

# Indledende rapport om vandkvalitet i ledningsnet

DVF Vejledning nr. 17



**Danske Vandværkers Forening**

**Udgiver:** Danske Vandværkers Forening  
Paludan-Müllers Vej 227  
8200 Århus N  
Tlf. 8616 7500  
Fax 8616 0520  
E-mail: [dvf@dvf.dk](mailto:dvf@dvf.dk)

**Udgivelsesår:** 1998

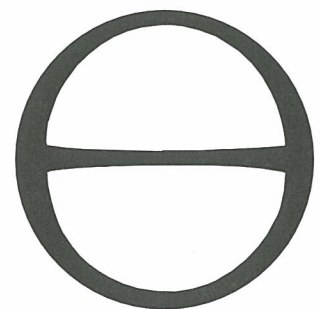
**Titel:** Indledende rapport om vandkvalitet i ledningsnet  
Vejledning nr. 17

**Redaktionen afsluttet:** April 1998

**ISBN** 87-90455-05-3  
**ISSN** 0909-7759

# Indledende rapport om vandkvalitet i ledningsnet

DVF Vejledning nr. 17



Danske Vandværkers Forening



# Indhold

Indholdsfortegnelse	Side
Resumé	5
Arbejdsgruppens anbefalinger	6
<b>1. Indledning</b>	
1.1 Baggrund og formål	7
1.2 Kommissorium	7
1.3 Definitioner	8
1.4 Rapportering	8
<b>2.1 Vandkvalitet i ledningsnet</b>	
2.1.1 Opholdstid	9
2.1.2 Temperatur	11
2.1.3 Ledningsnet og materialer	16
<b>2.2 Vandanalyser</b>	
2.2.1 Eksempler og eksperimenterielle undersøgelser	17
2.2.2 Udvikling i vandkvaliteten ved lange opholdstider	19
<b>2.3 Vandforbrug</b>	
2.3.1 Sæsonbetonet vandforbrug	20
2.3.2 Forbrug til brandslukning/sprinkleranlæg	21
<b>2.4 Imødegåelse af forringelse af vandkvaliteten</b>	
2.4.1 Rensning af ledninger	22
2.4.2 Imødegåelse af forringelse af vandkvaliteten ved behandling og distribution	23
<b>Appendix</b>	
1. Leder fra »Vandteknik« nr. 5, juni 1995	
2. DVF-undersøgelse, temperatur på leveret drikkevand	

## Litteraturhenvisninger

Der henvises til litteraturliste i Miljøstyrelsens og Boligministeriets rapport »Boligernes vandforbrug - Den udnyttelige regnvandsressource«, januar 1998.



# Resumé

Stigende opholdstider og temperaturer

## Vandkvalitet i ledningsnet

Med uændrede ledningsnet og med faldende vandforbrug vil opholdstiden blive forøget. Med den stigende opholdstid er der risiko for stigende temperatur i det leverede vand. I følge DVFs landsdækkende undersøgelse vedrørende temperatur og kimalt betyder stigende temperatur dog ikke nødvendigvis en dårligere bakteriologisk kvalitet. Dette stemmer overens med arbejdsgruppens egne observationer.

Gennemsnitstemperaturen i ledningsnettet i København viser en tydelig stigning med ca. 1,6°C pr. 10 år. Stigningen er en kombination af opvarmning af jorden i byområdet sammenholdt med en stigende opholdstid i byledningsnettet. Prognosen for temperaturen i ledningsnettet i år 2000 er ca. 13,5°C med en gennemsnitlig opholdstid på ca. 20,5 timer.

I Sæby er det ud fra tryktabsmålinger på nettet og ud fra årsforbrug ved de enkelte ejendomme vurderet, at vandets opholdstid i ledningsnettet er fra 2 til 7 døgn.

Foreløbig ingen problemer med vandkvaliteten.

Københavns Vandforsynings foreløbige resultater af forsøgsserier hensat ved henholdsvis 9,8°C og 17,9°C viser, at grænseværdierne for kimalt ved 21°C og 37°C først overskrides efter henstand i henholdsvis min. 4 døgn ved 9,8°C og min. 1 døgn ved 17,9°C.

På grundlag af de foreliggende data er der ikke indikationer for, at der generelt vil opstå bakteriologiske problemer i overskuelig fremtid som følge af faldende forbrug og dermed stigende opholdstid og temperatur i ledningsnettene.

# Arbejdsgruppens anbefalinger

## Vandkvalitet i ledningsnet

Længere opholdstider	Arbejdsgruppen påpeger, at det konstaterede mindre vandforbrug generelt og de længere ledninger i tyndt befolkede områder har medført længere opholdstider i distributionssystemet.
Tendens til højere temperatur	Arbejdsgruppen har konstateret en tendens til stigende gennemsnits-temperatur i ledningsnettet i de seneste 25 år formentlig som følge af længere opholdstider.
Ingen konsekvenser for den bakteriologiske kvalitet	Arbejdsgruppen har ikke på det foreliggende grundlag kunnet konstatere konsekvenser for den bakteriologiske drikkevandskvalitet som følge af de længere opholdstider og tendensen til højere temperaturer.
Høj hygiejne	På baggrund heraf påpeger arbejdsgruppen, at en høj hygiejnisk og funktionel standard på vandværkerne med et lavt indhold af bakterier og organisk stof i drikkevandet, der forlader vandværket, begrænser den senere bakterievækst i distributionssystemet.
Omhu ved ledningsarbejder	Arbejdsgruppen påpeger, at stor omhu ved udførelsen af nye ledninger, ved renoveringer og ved reparationer på bestående ledningsnet vil begrænse mulighederne for bakterietilførsel til drikkevandet i ledningssystemet.
Dimensionering	Arbejdsgruppen anbefaler, at det ved dimensionering af forsyningsledninger nøje overvejes, om grundlaget skal være et samtidigt maksimalt forbrug til husholdninger m.v. og et maksimalt forbrug til brandslukning m.v. eller om grundlaget kan være det største af de 2 nævnte.
Nye undersøgelser	Da den tilgængelige viden om emnet er så sparsom, skal arbejdsgruppen derfor foreslå: <ul style="list-style-type: none"><li>- at der forsøges igangsat mere detaljerede og længerevarende (måske 3 -5 årige) undersøgelser, for eksempel via udvalgte vandværker, af sammenhængende værdier for vandkvalitet / opholdstid / temperatur</li><li>- at anvendelsen af edb-programmer til beregning af vandhastigheder og dermed vurdering af vandkvalitet eller transporttid = opholdstid undersøges</li><li>- at der foretages en analyse af foreliggende edb-data vedrørende temperatur, bakteriologiske forhold, iltindhold og andre aktuelle parametre.</li></ul>



# 1. Indledning

## 1.1 Baggrund og formål

Danske Vandværkers Forening besluttede på sit bestyrelsesseminar den 3.-4. marts 1995, at sætte et udredningsarbejde i gang om foreningens holdning til byøkologi samt iværksætte et udredningsprojekt ved vandkvalitet i lange ledninger.

På baggrund af en projektbeskrivelse besluttede bestyrelsen den 21. april 1995 at fremme projektet, idet bestyrelsen understregede vigtigheden af, at DVF i forbindelse med projektet fremkom med en saglig, velunderbygget information, og at der var et stort behov for denne information så hurtigt som muligt.

Projektansvarlig er foreningens Miljøudvalg. Til gennemførelse af projektet blev der nedsat en arbejdsgruppe med følgende sammensætning:

Svend E. Naskov, Roskilde Kommune, De Kommunale Værker (formand)

Jørgen Beck, Gentofte Kommune, Sjælsø Vandværk

Jørn S. Bach, Kolding Kommune, Vandforsyningen

Ejgil S. Pedersen, Århus Kommunale Værker

Søren Lind, Københavns Vandforsyning

Per Kragh Nielsen, Sæby Vandforsyning

Torlei Thomsen, DVF (sekretær)

Arbejdsgruppen har i projektforløbet valgt at arbejde med de 2 emner adskilt. Det vil sige et afsnit om byøkologi og drikkevandsforsyning og et afsnit om lange ledninger og vandkvalitet (opholdstid). Der har været holdt 8 møder i arbejdsgruppen.

## 1.2 Kommissorium

Efter kommissoriet skal arbejdsgruppen behandle:

- vandforsyningsrelaterede problemer i forbindelse med byøkologiske projekter
- vandkvalitetsmæssige problemer i ledningsnettet som følge af lange opholdstider

Arbejdsgruppen skal udfærdige en saglig og velunderbygget rapport, som blandt andet skal danne baggrund for en drøftelse i bestyrelsen om foreningens holdning til og rådgivning om vandkvalitet i lange ledninger og om byøkologiske projekter.

Arbejdsgruppen skal sørge for en grundig belysning af muligheder og problemer med kontakt til andre lignende projekter, for eksempel Miljøstyrelsens projekt om anvendelse af regnvand i husholdninger og Boligministeriets handlingsplan.

Vandforsyningsrelaterede problemer i forbindelse med byøkologiske projekter er afrapporteret i »Rapport om anvendelse af regnvand«, DVF Vejledning nr. 14, 1997.

### **1.3 Definitioner**

#### **Opholdstid**

Med opholdstid menes den tid der går fra udpumpningen på vandværket til levering til ejendommens vandinstallation.

#### **Vandbesparende foranstaltninger**

Med disse menes tekniske løsninger der ved montering i installationerne nedbringer forbruget af vand.

### **1.4 Rapportering**

Som nævnt har arbejdsgruppen valgt at opdele den stillede opgave i to rapporter.

1. Rapport om byøkologi og anvendelse af regnvand. Rapporten er afleveret i september 1996.

2. Nærværende rapport om lange ledninger og vandkvalitet, december 1997.

I denne rapports afsnit 2.1 er der anført nogle eksempler på opholdstider og temperaturer, og i 2.2 er der omtalt nogle eksempler og eksperimentelle undersøgelser om mikrobiologisk vækst i drikkevand.

I afsnit 2.3 omtales det varierende vandforbrug, og i 2.4 hvad der kan gøres på vandværker og i ledningsnet for at imødegå en forringelse af vandkvaliteten.

I et appendix er der gengivet en leder fra Vandteknik og DVFs undersøgelser vedr. temperaturer i ledningsnet.

## 2.1 Vandkvalitet i ledningsnet

Sæby vandforsyning

### 2.1.1 Opholdstid

For vurdering af vands opholdstider i ledningsnet herunder specielt de lange ledninger i landområder er der foretaget en nærmere undersøgelse af forbrugsmønstret ved Sæby Vandforsyning. Ligeledes er det blevet undersøgt, hvorledes forbrugsmønstret og hermed belastningen af ledningsnettet har forandret sig de senere år.

For vurdering af resultaterne skal bemærkes følgende om denne vandforsyning:

Der udpumpes ca. 1,2 mill. m<sup>3</sup> om året, hvilket svarer til en gennemsnitsdøgnbelastning på 3.300 m<sup>3</sup>. Ledningssystemet har en udstrækning på 395 km med et samlet vandindhold på 3.110 m<sup>3</sup>.

Der er tilsluttet ca. 5.500 ejendomme, hvoraf de 1.400 er sommerhuse. Ca 3.150 er parcelhuse og anden beboelse. Der er en enkelt storforbruger med et forbrug på ca. 150.000 m<sup>3</sup> om året. Resten er landbrug og landhuse.

Forbrugsudvikling

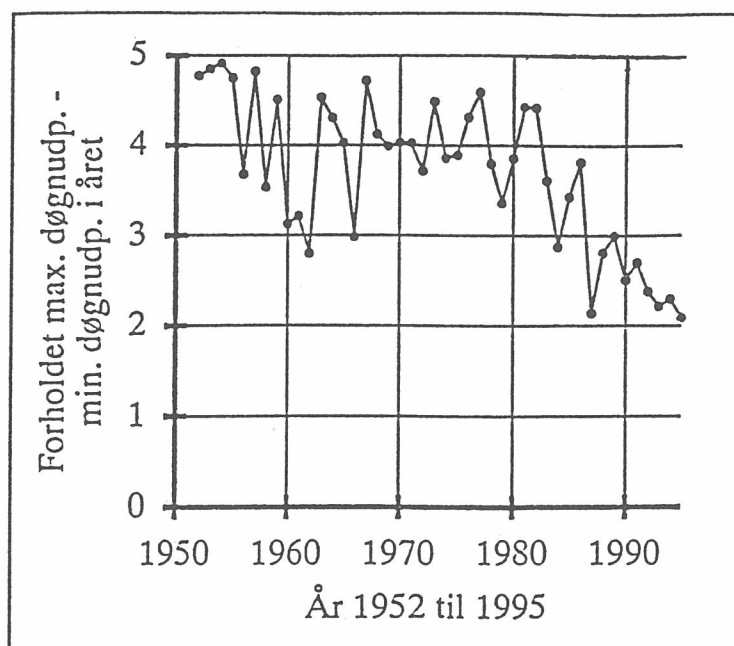
Efterfølgende figur 1 viser forbrugsudviklingen i perioden 1985 til 1995 for husholdningsforbrug samt forbrug ved landbrug.

År	Parcelhuse	Landhuse	Landbrug	Lejligheder
	m <sup>3</sup> /år			
1985	165	257	859	105
1986	155	299	921	100
1987	154	287	864	96
1988	152	292	866	94
1989	152	288	858	94
1990	146	255	838	87
1991	139	244	911	86
1992	143	265	927	86
1993	130	223	880	85
1994	124	224	864	79
1995	123	218	881	78

Figur 1. Forbrugsudvikling, Sæby vandforsyning.

Der er et fald i vandforbruget ved de private husholdninger herunder også ved landhusene. Landhusene ikke er tilsluttet kloak, og betaler derfor væsentligt mindre for vandet.

Samtidig med at der kan konstateres et konstant fald i vandforbruget, viser tallene også, at vandforbruget nærmer sig et stabilt niveau.



Figur 2. Udviklingen i forholdet mellem min. og max. forbrug, Sæby vandforsyning.

#### Døgnforbrug

Figur 2 viser en kraftig udjævning i forholdet mellem max. døgnforbrug og min. døgnforbrug i den målte periode. De senere år har max.-døgnforbruget stabiliseret sig, hvilket bl.a. skyldes, at der ikke anvendes vandværksvand til havevanding længere.

Med hensyn til vandets opholdstid i ledningerne er det værd at bemærke, at min.døgnforbruget er jævnt stigende. Det skyldes naturligvis det stigende antal forbrugere, så selv om ledningsnettet er vokset i udstrækning, sker der - på trods af det faldende årsvandforbrug - ikke en tilsvarende forøgelse af vandets opholdstid i ledningsnettet i min.-belastningsperioderne. Alt andet lige er det dog i disse situationer vandet opholder sig længst tid i ledningssystemet.

#### Udvidelse af forbrugerantallet

Det er på de lange ledningsstræk i landområderne, der sker en udvidelse af forbrugerantallet i disse år. Denne tendens vil sikkert blive forstærket i de kommende år, idet mange små landvandværker må lukke indvindingen pga. forurening. På den måde vil der blive et større forbrug i de ledninger, som de større byvandværker har lagt ud i de tyndere befolkede landområder.

#### Analyse af Ikast Vandværks ledningsnet

I en artikel i Vandteknik nr. 4, maj 1997 beskriver Ikast Vandværk en metode, hvor man med et edb-program kan beregne vandets hastigheder i ledningsnettet og derigennem også opholdstiderne i de enkelte ledningsstrækninger.

Af beregningerne fremgår det, at selve den indre byzone har en opholdstid på ca. 1 døgn. Opholdstiden øges jævnt med afstanden fra vandværket, startende fra ca. 2-3 døgn og sluttende med 10 døgn eller mere.

Analysen viste samtidig, at der foregik en uhensigtsmæssig strømning i visse ringledninger, der bevirkede, at nogle områder fik ældre vand end nødvendigt, på grund af vandets »omveje«.

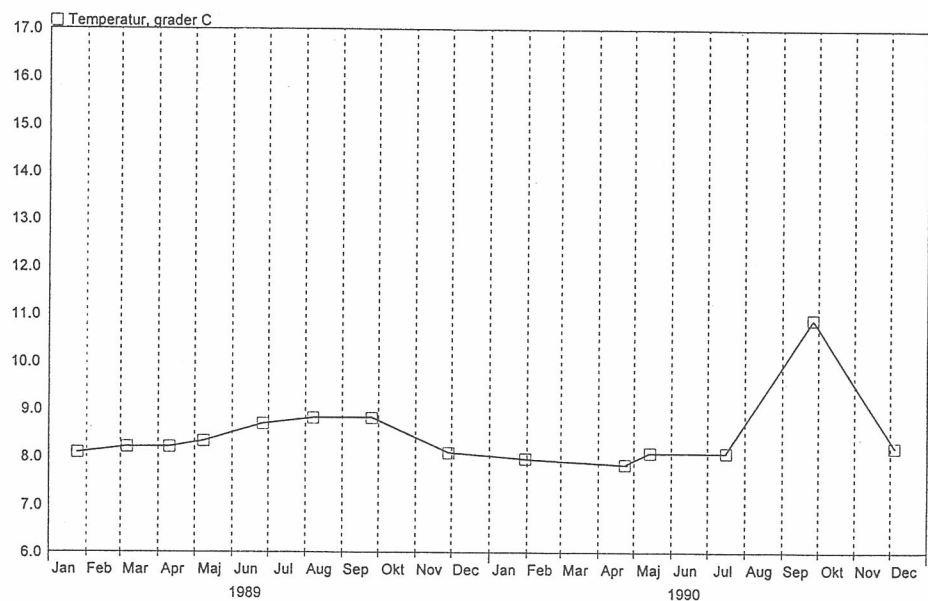
Det anføres i artiklen, at en forbedring af opholdstiden kunne ske, enten ved løbende at nedbringe dimensionerne i ledningsnettet i forbindelse med reovering m.v., eller ved at styre vandet frem til forbrugerne ved åbning og/eller lukning af ventiler.

### 2.1.2 Temperatur

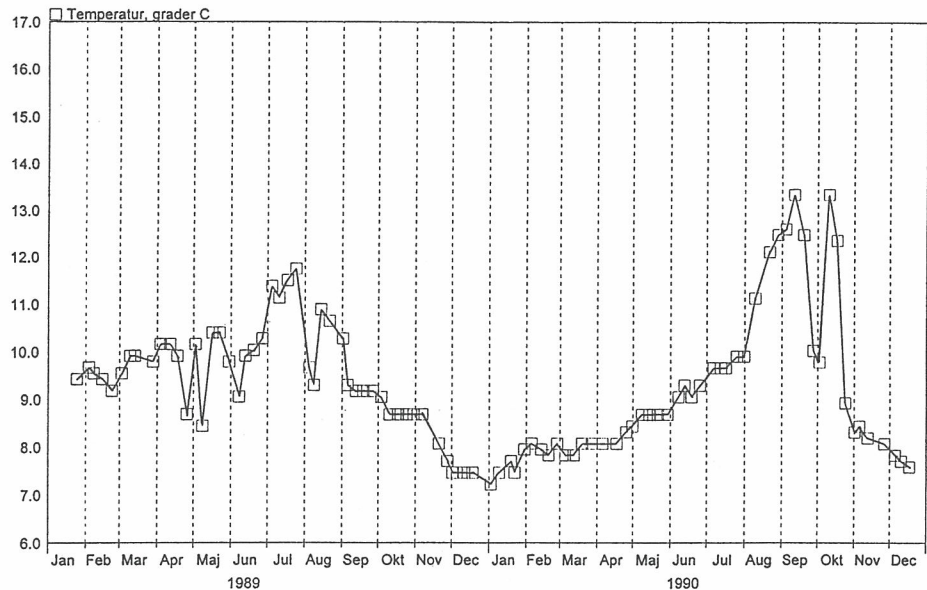
Temperaturudvikling,  
Københavns Vandforsyning

Temperaturen af det indvundne grundvand ligger normalt mellem 8 og 9°C uafhængigt af årstiden. Efter vandbehandlingen påvirkes drikkevandets temperatur af omgivelsernes temperatur og opholdstiden i forsyningsystemet.

Som et eksempel på temperaturpåvirkningen fra vandværk gennem transportledning til København vises temperaturen ved afgang fra Regnemark vandværk på figur 3. Den høje afgangstemperatur i efteråret 1990 skyldes iblanding af behandlet overfladevand i perioden 19/9 - 17/10 til grundvandet, der til stadighed produceres.

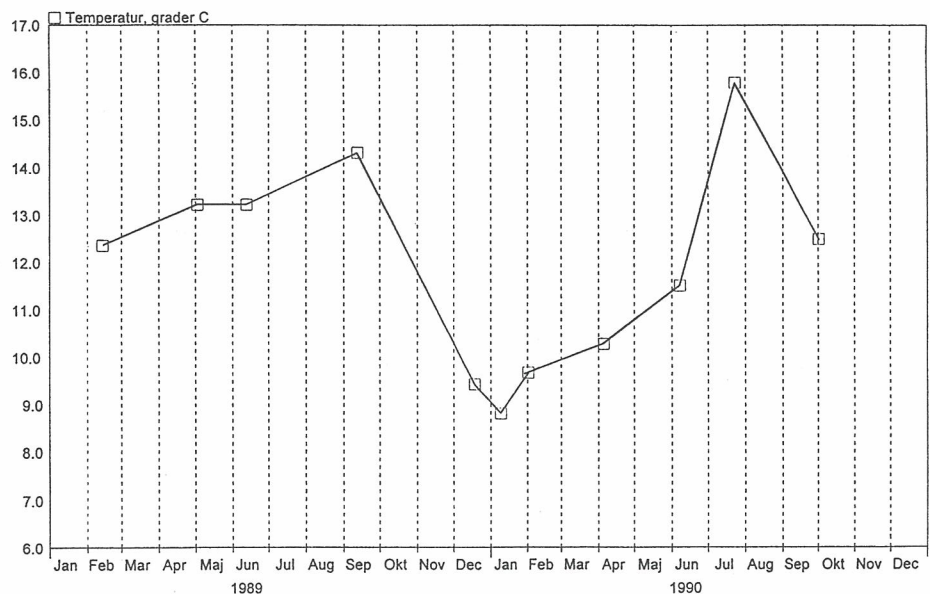


Figur 3. Regnemark vandværk

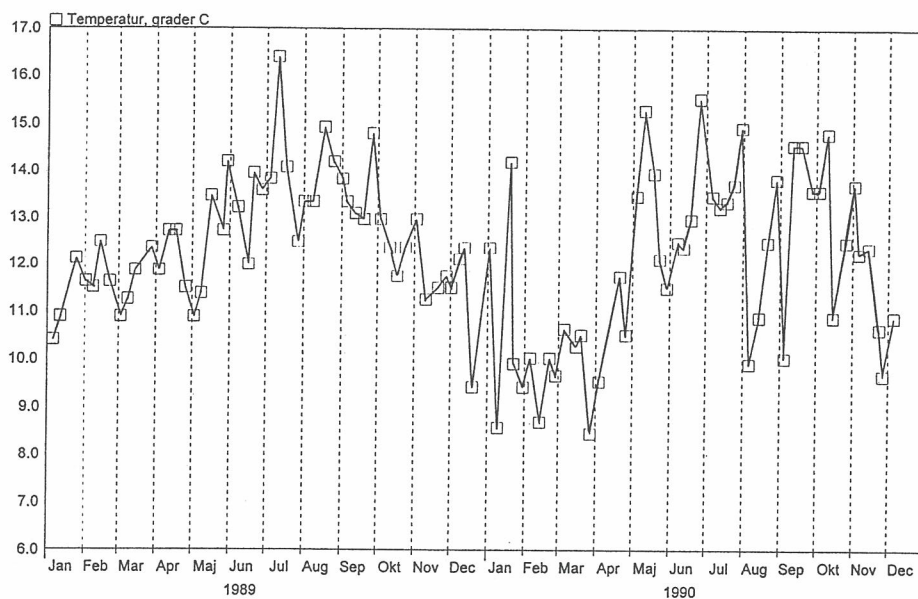


Figur 4. Avedøre.

Transportledningen til København er ca. 40 km lang og 1200 mm i diameter. Vandet har en opholdstid på ca. 24 timer. Temperaturen efter transportledningen ved prøvetagningsstedet Avedøre ses på figur 4. Ledningen ligger ikke i bynære omgivelser og den resulterende temperatur afspejler da også de klimatiske påvirkninger af jordtemperaturen, idet der både ses en afkøling i vinterperioden og en opvarmning i sommerperioden.



Figur 5. Københavns kommunes børnehave.

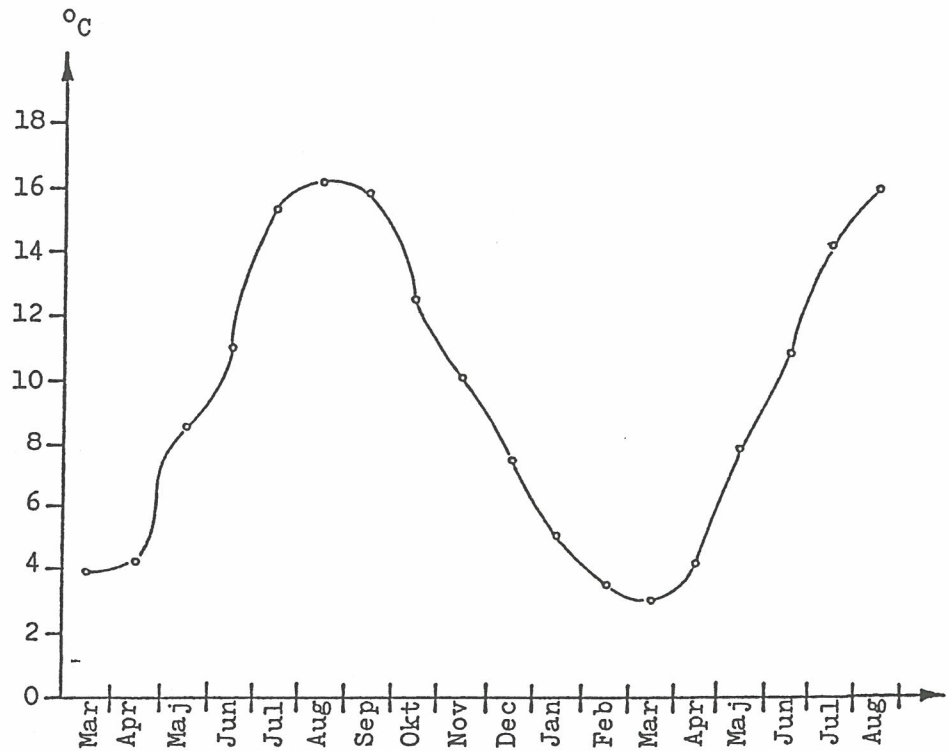


Figur 6. Laboratoriet, Københavns Vandforsyning

Temperaturpåvirkningen fra byområder ses illustreret på figur 5 og 6. Der er tapsteder i København, hvor vandet fra Regnemark via Avedøre når frem inden for yderligere knap et døgn. Begge prøvetagningssteder kan dog også føre blandingsvand fra andre værker.

Som supplement til de klimatiske påvirkninger ses en varmetilførsel på ca 1 - 2°C selv i vinterperioden. Det må antages, at opvarmningen skyldes fjernvarmeledninger, afløbsledninger samt andre varmeafgivende ledninger i storbyen.

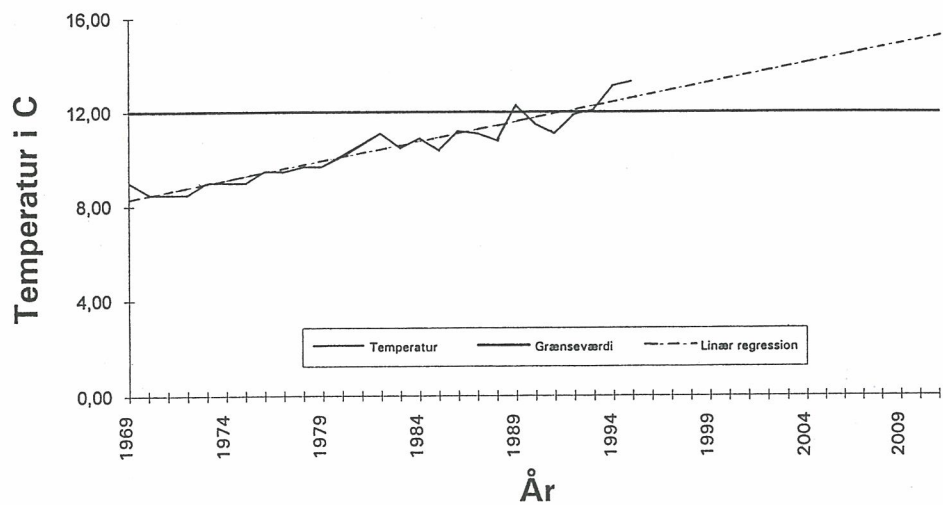
Som eksempel på jordens temperaturvariation gengives en figur fra DVF's rapport »Lækageundersøgelse - Vandtab og lækager på vandforsyningernes ledningsnet«, 1980.



Figur 6a. Jordens temperaturvariation over 1 1/2 år målt 1,5 m under terræn i upåvirket jord under kortklippet græs (DGI).

### Gennemsnitstemperatur i ledningsnettet i Københavns Kommune

Stigende gennemsnits-temperatur



Københavns Vandforsyning 16-04-1996

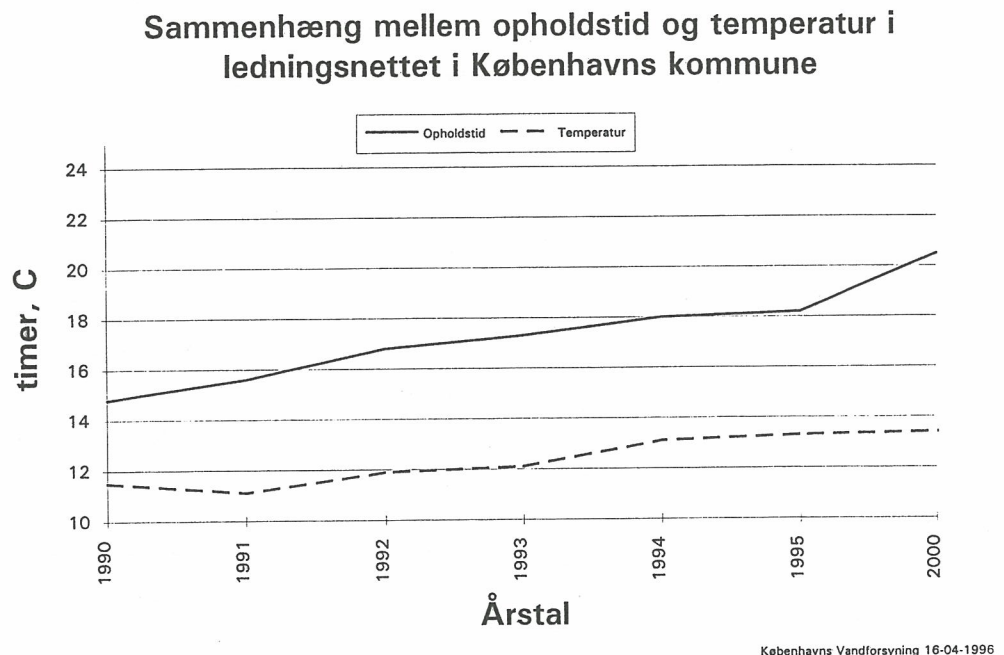
Figur 7. Gennemsnitstemperatur i ledningsnettet i Københavns kommune.

Gennemsnitstemperaturen i ledningsnettet i Københavns Kommune er vist på figur 7. Den viste temperatur stammer fra gennemsnittet af 12



prøver pr år udtaget tilfældigt over året fra 12 faste officielle prøvehaner placeret i Københavns Kommune. Der ses en tydelig stigning med ca 1,6°C pr 10 år. Stigningen er en kombination af den ovenfor viste opvarmning af jorden i byområdet sammenholdt med stigende opholdstid i ledningsnettet.

Vandindholdet i ledningsnettet i Københavns Kommune er ca. 74.100 m<sup>3</sup> fordelt på 1091 km ledning fra 40 mm stikledninger til 1200 mm hovedledninger. Sammenhængen mellem opholdstid og temperatur i ledningsnettet i Københavns Kommune er vist på figur 8.



Figur 8. Sammenhæng mellem opholdstid og temperatur i ledningsnettet i Københavns kommune.

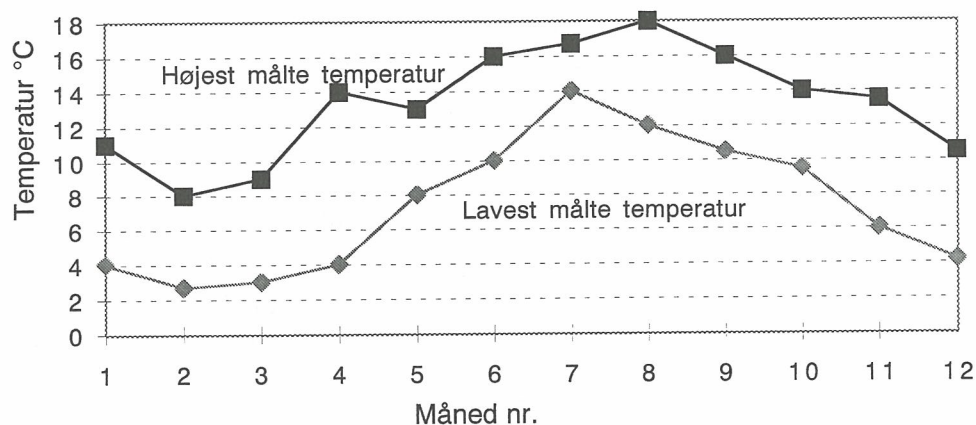
Figur 8 viser, at opholdstiden er steget fra 14,5 timer i 1990 til 18,2 timer i 1995, og at temperaturen i samme tidsrum er steget fra ca. 11,5°C til ca 13,5°C.

Prognosen for temperaturen i ledningsnettet i år 2000 er ca 13,5°C med en gennemsnitlig opholdstid på ca 20,5 timer.

En undersøgelse forestået af DVF i 1992 af temperaturen på leveret drikkevand er vist i bilag 2 i appendix.

#### Årstid og temperatur

Figur 9 fra Sæby vandforsyning viser en helt klar sammenhæng mellem årstid og vandtemperatur i ledningsnettet. Der er dog intet i de undersøgte analyser, der indikerer en sammenhæng mellem høje kimtal og høje temperaturer.



Figur 9. Sammenhæng mellem årstid og vandtemperatur i ledningsnettet i Søby kommune.

### 2.1.3 Ledningsnet og materialer

#### Ledningsnet

Vandforsyningernes ledningsnet er etableret over en lang periode og er under stadig udbygning. Vandledningerne er oprindelig anlagt til at forsyne et afgrænset byområde. De er udvidede ved knopskydning til at forsyne byudvidelser og i de senere år gårde og huse i det åbne land.

Vandledningerne er ofte lagt i rigelige dimensioner af hensyn til forventede senere udvidelser. De vil derfor være overdimensionerede indtil udvidelsen er foretaget.

Ledningsnettene er hovedsageligt udført med ringforbindelser i byområderne og som grennet i landområder.

I grennettene kan strømningshastighed og opholdstid beregnes ret simpelt.

I ledningsnet med ringforbindelser kan det være vanskeligt at fastslå strømningshastighed og -retning ved varierende belastning, og der vil ofte være strækninger med meget lille vandudskiftning.

#### Materialer

Ved udarbejdelsen af DVFs vejledning »Planlægning af vandledningers fornyelse« i 1994 blev 48 vandforsyninger bl.a. spurgt om materialefordelingen i de eksisterende ledningsnet.

Resultatet af undersøgelsen viste følgende materialefordeling:

Gråt støbejern	35,5%
Duktilt støbejern	3%
Eternit	8%
PVC	41%
PE	7%
Andet	5,5%

Ud fra de indberettede data kunne aldersfordelingen beregnes til:

- 44% af ledningerne er max. 25 år gamle
- 29% af ledningerne er 26 - 50 år gamle
- 25% af ledningerne er 51 - 100 år gamle
- 2% af ledningerne er over 100 år gamle.

Undersøgelsen viste også at det fremtidige ledningsmateriale næsten udelukkende vil blive plast.

## 2.2 Vandanalyser

### 2.2.1 Eksempler og eksperimentelle undersøgelser

For at drikkevand skal have en fuldt tilfredsstillende kvalitet i henhold til tilsynsbekendtgørelsen, skal en lang række krav til kemiske og mikrobiologiske parametre være overholdt.

I ledningsnettene ændres de fysiske og kemiske parametre ikke nævneværdigt, hvorfor den regelmæssige begrænsede kontrol da også primært omfatter en mikrobiologisk undersøgelse.

Kun temperaturen kan som tidligere nævnt udvise store svingninger også over den højst tilladelige værdi på 12°C.

Dette er en af de væsentlige faktorer for mikrobiologisk vækst i ledningsnettene. Af andre faktorer kan nævnes vandets indhold af biobrydeligt organisk stof, opholdstiden og overflade/volumenforholdet.

De naturligt forekommende bakterier, der findes i alt normalt behandlet dansk grundvand, sidder på alle vandberørte overflader, og udgør derfor også en biofilm på overfladerne i beholdere og ledningsnet. Formeringen af bakterierne foregår hovedsagelig fra biofilmen og ikke i den frie vandmasse, hvorfor overflade/volumenforholdet er en afgørende faktor.

For at forsøge at fastlægge holdbarheden af normalt behandlet dansk grundvand ved forskellige temperaturer er der igangsat en forsøgsrække på Københavns Vandforsynings laboratorium.

Ud over temperaturens indflydelse på den mikrobiologiske vækst forsøges det også at belyse overflade/volumenforholdets betydning.

De foreløbige resultater af forsøgsserier hensat ved henholdsvis 9,8°C og 17,9°C viser, at grænseværdierne for kimtal ved 21°C og 37°C først overskrides efter henstand i henholdsvis min. 4 døgn ved 9,8°C og min. 1 døgn ved 17,9°C.

Kimtallet ved 21°C viser en væsentlig større vækst i små rør i forhold til store rør. Det skyldes, at biofilmen på den vandberørte overflade i små rør er forholdsvis større end i store rør i forhold til volumet.

Ovennævnte forsøgsresultater er som nævnt foreløbige. Forsøgene med henstandstemperaturer mellem de nævnte ca. 10°C og 18°C fortsætter og forventes afrapporteret i Vandteknik.

Figur 10 fra Sæby vandforsyning indeholder en oversigt over foretagne, udvalgte vandprøver, der er analyseret i forbindelse med denne undersøgelse.

Prøve	Afstand fra værk	Temperatur		Coliforme bakterier		Termotolerante coliforme bakterier		Kimtal ved 21°C		Heraf fluor. kim		Kimtal ved 37°C		Ilt	
		Jan.	Aug.	Jan.	Aug.	Jan.	Aug.	Jan.	Aug.	Jan.	Aug.	Jan.	Aug.	Jan.	Aug.
Nr.	km ledning	°C	°C	pr. 100 ml	pr. 100 ml	pr. 100 ml	pr. 100 ml	pr. ml	pr. ml	pr. ml	pr. ml	pr. ml	pr. ml	mg O <sub>2</sub> /l	mg O <sub>2</sub> /l
1	1,0	7,6	13,7	<1	<1	<1	<1	4	6	1	<1	3	4	11,4	10,9
2	15,0	9,5	13,7	<1	<1	<1	<1	5	8	1	<1	1	3	12,2	11,0
3	13,5	3,2	12,4	<1	<1	<1	<1	10	3	1	<1	2	<1	13,2	10,6
4	15,0	3,2	13,7	<1	<1	<1	<1	7	1	<1	<1	<1	1	13,1	10,4
5	24,0	3,8	13,7	<1	<1	<1	<1	15	13	<1	<1	3	1	11,7	10,6
6	23,5	1,2	14,7	<1	<1	<1	<1	37	22	2	<1	1	<1	11,8	10,6
7	25,0	2,3	14,6	<1	<1	<1	<1	38	80	6	3	9	<1	11,7	10,5
Grænseværdier:															
Vejledende				<1	<1	<1	<1	50	50	50	50	5	5		
Maks.				<1	<1	<1	<1	200	200	200	200	20	20		

Figur 10. Vandanalyser fra Sæby Vandforsynings ledningsnet.

Der er udtaget vandprøver for analyser 2 gange de samme steder. Prøverne er udtaget henholdsvis den 18. januar og den 20. august 1996. De er på nær prøve nr. 1 udtaget i yderpunkter af vandforsyningsnet.

Prøve nr. 1 er udtaget tæt på værket ved en virksomhed med et stort vandforbrug. Der er således tale om kvaliteten af vandet, som det forlader værket.

Den 18. januar udpumpedes 3.207 m<sup>3</sup> fra værkerne. Den 20. august udpumpedes 4.004 m<sup>3</sup>. Der er således ikke stor forskel på opholdstiden i ledningsnettet de to prøvedage.

Alle prøver, undtaget nr. 1, er udtaget ved landejendomme. Nr. 2, 5, 6 og 7 er udtaget ved landbrug. Nr. 3 og 4 ved ved landhuse.

Ved prøveudtagningen løb vandet fra husinstallationen i nogle minutter. Der er således tale om prøveresultater fra vand, der stammer fra jordledninger. Der er dog ved flere af de udtagne prøver tale om ejendomme med 50 mm stikledninger på flere hundrede meters længde. Ved prøve nr. 2 har ejendommen en stikledning på 500 m.

Ud fra tryktabsmålinger på nettet og ud fra årsforbrug ved de enkelte ejendomme vurderes det, at vandets opholdstid i ledningsnettet ved de enkelte ejendomme er fra 2 til 7 døgn. Det vurderes, at prøve nr. 5 repræsenterer det »ældste« vand (Vurderingen gælder for vandanalysen fra den 18. januar).

Ud over en betydelig højere temperatur i vandprøverne udtaget den 20. august samt et lidt lavere iltindhold, er der stort set ingen forskel på de udtagne vandprøver.

#### Analyser udtaget på ledningsnettet

For nærmere at belyse om udsvingene i vandtemperaturen i ledningsnettet har indflydelse på vandkvaliteten hos forbrugerne, er der foretaget en bedømmelse af 190 vandprøver udtaget i perioden januar 1978 til januar 1996 ved forbrugere tilsluttet Sæby Vandforsyning. Der er desuden medtaget vandanalyser udtaget ved enkeltforbrugere i perioden 1984 til 1996.

Af de 190 analyser konstateredes forhøjede kimalt (21°C) ved 7 prøver, som er udtaget i en periode, hvor der var filterproblemer på værkerne. Der blev derfor udtaget ekstra analyser i denne periode. Ellers har der ikke været bakteriologiske kvalitetsproblemer overhovedet. Det skal bemærkes, at den overvejende del af de udførte analyser er begrænsede analyser. Der er kun udført 1 normal og 1 udvidet analyse om året.

#### 2.2.2 Udvikling i vandkvaliteten ved lange opholdstider

Med uændrede ledningsnet og med faldende vandforbrug, som er typiske landet over, vil opholdstiden blive forøget. Med den stigende opholdstid vil der som tidligere nævnt blive registreret stigende tem-

peraturer i det leverede vand. Konklusionen fra DVFs landsdækkende undersøgelse, appendix 2, vedrørende blandt andet temperatur og kimtal var, at der ikke kunne udledes nogen sammenhæng mellem stigende temperatur og stigende kimtal.

Dette er i god overensstemmelse med de eksempler, der er fremdraget i forbindelse med nærværende rapport.

Dog mangler der systematiske undersøgelser for at klarlægge sammenhængen mellem kimtal, opholdstid og temperatur.

På grundlag af de foreliggende data er der ikke indikationer for, at der vil opstå bakteriologiske problemer i overskuelig fremtid som følge af faldende forbrug og dermed stigende opholdstid og temperatur i ledningsnettene.

## 2.3 Vandforbrug

### 2.3.1 Sæsonbetonet vandforbrug

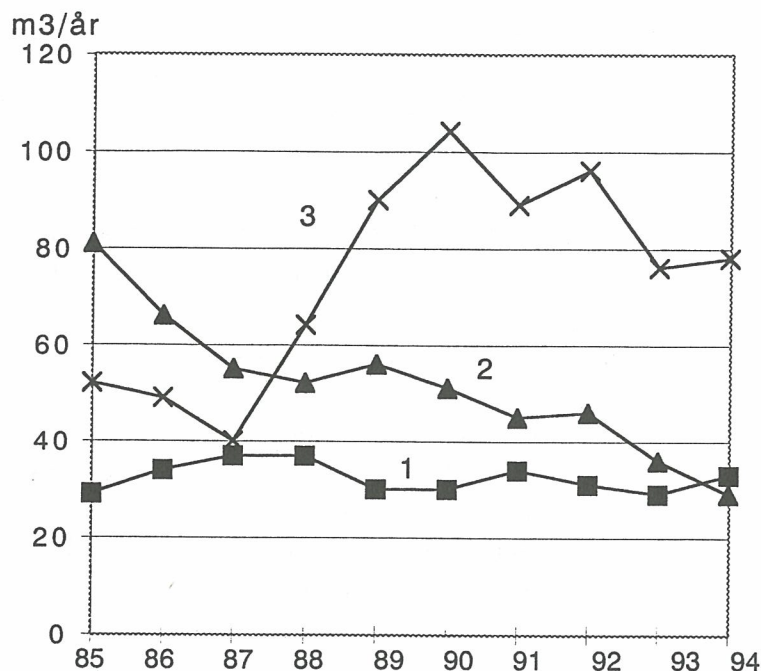
Sommerhusområder

Når der skal vurderes vandkvalitet i ledningsnet i relation til lange opholdstider, bør sommerhusområder påkalde sig særlig opmærksomhed.

Det kan påvises, at der ikke er sket nogen væsentlig ændring i forbrugsmønsteret på ledningsnettet, når de enkelte måneders udpumpinger vurderes over en årrække. Helt anderledes forholder det sig i sommerhusområderne. I disse områder har der naturligvis altid været større sæsonbetonede udsving end i det øvrige forsyningsområde, men indførelse af vandmålere i sommerhusområder vil reducere vandforbruget i disse områder endog meget væsentligt.

Figur 11 viser hvorledes vandforbruget er registreret ved sommerhuse tilsluttet Sæby vandforsyning. Med enkeltmålere (kurve 1), med fællesmålere og herefter overgang til enkeltmålere (kurve 2), samt ved sommerhuse uden målere (kurve 3). Det skal bemærkes, at der blandt den samlede mængde sommerhuse er tale om meget få luksusprægede sommerhuse.

Det skal endvidere bemærkes, at ved sommerhusene med målere betales kloakafledningsafgift efter målt forbrug (kurve 1 og 2). Ved sommerhuse uden målere opkræves en fast, årlig afgift til vandværket svarende til et årligt forbrug på ca. 90 m<sup>3</sup>, og der opkræves ikke kloakafgift, da der ikke er kloakeret i dette område (kurve 3).



Figur 11. Udviklingen i vandforbruget ved sommerhuse tilsluttet Sæby vandforsyning.

Kurverne viser, at gennemsnitsvandforbruget ved sommerhuse med måler er i størrelsesordenen 30 m<sup>3</sup> om året, hvilket svarer til ca. en tredjedel af det beregnede enhedsforbrug i 1980, baseret på de totalt udpumpede vandmængder til sommerhusområderne.

Besparelserne på forbrugssiden ligger næsten udelukkende i sommermånederne.

Det skal tilføjes, at der er tale om gennemsnitsforbrug for sommerhuse. Disse tal dækker over meget store udsving de enkelte huse imellem. Væsentligste årsag hertil er, at det er meget forskelligt, hvor meget husene benyttes.

I forsyningsområder med udelukkende sommerhuse, vil der i perioder være et meget lille eller slet intet forbrug på nettet. Det forhold kan vise sig at være meget væsentligt, når der vurderes eller ved analyseundersøgelse bedømmes vandkvalitet i ledningsnettet.

### 2.3.2 Forbrug til brandslukning/sprinkleranlæg

Ved dimensionering af vandforsyningsledninger har det været kotume, at dimensionere ledningerne ikke alene efter det maksimale normale forbrug, der kunne opstå gennem ledningerne, men oven i dette at lægge et forbrug til de nødvendige brandhaner.

Dimensionering

Det vil sige, at ledningerne er dimensionerede for det maksimale, sandsynlige timeforbrug i det maksimale døgn plus et samtidigt maksimalt brandhaneforbrug.

#### Beregningsprincipper

Det vil være yderst sjældent, at disse maksimale forbrug forekommer samtidigt. Men beregningsprincippet har bevirket, at mange ledninger er »overdimensionerede til hverdagsbrug«. Sammen med det konstaterede faldende vandforbrug har det også medvirket til, at opholdstiden i ledningerne er blevet længere.

Forudsætningerne om forbrug til sprinkleranlæg er ligeledes medvirkende til en længere opholdstid. I DS 442 »Almene Vandforsyningsanlæg« er det anført som vejledningsstof, at vandforsyningsledninger i industriområder - uden hensyntagen til vandforbrug i øvrigt - ikke bør anlægges med mindre dimension end 200 mm af hensyn til eventuelle sprinkleranlæg.

Både brandhaneforbrug og sprinkleranlæg er derfor medvirkende til, at vandledningerne er overdimensionerede ved de normale forbrug og dermed medvirkende til for lange opholdstider.

## 2.4 Imødegåelse af forringelse af vandkvaliteten

### 2.4.1 Rensning af ledninger

Selv med de bedste vandbehandlingsanlæg vil der være stoffer, som utilsigtet slipper med ud i ledningsnettet.

#### Aflejringer i ledninger

Eksempelvis vil der med et jernindhold ved den vejledende værdi på 0,05 mg/l være mulighed for at aflejre 50 kg jernslam for hver udpumpet mio. m<sup>3</sup> vand.

Det er hovedsageligt jern- og kalkforbindelser, som aflejres i ledningsnettet. Stofferne aflejres i ledningerne ved lavt vandforbrug og de derved lave vandhastigheder og danner et vækstmedie for bakterier.

Foretages der ikke rensning af ledningerne, vil der efterhånden dannes en ligevægtstilstand, hvor aflejringer og vandstrøm er i balance. Ved øget vandforbrug rives aflejringer med af vandstrømmen og giver misfarvet vand og tilstoppede armaturer hos forbrugerne.

#### Rensningsbehov

Behovet for ledningsrensning er bl. a. afhængig af vandets stofindhold, vandbehandlingsanlæggets effektivitet, vandhastighed, opholdstid i ledningsnettet samt ledningsnettets opbygning (ring-/grensystem).



## 2.4.2 Imødegåelse af forringelse af vandkvaliteten ved behandling og distribution

Forudsætninger for bakteriologisk vækst

Forudsætningen for at der kan ske en mikrobiologisk vækst i vandledningssystemet efter vandværket er, at der er

- bakterier i drikkevandet, når det forlader vandværket,
- et vækstmedie (aflejringer, film etc.),
- den nødvendige »føde« for bakterierne og
- en »passende« temperatur.

Normalt indeholder grundvandet ikke bakterier, der er fremmede for grundvandet inden det pumpes op. De uønskede bakterier der måtte forekomme er derfor som oftest tilført undervejs i behandlingen af grundvandet eller i ledningssystemet.

Høj hygiejnisk standard

Det gælder derfor om på vandværkerne, at holde en høj hygiejnisk standard og ikke gribe mere end nødvendigt ind i grundvandets passage gennem vandværket. Et »uberørt flow« gennem vandværket vil derfor - alt andet lige - sikre det reneste drikkevand.

Driftskontrol

Overvågningen af råvandet er vigtig, og vandværkernes driftskontrol af borer og behandlingsprocesserne har derfor stor betydning for at sikre den rigtige vandkvalitet.

Føde for bakterier

Selv om der kun slipper en enkelt bakterie med ud fra vandværket, kan den nå at formere sig til uendeligt mange, hvis betingelserne er de rette. Det vil blandt andet sige, at der skal være »føde« nok, for at den kan formere sig. Indholdet af organiske stoffer i drikkevandet er »føde« for bakterierne. Et lavt indhold af organisk stof vil derfor begrænse mulighederne for vækst af bakterier.

Temperaturerne i ledningsnettet bestemmes i høj grad af opholdstiden og beliggenheden af ledningerne samt årstiden. Der henvises herom til omtalen i 2.1.1 og 2.1.2 om opholdstid og om temperatur.



## Faldende vandforbrug og -kvalitet?

# LEDER

I Danmark er vandforbruget generelt faldende. Det betyder mindre belastning på vore vådområder og bør føre til en højere miljøkvalitet i det åbne land, hvor vandværkerne foretager indvindingen til byerne. Tendensen med faldende vandforbrug må forventes at fortsætte. Vomsen og den generelle indførelse af målere vil afgjort anspre forbrugerne til at spare på dråberne. Denne udvikling er heller ikke så dårlig, vi vil vel alle gerne yde vort bidrag til forbedringer i miljøtilstanden.

Men der kan desværre også være skyggesider i denne udvikling.

Vore vandforsynings ledningsnet er for knap 75% vedkommende yngre end 50 år, og godt 40% er yngre end 25 år. Der har, når vi tænker lidt tilbage, været en ukuelig optimisme i samtlige kommuner med hensyn til forventninger om udviklingen. Det har nok betydet, at mange vandledninger, allerede da de blev etableret, var rigelig store. Bemærkningen, »Vi går lige en dimension op i forhold til det beregnede – det koster jo næsten ikke mere – og så er vi på den sikre side«, har nok mange steder været karakteristisk. Store dimensioner med lavt forbrug giver lange opholdstider for vandet fra vandværk til forbruger – og dermed risiko for kvalitetsforringelser. Vandværket kan risikere at opleve, at resultatet af en ellers velment vandsparekampagne kan blive forbrugerklager over kvalitetsforringelser af drikkevandet. Et forsyningsledningssystem lægger man jo ikke bare om, hvorfor der mange steder kan være behov for analyser af vandforbrug/opholdstider/kvalitetsaspektet. Desværre har vi ikke i dag tilstrækkelig generel viden på dette område.

På en anden front bør vandforsyningen også være agtpågivende. Med fare for at blive kaldt bagstræverisk må vandforsyningen meget nøje overveje deltagelsen i forsyningen af boligområder, der tillige forsynes fra regnvandssystemer og lignende – de såkaldte byøkologiske løsninger. Da vandforsyningen har en forpligtelse til at forsyne et sådant boligområde med de nødvendige vandmængder – også i de perioder, hvor de alternative systemer giver op – kan dimensioneringen af såvel forsyningsledningen som stikledningen give tilsvarende problemer som omtalt ovenfor. Situationen for vandværket kan i uheldigste fald blive, at de pågældende forbrugere vil få en halvdårlig vandkvalitet såvel fra de alternative systemer som fra vandværket. I den forbindelse bør teksten fra Miljøstyrelsens Normalregulativ erindres: »Etablering af vandindlæg fra vandforsyningen som reserve for ejendommens eget vandindvindingsanlæg kan normalt ikke ventes tilladt. Vandforsyningen kan dog i undtagelsestilfælde tillade etableringen på særlige vilkår«.

Vandforsyningen bør med alternative ideer og nytænkning bidrage til løsninger, der forbedrer vort miljø. Men vandforsyningen har en særlig forpligtelse til at holde hovedet koldt og kun fremme de reelt bæredygtige løsninger, hvor tingene er sat i den nødvendige sammenhæng både i relation til miljø, sundhed, hygiejne og økonomi.

AB

201





# DANSK VANDTEKNISK FORENING

Danmarks vandværker  
VILH. BECKS VEJ 60 · DK-8260 VIBY J  
TLF. 86 11 23 33 · TELEFAX 86 11 79 39 · GIRO 7 13 23 95

Bilag 2

Miljøstyrelsen  
Strandgade 29  
1401 København K

Århus, 1992-08-20

## Temperatur på leveret drikkevand

I Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 515 af 29. august 1988 er der i bilag 1 angivet en højst tilladelig værdi på temperatur på 12°C på leveret drikkevand.

I Rådets direktiv af 15. juli 1980 om kvaliteten af drikkevand (80/778/EØF) er der tilsvarende angivet en vejledende værdi på 12°C og en højst tilladelig værdi på 25°C.

Dansk Vandteknisk Forening skal hermed opfordre Miljøstyrelsen til overfor Miljøministeren at anbefale de danske særregler på dette område afviklet.

På baggrund af henvendelse fra flere af foreningens medlemmer, gennemførte foreningen i foråret 1992 en undersøgelse blandt 21 af de største vandforsyninger i Danmark om temperaturen på leverede vand. 13 af de adspurgte vandforsyninger havde tilstrækkelige data til at deltage i undersøgelsen.

Resultatet viste på baggrund af 837 enkeltmålinger (ca. 70 målinger hver måned) i forskellige dele af forsyningsnettet et gennemsnit over året på 9,8°C; men et gennemsnit for de enkelte måneder på:

Jan.:	9,0°C	Jul.:	13,0°C
Feb.:	8,6°C	Aug.:	14,2°C
Mar.:	8,7°C	Sep.:	12,8°C
Apr.:	9,5°C	Okt.:	11,7°C
Maj.:	11,0°C	Nov.:	10,4°C
Jun.:	11,8°C	Dec.:	9,2°C

Af de 13 vandforsyninger oplyste 4 tappetider på 10 minutter eller derover - den tid vandet løber inden prøven udtages og temperaturen måles. Med en tilstrækkelig tappetid sikres at det er vandet i vandforsyningernes ledningsnet der måles på, og ikke vand der har stået i husinstallationen, brandhane e.lign. og blevet varmet op af omgivelserne.

De 4 vandforsyninger er blandt de største af de adspurgte, og nedenstående figur viser resultatet af 261 enkelt målinger, med tappetider på 10 minutter eller derover. Figuren viser at der i perioden juni til august er registreret 43 overskridelser af temperaturkravet, og at det månedlige gennemsnit har været over de 12°C fra juni til september.

Temperatur, °C	Antal registrerede målinger pr. måned											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
3												
4		1	1									
5		1	1									
6												1
7	1	4	3									
8	8	10	3	5								
9	9	6	7	8	3	1						
10	1	2	4	3	4	5	6	1				1
11	2	1		6	5	7	1	4	2	4	5	2
12		1	2	1	2	6		6	8	1	4	2
13				2	1	6	5	3	3	4		2
14		1		1	1	2	1	2	2			
15						5	3	2	1			
16					1	3		4	1			
17						2	1					
18								1				
19									1			
20									1			
21									1			
22										1		
23											1	
Gennemsnit	8,8	8,4	8,6	10,0	11,1	12,7	12,5	13,6	12,9	11,5	10,2	9,5

Undersøgelsen er ikke foregået videnskabeligt, men giver dog et væsentligt fingerpeg om at danske vandforsyninger har problemer i sommerperioden med at overholde det i bekendtgørelsen fastsatte temperaturkrav.

Af data fra de vandforsyninger, hvor der tillige er målt samhørende værdier af temperatur og kimtal, har der ikke været grund til at antage en sammenhæng mellem disse parametre.

Det er Dansk Vandteknisk Forenings opfattelse, at temperaturkravet i bekendtgørelsen ikke er relevant i relation til sundhedskriterier.

På baggrund af:

- at danske vandforsyninger gennemgående har problemer med at overholde temperaturkravet i sommerperioden - sandsynliggjort af ovenstående,
- at forhøjede temperaturer ikke har givet anledning til forbrugerklager i væsentlig omfang,
- at der inden for de målte temperaturområder ikke synes at være risiko for øget bakterievækst, og
- at en tilstræbelse af overholdelse af temperaturkravet i alle måneder vil betyde enorme investeringer i distributionsanlæggene, uden garanti for at temperaturkravet derved vil kunne overholdes,

mener foreningen, at tiden er inde til at fjerne de danske særregler.

Med venlig hilsen

*Anders Bækgaard*  
Anders Bækgaard

