

# Dimensjonering av varmtvannsrør i bygg

– RESULTATER FRA PROSJEKTET VARMTVANN2030



SINTEF Fag

Karolina Stråby, Harald Taxt Walnum og Åse Lekang Sørensen

# **Dimensjonering av varmtvannsrør i bygg**

– Resultater fra prosjektet VarmtVann2030

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Fag 81

Karolina Stråby, Harald Taxt Walnum og Åse Lekang Sørensen

**Dimensjonering av varmtvannsrør i bygg  
– Resultater fra prosjektet VarmtVann2030**

Emneord: Tappevann, vannforbruk, største samtidige vannmengde,  
dimensjonering, rør

ISSN 1894-2466

ISBN 978-82-536-1713-8 (pdf)

Prosjektnummer: 102015126

Omslag: "Rør for varmt tappevann i bygninger". Foto: SINTEF Community

38 eks. trykt av AIT Bjerch

Innmat: 100 g munken polar

Omslag: 240 g trucard



© Forfatterne. Utgitt av SINTEF akademisk forlag

Denne rapporten er publisert med åpen tilgang etter CC BY-lisensen

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Community

Børrestuveien 3

Postboks 124 Blindern

0314 OSLO

Tlf.: 40 00 51 00

[www.sintef.no/community](http://www.sintef.no/community)

[www.sintefbok.no](http://www.sintefbok.no)

## Forord

Denne rapporten presenterer resultater fra forskningsprosjektet *VarmtVann2030 – Energi til tappevann i det norske lavutslippssamfunnet*. Prosjektet har vart i fire år, fra 2017 til 2021. Rapporten presenterer resultater knyttet til dimensjonering av innvendige vannledninger i bygg. Prosjektresultater som er relatert til energibruk, er beskrevet i rapporten *Energibruk til varmt tappevann – Resultater fra prosjektet VarmtVann2030* (SINTEF Fag 80).

Det overordnede målet for prosjektet *VarmtVann2030* har vært å øke kunnskapen om det reelle varmtvannsbehovet for ulike bygningskategorier. Sentrale forskningsoppgaver har vært å dokumentere og å foreslå tiltak for å redusere varmtvannsforbruk, energibruk og varmetap i varmtvannssystemer. Fokuset har vært på boligblokker, sykehjem og hoteller, det vil si bygninger med et stort behov for varmt tappevann.

*VarmtVann2030* er et KPN-prosjekt finansiert av Norges forskningsråd via ENERGIX-programmet og 10 industripartnere. SINTEF og NTNU har samarbeidet med Drammen Eiendom KF, Omsorgsbygg Oslo KF, Boligbygg Oslo KF, OBOS, Olav Thon Gruppen, Armaturjonsson, Høiax, Geberit, Uponor og FM Mattsson Mora Group.

Publikasjoner og annen informasjon er tilgjengelig fra prosjektets hjemmeside [www.sintef.no/varmtvann](http://www.sintef.no/varmtvann).

Vi takker alle som har bidratt i prosjektet.

Oslo, juni 2021

Lars-Erik Fiskum

Forskningsleder

SINTEF Community

Åse Lekang Sørensen

Prosjektleder

SINTEF Community



## Sammendrag

For å minske energibruk til varmt tappevann og samtidig ivareta drikkevannskvaliteten er det viktig at tappevannssystemer utformes og dimensjoneres riktig. Rapporten presenterer resultater fra prosjektet *VarmtVann2030 – Energi til tappevann i det norske lavutslippssamfunnet*, med vekt på sammenhengen mellom varmtvannforbruk og dimensjonering av innvendige vannledninger i bygg. Dette omfatter blant annet å undersøke i hvor stor grad dagens dimensjoneringsstandarder klarer å forutse det reelle varmtvannsbehovet (vannmengde), og hvilke konsekvenser det har for valg av rørdimensjon.

Den overordnede målsetningen med prosjektet har vært å øke kunnskapen om det reelle varmtvannsbehovet for ulike bygningskategorier. Fokuset har vært på boligblokker, sykehjem og hoteller, det vil si bygninger med et stort behov for varmt tappevann. Prosjektet har gjennomført målinger av varmtvannforbruk og varmetap i fire hoteller, fire sykehjem og fire boligblokker. For de fleste av byggene varte måleperioden i seks til åtte uker. Resultatene omfatter kun sentrale fordelingsledninger til varmt tappevann, det vil si rørledninger som fører vann til mer en ett tappested. Koblingsledninger er ikke vurdert i forbindelse med dette prosjekt.

### Største samtidige vannmengde – totalt og for bruksrelaterede enheter

Hotellene, sykehjemmene og boligblokkene med flest bruksenheter (hotellrom, sengerom og leiligheter) hadde også de største samtidige vannmengdene totalt sett. Ser man i stedet på største samtidige vannmengde per bruksenhet, jevnet det seg ut for hoteller (0.009– 0.012 l/s per rom) og sykehjem (0.011– 0.015 l/s per rom), mens det for boligblokkene (0.009– 0.020 l/s per leilighet) var større spredning. Det er ikke funnet en entydig årsak til variasjonen for boligblokkene, men bygningenes størrelse, antall beboere i hver leilighet og beboersammensetning (rutiner) antas å påvirke resultatet.

Ettersom gjestedata var tilgjengelig for de fire hotellene som ble målt, var det også mulig å se på vannforbruket ut fra antall bebodde rom og gjester på et gitt tidspunkt. Største vannmengde per bebodde rom går ned når antall bebodde rom øker (rombelegg). Det er i denne sammenhengen viktig å være klar over at forbruket per bebodde rom er størst når det er færrest bebodde rom på hotellet. Dette fordi det alltid vil være et visst grunnforbruk av varmtvann (vasking av fellesarealer, matlaging, etc.), uavhengig av antall bebodde rom. Ved færre gjester er det da færre rom å fordele dette grunnforbruket på.

### Forbrukstoppens varighet og hyppighet

For å analysere effekten av ulike måleintervall og hvor lenge forbrukstoppene varer, er største vannmengde beregnet som et glidende gjennomsnitt med ulike tidsintervaller (fra minimum to sekunder til maksimum 15 minutter). Sammenlignet med å bruke et måleintervall på to sekunder, reduseres forbrukstoppen med 6– 43 % dersom man bruker intervaller på 60 sekunder i stedet. Ved bruk av fem minutters intervall reduseres forbrukstoppen med 11–63 %.

Resultater viser at mesteparten av varmtvannsforbruket ligger på et betydelig lavere nivå enn den målte maksimale vannmengden i hvert enkelt tilfelle. For de tre bygningskategoriene ligger 99,9 % av alle målinger (individuelle målepunkter) på følgende nivå:

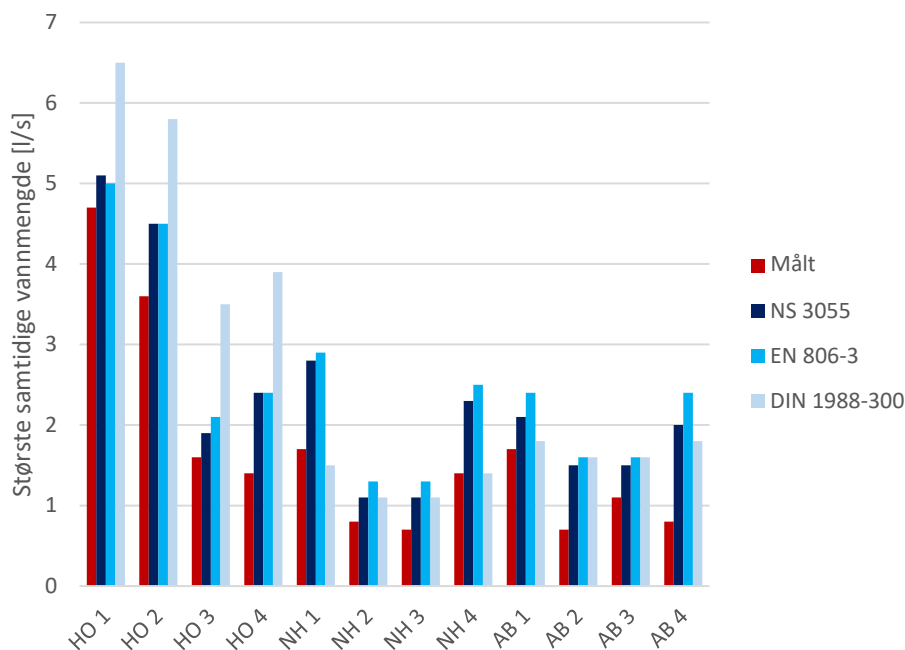
- Hoteller: under 65–79 % av den maksimale vannmengden
- Sykehjem: under 40–74 % av den maksimale vannmengden
- Boligblokker: under 54–76 % av den maksimale vannmengden

### Effekten av vannbesparende tiltak

I prosjektet *VarmtVann2030* har effekten av vannbesparende armaturer også blitt undersøkt gjennom et måleprosjekt på et hotell som gjennomgikk rehabilitering av baderommene. Ved rehabiliteringen ble det byttet til nye vannbesparende armaturer (servant og dusj), der dusjarmaturene også var berøringsfrie. Resultater fra målingene viser en reduksjon i største samtidige vannmengde ved bruk av vannbesparende armaturer. I tillegg er det registrert en reduksjon i daglig totalt varmtvannsforbruk som nesten tilsvarer reduksjonen i normalvannmengde. Det er imidlertid ikke mulig å skille mellom betydningen av redusert vannmengde fra armatur og at det var berøringsfrie armaturer.

### Overestimering av største samtidige vannmengde

I forbindelse med prosjektet har feltmålingene blitt sammenlignet med beregninger av største samtidige vannmengde i henhold til tre forskjellige dimensjoneringsstandarder: NS 3055:1989, EN 806-3:2006 og DIN 1988-300:2012. I sammenligningen antas det at største samtidige vannmengde i måleperioden er representativ for bygget generelt sett. Med unntak av beregninger i henhold til DIN 1988-300 for to sykehjem, overestimerer standardene forbrukstoppen i resterende tilfeller, sammenlignet med de målte verdiene. Det er imidlertid store variasjoner mellom de ulike byggene og hvilken dimensjoneringsstandard som det er sammenlignet med.



Sammenligning av feltmålinger og beregninger iht. dimensjoneringsstandarder. Hoteller er forkortet HO, sykehjem til NH og boligblokker til AB.

På generelt grunnlag var det størst avvik mellom målt og beregnet verdi for de fire boligblokkene, med en gjennomsnittlig overestimering på +88 % (minst +6 %, maks +200 %). Gjennomsnittlig overestimering for hoteller er på +54 % (minst +6 %, maks +179 %) og for sykehjem på +50 % (minst -12 %, maks +86 %). Denne overestimeringen vil i de fleste tilfeller også resultere i valg av større rørdimensjon enn nødvendig.

De gjennomførte feltmålingene og analysene av resultatene viser at det er behov for en revisjon av nåværende dimensjoneringsgrunnlag for innvendige vannledninger.

## Summary

In order to reduce the energy consumption for domestic hot water (DHW) and ensure good health through prevention of bacterial growth, design and dimensioning of building water systems is important. This report presents results from the project *VarmtVann2030 – Energy for tap water in the Norwegian low-emission society*, with a focus on DHW consumption in relation to pipe sizing. This includes, examining how well the current guidelines are able to predict the actual need for DHW (flow rate), and the consequences this has for pipe sizing.

The overall objective of the project has been to increase knowledge about the real need for DHW for different building categories. The focus has been on apartment buildings, nursing homes and hotels, i.e. buildings with a significant need for hot water. Measurements of hot water consumption and heat loss have been carried out in four hotels, four nursing homes and four apartment buildings for a duration of six to eight weeks. Results are only applicable to hot water pipe runs that serve several fixtures/ draw-off points. Branch lines/ supply lines to individual draw-off points are not considered.

### Peak flow rate – total and per usage unit

The hotels, nursing homes and apartment buildings with the most usage units (hotel rooms, bedrooms, and apartments) also had the highest total peak flow rate. However, per usage unit the peak flow rate was more even for hotels (0,009–0,012 l / s per room) and nursing homes (0,011–0,015 l / s per room), while there was a greater variation between the different apartment buildings (0,009–0,020 l / s per apartment). The building size, number of residents in each apartment, and the composition of residents (routines and social factors) are assumed to explain the results.

Since guest data were available for the four hotels, it was also possible to look at the water consumption based on the number of booked rooms and guests at a given time. The peak flow rate per booked room decreases when room occupancy increases. Hence, the highest peak flow rate per booked room occurs when the hotel has low room occupancy. This because hotels have a certain basic consumption of hot water (washing of common areas, cooking, etc.), regardless of the number of booked rooms. With fewer guests, there are then fewer rooms to spread this basic consumption on.

### Peak flow rate – duration and frequency

To analyse the effect of different measurement intervals, the peak flow rate is calculated as a moving average for different time intervals (from a minimum of two seconds to a maximum of 15 minutes). Compared to using an interval of two seconds, averaging the data over 60 seconds would reduce the peak flow rate by 6–43 %. Using a 5-minute interval would reduce the peak flow rate by 11–63%.

Results show that the majority of hot water consumption (flow rates) are at a significantly lower level than the measured maximum peak flow rate. For the three different building categories, 99,9% of all measurements (individual measurement points) are at the following level:

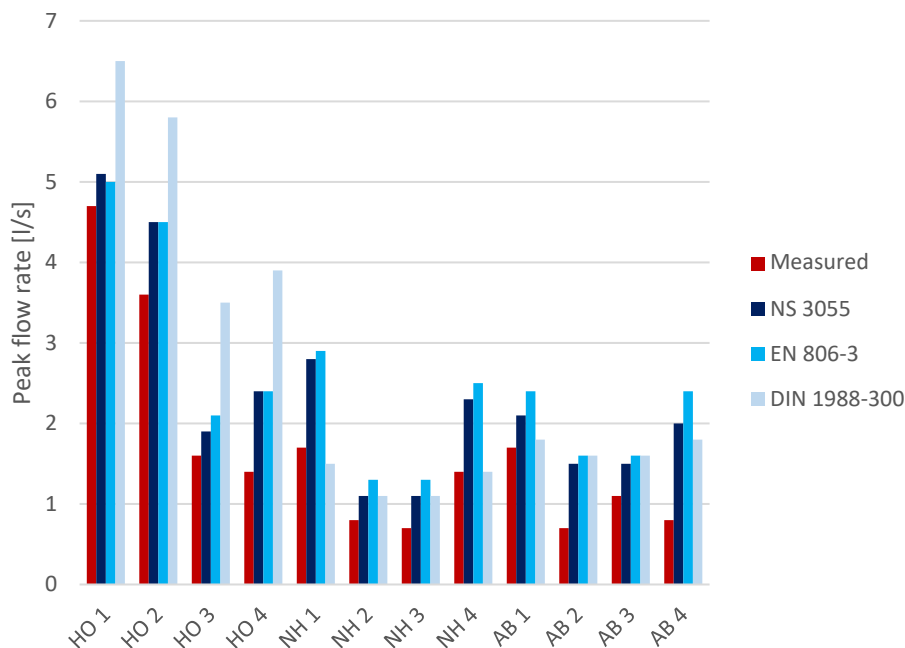
- Hotels: below 65–79 % of maximum peak flow rate
- Nursing homes: below 40–74 % of maximum peak flow rate
- Apartment buildings: below 54–76 % of maximum peak flow rate

### Effect of water saving mixers

In the project *VarmtVann2030*, the effect of water-saving mixing taps has also been investigated through a measurement campaign in a hotel going through a wet room rehabilitation. Throughout the rehabilitation, new water-saving mixers (washbasin and shower) were installed, where the shower mixers also had touch-free operation. Measurements were then performed on two different hotel sections, one with the original mixers and one with the water-saving mixers installed. Results from the measurements show a reduction in the peak flow rate when using water-saving mixers. In addition, a reduction in daily total hot water consumption that almost corresponds to the reduction in normal water volume has been registered. However, it is not possible to distinguish between the significance of reduced design flow rate for the water-saving mixers and the fact that they had touch-free operation.

### Current code of practice overestimate the peak flow rate

In the project *VarmtVann2030*, field measurements of peak flow rates have been compared to calculations according to NS 3055:1989, EN 806-3:2006 and DIN 1988-300:2012. For analysis purposes, it is assumed that the measurement period is representative for each building. Except calculations according to DIN 1988-300 for two nursing homes, all three guidelines overestimate the peak flow rate in the rest of the buildings compared to field measurements. Results varies between the different buildings and guidelines.



Comparison of field measurements and calculations of peak flow rates according to current code of practice in hotels (HO), nursing homes (NH), and apartment buildings (AB).

Calculations according to current guidelines on average overestimate the peak flow rate by + 88 % (min: +6 %, max: +200%) for apartment buildings, + 54 % (min: +6 %, max: +179 %) for hotels, and + 50 % (min: -12 %, max: +86 %) for nursing homes.

Results from field measurements and analysis indicate that there is a need to revise the current code of practice for pipe sizing in Norway.



# Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>4</b>
<b>Summary</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Introduksjon</b> .....	<b>5</b>
1.1 Bakgrunn .....	5
1.2 Formål og omfang .....	5
1.3 Varmtvannssystemets oppbygning .....	6
1.4 Begreper .....	7
<b>2 Feltmålinger</b> .....	<b>8</b>
2.1 Oversikt over byggene .....	8
2.2 Måleoppsett .....	9
2.3 Temperaturkorrigering av måldata .....	10
2.4 Bruk av gjestedata .....	11
2.5 Statistisk analyse av måldata .....	11
<b>3 Maksimale vannmengder</b> .....	<b>13</b>
3.1 Hoteller .....	13
3.2 Sykehjem .....	16
3.3 Boligblokker .....	18
3.4 Sammenligning med dimensjoneringsstandarder .....	20
3.5 Effekten av vannbesparende armaturer .....	23
<b>4 Maksimale vannhastigheter</b> .....	<b>25</b>
4.1 Betydning .....	25
4.2 Målte vannhastigheter .....	25
<b>5 Dimensjonering av fordelingsrør for varmt tappevann</b> .....	<b>28</b>
5.1 Forutsetninger for beregning av vannmengder .....	28
5.1.1 Antall tappesteder og størrelsen på dem (normalvannmengder) .....	28
5.1.2 Største samtidige vannmengde .....	29
5.1.3 Bidrag fra varmtvannssirkulasjon (VVC) .....	30
5.2 Forutsetninger for valg av rørdimensjon .....	32
5.2.1 Konsekvenser og risiko .....	32
5.2.2 Rørmateriale .....	33
5.2.3 Trykktap i ledningsnett .....	34
5.2.4 Forholdsregler mot erosjonskorrosjon .....	34
5.2.5 Varmetap .....	35

5.2.6	Ventetid .....	37
5.2.7	Hygiene – forebygging av bakterievekst .....	38
5.2.8	Støy og trykkstøt.....	39
5.3	Systemer med varmtvannssirkulasjon (VVC) .....	40
5.3.1	Planlegging av sirkulasjonssystemer .....	40
5.3.2	Beregning av sirkulerende vannstrøm.....	41
5.4	Dimensjonering basert på feltmålinger .....	42
<b>6</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>45</b>

# 1 Introduksjon

## 1.1 Bakgrunn

Et økt fokus på å redusere energibruk til romoppvarming i nyere bygninger har resultert i tettere bygg med bedre isolasjonsevne og mer effektiv varmegjenvinning. I takt med at oppvarmingsbehovet minsker, vil mengden energi til varmt tappevann utgjøre en stor andel av den totale energibruken i nyere bygg. Det er derfor behov for nærmere undersøkelser av energieffektivitet i varmtvannssystemet, noe det tidligere har vært lite fokus på.

Overdimensjonerte systemer for varmt tappevann fører til et økt energibruk, både på grunn av ineffektiv drift og som et resultat av større rørareal for varmetap. Byggteknisk forskrift (TEK17) [1] stiller en rekke krav til innvendige vanninstallasjoner. Energieffektive systemer for å produsere og distribuere varmt tappevann skal også ivareta drikkevannskvaliteten og virke etter hensikten. Utforming, dimensjonering og drift av varmtvannssystemer er derfor viktig.

## 1.2 Formål og omfang

Den overordnede målsetningen med prosjektet *VarmtVann2030 – Energi til tappevann i det norske lavutslippssamfunnet* er å øke kunnskapen om det reelle varmtvannsbehovet for ulike bygningskategorier. Prosjektet har konsentrert seg om boligblokker, sykehjem og hoteller, det vil si bygninger med et stort behov for tappevann.

Formålet med denne rapporten er å se nærmere på sammenhengen mellom varmtvannsforbruk og dimensjonering av innvendige vannledninger i bygg. Dette omfatter blant annet å undersøke i hvor stor grad dagens dimensjoneringsstandarder klarer å forutse det reelle varmtvannsbehovet (vannmengde), og hvilke konsekvenser det har for valg av rørdimensjon.

Rapporten inneholder resultater fra detaljerte feltmålinger av varmtvannsforbruk for 12 bygg i bygningskategoriene boligblokker, sykehjem og hoteller, og gjennomgår følgende temaer:

- Største samtidige vannmengde (forbrukstopp)
- Analyse av forbrukstoppens varighet og hyppighet
- Beregning av største samtidige vannmengde for bruksrelaterte enheter som antall leiligheter, beboerrom og hotellrom
- Undersøkelser av effekten av vannbesparende tiltak
- Sammenligning med beregninger i standardene NS 3055:1989, EN 806-3:2006 og DIN 1988-300:2012
- Prinsipper for dimensjonering av innvendige vannledninger og faktorer som påvirker valg av rørdimensjon

Resultatene omfatter kun sentrale fordelingsledninger til varmt tappevann, det vil si rørledninger som fører vann til mer enn ett tappested. Koblingsledninger er ikke vurdert i forbindelse med dette prosjektet.

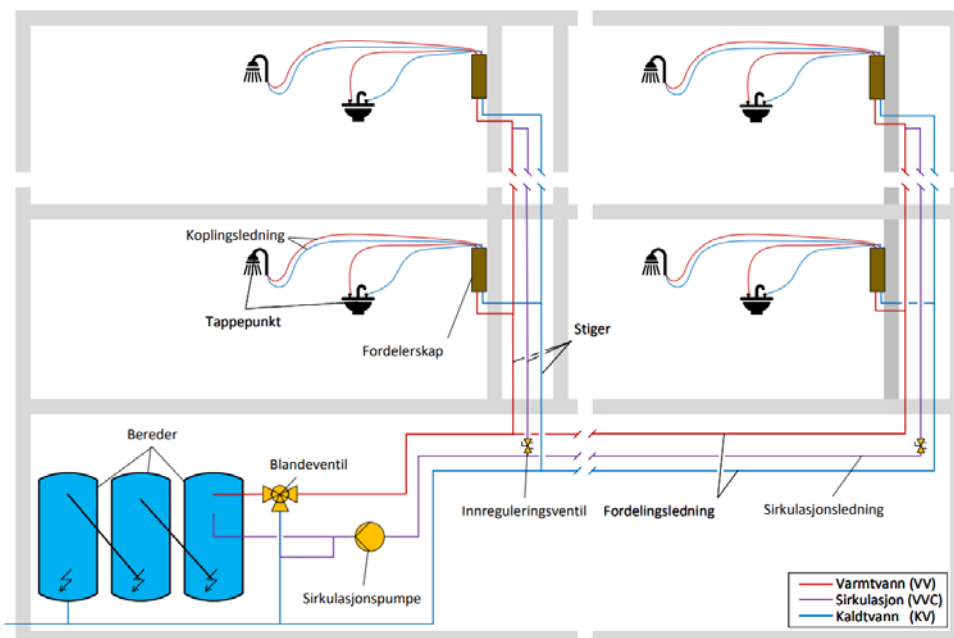
Prosjektresultater knyttet til energibehov til varmtvann, målte varmetap, dekningsgrader for produksjonssystemene og dimensjonering av beredersystemer, er beskrevet i rapporten *Energibruk til varmt tappevann – Resultater fra prosjektet VarmtVann2030* (SINTEF Fag 80) [2].

### 1.3 Varmtvannssystemets oppbygning

For småhus (eneboliger, rekkehus) og mindre boligblokker er det vanlig at hver boenhet har sin egen varmtvannsbereder for produksjon av varmt tappevann. Større boligblokker, nærings- og publikumsbygninger har derimot ofte sentral varmtvannsproduksjon. Forenklet sett kan slike fellesanlegg deles inn i tre hovedelementer: varmesentral med oppvarmingskilde, distribusjonssystem og tappsteder. Oppvarming av tappevann til ønsket distribusjonstemperatur kan gjøres med mange ulike kilder, som for eksempel elektrisitet, varmepumpe, solvarmeanlegg, biobrensel eller fjernvarme. Med unntak av tilkobling til fjernvarme, er det vanlig å benytte akkumulatortanker eller beredere for lagring av varmt tappevann. Dette reduserer behovet for installert effekt.

Fra varmesentralen distribueres varmt tappevann ut i bygget gjennom distribusjonssystemet. Dette systemet kan være bygd opp på forskjellige måter, avhengig av størrelse på bygget og plassering av tappsteder i forhold til varmesentralen. Figur 1 viser et eksempel på oppbygning av tappevannssystem i bygninger med fellesanlegg og betegnelser på delstrekninger i distribusjonssystemet. Varmtvann fra beredere i varmesentralen blir distribuert videre gjennom horisontal fordelingsledning i kjeller og deretter oppover i etasjene gjennom vertikale fordelingsledninger (også kalt stigeledninger). For å korte ned på ventetiden på varmtvann og redusere risiko for bakterievekst, er sirkulasjonsledning et vanlig tiltak i større anlegg. Et sirkulasjonssystem sikrer at varmtvann sirkulerer i fordelingsnettet også i perioder uten tapping. Sirkulasjonsvannet drives rundt i anlegget med en sirkulasjonspumpe. Varmetap i rørsystemet vil føre til at vannet kommer tilbake med en lavere temperatur. Varmekilden må da løfte vanntemperaturen opp til ønsket nivå, før den kan sendes ut i distribusjonssystemet igjen.

I nyere bygg ender ofte fordelingsledningen i et fordelerskap dersom anlegget bygges skjult. Fra en fordelerstokk plassert inne i skapet distribueres vannet ut til hvert enkelt tappested via en koblingsledning. Det er vanlig å bruke rør-i-rør-systemer av hensyn til kravet om at vanninstallasjoner skal være utskiftbare og utføres slik at lekkasjer enkelt skal kunne oppdages og ikke føre skade på andre installasjoner eller bygningsdeler.



Figur 1  
Oversiktstegning som viser eksempel på oppbygning av tappevannssystem i bygninger med fellesanlegg, med tilhørende komponenter

## **1.4 Begreper**

Nedenfor forklares noen sentrale begreper som brukes i rapporten.

### **Anboringspunkt**

Tilkoblingspunkt mellom hovedledning og stikkledning

### **Fordelingsledning**

Rørledning i bygningen som fører vann til mer en ett tappested/vannuttak

### **Hovedledning**

Felles vannledning for flere bygg (ofte kommunal utvendig ledning)

### **Innreguleringsventil**

Ventil som brukes for å innregulere sirkulasjonsanlegget og sikre at angitt vannmengde sirkulerer i alle deler av anlegget

### **Koblingsledning**

Rørledning som forbinder vannuttak med foredelingsrør. En koblingsledning fører vann til ett tappested/vannuttak

### **Normalvannmengde, $q_n$**

Den vannmengden som er nødvendig for å sikre at et tappested/vannuttak fungerer som forutsatt

### **Normalvannmengdebehov, $Q$**

Summen av alle tappesteder med tilhørende normalvannmengde

### **Samtidighetsfaktor**

Hvor stor del av den totale kapasiteten som til enhver tid benyttes, ut fra en sannsynlighet for samtidig bruk av de ulike tapstedene

### **Sirkulasjonsledning**

Rørledning som fører varmtvann tilbake til varmesentralen

### **Sirkulasjonspumpe**

Pumpe som drar vannet tilbake til varmesentralen

### **Stigeledning**

Vertikal fordelingsledning (ofte ført i sjakter)

### **Tappested**

Sted for uttak av vann, f.eks. dusj-, servant- eller kjøkkenarmatur

### **Varmekabel**

Varmekabel som installeres utenpå fordelingsrørene, som et alternativ til sirkulasjonsanlegg. Normalt brukes selvregulerende varmekabler som tilpasser effekten etter omgivelsestemperaturen.

## 2 Feltmålinger

### 2.1 Oversikt over byggene

Prosjektet *Varmtvann2030* har utført detaljerte feltmålinger i varmesentralen til fire hoteller, fire sykehjem og fire boligblokker i Oslo og Drammen. Se Tabell 1 for en oversikt over byggene med informasjon om areal, tappesteder og måleperiode.

Tabell 1  
Oversikt over byggene som ble målt og antall tappesteder

Bygg	Areal [m <sup>2</sup> ]	# Rom eller leiligheter	Servant-armatur	Kjøkken-armatur	Dusj-armatur	Bade-armatur	Måleperiode
Hoteller (HO)							
HO 1 <sup>a</sup>	21 278	434	514	31	316 (292)	173	april – mai 2018
HO 2 <sup>a</sup>	24 500	355	527 (423)	30	275 (260)	105	aug. – sept. 2018
HO 3 <sup>b</sup>	4 934	165 (139)	171 (145)	5	161 (135)	0	aug. – sept. 2018
HO 4	7 440	151	166	25	153	10	mars – aug. 2019
Sykehjem (NH)							
NH 1	11 618	148	175	121	158	0	jan. – feb. 2018
NH 2 <sup>c</sup>	3 327	52	53	4	52	0	mai – juni 2018
NH 3 <sup>c</sup>	6 774	50	55	5	55	0	mai – juni 2018
NH 4	10 081	96	123	92	105	0	jan. – mars 2019
Boligblokker (AB)							
AB 1	4 400	96	96	96	96	0	okt. – nov. 2018
AB 2	2 700	56	56	56	56	0	okt. – nov. 2018
AB 3	3 752	56	56	56	56	0	jan. – mars. 2019
AB 4	5 100	86	86	86	86	0	mars – aug. 2019

<sup>a</sup> Den tyske standarden DIN 1988-300 [3] tar ikke med servantarmatur nummer to og dusjarmatur i tillegg til badekarsarmatur innenfor en bruksenhet. Korrigert antall for å beregne største samtidige vannmengde iht. tysk standard i parentes.

<sup>b</sup> Deler av hotellet var under oppussing i måleperioden. I beregningene brukes derfor maks antall rom i drift med tilhørende utstyr i måleperioden (tall i parentes).

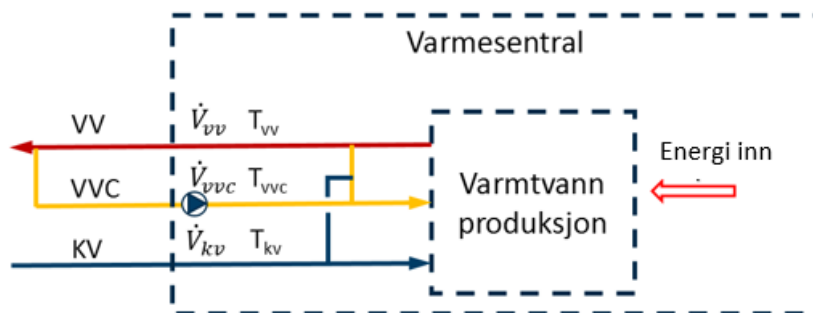
<sup>c</sup> Antall og type armaturer basert på antall beboerrom. Det antas at hvert rom har en servant og en dusj.

## 2.2 Måleoppsett

Hovedandelen av målingene er utført i varmesentralen til de respektive byggene. Målingene ble utført med et tidsintervall på ett sekund og deretter beregnet som et gjennomsnitt over to sekunder for analysen. For å unngå inngripende arbeid på vanninstallasjonene ble det brukt utenpåliggende vannmengdemålere med ultralyd fra Flexim [4]. Vannmengdemåleren ble kalibrert i et laboratorium før målekampanjen og deretter kontrollert med jevne mellomrom. Det var ikke mulig å kalibrere vannmengdemåleren i felt, noe som gir en økt usikkerhet for måleresultatene.

Temperaturen ble målt med type-T termoelementer [5] som ble montert på utsiden av røret med aluminiumstape og under rørisolasjonen. Kalibrering og målinger på laboratoriet viser at avvik mellom temperatur på vannet og målt temperatur med termoelement er ubetydelig så lenge det isoleres godt rundt rør og termoelement i etterkant. Det er likevel en utfordring å få nøyaktige målinger av varmetap i sirkulasjonskretser. Når størrelsen på temperaturfallet ( $\Delta T$ ) minsker, øker usikkerheten rundt det målte varmetapet.

Måleutstyret ble plassert slik at det var mulig å måle varmtvannsforbruk, energi til tappet varmtvann og varmetap i varmtvannssirkulasjonen. De fleste byggene som ble målt har varmtvannssirkulasjon, med unntak av ett bygg der det var brukt varmekabel utenpå varmtvannsrøret i stedet. Figur 2 viser en prinsipiell skisse av rørene inn og ut av varmesentralen og aktuelle målepunkter. I flere bygg måtte måleutstyret plasseres på andre steder grunnet plassmangel.



Figur 2  
Prinsippskisse for målepunkter i varmesentralen, der

$\dot{V}_{kv}$	Vannmengde kaldtvann til varmesentralen [l/s]
$\dot{V}_{vvc}$	Vannmengde sirkulasjon [l/s]
$\dot{V}_{vv}$	Vannmengde varmtvann (ut på anlegget inkludert sirkulasjon) [l/s]
$T_{kv}$	Temperatur kaldtvann [°C]
$T_{vvc}$	Temperatur sirkulasjon retur [°C]
$T_{vv}$	Temperatur varmtvann tur [°C]

## 2.3 Temperaturkorrigering av måledata

Målingene er utført på ulike tider av året, hvilket gir ulike temperaturer på det inngående kaldtvannet. Lav kaldtvannstemperatur øker varmtvannsforbruket når varmtvannet blandes med en lavere kaldtvannstemperatur i blandeventilen. I tillegg varierer utgående varmtvannstemperatur mellom anleggene og gjennom måleperioden i hvert anlegg. For å kunne sammenligne varmtvannsforbruket fra forskjellige bygg normaliseres målte vannmengder til et standard temperatursett med en varmtvannstemperatur på 60 °C og en kaldtvannstemperatur på 10 °C. Ved konvertering til standardiserte vannmengder brukes følgende formler [6]:

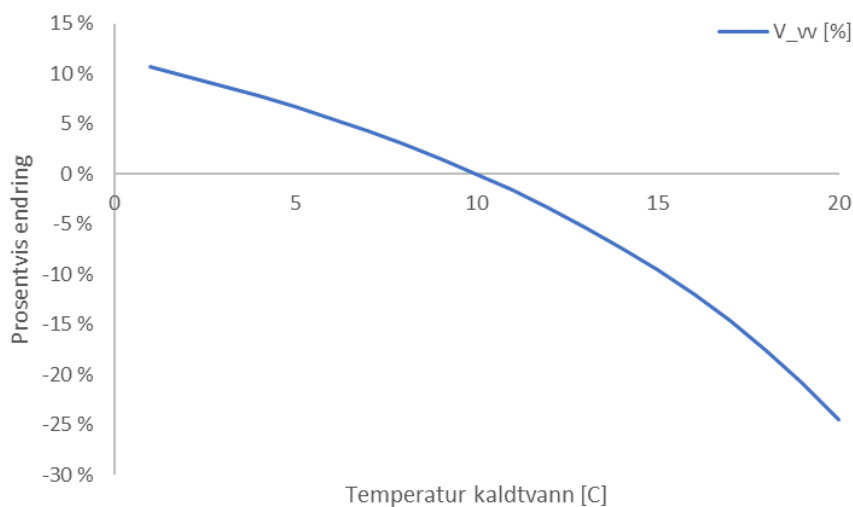
$$\dot{V}_{6010} = \dot{V}_{vv} \times \frac{(T_{vvt} - T_{kv})}{(T_{tap} - T_{kv})} \times (T_{tap} - 10) \quad (1)$$

$$T_{vvt} = T_{vv} - \left( \frac{T_{vv} - T_{vvc}}{4} \right) \quad (2)$$

der

$\dot{V}_{6010}$	Standardisert vannmengde med varmtvannstemperatur på 60 °C og kaldtvannstemperatur på 10 °C
$\dot{V}_{vv}$	Vannmengde varmtvann
$T_{kv}$	Temperatur kaldtvann
$T_{vv}$	Temperatur varmtvann
$T_{vvc}$	Temperatur på retur sirkulasjon
$T_{vvt}$	Estimert varmtvannstemperatur ved innløp til tappesed
$T_{tap}$	Gjennomsnittlig temperatur ut av tappesed. En blandetemperatur på 38 °C brukes for konvertering.

Figur 3 viser hvordan mengden varmtvann endrer seg ved endret kaldtvannstemperatur. Ved beregninger er det tatt utgangspunkt i en varmtvannstemperatur på 60 °C og en kaldtvannstemperatur på 10 °C.



Figur 3  
Sammenheng mellom vannmengde og kaldtvannstemperatur



## 2.4 Bruk av gjestedata

For hoteller er en del av resultatene i denne rapporten omregnet til forbruk per gjestedøgn eller antall belagte rom, basert på informasjon fra hotellenes bookingsystemer. Utfordringen ligger i at det registreres antall gjester hvert døgn, og ikke når de faktisk kommer og når de drar. I resultatene som er vist i denne rapporten, er det antatt at alle gjester ankommer kl. 12:00 og drar kl. 12:00 dagen etter.

## 2.5 Statistisk analyse av måledata

Data fra feltmålinger er analysert med ulike statistiske metoder for å se om det er mulig å observere en trend for varmtvannforbruket i de forskjellige byggene. Følgende metoder er brukt:

### Gjennomsnitt

Gjennomsnitt er summen av en rekke tall, delt på antall tall. Når verdiene i en tidsserie skifter raskt, som f.eks. varmtvannforbruket, kan et glidende gjennomsnitt brukes for å jevne ut data. I tilfeller der datasettet har ekstreme unntaksverdier brukes gjerne median som sentralmål for å beskrive den "typiske" størrelsen.

### Median

Om man sorterer tallene i stigende rekkefølge, er medianen det tallet som ligger i midten. Om antall observasjoner er et partall er medianen gjennomsnittet av de to midterste tallene.

### Nedre og øvre kvartil

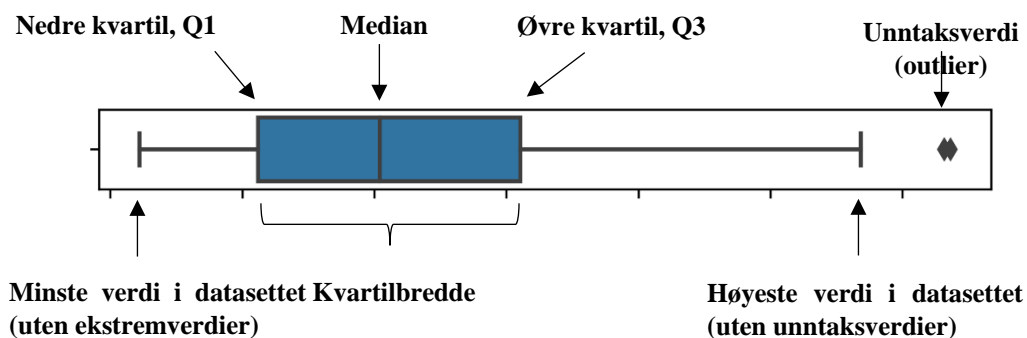
Øvre og nedre kvartil finner man ved å sortere tallene i stigende rekkefølge. Median deler tallrekken i to. Dersom man deler den nedre halvdel i to vil det tallet som ligger i midten kalles nedre kvartil Q1 (25 % prosentil). Gjør man det samme med den øvre halvdel, vil det tallet som ligger i midten kalles øvre kvartil Q3 (75 % prosentil).

### Kvartilbredde

Kvartilbredden (IQR) er differansen mellom øvre kvartil (Q3) og nedre kvartil (Q1) og sier oss noe om hvor mye dataene varierer.

### Boksdigram

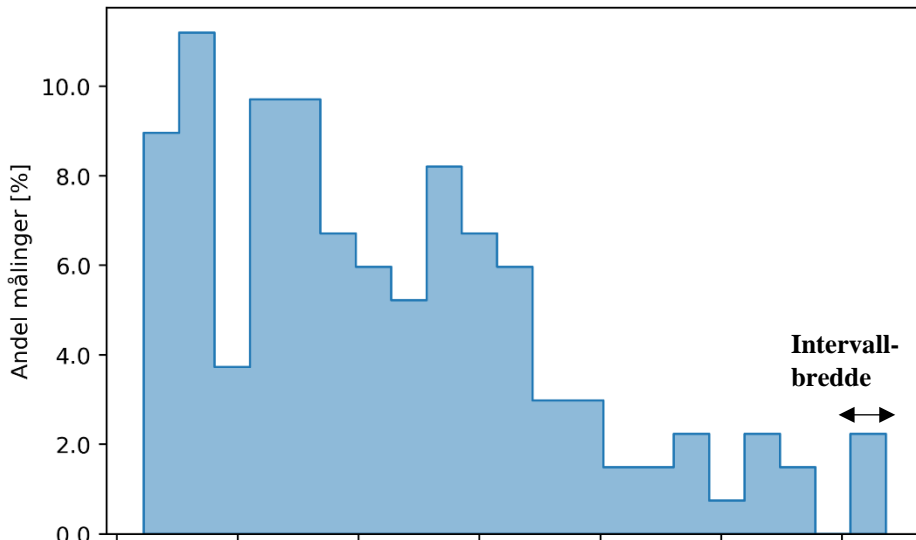
Et boksdigram er en måte å visualisere data på. Boksen går fra nedre kvartil Q1 (25 % prosentil) til øvre kvartil Q3 (75 % prosentil), og dekker dermed halvparten av målingen. Linjene strekker seg fra  $1,5 \times (Q1 - Q3)$  ut fra boksen på hver side, og punktene utenfor linjene viser målinger større eller mindre enn  $1,5 \times (Q1 - Q3)$ . Hvert punkt representerer altså en unntaksverdi, som er større eller mindre enn det vi normalt opplever. Linjen midt i boksen viser median (50 % prosentilet). Figur 4 viser et eksempel på et boksdigram med forklaringer. Størrelsen på boksen forteller noe om hvor mye dataene varierer. Desto mindre boks, jo mindre variasjon, og motsatt. Videre kan formen på boksdigrammet vise om fordelingen er skjev eller symmetrisk. I et symmetrisk datasett er medianen omtrent midt i boksen og boksen er i midten av linjene som strekker seg ut på hver side av den.



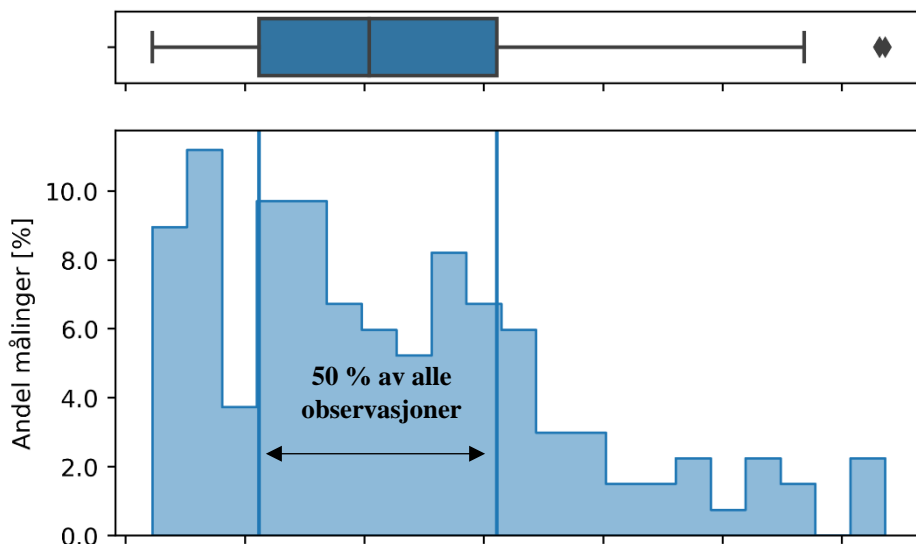
Figur 4  
Eksempel på boksdigram

## Histogram

Vannmengde og temperatur er kontinuerlige variabler, det vil si at de kan anta et uendelig antall verdier langs en tallinje. Ved å dele inn måledataene i bolker (intervaller) kan man visualisere hvordan de fordeler seg med hjelp av et histogram. I et histogram er alle søyler like brede (intervallbredde). Når man lager et histogram, kan man selv bestemme intervallbredden. En for liten bredde kan gi et veldig "hakkete" diagram som kan være vanskelig å lese. For stor intervallbredde kan derimot resultere i at man mister viktige data. For denne rapporten er det brukt en intervallbredde på 0,025 l/s. Høyden på hver søyle er lik andel observasjoner innenfor et gitt intervall ut fra det totale antallet observasjoner. Summen av alle søylene er da alltid lik 100 % (alle verdier). I denne rapporten er y-aksen angitt som prosentandel (%) av totalt antall observasjoner. Figur 5 viser et eksempel på histogram med forklaringer. Figur 6 viser en sammenligning av histogram og boksdiagram av samme datasett.



Figur 5  
Eksempel på histogram



Figur 6  
Eksempel på boksdiagram og histogram av samme datasett

### 3 Maksimale vannmengder

#### 3.1 Hoteller

Tabell 2 presenterer resultater fra feltmålinger  $\dot{V}_{vv(2s)}$  og konvertering til standardiserte vannmengder  $\dot{V}_{6010}(t)$  i henhold til avsnitt 2.3. Hotell er forkortet til HO. Verdiene i tabellen nedenfor viser den maksimale vannmengden i løpet av hele måleperioden, beregnet som et glidende gjennomsnitt med et gitt tidsintervall (fra minimum to sekunder til maksimum 15 minutter). De største vannmengdene er registrert når hotellene har mellom 97–100% rombelegg og i gjennomsnitt 1,1–1,7 gjester per rom.

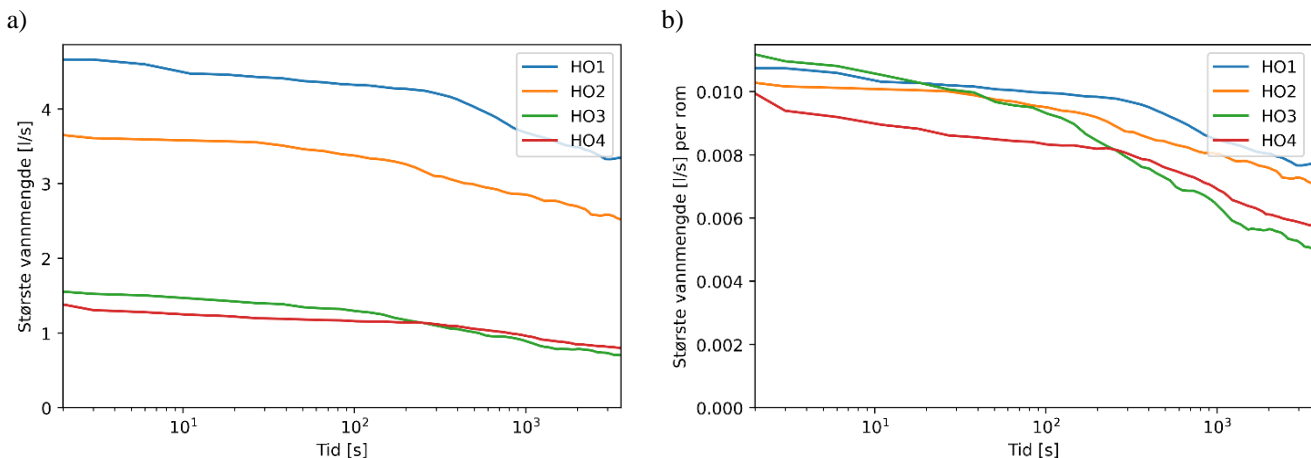
Tabell 2

Resultater fra feltmålinger i fire hoteller: Målte og konverterte maksimale vannmengder med ulike tidsintervaller

Bygg	# Rom	$\overline{T_{kv}}$ [°C]	$\overline{T_{vv}}$ [°C]	$\dot{V}_{vv}$ [l/s] (2s)	$\dot{V}_{6010}(t)$ [l/s]					
					(2s)	(10 s)	(30 s)	(60 s)	(5 min)	(15 min)
HO 1	434	4.8	64.2	4.8	4.7	4.5	4.4	4.4	4.2	3.7
HO 2	355	13.1	63.4	3.0	3.6	3.6	3.5	3.4	3.1	2.8
HO 3	165 (139 <sup>a</sup> )	9.6	67.1	1.4	1.6	1.5	1.4	1.3	1.1	0.9
HO 4	151	9.3	62.1	1.4	1.4	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0

<sup>a</sup> Deler av hotellet var under oppussing i måleperioden. I beregningene brukes derfor maks antall bebodde rom i måleperioden (tall i parentes).

Maksimalt varmtvannsforbruk som en funksjon av ulike tidsintervaller for de fire hotellene er vist i Figur 7. Det er stor forskjell på bruksareal og antall rom i de ulike hotellene. Hotell 1 og 2 er store konferansehoteller med mange hotellrom. I tillegg har disse hotellene store arealer der det ikke er tappesteder. Hotell 2 er et konferansehotell der majoriteten av gjestene er konferansedeltakere, mens hotell 1 har en blanding av konferansedeltakere og turister. Hotell 3 og 4 er mer kompakte byhoteller. Dette illustreres i graf a), der de to hotellene med flest antall hotellrom også har de største samtidige vannmengdene totalt sett. Ser man i stedet på største samtidige vannmengde per tilgjengelige hotellrom, jevner dette seg ut.



Figur 7

Maksimalt varmtvannsforbruk for hotell 1, 2, 3 og 4 med ulike tidsintervaller per totalt hotellrom

a)

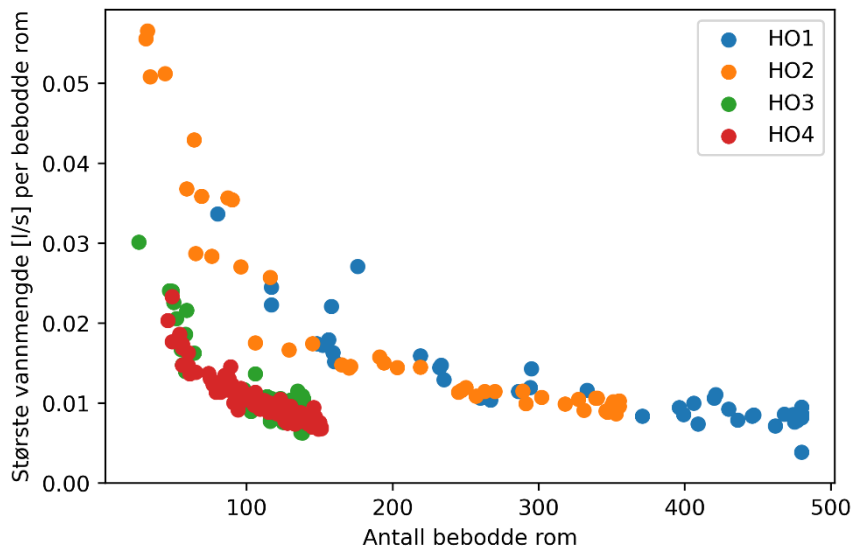
bygning

b)

totalt hotellrom

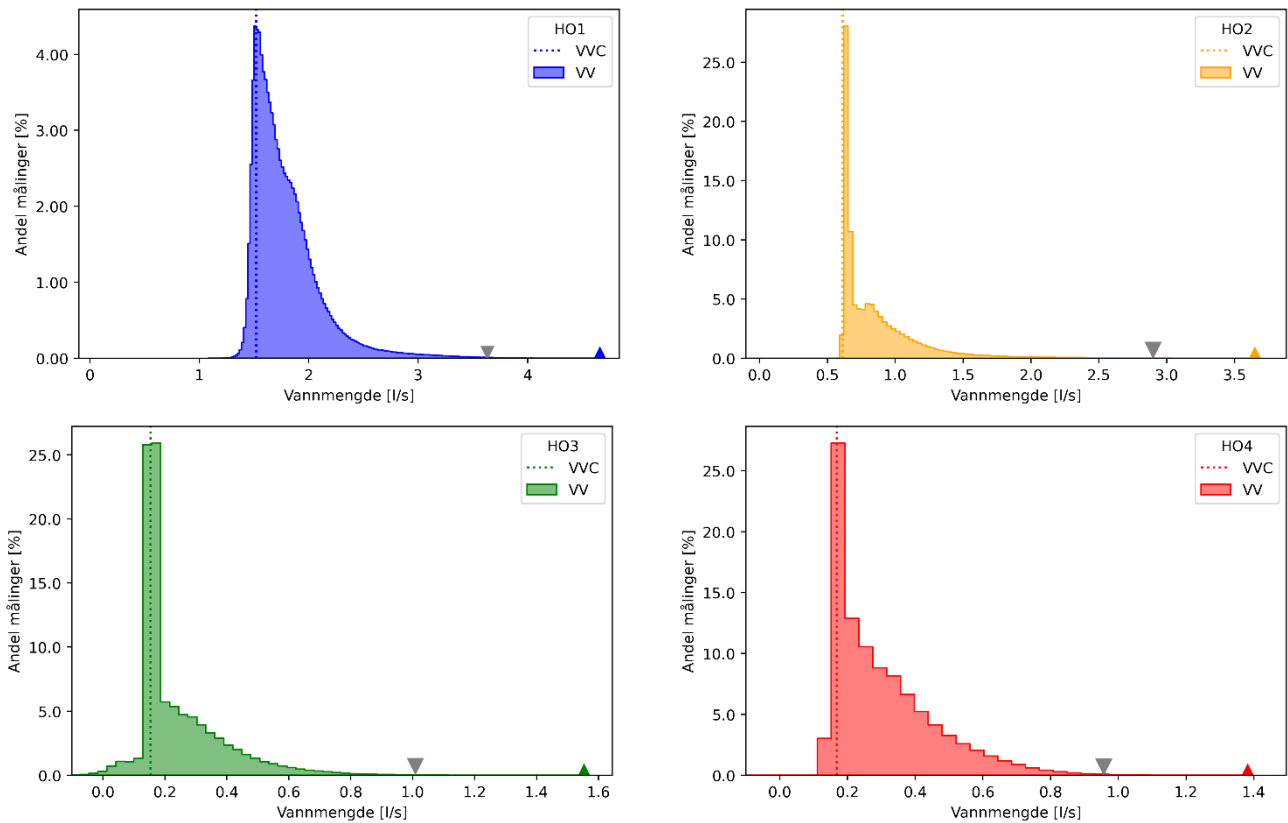
X-akse viser tid i logaritmisk skala.

Ettersom antall bebodde rom og gjester på et hotell varierer, er forbruket også analysert per bebodde rom. Resultatene er vist i Figur 8. Det er i denne sammenhengen viktig å være klar over at forbruket per bebodde rom er størst når det er færrest antall bebodde rom på hotellet. Dette fordi det alltid vil være et visst grunnforbruk av varmtvann (vasking av fellesarealer, matlaging, etc.), uavhengig av antall bebodde rom. Ved færre gjester er det da færre rom å fordele dette grunnforbruket på. Hotell 2 hadde det minste belegget i måleperioden. Dette kommer tydelig frem av figuren, som viser det maksimale forbruket per dag fordelt på antall bebodde rom.



Figur 8  
Målt største samtidige vannmengde med to sekunders måleintervall per bebodde rom, for hver dag i måleperioden mot antall bebodde rom

Figur 7 og Figur 8 viser kun den enkelte største vannmengden som er registret i hver av byggene. Figur 9 viser hvordan forbruket i de fire hotellene fordeler seg, det vil si hvor stor prosentandel en gitt vannmengde er registret i løpet av hele måleperioden. Blå, oransje, grønn og rød kurve er målt vannmengde varmtvann (VV) ut fra varmesentralen. Stiplet linje er gjennomsnittlig vannmengde for varmtvannssirkulasjonen (VVC). Av grafene kan man se at majoriteten av varmtvannsforbruket er lik sirkulerende vannmengde, det vil si at det er ingen tapping. For hotellene ligger 99,9 % av alle målinger (individuelle målepunkter) under 65–79 % av den maksimale vannmengden, avhengig av hvilket bygg man ser på. Mesteparten av varmtvannsforbruket ligger altså på et betydelig lavere nivå enn den enkelte målte maksimale vannmengden.



Figur 9

Målte verdier for varmtvannsforbruk [l/s] i løpet av hele måleperioden for hotell 1, 2, 3 og 4. Stiplet linje er gjennomsnittlig vannmengde til varmtvannssirkulasjon (VVC). Trekant (▲) er den maksimale vannmengden som er registret i løpet av hele måleperioden (fra Tabell 2). Grå trekant (▼) markerer der 99,9% av alle målinger ligger innenfor.

### 3.2 Sykehjem

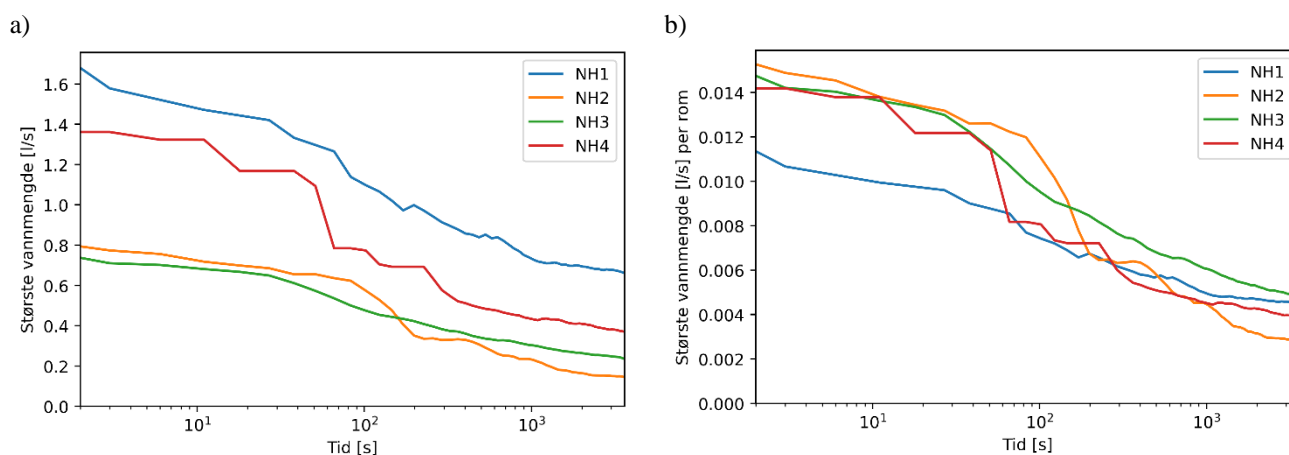
Tabell 3 presenterer resultater fra feltmålinger  $\dot{V}_{vv}(2s)$  og konvertering til standardiserte vannmengder  $\dot{V}_{6010}(t)$  i henhold til avsnitt 2.3. Sykehjem er forkortet til NH (nursing home). Verdiene i tabellen nedenfor viser den maksimale vannmengden i løpet av hele måleperioden, beregnet som et glidende gjennomsnitt med et gitt tidsintervall (fra minimum to sekunder til maksimum 15 minutter). Sykehjem 2 har varmekabel i stedet for varmtvannssirkulasjon.

Tabell 3

Resultater fra feltmålinger på fire sykehjem: Målte og konverterte maksimale vannmengder med ulike tidsintervaller

Bygg	# Sengerom	$\overline{T}_{kv}$ [°C]	$\overline{T}_{vv}$ [°C]	$\dot{V}_{vv}$ [l/s] (2s)	$\dot{V}_{6010}(t)$ [l/s]					
					(2s)	(10 s)	(30 s)	(60 s)	(5 min)	(15 min)
NH 1	148	6.8	59.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.3	0.9	0.8
NH 2	52	11.4	66.5	0.6	0.8	0.7	0.7	0.6	0.3	0.2
NH 3	50	8.3	54.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.4	0.3
NH 4	96	5.7	60.6	1.5	1.4	1.3	1.2	0.8	0.6	0.4

Maksimalt varmtvannsforbruk som en funksjon av forskjellige tidsintervaller for de fire sykehjemmene er vist i Figur 10. Totalt for hele bygget (graf a) er det sykehjemmet med flest rom som har det klart høyeste vannforbruket. Per sengerom (graf b) er forbruket litt jevnere. Varmtvannsforbruk i sykehjem avhenger av sykehjemmets rutiner og beboernes mulighet til å bruke varmtvann på egenhånd. Sykehjem 1, som har flest sengerom, har som forventet noe lavere samtidighet. At sykehjem 4 har like høy samtidighet som sykehjem 2 og 3, med nesten dobbelt så mange rom, kan skyldes at sykehjem 4 er et helsehus med noe annet driftsmønster.



Figur 10

Maksimalt varmtvannsforbruk for sykehjem 1, 2, 3 og 4 med ulike tidsintervaller per

a)

bygning

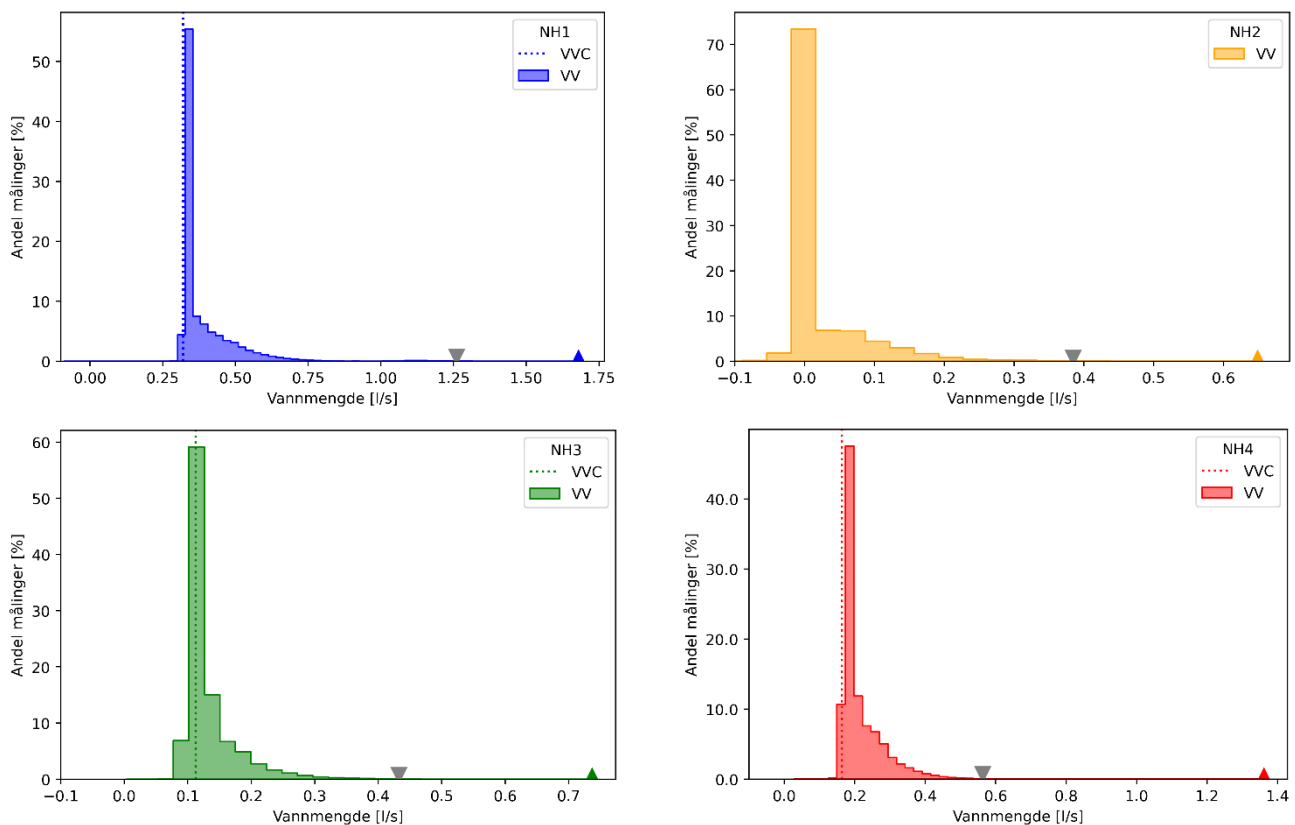
totalt

b) sengerom.

X-akse viser tid i logaritmisk skala.

Figur 10 viser kun den enkelte største vannmengden som er registrert i hver av byggene. Figur 11 viser hvordan forbruket i de fire sykehjemmene fordeler seg, det vil si hvor stor prosentandel av målingene en gitt vannmengde er registrert i løpet av hele måleperioden. Blå, oransje, grønn og rød kurve er målt vannmengde varmtvann (VV) ut fra varmesentralen. Stiplet linje er gjennomsnittlig vannmengde for varmtvannssirkulasjonen (VVC).

Av grafene kan man se at majoriteten av varmtvannsforbruket er lik sirkulerende vannmengde, det vil si at det er ingen tapping. Det er usikkert hvorfor gjennomsnittlig vannmengde til VVC er noe forskjøvet til venstre i forhold til toppen på grafen for sykehjem 1 og 4. En mulig forklaring kan være støy på målingene eller små lekkasjer. Sykehjem 2 har varmekabel på varmtvannsledningen i stedet for varmtvannssirkulasjon, og minste vannmengde er derfor nærmere null på x-aksen. For sykehjemmene ligger 99,9 % av alle målinger (individuelle målepunkter) under 40–74 % av den maksimale vannmengden, avhengig av hvilket bygg man ser på. Majoriteten av varmtvannsforbruket er altså på et betydelig lavere nivå enn den enkelte målte maksimale vannmengden.



Figur 11

Målte verdier for varmtvannsforbruk [l/s] i løpet av hele måleperioden for sykehjem 1, 2, 3 og 4. Stiplet linje er gjennomsnittlig vannmengde til varmtvannssirkulasjon (VVC). Trekant (▲) er den maksimale vannmengden som er registrert i løpet av hele måleperioden (fra Tabell 3). Grå trekant (▼) markerer der 99,9% av alle målinger ligger innenfor.

### 3.3 Boligblokker

Tabell 4 presenterer resultater fra feltmålinger  $\dot{V}_{vv}(2s)$  og konvertering til standardiserte vannmengder  $\dot{V}_{6010}(t)$  i henhold til avsnitt 2.3. Boligblokk er forkortet til AB (apartment building). Verdiene i tabellen viser den maksimale vannmengden i løpet av hele måleperioden, beregnet som et glidende gjennomsnitt med et gitt tidsintervall (fra minimum to sekunder til maksimum 15 minutter).

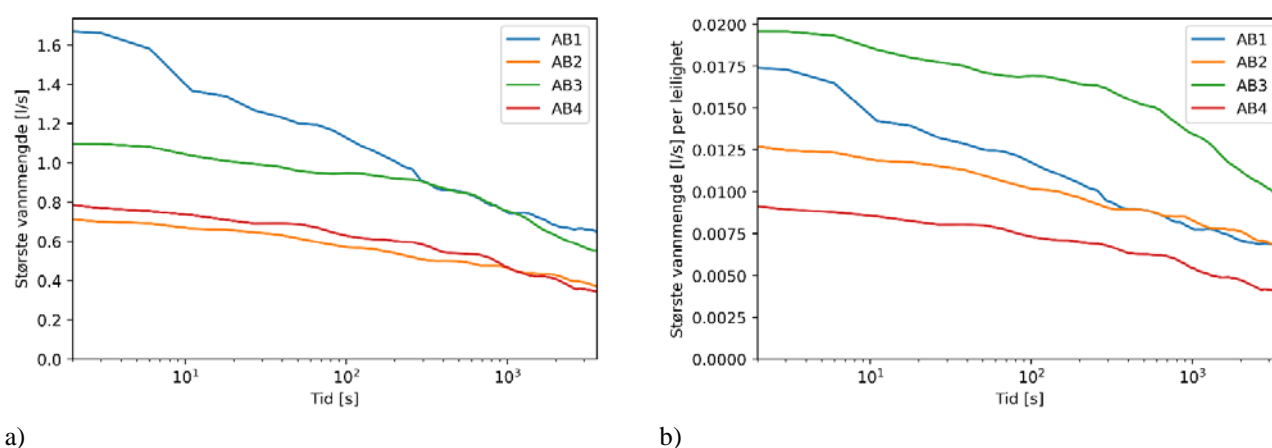
Boligblokk 1 og 2 er kommunale boliger med en stor andel ettromsleiligheter på ca. 40 m<sup>2</sup>. Boligblokk 3 og 4 har i hovedsak treromsleiligheter på rundt 60–70 m<sup>2</sup>. Selv om antall beboere i boligblokkene ikke er kartlagt, er det forventet at det bor flere personer per leilighet i boligblokk 3 og 4 sammenlignet med boligblokk 1 og 2.

Tabell 4

Resultater fra feltmålinger i fire boligblokker: Målte og konverterte maksimale vannmengder med ulike tidsintervaller

Bygg	# Leiligheter	$\overline{T_{kv}}$ [°C]	$\overline{T_{vv}}$ [°C]	$\dot{V}_{vv}$ [l/s] (2s)	$\dot{V}_{6010}(t)$ [l/s]					
					(2s)	(10 s)	(30 s)	(60 s)	(5 min)	(15 min)
AB 1	96	9.8	62.1	1.6	1.7	1.4	1.2	1.2	0.9	0.8
AB 2	56	9.1	65.5	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5
AB 3	56	6.4	60.1	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8
AB 4	86	6.5	59.1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5

Maksimalt varmtvannsforbruk som en funksjon av forskjellige tidsintervaller for de fire boligblokkene er også vist i Figur 12. Av grafene i figuren kan man se at det over korte tidsintervaller er noe spredning av vannforbruket, men at maksimalt forbruk er tilnærmet likt når utjevningsperioden øker. Generelt har boligblokk 4 noe lavere forbruk per leilighet enn de resterende tre blokkene. Sammenlignet med hoteller og sykehjem er det større variasjon i største samtidige vannmengde per leilighet (graf b) mellom de ulike byggene. Det er ikke funnet en entydig årsak til variasjonen, men størrelse på boligblokkene, antall beboere i hver leilighet og beboersammensetning (rutiner) antas å påvirke vannforbruket.



Figur 12

Maksimalt varmtvannsforbruk for boligblokk 1, 2, 3 og 4 med ulike tidsintervaller per

a) bygning totalt

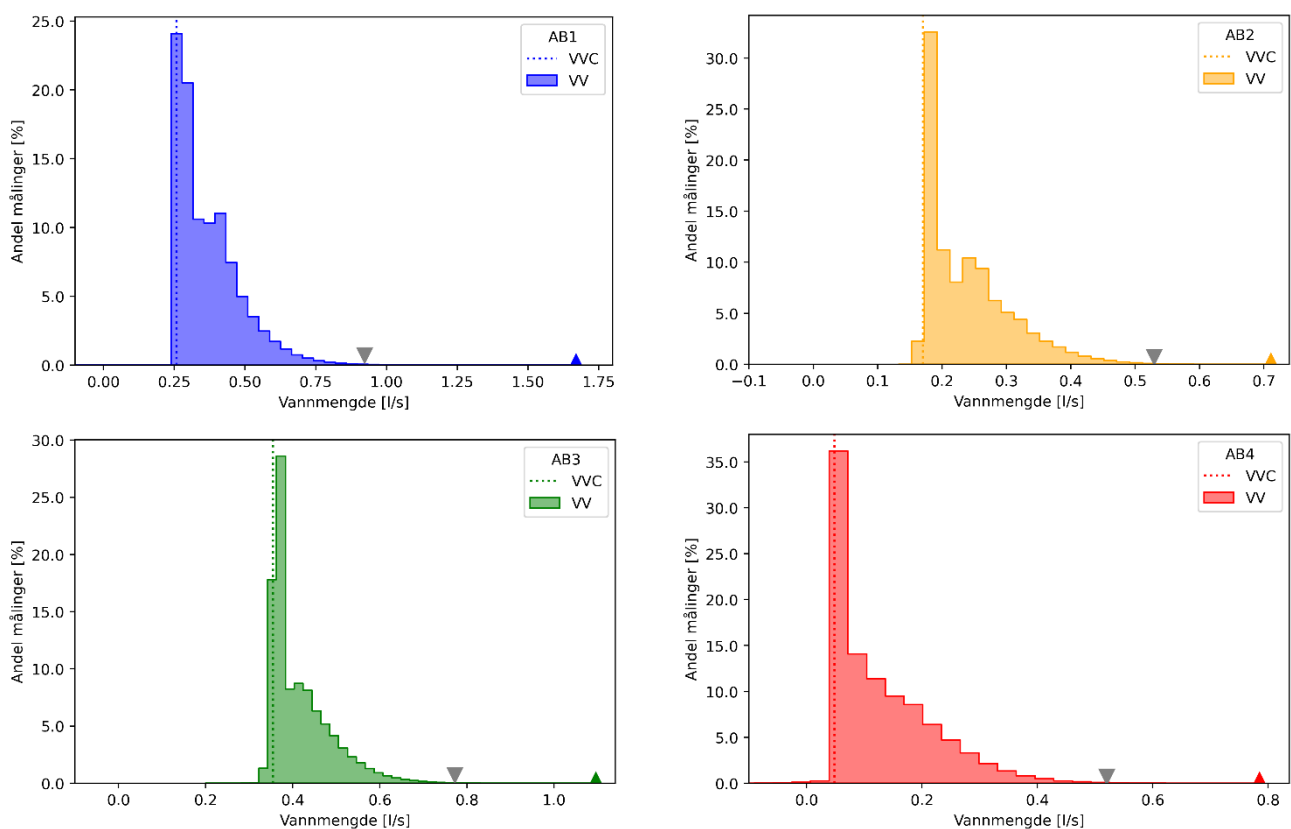
b) leilighet

X-akse viser tid i logaritmisk skala.



Figur 12 viser kun den enkelte maksimale vannmengden som er registrert i hver av byggene. Figur 13 viser hvordan forbruket i de fire boligblokkene fordeler seg, det vil si hvor mange ganger en gitt vannmengde er registrert i løpet av hele måleperioden. Blå, oransje, grønn og rød kurve er målt vannmengde varmtvann (VV) ut fra varmesentralen. Stiplet linje er gjennomsnittlig vannmengde for varmtvannssirkulasjonen (VVC).

Av grafene kan man se at mesteparten av varmtvannsforbruket er lik sirkulerende vannmengde, det vil si at det er ingen tapping. Det er usikkert hvorfor gjennomsnittlig vannmengde til VVC er noe forskjøvet til venstre i forhold til toppen på grafen for boligblokk 2 og 3. En mulig forklaring kan være støy på målingene eller små lekkasjer. For boligblokkene ligger 99,9 % av alle målinger (individuelle målepunkter) under 54–76 % av den maksimale vannmengden, avhengig av hvilket bygg man ser på. Majoriteten av varmtvannsforbruket er altså på et betydelig lavere nivå enn den enkelte målte maksimale vannmengden.



Figur 13

Målte verdier for varmtvannsforbruk [l/s] i løpet av hele måleperioden for boligblokk 1, 2, 3 og 4. Stiplet linje er gjennomsnittlig vannmengde til varmtvannssirkulasjon (VVC). Trekant (▲) er den maksimale vannmengden som er registrert i løpet av hele måleperioden (fra Tabell 4). Grå trekant (▼) markerer der 99,9% av alle målinger ligger innenfor.

### 3.4 Sammenligning med dimensjoneringsstandarder

Flere tidligere studier viser at gjeldende dimensjoneringsstandarder overestimerer største samtidige vannmengde. En sammenligning mellom beregninger og feltmålinger av varmtvannsbruk i 12 boligblokker av forskjellig størrelse i Belgia viste for eksempel at EN 806-3:2006 gir fire ganger så stor vannmengde som målt. Boligblokkenes størrelse varierte fra 11 til 378 leiligheter. Forskjellen mellom resultater fra feltmålinger og de beregnede vannmengdene var større i boligblokker med flere antall leiligheter. Av de standardene som var del i denne studien var DIN 1988-300:2012 nærmest feltmålingene [6].

Tabell 5 og Figur 14 viser resultater fra prosjektet *VarmtVann2030* sine feltmålinger av største samtidige vannmengde sammenlignet med beregninger i tre forskjellige dimensjoneringsstandarder. I alle tilfellene overestimeres forbruket, med unntak av beregninger i henhold til den tyske standarden DIN 1988-300:2012 for sykehjem 1 og 4. Det må imidlertid tas i betraktning at resultatene er basert på målinger i et begrenset antall bygg og i en måleperiode på 6–8 uker.

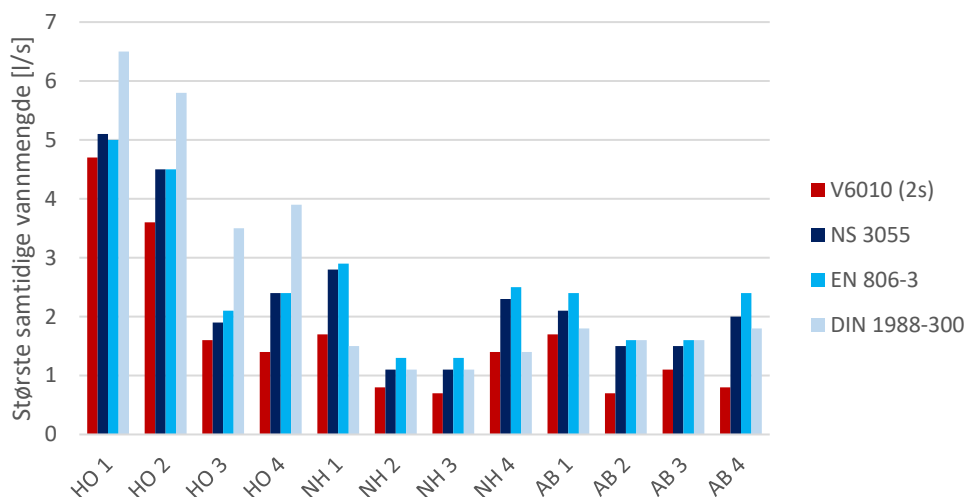
Den felleseuropeiske standarden EN 806-3:2006, som er vedtatt i en rekke andre land og var tenkt som en erstatning for NS 3055:1989, gir som regel størst vannmengder. Per dags dato er det mer eller mindre bransjepraksis å dimensjonere innvendige vannledninger i henhold til NS 3055:1989. Dimensjonering i henhold til DIN 1988-300:2012 tar høyde for type bygg ved beregning av største samtidige vannmengde. Hotell og sykehus gir størst dimensjonerende vannmengde sammenlignet med andre typer bygg med samme antall og type tappesteder [3]. Effekten av dette kan man se for de fire hotellene. For hotell 1 og 2 (konferansehoteller) er treffsikkerheten større enn for hotell 3 og 4 (byhoteller). Det er nærliggende å anta at konferansehoteller har et større samtidig forbruk enn byhoteller, da gjestene i større grad skal delta på de samme aktivitetene. Hvis de fire hotellene hadde vært dimensjonert som for eksempel boligblokker i henhold til DIN 1988-300:2012, ville forbruket blitt underestimert.

Tabell 5

Resultater fra prosjektets feltmålinger av største samtidige vannmengde sammenlignet med beregninger i tre dimensjoneringsstandarder. Tall i parentes er prosentvis forskjell i forhold til  $\dot{V}_{6010}$  (2s)

Bygg	Målte verdier [l/s]		Standard [l/s]		
	$\dot{V}_{vv}$ (2s)	$\dot{V}_{6010}$ (2s)	NS 3055 [7]	EN 806-3 [8]	DIN 1988-300 [3]
HO 1	4.8	4.7	5.1 (+9 %)	5.0 (+6 %)	6.5 (+38 %)
HO 2	3.0	3.6	4.5 (+25 %)	4.5 (+25 %)	5.8 (+61 %)
HO 3 <sup>a)</sup>	1.4	1.6	1.9 (+19 %)	2.1 (+31 %)	3.5 (+119 %)
HO 4	1.4	1.4	2.4 (+71 %)	2.4 (+71 %)	3.9 (+179 %)
<b>Snitt hoteller</b>			<b>+31 %</b>	<b>+33 %</b>	<b>+99 %</b>
NH 1	1.9	1.7	2.8 (+65 %)	2.9 (+71 %)	1.5 (–12 %)
NH 2	0.6	0.8	1.1 (+38 %)	1.3 (+63 %)	1.1 (+38 %)
NH 3	0.8	0.7	1.1 (+57 %)	1.3 (+86 %)	1.1 (+57 %)
NH 4	1.5	1.4	2.3 (+64 %)	2.5 (+79 %)	1.4 (±0 %)
<b>Snitt sykehjem</b>			<b>+56 %</b>	<b>+75 %</b>	<b>+21 %</b>
AB 1	1.6	1.7	2.1 (+24 %)	2.4 (+41 %)	1.8 (+6 %)
AB 2	0.7	0.7	1.5 (+114 %)	1.6 (+129 %)	1.6 (+129 %)
AB 3	1.2	1.1	1.5 (+36 %)	1.6 (+45 %)	1.6 (+45 %)
AB 4	0.9	0.8	2.0 (+150 %)	2.4 (+200 %)	1.8 (+125 %)
<b>Snitt boligblokker</b>			<b>+81 %</b>	<b>+104 %</b>	<b>+76 %</b>

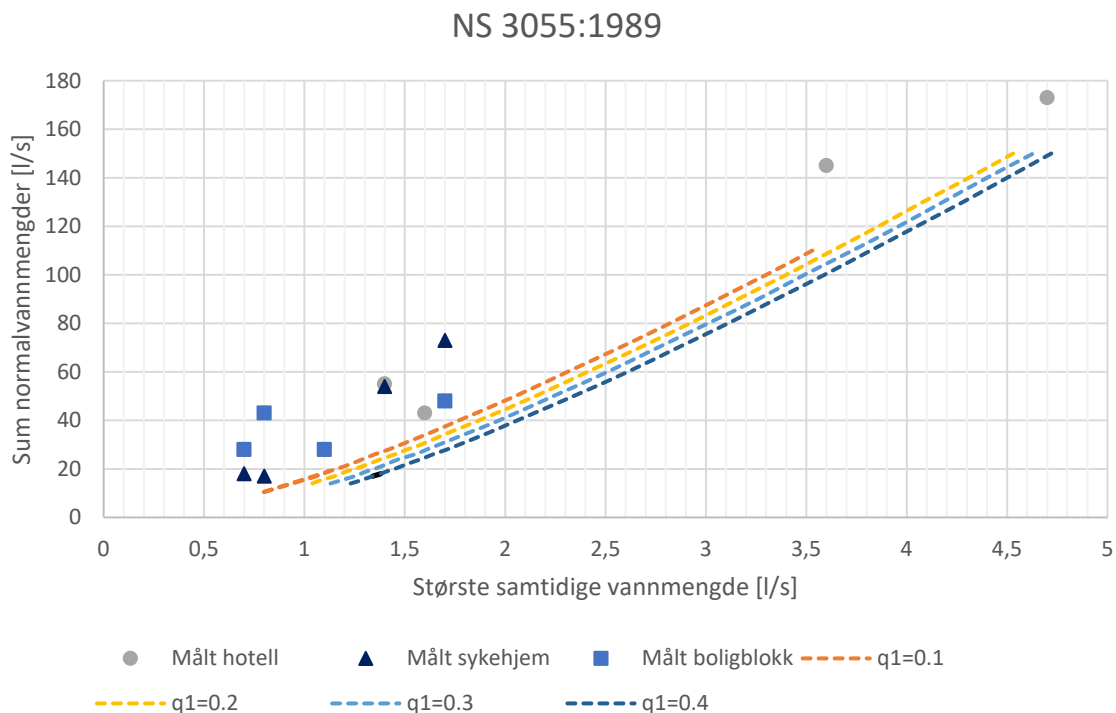
<sup>a)</sup> Deler av hotellet var under oppussing i måleperioden. I beregningene brukes derfor maks antall rom i drift med tilhørende utstyr i måleperioden.



Figur 14

Resultater fra prosjektets feltmålinger av største samtidige vannmengde sammenlignet med beregninger i tre dimensjoneringsstandarder

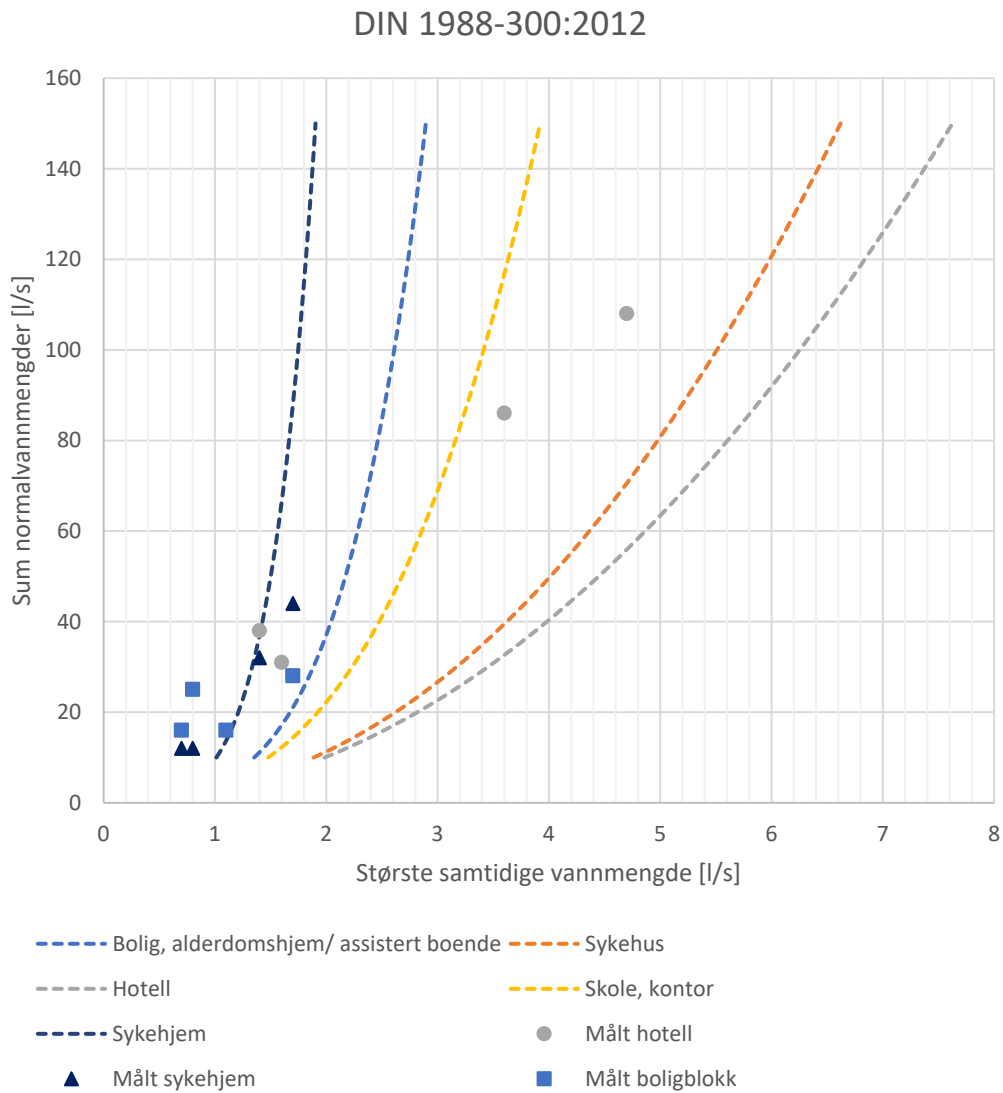
Forholdet mellom summen av alle normalvannmengder og største samtidige vannmengde i henhold til NS 3055:1989 er vist i Figur 15. Stiplede linjer er motsvarende forhold etter samtidighetsdiagram i NS 3055:1989 (figur 1), der  $q_1$  er det tappested med største normalvannmengde. Punktene på grafen representerer største målte vannmengde i hver av byggene. Samtlige punkter ligger til venstre for de stiplede linjene, det vil si at de har en lavere samtidig vannmengde for respektive normalvannmengdebehov sammenlignet med beregninger i henhold til NS 3055:1989.



Figur 15

Forholdet mellom summen av alle normalvannmengder ( $Q$ ) og målt største samtidige vannmengde for ulike bygningskategorier. Stiplet linje motsvarer Figur 1 i NS 3055:1989 [7] for tappested med forskjellige største normalvannmengde,  $q_1$

Der NS 3055:1989 tar utgangspunkt i det tappestedet med størst normalvannmengde, tar DIN 1988-300:2012 høyde for type bygg ved beregning av største samtidige vannmengde. Figur 16 viser forholdet mellom summen av normalvannmengder og største samtidige vannmengde for ulike bygningskategorier i henhold til DIN 1988-300. Hotell og sykehus gir størst dimensjonerende vannmengde sammenlignet med andre typer bygg. Punkter på grafen representerer største målte vannmengde i hver av byggene.



Figur 16  
 Forholdet mellom summen av normalvannmengder og målt største samtidige vannmengde for ulike bygningskategorier. Stiplet linje motsvarer DIN 1988-300 [3] for ulike bygningskategorier.

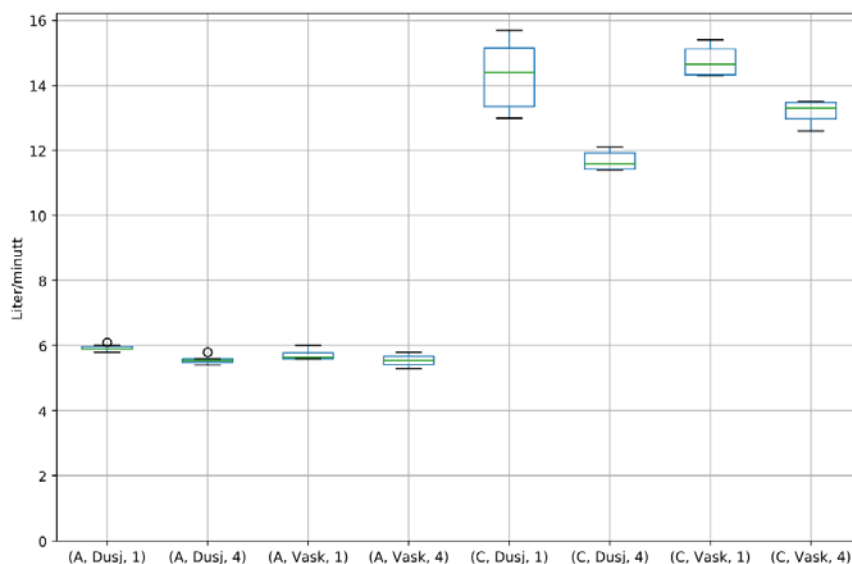
### 3.5 Effekten av vannbesparende armaturer

Det er i hovedsak to faktorer som påvirker vannforbruket: sluttbrukers vaner og holdninger samt vannmengder fra utstyret. I denne rapporten diskuteres kun effekten av tekniske tiltak, ikke adferdsendringer hos sluttbruker.

Et vannbesparende armatur leverer en vannmengde mellom 4–9 l/min (servant- og kjøkkenarmatur) eller 4–12 l/min (dusjarmatur) [9]–[11]. Vannbesparende armaturer, og spesielt sparedusjer, ble frontet som ENØK-tiltak på 90-tallet. Mange hadde dårlige erfaringer med disse på grunn av redusert opplevd komfort. Det er også dårlig dokumentert i hvilken grad lavere vannmengde fører til lengre opphold i dusjen, og dermed redusert effekt. I tillegg er det en utfordring at en del av disse dusjene produserer mer aerosoler og at de dermed kan øke risikoen for spredning av *Legionella*. Siden 90-tallet har teknologien utviklet seg, og flere leverandører hevder at dagens sparedusjer har tilnærmet like god komfort som dusjarmaturer med vannmengde over 12 l/min.

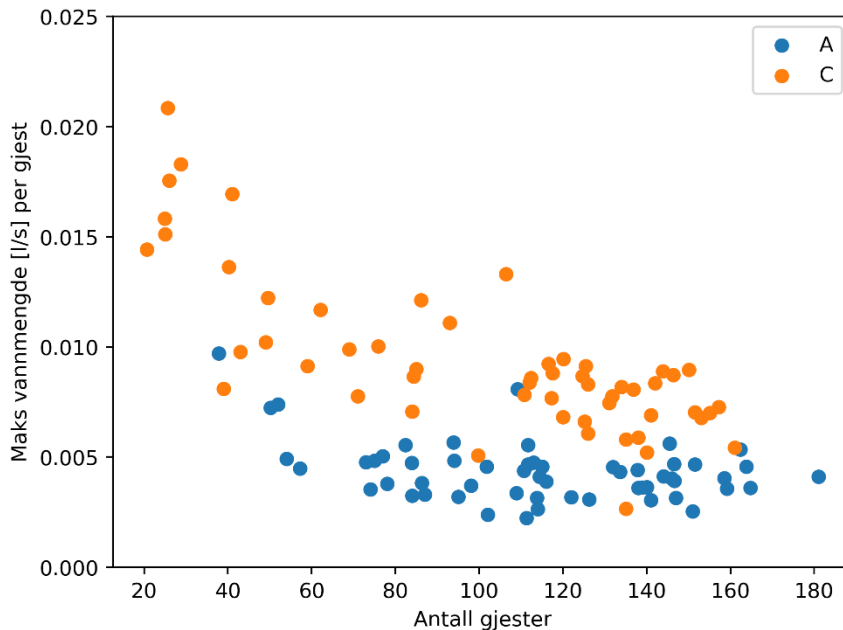
Bruk av vannbesparende armaturer har først og fremst blitt sett på som et tiltak for å redusere det totale vannforbruket (liter/dag) og energibruk til varmtvann [12]–[14], men har også et potensiale for å redusere maksimale vannmengder (forbrukstoppene). Studier tyder på at én årsak til at gjeldende dimensjoneringsstandarder har en tendens til å overdimensjonere rørene, er at beregningsmodellene som brukes ikke tar høyde for en økt bruk av vannbesparende armaturer [15].

I *VarmtVann2030*-prosjektet har effekten av vannbesparende armaturer blitt undersøkt gjennom et måleprosjekt på et hotell som gjennomgikk rehabilitering av baderommene. Ved rehabiliteringen ble det byttet til nye vannbesparende armaturer (servant og dusj), der dusjarmaturene også var berøringsfrie. Forsøket ble gjennomført ved å måle forbruket til varmtvann på to ulike deler av hotellet (blokk A og blokk C), der én var rehabilitert (A) og den andre ikke (C). De to delene har tilnærmet lik utforming med 144 hotellrom på ca. 5000 m<sup>2</sup>. Figur 17 viser målte vannmengder fra utvalgte armaturer i de to blokkene og i henholdsvis 1. og 4. etasje. I snitt er forbruket med de gamle armaturene 2,3 ganger høyere for dusjarmaturer og 2,5 ganger høyere for servantarmaturer, sammenlignet med de vannbesparende armaturene.



Figur 17  
Målte vannmengder fra dusj- og servantarmaturer i blokk A og blokk C. Vannmengder i [l/min]

I måleperioden ble det loggført antall gjester for hver av de to blokkene. Målingene inkluderer varmtvann til rommene og enkelte bøttekott for renholdspersonalet. Figur 18 viser største samtidige vannmengde per gjest som en funksjon av antall gjester for blokk A og C. Av figuren kan man se at bruk av vannbesparende armaturer også reduserer største samtidige vannmengde. Det høyeste forbruket inntreffer når det er færrest gjester på hotellet. Dette fordi det alltid vil være et visst grunnforbruk av varmtvann (vasking av fellesarealer, matlaging, etc.), uavhengig av antall gjester. Ved færre gjester er det da færre å fordele dette grunnforbruket på.



Figur 18  
Daglig største samtidige vannmengde per gjest i blokk A og blokk C

Resultater fra målingene viser en reduksjon i største samtidige vannmengde ved bruk av vannbesparende armaturer. I tillegg er det registrert en reduksjon av daglig totalt varmtvannsforbruk som nesten tilsvarer reduksjonen i normalvannmengde. Det er ikke mulig å skille mellom betydningen av redusert vannmengde fra armatur og at det var berøringsfrie armaturer. På servantarmaturer har berøringsfrie armaturer en naturlig vannbesparende effekt. For dusjarmaturer er det ikke nødvendigvis slik. Det kan for eksempel være krevende å skru av dusjen under innsåping. Tilbakemeldinger fra gjester viser at man kanskje burde valgt dusjarmaturer med noe høyere vannmengde, selv om klagen var relativt få totalt sett i løpet av måleperioden (15 skriftlige klager og noen muntlige av ca. 54 000 gjester). Dette er ikke voldsomt mye klager, men det er viktig for et hotell at gjestene har en god dusjopplevelse.

Bruk av vannbesparende armaturer har altså et potensiale for å redusere største samtidige vannmengde. Det kan derigjennom også teoretisk være mulig å gå ned i rørdimensjon, dersom man har tilstrekkelig resttrykk og man ikke overskrider kritiske hastigheter. Det er i denne sammenhengen viktig å være klar over at produktstandardene som tappearmaturer testes etter, ikke setter noe øvre grense for mengden vann de kan levere. Dersom man dimensjonerer rørsystemet ut fra bruk av vannbesparende armaturer, er det risiko for at ledningsnettets ikke har tilstrekkelig kapasitet dersom det installeres armaturer med større normalvannmengder. Å øke dimensjonen i etterkant vil som regel kreve omfattende bygningsmessige inngrep og økonomiske ressurser. Det er heller ikke sikkert at samme effekt vil oppnås i andre type bygninger. Det er nærliggende å anta at brukene i for eksempel boligblokker og sykehjem blir mer vant til hvordan tappearmaturrene virker og stiller inn ønsket vannmengde, uavhengig av hvor stor vannmengde armaturen maksimalt kan gi.

## 4 Maksimale vannhastigheter

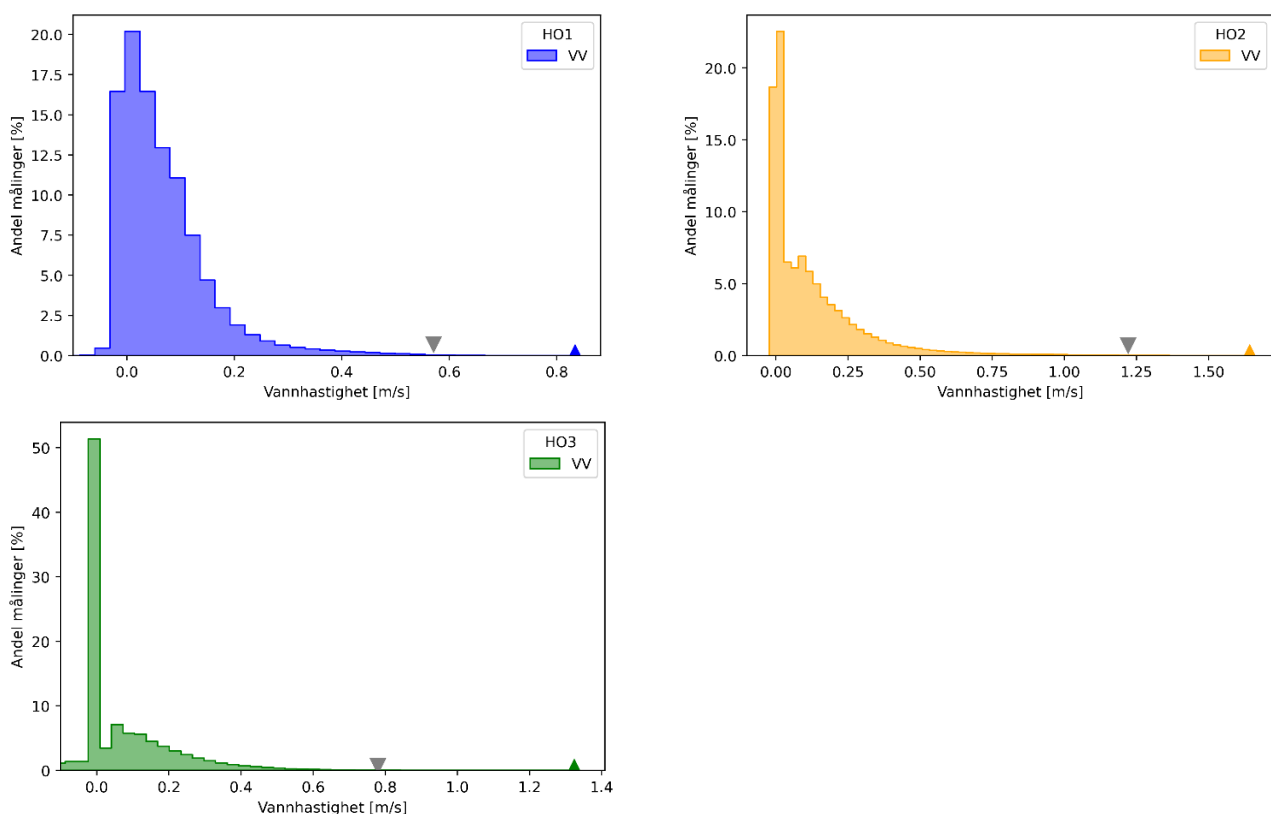
### 4.1 Betydning

Vannmengde sammen med valg av rørdimensjon gir en vannhastighet. Vannhastigheten i rørene påvirker i sin tur for eksempel trykktap, risiko for korrosjon, ventetid, varmetap og støynivå. Mer om forutsetninger for valg av rørdimensjon og materiale i kapittel 5.2.

### 4.2 Målte vannhastigheter

Figur 19–Figur 21 presenterer beregnet vannhastighet ut fra målt vannmengde  $\dot{V}_{6010}(t)$  og installert rørdimensjon i hver av byggene (Tabell 10). Blå, oransje, grønn og rød kurve er hvor stor prosentandel en gitt vannhastighet er registrert i løpet av hele måleperioden.

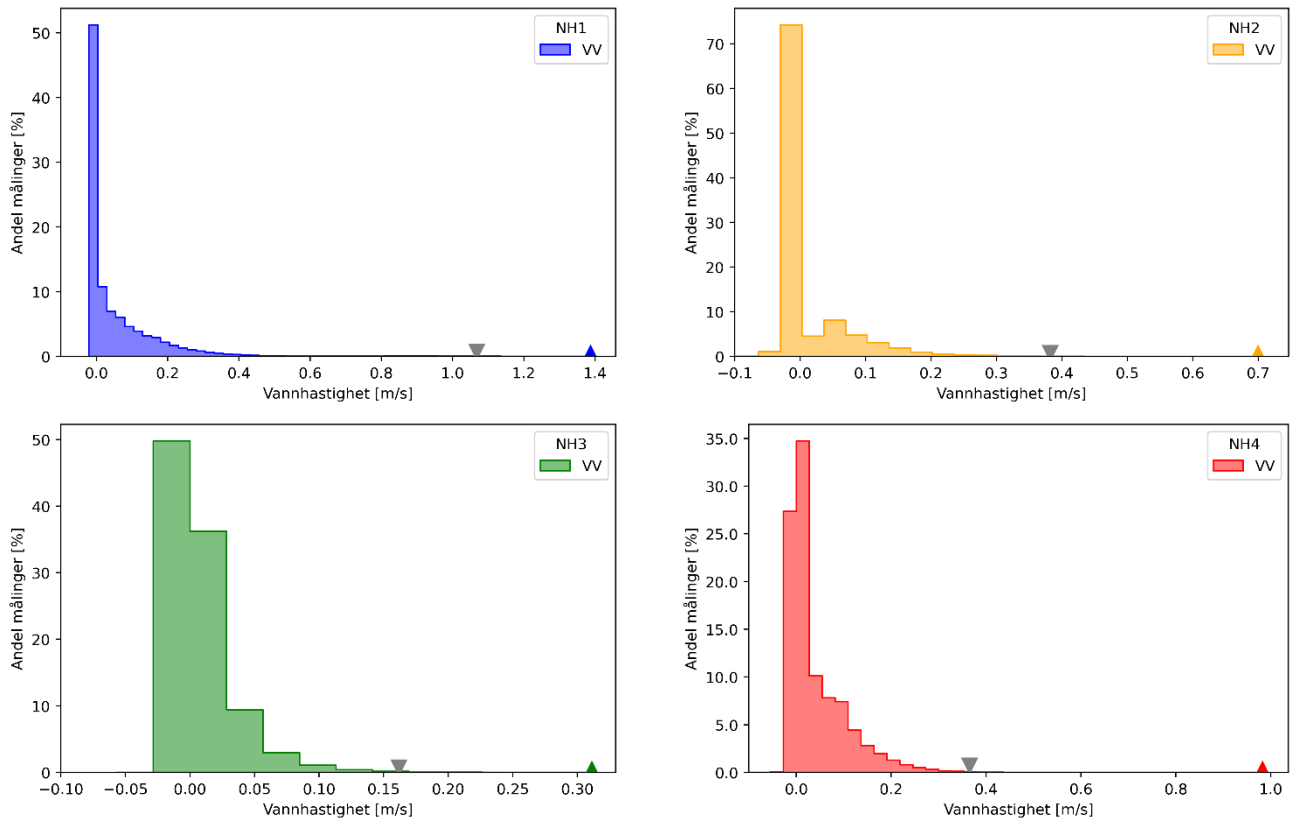
Figur 19 viser fordelingen av vannhastigheter i tre av de fire hotellene. Deler av hotell 3 var under oppussing i måleperioden. Fordelingsledningen er derfor dimensjonert for en større vannmengde. Til tross for at færre rom enn vanlig var i bruk under måleperioden, ble det registrert vannhastigheter opp mot maksimalt anbefalt hastighet (men fortsatt innenfor anbefalingen), som beskrevet i kapittel 5.2.4. Majoriteten (99,9 %) av vannhastighetene ligger derimot på et betydelig lavere nivå. Av de tre hotellene har hotell 1 rør fra varmesentral i rustfritt stål, mens hotell 2 og 3 har kobberør.



Figur 19

Vannhastigheter [m/s] i løpet av hele måleperioden for hotell 1, 2, og 3. Trekant (▲) er den maksimale vannhastigheten som er registrert i løpet av hele måleperioden. Grå trekant (▼) markerer der 99,9% av alle målinger ligger innenfor.

Figur 20 viser fordelingen av vannhastigheter i de fire sykehjemmene. Sykehjem 2 har varmekabel i stedet for varmtvannssirkulasjon. Sykehjem 1 har registret de høyeste vannhastighetene i løpet av måleperioden, men ligger fortsatt lavere enn anbefalte 1.5 m/s. At Sykehjem 3 har veldig lave hastigheter skyldes mest sannsynlig at fordelingsledningen ble dimensjonert på et tidspunkt da sykehjemmet hadde mer omfattende bruk av kjøkken og vaskeri, sammenlignet med dagens rutiner. Av de fire sykehjemmene har Sykehjem 4 rør fra varmesentral i AluPex, mens resterende har kobberør.

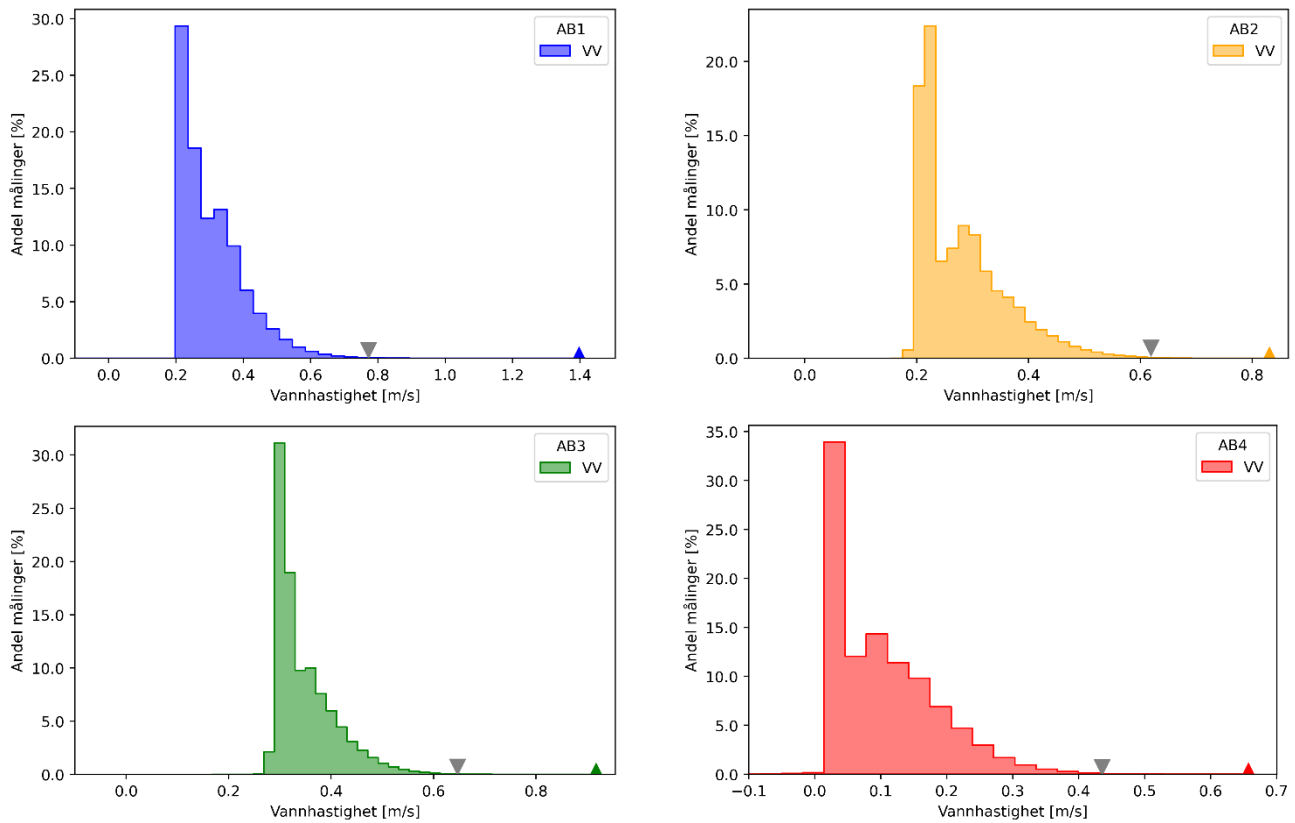


Figur 20

Vannhastigheter [m/s] i løpet av hele måleperioden for sykehjem 1, 2, 3 og 4. Trekant (▲) er den maksimale vannhastigheten som er registret i løpet av hele måleperioden. Grå trekant (▼) markerer der 99,9% av alle målinger ligger innenfor.



Figur 21 viser fordelingen av vannhastigheter i de fire boligblokkene. Av grafene kan man se at med unntak av boligblokk 1, ligger vannhastighetene i fordelingsledningen ut fra varmesentralen betydelig lavere enn anbefalt 1,5 m/s. Den enkelte målte høyeste vannhastigheten for boligblokk 1 er fortsatt innenfor anbefalingene, og mesteparten av tiden (99,9 %) ligger vannhastighetene under 0,8 m/s. Av de fire boligblokkene har boligblokk 2 rør fra varmesentral i AluPex, mens resten har kobberør.



Figur 21

Vannhastigheter [m/s] i løpet av hele måleperioden for boligblokk 1, 2, 3 og 4. Trekant (▲) er den maksimale vannhastigheten som er registret i løpet av hele måleperioden. Grå trekant (▼) markerer der 99,9% av alle målinger ligger innenfor.

## 5 Dimensjonering av fordelingsrør for varmt tappevann

### 5.1 Forutsetninger for beregning av vannmengder

#### 5.1.1 Antall tappesteder og størrelsen på dem (normalvannmengder)

Normalvannmengden ( $q_n$ ) er den vannmengden som er nødvendig for at det enkelte tappestedet skal fungere som forutsatt. Den er til dels basert på at det tar tid å fylle opp for eksempel et badekar eller en vaskekum. For armaturer til andre type tappesteder, som for eksempel dusj eller servant, er vannmengden gjerne justert ut fra hensyn til komfort og vannbesparelse. Tabell 6 viser normalvannmengder for noen vanlige tappesteder for varmtvann. Av tabellen kan man se at NS 3055:1989 opererer med høyere normalvannmengder enn DIN 1988-300:2012, som har lagt seg på vanlig nivå for vannbesparende armaturer. Kolonnen lengst til høyre viser vannmengde i henhold til produktstandard for de ulike typene armaturer. Tall i parentes er tillatte vannmengder dersom armaturen defineres som vannbesparende. Produktstandardene setter kun grense for minste vannmengde for en tappearmer. Det fins altså ikke noen øvre grense i gjeldende standarder.

Tabell 6  
Normalvannmengder for vanlige tappesteder for varmtvann

Tappested	Normalvannmengder [l/s]		
	NS 3055:1989 $q_n$	DIN 1988-300:2012 $\dot{V}_R$	Produktstandard <sup>a)</sup> (vannbesparende armatur)
Servantarmatur	0.1	0.07	min. 0.15 (0.066 – 0.15)
Kjøkkenarmatur	0.2	0.07	min. 0.15 (0.066 – 0.15)
Dusjarmatur	0.2	0.15	min. 0.2 (0.066 – 0.2)
Badekarsarmatur	0.3	0.15	min. 0.33

a) Vannmengder iht. NS-EN 817:2008 [6], NS-EN 1111:2017 [7] og NS-EN 200:2008 [8]

I takt med et økt fokus på å spare vann og energi har tappearmer med mindre vannmengder blitt vanligere. Som det fremgår av Tabell 6 dimensjonerer DIN 1988-300:2012 ut fra bruk av vannbesparende armaturer, mens NS 3055:1989 bruker de samme normalvannmengdene som var vanlig før 2000-tallet.

Når antall tappesteder med tilhørende normalvannmengde er fastsatt, summeres enkeltpostene slik at man får rørstrekkets totale normalvannmengdebehov, det vil si vannmengden dersom alle tapstedene er åpne for fullt samtidig.

Hvilke normalvannmengder man tar utgangspunkt i ved dimensjonering, vil påvirke rørstrekkets totale normalvannmengdebehov. Som vist i kapittel 3.5 har bruk av vannbesparende armaturer potensiale for å minske største samtidige vannmengde (forbrukstoppen). I bygninger som eies og driftes av én organisasjon eller bedrift, som for eksempel hoteller, sykehjem eller idrettsanlegg, kan man sentralt styre hvilke armaturer som installeres. Det brukes også gjerne samme fabrikat og modell for hver type tappested. I boligblokker er det som regel større variasjon og mindre forutsigbarhet når det gjelder hvilke armaturer som er installert på et gitt tidspunkt.

### 5.1.2 Største samtidige vannmengde

I de fleste tilfeller er det lite sannsynlig at alle tappesteder er i bruk samtidig. Tapping fra et gitt tappested på et gitt tidspunkt skjer altså med en viss sannsynlighet. Summen av normalvannmengder fra tilknyttede vannuttak reduseres derfor ut fra sannsynligheten for samtidig bruk av tappestedene. Dette gir oss den største samtidige vannmengden, det vil si den estimerte forbrukstoppen.

Ved dimensjonering av vannledninger må man ta stilling til hvor sikker man ønsker at vannforsyningen skal være. Kan man for eksempel akseptere en mindre vannmengde enn ønsket i enkelte tilfeller? Dagens dimensjoneringspraksis i henhold til NS 3055:1989 opererer med en høy sikkerhetsfaktor mot overbelastning, med utgangspunkt i en 99,9 % sikkerhet mot overbelastning [16][17]. Beregning av største samtidige vannmengde i henhold til NS 3055 for fordelingsledninger i for eksempel hoteller, sykehjem og boligblokker gjøres ved hjelp av følgende formel [7]:

$$q = q_1 + 0.015(Q - q_1) + 0.17\sqrt{Q - q_1} \quad (3)$$

der

- $q$  er største samtidige vannmengde,
- $q_1$  er normalvannmengde for største tappested i [l/s],
- $Q$  er summen av normalvannmengder etter Tabell 6 i [l/s].

NS 3055:1989 og mange andre av dagens dimensjoneringsstandarder er basert på beregning av største samtidige vannmengde etter videreutviklede matematiske modeller fra 1940-tallet [18]. Selv om beregningene ser litt forskjellige ut, tar mange av dem utgangspunkt i antall installerte tappearmaturer, vannmengde fra armaturene og en sannsynlighet for samtidig bruk. Bruksfrekvensen er ofte basert på tidlige feltforsøk og er allerede bakt inn i formlene.

I takt med at vannbesparende tappearmaturer har blitt vanligere og endringer i forbruksmønster, anses dette derimot som en utdatert tilnærming [15], [19]. Flere studier tyder på at dagens dimensjoneringsstandarder overestimerer største samtidige vannmengde [6], [20], [21]. Dette kan i sin tur lede til overdimensjonering av rørene. Flere alternative beregningsmetoder er tatt frem i senere tid, men det er ikke internasjonal enighet om hvilken vei man skal gå. Brukervennligheten til disse beregningsmetodene diskuteres også, da enkelte modeller krever mer avanserte statistiske beregninger [15].

Som resultatene presentert i kapittel 3 viser, og i forbindelse med andre lignende studier, er det flere faktorer som påvirker vannforbruket. Å estimere største samtidige vannmengde for et gitt rørstrekk kan derfor være vanskelig. Største samtidige vannmengde påvirkes av blant annet disse faktorene:

Forbrukere

- Brukernes vaner, avhengig av type bygg, rutiner og sosiale eller kulturelle faktorer osv.
- Antall brukere i forhold til antall tappesteder

Bygningsmessige faktorer

- Størrelse på installasjonen
- Type rørstrekk (koblingsrør vs. fordelingsledning)
- Ønsket sikkerhet mot overbelastning

Tappesteder

- Antall tappearmaturer som er koblet til rørledningen
- Type tappearmaturer (vannmengder)

### 5.1.3 Bidrag fra varmtvannssirkulasjon (VVC)

Et sirkulasjonssystem sikrer at det sirkulerer varmtvann i fordelingsnettet også i perioder uten tapping. I et tradisjonelt anlegg drives vannet rundt med en sirkulasjonspumpe. For å spare energi bør man bruke en pumpe med trinnløs regulering, det vil si en pumpe som automatisk justerer sirkulert vannmengde etter trykket. Når forbruket øker, reduseres hastigheten på pumpen og sirkulert vannmengde synker.

Tabell 7 viser målt sirkulerende vannmengde (VVC) når maksimal vannmengde ( $\dot{V}_{6010}$ ) ble registrert og gjennomsnittlig sirkulerende vannmengde i alle byggene. I NH 4 kan man for eksempel se effekten av trykkregulert sirkulasjon. Når forbruket øker, reduseres hastigheten på pumpen, og sirkulert vannmengde synker fra et nivå på rundt 0,2 l/s til 0. Samme effekt kan også ses i varierende grad i andre anlegg, der den sirkulerende vannmengden synker når forbruket øker. Resultater fra AB 4 er ikke tatt med i tabellen grunnet dårlig kvalitet på målinger og svært usikre resultater.

Som det kommer frem i Tabell 7, vil sirkulasjonssystemer som virker etter hensikten ikke gi et økt bidrag til vannmengdebehovet. I de fleste tilfellene er altså bidraget fra varmtvannssirkulasjonen så begrenset (tilsvarende bruk av en tappearmatur) at man kan se bort fra det ved beregning av største samtidige vannmengde for tilførselsledningen for varmtvann. Tabellen viser også at i bygg med fungerende sirkulasjonssystemer synker sirkulert vannmengde betydelig ved høyt forbruk. Dette skyldes at trykktapet i fordelingsnettet øker og at sirkulasjonspumpen må jobbe med et høyere differansetrykk, som resulterer i redusert vannmengde. Dette kan ytterligere forsterkes med bruk av trykkstyrte sirkulasjonspumper.

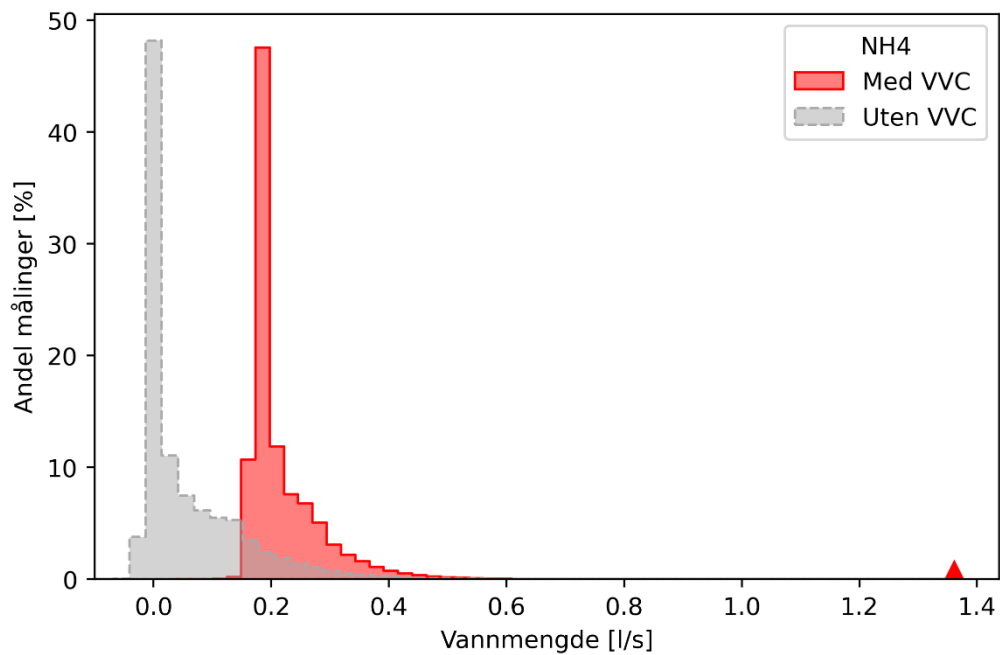
I store bygg med få tappesteder, som for eksempel kontorer eller verksteder, og som også har lange føringsveier, kan sirkulerende vannmengde derimot være dimensjonerende for øvrige fordelingsledninger.

Tabell 7

Målt maksimal vannmengde fra varmesentral, VVC ved maksimal vannmengde og gjennomsnittlig VVC

Bygg	Maksimal vannmengde $\dot{V}_{6010}$ (2s) [l/s]	VVC ved maksimal vannmengde [l/s]	Gjennomsnitt VVC [l/s]	Kommentar
HO 1	4.7	1.5	1.5	Kun delvis fungerende sirkulasjon, dårlig innregulert
HO 2	3.6	0.2	0.6	Sirkulasjon dekker kun deler av bygget
HO 3	1.6	0.1	0.2	Tilsynelatende fungerende sirkulasjon
HO 4	1.4	0	0.2	Tilsynelatende fungerende sirkulasjon
NH 1	1.7	0.1	0.3	Tilsynelatende fungerende sirkulasjon
NH 2	–	–	–	Varmekabel på varmtvannsrør, ingen sirkulasjon
NH 3	0.7	0.1	0.1	Sirkulasjon blendet og kortsluttet like utenfor varmesentral
NH 4	1.4	0	0.2	Tilsynelatende fungerende sirkulasjon. Trykkstyrt sirkulasjonspumpe
AB 1	1.7	0.2	0.3	Bygg med 9 etasjer. Sirkulasjon kun i kjeller
AB 2	0.7	0	0.2	Sirkulasjon opp i alle sjakter
AB 3	1.1	0.2	0.4	Bygg med 4 etasjer. Sirkulasjon kun i kjeller
AB 4	0.8	–	–	Dårlig kvalitet på målinger (svært usikre resultater). Sirkulasjon mellom flere bygg

Figur 22 viser hvordan varmtvannssirkulasjon påvirker målte vannmengder i løpet av hele måleperioden. Rød kurve representerer total vannmengde varmtvann (VV) ut på anlegget fra varmesentral. For grå kurve er målt sirkulerende vannmengde (VVC) trukket fra vannmengde varmtvann (VV) ut på anlegget. Trekant ( $\blacktriangle$ ) i samme farge som kurven er den maksimale vannmengden ( $\dot{V}_{6010}$  (2s) fra Tabell 2) som er registret i løpet av hele måleperioden. Grå trekant ligger på akkurat samme nivå som rød. Som det fremgår av figuren, påvirker ikke varmtvannssirkulasjon størrelsen på forbrukstoppen i stor grad, men derimot påvirker den generelt forbruksnivå.



Figur 22  
Eksempel på hvordan varmtvannssirkulasjon påvirker måle vannmengder for varmtvann ut fra varmesentral. Trekant ( $\blacktriangle$ ) er den største samtidige vannmengden som er målt i løpet av hele måleperioden.

## 5.2 Forutsetninger for valg av rørdimensjon

### 5.2.1 Konsekvenser og risiko

Vannrør skal dimensjoneres slik at det tilfører hvert tappested en stor nok vannmengde til at tappestedet fungerer som forutsatt. Valg av rørdimensjon i forhold til største samtidige vannmengde vil påvirke blant annet trykktap i ledningsnett, korrosjon, varmetap, ventetid og støynivå. Flere av disse faktorene vil virke mot hverandre, og det kan være vanskelig å avgjøre hvilke som skal være dimensjonerende.

Det er forskjellige konsekvenser og risiko knyttet til underdimensjonering kontra overdimensjonering. En typisk utfordring med overdimensjonering er at det er krevende å regulere blandeventilen som styrer varmtvannstemperaturen ut på anlegget, hvis forbruket er overestimert i forhold til hva som faktisk brukes. Dette kan føre til store svingninger i temperatur på det distribuerte varmtvannet.

Fordeler med å velge mindre rørdimensjoner er:

- reduserte investeringskostnader
- redusert varmetap
- redusert ventetid på varmtvann
- Lettere utskiftbart (ved bruk av rør-i-rør-system)

Risikoer ved valg av for små rørdimensjoner er:

- tappesteder som ikke fungerer som forutsatt
- korrosjon på kobberør
- potensielt mer støy (planlegging av føringsveier og plassering av tappesteder er viktig)
- hvis forbruket underestimeres i forhold til hva som faktisk brukes er det vanskelig å øke kapasitet i ettertid.

Kapittel 5.2.2–5.2.8 beskriver forskjellige faktorer man må ta hensyn til ved valg av rørdimensjon.

## 5.2.2 Rørmateriale

I tillegg til valg av rørdimensjon er bruk av riktig rørmateriale på riktig sted viktig for at installasjonen skal virke etter hensikten og ikke få redusert levetid. Rør for tappevannsinstallasjoner kommer i mange forskjellige materialer og dimensjoner. De forskjellige materialene har ulike egenskaper knyttet til blant annet hvor utsatte de er for korrosjon / hvor mye de påvirkes av høye vannhastigheter, maksimalt driftstrykk (trykklasser), trykktap, lengdeutvidelse/ekspansjon, kjemikaliemotstand, egenskaper ved brannpåvirkning, bøyeradius og krav til klamring. Kunnskap om materialeegenskapene og de ulike rørtypene er derfor viktig. Dette gjelder spesielt ved prosjektering og montering av rør til varmt tappevann og varmtvannssirkulasjon.

Noen vanlige rørtyper for bruk til innvendige tappevannsinstallasjoner er listet opp i Tabell 8 nedenfor. Standardene som rørene produseres i henhold til har endret seg de siste årene, og det kan derfor være forskjell på for eksempel veggtykkelse for rør produsert ved ulike tidspunkt. Eldre kobberør (kobberør for fingjenger type M eller i henhold til NS 824) har typisk større opprinnelig godstykkelse enn dagens kobberør i henhold til NS-EN 1057.

Tabell 8  
Eksempel på rørtyper for bruk til innvendige tappevannsinstallasjoner

Materiale og rørtype	Standard	Vanlige dimensjoner utv. diameter fra- til og eks. godstykkelse [mm]	Kommentar
<b>Metall</b>			
Harde kobberør for gjenging	NS 824	3/8 – 3" (9.52– 76.20 mm) Godstykkelse for rørdim. 3/4" (19.05 mm)= 1.6 mm	Vanlig fra 1960-tallet til 1990-tallet.
Kobberør for kapillarlodding	NS 1758	6 – 54 mm Godstykkelse for rørdim. 18 mm= 1.0 mm	Liten veggtykkelse sammenlignet med rør iht. NS 824. Rør i kveil er spesielt utsatt for monteringsfeil.
Sømløse, runde kobberør	NS-EN 1057	10 – 54 mm Godstykkelse for rørdim. 18 mm= 1.0 mm	Liten veggtykkelse sammenlignet med rør iht. NS 824.
Rustfritt stål	NS-EN 10312	15 – 108 mm Godstykkelse for rørdim. 20 mm= 2.5mm	Mer korrosjonsbestandig alternativ til kobberør, men korroderer ved kloridholdig vann.
<b>Plast</b>			
PEX-rør	NS-EN ISO 15875	12 – 63 mm Godstykkelse for rørdim. 20 mm= 2.8 mm	God bestandighet mot alle vannkvaliteter, men må ikke eksponeres for direkte sollys (UV-stråling) over lengre tid. Rør-i-rør brukes ved skjult montering.
PE-RT	NS-EN ISO 22391	12 – 160 mm Godstykkelse for rørdim. 18 mm= 2.5 mm	God bestandighet mot alle vannkvaliteter, men må ikke eksponeres for direkte sollys (UV-stråling) over lengre tid. Rør-i-rør brukes ved skjult montering.
PE-rør	EN 12201	20 – 63 mm Godstykkelse for rørdim. 20 mm= 2.0 mm	Mest vanlig utendørs og frem til innvendig hovedstengeventil.
<b>Kompositt (sammensatt av to forskjellige materialer, plast og aluminium)</b>			
PE-RT/ Al/ PE-RT	NS-EN ISO 21003/ DIN 16833	16 – 75 mm Godstykkelse for rørdim. 20 mm= 2.5mm	Korrosjonssikre og påvirkes ikke av høye vannhastigheter eller aggressivt vann.
PEX/ Al/ PEX	NS-EN ISO 21003/ DIN 16833	16 – 63 mm Godstykkelse for rørdim. 20 mm= 2.5mm	Korrosjonssikre og påvirkes ikke av høye vannhastigheter eller aggressivt vann

### 5.2.3 Trykktap i ledningsnett

Fra anboringspunktet på hovedledningen til og med tappestedet vil tilgjengelig vanntrykk reduseres på grunn av trykktap i rette rør, enkeltmotstander (f.eks. rørbend, ventiler og avgreninger) og statisk trykkehøyde. Trykktap i rette rør er avhengig av lengde, strømningsform, vannhastighet, vanntemperatur og ruhet i røret. Rørdimensjon velges slik at vanntrykket man har til rådighet, brukes opp fra anboringspunktet på hovedledningen til og med tappested.

Det anbefales i utgangspunktet å bruke trykktapsdimensjonering, men forenklet dimensjonering kan brukes som overslagsberegning når [22]:

- vanntrykket i anboringspunktet på hovedledningen er minst 350 kPa og lengden på stikkledningen er  $\leq 10$  m
- vanntrykket i anboringspunktet på hovedledningen er minst 400 kPa og lengden på stikkledningen mellom 10 og 20. Ved stikkledninger med lengde mellom 20 og 60 m må diameter på stikkledningen økes med en dimensjon mer enn det man kommer frem til ved dimensjonering.
- høydeforskjellen mellom anboringspunktet på hovedledningen og øverste tappested ikke overskrider 15 m (150 kPa trykkehøyde)

Trykktapsdimensjonering er mer pålitelig enn bruk av forenklet metode. Den kan derimot ikke kalles eksakt fordi samlet trykktap over enkeltmotstander estimeres (som regel 20 % av den samlede strømningsmotstanden). For mer om trykktapsdimensjonering, se Byggedetaljer 553.116 *Dimensjonering av rør for tappevann i bygninger* i Byggforskserien [22].

### 5.2.4 Forholdsregler mot erosjonskorrosjon

Høy vannhastighet på grunn av små rørdiametre kan øke risikoen for erosjonskorrosjon ved bruk av kobberør [22]. Dette skjer oftest på steder der vannstrømmen er turbulent, for eksempel i bend eller uheldig utførte koblinger. Korrosjonshastigheten på kobber øker generelt med stigende temperatur og fallende pH-verdi. Vannets innhold av oksygen, partikler og oppløste mineralstoffer er også av betydning. Erosjonskorrosjon er vanligst i sirkulasjonsrør for varmtvann. For anbefalte maksimale hastigheter ved bruk av kobberør, se Tabell 9.

Tabell 9  
Anbefalte hastigheter i kobberør for å unngå erosjonskorrosjon [22]

Rørtype	Anbefalt maksimal hastighet [m/s]	
	$\leq 25$ °C	60–70 °C
Sirkulasjonsrør	2.0	0.5
Fordelingsrør	2.0	1.5
Koblingsrør	4.0	2.5



### 5.2.5 Varmetap

Det er ingen prinsipiell forskjell på dimensjonering av ledninger til varmt og kaldt tappevann. Samme metoder brukes ved beregning av dimensjonerende vannmengde og trykktap for hvert rørtrekk i ledningsnett. Byggeteknisk forskrift (TEK17) [1] stiller imidlertid noen bestemte krav som kun gjelder varmtvannledninger. Kravene gjelder:

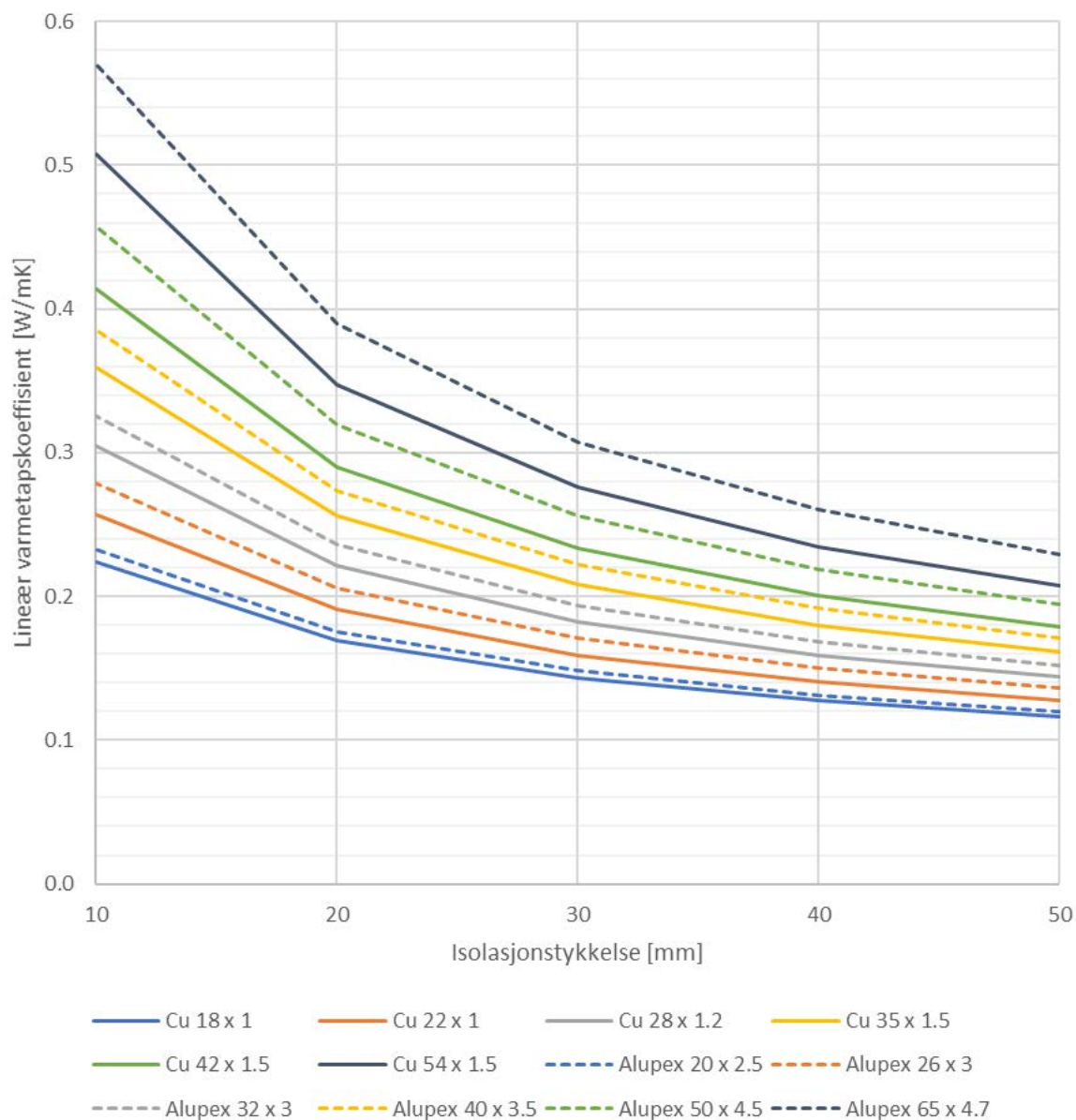
- vanntemperatur (skal ikke forårsake forbrenningsskade (skolding))
- isolering av rør og utstyr (minske varmetap)

Varmetap fra innvendige varmtvannsledninger avhenger blant annet av vanngjennomstrømning, vanntemperatur, rørmateriale, rørdimensjon, varmekonduktiviteten til isolasjonsmaterialet og omgivelsestemperaturen. God isolering av distribusjonssystemet for varmtvann er avgjørende for å minimere varmetapet. I henhold til TEK17 [1] skal anlegg isoleres "økonomisk optimalt". Veiledningen henviser til NS-EN 12828:2012+A1:2014 [23] for beregning av isolasjonstykkelse. Det åpnes også opp for mer omfattende økonomiske beregninger, som blant annet tar høyde for tap av utnyttbart areal som følge av tykkere isolasjon. Det er da viktig å huske at nye bygg har svært lavt oppvarmingsbehov og kort fyringssesong, mens varmtvannssystemet er operativt hele året. Det er dermed en liten andel av varmetapet fra varmtvannsrørene som kan redusere annet oppvarmingsbehov, samt at avgitt varme ikke kan reguleres og føre til et økt kjølebehov. Man bør altså tenke seg nøye om før man reduserer isolasjonstykkelsen rundt rørene.

Dårlig isolerte varmtvannsrør vil også føre til høyere temperaturer i sjakter, himlinger og andre føringsveier for vannrørene [24]. Dette kan gi økt kaldtvannstemperatur, hvilket kan resultere i lengre ventetid (dårligere brukerkomfort) og økt risiko for bakterievekst [25].

Det er viktig at krav til isolasjon følges opp gjennom hele byggeprosjektet, fra prosjektering til bygging og ferdigstillelse. Det må settes av tilstrekkelig plass i sjakter og himlinger til nødvendig isolasjon, og sikres at prosjektet faktisk installeres før føringsveier lukkes. Flere i bransjen opplever at det ofte slurves med flere momenter i denne prosessen.

Figur 23 viser lineær varmetapskoeffisient som en funksjon av rørdimensjon og isolasjonstykkelse for kobberør og AluPex-rør. Figuren viser at rørdimensjonen har stor innflytelse på varmetapet. Unødvendig overdimensjonering vil altså resultere i økt varmetap hvis man ikke kompenserer med tykkere rørisolasjon.



Figur 23  
Lineær varmetapskoeffisient som en funksjon av rørdimensjon og isolasjonstykkelse

I enkelte anlegg benyttes uisolerte rør-i-rør-systemer også i distribusjonsdelen av anlegget, for eksempel i innebygde sjakter. Uisolerte rør-i-rør har en lineær varmetapskoeffisient på ca. 0,5–0,6 W/(mK) [26], altså 2–3 ganger høyere enn det som tillates i henhold til NS-EN 12828:2012+A1:2014 [27].

For mer om varmetap, isolasjonstykkelser og tiltak, se separat prosjektrapport *Energibruk til varmt tappevann – resultater fra prosjektet VarmtVann2030* (SINTEF Fag 80) [2].

### 5.2.6 Ventetid

For å oppnå kortest mulig ventetid på varmtvannet og unngå unødvendig tapping av vann, bør vannvolumet som blir stående i rørene være minst mulig. Tiden det tar å tømme et rørstrekk for vann, er avhengig av rørlengde, rørdimensjon og vannstrøm. Ventetiden ( $t$ ) kan beregnes i henhold til denne formelen:

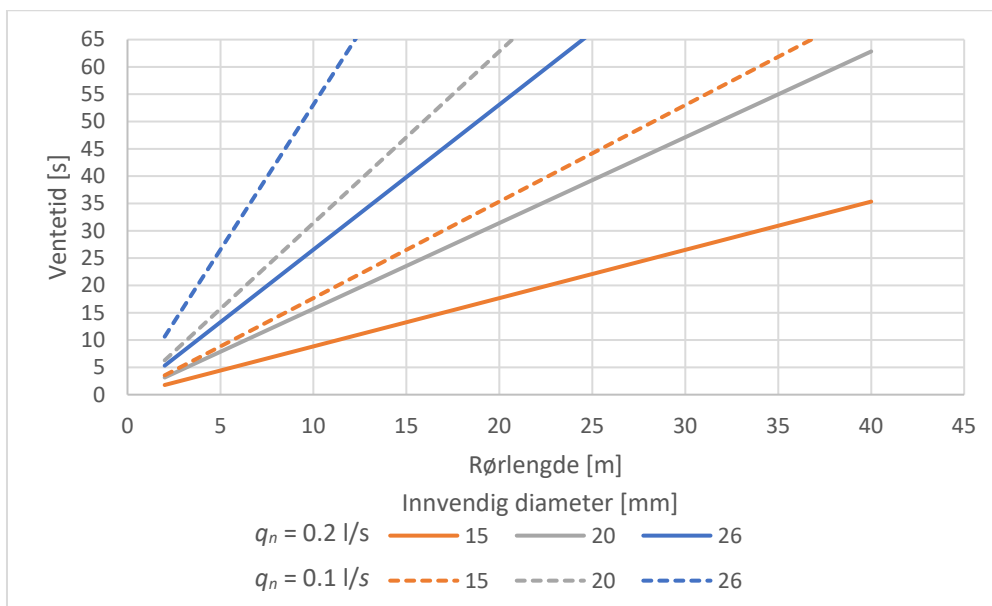
$$t = \frac{\pi \times d_i^2 \times L}{4 \times q_n \times 10^3} \quad (4)$$

der

$t$	er ventetiden i [s]
$d_i$	er rørets innvendige diameter i [mm]
$L$	er rørets lengde i [m]
$q_n$	er normalvannmengde for det aktuelle tappestedet i [l/s]

Ved tapping etter en lengre periode uten forbruk må det regnes med at hele strekningen, fra varmekilde til tappested, må tømmes for å få tilfredsstillende varmt- og kaldtvannstemperatur. Består rørstrekket av flere delstrekk med forskjellige dimensjoner, beregnes ventetiden som summen av ventetidene for alle delstrekk. Ved lange føringsveier kan sirkulasjonsrør være et tiltak for å korte ned på ventetiden for varmtvann.

For å forebygge legionellavekst anbefales det at anlegget dimensjoneres slik at varmtvannstemperaturen på hvert tappested er 60 °C innen ett minutt fra åpning av tappearmatur [25]. Av hensyn til komfort velges gjerne systemutforming og rørdimensjoner slik at ventetiden for varmt- respektive kaldtvann er ca. 10–20 sekunder. Dimensjonering for kortest mulig ventetid krever små dimensjoner for å få vannet hurtig frem til tappestedet. Små dimensjoner gir derimot økt trykktap. Det er da viktig å kontrollere at man fortsatt har tilstrekkelig disponibelt friksjonstap for den ugunstigste rørstrekingen. Ved bruk av kobberør kan det også være risiko for erosjonskorrosjon ved høy vannhastighet (se Tabell 9) [22]. Figur 24 viser ventetid som en funksjon av rørdimensjon (innvendig diameter), rørlengde og en vannstrøm på enten  $q_n = 0.1$  eller  $0.2$  l/s.



Figur 24

Ventetid som en funksjon av innvendig rørdiameter,  $d_i$  [mm] og rørlengde [m] ved  $q_n = 0.1$  l/s og  $0.2$  l/s

### 5.2.7 Hygiene – forebygging av bakterievekst

Legionellabakterier forekommer ofte i overflatevann, men fins også i grunnvann [28]–[32]. Norske vannverk henter oftest råvann til drikkevannsproduksjon fra overflatevann (innsjøer, tjern, elver og bekker). For å sikre at vannet er trygt og bruksmessig tilfredsstillende, må det behandles før distribusjon til forbruker. Vannbehandling skal i hovedsak sikre at vannet er hygienisk trygt og fritt for farge, lukt og smak [33].

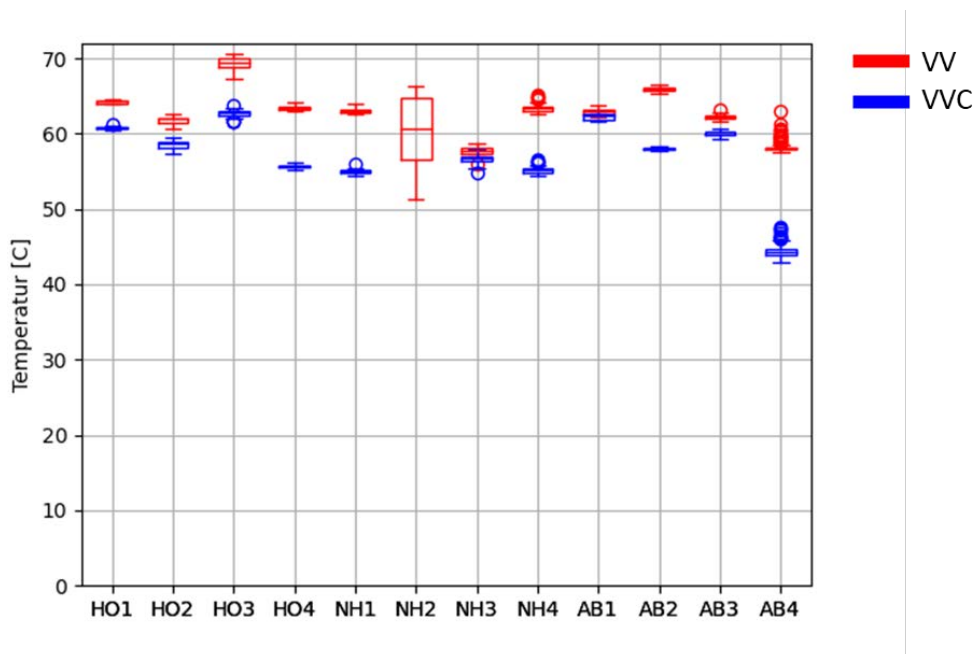
Fra vannverket transporteres behandlet vann til forbrukere via fordelingsnett og stikkledninger. Mikrobiologisk kartlegging av fordelingsnettet viser at biofilm kan være et reservoar for legionellabakterier og potensielle vertsorganismer (amøber) som har overlevd vannbehandlingen [34]. Når vannet deretter når innvendige tappevanninstallasjoner med gunstige vekstforhold, kan bakterien formere seg til smittefarlige konsentrasjoner. *Legionella* formerer seg ved temperaturer mellom 20 og 50 °C og pH-verdi mellom 3 og 10, men kan overleve også utenfor disse intervallene [25], [35]. Ved temperaturer over 60 °C vil bakterien ikke kunne etablere seg, og ved temperaturer over 70 °C vil bakterien ødelegges raskt. *Legionella* kan imidlertid overleve i lange perioder med ugunstige forhold i biofilm eller amøber [36], [37].

Utforming, dimensjonering og drift av varmtvannsinstallasjoner er viktig for å forebygge vekst og spredning av *Legionella*. Tekniske tiltak som fjerner vekstbetingelsene er å foretrekke. Dette kan for eksempel være å fjerne ubrukte rørstrekk (blindsoner) [25], [38]. Forebyggende tiltak og eventuell behandling må vurderes for hvert enkelte anlegg på bakgrunn av en risikovurdering og forutsetninger i det aktuelle bygget. Eksempler på faktorer som forebygger legionellavekst, er [1], [25]:

- Temperatur i varmtvannsberedere over 70 °C
- Returtemperatur på varmtvannsirkulasjon over 60 °C
- Kaldtvannstemperatur under 20 °C
- God vannsirkulasjon og regelmessig bruk av alle tappepunkter
- Unngå materialer som kan utgjøre næring for bakteriene
- Mulighet for visuell inspeksjon, rengjøring og desinfeksjon

Varmtvannssirkulasjon kan være et tiltak for å korte ned på ventetiden for varmtvann og opprettholde høy nok temperatur på vannet i perioder uten tapping. Tabell 7 viser at det er store forskjeller i hvor godt sirkulasjonssystemene virker i de ulike byggene med feltmålinger. Årsaken er at anleggene har en utforming med flere avgreninger til ulike sjakter, men der vannmengden i hver avgrening ikke er innregulert. Dette fører til at vann kun sirkuleres i deler av anlegget.

Figur 25 viser daglige gjennomsnittlige verdier for temperatur på varmtvann fra varmesentral og retur sirkulasjon fra feltmålinger. Figuren viser at de fleste anleggene har en temperatur på over 60 °C for utgående varmtvann, men en lavere returtemperatur. Sykehjem 2 (NH 2) har ikke sirkulasjon, men varmekabel på varmtvannsrøret. Lave gjennomsnittlige temperaturer på varmtvann fra sentral skyldes delvis at temperaturen synker i perioder uten forbruk. Utover måling av temperaturer og vannmengder er det ikke gjort noen videre kartlegginger eller vurderinger rundt *Legionella* i forbindelse med prosjektet.



Figur 25  
Målte temperaturer på utgående varmtvann og retur sirkulasjon. Gjennomsnittlig daglige verdier

### 5.2.8 Støy og trykkstøt

Støy fra vanninstallasjoner skyldes i hovedsak trykkfall over enkeltmotstander som for eksempel tappearmatur og reduksjonsventil. For at støynivået skal bli lavt, må røranlegget dimensjoneres slik at trykkfallet over armaturer og ventiler blir minst mulig. En løsning er å bruke små dimensjoner på koblingsrørene frem til tappested, men uten at det går ut over tappestedets normalvannmengdebehov [22].

Trykkstøt kan oppstå når tappearmaturen blir stengt hurtig. Vannet i rørene lar seg ikke komprimeres, og det oppstår derfor en kraftig trykkøkning når vannet bremses opp. Dette gir en trykkbølge som sendes fra stengeventilen tilbake mot et refleksjonspunkt, ofte første forgrening eller dimensjonsendring. Trykkbølgen vil deretter pendle mellom stengeventilen og refleksjonspunktet til den dempes ut av friksjonen. Trykkstøt er først og fremst et problem i metallrør. Store vannhastigheter og lange rørstrekk øker risikoen for trykkstøt.

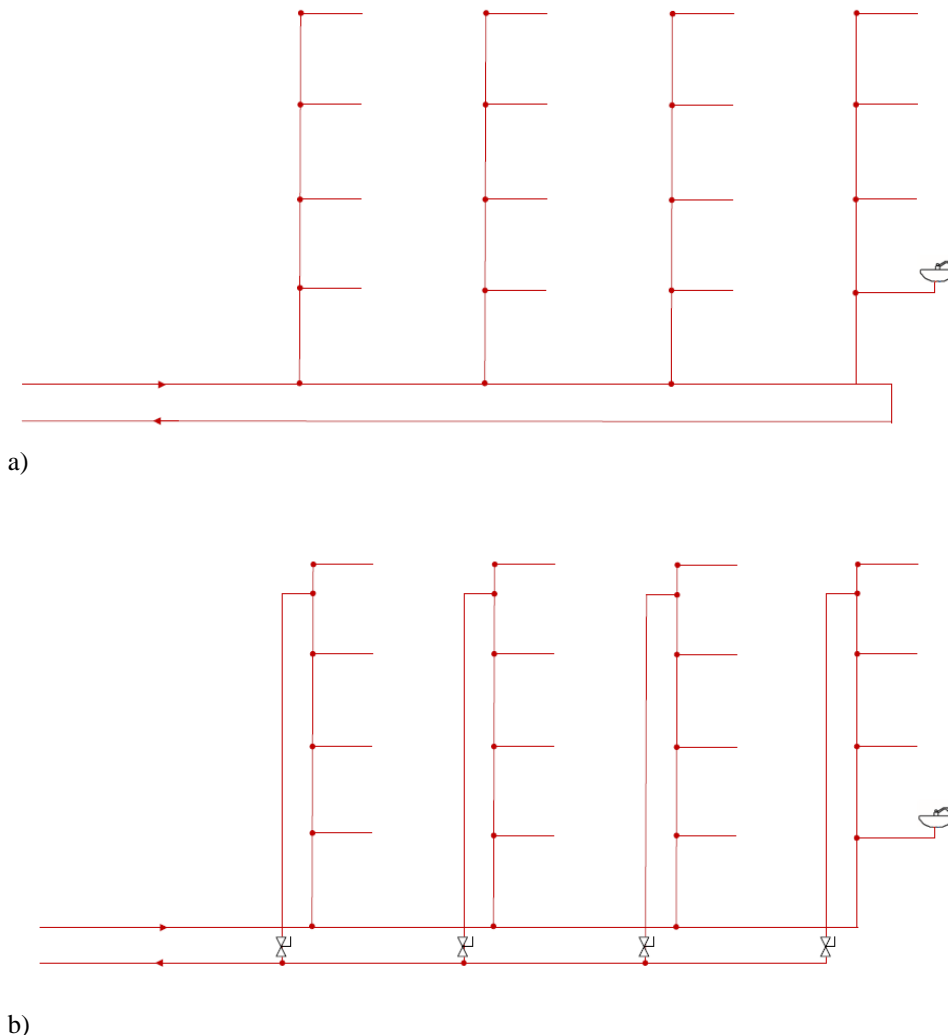
Som følge av trykkstøt kan det oppstå støy i form av bankelyder eller smell. Andre konsekvenser kan være skader på koblinger og ventiler. Den mest effektive og enkleste måten å redusere trykkstøt på, er å bruke trykkstøtdempende armaturer (langsomtstengende). Andre tiltak kan være å redusere vannhastigheten i rørene [39].

## 5.3 Systemer med varmtvannssirkulasjon (VVC)

### 5.3.1 Planlegging av sirkulasjonssystemer

Ved lange føringsveier fra varmtvannsproduksjon til tappested kan sirkulasjonsrør være et tiltak for å korte ned på ventetiden for varmtvann og opprettholde høy nok temperatur på vannet i perioder uten tapping. Ved planlegging av distribusjonssystemer for varmtvann, inkludert eventuell varmtvannssirkulasjon, må det tas hensyn til hygiene, komfort (ventetid), energi (varmetap) og vannforbruk.

Omfanget av sirkulasjonssystemet bestemmes ut fra byggets utforming og hvilke tappesteder som har behov for sirkulasjon. I lave bygg kan det være tilstrekkelig med sirkulasjon i kjeller eller nederste etasje, mens i bygg med mange etasjer trekkes gjerne sirkulasjonen oppover. Figur 26 viser to vanlige eksempler på omfang av varmtvannssirkulasjon. For mer drøfting av omfang, mulige føringsveier og tiltak for å redusere varmetap, se rapporten *Energibruk til varmt tappevann* (SINTF Fag 80) [2].



Figur 26  
Eksempel på omfang av sirkulasjonsledninger med  
a) sirkulasjon av hovedtilførsel alene  
b) sirkulasjon i alle stigeledninger.  
Noter at tegningene ikke er komplette.

Ved planlegging av sirkulasjonssystemer er det også viktig at man tar hensyn til innregulering og drift. I flere av byggene der det er gjort feltmålinger, har sirkulasjonssystemene ikke virket etter hensikten. En vanlig årsak til dette var mange avgreninger (sirkulasjon i alle stigeledninger) og manglende innregulering av vannmengde for avgreningene. Dette resulterte i at vannet kun sirkulerte i deler av anlegget. Valg av riktig pumpe er også viktig for at sirkulasjonssystemet skal virke optimalt.

### 5.3.2 Beregning av sirkulerende vannstrøm

Beregning av sirkulerende vannstrøm tar utgangspunkt i det dimensjonsgivende temperaturfallet over varmtvannsledningen, det vil si fra varmtvannsproduksjon til koblingspunkt for sirkulasjonsledning. Den sirkulerende vannmengden,  $q_{vvc}$ , kan beregnes etter formelen:

$$q_{vvc} = \frac{\Phi \times L}{\rho \times c_p \times \Delta T} = \frac{\Phi \times L}{4120 \times \Delta T} \quad (5)$$

der

$q_{vvc}$	er sirkulerende vannmengde [l/s],
$\Phi$	er varmetapet per meter rør [W/m],
$L$	er lengde rørstrekk for varmtvannstilførsel frem til tappesteder [m],
$\rho$	er vannets tetthet [kg/m <sup>3</sup> ] ( $\rho = 983.28 \text{ kg/m}^3$ ved 60 °C og 4 bars trykk),
$c_p$	er spesifikk varmekapasitet for vann [kJ/(kg·K)] ( $c_p = 4.19 \text{ kJ/(kg·K)}$ ved 60 °C),
$\Delta T$	er temperaturfallet over varmtvannsledningen (fra tur varmtvannsproduksjon til koblingspunkt sirkulasjonsledning [°C]).

Varmetapet per meter rør er blant annet avhengig av rørmateriale og dimensjon, isolasjonsmateriale og tykkelse, vannets middeltemperatur og omgivelsestemperaturen. Prinsipielt kan det ikke bestemmes før installasjonen er fastsatt og vannmengden er kjent. Ved forenklete beregninger kan man imidlertid regne med et varmetap på ca. 8–10 W/m. Dette forutsetter at:

- rørene er isolerte iht. NS-EN 12828:2012+A1:2014 for driftstid på 8 760 timer/år
- rørdimensjonene ikke overstiger 50 mm

Den vannmengden som trengs for å opprettholde tilfredsstillende temperaturforhold, er relativt liten sammenlignet med vannmengden til for eksempel en dusjarmatur, avhengig av sirkulasjonssystemets omfang. Dette gjør at man kan se bort fra bidrag fra varmtvannssirkulasjon ved dimensjonering av varmtvannsledningen. Se kapittel 5.1.3 for mer informasjon.

Dimensjonering av sirkulasjonsledningen gjøres deretter på bakgrunn av beregnet sirkulerende vannmengde og kontroll av trykktap samt kritiske vannhastigheter for valg av rørdimensjon og materiale.

## 5.4 Dimensjonering basert på feltmålinger

For å se hvilke konsekvenser overestimering av største samtidige vannmengde har for valg av rørdimensjon, er fordelingsledning fra varmesentralen i hver av byggene dimensjonert i henhold til forenklet metode i NS 3055:1989 [7]. Tabell 10 viser valg av rørdimensjon basert på feltmålinger av varmtvannsforbruk ( $\dot{V}_{6010}$ ) og beregninger av største samtidige vannmengde etter NS 3055:1989. Rørdimensjoner i tabellen nedenfor er ikke kontrollert i forhold til trykktap, kritisk vannhastighet og ventetid. Installert rørdimensjon er også notert i kolonne lengst til høyre. I en rekke bygninger kan det se ut som at forenklet metode i NS 3055:1989 er brukt som utgangspunkt ved valg av rørdimensjon.

Av tabellen kan man se at overestimering av største samtidige vannmengde i de fleste tilfeller også resulterer i valg av en større rørdimensjon enn nødvendig. Den maksimale vannmengden ( $\dot{V}_{6010}$  (2s)) som er målt i bygningene opptrer i tillegg veldig sjeldent. Som vist i kapittel 3.1– 3.3 ligger majoriteten (99,9 %) av alle målinger under 40–79 % av målt maksimal vannmengde, avhengig av hvilket bygg man ser på. NS 3055:1989 opererer med en høy sikkerhetsfaktor (99,9 % sikkerhet) mot overbelastning. Dersom man kun skal dekke den maksimale vannmengden som 99,9 % av alle målinger ligger under, har man teoretisk sett mer kapasitet å gå på basert på måleresultater.

Tabell 10

Valg av rørdimensjon for fordelingsledning fra varmesentral basert på feltmålinger sammenlignet med beregninger av største samtidige vannmengde etter NS 3055

Bygg	Største samtidige vannmengde [l/s]		Rørdimensjon (min innvendig diameter) [mm]		
	$\dot{V}_{6010}$ (2s)	NS 3055	$\dot{V}_{6010}$ (2s)	NS 3055 <sup>c)</sup>	Installert inv. diameter (rørtype og utv. dia)
<b>Hoteller (HO)</b>					
HO 1	4.7	5.1	52.1	58.5	70.3 (Stål DN 65)
HO 2	3.6	4.5	46.8	50	51 (Cu 54)
HO 3 <sup>a)</sup>	1.6	1.9	31	34.1	38 (Cu 42)
HO 4	1.4	2.4	27.8	38	–
<b>Sykehjem (NH)</b>					
NH 1	1.7	2.8	31	38	39 (Cu 42)
NH 2	0.8	1.1	22.2	25	38 (Cu 42)
NH 3 <sup>b)</sup>	0.7	1.1	22.2	25	51 (Cu 54)
NH 4	1.4	2.3	27.8	38	42 (AluPex 50)
<b>Boligblokker (AB)</b>					
AB 1	1.7	2.1	31	34.1	39 (Cu 42)
AB 2	0.7	1.5	22.2	27.8	33 (AluPex 40)
AB 3	1.1	1.5	25	27.8	39 (Cu 42)
AB 4	0.8	2.0	22.2	34.1	39 (Cu 42)

<sup>a)</sup> Deler av hotellet var under oppussing i måleperioden. I beregningene brukes derfor maks antall rom i drift med tilhørende utstyr i måleperioden. Det vil derfor være avvik mellom installert rørdimensjon og beregninger.

<sup>b)</sup> Bygget har tidligere vært utstyrt med et større kjøkken og vaskeri som ikke er i bruk per dags dato. Det vil derfor være avvik mellom installert rørdimensjon og beregninger.

<sup>c)</sup> NS 3055 angir kun minste innvendig diameter. Det fins vannrør av mange forskjellige materialer og dimensjoner. Innvendig diameter og veggtykkelse vil derfor variere ut fra hvilken rørtype som velges. Fra 1960-tallet ble det vanligere med standardiserte rørdimensjoner som de ulike type rørene produseres etter.



## 6 Konklusjon

I prosjektet *VarmtVann2030* ble det utført detaljerte feltmålinger av varmtvannsforbruk i fire hoteller, fire sykehjem og fire boligblokker i Oslo og Drammen. Ved tolkning av resultatene må det tas i betraktning at målingene er utført i et begrenset antall bygg og i en periode på 6–8 uker per bygg.

### **Største samtidige vannmengde – totalt og for bruksrelaterede enheter**

Hotellene, sykehjemmene og boligblokkene med flest bruksenheter (hotellrom, sengerom, leiligheter) hadde også de største samtidige vannmengde totalt sett. Ser man derimot på største samtidige vannmengde per bruksenhet, jevnet det seg ut for hoteller (0,009–0,012 l/s per rom) og sykehjem (0,011– 0,015 l/s per rom), mens det for boligblokkene (0.009– 0.020 l/s per leilighet) var større spredning. Det er ikke funnet en entydig årsak til variasjonen for boligblokkene, men størrelse på bygningene, antall beboere i hver leilighet og beboersammensetning (rutiner) antas å påvirke vannforbruket.

Ettersom gjestedata var tilgjengelig for de fire hotellene, var det også mulig å se på vannforbruket ut fra antall bebodde rom og gjester på et gitt tidspunkt. De største vannmengdene totalt sett ble registrert når hotellene hadde mellom 97–100 % rombelegg. Største vannmengde per bebodde rom går ned når antall bebodde rom øker (rombelegg). Det er i denne sammenheng viktig å være klar over at forbruket per bebodde rom er størst når det er færrest antall bebodde rom på hotellet. Dette fordi det alltid vil være et visst grunnforbruk av varmtvann (vasking av fellesarealer, matlaging, etc.), uavhengig av antall bebodde rom. Ved færre gjester er det da færre rom å fordele dette grunnforbruket på.

### **Forbrukstoppens varighet og hyppighet**

For å analysere effekten av ulike måleintervall og hvor lengde forbrukstoppen varer, er største vannmengde beregnet som et glidende gjennomsnitt med ulike tidsintervaller (fra minimum to sekunder til maksimum 15 minutter). Sammenlignet med å bruke et måleintervall på to sekunder, reduseres forbrukstoppen med 6–43 % dersom man bruker intervaller på 60 sekunder i stedet. Ved bruk av 5 minutters intervall reduseres forbrukstoppen med 11–63 %.

. Resultater viser at mesteparten av varmtvannsforbruket ligger på et betydelig lavere nivå enn den målte maksimale vannmengden i hvert enkelt tilfelle. For de tre ulike bygningskategoriene ligger 99,9 % av alle målinger (individuelle målepunkter) på følgende nivå:

- Hoteller: under 65–79 % av den maksimale vannmengden
- Sykehjem: under 40–74 % av den maksimale vannmengden
- Boligblokker: under 54–76 % av den maksimale vannmengden

### **Effekten av vannbesparende tiltak**

I prosjektet *VarmtVann2030* har effekten av vannbesparende armaturer også blitt undersøkt gjennom et måleprosjekt på et hotell som gjennomgikk rehabilitering av baderommene. Ved rehabiliteringen ble det byttet til nye vannbesparende armaturer (servant og dusj), der dusjarmaturene også var berøringsfrie. Resultater fra målingene viser en reduksjon i største samtidige vannmengde ved bruk av vannbesparende armaturer. I tillegg er det registrert en reduksjon i daglig totalt varmtvannsforbruk som nesten tilsvarer reduksjonen i normalvannmengde. Det er derimot ikke mulig å skille mellom betydningen av redusert vannmengde fra armatur og at det var berøringsfrie armaturer.

### **Overestimering av største samtidige vannmengde**

I forbindelse med prosjektet har feltmålingene blitt sammenlignet med beregninger av største samtidige vannmengde i henhold til tre forskjellige dimensjoneringsstandarder: NS 3055:1989, EN 806-3:2006 og DIN 1988-300:2012. I sammenligningen antas det at største samtidige vannmengde i måleperioden er representativ for bygget generelt sett. Med unntak av beregninger i henhold til DIN 1988-300 for to sykehjem, overestimerer standardene forbrukstoppen i resterende tilfeller, sammenlignet med de målte verdiene. Det er derimot store variasjoner mellom de ulike byggene og hvilken dimensjoneringsstandard som det er sammenlignet med. På generelt grunnlag var det størst avvik mellom målt og beregnet verdi for de fire boligblokkene med en gjennomsnittlig overestimering på +88 % (min: +6 %, maks: +200 %). Gjennomsnittlig overestimering for hoteller er på +54 % (min: +6 %, maks: +179 %) og for sykehjem på +50 % (min: -12 %, maks: +86 %). Dette vil i de fleste tilfeller også resultere i valg av større rørdimensjon enn nødvendig.

### **Revisjon av dimensjoneringsgrunnlag**

Det er mange faktorer som påvirker forbruket av varmt tappevann, for eksempel størrelse på installasjonen og forbruksmønster. Å estimere største samtidige vannmengde for et gitt rørstrekk kan derfor være vanskelig. Målinger i forbindelse med prosjektet og flere andre studier viser at dagens retningslinjer har en tendens til å overestimere største samtidige vannmengde for fordelingsledninger.

Ved dimensjonering må man også ta stilling til hvor sikker vannforsyning man ønsker. Det er forskjellige konsekvenser og risiko knyttet til både underdimensjonering og overdimensjonering. Ved for liten rørdimensjon i forhold til forbruk, risikerer man at tappesteder ikke fungerer som forutsatt. Overdimensjonerte varmtvannsystemer fører derimot til økt materialforbruk, varmetap, ineffektiv drift og mulige problemer med drikkevannskvaliteten på grunn av stillestående vann.

De gjennomførte feltmålingene og analyser av resultatene viser at det er behov for en revisjon av nåværende dimensjoneringsgrunnlag for innvendige vannledninger. Mer nøyaktig dimensjonering vil kunne gi bedre fungerende vanninstallasjoner.

## 7 Referanser

- [1] Direktoratet for byggkvalitet (Dibk), “Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning,” 2020. <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/>.
- [2] H. T. Walnum, Å. L. Sørensen, and K. Stråby, “SINTEF Fag 80 Energibruk til varmt tappevann. Resultater fra prosjektet VarmtVann2030,” Oslo, 2021.
- [3] DIN Deutsches Institut für Normung, “Code of practice for drinking water installations - Part 300: Pipe sizing; DVGW Code of practice, English translation of DIN 1988-300:2012-05.” 2012.
- [4] Flexim GmbH, “Technical Specification FLUXUS(R) F601 Portable ultrasonic flow measurement of liquids.” [https://www.flexim.com/sites/default/files/public\\_downloads/tsfluxus\\_f601\\_-\\_en-gb.pdf](https://www.flexim.com/sites/default/files/public_downloads/tsfluxus_f601_-_en-gb.pdf).
- [5] te Wire & Cable, “Calibration Services.” <https://tewire.com/calibration-services/> (accessed Mar. 11, 2019).
- [6] O. Gerin, K. de Cuyper, and B. Bleys, “Domestic hot water consumption in apartment buildings,” *CIBW062 Symposium*, 2015.
- [7] Standard Norge, “NS 3055:1989 Dimensjonering av ledninger for vann- og avløpsanlegg i bygninger.” 1989.
- [8] Standard Norge, “NS-EN 806-3:2006 Krav til drikkevannsinstallasjoner i bygninger - Del 3: Dimensjonering av rør - Forenklet metode.” 2006.
- [9] Standard Norge, “NS-EN 1111:2017 Sanitær tappearmatur - Termostatbatterier (PN 10) - Generelle tekniske krav.” 2017.
- [10] Standard Norge, “NS-EN 817:2008 Sanitær tappearmatur - Mekaniske blandere (PN 10) - Generelle tekniske krav.” 2008.
- [11] Standard Norge, “NS-EN 200:2008 Sanitær tappearmatur - Tappeventiler og tappeblandere for vann for forsyningssystem type 1 og type 2 - Generelle tekniske krav.” 2008.
- [12] S. Englart and A. Jedlikowski, “The influence of different water efficiency ratings of taps and mixers on energy and water consumption in buildings,” *SN Applied Sciences*, vol. 1, no. 6, p. 525, Jun. 2019, doi: 10.1007/s42452-019-0539-8.
- [13] R. Barberán, P. Egea, P. Gracia-de-Rentería, and M. Salvador, “Evaluation of water saving measures in hotels: A Spanish case study,” *International Journal of Hospitality Management*, vol. 34, pp. 181–191, Sep. 2013, doi: 10.1016/j.ijhm.2013.02.005.
- [14] D. M. Mayer, Peter W; DeOreo, William B.; Towler, Erin; Lewis, “Residential Indoor Water Conservation Study: Evaluation of High Efficiency Indoor Plumbing Fixture Retrofits in Single-Family Homes in the East Bay Municipal Utility District Service Area.” Boulder, Colorado, 2003.
- [15] I. Hobbs, M. Anda, and P. A. Bahri, “Estimating peak water demand: Literature review of current standing and research challenges,” *Results in Engineering*, vol. 4, p. 100055, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.rineng.2019.100055.
- [16] V. Nielsen, “Nye muligheter for udformning af vand- og afløbsinstallationer. Et forsøgsprojekt med vandbesparende toiletter og løbende registrering af vandforbrug,” Statens Byggeforskningsinstitut, 1986.

- [17] S. Holmberg, “Norrköpingsprojektet - en detaljerad pilotundersökning av hushållens vattenförbrukning,” Statens Institut för Byggnadsforskning, 1981.
- [18] O. M. Konen, Thomas P; Goncalves, “Summary of Mathematical Models for the design of water distribution systems within buildings,” 1993.
- [19] R. Ingle, Steven; King, D.C; Southerton, “Design and Sizing of Water Supply Systems Using Loading Units - Time for a Change?,” in *CIBW062 Symposium on Water Supply and Drainage for Building*, 2014, pp. 121–133, [Online]. Available: [https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB\\_DC27567.pdf](https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC27567.pdf).
- [20] J. Tindall, J; Pendle, “Are we significantly oversizing domestic water systems?,” 2015, [Online]. Available: <https://www.cibse.org/knowledge/knowledge-items/detail?id=a0q20000008I6zPAAS>.
- [21] E. J. M. B. E. J. Pieterse-Quirijns E. van der Blom, and J. H. G. Vreeburg, “Non-residential water demand model validated with extensive measurements and surveys,” *Drinking Water Engineering and Science.*, vol. 6(2), pp. 99–114, 2013, [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/193750361.pdf>.
- [22] SINTEF, “553.116 Dimensjonering av rør for tappevann i bygninger,” *Byggeforskserien*. 2017, [Online]. Available: [https://www.byggforsk.no/dokument/547/dimensjonering\\_av\\_roer\\_for\\_tappevann\\_i\\_bygninger](https://www.byggforsk.no/dokument/547/dimensjonering_av_roer_for_tappevann_i_bygninger).
- [23] Standard Norge, “NS-EN 12828:2012+A1:2014 Varmesystemer i bygninger. Utforming av vannbaserte varmesystemer.” 2014.
- [24] VVS Företagen, “Temperaturer i rörschakt och fördelarskåp för tappvatten. Resultat av mätningar och beräkningar,” 2016. [Online]. Available: <https://www.sakervatten.se/download/803-D47A5BF0E3E6E93C41A1C0072500ADF4/Temperaturer-i-rorschakt-och-fordelarskap-for-tappvatten.pdf>.
- [25] J. E. Pettersen, “Vannrapport 123 Forebygging av legionellasmitte - en veiledning.” 2015, [Online]. Available: <https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/rapporter/2015/forebygging-legionellasmitte-veiledning.pdf>.
- [26] Uponor, “Håndbok for Uponor Tappevannsystem PEX.” 2009.
- [27] Standard Norge, “NS-EN 12828:2012+A1:2014 Varmesystemer i bygninger. Utforming av vannbaserte varmesystemer.” 2014.
- [28] R. Lesnik, I. Brettar, and M. G. Höfle, “Legionella species diversity and dynamics from surface reservoir to tap water: from cold adaptation to thermophily,” *The ISME Journal*, vol. 10, no. 5, pp. 1064–1080, May 2016, doi: 10.1038/ismej.2015.199.
- [29] S. Riffard, S. Douglass, T. Brooks, S. Springthorpe, L. G. Filion, and S. A. Sattar, “Occurrence of Legionella in groundwater: an ecological study,” *Water Science and Technology*, vol. 43, no. 12, pp. 99–102, Jun. 2001, doi: 10.2166/wst.2001.0719.
- [30] J. Costa, I. Tiago, M. S. da Costa, and A. Veríssimo, “Presence and Persistence of Legionella spp. in Groundwater,” *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 71, no. 2, pp. 663–671, Feb. 2005, doi: 10.1128/AEM.71.2.663-671.2005.

- [31] N. Parthuisot, N. J. West, P. Lebaron, and J. Baudart, “High Diversity and Abundance of *Legionella* spp. in a Pristine River and Impact of Seasonal and Anthropogenic Effects,” *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 76, no. 24, pp. 8201–8210, Dec. 2010, doi: 10.1128/AEM.00188-10.
- [32] M. A. Peabody *et al.*, “Characterization of *Legionella* Species from Watersheds in British Columbia, Canada,” *mSphere*, vol. 2, no. 4, Aug. 2017, doi: 10.1128/mSphere.00246-17.
- [33] Folkehelseinstituttet and E. Andersen, “Vannrapport 127 Vannforsyning og helse - Veiledning i drikkevannshygiene.” 2016, [Online]. Available: <https://norsk vann.no/index.php/vann/vannkilde>.
- [34] M. B. Waak, T. M. LaPara, C. Hallé, and R. M. Hozalski, “Occurrence of *Legionella* spp. in Water-Main Biofilms from Two Drinking Water Distribution Systems,” *Environmental Science & Technology*, vol. 52, no. 14, pp. 7630–7639, Jul. 2018, doi: 10.1021/acs.est.8b01170.
- [35] World Health Organization (WHO), “*Legionella* and the prevention of legionellosis.” 2007, [Online]. Available: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43233>.
- [36] M. Farhat, M.-C. Trouilhé, E. Briand, M. Moletta-Denat, E. Robine, and J. Frère, “Development of a pilot-scale 1 for *Legionella* elimination in biofilm in hot water network: heat shock treatment evaluation,” *Journal of Applied Microbiology*, vol. 108, no. 3, pp. 1073–1082, Mar. 2010, doi: 10.1111/j.1365-2672.2009.04541.x.
- [37] S. Allegra, F. Grattard, F. Girardot, S. Riffard, B. Pozzetto, and P. Berthelot, “Longitudinal Evaluation of the Efficacy of Heat Treatment Procedures against *Legionella* spp. in Hospital Water Systems by Using a Flow Cytometric Assay,” *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 77, no. 4, pp. 1268–1275, Feb. 2011, doi: 10.1128/AEM.02225-10.
- [38] O. B. Krøvel, Anne Vatland; Engen, Ole Andreas H.; Bernhoff, Eva; Nilsen, Ingvild M.; Rangnes, Kjell; Wiik, Ragnhild; Nataas, “*Legionella* i kommunale dusjanlegg - Undersøkelse av utbredelse, typer og virulens med tanke på risikostyring,” 2017.
- [39] SINTEF, “553.185 Trykkstøt i sanitærinstallasjoner,” *Byggforskserien*. 2005.

# DIMENSJONERING AV VARMTVANNSRØR I BYGG

## – RESULTATER FRA PROSJEKTET VARMTVANN2030

For å minske energibruk til varmt tappevann og samtidig ivareta drikkevannskvaliteten, er det viktig med riktig utforming og dimensjonering av tappevannssystemer.

Denne rapporten presenterer prosjektresultater fra det fireårige forskningsprosjektet *VarmtVann2030 – Energi til tappevann i det norske lavutslippssamfunnet*. Rapporten sammenfatter resultater fra detaljerte feltnmålinger av varmtvannsforbruk og dimensjonering av rørsystemer i fire hoteller, fire sykehjem og fire boligblokker. Blant konklusjonene er:

- Beregningsmetodene i NS 3055:1989 overestimerer største samtidige vannmengde for fordelingsrør, sammenlignet med målte verdier
- Majoriteten (99,9 %) av vannmengdene ligger på et betydelig lavere nivå enn den enkelte målte maksimale vannmengden
- Dagens dimensjoneringspraksis har forbedringspotensial og bør tilpasses bedre til dagens rørmaterialer, tappesteder og forbruk

Prosjektresultater som gjelder energibruk til produksjon av varmt tappevann, er beskrevet i rapporten *Energibruk til varmt tappevann – resultater fra prosjektet VarmtVann2030* (SINTEF Fag 80).