det regningsmæssige fundamentstryk på det effektive fundamentsareal desuden ikke overstige 1000 kN/m<sup>2</sup>. Disse betingelser er normalt for bygninger i indtil 4-6 etager med normale spændvidder.

Funderingsnorm

Ledning parallel med eksisterende fundament

Projektklasser



19.8. Midlertidige udgravninger i nærheden af fundamenter.

## Naboforhold

Hvor et projekt eksempelvis ved udgravning, pæleramning eller grundvandssænkning indebærer risiko for beskadigelse af nabokonstruktioner, skal de geotekniske undersøgelser og beregninger vedrørende nabokonstruktionernes forhold mindst svare til normal projektklasse, men skal i øvrigt afpasses efter nabokonstruktionernes art, størrelse og fundering.

Jordbunds-  
forhold

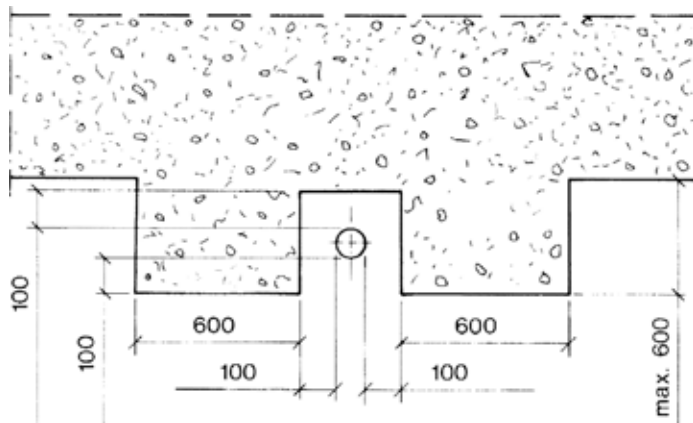
De specielle forhold forbundet med fundering på fjeld (Grønland, Færøerne og Bornholm), på skrivekridt indeholdende kaviteter, på fedt ler af tertiær oprindelse, på interglaciale aflejringer samt på sen-glaciale allerødaflejringer må undersøges og behandles i skærpet projektklasse. Alle øvrige jordbundsforhold kan som regel behandles i normal projektklasse.

Grundvands-  
forhold

Projekter må kun behandles i normal projektklasse, hvis grundvandsforholdene er af en sådan natur, at der ikke uden forudgående varsel kan ske varige beskadigelser af konstruktioner eller bærende jordlag ved manglende eller svigtende grundvandssænkings- eller drænanlæg. Blandt andet kan udgravninger væsentligt under grundvandsspejlet i aflejringer, hvor permeabiliteten vokser med dybden, normalt ikke behandles i normal projektklasse.

Ledning vinkelret  
på eksisterende  
fundamenter

Når ledninger skal passere fundamenter skal der, såfremt fundamentet ikke er ført ned til samme dybde som ledningen, udføres en fundamentsforstærkning som vist på figur 19.9.



Alle mål i mm

Figur 19.9. Fundamentsforstærkning ved vandlednings passage af fundament.

Sætning af  
fundamenter

Bygningsfundamenter vil næsten altid sætte sig mere eller mindre på grund af fundamentsbelastningen. Når vandledninger passerer gennem fundamenter, bør de derfor aldrig støbes fast. Vedrørende indføring i bygning, se efterfølgende afsnit.

Særlige  
funderings-  
forhold

Under særlige funderingsforhold, f.eks. når bygninger er pælefunderet, bør man altid søge sagkyndig bistand for at få undersøgt, om det vil være nødvendigt at iværksætte særlige foranstaltninger for vandledningernes vedkommende.

Afløbsledninger

### Hensyn til andre ledningsanlæg

Vandledninger bør ikke lægges i samme grav som kloak- og fjernvarmeledninger. Hvor det på grund af de stedlige forhold ikke kan undgås, skal der være en fri vandret afstand mellem ledningerne på mindst 0,5 m, og vandledningen skal ligge højere end kloakledningen.

Fjernvarme-  
ledning

Vandledninger bør ikke placeres for tæt ved fjernvarmeledninger. Afhængigt af fjernvarmeledningernes isolering vil der være risiko for opvarmning af vandet i ledningerne. Ved brud på fjernvarmeledningerne vil der ligeledes være risiko for at ledninger af plast kan blive ødelagt på grund af fjernvarmevands høje temperatur. Afstanden mellem parallelle vandledninger og fjernvarmeledninger bør mindst være ca. 0,5 m.

Elkabler mv.

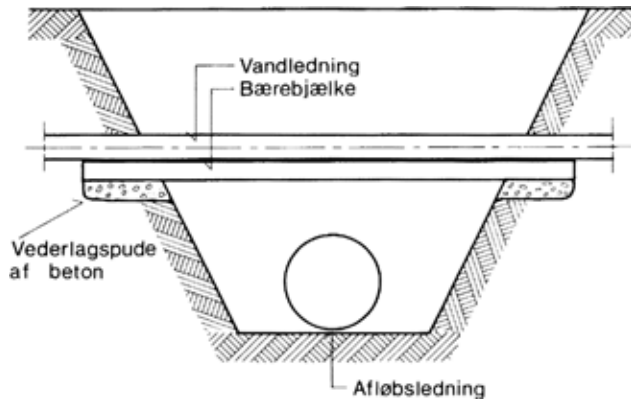
For øvrige lednings- og kabelanlæg kan der i diverse reglementer være fastsat regler for ledningernes indbyrdes placering, og der bør i tvivlstilfælde altid rettes henvendelse til de pågældende værker eller forsyningsselskaber.

Krydsende  
ledninger

Når vandledninger krydser henover andre ledninger, vil de blive placeret i et område, hvor der er risiko for sætninger. Hvis vandledninger er udført af et materiale, der ikke kan tåle sætninger, f.eks. støbejern, kan det blive nødvendigt at udføre særlige understøtninger, se figur 19.10.

Tankstationer,  
olie- og  
benzinledninger

Vandledninger af PEL, PEM og PEH bør lægges i så stor afstand som muligt fra ledninger og tankanlæg for gas, benzin og olie. Førres vandledninger parallelt med sådanne ledninger, skal der være en fri afstand mellem ledningerne på mindst 1,0 m. På tankstationer og lignende, hvor spild af benzin og olie kan forekomme, må ledninger af PEL og PEH til vandledninger ikke anvendes.



Figur 19.10. Vandlednings passage af udgravning.

### Særlige forhold ved jordledninger

Såfremt der anvendes ikke-forskydningssikrede samlinger, f.eks. stikmuffesamlinger, skal større jordledninger ved retningsændringer sikres, således at der ikke sker en udskydning. Denne sikring kan foretages som en bagstøbning.

### Ledninger i kanaler og præisolerede rør

Ledninger i jord kan lægges i kanaler eller udføres som præisolerede rør. Såfremt de udføres efter DIF's norm for fordelingsledninger til fjernvarme, DS 448 [litt. 19.6], kan man anse dem for sikret mod udvendig korrosion.

### Indføring i bygninger

Overgangen fra ledninger i jord til ledninger i bygning er et kritisk sted i vandinstallationen. Der skal tages hensyn til

- at ledningen ikke svækker funderingen
- at sætninger i jord og fundamenter ikke beskadiger ledningen
- at udsivende vand fra ledningsbrud eller utætte samlinger ikke underminerer fundamenterne.

### Indføring gennem kældervæg

Ved indføring af vandledning gennem kældervæg skal der tages hensyn til

Bagstøbning

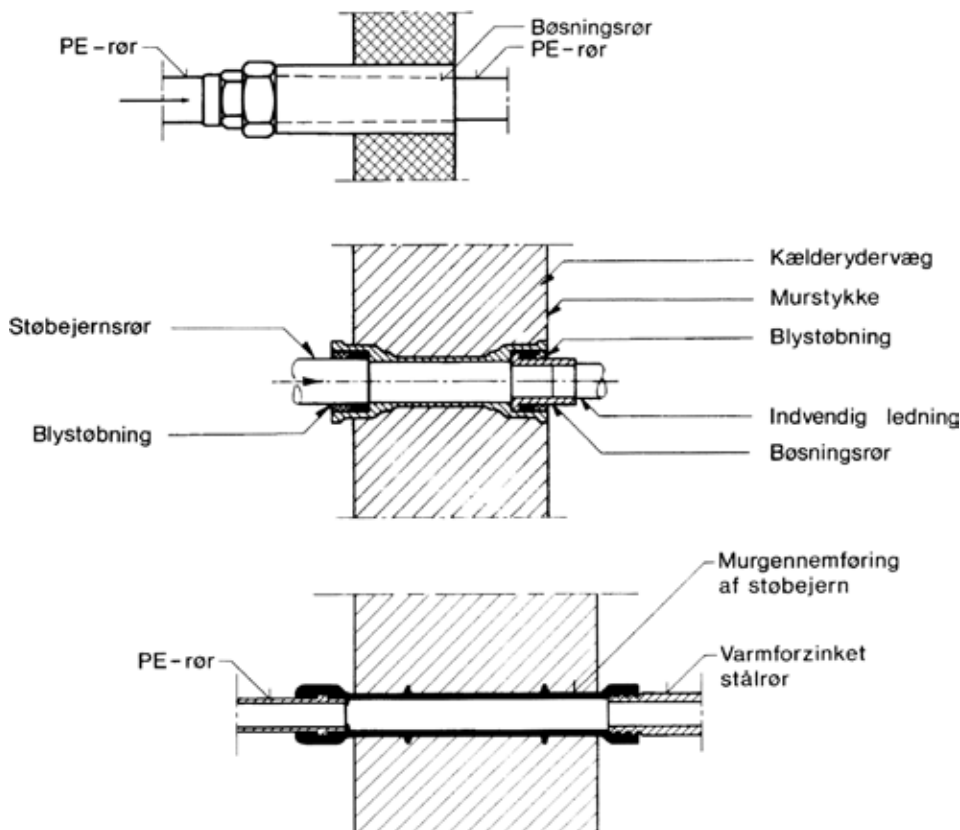
Korrosion

- at der skal være vandtæt mellem kældervæg og jordledning (evt. bøsning).
- at der kan forekomme sætninger af tilfyldningen på ydersiden af kældervæggen. Sætningerne kan medføre brud på stive ledninger, f.eks. støbejern og stål, og udtrækning for visse samlingstyper.

Gennemføringen i kældervæggen udføres normalt med særlige bøsningrør eller såkaldte murstykker, se figur 19.11.

Hensyn til  
lyskasser o.lign.

Af hensyn til risikoen for frysning må ledninger ikke føres ind i bygning gennem eller umiddelbart ved lyskasser eller kældernedgange, men bør holdes i en afstand af mindst 1,0 m herfra.



Figur 19.11. Eksempler på gennemføringer i kældervægge.

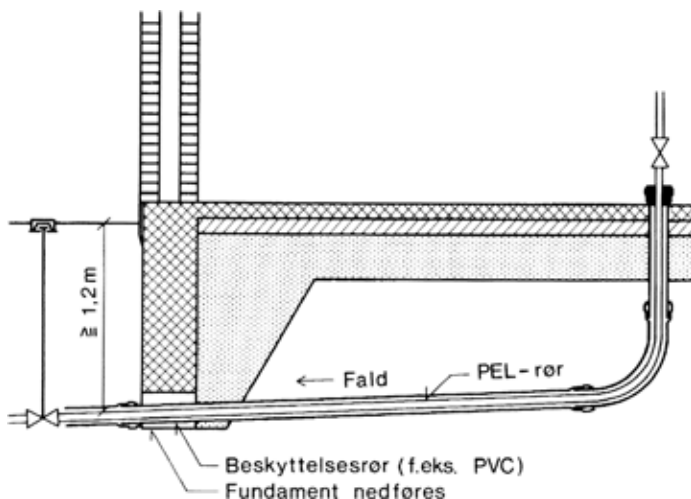
### Indføring gennem gulv på jord

Ved indføringen af jordledninger gennem gulv på jord skal man være opmærksom på, at hvis den del af ledningen, der ligger under bygningen, er en ikke-udskiftelig ledning, skal den udføres uden samlinger, medmindre det er samlinger, der er godkendt til formålet og med særlig kontrol af samlingsernes kvalitet. På figur 19.12 er der vist et eksempel på indføring.

Indføring kan også foretages med særlige indføringsrør, der er bukket på fabrik og forsynet med overgangssamlinger til f.eks. plastrør eller stålrør. Samlingerne placeres uden for fundament og over gulv.

Ved indføring af større ledninger kan samlinger direkte i jord under bygning undgås ved at indføre ledningen i en indvendig »lyskasse« eller grube, der skal have sådanne dimensioner, at samlinger anbragt i den er udskiftelige.

Mindre plastrør ( $d \leq 50$  mm) anses normalt for at være særligt udsatte for beskadigelse under udførelsen, dvs. under tilfyldning og komprimering mv. Disse rør bør derfor altid



Figur 19.12. Indføring af plastledning ( $d \leq 40$  mm) gennem gulv på jord.

forsynes med et beskyttelsesrør. Beskyttelsesrøret bør føres uden for bygning, således at eventuelt udsivende vand ikke underminerer fundamentene, og det afsluttes over gulv, se figur 19.12. Det bemærkes, at trækning af rør i bøjede forerør ved udførelse og udskiftning normalt kun er mulig, når der er tale om PE- og PEM-rør med  $d \leq 40$  mm.

## Projektering af vandinstallationer i bygninger

I dette afsnit omtales de vigtigste forhold, som skal tages i betragtning ved projekteringen. I mange tilfælde vil der blive henvist til kapitler, hvor det pågældende spørgsmål er mere udførligt behandlet.

Der kan ikke gives endegyldige regler for, hvorledes installationerne i bygninger skal udføres. Det afhænger af bygningens udformning, installationens omfang, dimensioneringsforhold og mange andre forhold. Der kan imidlertid nævnes en lang række problemstillinger, som man må være opmærksom på.

### Opdeling af installationen

I mange tilfælde kan det være praktisk at dele installationerne i én eller flere zoner eller sektioner.

Trykzoner

Såfremt der udføres et eller flere trykforøgeranlæg, kan det både være en driftsmæssig og en økonomisk fordel at dele installationerne i en eller flere trykzoner. Herved kan det opnås, at man kun øger trykket i den eller de dele af installationen, der kræver en forøgelse af trykket. Disse forhold er nærmere belyst i kapitel 11.

Driftsmæssig opdeling

Hvis dele af installationen periodevis er ude af drift, kan det være en fordel at dele installationen i sektioner, således at der kan foretages en afspærring (og eventuelt en aftapning) af den eller de sektioner, der er ude af drift. En sådan opdeling kan f.eks. være aktuell ved installationer i rum, der ikke holdes opvarmet uden for brugstiden (frostfare), f.eks. i hoteller og lignende, hvor dele af bygningen aflukkes uden for sæsonen (en utæthed vil først blive erkendt på et sent tidspunkt).

Målt og  
ikke-målt forbrug

Hvis man har ønsker om måling af vandforbrug i forskellige dele af en installation, vil en opdeling også være aktuel.

Årsagen til ønske om en individuel måling kan være, at der ønskes en udgiftsfordeling baseret på måling af vandforbruget, f.eks. i erhvervsbygninger med flere lejere. Som andre eksempler kan nævnes installationer, hvor en del af vandforbruget afregnes med værket til særlige takster (forbrug til vanding). Installationer med brandslukningsanlæg kan tilsluttes før måler.

Reparation

Installationer kan opdeles i sektioner ud fra ønsket om, at ledningsreparationer i én sektion ikke medfører afbrydelse af installationen i andre sektioner. Egentlig ledningsreparation forekommer dog ret sjældent i installationer, der er udført i henhold til normens regler. Reparations- og vedligeholdelsesarbejder forekommer oftest ved aftapningsarmaturer, apparater, maskiner, vandbehandlingsanlæg og anlæg for produktion af varmt vand. Ved flere af disse installationsgenstande vil der ofte være krævet afspærringsmulighed i de aktuelle VA-godkendelser eller i normen. Uanset om der er krav om afspærringsventiler ved en installationsgenstand eller ej, vil det dog altid være en god ide at anbringe afspærringsventiler ved alle installationsgenstande, der kræver vedligeholdelse og service.

Normens generelle  
krav om afspær-  
rings-  
og aftapnings-  
mulighed

Normen stiller følgende generelle krav. Vandinstallationer udføres således, at reparationer mv. kan udføres uden ulemper for brugerne og for andre installationer.

Vandinstallationer forsynes med afspærringsventiler og tømmemuligheder i et omfang, der fastlægges under hensyntagen til arbejdets forventede hyppighed og omfang, og til installationens størrelse og brug.

Afspærringsventiler anbringes på:

- Koblingsledninger til installationsdele, der kræver hyppig vedligeholdelse mv., f.eks. cisterner, maskiner og vandbehandlingsanlæg.
- Ledninger til vandvarmere (på større anlæg tillige på ledning fra vandvarmer).
- Ledninger til og fra de enkelte bygninger i installation for flere bygninger.

Normen stiller ikke yderligere krav om opdeling af hensyn til reparations- og vedligeholdelsesarbejder – for boliger se dog nedenfor. Der bør dog altid deles op i passende zoner, således at ulemperne for brugerne bliver rimeligt små. Hvis det er praktisk muligt, bør der tilstræbes en opdeling f.eks. efter lejemål eller funktionsafsnit (f.eks. større baderum, køkkener, laboratorier og produktionslokaler). Det vil i denne henseende altid være hensigtsmæssigt at rådføre sig med bygherren eller de fremtidige brugere.

### Boliger

For boligejendomme stiller normen følgende krav: Vandinstallationer i boligejendomme udføres således, at hyppigt forekommende reparationer mv. i en bolig kan foretages uden ulemper for andre boliger.

Kravet kan anses for opfyldt, hvis:

- der anbringes afspærringsventiler på alle koblingsledninger, eller
- installationerne for hver enkelt bolig kan afspærres, uden at forsyningen til andre boliger afbrydes.

I etageejendomme bør der endvidere anbringes afspærringsventiler på alle lodrette fordelingsledninger ved afgrening fra vandrette hovedfordelingsledninger.

### Afspærringsventiler

Afspærringsventiler skal være let tilgængelige, og de skal være lette at betjene.

Afspærringsventiler bør kunne betjenes uden brug af specialværktøj.

Afspærringsventiler bør altid være angivet i de drifts- og vedligeholdelsesvejledninger, der hører til installationen.

### Tømmeventiler

Tømmeventiler bør være anbragt let tilgængelige, og således at tømningen kan foregå uden ulemper og risiko for skader.

Tømmeventiler kan normalt undværes på koblingsledninger til installationsgenstande med et ringe vandindhold, eller hvor tømningen kan ske til installationsgenstanden, og ledes bort gennem dens afløb. I andre tilfælde bør tømmeventiler være udstyret med tilslutning for slange, således at vandet kan ledes bort uden ulemper.

Da tømning og påfyldning af vandmængder kan være tids-

røvende, bør tømmeventiler udføres i rimeligt store dimensioner.

Trinvis udbygning  
og ibrugtagning

I installationer, hvor ikke hele installationen udføres, trykprøves eller tages i brug i første omgang, kan det være hensigtsmæssigt at opdele og tilrettelægge installationen i overensstemmelse hermed. Denne opdeling vedrører ikke alene ledningsføring og -dimension men f.eks. også anlæg for varmtvandsproduktion og vandbehandlingsanlæg, hvor det kan være direkte uhensigtsmæssigt at have for store anlæg.

Moderniseringer

Ved frivillige eller trinvis moderniseringer kan det være naturligt at udføre en såkaldt basismodernisering. Installationen udføres da ofte med lodrette stigledninger, hvor de enkelte lejligheder tilsluttes, når beboerne ønsker det. Denne type installationer er nærmere behandlet i bl.a. [litt 19.10].

## Ledningers anbringelse i bygning

Ved anbringelse af ledninger i bygning – valg af føringsveje – er der mange hensyn at tage. Normen angiver en række krav, der vedrører ressourceforbrug, sikkerhed mod personfare, skader og ulemper samt drift og vedligehold. I det følgende vil de vigtigste forhold blive omtalt.

## Ledningers udskiftelighed

### Normens krav

Normen angiver følgende krav:

Vandinstallationer skal udføres af materialer mv., der under hensyntagen til indbygningsmåde og ressourcebevarelse har en tilstrækkelig holdbarhed.

Ikke-udskiftelige installationsdele skal have en levetid, der svarer til bygningsdelens.

Vandinstallationer udføres således, at påvirkninger fra omgivelserne ikke skader vandinstallationen. Vandinstallationer skal udføres af rimeligt korrosionsbestandige materialer.

Materialer og samlinger må vælges under hensyntagen til den aktuelle vandkvalitet og indbygningsmåden.

Holdbarhed

Korrosion

Materialer

Samlinger	Der må ikke anvendes samlinger i ikke-udskiftelige installationer i bygninger.
Udskiftning og reparation	Installationer skal under hensyn til senere udskiftning og reparation udføres på en sådan måde, at alle dele af installationen får den ønskede funktionslevetid. Installationsdele, der kræver tilsyn og vedligeholdelse, eller har kortere levetid end bygningen, skal være udskiftelige.
Drift og vedligehold	Alle komponenter, der kræver pasning og vedligehold, skal være let tilgængelige og skal monteres sådan, at arbejdet kan foretages på en hensigtsmæssig og sikkerhedsmæssig forsvarlig måde.
Melding om utæthed	Installationsdele, hvor risikoen for utætheder er særlig stor eller ikke kan bedømmes med sikkerhed, skal udføres således, at eventuelle utætheder umiddelbart kan konstateres.
Vandspild	Vandinstallationer skal udføres således, at vandspild ved utætheder kan konstateres.

Definition	<b>Udskiftelig/ikke-udskiftelig installationsdel</b> Som det ses af normens krav, spiller det en meget stor rolle, om en installationsdel er udskiftelig eller ej og normen angiver følgende definitioner:
------------	---

*Udskiftelige ledninger i bygning:*

Ledninger, der er tilgængelige for reparation efter demontering af dækplader og lignende, der primært har til formål at skjule installationen.

*Ikke-udskiftelige ledninger i bygning:*

Ledninger, der er svært tilgængelige for reparation f.eks. indbygget i beton-, træ eller murværkskonstruktioner.

Bygningen	Det væsentlige, når man skal afgøre, om en ledning er udskiftelig, er ikke så meget de rent installationstekniske synspunkter, som det er hensynet til selve bygningen. Hvis en lednings udskiftelighed kræver nedbrydning af vægge eller ophugning af gulve, er ledningen ikke udskiftelig, mens den er udskiftelig, når den er fritliggende, eller når den bliver tilgængelig for udskiftning blot ved, at man skruer en afdækning af.
-----------	--

## Installationen

Normens definition på udskiftelige ledninger indeholder ikke krav om, at det installationsteknisk skal være let at udskifte ledningen, det skal blot være muligt. Rent praktisk bør man i hvert enkelt tilfælde vurdere forholdene omkring ledningsudskiftningen for at afgøre, om en ledning er udskiftelig eller ej. Det skal nævnes, at hvis en ledning skal isoleres, så gælder kravet om udskiftelighed for den samlede ledningskonstruktion, dvs. for rør og isolering.

**Synlig/skjult installationsdel**

I forbindelse med kravene om umiddelbar melding af utætheder opererer normen med begreberne synlig eller skjult. Begreberne defineres ikke nærmere, men kan opfattes således:

## Definition

En synlig installationsdel er en installationsdel, der er synlig fra normalt anvendte opholds-, arbejds- og færdselsarealer.

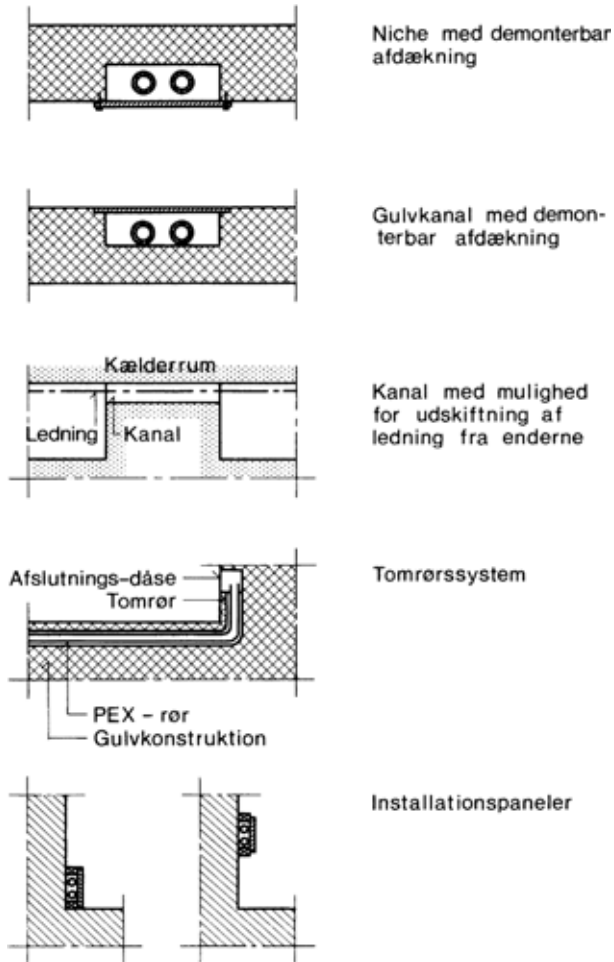
**Eksempler på udskiftelige ledninger**

Som eksempler på udskiftelige ledninger kan nævnes:

- Ledninger, der føres frit i rum, ophængt på loft eller væg.
- Ledninger, der føres i eller bag demonterbart inventar.
- Ledninger i rørskakte og rørnicher med demonterbar afdækning.
- Ledninger, der føres i demonterbart panel, f.eks. placeret på væg eller som fodpanel.
- Ledninger i ledningsgrave og ledningskanaler med demonterbar afdækning.
- Ledninger i krybekældre, ingeniørgange og kanaler med arbejdsmulighed på stedet.
- Ledninger over demonterbare, nedhængte lofter.

Armaturer, f.eks. reparationsventiler og cisterneventiler, der må forventes at skulle betjenes eller repareres, bør anbringes således, at de er let tilgængelige, og deres placering bør være beskrevet i driftsvejledningen.

I figur 19.13 er vist eksempler på udskiftelige ledninger. I SBI-anvisning 160 [litt. 19.7] er vist yderligere eksempler.



Figur 19.13. Placeringsmuligheder for udskiftelige ledninger. Andre eksempler er angivet i [litt. 19.7].

### Eksempler på ikke-udskiftelige ledninger

I princippet er det således, at alle ledninger mv. der ikke kan klassificeres som udskiftelige er ikke-udskiftelige.

Ikke-udskiftelige ledninger er f.eks. indmurede og indstøbte ledninger. Også ledninger i pladebeklædte skeletvægge er ikke-udskiftelige, hvis pladerne kun kan fjernes på destruktiv måde, eller hvis der bliver store efterreparationer.

**Eksempler på synlige/skjulte ledninger mv.**

Det fremgår af definitionen på synlige ledninger mv. at ledningerne (med eventuel isolering) skal være synlige fra arealer, hvor der jævnlige kommer folk. Det er således ikke tilstrækkeligt, at de er tilgængelige for inspektion. I de eksempler på udskiftelige ledninger, der er vist i figur 19.13, må alle ledningerne klassificeres som skjulte. Ledninger over nedforskallede lofter, i krybekældre, i skunkrum og lignende steder er ligeledes skjulte.

**Krav til installationsdele og deres indbygning****Krav til ikke-udskiftelige installationsdele**

Normens krav til ikke-udskiftelige ledninger er væsentlig strengere end til de udskiftelige. I figur 19.3 er det angivet, hvilke ledningsmaterialer, der kan anvendes og de egenskaber ved vandkvaliteten, der skal være opfyldt.

Samlinger

Normen kræver yderligere, at ikke-udskiftelige dele af installationen skal udføres uden samlinger. Normens vejledning åbner dog mulighed for at ledninger med samlinger som med hensyn til tæthed og bestandighed kan anses for ligeværdige med ledninger uden samlinger må udføres ikke-udskiftelige. Tæthed og bestandighed skal være eftervist og fremgå af VA-godkendelsen.

Samlinger kan betragtes som udskiftelige, hvis de er placeret i udsparinger eller lignende med tilstrækkelig plads til at udskiftning kan foretages. Bemærk, at udsparingerne bør udføres således, at lækvand føres til synligt sted, hvis samlingerne er skjulte.

**Krav til udskiftelige installationsdele**

Kravene til udskiftelige ledninger og samlinger fremgår af figur 19.3 og 19.4.

**Krav til skjulte installationsdele**

Normen stiller krav om at installationsdele, hvor risikoen for utætheder er særlig stor eller ikke kan bedømmes med sikkerhed, udføres således, at eventuelle utætheder umiddelbart kan konstateres.

Krav om melding af utætheder

Normens vejledningsstof angiver yderligere, at man bør kunne kontrollere tætheden f.eks. ved trykprøvning.

Normens vejledning angiver at følgende forhold skal tages i betragtning:

- De indgående materialers bestandighed.
- Metoderne ved arbejdets udførelse.
- Sikkerheden ved kontrol af arbejdets udførelse.
- Omfanget af mulige skader.
- Erfaringer med installationsdelene.

Normen lægger således op til en vurdering i de enkelte tilfælde.

Nogle retningslinier kan dog opstilles:

Materialer

Ledningsmaterialer og samlinger, der ikke er godkendt som ikke-udskiftelige vil normalt indebære en særlig stor risiko for utætheder. Det samme vil gælde for ventiler og andre armaturer, hvor pakninger kan blive utætte.

Forhold ved arbejdets udførelse

Forholdene omkring arbejdets udførelse og kontrol heraf er meget vigtige ved vurderingen. For at gøre risikoen for utætheder så lille som mulig bør man sørge for

- at der er god plads til at udføre arbejdet, og at arbejdsforholdene er bekvemme
- at arbejdet udføres af personale, der eventuelt gennem særlig uddannelse er kvalificeret til at udføre arbejdet, og at det rigtige værktøj anvendes
- at arbejdsoperationerne er enkle og eventuelt selvkontrollerende
- at efterspænding af samlinger ikke er nødvendig
- at kontrollen er omhyggelig og sikker både under arbejdets udførelse og ved prøvning. Eventuelt kan der udtages stikprøver til særlig undersøgelse.

Skadeomfang

Utætheder kan medføre skader på bygningsdele og på inventar mv., der befinder sig i bygningen. Hvis det mulige skadeomfang er stort, bør man altid udføre installationer så sikre som muligt og eventuelt udføre en melding af utætheder.

Eksempler på hvor der bør udføres meldinger

Eksempler på ledningsplaceringer, der bør medføre, at der udføres melding er:

- Ledninger mv. i skunkrum og krybekældre.
- Ledninger mv. i skakte og nicher.
- Ledninger mv. i inventar.

### Udførelse af melding af utætheder

Udførelse af melding, dvs. at udførelse af vandinstallationer sker på en sådan måde, at utætheder konstateres så hurtigt, at skader på omgivelserne undgås, kan ske på flere måder, f.eks.:

- Installationsdele placeres synligt.
- Lækvand opsamles, f.eks. i et tomrør eller en rende, og føres til et sted, hvor der ikke opstår skader, og hvor vandet umiddelbart bemærkes.
- Fugtfølere placeres på steder, hvor lækvand strømmer til. Følterne kan være elektroniske og give alarmsignal og eventuelt signal til magnetventil, der lukker for vandtilstrømning.
- Der udføres et sikringsanlæg, der måler strømmingen i installationen, f.eks. ved indføringen i huset. Anlægget programmeres således, at det kan afgøre, om strømmingen er normal, eller der er en utæthed. Sikringsanlægget kan f.eks. indstilles til at reagere på en meget stor vandstrøm (rørbrud) eller til en meget lille vedvarende strømning (utæthed). Sikringsanlægget giver alarm og lukker automatisk for vandtilførslen ved hjælp af en magnetventil. Meldemetoden og føringsveje, der giver umiddelbar melding, er nærmere beskrevet i SBI-anvisning 160, Renovering af skjulte rørinstallationer i enfamiliehuse [litt. 19.7].

### Tomrørsprincippet

I installationer udført efter tomrørsprincippet er vandledningerne placeret i tomrør (føringsrør), der kan være indbygget i bygningskonstruktionen, f.eks. indstøbt i gulve.

Tomrørene er normalt fleksible, korrugerede og tætte plastrør, der føres fra et synligt sted, f.eks. ved et fordelerrør, til de enkelte tapsteder. Et eksempel er vist i figur 19.13.

Vandledningerne, der placeres i tomrørene, er normalt fleksible plastrør (PEX). For at gøre trækningen af ledningerne i

Tomrør

Ledninger

	<p>tomrørene så let som muligt bør ledningerne være så små, som forsyningen tillader det.</p> <p>Samlingerne mellem taparmaturernes tilgange og ledningerne i tomrørene skal være anbragt udskifteligt. Her kan anvendes flere løsninger, f.eks.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– tomrøret trækkes helt frem til forkant af væg, og samlinger foretages uden på væg, eller</li> <li>– tomrøret afsluttes i en indbygningsdåse (afslutningsdåse), og samling mellem taparmatur og ledning foretages i dåsen; dåsen skal slutte tæt om tomrøret og være udført således, at eventuelt lækvand fra samlingen eller vand, som trænger op gennem tomrøret, ikke siver ud i bygningskonstruktion men føres ud til forkant væg, hvor det umiddelbart kan konstateres.</li> </ul>
Tilslutning af taparmaturer	
Isolering	<p>Vandledninger i tomrør skal isoleres som andre ledninger, se kapitel 13. Isoleringen placeres normalt uden på tomrøret.</p>
Udførelse	<p>Tomrørsprincippet indebærer, at man kan placere tomrøret først og på et senere tidspunkt udføre ledningstrækningen og de øvrige installationer.</p> <p>Tomrørsinstallationen kan også leveres som en »færdig« installation, dvs. at tomrøret leveres med ilagt ledning og eventuelt med nødvendig isolering.</p>
Fordele	<p>Den korrekt udførte tomrørsinstallation indebærer flere fordele, f.eks.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– at installationen er skjult, men udskiftelig</li> <li>– at der er melding af utætheder; den kræver dog ofte anvendelse af specialkomponenter, f.eks. af indbygningsdåser.</li> </ul>
	<p><b>Indstøbte og indmurede rør</b></p> <p>Det er ifølge normen muligt at indstøbte eller indmurede rør af visse materialer, se figur 19.3.</p>
Ingen samlinger	<p>Der må ikke være samlinger på de indmurede eller indstøbte rør, medmindre det er samlinger, der er specielt godkendt til ikke-udskiftelige ledninger.</p>
Tilslutning til taparmaturer	<p>Samlinger mellem taparmaturer og de indstøbte rør skal være anbragt efter samme retningslinier som angivet under</p>

Isolering

tomrør i det foregående afsnit. Der kan f.eks. anvendes specielle godkendte indbygningsgarniturer.

Indmurede og indstøbte rør skal isoleres som andre ledninger, se kapitel 13.

## Sikring mod frostskafer

Normens krav

Normen stiller krav om at vandinstallationen skal udformes således, at der ikke opstår frostskafer.

Frostfri  
anbringelse

Kravet bør først og fremmest opfyldes ved at anbringe installationen således, at den ikke bliver udsat for frost.

Opvarmede  
bygninger

Selv i opvarmede bygninger er der områder, hvor der kan forekomme frost, og følgende retningslinier bør følges:

- Ledninger i uopvarmede rum bør ikke anbringes på ydermure og ikke i nærheden af døre, vinduer eller andre åbninger til det fri.
- Ledninger bør ikke anbringes i stærkt ventilerede krybekældre.
- Ledninger, der anbringes i bygningskonstruktioner, f.eks. i ydervægge og i tagrum og skunkrum bør anbringes på den varme side af isoleringen.

Uopvarmede  
bygninger

Installationer i bygninger, der er periodevis ubenyttet, og hvor der ikke er sikkerhed for, at bygningen holdes opvarmet, indrettes således, at de kan tømmes.

Ledninger, der lejlighedsvis kan blive udsat for frost i kortere perioder, skal isoleres. Ledninger, der kan blive udsat for frost i længere perioder, bør forsynes med opvarmningsmuligheder, f.eks. elektriske varmekabler, der sættes i funktion i frostperioder. Se kapitel 13.

## Ledningers forhold til omgivelserne

Når ledninger skal placeres i bygning, skal man sikre sig, at der ikke er risiko for, at de udsættes for kemiske, fysiske eller termiske påvirkninger, der kan skade ledningerne.

### **Kemiske påvirkninger på ledninger**

Fritliggende  
ledninger

Fritliggende ledninger vil kun sjældent blive udsat for kemiske påvirkninger, der kan skade rørene. Kun hvis ledningen føres

Indstøbte ledninger

gennem rum, hvor luften kan indeholde dampe (f.eks. klor- og saltholdige dampe), der kan skade rørene, bør man træffe særlige foranstaltninger, f.eks. kan der anvendes korrosionsbeskyttende maling eller bevikling.

Indstøbte rør er mere udsatte. Indstøbningen skal være udført således, at der ikke kan trænge vand og rengøringsmidler frem til dem.

Mekanisk overlast  
Fritliggende ledninger

### **Fysiske påvirkninger på ledninger**

Ved placering af ledninger skal man sikre sig, at der ikke er risiko for at ledningerne bliver udsat for mekanisk overlast.

I færdselsarealer, f.eks. gange og tunneler i sygehuse, bør ledningerne placeres således, at der ikke er risiko for påkørsel. Hvis dette ikke er muligt, bør de afskærmes. I skoler og lignende steder bør længere ledningsstrækninger placeres således, at de er utilgængelige for eleverne. Hvis dette ikke er muligt, bør de afskærmes, eventuelt sikres med ekstra bæringer.

Fritliggende ledninger kan blive udsat for mange andre former for mekanisk overlast, også mere trivielle. Blandt de sidste kan f.eks. nævnes oplukkende døre og hammerslag.

Ikke-synlige ledninger

Ikke-synlige ledninger kan blive udsat for overlast, fordi man som oftest ikke er klar over deres beliggenhed. Som et typisk eksempel kan nævnes søm, der slås ind i indmurede koblingsledninger af kobber. For at undgå denne slags skader bør indmurede rørs placering afmærkes i byggeperioden og deres placering angives på tegninger. De lokaliseres i øvrigt bedst, såfremt de altid føres lodret op eller ned fra udgangen gennem væg.

### **Termiske påvirkninger på ledninger**

Ledninger skal placeres således, at de ikke udsættes for termiske påvirkninger, der enten kan skade ledningerne eller bevirke uhensigtsmæssig opvarmning eller afkøling af vandet i ledningerne. Forhold vedrørende ledningernes ekspansion er beskrevet senere i dette kapitel.

Varme rum

Ved placering af ledninger i meget varme rum, f.eks. varme-centraler, bør man naturligvis sikre sig, at der holdes en rimelig afstand til meget varme installationsdele, f.eks. kedler og røgrør. Et andet forhold, som man skal være opmærksom på,

er, at vandet kan blive opvarmet, således at man ved tapning kan komme til at vente længe, før der kommer koldt vand frem til tapstedet. Det kan i praksis betyde et ret stort vandspild, og længere trækninger af koldtvandsledninger i meget varme rum bør derfor undgås. I varme rum vil der ligeledes være øget risiko for kondensdannelse på koldtvandsledninger.

Såfremt ledninger af plast placeres i varme rum, skal bæringssafstanden for såvel vandrette som lodrette rør være i overensstemmelse med fabrikanternes oplysninger.

## Ledningers understøtning

### Normens krav

Normen stiller følgende krav:

Fastgørelse af vandinstallationer til bygningsdele skal udføres på en sådan måde, at der ikke sker skade på bygningsdele og installationsdele.

Vandinstallationer skal fastholdes på en sådan måde, at de kræfter, der opstår som følge af temperaturpåvirkninger, ikke medfører skader på bygningsdele, installationsdele eller omgivelser.

For at tilfredsstille disse krav udføres bæringer af forskellige typer og med forskellige afstande, bl.a. afhængig af det valgte rørmateriale.

### Bæringer

Formålet med bæringer er at fastholde installationen på en sådan måde, at de påvirkninger, den udsættes for, kan optages uden gener og skader.

Af de fysiske påvirkninger, rørledninger udsættes for, er de vigtigste:

- Påvirkninger fra tyngdekraften.
- Mekaniske påvirkninger.
- Temperatursvingninger.

De i denne forbindelse vigtigste egenskaber hos rørene er deres styrke og varmeudvidelseskoefficient.

Bæring

Ekspansion

### Bæringstyper

Alt efter bæringernes art kan disse opdeles i følgende kategorier:

Almindelige  
bæring

Almindelige bæring, hvis formål er en simpel understøtning. De anvendes på liggende ledninger og tillader rørledningen at bevæge sig såvel i akseretningen som vinkelret derpå. Den oftest anvendt bæring af denne kategori er pendulbæringen.

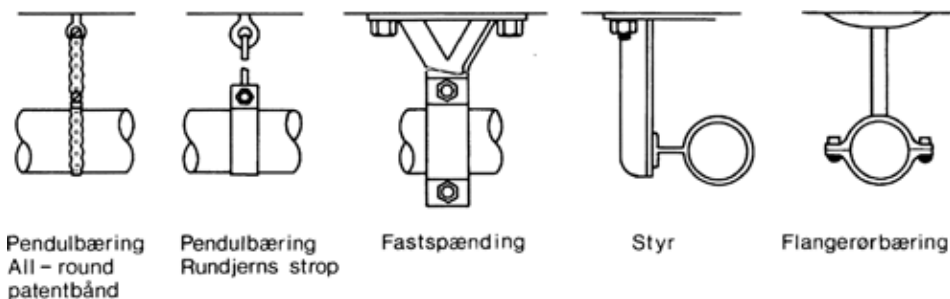
Styr

Styr, der tillader ledningerne at bevæge sig i akseretningen. Den almindeligste form for styr er gennemføring i mure og etageadskillelse. Gennemføringen skal ske i bøsning.

Fastspænding

Fastspændinger, der holder ledningen fast uden bevægelsesmuligheder.

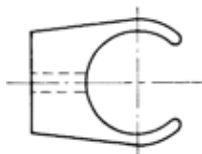
Eksempler på bæring for varmforzinkede stålrør er angivet i figur 19.14.



Figur 19.14. Eksempler på bæring.

Kobberrør

Bæring til kobberrør er i princippet af samme konstruktion, som dem der anvendes til stålrør. Anvendes bæring af stål, bør der lægges et isolerende indlæg i bæringerne af hensyn til risikoen for korrosion. Bæringerne kan også være af andre materialer; som eksempler kan nævnes rørbærere af plast, rød-gods, kobber og messing. En særlig type er de så-aldte klemrørbærere af plast, der anvendes meget ved synlige rørinstallationer i badeværelser. Se figur 19.15.



Figur 19.15. Klemrørbærer for kobberør.

Plastrør

For plastrør bør der anvendes bæringer med bredere anlægsflade mod rørene, men i øvrigt af principielt samme type som vist i figur 19.14.

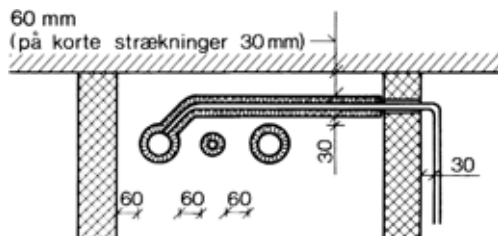
Afstand mellem  
rør

Rør placeres således, at der mellem færdigt isolerede rør er en fri afstand på mindst 60 mm. Ved krydsninger kan afstanden nedsættes til 30 mm.

Afstand mellem  
rør og væg

Ledninger for varmt vand, fremløb, og cirkulationsledninger, når undtages anlæg med naturlig cirkulation, kan under snævre pladsforhold isoleres sammen, og afstanden mellem rørene, eksklusiv isolering, kan nedsættes til ca. 30 mm.

Af hensyn til mulighed for bl.a. maling af rør og vægge bør afstanden mellem færdigt isoleret rør og væg (og loft), ikke være mindre end 25-30 mm og helst 60 mm. Se figur 19.16.



Figur 19.16. Rørs afstand til loft, væg og andre rør.

Fri passage

Vandinstallationer skal placeres således, at de ikke er til ulempe. Ledninger skal holdes i en sådan afstand fra elmålerammer, at der er overensstemmelse med bestemmelserne i »Fællesregulativet for tilslutning af elektriske installationer og brugsgenstande«. Der henvises i øvrigt til DS 1022 [litt. 19.8].

Bæringsafstande

Afstanden mellem bæringer bør ikke overstige de værdier, der er angivet i figur 19.17.

*Største afstand mellem rørbærere for vandrette fordelingsledninger:*

Rørstørrelse mm	Største afstand i m mellem rørbærere på ledning af			
	stål	kobber	PVC, PEH	PEL, PEX
20	2,5	1,25	0,7	0,3
25	2,5	2,5	0,9	0,4
32	2,5	2,5	1,0	0,4
40	3,0	2,5	1,1	0,5
50	3,0	2,5	1,2	0,5
65	4,0	2,5	1,4	0,6
75	4,0	3,0	1,5	0,6
90	5,0	3,0	1,6	0,7
100	5,0	3,0	1,7	0,7

*Største afstand mellem rørbærere for vandrette fordelingsledninger:*

Rørstørrelse mm	Største afstand i m mellem rørbærere på ledning af			
	stål	kobber	PVC, PEH	PEL, PEX
20	2,5	1,25	0,8	0,5
25	2,5	2,5	1,0	0,6
32	2,5	2,5	1,3	0,8
40	3,0	2,5	1,6	1,0
50	3,0	2,5	2,0	1,3
65	4,0	2,5	2,5	1,6
75	4,0	3,0	3,0	1,9
90	5,0	3,0	3,6	2,2
100	5,0	3,0	4,0	2,7

*Figur 19.17. Størst tilladelige afstande mellem rørbærere for rør af forskellige materialer. For PEX-rør henvises til fabrikantens anvisninger.*

## Ledningers ekspansion

Ledninger vil udvide sig eller trække sig sammen på grund af variationer i omgivelsernes og vandets temperatur. Hvis disse temperaturbevægelser ikke kan foregå mere eller mindre frit, kan der dels opstå skadelige påvirkninger af rør og samlinger, og dels kan andre bygningsdele blive udsat for kræfter, der kan medføre revner, eventuelt brud.

**Længdeudvidelse**

En ledning med længden  $L$  vil, hvis temperaturen ændres med  $\Delta T$ , få en længdeændring på  $\Delta L$  (mm)

$$\Delta L = \beta \cdot L \cdot \Delta T$$

Her er

$\Delta L$  længdeændringen i mm

$\beta$  længdeudvidelseskoefficienten i mm/m  $\cdot$   $^{\circ}\text{C}$

$L$  ledningens længde i m

$\Delta T$  temperaturændringen i  $^{\circ}\text{C}$ .

Længdeudvidelseskoefficienten for de mest almindelige ledningsmaterialer er:

Stål:  $\beta = 0,012$  mm/m  $\cdot$   $^{\circ}\text{C}$

Kobber og rustfrit stål:  $\beta = 0,0166$  mm/m  $\cdot$   $^{\circ}\text{C}$

PVC:  $\beta = \text{ca. } 0,06$  mm/m  $\cdot$   $^{\circ}\text{C}$

PEL og PEH:  $\beta = \text{ca. } 0,22$  mm/m  $\cdot$   $^{\circ}\text{C}$

PEX:  $\beta = \text{ca. } 0,18$  mm/m  $\cdot$   $^{\circ}\text{C}$

For plastmaterialerne varierer længdeudvidelseskoefficienten ( $\beta$ ) med temperaturen (lavest ved lave temperaturer). Da PVC, PEL og PEH kun kan anvendes til koldt vand, kan der i praksis regnes med de anførte værdier. For PEX varierer  $\beta$  fra 0,14 til 0,20 mm/m  $\cdot$   $^{\circ}\text{C}$  i temperaturintervallet 10-100  $^{\circ}\text{C}$ .

*Eksempel:*

En varmtvandsledning af stål monteres spændingsfrit ved 10  $^{\circ}\text{C}$ . Varmtvandstemperaturen regnes til max. 60  $^{\circ}\text{C}$ . Temperaturvariationen er således 50  $^{\circ}\text{C}$ . Ledningslængden er 25 m. Den maksimale længdeudvidelse er  $25 \cdot 0,6 = 15$  mm.

Hvis samme ledning udføres af PEX fås en maksimal længdeudvidelse på  $25 \cdot 9 = 225$  mm.

For boliger og lignende med normale vand- og rumtemperaturer bør for koldt vandsledninger regnes  $\Delta T = 30$   $^{\circ}\text{C}$  og for varmtvandsledninger  $\Delta T = 60$   $^{\circ}\text{C}$ .

Temperatur- variation °C	Længdeudvidelser, mm/m · °C				
	Varm- forzinket stålrør	Kobberrør, rustfri stålrør <sup>1)</sup>	PVC- rør	PEL- rør	PEX rør <sup>1)</sup>
10	0,12	0,17	0,6	2,2	1,8
20	0,24	0,33	1,2	4,4	3,6
30	0,36	0,50	1,8	6,6	5,4
40	0,48	0,66	– <sup>2)</sup>	– <sup>2)</sup>	7,2
50	0,60	0,83	–	–	9,0
60	0,72	1,00	–	–	10,8
70	0,84	1,16	–	–	12,6
80	0,96	1,33	–	–	14,4
90	1,08	1,49	–	–	16,2
100	1,20	1,66	–	–	18,0

- 1) Rør af rustfrit stål kan regnes at have samme længdeudvidelseskoefficient som kobberrør.
- 2) Rør af PVC og PEL kan kun anvendes for koldt vand og der er derfor ikke angivet værdier for højere temperaturvariationer end 30 °C.
- 3) For PEX-rør er der regnet med  $\beta = 0,18$  mm/m · °C.

*Figur 19.18. Længdeudvidelser ved temperaturvariationer for forskellige rørmaterialer.*

Temperatur-  
variationer

De temperaturer, der har betydning i denne forbindelse, er

$T_o$  = temperaturen på udførelsestidspunktet

$T_{min}$  = laveste vandtemperatur

$T_{max}$  = højeste vandtemperatur.

Længdeudvidelser for temperaturvariationer op til 100 °C er i figur 19.18 angivet for forskellige rørmaterialer.

Beregning af  
længde-  
variationer

Hvis en ledning ved temperaturen  $T_o$  på udførelsestidspunktet har længden  $L_o$  vil længden af ledningen i bygningen variere mellem

$$L_{min} = L_o + L_o \cdot \beta \cdot (T_{min} - T_o)$$

og

$$L_{max} = L_o + L_o \cdot \beta \cdot (T_{max} - T_o)$$

*Eksempel: En lednings varmeudvidelse*

En varmtvandsledning af kobber med længden  $L_o = 20$  m monteres (spændingsløst) ved  $20$  °C. Den vil kunne have længdevariationer mellem

$$L_{\min} = 20 + 20 \cdot \frac{0,0166}{1000} \cdot (10 - 20) = 20 - 0,0033$$

$$L_{\max} = 20 + 20 \cdot \frac{0,0166}{1000} \cdot (60 - 20) = 20 + 0,0133$$

svarende til en samlet længdevariation på ca. 17 mm, idet der er regnet med en koldt vandstemperatur på  $10$  °C og en varmt vandstemperatur på  $60$  °C.

**Spændinger i rør**

Hvis en ledningsstrækningens længde fastholdes med fastspændinger ved endepunkterne, vil temperaturvariationerne medføre spændinger i rørene, der svarer til den længdeudvidelse, der ville komme, såfremt ledningen kunne ekspandere.

Under forudsætning af, at ledningen i hele sin længde er styret i længderetningen, dvs. sikret imod udbøjning på tværs af længderetningen, kan man beregne disse spændinger. Disse forudsætninger ligger imidlertid langt fra de virkelige forhold. I den praktiske installationsteknik benytter man sig derfor af nogle erfaringsmæssige regler for optagelse af ledningernes ekspansion, uden at der optræder skadelige spændinger i rørsystemerne.

Temperaturvariationerne i vandinstallationer er relativt små, højst op til  $50-60$  °C for varmtvandsledninger og op til  $20-30$  °C for koldt vandsledninger. I ledninger for hedt vand kan regnes med en maksimaltemperatur på  $95-100$  °C.

**Optagelse af ekspansion**

I praksis søger man i vandinstallationer at indrette ledningsnettet således, at det kan ekspandere frit, og således at bevægelserne optages i sideslag, ekspansionsløjfer og lignende. Der kan også anvendes kompensatorer, dvs. formstykker, der

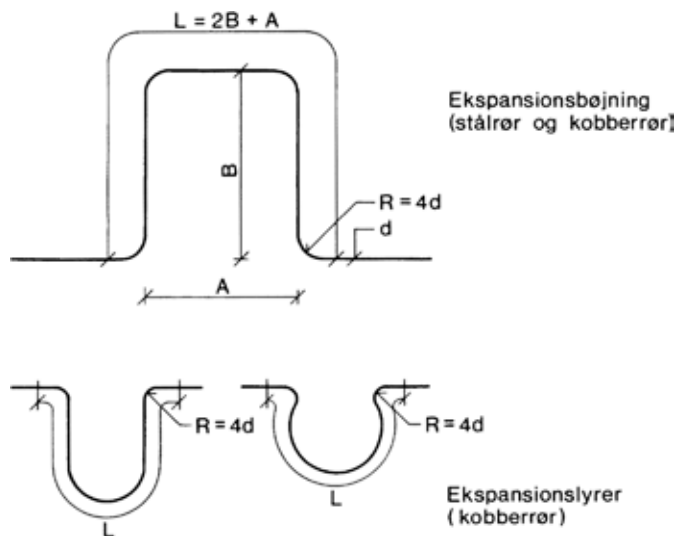
Teori og praksis

Størrelsen af temperaturvariationerne

kan optage ledningssystemets ekspansion. I almindelige vandinstallationer er kompensatorer dog ikke meget anvendt, og de skal derfor ikke omtales nærmere.

### Ekspansionsløjfer

Ekspansionsløjfer kan f.eks. udføres som vist i figur 19.19.



Figur 19.19. Ekspansionsløjfer (U-formede). Hvis en bestemt længdeudvidelse,  $\Delta L$ , af ledningslængden skal optages, så kan den samlede, nødvendige længde af bøjningen,  $L$ , beregnes af

$$L = c \cdot \sqrt{d \cdot \Delta L}$$

Her er

$L$  den samlede bøjningslængde i mm

$\Delta L$  længdeudvidelsen i mm

$d$  rørets udvendige diameter i mm

$c$  en konstant, som har følgende værdier

Stålrør:  $c = 75$

Kobberrør:  $c = 80$

Formlen gælder for området  $A \leq B \leq 2A$

samt for en bøjningsradius på  $4d$ . Hvis bøjningsradius mindskes til  $2,5d$  skal  $L$  forøges med 10-20 pct. Formlen er afbildet i figur 19.20 og 19.21.

For ekspansionsløjfer kan den nødvendige samlede længde ( $L$ ) af bøjninger beregnes af formlen

$$L = c \cdot \sqrt{d \cdot \Delta L}$$

Her er

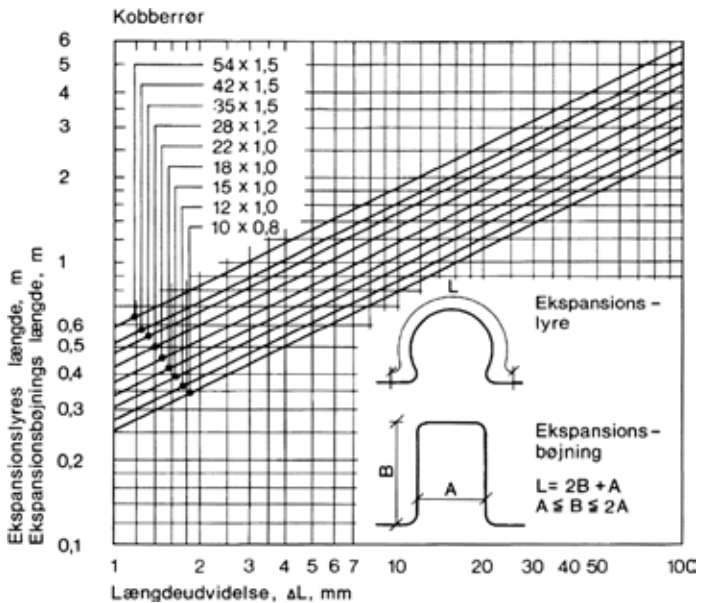
$d$  rørdiameteren

$\Delta L$  længdeudvidelsen

$L$  bøjningens samlede længde

$c$  en konstant som afhænger af ledningsmateriale, udformning af slaget samt af de enheder, der anvendes.

Sammenhængen mellem  $L$  og  $\Delta L$  er angivet i figur 19.20 og 19.21 og værdien for  $c$  er angivet i figur 19.19.



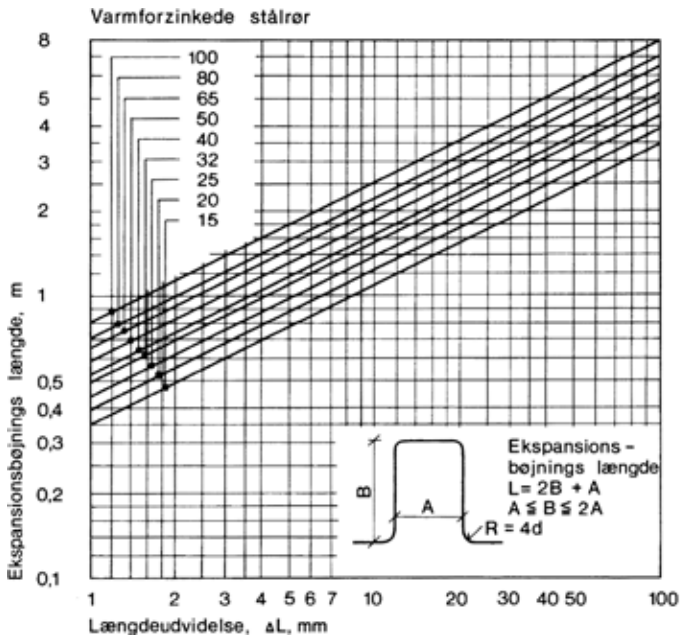
Figur 19.20. Den nødvendige længde  $L$  af en ekspansionsbøjning eller en ekspansionsløjfe af kobberrør som funktion af den længdeudvidelse, som skal optages. Tallene på de enkelte kurver angiver kobberrørets udvendige diameter gange godstykkelser.

## Sideslag

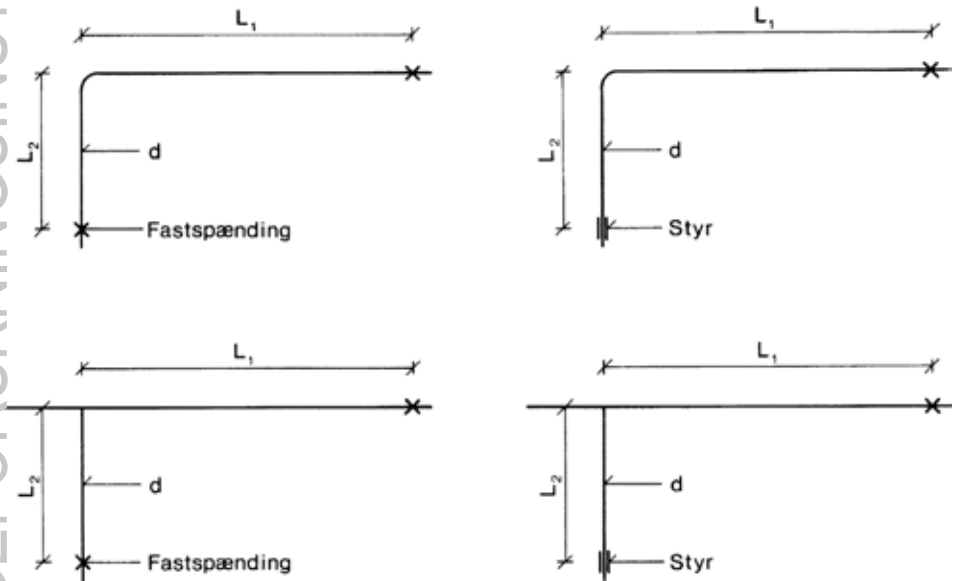
En anden måde at optage ekspansioner på er at udføre et sideslag (en halv ekspansionsbøjning), se figur 19.22.

## Ekspansion af fritliggende ledninger

Ekspansion i ledningsnettet vil altid forekomme, og under forudsætning af veldefinerede styr og fastspændinger kan man beregne længder af sideslag mv. I almindelige installationer er det meget svært på forhånd at finde ud af, hvor ekspansionerne vil ske. Der kan f.eks. forekomme utilsigtede fastspændinger og styr ved gennemføringer i dæk og vægge ved afgreninger og andre steder.



Figur 19.21. Den nødvendige længde  $L$  af en ekspansionsbøjning af varmforzinket stål som funktion af den længdeudvidelse, som skal optages. Tallene på kurverne angiver rørens nominelle diameter.



Figur 19.22. Optagelse af ekspansion ved hjælp af sideslag. Hvis længden  $L_1$  er den strækning, hvis udvidelse skal optages, og  $L_2$  er det sideslag, som skal tillade optagelse af udvidelsen, så kan  $L_2$  beregnes af

$$L_2 = 63 \cdot \sqrt{d \cdot \Delta L_1}$$

Her er

$d$  rørets udvendige diameter i mm  
 $\Delta L_1$  rørstrækningen  $L_1$ 's udvidelse i mm.

For plastrør kan skønsmæssigt regnes med

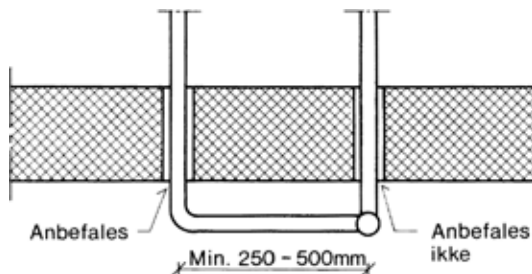
$$L_2 = 30 \cdot \sqrt{d \cdot \Delta L_1}$$

For nøjagtigere værdier henvises til respektive fabrikater.

Det kan derfor anbefales, at man – ud over de ekspansionsbøjninger og sideslag, der kan beregnes som anført i det foregående – altid sørger for rigelige ekspansionsmuligheder.

Afgreninger

Der bør altid ved afgreninger udføres sideslag, uanset om man kan regne sig til, at det ikke er nødvendigt, se figur 19.23.



Figur 19.23. Ekspansion ved afgreninger. Ved afgreninger bør der altid sørges for ekspansionsmuligheder, også hvor det ikke beregningsmæssigt synes at være nødvendigt – det kan være svært at forudse, hvor ekspansionen vil ske. Sideslagets længde bør være mindst 250 mm, dog mindst den beregningsmæssige længde.

### Ekspansionsmuligheder for indstøbte og indmurede rør

Ekspansionsmulighederne skal også være til stede for rør, der er indmurede eller indstøbte. I vandinstallationer vil indstøbte og indmurede og dermed ikke-udskiftelige rør i praksis altid være kobberør eller PEX-rør (kun koldt vand).

Kobberrør

Indstøbte kobberørs ekspansion sikres normalt ved, at man isolerer rør og især bøjninger med et elastisk isoleringsmateriale.

Ved indstøbninger skal man sikre sig at rørene kan ekspandere frit i længderetningen, og at forskydninger ved alle retningsændringer kan optages.

For præisolerede kobberør kan man regne med at ekspansionen i længderetningen er sikret, men der bør foretages ekstra isolering (polstringer) ved retningsændringer.

PEX-rør

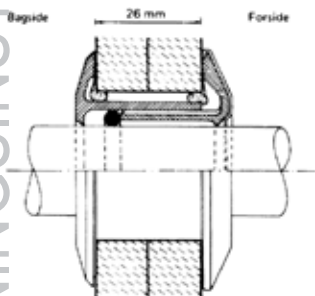
Rør af PEX kan indstøbes direkte uden polstringer mv.

### Rørgennemføringer

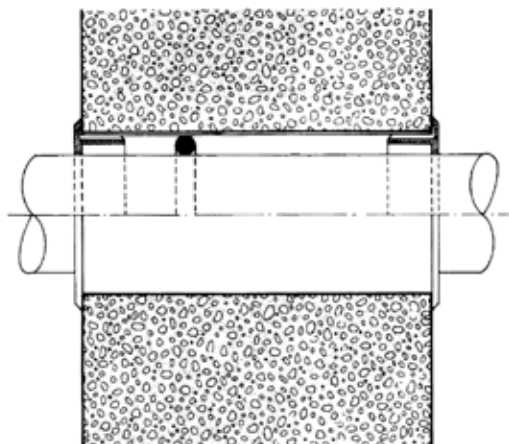
Normens krav

I henhold til normen skal ledningsgennemføringer udføres således, at bygningsdelens egenskaber ikke forringes utilladeligt.

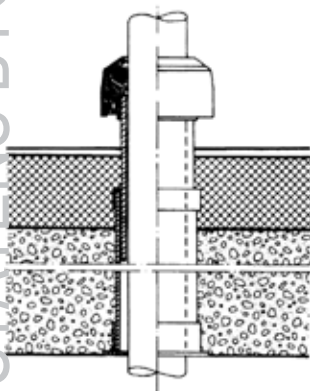
Kravet vedrører f.eks. bygningsdelenes styrke og tæthed over for fugt og lyd.



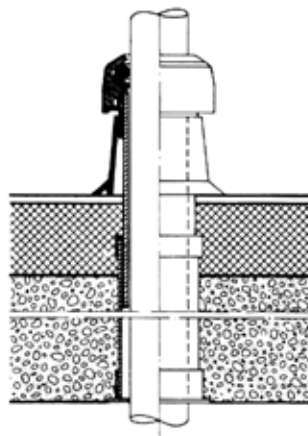
Rørgennemføring for gipsvægge  
i tørre rum



Rørgennemføring i vægge,  
store rør



Rørgennemføring i gulv,  
våde rum med hård belægning.  
Forskydelig bøsning



Rørgennemføring i gulv,  
våde rum med plastbelægning

Figur 19.24. Rørgennemføringer for etageadskillelser og vægge. Figurerne viser forskellige eksempler på rørgennemføringer; der tilfredsstiller bygningsreglementets krav om tætte rørgennemføringer. Tegningerne stammer fra BPS-VVS-kataloget [lit. 19.9], hvor yderligere specifikationer findes.

## Bøsninger

For at tilfredsstille normens krav sker gennemføringerne i pakkede bøsninger, dvs. bøsninger, hvor mellemrummet mellem bøsning og rør er tætnet, f.eks. med en gummiring.

Ved gennemføringer i badeværelsesgulve og lignende fugtige steder placeres tætningen ca. 3-5 cm over gulvets overside, og såvel tætningen mellem rør og bøsning som tætningen mellem bøsning og bygningsdel bør være vandtæt. Ved gennemføringer, til hvilke der ikke stilles tæthedskrav, udføres normalt kun et bøsningrør uden tætning. Bøsningrøret udføres af korrosionsbestandigt materiale, f.eks. plast eller varmforzinket stål. Eksempler på bøsninger er vist i figur 19.24.

## Ledninger i sikringsrum

Der findes særlige regler for vandledninger, der føres gennem sikringsrum. Disse findes i Indenrigsministeriets bekendtgørelse om udførelse af sikringsrum, se [litt. 19.10], hvorfra der citeres:

### **Tekniske installationer**

§ 11. Rørledninger og andre tekniske installationer og anlæg, der ved brud kan frembyde særlig fare, må ikke forefindes i sikringsrum. Under farlige rørledninger og installationer henregnes bl.a. rørledninger og beholdere mv. for afløb, vand, centralvarme, damp, gas, trykluft, kølemedier samt brandfarlige, eksplosionsfarlige og giftige væsker og luftarter.

Stk. 2. Det er dog tilladt at føre afløbsledninger samt ledninger for vand og centralvarme gennem sikringsrummet, såfremt enten ledningerne føres langs med sikringsrummets vægge og/eller dæk og omstøbes, eller ledningerne indstøbes i sikringsrummets vægge og/eller dæk. Ledningernes omstøbning og indstøbning skal udføres som anført i stk. 3.

## KAPITEL 20

## Kvalitetssikring

Kvalitetssikring .....	476
Myndighedskontrol .....	476
Bygherrens kontrol .....	477
Prøvning .....	477
Funktionsprøvninger .....	477
Tæthedsprøvninger .....	478

Sikring og vurdering

Når det skal sikres, at en vandinstallation lever op til de krav, der er stillet til den, er det nødvendigt at foretage en kvalitetssikring og en kvalitetsvurdering. Kontrol af, om den ønskede kvalitet er til stede, bør ske, dels under byggeprocessen og dels når installationen er færdig. Som et led i kontrollen kan der udføres prøvninger.

### Kvalitetssikring

Kvalitetssikring af vandinstallationer består dels i en kontrol af, at normens krav er overholdt, og dels i en kontrol af, at det udførte er i overensstemmelse med projektet.

### Myndighedskontrol

Myndighederne har ret til at kontrollere, at vandinstallationer opfylder normens krav. Omfanget af denne kontrol varierer meget fra område til område, og de udførende bør derfor i hvert enkelt tilfælde undersøge de lokale regler for myndighedernes tilsyn. Specielt henledes opmærksomheden på, at installationer, der ikke er synlige i det færdige byggeprojekt, kan forlanges kontrolleret inden inddækning eller indstøbning.

Ikke-synlige installationer

Myndighedernes ansvar

Myndighederne har ikke noget ansvar for, at en færdig installation er i overensstemmelse med normen. Hvis det på et senere tidspunkt konstateres, at der er uoverensstemmelser med normen, kan myndighederne forlange installationen ændret.

Kontrakt

### **Bygherrens kontrol**

Bygherren eller dennes tilsyn har i almindelighed ret til at kontrollere alle dele af installationen og disses overensstemmelse med projektmateriale. De nærmere regler herfor vil normalt være fastlagt i en kontrakt mellem bygherren og den udførende. I [litt. 20.1] er givet en beskrivelse af, hvordan en kvalitetssikring på byggepladsen kan gennemføres.

Funktioner og tæthed

### **Prøvning**

Prøvning af vandinstallationer kan i praksis bestå dels af nogle prøvninger af installationens funktion og dels af en tæthedsprøvning. Tæthedsprøvning gennemføres normalt som en trykprøvning.

### **Funktionsprøvninger**

Funktionsprøver – dvs. prøver, hvor man undersøger, om installationen kan opfylde de forudsatte funktioner – er endnu ikke almindeligt anvendt, da der savnes beskrivelse af sådanne prøver. Der er dog enkelte funktioner, som kan prøves direkte, før en ny installation kan tages i brug og afleveres til bygherren. Der er primært tale om prøvninger vedrørende:

- Kapacitet.
- Støjforhold.
- Indregulering af cirkulationssystemer.
- Tilbagestrømningssikringer.

Kapacitetsprøvninger

En betingelse for, at en kapacitetsprøvning kan gennemføres, er, at der foreligger en direkte talmæssig angivelse af den ønskede kapacitet. Det er således ikke uden videre muligt at foretage en prøvning af installationer, hvor den ønskede kapacitet er baseret på en vis sandsynlighed for samtidig brug af tapsteder. Det er derimod muligt at afprøve en varmtvands-

installation, hvor kapacitetskrav er baseret på et bestemt tappeprogram.

Kapacitetsprøvning for apparater o.lign.

Apparatur, vandbehandlingsanlæg o.lign. med talmæssig veldefineret kapacitet kan ofte med et godt resultat kontrolleres gennem prøvning. Det er således muligt med ret simple midler at prøve blødgøringsanlæg, trykforøgeranlæg o.lign. Med henblik på disse prøver – men i øvrigt også ved en almindelig løbende kontrol – skal installationen være forsynet med de nødvendige prøveudtag og måleinstrumenter, såsom termometre, manometre og trykudtag som angivet i normens kapitel 5.

Prøvning af cirkulationssystem

I installationer med varmt vand kan det let kontrolleres, om ventetidskravet er overholdt. Derigennem opnås en kontrol på, at et eventuelt cirkulationssystem fungerer som tilsigtet. Det bemærkes, at ventetiden skal svare ret nøje til den beregnede ventetid på grundlag af en vandstrøm på 0,2 l/s i de aktuelle ledninger. Da det kan være vanskeligt at bestemme den nøjagtige vandstrøm, kan ventetidsmålinger erstattes med kontrol af, at den vandmængde, der skal aftappes, før den forudsatte varmtvandstemperatur på 45 °C ved køkkenvask og 40 °C andre steder er nået, er ca. 2 l, inden for en ventetid på ca. 10 sekunder.

Anlæg for produktion af varmt vand

Kapaciteten af anlæg for produktion af varmt vand kan som nævnt kontrolleres direkte ved gennemførelse af et foreskrevet tappeprogram. Kapaciteten kan også kontrolleres gennem bestemmelse af det effektive volumen og den effektive ydelse, som de er defineret i kapitel 9.

Måling af støj

Kontrol af det støjniveau, som forårsages af en vandinstallation, kan direkte foretages ved hjælp af en transportabel lydtrykmåler. I bygningsreglementet er angivet såvel krav som beskrivelse af målemetode, se kapitel 15. Støjkravene er et godt eksempel på et kravsat, som lægger op til en funktionsprøve på den færdige installation. Da kravene skal være opfyldt selv ved det maksimale tryk  $p_{max}$ , skal prøvning udføres i en periode med højt tryk (ofte om natten).

### Tæthedsprøvninger

I normen foreskrives, at en vandinstallation skal tæthedsprøves, inden den tages i brug. Det er almindeligt, at tæthedsprø-

## Generelle regler

ven foretages med vandtryk, men normen åbner mulighed for, at der også kan prøves med trykluft (max. tryk 50 kPa).

For en tæthedsprøvning gælder – hvad enten den foretages med vand eller luft – følgende generelle regler:

1. Tæthedsprøvning skal udføres af en vandmester.
2. Trykprøvning af plastledninger må ikke foretages med højere tryk end angivet ved den valgte trykklasse (min. PN 10).
3. Såfremt der er anvendt ikke-trækfaste samlinger på ledninger i jord, skal alle afsprodsninger (bagstøbning o.lign.) være udført.
4. Alle samlinger skal være synlige ved tæthedsprøvningen.
5. Ledninger, der skal indstøbes eller tildækkes, skal prøves før indstøbning eller tildækning.

## Trykprøvning i flere omgange

I mange installationer vil det være nødvendigt at udføre tæthedsprøvning i flere omgange. Dette kan f.eks. være begrundet med de øvrige byggearbejders udførelse (støbning af gulve, udførelse af inddækninger mv.). Der skal dog altid afsluttes med en prøve af installationen i sin helhed.

## Præfabrikerede enheder

Et formelt problem kan opstå i byggerier, hvor der anvendes præfabrikerede enheder, såsom badekabiner eller andre vådrumsenheder med skjulte (f.eks. indstøbte) ledninger. Sådanne enheder skal trykprøves på fabrikken, inden ledningerne indstøbes, og på pladsen når enheden er monteret. Myndighederne i den kommune, hvor enhederne monteres i installationen, kan evt. forlange en attest eller erklæring om, at tæthedsprøvnin-ger begge steder er udført.

## Prøvning med trykluft

Muligheden for tæthedsprøvning med trykluft er indført, fordi en trykprøve med vand ikke giver fuld sikkerhed for vedvarende tæthed i en installation af kobberør med loddede samlinger. Trykluftprøven er ikke krævet, men den kan anbefales. Eventuelle utætheder kan lokaliseres ved pensling af samlingerne med sæbevand eller ved hjælp af akustiske instrumenter, der registrerer lyd fra udstrømmende luft.

## Max. 50 kPa

Ved trykprøvning med luft er det meget vigtigt, at den i normen anførte grænse for lufttrykket på 50 kPa ikke overskrides, da en sprængning kan få katastrofale følger.

For at opnå den bedst mulige prøvning bør en trykluftprøv-

Prøvning med  
vandtryk

ning efterfølges af en trykprøvning med vand som beskrevet i det følgende.

Den traditionelle tæthedsprøve udføres med vandtryk. Normen foreskriver, at der skal prøves med det højest forekommende driftstryk, dog mindst 600 kPa (~ 60 mVS). Det er i almindelighed ikke nok at prøve med det på prøvetidspunktet forekommende tryk i forsyningsledningen. Det tryk, der skal prøves med, skal oplyses af vandværket.

Ved trykprøven fyldes installationen fra det laveste punkt, og der skal udluftes ved alle tapsteder. Prøvetrykket skal holdes i mindst 15 minutter, hvorefter installationen efterses for eventuelle utætheder, mens trykket stadig fastholdes.

## KAPITEL 21

## Drift og vedligehold

Planlægningsfasen.....	481
Normens krav.....	482
Drifts- og vedligeholdsinstruktion.....	483
Gennemskylning af installationer.....	484
Vedligehold af varmtvandsinstallation.....	485
Fejlfinding.....	487
Installationer for varmt vand.....	487
Reparationer.....	489

Det er vigtigt, at man allerede i planlægningsfasen gør sig klart, at en vandinstallation skal kunne vedligeholdes og repareres. De beslutninger, som tages i denne fase, vil være afgørende for det senere driftsbudget.

## Planlægningsfasen

Anlægs- og  
driftsudgifter

Gennem valg af materialer og komponenter fastlægges det senere behov for reparation og vedligehold. Enhver kalkulation af anlægsudgiften til en installation bør suppleres med et skøn over de tilhørende driftsudgifter, så valgene kan træffes på et korrekt grundlag. Desværre kan det være vanskeligt at gennemføre sådanne beregninger. Eksempler på områder, hvor beregninger kan opstilles, er valg af materiale og anlægsudformning i relation til udgiften ved korrosion, herunder udgifter til vedligehold af anoder og elektrolyseanlæg.

Rørføring

Rørføringen har på flere måder betydning for driften. Hvis rørene føres skjult, er der risiko for, at skaderne – når de melder sig – kan blive omfattende og vil kunne indebære, at der

også sker skade på bygningsdele. Hvis rør nødvendigvis må føres skjult, vil det være en betydelig fordel, hvis de lægges således, at eventuelle utætheder hurtigt kan afsløres.

Med henblik på regelmæssig vedligehold er det også væsentligt, at installationen generelt er let tilgængelig, således at den uhindret kan inspiceres.

Når reparationen skal gennemføres, er det vigtigt, at afbrydelsen af vandtilførslen sker i så lille en del af installationen som muligt. Derfor skal installationen forsynes med afspærringsmuligheder i passende omfang. Dette er også påpeget i normens kapitel 4.

## Normens krav

I det følgende er der givet en oversigt over de af normens krav, der er relevante på vedligeholdsområdet. De fleste af kravene vedrører valg af materialer og føringsveje mv. og er nærmere omtalt i kapitel 19.

Samlet ressourceforbrug

Vandinstallationer skal udføres under hensyntagen til et rimeligt lavt ressourceforbrug.

Vandspild

Kravet gælder som en totalbetragtning, dvs. for såvel anlægs- som drifts- og vedligeholdsudgifter i installationens levetid.

Vandspild forårsaget af reparations- og vedligeholdsarbejder skal begrænses mest muligt. Kravet vedrører især anbringelse af afspærrings- og tømmeventiler.

Materialer og samlingsmetoder

Vandinstallationer skal udføres af materialer mv. der under hensyntagen til indbygningsmåde og ressourcebevarelse har tilstrækkelig holdbarhed. Kravet indebærer, at en stor del af installationen af hensyn til reparation og vedligehold bør udføres udskiftelig.

Udskiftelighed

Installationer, der kræver tilsyn og vedligehold, eller har kortere levetid end bygningen, skal være udskiftelige.

Ulemper

Vandinstallationer udføres således, at reparationer mv. kan udføres uden ulemper for andre installationer og for brugerne.

Vandinstallationer i boligejendomme udføres således, at hyppigt forekommende reparationer mv. i en bolig kan foretages uden ulemper for andre boliger.

## Tilgængelighed

Afspærringsventiler skal være let tilgængelige, og de skal være lette at betjene.

Alle komponenter, der kræver pasning og vedligehold, skal være let tilgængelige og skal monteres sådan, at arbejdet kan foretages på en hensigtsmæssig og sikkerhedsmæssig forsvarlig måde.

Installationsdele (armaturer, apparaturer, beholdere mv.) skal mærkes således, at betjeningsmåde og begrænsning i anvendelsen er umiddelbart forståelig.

Ved anlæg til varmtvandsproduktion, vandbehandlingsanlæg, trykforøgeranlæg og armaturer, der kræver tilsyn og vedligehold, bør friafstanden på betjeningsiden være mindst 0,6 m.

Rummet, hvori vandinstallationen findes, bør være indrettet, så det er muligt at foretage udskiftning eller reparation af komponenter og armaturer. Det bør være let tilgængeligt, og adgangsvejene bør være planlagt således, at der kan foretages de nødvendige udskiftninger af komponenter mv.

## Driftskontrol

Installationsdele (f.eks. vandbehandlingsanlæg, sikkerhedsventiler, vandvarmere) skal forsynes med måleudtag, komponenter eller instrumenter, der muliggør en kontrol af, at de ønskede ydelser er til stede.

Det bør tilstræbes, at let adgang bevares til de anordninger, der skal anvendes til kontrol af anlæggets funktion og korrekte drift.

## Drifts- og vedligeholdsinstruktion

Der skal foreligge en fyldestgørende drifts- og vedligeholdsinstruktion samt et sæt hovedtegninger med alle måle- og kontrolpunkter anført.

Driftsinstruktionen må udformes og detaljeres under hensyntagen til vandinstallationens udformning og størrelse i henhold til DS 1021, »Brugervejledninger for installationskomponenter og -udstyr i byggeriet« [litt. 21.1].

Den bør endvidere være opbygget, så den er let forståelig og nem at udnytte i det daglige arbejde. Der bør i stor udstrækning anvendes tabeller, skemaer og illustrationer, som kan give

et overskueligt billede af funktioner, komponentplaceringer mv.

Driftsinstruktionen bør indeholde indholdsfortegnelse, adresse- og telefonlister, generelle oplysninger om anlæggene samt en oversigt over aftaler, der har betydning for drifts- og vedligeholdsarbejdet.

Driftsinstruktionen bør desuden give en orientering om anlæggenes opbygning og virkemåde samt oplysning om placering af komponenterne.

Det er en stor lettelse under vedligeholdsarbejdet, hvis ledninger og ventiler er omhyggeligt mærket. Mærkningen skal være så klar, at enhver af afspærringsventilernes funktion tydeligt fremgår. En tilsvarende mærkning bør foretages på tegninger og diagrammer.

## Gennemskylning af installationer

Snavs og urenheder i en installation kan give anledning til problemer. Det sker normalt i vandrette ledningsstrækninger samt ved afspærringsarmaturer, kontraventiler, aftapningsventiler mv., og det viser sig ved, at disse ikke mere lukker tæt.

Normen stiller krav om, at en installation skal gennemskylles inden ibrugtagningen. Herudover bør man altid foretage en grundig gennemskylning efter større reparations- og vedligeholdsarbejder for at fjerne eventuelle køle- og smøremidler. Disse arbejder giver ofte anledning til, at urenheder – fra f.eks. ledninger – løsnes og føres med vandstrømmen til armaturerne. Dette kan umuliggøre afspærring, ødelægge ventilsåder og eventuelt ødelægge pakninger. En grundig gennemskylning er derfor nødvendig.

De samme forhold optræder også ved reparationer på forsyningsledninger. Her er der tillige risiko for, at jordpartikler mv. kan komme ind i ledningerne. I områder, hvor forsyningsledningerne er udført helt eller delvist af støbejern, er der ligeledes risiko for, at rustskaller løsnes og føres ind i installationerne. Med henblik på beskyttelse af installationen bør derfor også forsyningsledninger og ledninger i jord gennemskylles efter arbejder på disse (f.eks. reparation og anbring).

Mærkning af ledninger og ventiler

Snavs og urenheder

Gennemskylning efter reparationsarbejde

Reparation af forsyningsledninger

## Snavsdannelse

I princippet kunne disse urenheder fanges i snavssamlere og filtre, før de giver anledning til problemer. Ved anvendelse af snavssamlere og filtre optræder der imidlertid andre gener. Hvis snavssamlere skal kunne fjerne de urenheder, der kan gøre ventiler utætte, skal de være ret fintmaskede, og de får derfor mere karakter af filtre, som normalt ikke anvendes i en drikkevandsinstallation. Såfremt der er sket en tilstopning af den si, der sidder i en vandmåler, skal rensning ske med vandværkets assistance.

## Filtre

Filtre (mekaniske) kan give anledning til f.eks. bakterievækst og dermed til en forringelse af vandets kvalitet. De er derfor, bortset fra meget grovmaskede filtre, kun godkendt til vand til teknisk brug og kan ikke anvendes som snavssamlere i almindelige vandinstallationer.

## Vedligehold af varmtvandsinstallation

## Flere processer

I anlæg for varmtvandsproduktion sker oftest flere sideløbende processer såsom:

- Opvarmning af brugsvandet.
- Katodisk beskyttelse af anlægget.
- Elektrolytisk beskyttelse af anlæg og den efterfølgende installation.

Hvis disse processer skal kunne foregå tilfredsstillende, vil det være nødvendigt at foretage systematisk inspektion og vedligehold af anlægget.

## Inspektion og vedligehold

Inspektion og vedligehold bør omfatte følgende arbejder:

- Udslamning af beholdere.
- Inspektion og rensning af varmeplader.
- Inspektion af overfladebehandlinger.
- Inspektion og eventuelt udskiftning af anoder.
- Systematisk service og vedligehold af elektrolyseanlæg.

## Udslamning af beholdere

I anlæg for varmtvandsproduktion og specielt i varmtvandsbeholdere vil der pga. de små gennemstrømningshastigheder samle sig urenheder i bunden af beholderen.

Slamlaget i bunden af beholderne giver øget risiko for til-dækningskorrosion og bakterievækst. Udslamning og rensning

Inspektion og rensning af varmefflade

af beholdere bør derfor ske jævnligt. Rensningen bør ske ved, at beholderen tømmes helt, renses og renses omhyggeligt.

Varmefflader skal holdes rene for at sikre en god overføring af varmen. Jo højere temperaturen på varmemediet er, des højere er risikoen for kalkafsetninger på varmefflader. Varmefflader bør derfor med jævne mellemrum inspiceres og efter behov udsyres eller renses manuelt.

Udsyring må kun foretages efter tilladelse fra myndigheder, og installationen må først tages i brug igen efter en grundig gennemskylning.

I de senere år har der været en del problemer med bakterievækst på varmefflader. Man bør derfor kontrollere, at afkølingen af varmemediet er korrekt. En lille afkøling kan skyldes bakterievækst på varmefflader, og den skal i så fald renses omhyggeligt.

Inspektion af overfladebehandling

En eventuel overfladebehandling af beholderens indre bør ligeledes jævnligt kontrolleres og eventuelt udbedres.

Inspektion og evt. udskiftning af anoder

Anoder tæres bort med en hastighed, der bl.a. afhænger af vandets kvalitet, beholdermateriale og beholderkonstruktion. De skal derfor inspiceres med jævne mellemrum - hyppigst i starten - til der findes en passende udskiftningshyppighed.

I stålbeholdere uden overfladebehandling går tæringen normalt hurtigt, og anoderne bør derfor kontrolleres med ca. 1 års mellemrum. Udskiftning, der skal foretages efter behov, er her normalt nødvendig efter 1-2 års drift.

I beholdere med overfladebehandling bør eventuelle anoder kontrolleres efter 1 års drift. Ud fra anodens tilstand på dette tidspunkt kan man skønne over inspektionsintervallerne. Normalt vil et 5-års interval være passende. I beholdere med plastbelægning anvendes i reglen ingen anode.

Systematisk service og vedligehold af elektrolyseanlæg

Elektrolyseanlæg kræver pasning og vedligehold. Det vil her føre vidt at beskrive disse arbejder. Det skal blot anføres, at det er en betingelse for korrekt funktion af et elektrolyseanlæg, at service og vedligehold foretages systematisk og af specialfirmaer, eventuelt af leverandøren.

Andre arbejder

Afhængigt af anlæggets udformning kan der være andre nødvendige forebyggende foranstaltninger, f.eks. vil en jævnlig

kontrol af temperaturstyringen være ønskelig. Sikkerhedsventiler skal afprøves (løftes) med korte mellemrum – 1-2 gange pr. måned – hvis en korrekt funktion skal sikres.

## Fejlfinding

Systematisk inspektion

Bortset fra de i det foregående omtalte, forebyggende vedligeholdsarbejder finder der kun sjældent systematisk inspektion af vandinstallationer sted. Fejlfinding foretages normalt kun, når der konstateres mangler eller ulemper.

Kontrol af vandforbrug

I større installationer bør der føres kontrol med vandforbruget med jævnlige aflæsninger af målere. Et unormalt stort vandforbrug kan f.eks. skyldes utætte tapventiler og cisterneventiler, eller at et cirkulationssystem for varmt vand ikke fungerer efter hensigten (for store ventetider).

Hvis der konstateres et unormalt stort vandforbrug, bør installationen altid gås efter. Der vil ofte være tale om utætte cisterneventiler, hvor udsivende vand ledes til afløb og derfor ikke giver anledning til gener eller klager.

Lejlighedsvis inspektion

I vandinstallationer vil det være rimeligt at foretage en lejlighedsvis inspektion af kontraventiler, sikkerhedsventiler og frem for alt – af aftapningsarmaturer.

### Installationer for varmt vand

I installationer for varmt vand vil der ofte optræde følgende mangler:

- For lav varmtvandstemperatur.
- For lille vandstrøm.
- For lange ventetider.
- Brunfarvet vand.
- Ildelugtende vand.

For lav varmtvandstemperatur

For lav varmtvandstemperatur kan f.eks. skyldes: Utilstrækkelig kapacitet i anlægget for produktion af varmt vand eller utilsigtet opblanding med koldt vand.

Utilstrækkelig kapacitet

Utilstrækkelig kapacitet kan skyldes bakterievækst på eller tilkalkning af varmeplader, og disse bør derfor inspiceres og renses, hvis det er nødvendigt. Den utilstrækkelige kapacitet kan også skyldes et ændret forbrugsmønster, eller at en udvi-

delse af installationen er foretaget uden en nødvendig ændring af anlægget for varmtvandsproduktion.

Utilsigtet  
opblanding med  
koldt vand

For lav varmtvandstemperatur kan skyldes en utilsigtet opblanding med koldt vand. Dette vil normalt skyldes, at den krævede kontraventil på cirkulationssystemet ikke virker. Fejlen kan optræde i cirkulationssystemer såvel med som uden cirkulationspumpe.

For lille  
vandstrøm

For lille vandstrøm ved de enkelte tapsteder kan skyldes utilstrækkelige dimensioner, men ofte er der med tiden sket en tilkalkning af varmtvandsledninger eller af udløbssien. Hvis der i installationen er en gennemstrømningsvandvarmer, er årsagen hyppigt en tilkalkning af denne.

For lange  
ventetider

En tilkalkning fjernes ved udsyring eller eventuelt udskiftning af dele af ledningssystemet.

For lange ventetider vil normalt skyldes, at der intet cirkulationssystem er, eller – hvis der er et cirkulationssystem – at cirkulationen er nedsat eller helt standset.

Nedsat  
cirkulation

Nedsat cirkulation kan skyldes en defekt pumpe, men kan også skyldes tilkalkede cirkulationsledninger, tilkalkede reguleringsventiler, manglende udluftning, eller – hvad der nok er det almindeligste – at fordelingen af de cirkulerende vandstrømme er forkeert.

Indregulering af  
cirkulations-  
system

En forkeert fordeling af vandstrømmene kan skyldes en helt manglende indregulering, eller at en tidligere foretaget indregulering har været utilstrækkelig. Hertil kommer, at kalkafsætning mv. kan ændre vandfordelingen.

Kontrol af  
indregulering

Det er vigtigt, at indreguleringen af cirkulationssystemet er i orden. En mangelfuld indregulering kan medføre store ventetider ved et eller flere tapsteder, og ved nogle af tapstederne kan temperaturen blive for lav. Herudover kan der opstå korrosionsskader i ledningssystemet. Forholdene omkring korrosion er omtalt i kapitel 16. Her skal blot resumeres et par vigtige punkter:

- Cirkulationshastigheden i ledninger af varmforzinkede stål-rør, der er korrosionsbeskyttede med elektrolyse, skal være mindst 0,05-0,10 m/s.
- Cirkulationshastigheden i kobberørssystemer må ingen steder overstige de i kapitel 19 anførte grænsehastigheder.

Angående indregulering af cirkulationssystemer, se kapitel 5.

#### Bruntfarvet vand

Man kan komme ud for, at det vand, der skal tappes, er brunt. Dette kan skyldes løsnet rust og andre urenheder, som føres med vandet efter reparationsarbejder. Det kan imidlertid også skyldes, at der foregår en kraftig korrosion, f.eks. i varmtvandsbeholderen. I sidstnævnte tilfælde bør man først undersøge, om eventuelle anoder er borttæret, og de bør i så fald udskiftes.

#### Ildelugtende vand

Ildelugtende vand kan forekomme i varmtvandsinstallationer, specielt efter en periode med lavt vandforbrug. Lugten kan skyldes bakterievækst, men oftest er der tale om »overbehandling« af vandet i beholdere med anoder eller elektrolyseanlæg. I mange tilfælde kan problemet løses ved en justering af styringen af elektrolyseanlægget. Det kan dog være nødvendigt at udskifte beholderen til en mindre, der er bedre tilpasset forbruget.

### Reparationer

Det vil her føre for vidt at komme ind på, hvorledes reparationer skal udføres. Det skal dog bemærkes, at normens bestemmelser også gælder for ændringer og tilføjelser i eksisterende installationer.

## Litteratur

En del af kildeangivelserne er anført direkte i teksten. Nedenstående liste rummer værker, som kan have betydning for læsere – udover deres værdi som kilde til oplysninger givet i anvisningen.

- [1.1] Dansk Ingeniørforenings norm for vandinstallationer. 2. udg. Dansk standard DS 439. København, 1989.
- [1.2] EF-rådets direktiv af 21.12.1988 om indbyrdes tilnærmelse af medlemsstaternes love og administrative bestemmelser om byggevarer. (Byggevederdirektivet) 89/106/EØF. Bruxelles, 1989.
- [1.3] Bygningstegninger. Installationer. Dansk standard DS/ISO 4067.1. Symboler for afløb, opvarmning, ventilation og kanaler. 2. udg. Dansk Standardiseringsråd. København, 1988.
- [3.1] Nye muligheder for udformning af vand- og afløbsinstallationer. Et forsøgsprojekt med vandbesparende toiletter og løbende registrering af vandforbrug. Viggø Nielsen. SBI-rapport 178. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1986.
- [3.2] Dansk Ingeniørforenings norm for vandinstallationer. 2. udg. Dansk standard DS 439. København, 1989.
- [5.1] Dansk Ingeniørforenings norm for termisk isolering af tekniske installationer. Dansk standard DS 452. København, 1984.
- [9.1] Installationer i byggeriet. Pladsbehov. Dansk standard DS 1135. Dansk Standardiseringsråd. København, 1988.
- [9.2] Naturgasinstallationer. Små anlæg. Kaj Ovesen et al. SBI-anvisning 145. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1985.
- [9.3] Forskrifter for ufyrede varmtvandsanlæg med varmevekslere. Publikation nr. 58. Arbejdstilsynet. København, 1975.

- 
- [11.1] Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 176 af 26.11.87 om trykbeholdere og rørsystemer under tryk. København, 1987.
- [11.2] Dansk Ingeniørforenings norm for mindre ikke-almene vandforsyningsanlæg. 3. udg. Dansk standard DS 441. København, 1989.
- [11.3] Dansk Ingeniørforenings norm for almene vandforsyningsanlæg. 3. udg. Dansk standard DS 442. København, 1989.
- [11.4] Teknisk hygiejne. Afløbsteknik. E. Bahl Andersen et al. Lyngby, 1974.
- [11.5] Pumpe ståbi. Erik Bahl Andersen. København, 1975.
- [12.1] Forskrifter for automatiske sprinkleranlæg. Dansk Forening for Skadesforsikring, SKAFOR. København, 1988.
- [12.2] Dansk Ingeniørforenings norm for automatiske sprinkleranlæg i bygninger. Dansk standard DS 431. København, 1973.
- [13.1] Dansk Ingeniørforenings norm for termisk isolering af tekniske installationer. Dansk standard DS 452. København, 1984.
- [13.2] Dimensionering af rørisolering. Peter Olufsen. SBI-meddelelse 7. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1981.
- [14.1] EF-rådets direktiv af 15.7.1980 om kvaliteten af drikkevand. 80/778/EØF Bruxelles, 1980.
- [14.2] Dansk Ingeniørforenings norm for almene vandforsyningsanlæg. 3. udg. Dansk standard DS 442. København, 1989.
- [14.3] Dansk Ingeniørforenings norm for mindre ikke-almene vandforsyningsanlæg. 3. udg. Dansk standard DS 441. København, 1989.
- [15.1] Acoustics. Laboratory tests on noise emission from appliances and equipment used in water supply installations.
- ISO 3822.1. Methods of measurement. Geneve, 1983.
- ISO 3822.2. Mounting and operating conditions for draw-off taps. Geneve, 1984.
- ISO 3822.4. Mounting and operating conditions for special appliances. Geneve 1985.

- [15.2] Produktregler for aftapningsarmaturer til brugsvandsanlæg. NKB Produktregler 4. Den nordiske komité for bygningsbestemmelser. København, 1986.
- [16.1] Korrosionsforebyggelse i VVS-installationer. SBI-anvisning 129. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1982.
- [17.1] Renovering af skjulte rørinstallationer i enfamiliehuse. Svend Kjelstrup, Viggo Nielsen, Kaj Ovesen. SBI-anvisning 160. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1989.
- [17.2] Dansk Ingeniørforenings norm for termisk isolering af tekniske installationer. Dansk standard DS 452. København, 1984.
- [19.1] Dansk Ingeniørforenings norm for almene vandforsyningsanlæg. 3. udg. Dansk standard DS 442. København, 1989.
- [19.2] Dansk Ingeniørforenings norm for ikke-almene vandforsyningsanlæg. 3. udg. Dansk standard DS 441. København, 1989.
- [19.3] Dansk Ingeniørforenings norm for lægning af stive ledninger af beton mv. i jord. 2. udg. Dansk standard DS 437. København, 1986.
- [19.4] Dansk Ingeniørforenings norm for lægning af fleksible ledninger af plast i jord. 2. udg. Dansk standard DS 430. København, 1986.
- [19.5] Dansk Ingeniørforenings norm for fundering. 3. udg. Dansk standard DS 415. København, 1984.
- [19.6] Dansk Ingeniørforenings norm for fordelingsledninger til fjernvarme. Dansk standard DS 448. København, 1982.
- [19.7] Renovering af skjulte rørinstallationer i enfamiliehuse. Svend Kjelstrup, Viggo Nielsen, Kaj Ovesen. SBI-anvisning 160. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1989.
- [19.8] Fællesregulativet for tilslutning af elektriske installationer og brugsgenstande. Danske Elværkers Forening. København, 1988. Ajourføres.
- [19.9] Indenrigsministeriets bekendtgørelse nr. 650 af 19.12.1984 om sikringsrum. København, 1984.

- [19.10] Basismodernisering. Modernisering med basisinstallationer. Søren Skibstrup Eriksen et al. SBI-meddelelse 17. Hørsholm, 1982.
- [20.1] Kvalitetssikring. Med eksempel på kvalitetssikringshåndbog for Hovedentreprise, Murerentreprise, Tømreentreprise. (3 hæfter). Entreprenørforeningen. København, 1986.
- [21.1] Brugervejledning for installationskomponenter og -udstyr i byggeriet. Dansk standard DS 1021. Dansk Standardiseringsråd. København, 1987.

# Stikordsregister

- A**
- Afkøling af vand i ledning 131, 139, 146
  - Afløbsinstallationer 210, 354, 445
  - Afsaltningsanlæg 273
  - Afspærring 247, 316, 433, 439, 450
  - Afspærringsventil 188, 316, 434, 439, 450
  - Afstand, til andre ledninger 355, 445
    - til fundamenter 443
    - mellem rørbærere 465
  - Afsætning i rør og beholdere 276, 277
  - Aftapningsprøve 225
  - Aftapningsventil, se tømmehane
  - Anboring 432
  - Anlæg for produktion af varmt vand 217
    - for enkeltboliger 238
    - for flerfamiliehuse 240
  - Anode 245, 277, 279, 393
  - Arbejdstilsynet 260, 266, 291
  - Armaturer 45, 180, 247, 368
  - Armaturkarakteristik 77
  - Automatisk regulering 192, 253
  - Automatisk sikring 402
  - Automatisk skylning 206
- B**
- Badekar 202
  - Bagstøbning 446
  - Bakterievækst 232, 252
  - Beholdervolumen, effektiv 221, 223, 243
  - Beholderydelse, effektiv 225, 243
  - Belastningsaftapning 225
  - Belægninger 247, 277
  - Benzinledning, afstand til 445
  - Beregningsgrundlag 49
    - forenklet dimensionering 103
  - Beregningstryk 69, 84
  - Beskyttelseslag 277
    - i beholdere 396
  - Beskyttelsesrør 448
  - Bidet 203
  - Bimåler 413
  - Blandearmatur 182, 186
  - Blandingsbatteri, se blandearmatur
  - Blødgøringsanlæg 270
  - Blødlodning 174
  - Brandhane 307, 419, 430, 439
  - Brandinstallation 306
  - Brandslukningsanlæg 307, 419, 439
  - Brandventil 308, 419
  - Bruser 204
  - Byggesagsbehandling 430
  - Byggevaredirektiv 14
  - Bygningsreglement 64, 306, 315, 361
  - Bæring 462
  - Bøjning, modstandstal 44
  - Bøsninger 447, 473
- C**
- CEN-standarder 15
  - Checkliste, materialer 399
  - Cirkulation 139, 263
    - maksimal hastighed 66
    - mindste hastighed 67
    - naturlig 142
    - med pumpe 142
    - termostatstyret 154
    - udeladelse 131, 138
  - Cirkulationspumpe 251
  - Cirkulationssystem 142, 147
    - indregulering 142, 151, 154
    - tryktab i 149
  - Cirkulationsledning, hastighed 67
    - tilslutning 251
    - varmetab 139
  - Cisterner 205, 302
  - Colebrook-Whites formel 33

**D**

Dampopvarmet anlæg 266  
 Decibel 359  
 Demineralisering 273  
 Desinficering 352  
 Diffusion 355  
 Dimensionering af anlæg for produktion af varmt vand 230, 238, 240  
 Dimensionering af ledninger 286  
 – ved beregning 46, 68, 85  
 – ved forenklet beregning 100, 113  
 Dimensioneringsgrundlag 23  
 Dimensioneringsgivende vandstrøm 56, 59, 65, 67, 320  
 Disponibelt tryk 68, 70, 287  
 Disponibelt tryktab pr. meter 74, 104  
 Drift og vedligehold 481  
 Driftsparameter 326  
 Drikkevand, krav til 340  
 Dynamisk tryk 28  
 Døgnfaktor 241, 294, 319  
 Døgnforbrug 241

**E**

Effekt 17, 223, 228, 234  
 Effektivt beholdervolumen 221, 223, 243  
 Effektiv beholderydelse 225, 243  
 Effektiv vandvarmereffekt 227  
 Effektivt energiindhold 223  
 Ekspansion 465, 471  
 Ekspansionssløjfer 469  
 Elektriske installationer, afstand til 445  
 Elektrolyseanlæg 232, 245, 276, 395  
 El-vandvarmer 260  
 Energiligningen 25, 29  
 Energilinie 31  
 Enheder 17  
 Enheder, omsætningstabeller 21  
 Enkeltmodstande 44, 104  
 Eternitledninger 433

**F**

Faktisk tryk 69  
 Fastspændinger 471

Fejlfinding 487

Filtre, mekaniske 280, 485  
 Fittings, se formstykker  
 Fjernvarme, varmt brugsvand 257, 264  
 – ledninger, afstand til 445  
 Fordeleerrørmetode 120  
 Fordelingsledning, forenklet beregning 108  
 – hastighed 66  
 – tryktab 73  
 – vandstrøm 60, 61  
 Forindstillingsventil 191  
 Forkompression 288  
 Formstykker 44, 160  
 Forrådsbeholdere 244  
 Forsyningsledning 431, 434, 439  
 Forsyningspunkt 68  
 Forsyningstryk 52, 68, 376, 423  
 Forudsatte vandstrømme 55  
 Forundersøgelse 422  
 Forurening 352, 353  
 Forureningsgrad 344  
 Friktionskoefficient for rør 32  
 Fristrømssædeventil 189  
 Frostsikring 185, 311, 440, 460  
 Fundamenter, hensyn til 442  
 Fundamentsforstærkning 444  
 Funktionskrav 48  
 Funktionsprøve 477  
 Fælles-brusere 204

**G**

Gasledninger, afstand til 445  
 Gasvandvarmere 262  
 Gennemføringer 447, 473  
 Gennemskylning 352  
 Gennemstrømningsvarmer 233, 243, 258, 390  
 Genopvarmning 222, 256  
 Genopvarmningstid 261  
 Godkendelse (se også VA-godkendelse)  
 Godkendelse, beholdere 291  
 – el-vandvarmere 260  
 – gasvandvarmere 263  
 – kedelunits 266  
 Godkendelsesordning 15

**H**

Havevanding 405  
 Havevandingshane 208  
 Hedtvand, opvarmning af brugsvand 267  
 Holdetryk 299  
 Hovedstophane 434  
 Hydroforanlæg 288  
 Hydroforbeholder 291  
 Hydroformel 292  
 Hydroforpumpe 291, 300, 303  
 Højdebeholder 302  
 Håndvaske 208  
 Hårdhed, vands 270, 384  
 Hårdlodning 175

**I**

Ikke-udskiftelig ledning 66, 436, 453, 456  
 Indføring i bygning 446  
 Indregulering 143, 154, 206  
 Indstøbte rør 459  
 Indtrængen af andre væsker eller  
 luftarter 348  
 Indvindingsanlæg 341  
 Installationsgenstande 200  
 Ionbytningsanlæg 270  
 Isolering 322  
 Isolering mod energitab 323, 325, 328  
 - frost 336  
 - kondens 333, 335  
 - utilsigtet opvarmning 337  
 Isoleringstykkelser 328, 335

**J**

Jordbundsforhold 440, 444  
 Jordledning 435  
 Jordledning, indføring 446

**K**

Kalkudfældning 251  
 Kappebeholder 239, 254  
 Kaloriemåling 411  
 Katodisk beskyttelse 393  
 Kavitation 297  
 Kedelunits 265  
 Kemikaliedosering 280  
 Kinetisk energi 28  
 Klappkontraventil 194

Kloakledning, se afløbsinstallation  
 Kobberrør 164, 172, 389  
 Kobberrør, største hastigheder 66  
 Koblingsledning,  
 - forenklet beregning 111  
 - hastighed 66  
 - tryktab 75  
 - vandstrøm 59  
 Koldt vandstemperatur 230, 402  
 Kompressor 292  
 Kondensdannelse 333  
 Kontraventil 193, 248, 316, 409  
 Kontraventil, kontrollerbar 346  
 Kontraventil, stilbar 195, 248  
 Korrosion 172, 247, 379  
 Korrosion, forebyggelse af 66, 385, 392,  
 399  
 Korrosion, årsag til 381  
 Korrosionsformer 276, 382  
 Korrosionsskader 382, 385  
 Koteangivelse 20  
 Kuglehane 189  
 Kuglekontraventil 194  
 Kvalitetssikring 476  
 Køkkenvask 207  
 Køling, vand til 405

**L**

Laboratorier 345  
 Laminar strømning 33  
 Ledninger i bygning 169, 387, 401  
 Ledninger i jord 159, 387, 401  
 Ledningsevne, vands 18, 384, 393  
 Ledningsgennemføring 447  
 Ledningsindføring 446  
 Loddemidler 174  
 Lodning 174, 175  
 Luftblandere 365  
 Luftgab 346  
 Lydtryk 358  
 Lydtrykmåling 358  
 Lydtrykniveau 359  
 Lægningsdybde 441  
 Lækagesøgning 401  
 Længdeudvidelse 466  
 Længdeudvidelseskoefficient 466  
 Løftetryk 248

**M**

Magnesiumanode 279, 393  
 Magnetisk vandbehandling 281  
 Maksimalt timeforbrug 318  
 Materialer, checkliste 399  
 Materialekombinationer, varmtvands-  
 installationer 390  
 Mekaniske filtre 280, 485  
 Mekaniske koblinger 175  
 Membranventiler 190  
 Miljøministeriet 341  
 Misfarvning 353  
 Modstandstal 37, 44  
 Mollier-diagram 334  
 Moody's diagram 36  
 Murstykke 447  
 Mærkning 167, 269  
 Målerbrønd 415  
 Målerplacering 415  
 Målerstørrelse 413

**N**

Neddrosling 204  
 Nomogrammer 38  
 Nomogram, anvendelse af 35  
 Normstøjniveau 370  
 NPSH, holdetryk 299

**O**

Olieledning, afstand til 445  
 Omgivelsestemperatur 140  
 Omsætning af enheder 21  
 Opbertling 175  
 Opblandingstillæg 226  
 Opvaskemaskine 213, 214, 367  
 Osmoseanlæg, omvendt 274  
 Overfladebehandling 396  
 Overløb 305  
 Overløbsledning, sikkerhedsventil 250  
 Overrislingsanlæg 308, 419  
 Oversvømmelsessikring 214, 215

**P**

P-E kurve 235, 236, 239  
 PEL-rør 166, 355

PEH-rør 168, 355  
 PEM-rør 168, 355  
 PEX-rør 177, 355  
 Plastrør 164, 177, 392, 445  
 Potentiel energi 27  
 Projektering 430, 449  
 Præisolerede rør 169, 172, 446  
 Prøve, af installation 447  
 Prøvetryk 479  
 P-V kurve 235  
 PVC-rør 164  
 Pumpe 145, 150, 331  
 Pumpecirkulation 142  
 Påfyldningshaner 210

**R**

Recirkulation 405  
 Reduktionsventil 192  
 Referenceflade 52, 68  
 Reguleringsventil 191  
 Reguleringstee 191  
 Rengøringsvaske 211  
 Rensning af installation 352  
 Ressourceforbrug 49, 482  
 Retningsændring, ledning i jord 446  
 Reynold's tal 32  
 Ruhed 34  
 Rustfri stålør 175, 392  
 Rørafbryder 195, 347  
 Rørbærer 463  
 Rørbærer, afstand 465  
 Rørgennemføringer 447, 473  
 Rørmateriale 160 Opspidsning 71

**S**

Samlinger, rør 163, 166, 168, 171, 174  
 Samlingsmetoder 160  
 Sandsynlighed 24, 51, 56  
 SBI-nomogrammer 35  
 Sideslag 472  
 SI-enheder 21  
 Signaturer 20, 22  
 Sikkerhedsventil 197, 248, 343

Sikringsrum 475  
 SKAFOR 306, 318  
 Skoldnings-fare 251, 263, 342  
 Skydeventiler 190  
 Skylleventil 64, 185, 212  
 Skylning, vand til 405  
 Slangeforbindelse 178, 214  
 Slangesæt 178  
 Slangevinder 64, 312, 419  
 Sprinkleranlæg 308, 419  
 Sprængningsrisiko 341  
 Spulehaner 184, 209  
 Statens Brandinspektion 306, 318  
 Statisk tryk 28  
 Stikledning 431  
   forenklet beregning 107  
   tryktab i 72  
 Stilbar kontraventil 195, 248  
 Stregreguleringsventil 154, 191  
 Strålesamlere, støj 366  
 Styr 472  
 Styling af vandtemperatur 253  
 Støbejernsrør 161  
 Støj 357, 368  
 Støjdæmpning 374  
 Støjgrupper 371, 377  
 Støjkilder 364  
 Støjkrav, bestemmelser 361  
 Støjmåling 369  
 Støjniveau 360, 370, 377  
 Støjnormal 369  
 Støjreduktion 375  
 Støjudbredelse 372  
 Støjsvage modstande 364  
 Støjsvagt armatur 364  
 Største forsvarlige hastighed 66  
 Største timeforbrug 293  
 Stålrør, rustfri 175, 392  
 Stålrør, varmforzinkede 169, 170, 386  
 Sundhedsfare 355  
 Svømmerventil 198  
 Symboler 17  
 Systematisk benyttede tapsteder 64, 112  
 Sædekontraventil 194  
 Sædeventil 189  
 Særlig forureningsrisiko 344

## T

Tappeprogram 227, 231, 241  
 Tappetid 231  
 Tapprøve 309, 424  
 Tapsted, mindste vandstrøm 54, 231  
 Tapventil 183  
 Tegningssignaturer 20, 22  
 Teknisk brug 340  
 Temperaturer 130, 140, 221, 330, 342  
 Termostatventil 154  
 Tilbagestrømning 344, 348  
 Tilbagestrømningssikring 193, 248  
 Tilfældigt benyttede tapsteder 57  
 Tilstening, tillæg for 227  
 Timefaktor 294, 319  
 Timeforbrug, største 293  
   – maksimale 318  
 Toldehane 188  
 Tomrørsinstallation 331, 455, 458  
 Totalt tryk 29  
 To-trinsopvarmning 267  
 Transmissionskoefficient 139, 323  
 Tryk, beregnings- 84  
   – det maksimale 54  
   – det faktiske 84  
   – laveste normale 50, 51  
   – over terræn 53  
 Trykenergi 27  
 Trykbegreber 18  
 Trykførøgeranlæg 288, 300, 342  
 Trykførøgning 282  
 Trykgruppe 78  
 Trykkote 53  
 Trykprøve 479  
 Trykregulering 192  
 Trykstød 299  
 Tryktab, generelt 32, 37  
   – i anbring 71  
   – i armaturer 76  
   – i enkeltmodstande 37  
   – i fordelingsledning 73  
   – i installationsgenstande 79  
   – i koblingsledning 75  
   – i lige rør 32, 34  
   – i stikledning 72  
   – i vandmåler 72

Tryktabsberegning 83  
 Trykvariation 51, 284  
 Trykzone 288  
 T-stykke 71, 433  
 Turbulenskorrosion 66  
 Turbulent strømning 33  
 Tæthedsprøvning 478  
 Tømmehane 246, 451  
 Tømning 246, 354

**U**

Ubenyttede installationer 353  
 Udgravning 443, 446  
 Udløb, sikkerhedsventiler 343  
 Udskiftelighed 246, 387, 435, 452  
 Udskiftelig ledning 66, 354, 436  
 Udslamning af beholdere 394, 485  
 Udsyring 353  
 Uopvarmede rum 140  
 Urinalskylning 206  
 Utætheder, registrering 456

**V**

Vacuumventil 195, 347  
 VA-godkendelse 15, 16  
 Vandanalyse 381  
 Vandbehandling 269, 340  
 Vandbehandlingsanlæg 268  
 Vandbesparelser 206, 400, 404  
 Vandforbrug, erhverv 404  
 – køling 405  
 – måling af 407, 409  
 – umålt 419  
 unødvendigt 404  
 utilsigtet 402  
 Vandforsyning 341  
 Vandforsyningslov 409  
 Vandindvindingsanlæg 341  
 Vandkvalitet, sikring af 340, 344  
 – undersøgelse af 384, 387, 390  
 Vandmåler 409, 413  
 – tryktab i 72, 412  
 – installation af 415

Vandspild 137, 400, 408  
 Vandstrøm, angivelse af 19  
 – cirkulerende 141  
 Vandstrømsregulator 192, 406  
 Vandtemperatur 130, 221  
 Vandtype 384, 387, 390  
 Vandvarmere 220, 249, 258, 327  
 Varmeafgivelse, fra rør 139, 331, 338  
 – fra små vandvarmere 329  
 Varmeanlæg, tilslutning til 348  
 Varmeledningsevne 323, 328  
 Varmelegemer, korrosion 397, 398  
 Varmemængdemålere 412  
 Varmeovergangskoefficient 324, 325  
 Varmtvandsbeholder 234, 243, 254, 324  
 – korrosion 390  
 – varmelegeme 397  
 Varmtvandsbehov 227, 231  
 Varmtvandsmængde, til brusebad 231  
 – til karbad 231  
 Varmtvandsmåler 411  
 Varmtvandsproduktion, anlæg for 217  
 Varmtvandstemperatur 130, 226, 403  
 Vaskemaskine 213, 214, 367  
 Vaskerende 215  
 Vedligeholdelse 485  
 Ventetid 132  
 Vingehjulsmåler 410  
 Viskositet 36  
 Volumenmåler 411

**W**

WC-cisterne 205  
 Woltmanmåler 410

**Z**

Zonedeling 288

**Æ**

Ændring af vands beskaffenhed 269, 340

**Å**

Åben beholder 302

# Summary

## *SBI-Direction 165:*

### *Domestic Water Supply Installations*

The direction is in the form of a guide to the design and construction of domestic water supply installations. It is related to Dansk Ingeniørforening's Code of Practice for Domestic Water Supply Installations, DS 439, and can be used by consulting engineers and designers, heating, ventilation and sanitation engineers, and building authorities, and as a textbook at technical colleges etc.

The publication covers the whole field of domestic water supply installations by means of descriptions, illustrations, design guides and examples based on the requirements laid down in DIF's Water Code and other provisions:

#### **Legislation etc.**

Codes, regulations and other rules  
"VA" approval scheme (official approval scheme), etc.

#### **Dimensioning**

Theoretical basis  
Dimensioning methods, including simplified calculation of pipe systems  
Plans for production of hot water  
Circulation systems  
Increasing pressure

#### **Health and safety**

Safety against fire, damage and inconvenience  
Fire installations

#### **Energy and water conservation etc.**

Insulation  
Corrosion  
Water-saving measures  
Metering water consumption

#### **Materials, equipment and methods**

Pipes and pipe fittings  
Joints  
Fittings  
Installation items

#### **Design etc.**

Arrangement  
Quality assurance  
Maintenance