

Technical University of Denmark



Vandforbrug og forbrugsvariationer. Indledende undersøgelser

Boe-Hansen, Rasmus; Larsen, K.; Thomsen, T.

Publication date:
2004

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Boe-Hansen, R., Larsen, K., & Thomsen, T. (2004). Vandforbrug og forbrugsvariationer. Indledende undersøgelser. Kgs. Lyngby: DANVA - Dansk Vand og Spildevandsforening & Miljø og Ressourcer DTU, Danmarks Tekniske Universitet.

DTU Library
Technical Information Center of Denmark

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

VANDFORBRUG OG FORBRUGSVARIATIONER

Indledende undersøgelser

DANVA

Dansk vand og spildevandsforening

&

Miljø & Ressourcer DTU

Danmarks Tekniske Universitet

Indholdsfortegnelse

Sammenfatning	3
1 Forord.....	4
2 Indledning	5
2.1 Formål	5
2.2 Dataindsamling	5
2.3 Deltagende vandforsyninger	6
2.4 Datakrav	7
2.5 Dataoversigt	8
Husholdningsforbrug	8
Institutionsforbrug.....	10
Erhvervsforbrug	10
3 Databehandling	12
3.1 Årsvariationer	12
3.2 Månedsvariationer.....	13
3.3 Døgnvariationer	14
3.4 Timevariationer.....	16
3.5 Minutvariationer	17
4 Undersøgelsens resultater	18
4.1 Husholdninger.....	18
Årsforbrug.....	18
Døgnvariationer	19
Timevariationer.....	21
Minutvariationer	23
Diskussion.....	25
4.2 Institutioner	26
Årsforbrug.....	26
Døgnvariationer	29
Timevariationer.....	29
Minutvariationer	30
Diskussion.....	30
4.3 Erhverv.....	31
Årsforbrug.....	31
Variationer	33
Diskussion.....	34
5 Arbejdsgruppens anbefalinger	35
Referencer	37

Sammenfatning

De gennemsnitsværdier for vandforbrug og forbrugsvariationer, der anvendes i forbindelse med dimensionering af vandledningsnet, er fastsat sidst i 1970'erne. Vandforbruget er siden faldet væsentlig samtidig med, at den teknologiske udvikling har gjort det lettere at indsamle og behandle store mængder data. Der har derfor været et voksende behov for en revidering af de gældende normværdier for fastlæggelse af den dimensionsgivende vandstrøm i vandforsyningsledninger. Formålet med denne undersøgelse var at fastlægge tidssvarende værdier for forbrugsvariationer indenfor en række forskellige forbrugskategorier. Undersøgelsen bygger hovedsagligt på indsamling af eksisterende data for forbrug for husholdninger, institutioner og erhverv fra 8 vandforsyninger fordelt over hele Danmark.

Husholdningsforbruget i undersøgelsen var generelt betydeligt lavere end angivet i normen, mens størrelsen af forbrugsvariationerne i høj grad afhang af forbrugernes samlede vandforbrug. Boligtypen syntes ikke at have den store betydning for forbrugsmønstret, idet middelforbrug og forbrugsvariationer for husholdninger i parcel-/rækkehuse og etageejendomme var stort set ens.

For institutioner og erhverv afveg middelforbruget ligeledes væsentlig fra normværdierne. De indsamlede data omkring især forbrugsvariationerne var ikke fyldestgørende, og der bør derfor udføres supplerende målinger.

Projektets undersøgelser viste samlet set, at der i høj grad er behov for en revidering af grundlaget for dimensionering af vandforsyningsledninger. Undersøgelsens målinger viste, at forbruget for næsten alle forbrugskategorier afveg betydeligt fra de værdier, der anbefales i den gældende dimensioneringsnorm.

Projektgruppen anbefaler, at der på en række specifikke områder udføres supplerende målinger med henblik på at forbedre datagrundlaget. Derudover bør grundlaget for beregningen af den dimensionsgivende vandstrøm revurderes, så sikkerhedsniveauet for minimumstrykket i rørene afspejler en afvejning mellem forsyningsikkerhed og reduceret opholdstid i ledningsnettet.

1 Forord

Vandforbruget i de senere år har været faldende, primært som følge grønne afgifter og øget miljøbevidsthed i befolkningen. De danske normer for dimensionering af vandforsyningssystemer bygger i høj grad på ældre undersøgelser, der ikke længere kan antages at dække de nuværende forbrugsmønstre.

Formålet med nærværende undersøgelse har været at fastlægge tidssvarende værdier for forbrugsvariationer indenfor forskellige forbrugskategorier. Undersøgelsen er udført for og finansieret af DANVA. Der blev i forbindelse med projektet nedsat en projektgruppe bestående af:

Karin Larsen, I/S Odder Vandværk, Projektleder
Torlei Thomsen, DANVA, Projektsekretær
Mariann Brun, Århus kommunale værker
Rasmus Boe-Hansen, Miljø & Ressourcer DTU

Der blev desuden nedsat en følgegruppe bestående følgende personer fra de deltagende vandforsyninger:

Erling Nissen, Odense Vandselskab
Per Kragh Nielsen, Vandforsyningen i Sæby
Katharina M. Schlein, Esbjerg vandforsyning
Jørgen Ellermann Andersen, Aalborg vandforsyning
Charlotte Schmidt, TRE-FOR

Derudover har Hans-Jørgen Albrechtsen, Miljø & Ressourcer DTU medvirket i udarbejdelsen af rapporten.

Projektet blev gennemført i perioden april 2002 - juli 2003.

2 Indledning

Dimensionering af vandledninger i Danmark baseres i dag på Dansk Ingeniørforenings Norm for Vandinstallationer (2000) og for Almene Vandforsyningsanlæg (1988). De gennemsnitsværdier for vandforbrug og forbrugsvariationer, der anvendes i disse normer i forbindelse med dimensionering af vandledningsnet, er fastsat sidst i 1970'erne. Den seneste undersøgelse af danskernes vandforbrugsmønstre blev udført i 1982, hvor Jydsk Teknologisk Institut udarbejdede rapporten "Vandforbrug og forbrugsvariationer". Det er således mere end 20 år siden, der sidst er gennemført en egentlig kortlægning af forbrugsmønstre i vandforsyningen. Gennem det meste af denne periode har vandforbruget været støt faldende, således udgjorde det målte forbrug $95 \text{ m}^3/\text{person}$ i 1982, mens forbruget i 2001 udgjorde $72 \text{ m}^3/\text{person}$, der er altså tale om et fald på 32%. Ledningstabet blev i samme periode mindsket fra $12 \text{ m}^3/\text{person}$ til $5 \text{ m}^3/\text{person}$. Det faldende vandforbrug og tab har medført, at mange vandforsyningsledninger er overdimensionerede, hvilket resulterer i øgede opholdstider, der kan forringe vandkvaliteten.

Den teknologiske udvikling har desuden gjort det muligt, at foretage en mere detaljeret forbrugsregistrering, og har gjort det lettere og hurtigere at behandle de store mængder data, der fremkommer ved detaljerede forbrugsregistreringer.

2.1 Formål

Det er formålet med projektet at fastlægge nye tidssvarende værdier for vandforbrug og forbrugsvariationer for de enkelte forbrugskategorier til fremtidig dimensionering af vandledninger ved både nyanlæg og reovering af ledningsnet. Et optimalt dimensioneret ledningsnet vil give besparelser i driften og ofte i anlægsfasen, samt sikre drikkevandets kvalitet gennem korte opholdstider.

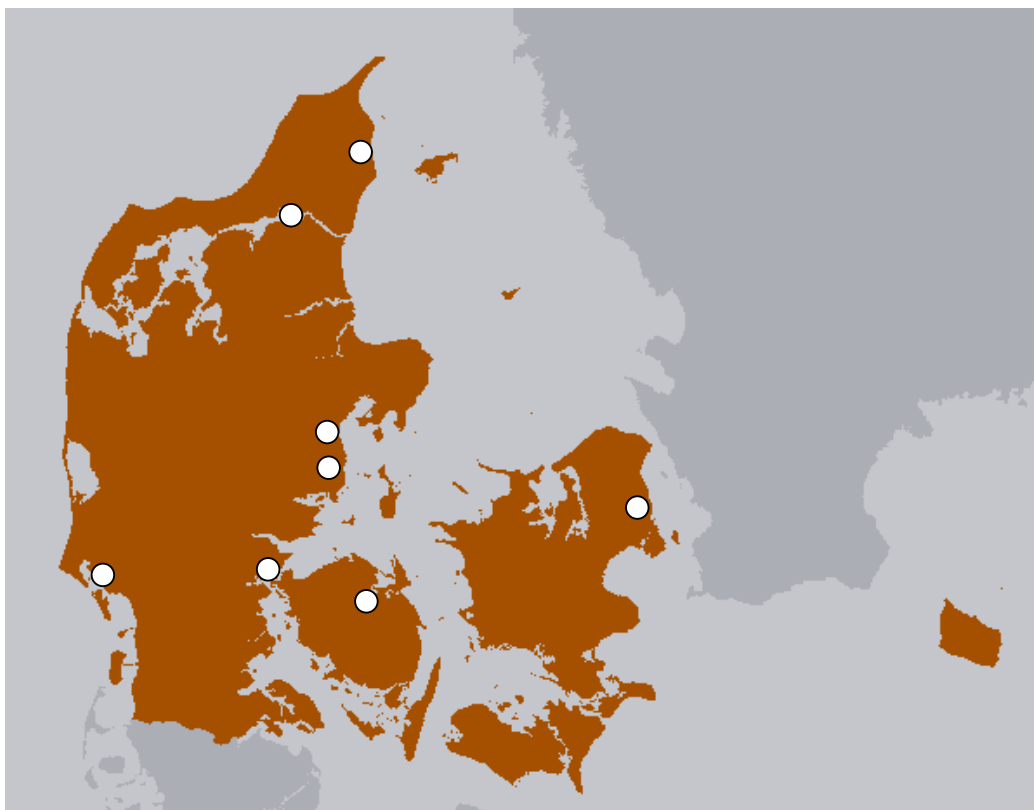
2.2 Dataindsamling

I projektperioden blev der indsamlet eksisterende måleserier af nyere dato, og derudover blev der gennemført nogle få målinger specifikt med henblik på dette projekt. Undersøgelsens målinger er udført i perioden 2001 - 2002.

Da denne undersøgelse i høj grad har været baseret på indsamling af eksisterende data er der stor variation i mængden af målinger for de enkelte forbrugskategorier. Dette er ikke nødvendigvis udtryk for at rapportens forfattere vægter disse forbrugskategorier højere end de øvrige, men at der for netop disse typer har været mange tilgængelige data.

2.3 Deltagende vandforsyninger

Følgende 8 vandforsyninger deltog med data i projektet: Esbjerg, Farum, Odense, Odder, Sæby, TRE-FOR, Aalborg og Århus (se Figur 2.3.1).



Figur 2.3.1. Geografisk placering af de deltagende vandforsyninger.

Vandforsyningerne er fordelt ud over Danmark og repræsenterede forskellige størrelser og forbrugssituationer. Enkelte nøgletal for forsyningerne er vist i Tabel 2.3.1.

Tabel 2.3.1. Nøgletal for de deltagende vandforsyninger (Dansk vand- og spildevandsforening, 2001).

	Antal forbrugere	Levering i alt (1000 m ³)	Middel døgnforbrug (L/pers/d)	
			Totalt	Husholdning
Esbjerg	74.938	6.908	253	124
Farum	18.790	1.060	169	123
Odense	152.186	10.617	191	120
Odder*	13.000	864	182	109
Sæby*	13.400	1.187	243	132
TRE-FOR	105.600	11.905	229	123
Aalborg	95.208	7.818	225	d.m.
Århus	248.400	16.677	184	123

* Tallene er opdateret på baggrund af vandforsyningernes egne oplysninger
d.m.: data mangler

Esbjerg og TRE-FOR repræsenterede byer med meget industri, mens Farum, Odense og Århus hovedsageligt repræsenterede forbrug i forbindelse med husholdninger. Sæby er den eneste vandforsyning i undersøgelsen, hvor landbrug udgør en væsentlig

andel af det samlede forbrug. Forbrugsfordelingen for de deltagende vandforsyninger er vist i Tabel 2.3.2.

Tabel 2.3.2. Forbrugsfordeling for de deltagende vandforsyninger (Dansk vand- og spildvandsforening, 2001).

	Husholdning	Erhverv	Institutioner	Tab
Esbjerg	49%	41%	4%	5%
Farum	73%	11%	7%	9%
Odense	63%	22%	7%	7%
Odder	60%	23%	9%	8%
Sæby	54%	37%	4%	5%
TRE-FOR	39%	46%	6%	8%
Aalborg	d.m.	d.m.	d.m.	d.m.
Århus	67%	20%	10%	3%

d.m.: data mangler

Som det ses af Tabel 2.3.2 udgør husholdningsforbruget størstedelen af det samlede forbrug (se Tabel 2.3.2). Et højt erhvervsforbrug er typisk fordelt på nogle få enkeltforbrugere, hvor forbrugsmønstret i høj grad afhænger af de specifikke virksomheders aktiviteter. TRE-FOR's høje erhvervsforbrug skyldes således i høj grad et bryggeri, en gødningsfabrikant og en læskedrikfabrikant.

2.4 Datakrav

Projektets styregruppe havde på forhånd opstillet en række krav til de data der skulle indgå i projektet. Måleseriernes variationer i forbruget skulle således som minimum have følgende længder:

- 1) Døgnforbrugsmålinger - mindst 30 døgn's målinger (>30 måleværdier)
- 2) Timeforbrugsmålinger - mindst 7 døgn's målinger (>168 måleværdier)
- 3) Minutforbrugsmålinger - mindst 1 døgn's målinger (>1440 måleværdier)

Da vandforsyningerne kun havde rådighed over et begrænset antal forbrugsmålere blev længden på måleserierne i høj grad fastlagt ud fra en afvejning af behovet for lange måleserier mod behovet for måleserier fra mange forskellige lokaliteter. Måleserierne skulle ligeledes afspejle den naturlige cyklus i vandforbruget over dagen, ugen og måneden. Det var desværre ikke muligt at inddrage årstidsvariationer i forbrugsmålingerne, da disse krævede en måleserie på mindst et år. For at illustrere årstidsvariationerne er der imidlertid indsamlet måleserier for udpumpningen fra en række forskellige vandværker.

Alle måleserier blev ledsaget af en række basisinformationer, nemlig:

- a) Det sidst registrerede årsforbrug
- b) Forbrugskategori (bolig, erhverv, institution etc.)
- c) Kort beskrivelse af forbrugeren
 - i. Bolig: Antal boliger og beboere
 - ii. Erhverv: Antal bebyggede m²
 - iii. Institution: Antal ansatte og daglige brugere

Ufuldstændige dataserier blev sorteret fra bortset fra enkelte tilfælde, hvor datakravene er meget tæt på at være opfyldt.

2.5 Dataoversigt

Der blev indsamlet i alt 123 brugbare måleserier fra 92 lokaliteter heraf:

- 64 måleserier af husholdningsforbrug
- 30 måleserier af forbrug fra forskellige institutioner
- 16 måleserier af forskellige typer erhverv (heraf 5 målinger af landbrug).

Måleserierne af forbrugsvariationerne består af i alt 235.024 enkeltmålinger fordelt på 188.561 målinger af minutforbrug, 40.695 målinger af timeforbrug og 5.768 målinger af døgnforbruget.

Derudover blev der for en række forskellige typer forbrugere kun indsamlet data omkring årsforbrug samt forskellige basisinformationer omkring forbrugernes størrelse.

I det følgende gives en oversigt over de indsamlede måleserier fra de deltagende vandforsyninger.

Husholdningsforbrug

Dataindsamlingen fokuserede især på husholdningsforbruget, da dette forbrug udgør den største del af det samlede forbrug. I Tabel 2.5.1 gives en oversigt over de indsamlede måleserier fra husholdninger fordelt på de enkelte vandforsyninger.

Tabel 2.5.1. Oversigt over indsamlede måleserier med forbrugsvariationer fra husholdninger.

Reference	Antal boliger	Type	Antal målinger		
			Minut	Time	Døgn
TRE-FOR					
TF01	1	Parcelhus	-	2.951	144
TF02	1	Parcelhus	-	2.231	307
TF03	103	Etageboliger	-	2.231	51*
TF04	1	Parcelhus	-	8.849	368
TF05	380	Etageboliger	-	1.255	52
TF06	1	Parcelhus	-	2.229	311
TF07	1	Parcelhus	-	2.952	361
TF08	1	Parcelhus	-	1.450	274
TF09	1	Parcelhus	-	2.951	333
TF10	1	Parcelhus	-	1.429	284
Sæby					
S02	1	Parcelhus	1.440	-	-
S03	1	Parcelhus	10.080	168	-
S08	1	Landhus	1.440	-	-
S09	1	Landhus	1.423	-	-
S10	30	Etageboliger	1.441	-	-
S11	33	Etageboliger	1.440	-	-
S13	1	Parcelhus	4.344	-	-
S14	1	Parcelhus	1.439	-	-
S15	1	Parcelhus	5.815	-	-
S16	1	Parcelhus	4.472	-	-
S17	1	Parcelhus	7.200	-	-
S18	1	Parcelhus	7.825	298	-
S20	18	Parcelhus	28.273	471	-
S21	38	Parcelhus	16.962	474	-
S22	122	Parcelhus	24.553	572	-
Esbjerg					
E01	1	Parcelhus	-	309	-
Aalborg					
AA01	191	Etageboliger	-	337	-
AA02	154	Etageboliger	-	278	-
AA05	30	Etageboliger	-	337	-
AA07	30	Etageboliger	-	337	-
AA08	30	Etageboliger	-	337	-
AA11	30	Etageboliger	-	337	-
AA17	1	Parcelhus	-	144	-
AA30	1	Parcelhus	-	192	-
Odense					
O02	783	Parcel-/rækkehuse	21.607	360	-
O03	117	Parcel-/rækkehuse	1.440	192	30
O04	1	Parcelhus	1.441	168	29
O05	1	Parcelhus	1.296	168	29
Århus					
År09	432	Etageboliger	-	-	29
År10	504	Etageboliger	-	-	29
År11	840	Etageboliger	-	-	29
Farum					
F01	25	Etageboliger	-	168	-
F02	141	Etageboliger	-	120	-
F03	140	Etageboliger	-	216	-
F05	154	Etageboliger	-	264	-
F06	156	Etageboliger	-	168	-
F07	62	Etageboliger	-	192	-
F08	56	Etageboliger	-	360	-
F09	60	Etageboliger	-	168	-

Målingerne på parcel-/rækkehuse blev typisk udført for en enkelt husstand, mens etageejendommene dækker målinger for grupper af boliger. Dette skyldes naturligvis at vandværket normalt udfører måling på ejendommens stikledning og ikke på de enkelte lejligheder.

Institutionsforbrug

I undersøgelsen indgik der målinger af forbruget for en række forskellige offentlige institutioner. Institutionerne blev opdelt i dagsinstitutioner (vuggestue, børnehave og integreret), undervisningsinstitutioner (folkeskole, gymnasium, andet), ældreboliger, bofællesskaber og plejehjem (se Tabel 2.5.2).

Tabel 2.5.2. Oversigt over indsamlede måleserier med forbrugsvariationer fra institutioner.

Reference	Type	Antal målinger		
		Minut	Time	Døgn
Sæby				
S01	Børnehave	2.880	-	-
S19	Plejehjem	2.880		
Aalborg				
AA09	Plejehjem	-	300	-
AA10	Plejehjem	-	301	-
AA16	Plejehjem	-	169	-
AA19	Plejehjem	-	169	-
AA20	Plejehjem	-	169	-
AA21	Plejehjem	-	169	30
AA24	Handelsskole	-	169	30
AA27	Folkeskole	-	169	-
AA31	Folkeskole	-	167	-
AA39	Gymnasium	-	-	30
Århus				
År01	Plejehjem	-	184	366
År02	Bofællesskab	-	176	366
År03	Ældreboliger	-	161	366
År04	Vuggestue	-	-	366
År05	Aktivitetscenter	-	184	366
År06	Ældreboliger	-	184	366
År07	Ældreboliger	-	183	366
År08	Ældreboliger	-	176	366
Farum				
F04	Plejehjem	-	168	-

Erhvervsforbrug

Undersøgelsen af forbrugsvariationerne for erhverv fokuserede især på landbrug, hvor der blev indsamlet 5 måleserier (se Tabel 2.5.3).

Tabel 2.5.3. Oversigt over indsamlede måleserier med forbrugsvariationer fra erhverv.

Reference	Type	Antal målinger		
		Minut	Time	Døgn
Sæby				
S04	Landbrug	1.440	-	-
S05	Landbrug	10.064	168	-
S06	Landbrug	1.440	-	-
S07	Landbrug	2.881	-	-
S12	Materielgård	1.439	-	-
Aalborg				
AA12	Butikcenter	-	169	-
AA13	Supermarked	-	169	30
AA14	Supermarked	-	169	30
AA18	Supermarked	-	169	30
AA29	Supermarked	-	143	-
Odense				
O01	Erhvervsområde	21.606	360	-

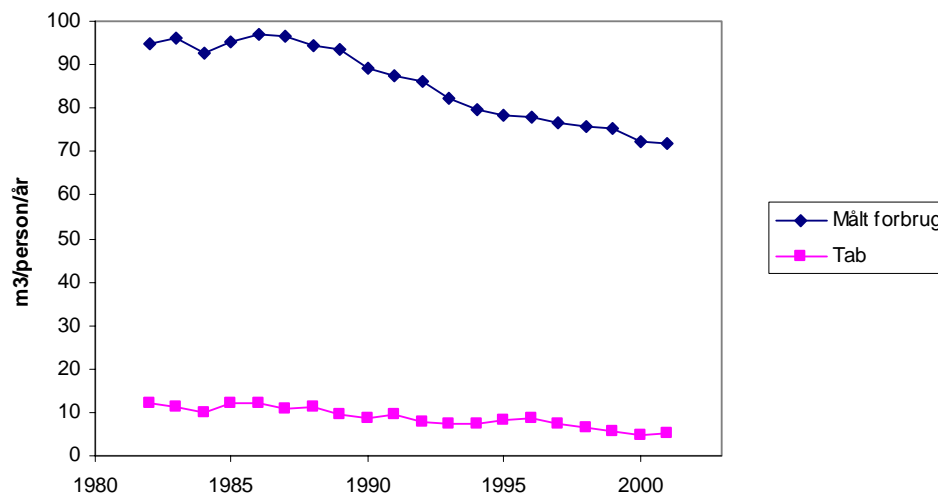
3 Databehandling

Dimensionering af drikkevandsledninger foretages ud fra en vurdering af den maksimale vandstrøm, der skal transporteres gennem ledningen. Denne vandstrøm benævnes den dimensionsgivende vandstrøm.

Det er klart at forbrugsmønstret spiller en væsentlig rolle for hvor stor den dimensionsgivende vandstrøm skal være. Forbrugsvariationerne opdeles her i variationer mellem år, måneder, dage, timer og i enkelte tilfælde kan det også være nødvendigt at inddrage minutvariationer.

3.1 Årsvariationer

Variationerne fra år til år er i høj grad afhængige af den generelle udvikling i samfundet, således har vandforbruget som nævnt været faldende igennem de seneste år som følge af en række vandbesparende foranstaltninger (se Figur 3.1.1).



Figur 3.1.1. Forbrugsudviklingen i perioden 1982-2001 (Dansk vand- og spildevandsforening, 1991, 2001).

Den årlige nedbørsmængde og gennemsnitstemperatur har i den sammenhæng kun haft mindre betydning for det samlede årsforbrug. Det samlede forbrug er primært reguleret af faktorer som f.eks. vandpris og antal husstande med individuelle vandmålere, vandsparekampagner etc.

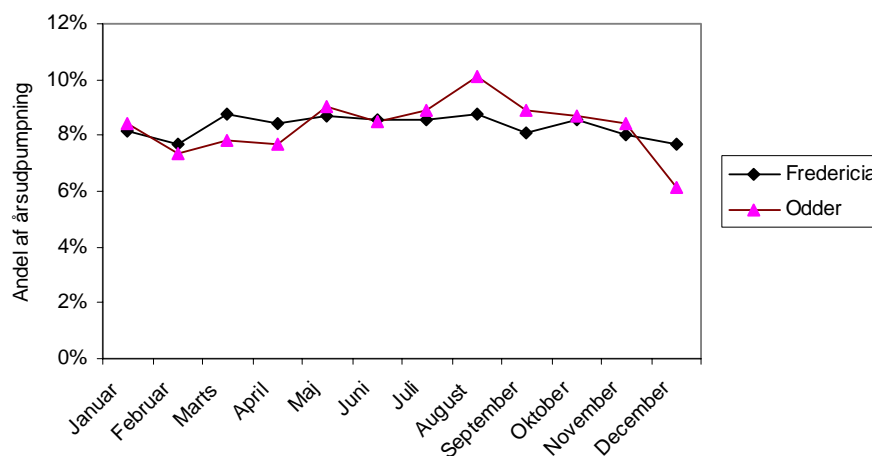
Forbruget er antageligt også faldende i fremtiden, idet den pris forbrugeren betaler for vand stadig stiger, samtidig med at forskellige vandbesparende tiltag får større og større udbredelse.

Vandforbruget er siden 1986 faldet med en rate på ca. 1,8 m³/person/år og en umiddelbar prognose for den nærmeste fremtid er, at denne reduktionsrate forsætter uændret.

3.2 Månedsvariationer

Vandforbruget vil til en vis grad variere hen over året. F.eks. vil forbruget i områder med fritidshuse typisk være højt i ferieperioder, ligesom nogle typer virksomheders aktiviteter i høj grad kan være sæsonbetingede (f.eks. i fiskeri- og landbrugssektoren).

Sæsonvariationerne i forbruget medfører at vandforsyningernes udpumpning varierer hen over året. I Figur 3.2.1 ses den månedlige variation i to forskellige vandforsyningers udpumpning. Vandforsyningen i Odder har den største variation over året, hvilket skyldes et betydelig antal fritidshuse, mens Fredericia i høj grad er præget af industri, hvilket i dette tilfælde betyder, at forbruget er mere stabilt fordelt henover året.



Figur 3.2.1. Månedlige forbrugsvariationer gennem år 2002 (Data fra Odder og TRE-FOR)

Data indsamlet fra 7 forskellige vandforsyninger viste, at månedsfaktoren lå i intervallet 1,05 og 1,3. Odder vandforsyning havde den største variation, mens Fredericia havde den mindste.

Månedsvariationer er ikke inddraget i de efterfølgende betragtninger, da der i denne undersøgelse kun i yderst begrænset omfang er udført med tilstrækkeligt lange måleserier.

3.3 Døgnvariationer

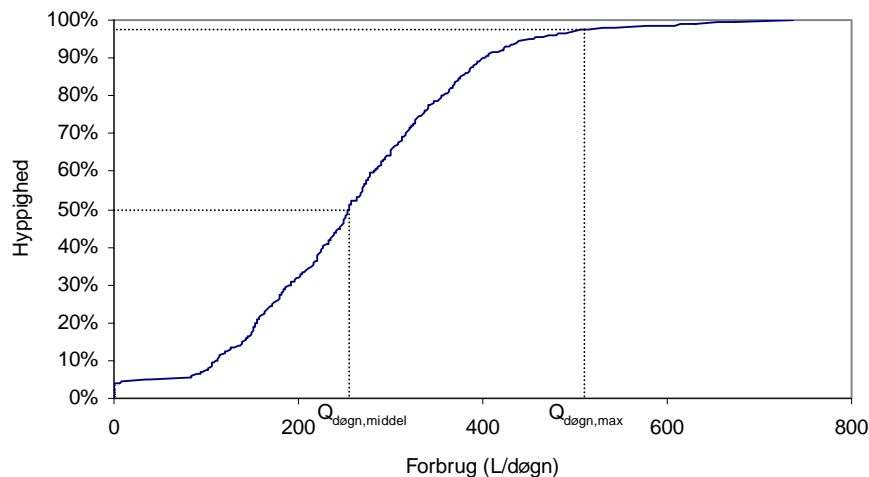
Variationen i forbruget hen over året bliver typisk beskrevet vha. en døgnfaktor, der multipliceret med middelforbruget giver det maksimale forbrug. Døgnfaktoren for en kendt forbrugsfordeling kan beregnes som:

$$f_{\text{døgn}} = Q_{\text{døgn,max}}/Q_{\text{døgn,middel}}$$

hvor $f_{\text{døgn}}$ er døgnfaktoren, $Q_{\text{døgn,max}}$ er det maksimale døgnforbrug, $Q_{\text{døgn,middel}}$ er middelforbruget.

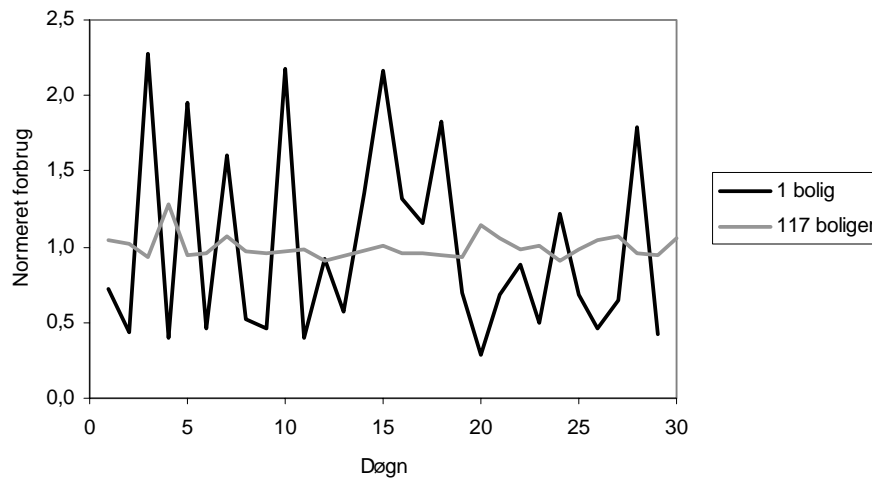
Maksimalforbruget vil altid være defineret i forhold til en tidsperiode. Der kan f.eks. være tale om det maksimale døgnforbrug i løbet af en uge, en måned eller et år. Tidsperioden definerer sikkerhedsniveauet for, hvor mange overskridelser af maksimalforbruget der accepteres. Således vil en døgnfaktor beregnet på basis af det højeste døgnforbrug målt i løbet af en enkelt uge statistisk set overskrides 26 gange i løbet af et år svarende til et sikkerhedsniveau på 93%. Sikkerhedsniveauet angiver den del af tiden, hvor forbruget statistisk set er mindre end den beregnede maksimalværdi. På samme måde vil en døgnfaktor beregnet på basis af det højeste døgnforbrug målt i løbet af en måned i gennemsnit overskrides 6 gange om året svarende til et sikkerhedsniveau på 98%.

I denne undersøgelse er den maksimale døgnfaktor udregnet på basis af det maksimale forbrug indenfor en måned (30 dage). I de tilfælde, hvor der i dette projekt blev udført måleserier længere end 30 dage er der udregnet en døgnfaktor for hver 30. dag, hvorefter middelværdien af disse døgnfaktorer er beregnet.



Figur 3.3.1. Eksempel på hyppigheden for forskellige døgnforbrug i en enkelt husholdning. Middelforbruget er 256 L/døgn og døgnfaktoren er beregnet til 2,0. Det maksimale døgnforbrug overskrides her i teorien 2,4% af døgnene (Data fra TRE-FOR).

Variationen i vandforbruget afhænger i høj grad af størrelsen af forbruget. I Figur 3.3.2 ses et typisk eksempel på forbrugsvariationen for et større boligområde sammenlignet med forbrugsvariationen hos en enkelt forbruger.



Figur 3.3.2. Eksempel på normerede døgnforbrugsvariationer gennem en måned. Døgnfaktoren for de to måleserier er i dette eksempel 2,3 og 1,3 for henholdsvis 1 husstand og 117 husstande (data fra Odense).

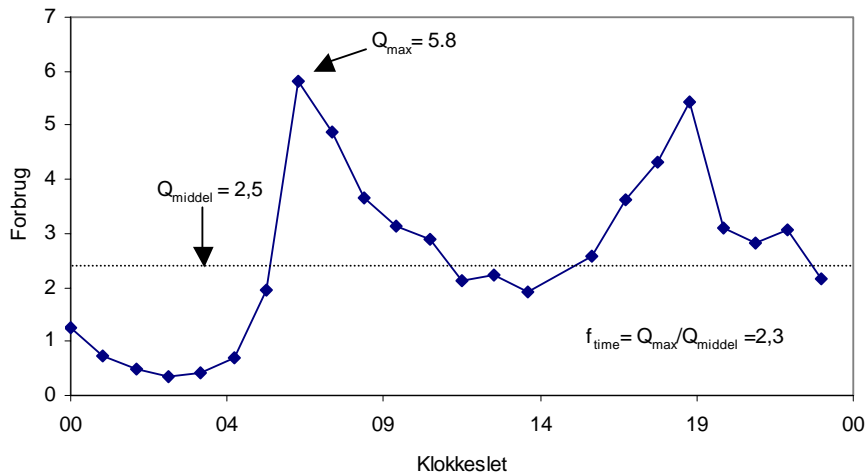
Det ses af figuren, at variationen er væsentlig mindre for boligområdet, hvilket skyldes, at der sker en udjævning af variationerne når antallet af forbrugere øges. Det betyder altså at forbrugsvariationerne for mange forbrugere er mindre end forbrugsvariationerne for få forbrugere.

3.4 Timevariationer

Beregningen af timefaktoren er helt parallel til beregningen af døgnfaktoren, idet:

$$f_{\text{time}} = Q_{\text{time,max}}/Q_{\text{time,middel}}$$

hvor f_{time} er timefaktoren, $Q_{\text{time,max}}$ er det maksimale forbrug i løbet af døgn, $Q_{\text{time,middel}}$ er middelforbruget (se Figur 3.4.1).



Figur 3.4.1. Eksempel på beregning af timefaktor.

Timefaktoren beregnes altid ud fra det maksimale flow indenfor et døgn. Timefaktoren vil derfor i gennemsnit overskrides én enkelt time hvert andet døgn svarende til et sikkerhedsniveau på 98%

Den dimensionsgivende vandstrøm beregnes som nævnt normalt ved at multiplicere time- og døgnfaktoren med det forventede middelforbrug, og det betyder at sikkerhedsniveauet øges tilsvarende, således bliver sikkerhedsniveauet 99,97% svarende til at det beregnede maksimale timeforbrug kan forventes at blive overskredet 1 time hver 4. måned.

Som det ses af ovenstående beregninger kan der opnås en meget høj sikkerhed for at timeforbruget ikke overskrides. Der kan imidlertid være tale om en falsk tryghed, idet flowet i vandledningerne hyppigt kan være væsentlig højere end det maksimale timeforbrug, idet der indenfor en enkelt time kan være væsentlige variationer i flowet.

Ulempen ved den meget høje sikkerhedsniveau er, at rørene dimensioneres væsentlig større end de ville blive ved et lavere sikkerhedsniveau, hvilket betyder, at opholdstiden i ledningsnettet bliver tilsvarende højere.

3.5 Minutvariationer

Med henblik på at karakterisere forbrugsvariationerne indenfor timen blev der udført en serie minutforbrugsmålinger. Udfra minutforbrugsmålingerne kan minutfaktoren beregnes. Minutfaktoren angiver det maksimale flow indenfor en time og beregnes altid indenfor en time, hvilket betyder et sikkerhedsniveau på 99%.

$$f_{\text{minut}} = Q_{\text{minut,max}}/Q_{\text{minut,middel}}$$

hvor f_{minut} er timefaktoren, $Q_{\text{minut,max}}$ er det maksimale forbrug i løbet af minuttet, $Q_{\text{minut,middel}}$ er middelforbruget.

I praksis bruges minutfaktorer sjældent idet disse udgør et meget højt sikkerhedsniveau. Man er derfor tilbøjelig til at acceptere de kortvarige trykfald som høje minutforbrug kan resultere i, frem for at øge dimensionerne på vandledningerne og derved øge opholdstiden i ledningsnettet.

4 Undersøgelsens resultater

4.1 Husholdninger

I undersøgelsen blev der indsamlet forbrugsdata for et større antal husholdninger. Typen af beboelserne opdeles her i fire kategorier, nemlig parcel-/rækkehuse, etageejendomme, landhuse og fritidshuse. Ældreboliger er i denne undersøgelse behandlet i afsnittet om institutioner (se afsnit 4.2).

Årsforbrug

Der blev i et vist omfang indsamlet data omkring årsforbruget for forskellige typer husholdninger (se Tabel 2.3.1).

Tabel 4.1.1. Husholdningsforbrug. Årsforbrug pr. husstand for forskellige typer beboelse.

Sted	Antal husstande	Totalt forbrug (m ³ /år)	Middelforbrug (m ³ /husstand/år)
Parcel-/rækkehuse			
Sæby	3.156	330.031	105
TRE-FOR	8	974	122
Esbjerg	1	140	140
Aalborg	485	54.448	112
Odense	902	84.286	93
Parcel-/rækkehuse samlet	4.552	469.879	103
Etageejendomme			
Sæby	1.010	69.651	69
TRE-FOR	483	31.441	65
Aalborg	619	63.372	102
Århus	1.776	331.135	186
Farum	676	89.463	132
Etageejendomme samlet	4.564	585.062	128
Landhuse			
Sæby	409	63.259	155
Landhuse samlet	409	63.259	155
Fritidshuse			
Sæby	1.365	37.968	28
Odder	797	21.733	27
Fritidshuse samlet	2.162	59.701	28

Som det ses af tabellen var middelforbruget for landhusene ikke overraskende det højeste, hvilket formentlig skyldes, at prisen for vand er lavere, da der normalt ikke betales vandafledningsafgift, samt der kan være dyrehold i et vist omfang. Mens årsforbruget for fritidshusene ikke overraskende var lavt, da de ikke er i brug året rundt.

Middelforbruget for parcelhusene var noget overraskende mindre end middelforbruget for lejligheder. Det højere forbrug for etageejendommene kan muligvis skyldes, at vandforbruget ikke afregnes individuelt som det er tilfældet med parcelhusene. Det må desuden antages, at vandforbruget til havevanding er blevet stærkt reduceret i de senere år.

Det er klart, at vandforbruget i høj grad afhænger af antallet af mennesker i beboelsen. Det ses tydeligt, at variationen er stor især for lejligheder, hvilket bl.a. skyldes, at størrelsen på lejligheden og antallet beboere er meget varierende.

For en række områder blev der indsamlet oplysninger om antallet af beboere i de enkelte husstande (se Tabel 4.1.2).

Tabel 4.1.2. Husholdningsforbrug. Forbrug pr. person for forskellige typer beboelse.

Sted	Antal husstande	Antal beboere	Antal beboere pr. husstand	Totalt forbrug (m ³ /år)	Middelforbrug (L/pers/dag)
Parcel-/rækkehuse					
Sæby	122	203	1,7	14.859	201
TRE-FOR	8	21	2,6	974	127
Esbjerg	1	4	4,0	140	96
Aalborg	1	4	4,0	130	89
Odense	902	1.905	2,1	84.286	121
Samlet	1.034	2.137	2,1	100.389	129
Etageejendomme					
Sæby	63	190	3,0	5.927	85
TRE-FOR	483	1.453	3,0	31.441	59
Aalborg	345	726	2,1	36.996	140
Århus	1.776	6.296	3,5	331.135	144
Farum	676	1.824	2,7	89.463	134
Samlet	3.343	10.489	3,1	494.962	129

Vandforbruget pr. person var i denne undersøgelse det samme, uafhængigt af boligformen. Parcel-/rækkehusene havde i gennemsnit 2,1 beboere, mens boligerne i etageejendommene havde 3,1 beboere i gennemsnit. I følge Danmarks Statistik boede der i 2002 i gennemsnit 2,6 personer pr. parcelhus, 2,0 personer pr. række-, kæde- eller dobbelthus og 1,7 personer pr. bolig i etageejendomme (Danmarks Statistik, 2002). Etageejendommene, der indgik i denne undersøgelse har tydeligvis været noget atypiske, da antallet af beboere er betydeligt højere end landsgennemsnittet.

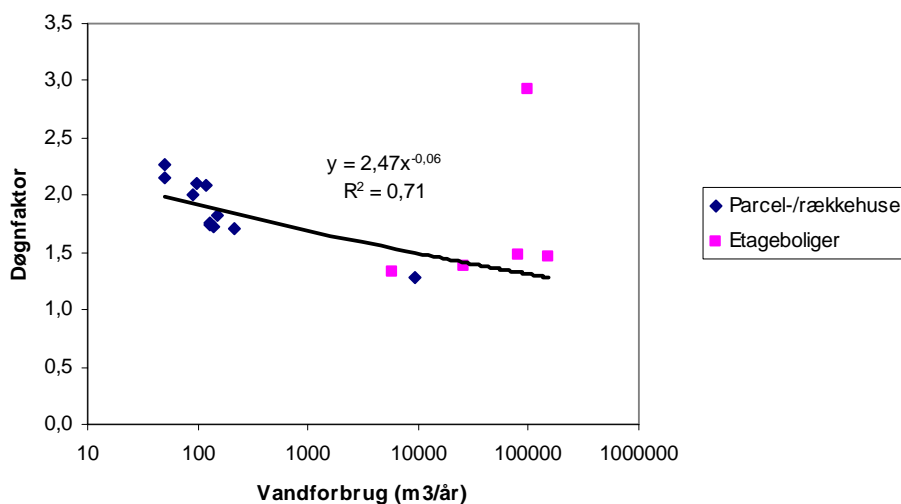
Døgnvariationer

Der blev indsamlet 16 måleserier af døgnvariationer for husholdninger; 11 måleserier for parcel-/rækkehuse og 5 måleserier for etageejendomme. På basis af hver måleserie blev der udregnet én døgnfaktor (se Tabel 4.1.3).

Tabel 4.1.3. Døgnvariationer for husholdninger.

	Antal beboelser	Årsforbrug (m ³)	Døgnfaktor
Parcel-/rækkehuse			
TF01	1	150	1,8
TF02	1	129	1,8
TF04	1	92	2,0
TF06	1	211	1,7
TF07	1	50	2,2
TF08	1	127	1,7
TF09	1	97	2,1
TF10	1	118	2,1
O03	117	9.362	1,3
O04	1	141	1,7
O05	1	51	2,3
Etageejendomme			
TF03	103	5.873	1,3
TF05	380	25.568	1,4
ÅR09	432	81.909	1,5
ÅR10	504	98.972	2,9
ÅR11	840	150.254	1,5

Døgnfaktoren afhænger naturligvis af vandforbrugets størrelse og antallet af husstande, idet en vandledning med mange husstande tilsluttet (og højt forbrug) typisk vil have en lavere døgnfaktor end en ledning med få husstande tilsluttet (og lavt forbrug). Tendensen udjævnes dog når antallet af husstande øges. Figur 4.1.1 viser døgnfaktoren som funktion af vandforbruget. For parcelhusene falder døgnfaktoren tydeligvis når forbruget øges. For etageejendommene er der ikke nogen klar tendens, hvilket formentlig skyldes at antallet af husstande var relativt højt for alle måleserier (>103 husstande).

**Figur 4.1.1. Husholdningsforbrug. Døgnfaktorer som funktion af vandforbruget.**

For enkelte parcel-/rækkehuse lå døgnfaktoren i intervallet 1,7 - 2,3, mens en samlet måling på 117 husstande resulterede i en døgnfaktor på 1,3. Målingerne af døgnfaktoren for etageejendomme præges af en enkelt måleserie med en meget høj døgnfaktor på 2,9. Denne værdi skyldes muligvis atypiske forhold, men det har ikke

været muligt at klarlægge årsagen nærmere. De øvrige måleserier på etageejendomme havde døgnfaktorer i et meget snævert interval på 1,3 - 1,5. Det bemærkes dog, at målingerne er udført på tilslutninger med mellem 103 - 840 husstande, dette antal er tilsyneladende så stort at faktoren ikke kan forventes at blive reduceret yderligere, når antallet af husstande øges.

Såfremt det antages, at forbrugsvariationerne for parcel-/rækkehuse og etageejendomme er de samme, kan døgnfaktoren ($f_{\text{døgn}}$) på baggrund af måledata estimeres som en funktion af det årlige vandforbrug i m^3 ($Q_{\text{år}}$). En hyperbolsk funktion synes at give et god tilpasning (se Figur 4.1.1):

$$f_{\text{døgn}} = 2,47 \times Q_{\text{år}}^{-0,06}$$

Man skal være opmærksom på at funktionen afspejler gennemsnitlige værdier og at der i praksis kan være væsentlige afvigelser fra beregnede døgnfaktorer. Den høje døgnfaktor på 2,9 er her udeladt af parameterestimationen.

Timevariationer

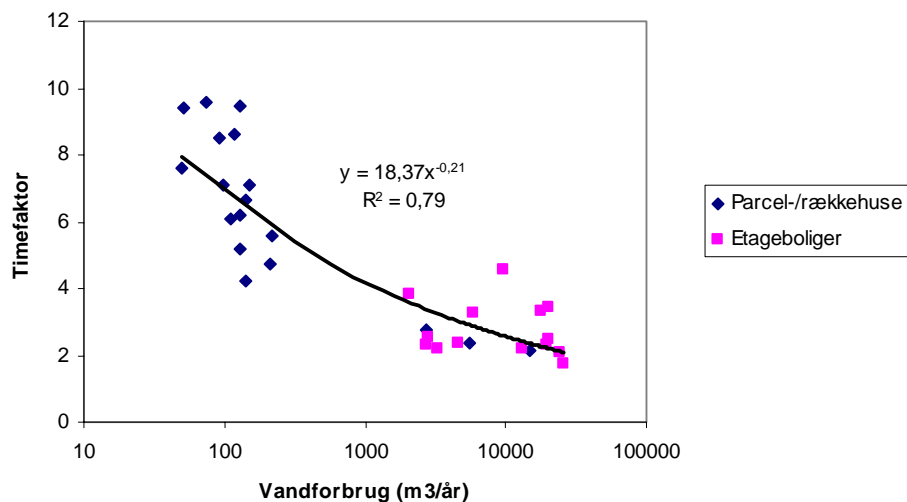
Der blev indsamlet 34 måleserier af timevariationer i husholdninger; 18 måleserier for parcel-/rækkehuse og 16 måleserier for etageejendomme. For hver måleserie beregnedes timefaktoren (se Tabel 4.1.4).

Tabel 4.1.4. Timevariationer for husholdninger.

	Antal beboelser	Årsforbrug (m ³)	Timefaktor
Parcel-/rækkehuse			
TF01	1	150	7,1
TF02	1	129	6,2
TF04	1	92	8,5
TF06	1	211	4,7
TF07	1	50	7,6
TF08	1	127	5,2
TF09	1	97	7,1
TF10	1	118	8,6
S03	1	220	5,6
S18	1	110	6,1
S20	18	2.758	2,7
S21	38	5.511	2,4
S22	122	14.859	2,1
E01	1	140	4,3
AA17	1	73	9,6
AA30	1	130	9,5
O04	1	141	6,6
O05	1	51	9,4
Etageejendomme			
TF03	103	5.873	3,3
TF05	380	25.568	1,7
AA01	191	23.988	2,1
AA02	154	13.008	4,2
AA05	30	2.820	2,5
AA07	30	2.688	2,3
AA08	30	3.228	2,2
AA11	30	4.632	2,4
F01	25	2.066	3,8
F02	141	20.071	3,5
F03	140	17.596	3,3
F05	154	19.566	2,3
F06	156	20.450	2,5
F07	62	-	2,8
F08	56	-	2,0
F09	60	9.714	4,6

For enkelte parcel-/rækkehuse var timefaktoren høj i intervallet 4,7 - 9,6. Mens tre opdelinger af et parcelhusområde i hhv. 18, 38 og 122 boliger havde betydeligt lavere timefaktorer i intervallet 2,1 - 2,7. Disse områdemålinger stemte godt overens med målingerne i etageejendommene med 25 - 380 boliger, hvor variationen i vandforbruget svarede til timefaktorer i intervallet 1,7 - 4,6.

Figur 4.1.2 viser timefaktoren som funktion af vandforbruget.



Figur 4.1.2. Husholdningsforbrug. Timefaktorer som funktion af vandforbruget.

Som det ses af figuren afhænger timefaktoren i høj grad af vandforbruget, mens der ikke på baggrund af de foreliggende data kan observeres en systematisk forskel som følge af boligformen (parcel-/rækkehuse eller etageboliger).

På baggrund af måledata kan timefaktoren estimeres som en funktion af det årlige vandforbrug i m^3 ($Q_{\text{år}}$). Igen anvendes en hyperbolsk funktion (se Figur 4.1.2), nemlig:

$$f_{\text{time}} = 18,4 \times Q_{\text{år}}^{-0,21}$$

Igen skal det understreges, at funktionen afspejler gennemsnitlige værdier og at der i praksis kan optræde væsentlige afvigelser fra beregnede timefaktorer.

Minutvariationer

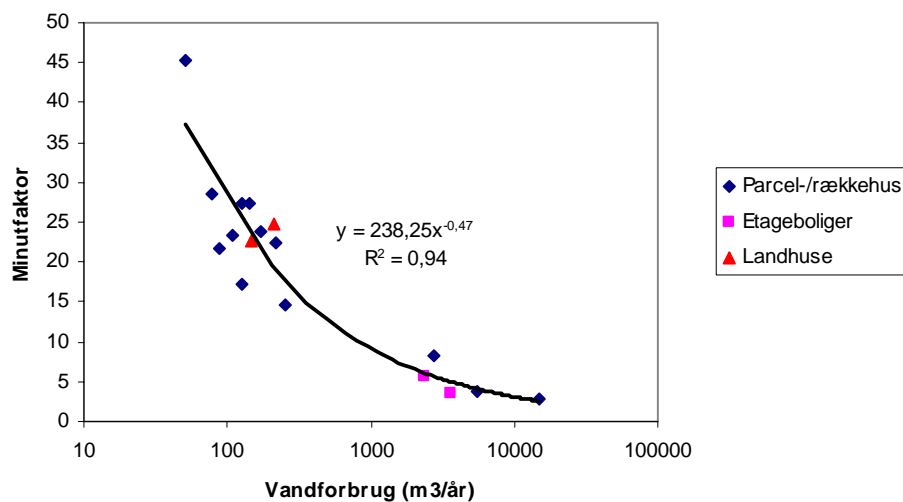
Der blev indsamlet 17 måleserier af minutforbruget i husholdninger fordelt med 13 på parcelhuse, 2 på etageejendomme og 2 i landhuse. For hver måleserie beregnedes en minutfaktor (se Tabel 4.1.5).

Tabel 4.1.5. Minutvariationer for husholdninger.

	Antal beboelser	Årsforbrug (m ³)	Minutfaktor
Parcel-/rækkehuse			
S02	1	78	28,5
S03	1	220	22,3
S13	1	169	23,9
S14	1	88	21,6
S15	1	127	17,2
S16	1	250	14,6
S17	1	127	27,4
S18	1	110	23,5
S20	18	2.758	8,3
S21	38	5.511	3,8
S22	122	14.859	2,8
O04	1	141	27,4
O05	1	51	45,3
Etageejendomme			
S10	30	3.569	3,5
S11	33	2.358	5,6
Landhuse			
S08	1	145	22,6
S09	1	210	24,9

Minutfaktorerne var som ventet høje for ejendomme med kun én husstand (mellem 14,6 - 45,3), men falder meget drastisk når antallet af husstande øges (vandforbruget øges). Der blev således observeret minutfaktorer helt ned til 2,8 for et parcelhusområde med 122 boliger.

Figur 4.1.3 viser minutfaktoren som funktion af vandforbruget.



Figur 4.1.3. Husholdningsforbrug. Minutfaktorer som funktion af vandforbruget.

Minutfaktoren estimeres ligeledes som en hyperbolsk funktion af det årlige vandforbrug i m³ (Q_{år}), denne gang som:

$$f_{\text{time}} = 238 \times Q_{\text{år}}^{-0,47}$$

Det er atter antaget at forbrugsvariationerne for parcel-/rækkehuse er de samme som for etageboliger. Samtidigt skal det igen understreges, at funktionen afspejler gennemsnitlige værdier og at der i praksis kan optræde væsentlige afvigelser fra beregnede døgnfaktorer.

Det bemærkes, at kurven for minutfaktoren aftager hurtigere end kurven for timefaktoren, der igen aftager hurtigere end kurven for døgnfaktoren.

Diskussion

På baggrund de indsamlede data omkring årsforbrug, typen af beboelse samt antallet af beboere i husstandene er det husstandsspecifikke forbrug og det personspecifikke forbrug beregnet (se Tabel 4.1.6).

Tabel 4.1.6. Oversigt over husholdningsforbrug.

	Antal husstande	Middelforbrug pr. husstand (m ³ /husstand/år)	Middelforbrug pr. beboer (L/beboer/døgn)
Parcel-/rækkehuse	4.552	103	129
Etageejendomme	4.564	128	129
Landhuse	409	155	-
Fritidshuse	2.162	28	-

Der var ikke forskel på det personspecifikke forbrug i parcel-/rækkehuse og i etageejendomme. Antallet af personer pr. husstand var dog noget højere i etageejendommene end i parcelhusene, hvilket betød, at det husstandsspecifikke forbrug for etageejendommene var højest. I DS442 Norm for almene vandforsyningsanlæg (Dansk Ingeniørforening, 1988) angives husholdningsforbruget til at ligge mellem 155 - 260 L/beboer/døgn, hvilket altså er betydeligt højere end de målte værdier i denne undersøgelse.

I denne undersøgelse blev der bestemt døgn-, time- og minutfaktorer for tre boligtyper, nemlig parcel-/rækkehuse, etageejendomme og landhuse. Der blev i denne undersøgelse ikke målt forbrugsvariationer i fritidshuse. Intervallerne for undersøgelsens måleserier er vist i Tabel 4.1.7.

Tabel 4.1.7. Intervaller for undersøgelsens døgn-, time og minutfaktorer for husholdningsforbruget. Tallet i parentes angiver antallet af måleserier.

	Årsforbrug (m ³)	Døgnfaktor	Timefaktor	Minutfaktor
Parcel-/rækkehuse	50 - 14.859 (26)	1,3 - 2,3 (11)	2,1 - 9,6 (18)	2,8 - 45,3 (13)
Etageejendomme	2.066 - 150.254 (21)	1,3 - 2,9 (5)	1,7 - 4,6 (16)	3,5 - 5,6 (2)
Landhuse	145 - 210 (2)	i.m.	i.m.	22,6 - 24,9 (2)

i.m.: ikke målt

Størrelsen af tabellens intervaller for døgn-, time- og minutfaktor afhænger i høj grad af vandforbrugets størrelse. Således forekommer de højeste faktorer typisk ved de laveste årsforbrug (se Figur 4.1.1, Figur 4.1.2 og Figur 4.1.3). Dimensionering af vandinstallationer bør derfor tage udgangspunkt i det antal af beboere, der skal forsynes, hvilket igen kan omregnes til et forventet årligt vandforbrug.

På baggrund af det indsamlede datamateriale synes der ikke være forskel i størrelsen eller i variationsmønstret af forbruget i parcel-/rækkehuse og i etageejendomme. Der blev kun udført 2 måleserier af variationer i landhuse, hvor variationsmønstret ikke afveg fra hvad der blev observeret for de andre boligtyper.

Forbrugsvariationer i denne undersøgelse kunne tilnærmelsesvis beregnes som en funktion af det årlige vandforbrug. Funktionerne er sammenfattet i Tabel 4.1.8.

Tabel 4.1.8. Forbrugsvariationer i husholdninger som funktion af årligt vandforbrug.

	Årsforbrug (m ³)	Formel
Døgnfaktor	50-150.254	$2,47 \times Q_{\text{år}}^{-0,06}$
Timefaktor	50-25.568	$18,4 \times Q_{\text{år}}^{-0,21}$
Minutfaktor	51-14.859	$238 \times Q_{\text{år}}^{-0,47}$

4.2 Institutioner

I undersøgelsen indgik data fra 4 forskellige typer institutioner, nemlig daginstitutioner, undervisningsinstitutioner, plejehjem og hospitaler.

Årsforbrug

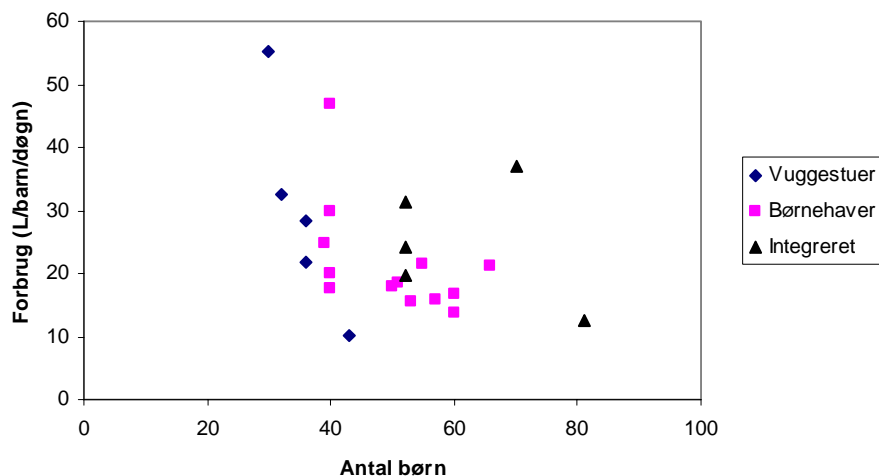
Årsforbrug samt supplerende data for en række forskellige institutioner blev indsamlet i undersøgelsen. Årsforbruget for daginstitutioner er angivet i Tabel 4.2.1.

Tabel 4.2.1. Forbrug i daginstitutioner.

Sted	Antal institutioner	Antal børn	Totalt forbrug (m ³ /år)	Middelforbrug (L/barn/døgn)
Vuggestuer	5	177	1.801	28
Børnehaver	13	651	4.934	21
Integreret	5	307	2.749	25
Daginstitutioner samlet	23	1.135	9.484	23

Det årlige forbrug var højest i vuggestuer. Samlet set var det gennemsnitlige forbrug for dagsinstitutioner 23 L/barn/døgn, hvilket er betydeligt lavere end de 80 L/barn/døgn, der anvendes i DS442 Norm for almene vandforsyningsanlæg (Dansk Ingeniørforening, 1988).

Undersøgelsen viste, at der var betydelige variationer mellem den enkelte dagsinstitutioner, således varierede vandforbruget mellem 10 og 53 L/barn/døgn (se Figur 4.2.1).



Figur 4.2.1. Vandforbrug i daginstitutioner.

Som det ses af figuren har daginstitutionerne generelt en meget ensartet størrelse (30 - 81 børn).

Undervisningsinstitutioner

Der er indsamlet data fra tre typer undervisningsinstitutioner, nemlig folkeskole, gymnasium og andre (se Tabel 4.2.2). Folkeskolerne er yderligere opdelt i folkeskoler med og uden svømmehal. Middelforbrug for folkeskoleelever beregnes udelukkende ud fra antallet af elever, mens antallet af børn i skolens skolefritidsordning (SFO) ikke indgår.

Tabel 4.2.2. Forbrug for forskellige typer undervisningsinstitutioner.

Sted	Antal	Antal elever	Totalt forbrug ³ (m ³ /år)	Middelforbrug ³ (L/elev/døgn)
Folkeskole ¹	28	14.564	63.553	22
Folkeskole med svømmehal ²	10	6.315	38.912	31
Gymnasium	1	208	1.604	39
Handelsskole	1	486	1.108	11

¹ Inklusive 4.228 pladser i SFO

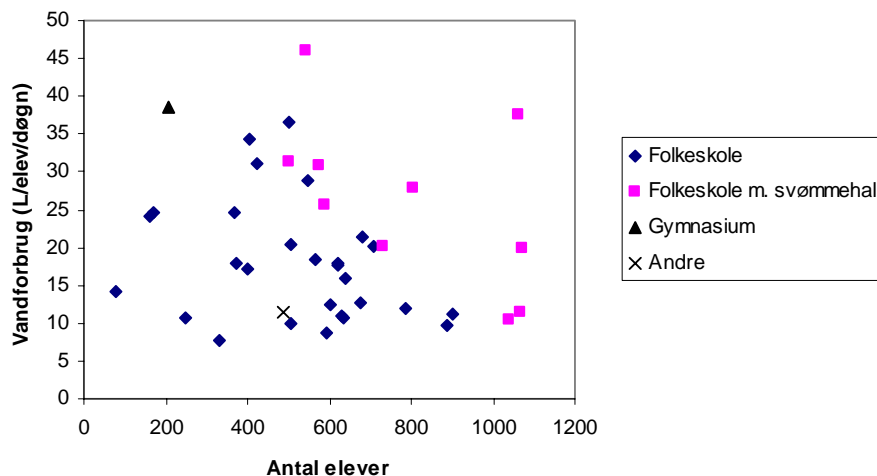
² Inklusive 1.666 pladser i SFO

³ Beregningen bygger på at forbruget er fordelt over skoleåret, der udgør 200 dage

I det skolens årlige vandforbrug normalt ikke er specificeret på hhv. skole og SFO. Det gennemsnitlige forbrug for folkeskoler var 22 L/barn/døgn og 31 L/barn/døgn for folkeskoler med svømmehal. De observerede forbrug er igen væsentlig lavere end de hhv. 50 L/barn/døgn og 100 L/elev/døgn, der anvendes i DS442 Norm for almen vandforsyningsanlæg (Dansk Ingeniørforening, 1988).

Der blev kun indsamlet data fra et enkelt gymnasium, hvor forbruget imidlertid var meget højt. Der er formentlig tale om en atypisk måling, idet der ikke umiddelbart er noget der taler for at forbruget på et gymnasium skulle være meget forskelligt fra forbruget på en folkeskole. Datagrundlaget bør umiddelbart udbygges med supplerende målinger.

Der blev observeret store variationer mellem de enkelte undervisningsinstitutioner, således varierede forbruget for folkeskolerne uden svømmehal mellem 8 og 37 L/elev/døgn (se Figur 4.2.2), mens forbruget for folkeskoler med svømmehal varierede mellem 10 og 46 L/elev/døgn.



Figur 4.2.2. Vandforbrug for forskellige uddannelsesinstitutioner som funktion af antallet af elever.

Som det ses af figuren findes ingen tydelig sammenhæng mellem institutionens størrelse og vandforbruget pr. elev.

Plejhjem m.v.

Tabel 4.2.3 viser data for vandforbruget for plejhjem, ældreboliger, bofællesskab, aktivitetscenter og sygehus.

Tabel 4.2.3. Forbrug for plejhjem, aktivitetscenter, ældreboliger, bofællesskab og sygehus.

Sted	Antal	Antal beboere	Antal ansatte	Totalt forbrug (m ³ /år)	Middelforbrug
Plejhjem	4	156	73	13.195	232 L/beboer/døgn
Ældreboliger	87	90	0	4.581	139 L/beboer/døgn
Bofællesskab	1	15	0	692	126 L/beboer/døgn
Aktivitetscenter	1	1.500 ¹	d.m.	2.332 ²	-
Sygehus	1	499 ³	2.277	77.494	425 L/seng/døgn

d.m.: data mangler

¹ Antal potentielle brugere

² Inklusive café med produktion af 15 - 20.000 kostportioner årligt

³ Antal sengepladser

Variationen i forbruget for plejhjem var relativ lille, således lå middelforbruget for undersøgelsens 4 plejhjem mellem 197 - 296 L/beboer/døgn.

De målte årsforbrug for ældreboliger og bofællesskab stemte godt overens med det tidligere bestemte forbrug i andre husholdninger.

De målte forbrug er generelt betydeligt lavere end de vejledende værdier i DS442 Norm for almene vandforsyningsanlæg norm. Det vejledende forbrug for plejhjem er

300 - 400 L/beboer/døgn mod 232 L/beboer/døgn i denne undersøgelse og for sygehuse er den vejledende forbrug 500 - 700 L/seng/døgn mod 425 L/seng/døgn.

Døgnvariationer

Der blev kun indsamlet data for døgnvariationerne i forbruget for et begrænset antal institutioner (se Tabel 4.2.4 og Tabel 4.2.5).

Tabel 4.2.4. Døgnvariationer for vuggestue og gymnasium.

	Antal børn/elever	Årsforbrug (m ³)	Døgnfaktor
Vuggestue			
År04	39	391	1,9
Gymnasium			
AA37	700	1.604	2,0

Tabel 4.2.5. Døgnvariationer for plejehjem, bofællesskab, ældreboliger og aktivitetscenter.

	Antal beboere	Årsforbrug (m ³)	Døgnfaktor
Plejehjem			
AA20	73	2.957	2,0
AA21	42	5.961	2,4
ÅR01	39	2.464	1,4
F04	111	6.300	3,3
Bofællesskab			
ÅR02	15	692	1,4
Ældreboliger			
ÅR03	19	1.000	1,6
ÅR06	24	1.017	1,5
ÅR07	25	1.520	1,6
ÅR08	22	1.044	1,5
Aktivitetscenter			
ÅR05 *	-	2.332	1,5

* 1.500 potentielle brugere og café med produktion af 15 - 20.000 kostportioner årligt

Timevariationer

Timefaktoren for en række forskellige institutioner er vist i Tabel 4.2.6 og Tabel 4.2.7.

Tabel 4.2.6. Timevariationer for folkeskole og handelsskole.

	Antal elever	Årsforbrug (m ³)	Timefaktor
Folkeskole			
AA27	508	2.963	4,4
AA31	331	758	4,7
Handelsskole			
AA24	486	1.108	7,7

Tabel 4.2.7. Timevariationer for plejehjem, bofællesskab, ældreboliger og aktivitetscenter.

	Antal beboere	Årsforbrug (m ³)	Timefaktor
Plejehjem			
AA09	35	2.686	3,8
AA10	26	1.873	2,2
AA16	44	1.863	2,9
AA19	59	2.382	3,3
AA20	73	2.957	2,0
AA21	42	5.961	2,4
ÅR01	39	2.464	3,1
F04	111	6.300	3,3
Bofællesskab			
År02	15	692	3,4
Ældreboliger			
ÅR03	19	1.000	3,3
ÅR06	24	1.017	2,8
ÅR07	25	1.520	2,8
ÅR08	22	1.044	3,4
Aktivitetscenter			
ÅR05 *	-	2.332	2,9

* 1.500 potentielle brugere og café med produktion af 15 - 20.000 kostportioner årligt

Minutvariationer

Der blev gennemført to måleserier af minutforbruget (se Tabel 4.2.8).

Tabel 4.2.8. Minutvariationer for børnehave og plejehjem.

	Antal børn/beboere	Årsforbrug (m ³)	Minutfaktor
Børnehave			
S01	66	508	11,6
Plejehjem			
S19	53	4.100	5,2

Diskussion

De målte årsforbrug for institutioner var generelt betydeligt mindre end de værdier, der anbefales i DS442 Norm for almene vandforsyningsanlæg (Dansk Ingeniørforening, 1988) (se Tabel 4.2.9).

Tabel 4.2.9. Middelforbrug for forskellige institutioner. Data fra denne undersøgelse sammenlignet med normværdier (Dansk Ingeniørforening, 1988). Middelforbruget er angivet i parentes.

	Antal	Målt forbrug	Normværdi
Dagsinstitutioner	23	10 - 53 (23) L/barn/døgn	80 L/barn/døgn
Folkeskole	28	8 - 37 (22) L/elev/døgn	50 L/elev/døgn
Folkeskole med svømmehal	10	10 - 46 (31) L/elev/døgn	100 L/elev/døgn
Plejehjem	4	197 - 296 (232) L/beboer/døgn	300 - 400 L/beboer/døgn
Sygehus	1	425 L/seng/døgn	500 - 700 L/seng/døgn

En oversigt over de beregnede døgn-, time- og minutfaktorer kan findes i Tabel 4.2.10.

Tabel 4.2.10. Intervaller for undersøgelsens døgn-, time og minutfaktorer på forskellige institutioner. Tallet i parentes angiver antallet af måleserier.

	Årsforbrug (m ³)	Døgnfaktor	Timefaktor	Minutfaktor
Vuggestue	391 (1)	1,9 (1)	i.m.	i.m.
Børnehave	508 (1)	i.m.	i.m.	11,6 (1)
Folkeskole	758 - 2.963 (2)	i.m.	4,4 - 4,7 (2)	i.m.
Gymnasium	1.604 (1)	2,0 (1)	i.m.	i.m.
Handelsskole	1.108 (1)	i.m.	7,7 (1)	i.m.
Plejhjem	2.957 - 6.300 (9)	1,4 - 3,3 (4)	2,0 - 3,3 (8)	5,2 (1)
Ældreboliger	1.000 - 1.520 (4)	1,5 - 1,6 (4)	2,8 - 3,4 (4)	i.m.
Bofællesskab	692 (1)	1,4 (1)	3,4 (1)	i.m.
Aktivitetcenter	2.332 (1)	1,5 (1)	2,9 (1)	i.m.

i.m.: ikke målt

* 1500 potentielle brugere og café med produktion af 15 - 20.000 kostportioner årligt

Forbrugsmønstret for ældreboligerne og bofællesskabet giver ikke anledning til at tro, at mønstret for disse er anderledes end for andre typer husstande (som gennemgået i afsnit 4.1). Dimensioneringsgrundlaget synes altså at være det samme som for parcel-/rækkehuse og etageejendomme.

Som det fremgår af tabellen er datamaterialet stadig noget mangelfuldt, idet der mangler måleserier fra en række forskellige institutioner, nemlig: Daginstitutioner, undervisningsinstitutioner, svømmehaller og sygehuse.

4.3 Erhverv

Betegnelsen ”erhverv” dækker i denne sammenhæng en meget heterogen gruppe af forskellige virksomheder med hver deres specielle forbrugsmønster. De indsamlede data er derfor langt fra dækkende for denne gruppe af forbrugere. De indsamlede data skal derfor primært eksemplificere forbrugsmønstret for forskellige typer erhverv.

Årsforbrug

I denne undersøgelse er der indsamlet data for årsforbruget for en række specifikke forbrugere, nemlig campingpladser (se Tabel 4.3.1), hoteller (se Tabel 4.3.2), supermarkeder (se Tabel 4.3.3), kontorer (Tabel 4.3.4) og landbrug (se Tabel 4.3.5). Derudover er der indsamlet data for enkelte store industriforbrugere i Tabel 4.3.6 samt områdemålinger i Tabel 4.3.7.

Tabel 4.3.1. Forbrug for campingplads.

	Antal årlige overnatninger	Totalt forbrug (m ³ /år)	Middelforbrug (L/overnatning)
Campingplads A	18.000	2.661	148
Campingplads B	77.000	2.989	39
Campingplads C	32.000	2.760	86
Campingplads D	23.000	3.174	138
Campingplads samlet	150.000	11.584	77

Tabel 4.3.2. Forbrug for hotel og kro.

	Antal værelser	Totalt forbrug (m ³ /år)	Middelforbrug (L/værelse/dag)
Kro *	78	11.671	410
Hotel A	160	5.292	91
Hotel B	161	7.827	133
Hotel C	67	4.010	164
Hotel D	101	5.909	160
Hotel E	101	6.325	172
Hotel samlet	590	29.366	136

* Inklusive konferencecenter og restaurant med plads til 390 personer

Det ses af Tabel 4.3.2 at vandforbruget for kroen er meget højt sammenlignet med hotellerne, hvilket skyldes, at restauranten og et konferencecenter har et betydelig antal gæster der ikke overnatter.

Tabel 4.3.3. Forbrug for supermarked.

	Areal (m ²)	Totalt forbrug (m ³ /år)	Middelforbrug (m ³ /m ² /år)
Supermarked A	3.644	1.935	0,53
Supermarked B	2.000	752	0,38
Supermarked C	565	89	0,16
Supermarked D	6.497	3.577	0,55
Supermarked E	3.054	893	0,29
Supermarked F	831	37	0,05
Supermarked G	13.868	3.012	0,22
Supermarked H	6.350	8.609	1,36
Supermarked I	1.232	945	0,77
Supermarked samlet	38.041	19.849	0,52
Supermarked med cafeteria J	26.518	19.387	0,73
Supermarked med cafeteria K	29.172	20.537	0,70
Supermarked med cafeteria samlet	55.690	39.924	0,72

Der blev generelt observeret store variationer i forbruget for de forskellige supermarkeder (se Tabel 4.3.3). Det laveste forbrug var således 45 L/m²/år, mens det højeste var 1.356 L/m²/år, dvs. 30 gange større. Det er uklart, hvilke faktorer der forårsager de store variationer.

Tabel 4.3.4. Forbrug for kontorer.

	Antal ansatte	Areal (m ²)	Totalt forbrug (m ³ /år)	Middelforbrug (L/ansat/døgn)	Middelforbrug (m ³ /m ² /år)
Kontor A	230	6.448	1.962	23	0,30
Kontor B	d.m.	11.679	9.386	-	0,80
Kontor C	135	6.516	945	19	0,15
Kontor D	3	243	19	17	0,78
Kontor samlet *	368	13.207	2.926	22	0,22

d.m.: data mangler

* Kontor B er udeladt af beregningen

I forbindelse med forbrugsmålinger for kontorer fremgår af Tabel 4.3.4, at variationen pr. ansat tilsyneladende er væsentlig mindre end variationen pr. m². Forbruget til toilet- og køkkenfaciliteterne er formentlig mere betydende end forbruget til rengøring.

Tabel 4.3.5. Forbrug for landbrug med dyrehold.

	Antal og type	Antal dyreenheder	Totalt forbrug (m ³ /år)	Middelforbrug (m ³ /dyreenhed/år)
Landbrug A	370 årssøer	86	4.536	53
Landbrug B	3.300 slagtesvin	92	9.955	109
Landbrug C	500 smågrise, 500 slagtesvin	17	2.070	124
Landbrug D	210 årssøer	49	3.711	76
Landbrug samlet	-	243	20.272	83

Tabel 4.3.6. Forbrug for mejerier.

	Antal ansatte	Areal (m ²)	Totalt forbrug (m ³ /år)	Middelforbrug (L/ansat/døgn)	Middelforbrug (m ³ /m ² /år)
Mejeri A	d.m.	7.977	73.842	-	9,3
Mejeri B	d.m.	15.493	187.905	-	12,1
Mejeri samlet	d.m.	23.470	261.747	-	11,2

d.m.: data mangler

Tabel 4.3.7. Områdemålinger.

	Antal ansatte	Areal (m ²)	Totalt forbrug (m ³ /år)	Middelforbrug (L/ansat/døgn)	Middelforbrug (m ³ /m ² /år)
Butikscenter	380	2.144	3.865	28	0,40
Erhvervsområde*	d.m.	34.606	125.828	-	3,64

d.m.: data mangler

* Kontor og industri i Odense

Variationer

Der blev som tidligere nævnt kun udført et begrænset antal målinger af forbrugsvariationerne for forskellige erhverv. Målingerne er sammenfattet i Tabel 4.3.8.

Tabel 4.3.8. Forbrugsvariationer for erhverv.

Reference	Type	Årsforbrug	Faktor		
			Minut-	Time-	Døgn-
Landbrug					
S04	Landbrug A	4.536	1,6	i.m.	i.m.
S05	Landbrug B	9.955	3,0	2,4	i.m.
S06	Landbrug C	2.070	4,4	i.m.	i.m.
S07	Landbrug D	3.711	3,2	i.m.	i.m.
Supermarked					
AA13	Supermarked med cafeteria K	20.537	i.m.	2,7	1,3
AA14	Supermarked H	8.609	i.m.	2,6	1,3
AA18	Supermarked G	3.012	i.m.	2,5	2,3
AA29	Supermarked I	945	i.m.	2,0	i.m.
Andet					
O01	Erhvervsområde	34.606	2,2	2,1	i.m.
AA12	Butikscenter	3.865	i.m.	2,7	i.m.
S12	Materielgård	212	13,7	i.m.	i.m.

i.m.: ikke målt

Det bemærkes, at minutvariationerne generelt er meget små for de undersøgte landbrug (intervallet 1,6 - 4,4).

Diskussion

Middelforbruget for de næsten alle undersøgte erhverv viste sig at afvige betydeligt grad i forhold til DS442 Norm for almene vandforsyningsanlæg (Dansk Ingeniørforening, 1988) (se Tabel 4.3.9).

Tabel 4.3.9. Middelforbrug for forskellige typer erhverv. Data fra denne undersøgelse sammenlignet med DS442 (Dansk Ingeniørforening, 1988). Middelforbruget er angivet i parentes.

	Antal	Målt forbrug	Normværdi
Campingplads	4	39 - 148 (77) L/overnatning	60 - 80 L/overnatning
Hotel	5	91 - 172 (136) L/værelse/dag	400 - 500 L/døgn/pers
Supermarked	9	0,05 - 1,36 (0,52) m ³ /m ² /år	0,37 m ³ /m ² /år
Supermarked med cafeteria	2	0,70 - 0,73 (0,72) m ³ /m ² /år	1,46 m ³ /m ² /år
Kontor	3	17 - 23 (22) L/ansat/døgn	60 L/ansat/døgn
Landbrug med dyrehold	4	53 - 124 (83) m ³ /dyreenhed/år	-
Mejeri	2	9,3 - 12,1 (11,2) m ³ /m ² /år	-

Antallet af målinger af vandforbruget på forskellige typer erhverv var generelt meget sparsomt i denne undersøgelse. Der bør derfor udføres nærmere undersøgelser af erhvervsforbruget.

5 Arbejdsgruppens anbefalinger

Undersøgelsen viste, at der i høj grad er behov for en revurdering af grundlaget for dimensionering af vandforsyningsledninger. Undersøgelsens målinger viste, at forbruget for næsten alle forbrugskategorier afveg betydeligt fra de værdier, der anbefales i den gældende dimensioneringsnorm (DS442 Norm for almene vandforsyningsanlæg, 2. udgave, december 1988.).

Normen (DS442) bør ændres så de dimensionsgivende vandforbrug og forbrugsvariationer i højere grad afspejler de nuværende forbrugsmønstre.

Med henblik på at tilpasse dimensioneringsgrundlaget for vandledninger bør der udføres en række supplerende målinger. I forbindelse med disse målinger bør der lægges vægt på en detaljeret beskrivelse af forbrugeren, herunder f.eks. installationens alder, antal beboere m.v.

Følgende supplerende målinger bør som minimum gennemføres:

- Forbrugsvariationer for mindre etageejendomme/enkelte lejligheder med henblik på at undersøge om forbrugsmønstret afviger væsentligt fra parcel-/rækkehuse.
- Forskellige typer af lejligheder herunder andelslejligheder med henblik på at undersøge om forbrugsmønstret afviger for forskellige typer.
- Forbrugsvariationer for forskellige institutioner (daginstitutioner, undervisningsinstitutioner, svømmehaller og sygehuse), da der i denne undersøgelse kun er udført et fåtal af målinger af indenfor denne kategori.
- Årsforbrug og forbrugsvariationer for landbrug, da der i denne undersøgelse kun er udført et fåtal af målinger af indenfor denne kategori.
- Forbrugsvariationer for forskellige typer erhverv (bl.a. restauranter), da der er i denne undersøgelse kun udført et fåtal af målinger indenfor denne kategori.
- Forbrugsvariationer for erhvervsområder. Disse målinger kan være relevante i forbindelse med dimensionering af nye ledninger ved etablering af nye erhvervsområder, hvor typen af virksomheder er uspecificerede.
- Forbrugsvariationer for fritidshuse, da der er i denne undersøgelse kun er udført et fåtal af målinger indenfor denne kategori. Forbrugsmønstret må her antages at afvige betydeligt i forhold til almindelige husholdninger.
- Længden af forbrugsperioder for bl.a. fritidshuse og skoler. Vurdering af forbrugsperioderne ikke har indgået i denne undersøgelse.

Der bør derudover udarbejdes prognoser for det fremtidige vandforbrug for en række forskellige forbrugskategorier. Dette er imidlertid en kompliceret opgave, da vandforbruget i høj grad afhænger af samfundets politiske, sociale og teknologiske udvikling. Det kan derfor være hensigtsmæssigt at nedsætte en særlig arbejdsgruppe til at udarbejde sådanne prognoser.

Vandforsyningernes bestræbelser på at fastholde et ønsket minimumstryk, medfører i dimensioneringssammenhænge ofte at vandleddningernes dimensionen øges, hvilket betyder at opholdstiden ligeledes øges. Det er arbejdsgruppens anbefaling, at selve grundlaget for beregning af den dimensionsgivende vandstrøm revurderes. Der bør i den forbindelse indgå en række overvejelser omkring størrelsen af sikkerhedsniveauet for minimumstryk i rørene, hvor forsyningssikkerhed afvejes i forhold til reduceret opholdstid.

Referencer

Danmarks Statistik (2002) Statistisk Årbog 2002

Dansk Ingeniørforening (1988) Norm for almene vandforsyningsanlæg, 2. udgave, Dansk Standard DS442.

Dansk Ingeniørforening (2000) Norm for vandinstallationer, 3. udgave, Dansk standard DS 439.

Dansk vand- og spildevandsforening (1991) Vandforsyningsstatistik 1991.

Dansk vand- og spildevandsforening (2001) Vandforsyningsstatistik 2001.

Jydsk Teknologisk Institut (1982) Vandforbrug og forbrugsvariationer, 1. udgave.