



Arnulf Snekvik

Ole Martin Jacobsen

Normalvannmengder og deres relevans for dimensjonering av rør i 2019

TMAS3001 – Bacheloroppgave maskin

Trondheim Mai 2019

Prosjektnummer: MPT-V-2019-01

NTNU

Norges Teknisk-naturvitenskaplige universitet

Fakultet for ingeniørvitenskap

Institutt for maskinteknikk og produksjon



FAKULTET FOR INGENIØRVITENSKAP

Institutt for maskinteknikk og produksjon

7491 Trondheim

Besøksadresse:

R.Birkelands vei, 2B, Trondheim

RAPPORT BACHELOROPPGAVE

Tittel:

Normalvannmengder og deres relevans for dimensjonering av rør i 2019

The Relevance of "Normalvannmengdene" for Domestic Water Sizing in 2019

Prosjektnr.

MTP-V-2019-01

Forfatter(e)

Arnulf Snekvik

Ole Martin Jacobsen

Oppdragsgiver(e) eksternt

Sykehusbygg v/Finn Drangsholt

Dato levert:

20.05.2019

Antall vedlegg:

10

Totalt antall sider:

95

Veileder(e) internt

Oddbjørn Sjøvold

Rapporten er ÅPEN

Kort sammendrag

I denne bacheloroppgaven er normalvannmengdenes relevans for dimensjonering av tappevannsannlegg i 2019 gjort rede for. Dette er gjort ved egne beregninger samt målinger utført på St. Olavs hospital. Det er sett på hvilke brukssituasjoner som bruker mest vann på badrom for å kunne utføre mer nøyaktig dimensjonering av fordelingsledninger inn til badrom.

Basert på resultatene er det konkludert med at normalvannmengdene fortsatt kan benyttes, og vil være et godt utgangspunkt for senere mer nøyaktig dimensjonering. I de færreste tilfeller vil slavisk bruk av normalvannmengdene føre til vesentlig feildimensjonering. I de tilfellene det forekommer avvik gjelder dette endringer i størrelsesorden en standarddimensjon.

Stikkord fra prosjektet

NTNU, Standard abonnementsvilkår for vann og avløp, NS 3055, Normalvannmengder, Dusj, Toalett, Servant, Samtidighet, Bruksmønster, Forenklet dimensjonering og Trykktapsdimensjonering

Forord

Denne oppgaven er utarbeidet av Ole Martin Jacobsen og Arnulf Snekvik som den avsluttende delen på bachelorprogrammet for VVS-linjen ved Institutt for Maskinteknikk og Produksjon ved NTNU. Hensikten med oppgaven er å redegjøre for om normalvannmengdene i *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp* og *NS 3055* fortsatt er relevante for dimensjonering av tappevannsannlegg i 2019.

Oppgaven tar for seg de eksisterende tappevannsannleggene i følgende bygg på St. Olavs hospital; Bevegelsessenteret, Kvinne-Barn-Senteret og Kunnskapsenteret. Hvor målet med forsøkene var å kartlegge reelt vannforbruk på det monterte tappevannsutstyret og maks samtidig vannmengde på badet. Oppgaven har gitt studentene økt innsikt i dimensjonering av tappevannsannlegg ved bruk av både «trykk tapsmetoden» og «forenklet metode» som beskrevet i *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp* og *NS 3055*.

Da gruppe medlemmene hadde et sterkt ønske om å skrive en oppgave om tappevann, ble det sendt en forespørsel til Sykehusbygg angående muligheter for å få en slik oppgave av dem. Oppgaven har så i senere tid blitt utformet i samråd med både intern og ekstern veileder.

Vi ønsker å takke Finn Drangsholt, Sykehusbygg og Oddbjørn Sjøvold, NTNU for å ha gitt oss oppgaven og hjulpet med utformingen av den. Samt å ha bistått med nødvendig dokumentasjon og faglig råd. En ekstra stor takk rekkes til Morten Uv og hans medarbeidere på driftsavdelingen på St. Olavs hospital som sørget for at vi fikk gjennomført forsøkene våre ved å låne oss måleinstrumenter, montere nødvendig utstyr i tappevannsannlegget og gi oss tilgang på byggene. Vi ønsker også å takke Bjørn Austbø og Tore Eliassen for faglig råd og innspill.

Vi ønsker også å takke Amalie Rimstad for korrekturlesning og hederlig innsats i forbindelse med denne oppgaven.

Trondheim 20.05.2019



Arnulf Snekvik



Ole Martin Jacobsen

Oppgavebeskrivelse

Denne oppgaven omhandler normalvannmengdene gitt i *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp* og *NS 3055* og deres relevans for dimensjonering av tappevannsannlegg i 2019. De oppgitte tallverdiene i de nevnte dokumentene har ikke blitt forandret siden slutten av 1960-tallet, men det har vært store endringer i tappeutstyr. Det har blant annet skjedd en utvikling ved at det tidligere ble benyttet to-greps-armaturer, men nå benyttes det hovedsakelig ett-greps-armaturer. Det er også blitt mer vanlig med berøringsfrie armaturer. Oppgaven er gitt av Sykehusbygg som ønsker å finne ut om normalvannmengdene fortsatt er relevante, eller om bruken av disse kan medføre feildimensjonering av rør i tappevannsannlegg.

Sammendrag

Målet for denne rapporten er å undersøke hvorvidt normalvannmengdene gitt i *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp* og *NS 3055* fortsatt er relevante for dimensjonering av tappevannsannlegg i 2019. I rapporten er det sett på alternative metoder for bestemmelse av «maks samtidig vannmengde», ved bruk av vannmengder gitt fra produsentene av tappevannsutstyr istedenfor bruk av normalvannmengdene. Avvik ved bruk av produsentenes verdier sammenlignet med normalvannmengdene er drøftet i oppgaven. Det er også blitt gjort forsøk på bruksmønster og samtidighet på badrom med hensikt å gi et bedre underlag for maks samtidighetsberegninger. Resultatene fra forsøkene og beregningene er sammenlignet med metodene som fremgår i *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp* og *NS 3055*.

Det er blitt målt gjennomsnittlig ønsket temperatur for håndvask i servanter samt ønsket vannmengde. Disse resultatene er benyttet til å se på hvilken brukssituasjon på et badrom som bruker mest vann. Resultatene fra forsøkene er også benyttet til å redegjøre for hvor mye trykket i forkant av tappevannsutstyr påvirker vannforbruket.

Denne oppgaven viser at bruk av normalvannmengdene for en maks samtidighetsberegning vil kunne fungere fint som et overslag. I de færreste tilfeller vil samtidigheten avvike nok til at det ender med vesentlig feildimensjonering. Bruk av den alternative metoden utarbeidet i oppgaven vil i enkelte tilfeller tilsvare en dimensjonsendring. Av oppgaven fremgår det at ved installasjon av produkter som avviker mye fra normalvannmengdene vil tappevannsannlegget bli feildimensjonert. Brukerforsøket viste at trykket i forkant av servanter har lite å si for vannmengden som brukes, dette på grunn av at brukeren selv regulerer til ønsket mengde vann.

Normalvannmengdene er fortsatt relevante for dimensjonering i 2019. Benyttelse av de vil være hensiktsmessig når man ikke har informasjon om produktene som skal installeres. Dimensjonering ved bruk av den «forenklete metoden» og «trykk tapsdimensjonering» har i denne oppgaven kun gitt små avvik. Selv om benyttelse av produsentenes verdier og gode tall på ønsket temperatur og vannforbruk samt informasjon om tur-temperaturene i fordelingsledningene alltid vil gi en mer nøyaktig dimensjonering.

Abstract

The study following has been written to clarify whether “normalvannmengdene” found in *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp* and *NS 3055* still are relevant for sizing of domestic water systems in 2019. This rapport has also considered an alternative method for sizing and compared its results with traditional sizing using “normalvannmengdene”. The difference of results between these two methods has been discussed. Experiments have been conducted to examine water flow and the pattern of usage for bathrooms. The results yielded from the research has been compared to the stated method in *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp* og *NS 3055*.

Desired water temperature and flow in washbasin was measured and these results have been used to check which user situation in bathrooms that requires more water. The two situations compared are showering and washing of hands in a washbasin after using the toilet.

The conclusion of this rapport is that “normalvannmengdene” indeed are relevant for sizing of domestic water systems. Its apparent from the results that the usage of “normalvannmengdene” for calculating max water flow and sizing domestic water systems will in most cases be a good primary estimate. In this study the difference yielded between the alternative method has be small, and when there is a significant difference the dimension of the pipes is only changed by one dimension. If there is no information available for the water flow of the equipment being installed usage of “normalvannmengdene” is recommended. However, the usage of the producer of the equipment’s values for water flow will always yield more precise results. Information about the expected water temperatures in the pipes supplying the equipment would also facilitate more precise sizing. This because it makes it possible to predict the ratio between hot and cold water.

Innholdsfortegnelse

Forord	II
Oppgavebeskrivelse	III
Sammendrag	IV
Abstract	V
Figur- og bildeliste	IX
Tabelliste	XI
Formelliste	XI
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.2 Problemstilling.....	1
1.3 Avgrensninger.....	2
2. Ord og definisjoner	3
3 Teori	5
3.1 Hvordan finne maks samtidig vannmengde.....	5
3.1.1 Finne maks samtidighet ved bruk av graf og tabell.....	6
3.2 Trykktap i rør	8
3.3 Dimensjonering basert på maks samtidighet.....	10
3.3.1 Forenklet metode	10
3.3.2 Trykktapsdimensjonering.....	11
3.4 Hvordan finne temperaturen til en blanding av to væsker	12
3.5 Gjennomsnittlig vannforbruk på sykehus.....	12
4 Metode	13
4.1 Utstyrsliste.....	13
4.2 Arbeidsforløp.....	13
4.3 Vannforbruksforsøk.....	14

4.4 Maks samtidighet badarom.....	17
4.5 Innhenting av tappekurver	19
4.6 Brukerhyppighetsforsøket	20
4.7 Bruk av vask ved 6 bars trykk	22
4.8 Feilkilder	22
4.8.1 Vannforbruksforsøk	22
4.8.2 Brukerhyppighetsforsøket	23
5 Resultat	24
5.1 Resultater av armaturer	24
5.1.1 Servantbatteri	25
5.1.2 Toalett.....	29
5.1.3 Dusjbatteri.....	31
5.1.4 Leverandør av servant- og dusjbatteri.....	33
5.2 Samtidighet.....	34
5.3 Brukerhyppighetsforsøk	38
6 Diskusjon	40
6.1 Betraktning av tappekurver	40
6.2 Trykkets innvirkning på vannforbruk med hensyn på dimensjonering.....	44
6.3 Maks samtidighet badarom.....	47
6.4 Gjennomsnittlig vannforbruk per sengeplass	51
6.5 Revit.....	52
7 Konklusjon.....	53
7.1 Veien videre.....	54
8 Referanser	55
8.1 Referanse Servantkraner	57
8.2 Referanse Dusjkraner	59

8.3 Referanse Toalett	60
-----------------------------	----

Vedlegg

Vedlegg 1: Normalvannmengder og deres relevans for dimensjonering i 2019

Vedlegg 2: Normalvannmengdene 1969 (*NKB-Skrift nr. 12, s 27*)

Vedlegg 3: Temperatur på kaldtvannsinntak fra SD-anlegg St. Olavs Hospital

Vedlegg 4: Tallverdier fra Leverandørers tappekurver for servantarmaturer

Vedlegg 5: Tallverdier fra Leverandørers tappekurver for dusjarmaturer

Vedlegg 6: Eksempel på tappekurve for servantarmatur

Vedlegg 7: Brukerhyppighetsforsøk

Vedlegg 8: Måleresultat fra Kunnskapsenteret

Vedlegg 9: Måleresultat for Kvinne-Barn-Senter

Vedlegg 10: Måleresultat for Bevegelsessenteret

Figur- og bildeliste

Figur 1 Posisjon kaldtvann	3
Figur 2 Posisjon midtstilling	3
Figur 3 Posisjon varmtvann	3
Figur 4 Største samtidige vannmengde [4].	8
Figur 5 Eksempel på hvordan man finner nødvendig innvendig diameter med nomogram [3].	9
Figur 6 Egenprodusert (trykk) rørstrekk bestående av; 1: tilkoblingspunkt, 2: rørstrekk av hardplast, 3: kuleventil, 4: manometer, 5: kuleventil og 6: rørstrekk av hardplast.	14
Figur 7 Egenprodusert (vannmengde) rørstrekk bestående av; 1: tilkoblingspunkt, 2: rørstrekk av hardplast, 3: kuleventil, 4: manometer, 5: kuleventil og 6: rørstrekk av hardplast.	15
Figur 8 Avlest trykk i forkant av servant i kjeller på Kunnskapssenteret.	16
Figur 9 Egenprodusert forsøksinstrument tilkoblet servant og klar for å måle vannforbruk og trykk.....	17
Figur 10 TA-ventiler montert i fordelerskap for baderom.	18
Figur 11 Temperaturlogger med temperaturfølere festet til pex-rørene.	21
Figur 12 Håndvask ved 6 bars trykk.	22
Figur 13 Målinger gjort ved fullt åpent kaldtvann (egenprodusert) [3] [4].	25
Figur 14 Målt midtsilt servantkran mot leverandørens oppgitte vannmengde [3] [4] [8.1 referanse servantkraner].	26
Figur 15 Vannmengde varmtvann servantarmaturer [3] [4].	28
Figur 16 Maks vannmengde toalettet [3] [4] [8.3 referanse toalett].	29
Figur 17 Midstilt vannmengde for dusj mot leverandørens oppgitte vannmengde [3] [4] [8.2 referanse dusjkraner].	31
Figur 18 Kaldt- og varmtvann for maks vannmengde på dusjarmaturer [3] [4].	32
Figur 19 Vannmengde oppgitt av leverandør på servantkraner. Tallverdiene er hentet fra leverandørens hjemmeside [3] [4] [8.1 referanse servantkraner].	33
Figur 20 Vannmengde oppgitt av leverandør for dusjkraner. Tallverdiene er hentet fra leverandørens hjemmeside [3] [4] [8.2 referanse dusjkraner].	34
Figur 21 Samtidighet baderom med toalett, servant og dusj (egenprodusert).....	35

Figur 22 Brukerforsøk med toalett og håndvask med forskjellige personer (egenprodusert).	36
Figur 23 Brukerhyppighet på badrom 26.03.2019 med minst aktivitet (egenprodusert).	38
Figur 24 Brukerhyppighet på badrom 21.03.2019 med høyest aktivitet (egenprodusert). ..	39
Figur 25 Avlesning av innvendig diameter for varmtvann ved innsetting av 2 kPa/m og maks samtidig vannmengde funnet for badrom med de produktene som brukte minst (1) og mest vann (3), samt slavisk bruk av normalvannmengdene (2). Dette nomogramet gjelder for kobberrør [4].	42
Figur 26 Avlesning av innvendig diameter for kaldtvann ved innsetting av 2 kPa/m og maks samtidig vannmengde funnet for badrom med de produktene som brukte minst (1) og mest vann (3), samt slavisk bruk av normalvannmengdene (2). Dette nomogramet gjelder for kobberrør [4].	43
Figur 27 Avlesning av innvendig diameter for kaldtvann ved innsetting av 2 kPa/m og maks samtidig vannmengde funnet ved hjelp av normalvannmengdene (2) og den alternative metoden (1). Dette nomogramet gjelder for kobberrør [4].	50

Tabelliste

Tabell 1 Normalvannmengdene [3, s. 37].....	5
Tabell 2 Maks sannsynlig vannmengde [5].	7
Tabell 3 Bestemmelse av utvendig diameter ut fra største vannmengde [5].	10
Tabell 4 Tallverdier til figur 14 [8.1 referanse servantkraner].....	27
Tabell 5 Tallverdier for figur 16.....	30
Tabell 6 Temperatur på testpersoner fra figur 22 (egenprodusert).....	37

Formelliste

Formel 1 Maks samtidig vannmengde [4].	6
Formel 2 Temperatur i en blanding av væsker	12

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Dimensjonering av tappevannsannlegg for bygg gjøres i dag ved bruk av den «forenklede metoden» eller «trykktapsdimensjonering» som beskrevet i *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp* og *NS 3055*. Både trykktapsmetoden og den forenklede metoden baserer seg på den totale vannmengden utstyret i bygget bruker. I *Standard abonnementsvilkår* er det en tabell over vannforbruket til de forskjellige utstyrstypene og de oppgitte mengdene kalles for normalvannmengdene. Disse verdiene har ikke blitt forandret på over 50 år [1, s. 27].

Når den forenklede metoden benyttes antas tilfeldig bruk, altså lik sannsynlighet for at de bestemte apparatene brukes til enhver tid. I praksis er det lav sjanse for at alle apparatene benyttes samtidig på et bad. Et normalt bruksmønster vil være å dusje eller å gå på toalett for så å benytte vasken. Antas det at kun en av disse to vil inntreffe samtidig vil det bli en lavere utregnet «maks samtidig vannmengde» enn med den «forenklede metoden». Vil det da være mulighet for å endre rørstørrelse?

1.2 Problemstilling

I denne bacheloroppgaven skal det undersøkes om normalvannmengdene oppgitt i *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp* og *NS 3055* stemmer overens med vannforbruket på moderne utstyr. For deretter å vurdere hvordan eventuelle avvik fra normalvannmengdene påvirker dimensjoneringen av tappevannsannlegg i 2019. Innvirkningen trykket i forkant av tappepunktene har på vannforbruk skal undersøkes. I oppgaven skal det også ved forsøk undersøkes om maks samtidighet på baderom med toalett, servant og dusj ved en typisk brukersituasjon avviker fra utregnet maks samtidighet. Det ønskes at oppgaven skal besvare:

- Fører slavisisk bruk av normalvannmengdene i *Standard abonnementsvilkår* til over- eller underdimensjonering av tappevannsannlegg?
- Stemmer utregnet maks samtidighet ved bruk av den forenklede metoden og trykktapsdimensjonering overens med reelt vannforbruk i typisk brukersituasjon på baderom?
- Hvor stor innvirkning har trykket i forkant av tappestedet på vannforbruket?

1.3 Avgrensninger

Oppgaven begrenser seg til tre bygg på St. Olavs hospital (St. Olavs) med ulike byggeår. Bevegelsessenteret (2009), Kunnskapsenteret (2013) og Kvinne-Barn-Senteret (2005). I oppgaven skal det gjennomføres forsøk som måler vannforbruk på servanter, dusjer og toalett. Det er dermed kun utstyr montert i disse byggene som vil bli målt. Resterende informasjon om vannforbruk på moderne utstyr vil bli hentet fra produsentenes egne datablad og tappekurver. Ideelt sett skulle det vært gjort målinger på utstyr med trykk ned mot 2 bar for å få hele skalaen. Da trykkkravet er på minimum 2 bar i anboringspunktet på hovedledningen i gaten [2, s. 35]. Dessverre lot ikke dette seg gjøre da ingen av de målte punktene hadde trykk lavere enn 4,2 bar. Det hadde også vært ønskelig med et større utvalg av berøringsfrie armaturer, men i denne oppgaven har det kun vært mulig å måle de installerte på overnevnte bygg. Det lot seg heller ikke gjøre å få tak i tappekurver for toalett, da produsentene kun oppgir vannforbruk ved nedskylling og ikke oppfylling. For toalett har dermed gruppen kun basert seg på egne målinger. Når det gjelder vannforbruksforsøket på dusj var det kun en type dusjbatteri som ble målt og med ca. samme trykk i forkant. Dette på grunn av at det kun var disse dusjene som var tilgjengelig for måling i 4 etasjen på Bevegelsessenteret. I forprosjektet var det tiltenkt at det også skulle utføres målinger på Østmarka Psykiatriske Sykehus, men på grunn av vanskeligheter med tilgang på pasientrom ble det valgt å utføre forsøk på St Olavs hospital. Det er valgt å ikke se nærmere på lyd og økonomiske hensyn i denne oppgaven ved endring av rørdimensjon.

2. Ord og definisjoner

KV: Kaldtvann



Figur 1 Posisjon kaldtvann

M: Midtstilt på batteritypene



Figur 2 Posisjon midtstilling

VV: Varmtvann



Figur 3 Posisjon varmtvann

Tappekurve: Graf eller tabell som viser vannforbruk ved full åpen stilling for et produkt. Utgis av produsenten.

Fordelingsledning: Vannledning i bygning fra innvendig stoppekran fram til koblingsledninger.

Koblingsledning: Vannledning som forbinder et tappepunkt med en fordelingsledning.

Anboringpunkt: Tilknytningspunkt på en vannledning, gjerne en kommunal ledning.

BIM Modellering: Å benytte seg av 3D-modell med informasjon til bygget. Dette gjøres i forprosjekt, prosjektering, bygging, forvaltning, drift og rivning.

Cellegummi: Isolasjonsmateriale laget av ekstrudert gummi.

Nomogram: Diagram som viser sammenhengen mellom trykktap, vannhastighet, dynamisk trykk og innvendig diameter for rør.

TA-ventil: Innreguleringsventil brukt i tappevannsannlegg som muliggjør vannmengdemålinger.

Rør i rør skapet/ fordelerskap: Skap som sikrer kjøkken, våtrom og toalettrom mot vannskader ved vannlekkasje. Montrers vanligvis i vegg eller i himling.

Maks samtidig vannmengde: Den største vannmengden som vil inntreffe ved normal drift i et tappevannsannlegg.

Normalvannmengder: Angitt vannforbruk for kaldt- og varmtvann på diverse sanitærutstyr som for eksempel servant, toalett og dusj.

Perlator: Filter som monteres i enden av servantkranen for å hindre at partikler kommer ut av kranen.

Sirkulasjonsledning: Er en varmtvannskrets som minsker ventetid på varmtvann, og hindrer legionella.

3 Teori

3.1 Hvordan finne maks samtidig vannmengde

I dag dimensjoneres tappevannsanlegg i stor grad etter normalvannmengdene som er gitt i *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp* og *NS 3055*. Det vil si at dimensjonene på rørene inn i bygget baserer seg på forventet vannmengde fra tappepunkter som illustrert i tabell 1.

Tabell 1 Normalvannmengdene [3, s. 37].

Tappedsted	Normalvannmengder l/s	
	kaldt	varmt
Drikkefontene	0,05	–
Klosettsisterne	0,1	–
Servantbatteri	0,1	0,1
Bidébatteri	0,1	0,1
Tappeventil/slangekran (innendørs)	0,2	0,2
Oppvaskbatteri	0,2	0,2
Batteri til utslagsvask og til skyllekar/vaskekar	0,2	0,2
Dusjbatteri	0,2	0,2
Vaskemaskin til husholdninger	0,2	0,2
Oppvaskmaskin til husholdninger	0,2	–
Badebatteri	0,3	0,3
Hagekran, gårdskran	0,4	–
Spyleventil for urinaler	0,4 ¹⁾	–
Spyleventil for WC	1,3 ¹⁾	–
Prefabrikkert dusjløsning m. flere hoder	<i>Må undersøkes i hvert enkelt tilfelle.</i>	

1) For flere spylerventiler i serie regnes de øvrige med 0,2 l/s i tillegg som samtidighet. For urinaler regnes 0,2 l/s i tillegg pr. 0,60 m.

Maks samtidig vannmengde i fordelingsledninger for boligbygg, hoteller, forretningsbygg, sykehus og lignende kan beregnes ved bruk av formel 1.

Formel 1 Maks samtidig vannmengde [4].

$$q = q_1 + 0,015 (Q - q_1) + 0,17 (Q - q_1)^{0,5}$$

q = maks. vannmengde, l/s

Q = summen av normalvannmengder, l/s

q_1 = normalvannmengde til største tappested, l/s

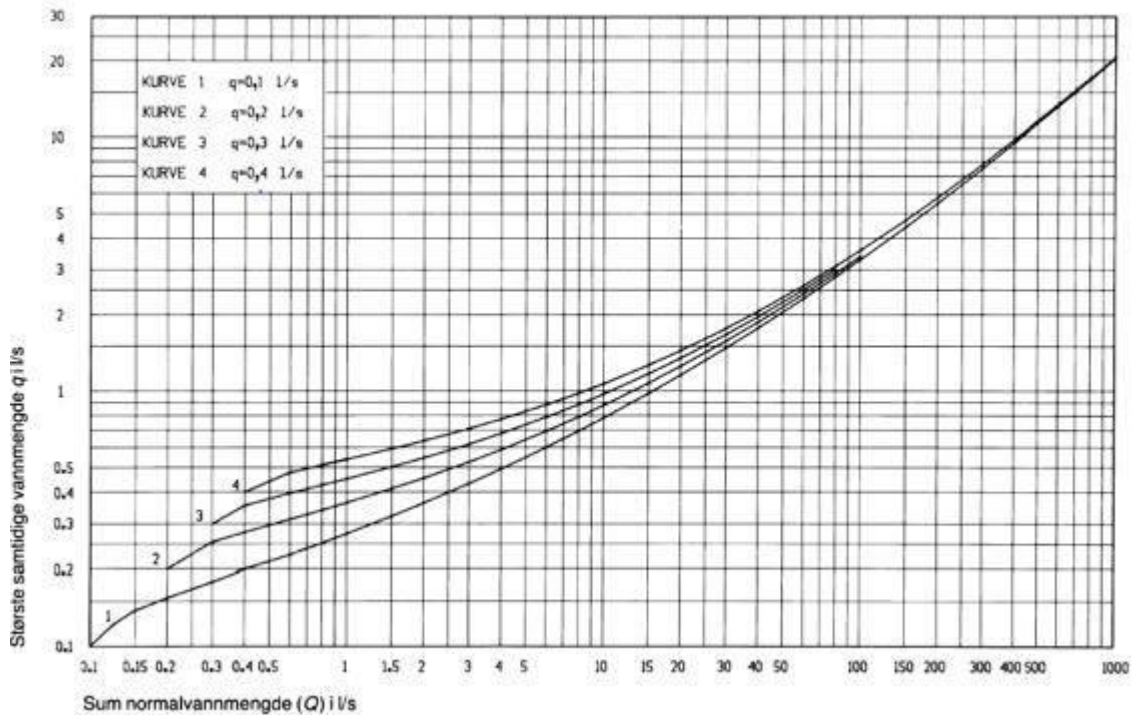
Denne formelen er også angitt både grafisk og i tabellform. Det er viktig å bemerke at maks samtidig vannmengde aldri kan være mindre enn normalvannmengden til utstyrsgjenstanden med størst vannforbruk. For bygg med mer spesielt vannforbruk som industribygg, vaskeri, badeanlegg o.l., skal samtidigheten i hvert enkelt tilfelle beregnes og gjøres rede for. Å beregne maks samtidig vannmengde på denne forutsetter tilfeldig bruk av utstyret. Om det er rimelig å anta systematisk bruk må det tas hensyn til. Hvis et tappested skal brukes konstant skal den avtappede mengden i sin helhet legges til den største samtidige vannmengden som er beregnet [4].

3.1.1 Finne maks samtidighet ved bruk av graf og tabell

Maks samtidig vannmengde finner man grafisk ved å summere normalvannmengdene (Q), deretter velges kurve som skal følges basert på vannbehovet til det utstyret med størst normalvannmengde. I krysningpunktet mellom kurven og store Q er største samtidige vannmengde i l/s vist i y-aksen. Dette er illustrert i figur 4 fra NS 3055. Det er også mulig å benytte tabell 2 for å finne maks sannsynlig vannmengde. I denne tabellen velges rubrikk ved hjelp av tappested med størst vannmengde og summen av normalvannmengdene [5].

Tabell 2 Maks sannsynlig vannmengde [5].

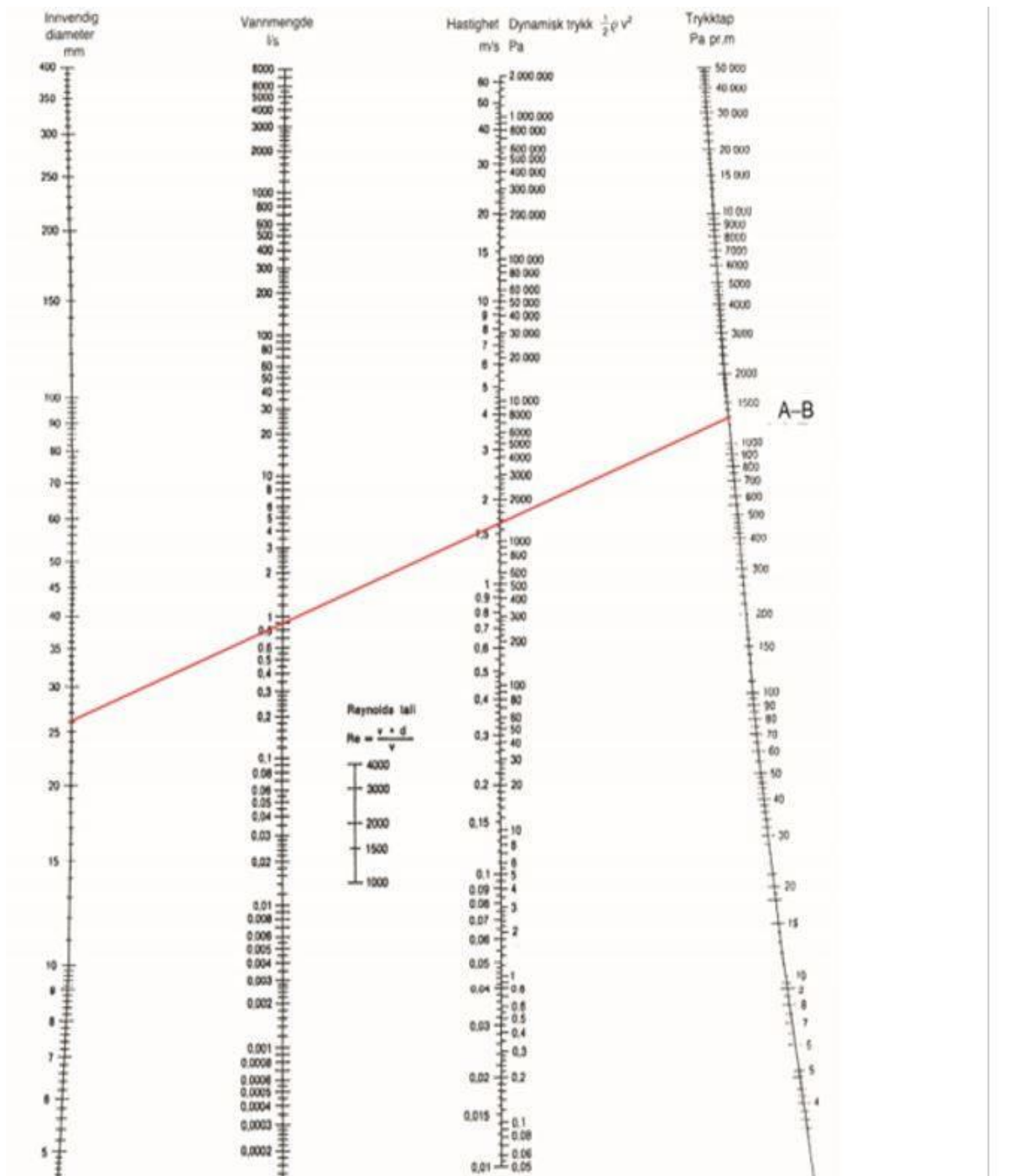
Sum av normalvannmengde Q l/s	Tappedsted med største normalvannmengde i l/s			
	$q_1 = 0,1$	$q_1 = 0,2$	$q_1 = 0,3$	$q_1 = 0,4$
0,1	0,1			
0,2	0,16	0,2		
0,4	0,20	0,28	0,36	0,40
0,5	0,21	0,30	0,38	0,46
0,6	0,23	0,31	0,40	0,50
0,7	0,24	0,32	0,41	0,52
0,8	0,25	0,34	0,43	0,54
0,9	0,26	0,35	0,44	0,56
1,0	0,27	0,36	0,45	0,57
1,2	0,29	0,38	0,47	0,58
1,4	0,31	0,40	0,49	0,60
1,6	0,33	0,42	0,51	0,61
1,8	0,35	0,43	0,53	0,63
2,0	0,36	0,46	0,55	0,66
2,5	0,40	0,49	0,59	0,68
3,0	0,43	0,53	0,62	0,71
3,5	0,46	0,56	0,65	0,75
4,0	0,49	0,59	0,68	0,78
4,5	0,52	0,62	0,71	0,81
5,0	0,55	0,64	0,74	0,83
6,0	0,60	0,70	0,79	0,89
7,0	0,65	0,75	0,84	0,94
8,0	0,70	0,79	0,89	0,98
9,0	0,74	0,84	0,93	1,03
10,0	0,78	0,88	0,97	1,07
11,0	0,82	0,92	1,02	1,11
12,0	0,86	0,96	1,06	1,15
13,0	0,90	1,00	1,09	1,19
14,0	0,94	1,04	1,13	1,23
15,0	0,98	1,07	1,17	1,27
16,0	1,02	1,11	1,21	1,31
17,0	1,06	1,15	1,25	1,34
18,0	1,09	1,18	1,28	1,38
19,0	1,12	1,21	1,31	1,41
20,0	1,16	1,25	1,35	1,45
22,0	1,23	1,32	1,41	1,51
24,0	1,29	1,38	1,48	1,58
26,0	1,35	1,45	1,55	1,64
28,0	1,42	1,51	1,61	1,71
30,0	1,48	1,58	1,67	1,77
35,0	1,63	1,72	1,82	1,92
40,0	1,77	1,87	1,97	2,06
50,0	2,05	2,15	2,24	2,34
60,0	2,31	2,41	2,51	2,61
70,0	2,57	2,67	2,76	2,86
80,0	2,82	2,92	3,01	3,11
90,0	3,06	3,16	3,26	3,35
100,0	3,30	3,40	3,49	3,59
110,0	3,53	3,63	3,73	3,82
120,0	3,76	3,86	3,96	4,05
130,0	3,99	4,08	4,18	4,28
140,0	4,21	4,31	4,40	4,50
150,0	4,48	4,53	4,63	4,72



Figur 4 Største samtidige vannmengde [4].

3.2 Trykktap i rør

Trykktap i rør kan oppsummeres som summen av friksjonstapet i røret. Altså trykktap i form av høydedifferanse, friksjon mellom væsken og rørvegg, samt tapet over enkeltmotstander. Foruten rene beregninger er det mulig å finne trykktap ved bruk av nomogram. Her kan nødvendig innvendig diameter (mm), vannmengde (l/s), hastighet (m/s)/ dynamisk trykk (Pa) eller trykktap (Pa pr.m) finnes dersom to av verdiene allerede er kjent. Deretter trekkes en strek mellom de to kjente verdiene for så å lese av de ukjente, se figur 5. I dag blir det ofte tatt utgangspunkt i 2 kPa/m i trykktap (10 kPa/m for 15 og 12 millimeter) for fordelingsledninger på tappevann og beregner innvendig diameter basert på dette [3].



Figur 5 Eksempel på hvordan man finner nødvendig innvendig diameter med nomogram [3].

3.3 Dimensjonering basert på maks samtidighet

3.3.1 Forenklet metode

Den forenklete metoden går ut på å først beregne maks samtidig vannmengde for så å bruke denne til å bestemme innvendig diameter ved bruk av tabell 3. Forenklet dimensjonering er et godt utgangspunkt for senere mer nøyaktige beregninger og benyttes ofte som et utgangspunkt før benyttelse av trykktapsdimensjonering. I mindre kompliserte tilfeller, for eksempel bolighus og andre mindre bygninger, vil det være tilfredsstillende å kun benytte seg av den forenklete metoden. Ved benyttelse av forenklet metode tas det utgangspunkt i normalvannmengdene for å finne maks samtidig vannmengde ved bruk av tabell 2 eller figur 4 [5].

Tabell 3 Bestemmelse av utvendig diameter ut fra største vannmengde [5].

Største samtidige vannmengde, q	Minimum innvendig diameter	Utvendig rørdiameter			
		Kobber-rør	PE-rør	PEX-rør	PEX/Al/PEX-rør
l/s	mm	mm	mm	mm	mm
≤ 0,1	8,0	10	–	12	–
0,11–0,2	10,0	12	–	15	–
0,21–0,4	12,6	15	–	18	–
0,41–0,5	15,6	18	20	22	20
0,51–0,6	19	22	25	28	25
0,61–1,1	25	28	32	–	32
1,11–1,8	31	35	40	–	40
1,81–2,8	38	42	50	–	50
2,81–4,5	50	54	63	–	63

Nøyaktig oppskrift og regler for når den forenklete metoden kan benyttes finnes i anvisningen *Dimensjonering av rør for tappevann i bygninger* [5, s. 7-10].

3.3.2 Trykktapsdimensjonering

«Trykktapsdimensjonering er mer pålitelig enn forenklet dimensjonering.

Metoden kan imidlertid ikke kalles eksakt, fordi vi anslår enkeltmotstandene til å utgjøre 20 % av den samlede strømningsmotstanden. I enkelte tilfeller kan tallet være for lavt eller for høyt. I de fleste tilfeller er 20 % en fornuftig verdi.» [5, s. 3-7]

Trykktapsmetoden går ut på å først finne det minst gunstige rørstrekke med tanke på trykktap. I de fleste tilfeller vil dette være fordelingsledningen som er lengst og høyest unna anboringspunktet. Det disponible trykktapet fra anboringspunkt til fordelingsledning er utgangspunktet for beregningene. Ved bruk av Figur 5 bestemmes innvendig diameter ut fra beregnet maks samtidig vannmengde og tilgjengelig strømningskap. Når statisk trykktap og tap i enkeltmotstandene er trukket fra [5]. Det er også mulig å benytte dataprogrammer som eksempelvis MagiCAD for Revit til å utføre trykktapsdimensjonering.

Trykktapsmetoden tar lengre tid å utføre enn den forenklete metoden, men gevinsten av å benytte den er mer nøyaktig dimensjonering. En mer detaljert oppskrift på fremgangsmåte, samt regler for når trykktapsmetoden skal benyttes, finnes i anvisningen *Dimensjonering av rør for tappevannsanlegg* [5, s. 3-7].

3.4 Hvordan finne temperaturen til en blanding av to væsker

Temperatur i en blanding av væsker kan bregnes ved bruk av formel 2.

Formel 2 Temperatur i en blanding av væsker

$$T_3 = (t_1 * m_1 + t_2 * m_2) / m_3$$

t_1 = temperatur væske 1, °C

m_1 = massestrøm væske 1, kg/s

t_2 = temperatur væske 2, °C

m_2 = massestrøm væske 2, kg/s

m_3 = massestrøm i etterkant av blanding, kg/s

Formelen er utledet ved bruk av energibalansen og antar energibevaring i henhold til termodynamikkens første lov. Merk at for denne formelen må væskene som blandes ha samme spesifikke varmekapasitet for at formelen skal gjelde [6].

3.5 Gjennomsnittlig vannforbruk på sykehus

I dag benytter rørleggere og VVS-ingeniører *Rørhåndboka Fagdel 2019* som oppslagsverk for å finne preaksepterte løsninger og erfaringstall. Den oppgir at gjennomsnittlig vannforbruk for en sengeplass på sykehus til å være 650 liter per døgn [7, s. 27].

4 Metode

4.1 Utstysrliste

Temperaturføler: Tenmars TM-721D RS-232 Data logger thermometer,

serienummer 04072017

Temperaturlogger: Hioki 8430-20 memory logger, serienummer 091002470

Stoppeklokke/kamera: Mobiltelefon

Vannmengde: 12 liters bøtte

Flow måler: Danfoss PFM 3000, serienummer 0804141065

Flow måler: TA-CMI, serienummer 12340212

Manometer dimensjon: 63 mm x ¼", trykkskala: 0-10 bar

TA ventil: DN 15x ½ TBV-C terminal ventil

4.2 Arbeidsforløp

I forprosjektet for oppgaven ble det lagt en plan for hvor og når målingene skulle finne sted i samarbeid med St. Olavs driftsavdeling. Det ble produsert gant-skjema som ga en stegvis oversikt over nødvendig framdrift for å få oppgaven ferdig til fristen.

Forprosjektet ble også brukt til grundig innføring i relevant teori tilknyttet dimensjonering av tappevannsanlegg. Dette ble gjennomført gjennom kontakt med bedrifter hvor det ble gitt informasjon om hvordan dette gjennomføres i praksis. Det ble også gjennomført litteratursøk både på nett og i faglitteratur, samt utført gjennomlesning av gamle bacheloroppgaver. Under litteratursøket ble det lagt stor vekt på innføring i de to dimensjoneringsmetodene beskrevet i *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp* og *NS 3055*.

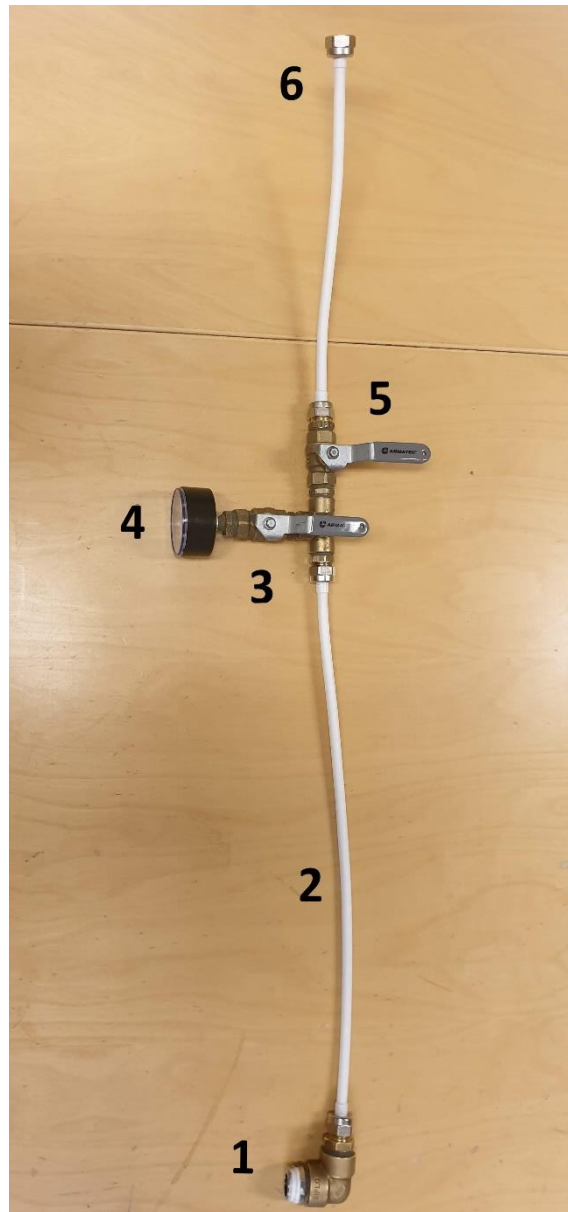
Metode ved gjennomføringen av både vannforbruksforsøk og måling av maks samtidighet ble diskutert og avklart med veileder. Driftsavdelingen til St. Olavs ga gruppen tilgang på aktuelle bygg og delte ut plantegninger for identifisering av aktuelle målepunkter.

Ved gjennomføring av forsøkene anskaffet driftsavdelingen ved St. Olavs nødvendige rørdeler, samt monterte TA-ventilene på fordelingsledningene til kaldt- og varmtvann på baderommet. Driftsavdelingen ved St. Olavs stilte også med nødvendig måleutstyr og instrumenter. Forsøkene ble gjennomført over tre påfølgende helger.

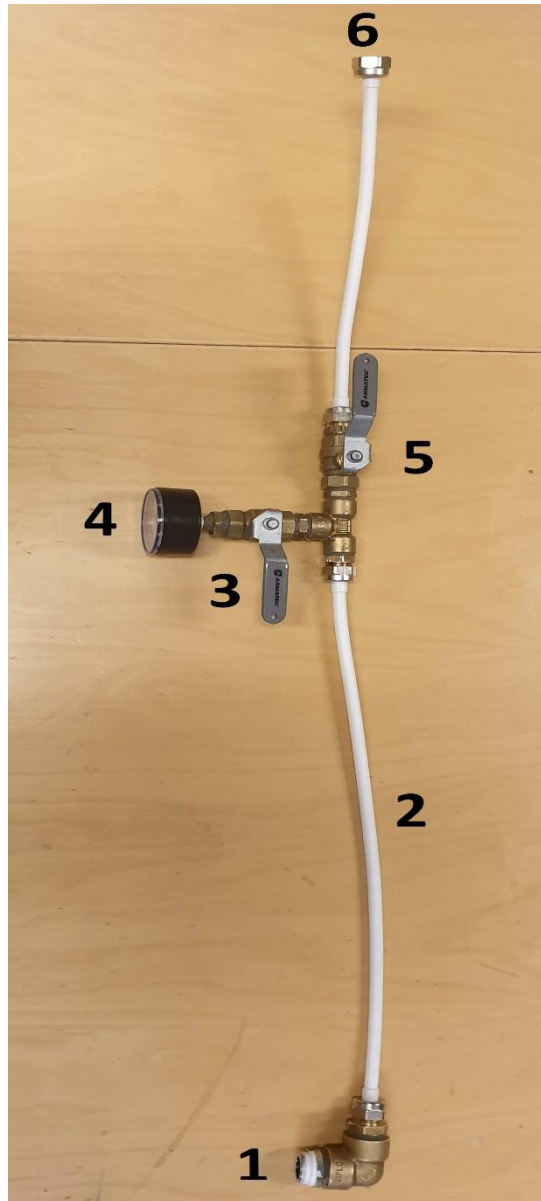
Ved endt forsøksperiode og datainnsamling ble litteratur og data behandlet. Disse ble vurdert mot hverandre og mot problemstilling for rapporten.

4.3 Vannforbruksforsøk

Det aktuelle sanitærutstyret ble målt ved bruk av et egenprodusert forsøksinstrument. I figur 6 vises det hvordan trykk ble målt, og i figur 7 vises hvordan gruppen fikk vann til 12L bøtten.



Figur 6 Egenprodusert (trykk) rørstrekk bestående av; 1: tilkoblingspunkt, 2: rørstrekk av hardplast, 3: kuleventil, 4: manometer, 5: kuleventil og 6: rørstrekk av hardplast.



Figur 7 Egenprodusert (vannmengde) rørstreck bestående av; 1: tilkoblingspunkt, 2: rørstreck av hardplast, 3: kuleventil, 4: manometer, 5: kuleventil og 6: rørstreck av hardplast.

Trykket i forkant av tappestedene ble målt ved å koble en trykkmåler på det aktuelle utstyret, stenge kuleventil 5 og åpne kuleventil 3. Dermed ble det aktuelle apparatet åpnet fullt, deretter stengt. Dette muliggjorde avlesning av trykket fra manometeret, som illustrert på figur 8.



Figur 8 Avlest trykk i forkant av servant i kjeller på Kunnskapssenteret.

Utstyr for trykkmåling i servant- og dusjbatterier var enkelt å koble til, men ved montering av utstyr for tilsvarende måling i toalett måtte koblingsledning demonteres. Det ble besluttet å anta at trykk i forkant av toalett var tilsvarende trykk målt i forkant av servant eller dusj på samme badrom/toalettrom. Ferdig montert utstyr for trykkmåling i servantkrav er illustrert på figur 9.

Vannforbruket ble målt ved å tappe vann i en 12 liters bønne og måle tiden det tok å fylle et fornuftig antall liter med stoppeklokke. Det ble utført målinger både for kaldtvann, varmtvann og for midtstillingene til de aktuelle apparatene. Vannforbruket ble i etterkant beregnet ved å dele tappevolumet på tappetid (l/s).



Figur 9 Egenprodusert forsøksinstrument tilkoblet servant og klar for å måle vannforbruk og trykk.

Temperatur i vannet ble målt i bøtte etter tapping ved bruk av Tenmars TM721D. Temperaturføleren ble plassert i senter av bøtten, med lik avstand fra bunnen av bøtten til overflaten av vannet. Grunnet treghet i instrumentet tok avlesning noe lengere tid.

4.4 Maks samtidighet baderom

For forsøk på maks samtidighet ble det tildelt et baderom i 4.etg på Bevegelsessenteret. Baderommet var utstyrt med rør-i-rør-fordelerskap i himling, servant, dusj og toalett. Fordelingsledningen som forsynte samlestokkene for kaldt og varmt vann var begge 18 mm pex-rør. De fordelte seg videre til utstyret i baderommet med 15 mm pex. Fordelingsledningen var ikke koblet på sirkulasjonsledningen.

Driftsavdelingen ved St. Olavs monterte TA-ventiler på tilførselsledning for kaldt- og varmtvann i fordelerskapet (figur 10). Forsøket startet med å åpne TA-ventilene til full åpen stilling (10). Deretter ble de to flow-målerne (Danfoss PMF 3000 og TA CMI) kalibrert opp mot hverandre for å verifisere at de viste samme verdi ved samme vannforbruk. Dette ble gjort ved å måle vannforbruk på servanten i full åpen stilling for kaldtvann. Kalibreringen viste en forskjell på 0,001 l/s, og det ble besluttet at dette var innenfor akseptable feilmarginer. De målte mengdene under kalibreringen var på henholdsvis 0,346 og 0,347 l/s.

Deretter ble hvert enkelt apparats vannforbruk i fullt åpen stilling målt, slik at målingene for maks samtidighet senere kunne sees i sammenheng med utregnet maks samtidighet. Maks samtidighet ble målt for to typiske brukssituasjoner. Nr. 1 var maks samtidighet for bruk av dusj med forskjellige temperaturer og nr. 2 håndvask etter toalettbesøk.



Figur 10 TA-ventiler montert i fordelerskap for badrom.

I dusj ble det gjennomført målinger på ca. 35, 38, 41 og 44 °C, samt målinger på kaldeste og varmeste innstilling. For brukssituasjon 2 ble det målt for stillingene helt kaldt, for midtstillingen samt midt mellom midtstilling og helt varmt. I tillegg til vannforbruk i full stilling ble det målt reelt forbruk i situasjon 2 for 9 tilfeldige personer som enten jobbet eller var pasient på Bevegelsessenteret. Hensikten med dette var å finne det gjennomsnittlige vannforbruket for brukssituasjon 2, samt den gjennomsnittlige ønskede temperaturen. Vannforbruket ble manuelt avlest fra flow-målerne underveis, da mengden stabiliserte seg ble den notert. Flow-målerne ble også filmet fortløpende under forsøket for å sikre at verdiene ble lagret. Temperaturene på vannet de ulike brukerne benyttet i vasken ble utregnet ved bruk av formel 2.

4.5 Innhenting av tappekurver

For å kunne sammenligne normalvannmengdene i *Standard abonnementsvilkår* og *NS 3055* er det valgt å samle inn data for et antall produsenters vannforbruk [3] [4]. Vannforbruket til produktene er hentet ved avlesning av produsentenes egne tappekurver. Oppgaven er avgrenset til å se på vannforbruket til produkter mellom 3-6 bar, da maks tillatte trykk på tappevannet inne i bygg er på 6 bar [4]. Produktdata ble innhentet fra følgende leverandører: Tapwell [8], Oras [9], Hansgrohe [10], Gustavsberg [11] og Fm Mattsson [12]. Tappekurver for toalett var ikke tilgjengelig fra produsent, da de kun oppgir vannmengden i cisternen ved nedskylling, og ikke liter per sekund ved påfylling av toalettet. Volum i cisternen ble benyttet til utregning av vannforbruk ved å måle tidsbruk for oppfylling. Produktene ble innhentet fra Gustavsberg [11], IFØ [13] og Porsgrund [14].

Informasjon hentet fra tappekurvene refereres til ved bruk av [8.1 referanse servantkraner] for servant og [8.2 referanse dusjkraner] for dusj. For cisternevolum på toalett brukes [8.3 referanse toalett].

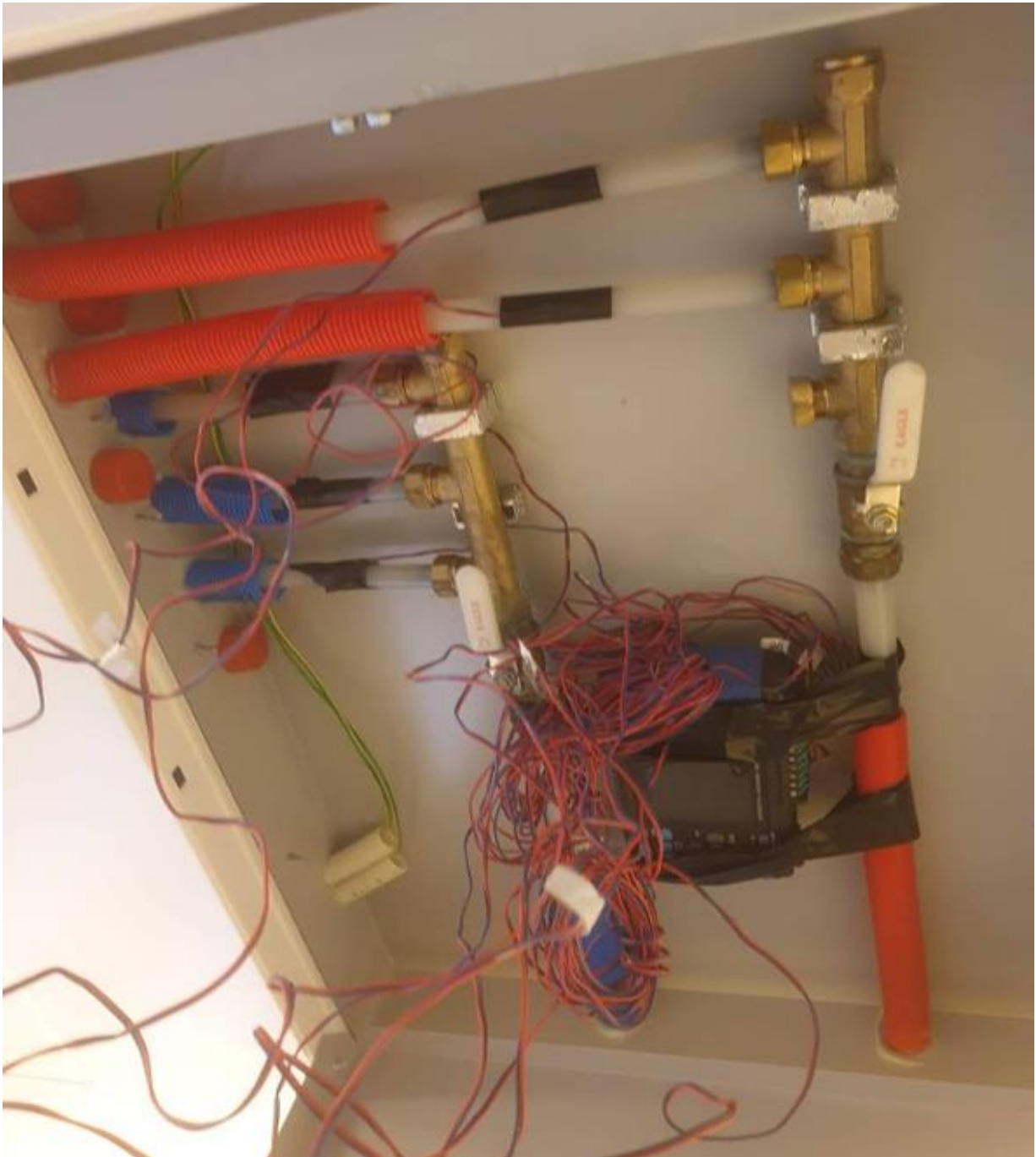
4.6 Brukerhyppighetsforsøket

I tillegg til målinger av vannmengde for de to typiske brukersituasjonene, ble brukerhyppighet målt på et tilsvarende baderom. Hensikten med forsøket var å kartlegge bruksmønster for baderom. Bruksmønsteret skulle deretter sees i sammenheng med resultatene fra brukersforsøket.

Forsøket ble gjennomført ved å montere en temperaturlogger i fordelerskapet. Før forsøket ble loggeren testet i vannbad for å sikre at alle temperaturfølerne viste omtrentlig lik temperatur. Følere som viste for mye avvik ble ikke benyttet i forsøket. Kalibrering var ikke nødvendig for forsøket da det var relative temperaturer som skulle måles og ikke absolutte.

Etter kontroll av instrumentet ble en temperaturføler festet til alle pex-rørene som var tilkoblet utstyret på badet, se figur 11. Følerne ble deretter dekket med «cellegummi» for å isolere dem fra omgivelsene. Grunnet sirkulasjon på varmtvannet kunne ikke temperaturfølerne settes direkte på fordelingsledningene, da sirkulasjonen ville gitt tilnærmet konstant temperatur i ledningen.

Det aktuelle baderommet ble valgt, etter samtale med sykepleiere, da det var dette rommet hvor det var mest aktivitet.



Figur 11 Temperaturlogger med temperaturfølere festet til pex-rørene.

4.7 Bruk av vask ved 6 bars trykk

For å ytterligere kartlegge bruksmønster på servanter med hensyn på vannforbruk utførte gruppen en objektiv undersøkelse. Forsøket ble gjennomført ved å vaske hender ved full åpen stilling på servantbatterier med mye trykk. Håndvask ble gjennomført i en servant som tidligere hadde blitt målt til 6 bar. Som det fremgår av figur 12 ble det veldig mye vannsøl.



Figur 12 Håndvask ved 6 bars trykk.

4.8 Feilkilder

4.8.1 Vannforbruksforsøk

Forsøksinstrumentet som ble brukt for å føre den avtappede vannmengden inn til bøtten representerer et ekstra trykktap som ikke vil være til stede ved normalt bruk. Dermed vil de målte verdiene kunne være noe lavere enn det reelle tilfellet.

Tidtaking av tappetid under vannforbruksforsøket ble dette gjennomført manuelt. Nøyaktig tidtaking er ikke mulig med denne metoden, men feilkilden ble forsøkt bekjempet ved å øke tappetid slik at unøyaktigheten ville gi minimalt utslag. Det var utfordrende å stoppe tappeutstyret ved eksakt 8 liter vann, så avtappet mengde varierte noe.

Driftsavdelingen ved St. Olavs har tidligere erfart at dusj- og servantbatterier ikke klarer å stenge fullstendig for kaldtvann ved full åpning varmtvann, og motsatt. Dette har ikke vært mulig å undersøke under forsøkene og representerer dermed en feilkilde for temperaturmålingene utført på kaldt- og varmtvann.

Da forsøket ble utført uten perlator, vil trykkfallet gjennom servantbatteriet være mindre enn ved normal bruk. Dermed vil den målte vannmengden ved åpen stilling kunne bli høyere enn det som er mulig å oppnå ved innskrudd perlator. (Snorre Westrum, Oras, e-post samtale, 7.5.2019) Det ble heller ikke tatt hensyn til hvilke dusjhoder og dusjsslanger som var montert på dusj under forsøket. Forskjellige slanger og hoder på dusj kan påvirke vannmengden den enkelte dusjen klarer å levere på grunn av varierende trykktap i forskjellige hoder og slanger.

4.8.2 Brukerhyppighetsforsøket

Kyndig personell på St. Olavs informerte gruppen om at eldre pasienter sjeldent dusjer på rommet, men at yngre mennesker benytter dusjen tilnærmet hver dag. Siden gruppen ikke har kjennskap til pasientene som var på sengerommet under forsøksdagene, representerer det en ekstra usikkerhet. Ideelt sett skulle gruppen hatt tilgang på flere måleinstrumenter for å kunne måle flere rom samtidig.

5 Resultat

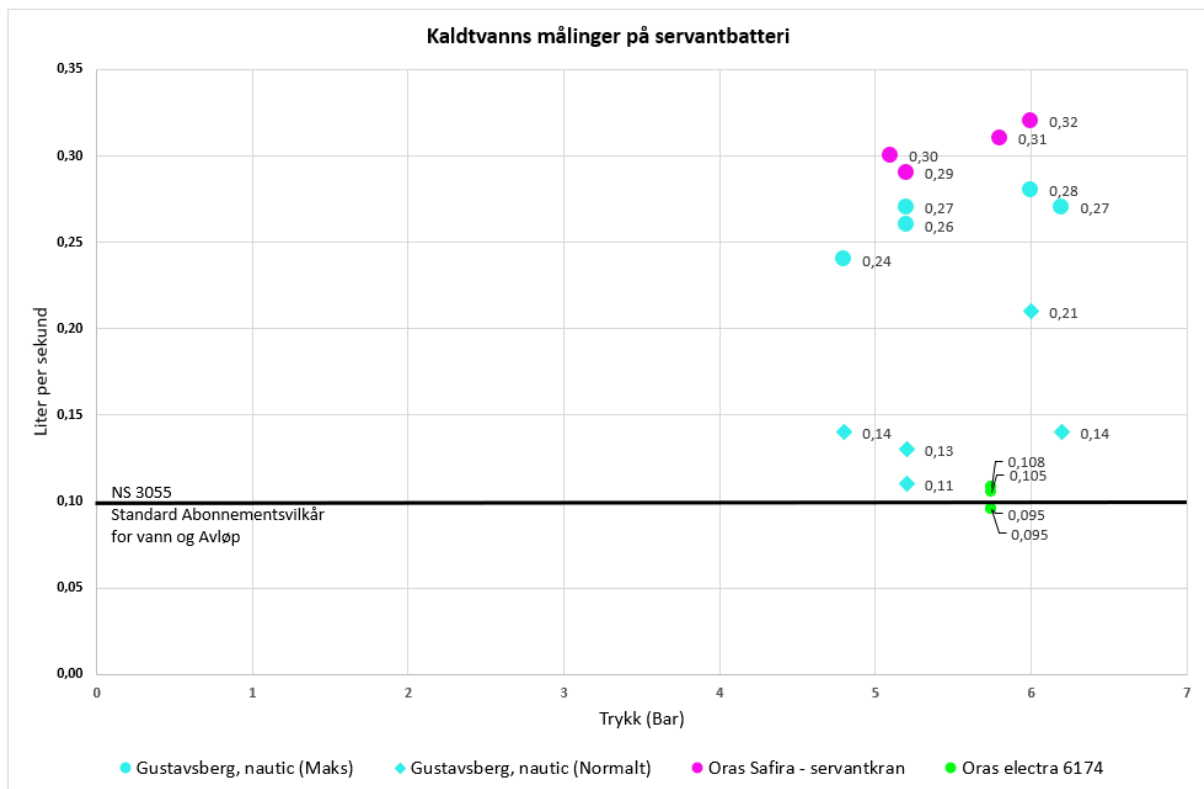
5.1 Resultater av armaturer

Alle armaturene ble målt i full åpen stilling for å finne ut hvor mange liter i sekundet armaturene leverer ved forskjellig trykk. Tallverdier benyttet i oppgaven som ikke vises i resultatdelen kan finnes i vedlegg 8, 9 og 10.

Grafisk fremstilling av resultater er markert med geometriske figurer. Rombe-markeringene i grafene er for maksimalt åpen kran når den ikke må holdes oppe med makt, for ikke å gli ned. Sirklene viser maksimalt åpen stilling på hver enkelt armatur. Firkantene viser hva leverandøren oppgir av vannmengde for det enkelte armaturer. Disse grafiske fremstillingene gjelder for figur 13, 14, 15, 17 og 18.

5.1.1 Servantbatteri

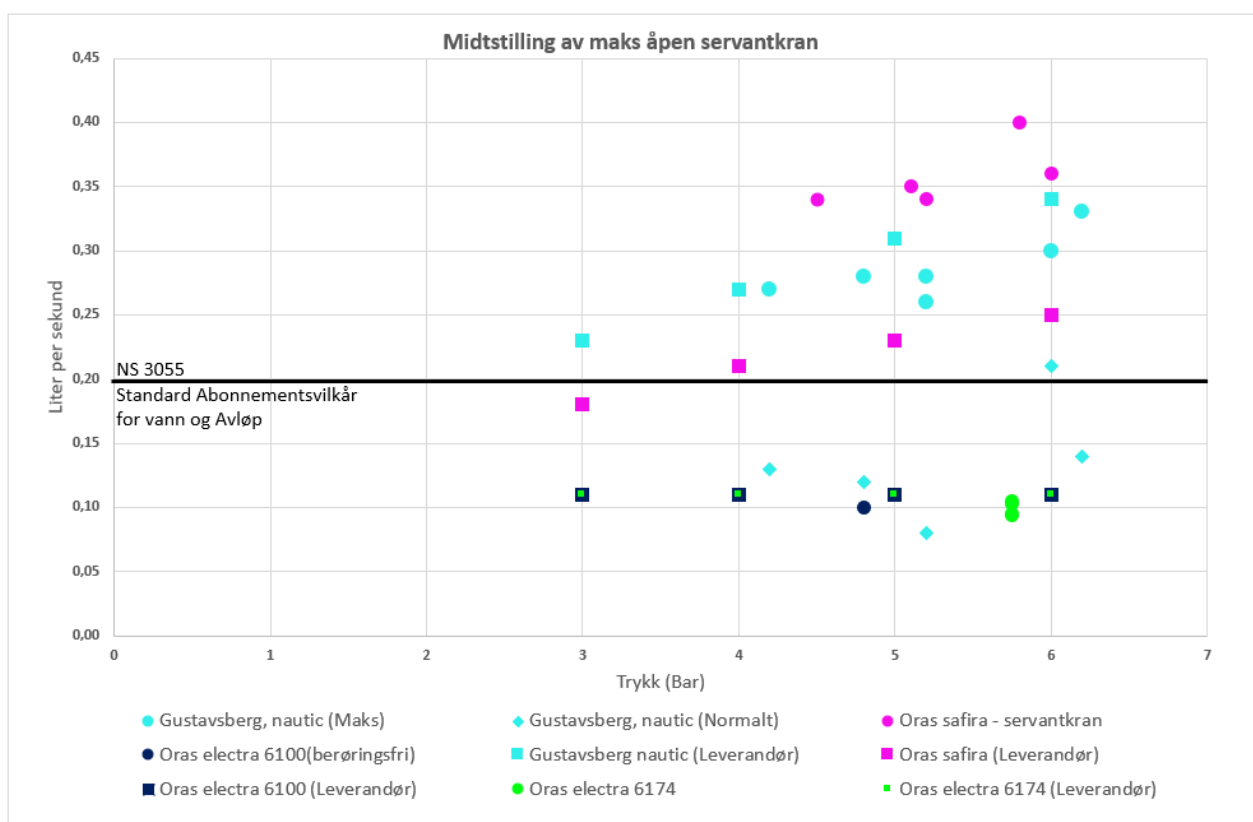
Kaldtvann på servantarmaturer testet for maks vannmengde. Den svarte linjen viser oppgitt vannmengde på servantarmaturer fra *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp* og *NS 3055* [3] [4]. Oras Safira er den som hadde størst vannmengde på 0,32 l/s ved 6 bar, mens Oras Electra 6174 hadde en vannmengde på 0,095 l/s ved 5,75 bar. Gustavsberg Nautic hadde to funksjoner. Der den første funksjonen ga en gjennomsnittlig vannmengde på 0,26 l/s mellom 5-6 bar. Den andre funksjonen som var maks åpen uten at den måtte holdes der, og hadde et gjennomsnitt på 0,14 l/s mellom 5-6 bar (figur 13).



Figur 13 Målinger gjort ved fullt åpent kaldtvann (egenprodusert) [3] [4].

Figur 14 viser ulike servantbatterier på maks åpen midtstilling. I samme figur vises også leverandørens oppgitte vannmengde for armaturene. Den svarte linjen er oppgitt vannmengde fra *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp og NS 3055* [3] [4]. Alle tallverdiene kan finnes i tabell 2.

Det er mulig å se at Oras Safria ligger 0,15 l/s over det leverandøren selv oppgir, mens Oras Electra 6100 og 6174 ligger nesten 0,1 l/s under *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp og NS 3055* [3] [4]. Gustavsberg Nautic ligger over normalvannmengdene ved maks vannmengde, men under når den ikke holdes helt åpen.

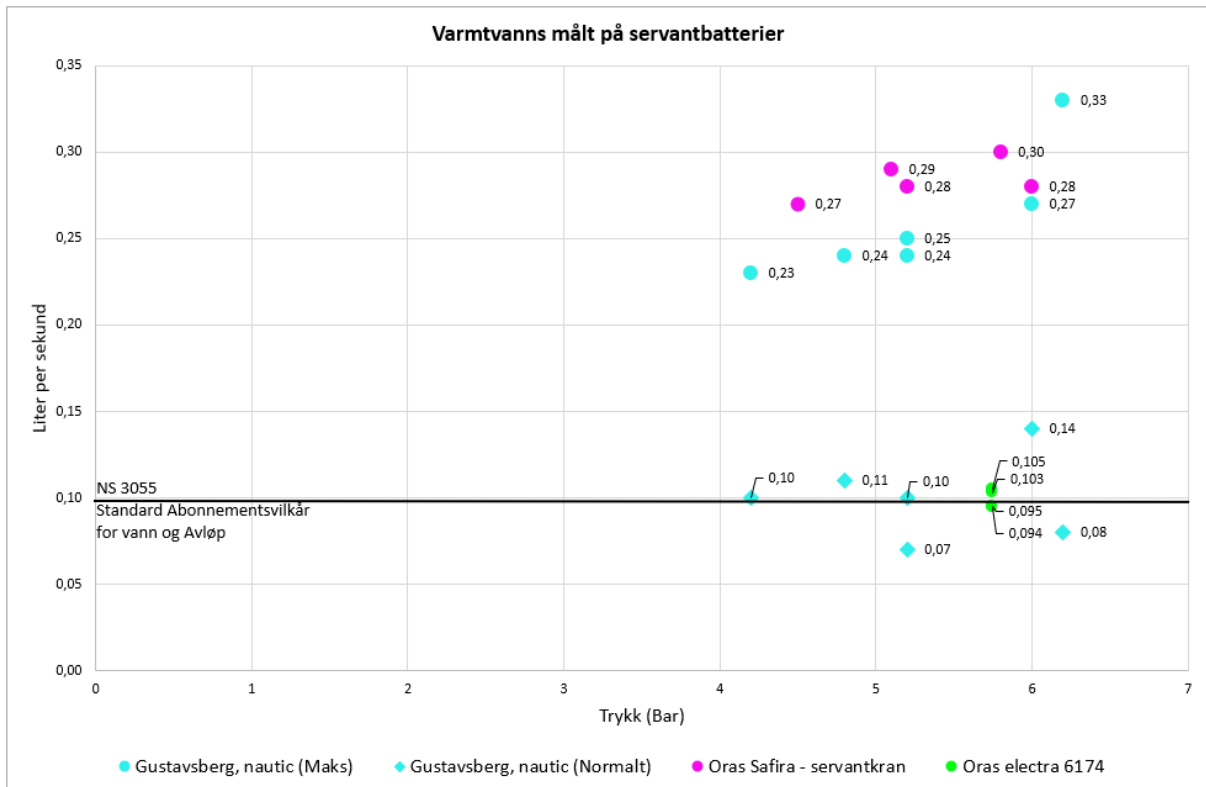


Figur 14 Målt midtsilt servantkran mot leverandørens oppgitte vannmengde [3] [4] [8.1 referanse servantkraner].

Tabell 4 Tallverdier til figur 14 [8.1 referanse servantkraner].

Servantbatteri navn	Liter per sekund (l/s)	Trykk (Bar)
Gustavsberg Nautic (maks)	0,33	6,2
	0,30	6
	0,26	5,2
	0,28	5,2
	0,27	4,2
	0,28	4,8
Gustavsberg Nautic (normalt)	0,14	6,2
	0,21	6
	0,08	5,2
	0,13	4,2
	0,12	4,8
Oras Safira	0,40	5,8
	0,36	6
	0,34	5,2
	0,35	5,1
	0,34	4,5
Oras Electra 6100(berøringsfri)	0,10	4,8
Oras Electra 6174 (berøringsfri)	0,095	5,75
	0,100	5,75
	0,103	5,75
	0,114	5,75
Gustavsberg Nautic (leverandør)	0,23	3
	0,27	4
	0,31	5
	0,34	6
Oras Safira (leverandør)	0,18	3
	0,21	4
	0,23	5
	0,25	6
Oras Electra 6100 (leverandør)	0,11	3
	0,11	4
	0,11	5
	0,11	6
Oras Electra 6174 (leverandør)	0,11	3
	0,11	4
	0,11	5
	0,11	6

Servantarmaturer for maks vannmengde på varmtvann. Det er mye som går igjen fra figur 13, men her er høyeste verdi Gustavsberg Nautic (maks) ved maksimal vannmengde på 0,33 l/s ved 6,2 bar. Minste verdi er Gustavsberg Nautic (normal) på 0,07 l/s ved 5,25 bar (figur 15).

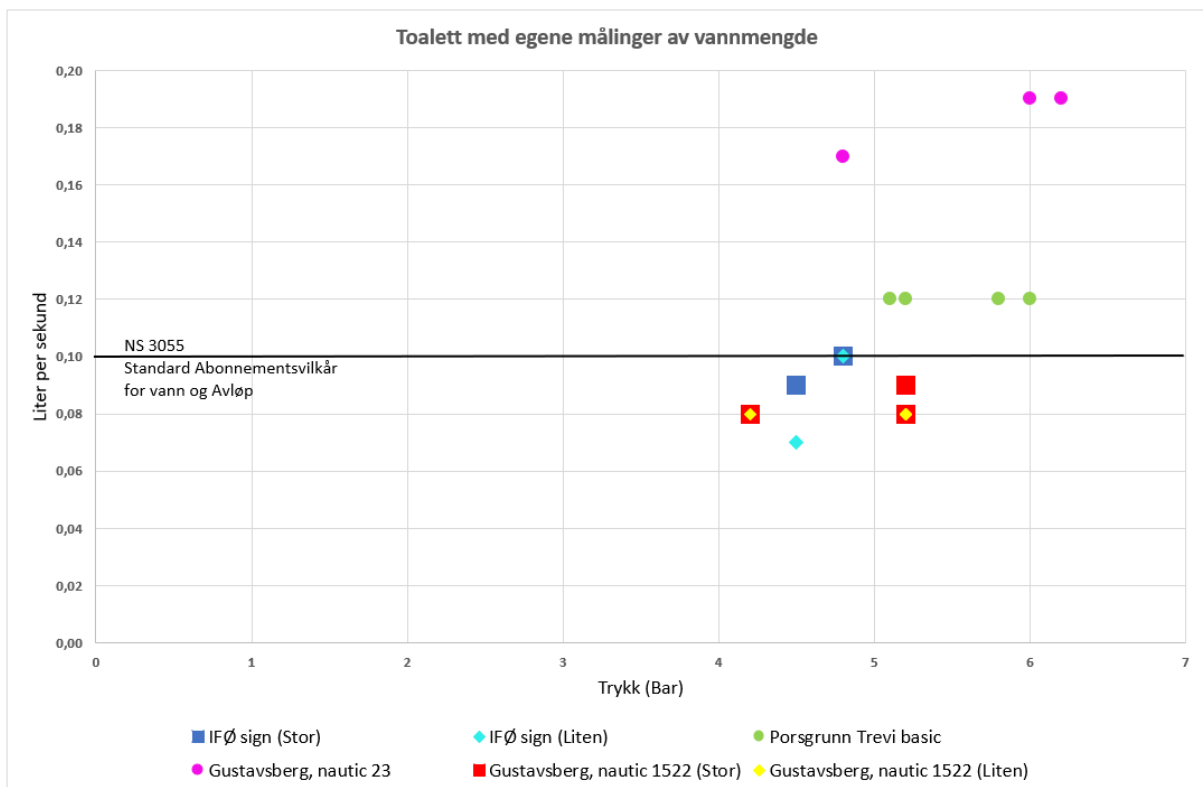


Figur 15 Vannmengde varmtvann servantarmaturer [3] [4].

5.1.2 Toalett

Figur 16 viser målingene som er gjort av toaletter. Gustavsberg Nautic 23 er den som skiller seg ut med 0,19 l/s ved 6 bar. De andre toalettene ligger på rundt 0,1 l/s, dette er det samme som normalvannmengdene oppgir i *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp* og NS 3055 [3] [4].

Rombe punktene er ved minste vannmengde. Firkanter er ved største. Dette er for de toalettene som har to muligheter. Sirklene er ved vanlig nedtrekking i toalettet med en mulighet. Tallverdiene finnes i tabell 3.



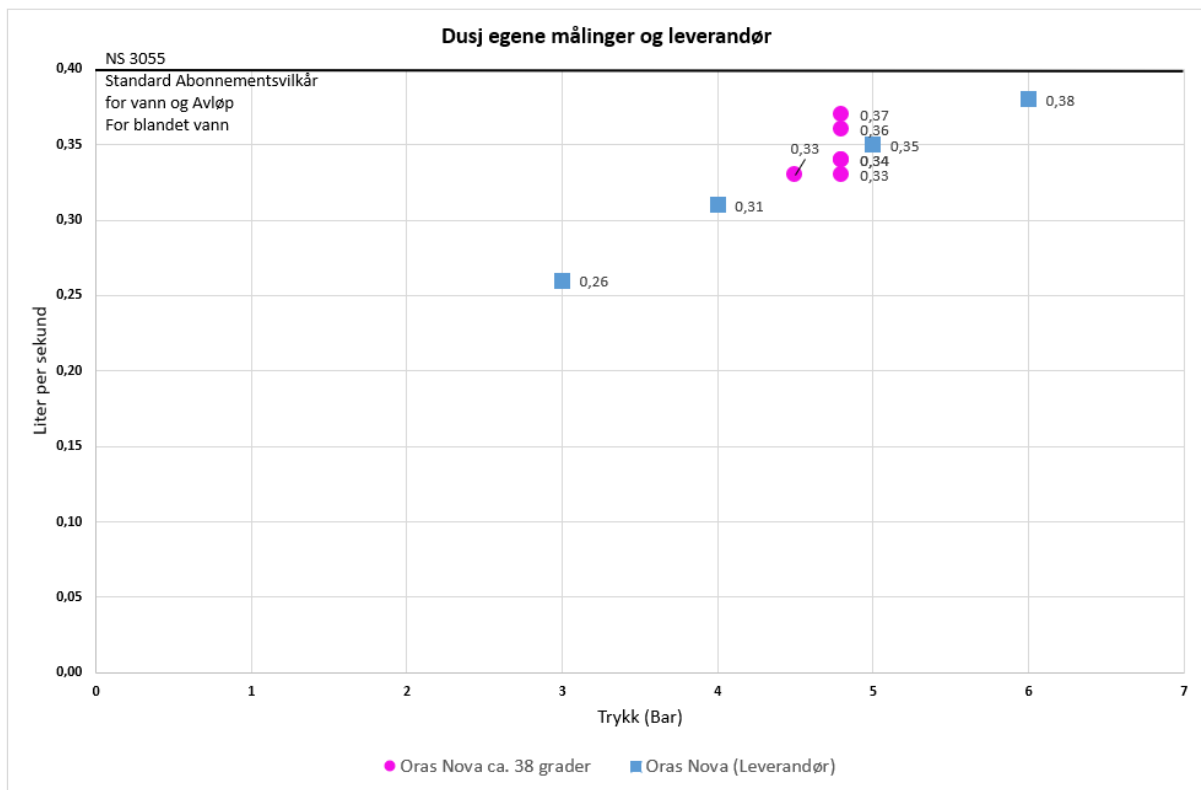
Figur 16 Maks vannmengde toalettet [3] [4] [8.3 referanse toalett].

Tabell 5 Tallverdier for figur 16

Navn på Toalett	Liter per sekund (l/s)	Trykk (bar)
IFØ Sign (stor)	0,09	4,5
	0,10	4,8
IFØ Sign (liten)	0,07	4,5
	0,10	4,8
Porsgrund Trevi Basic	0,12	5,8
	0,12	6
	0,12	5,2
	0,12	5,1
Gustavsberg Nautic 23	0,19	6,2
	0,19	6
	0,17	4,8
Gustavsberg Nautic 1522 (stor)	0,09	5,2
	0,09	5,2
	0,08	5,2
	0,08	4,2
Gustavsberg Nautic 1522 (liten)	0,08	5,2
	0,08	5,2
	0,08	5,2
	0,08	4,2

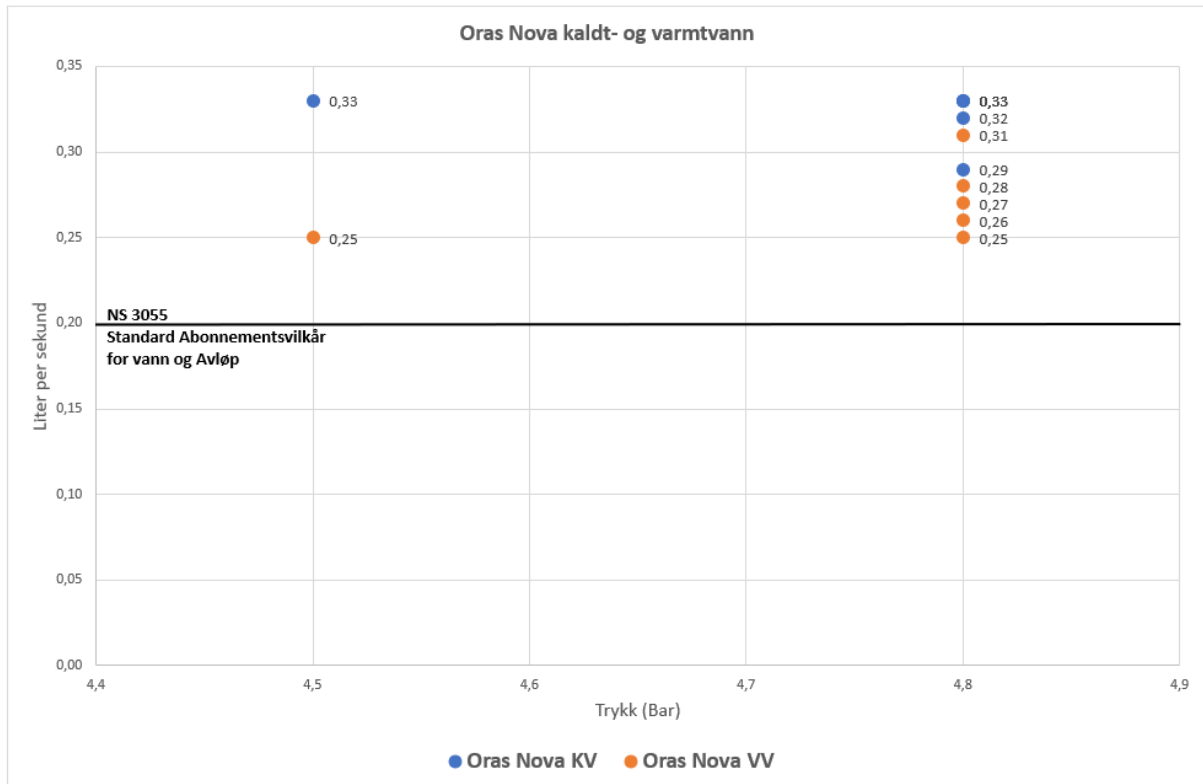
5.1.3 Dusjbatteri

Figur 17 viser dusj testet på 38 °C som markert på dusjarmaturet. Det fremgår av figur 17 at målte verdier stemmer godt med hva leverandøren oppgir. Det burde vært større utvalg av dusjer og leverandører for å få bedre data, men slik figuren fremgår ligger Oras Nova 0,05 l/s ved 5 bar under det som er oppgitt i *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp og NS 3055* [3] [4].



Figur 17 Midstilt vannmengde for dusj mot leverandørens oppgitte vannmengde [3] [4] [8.2 referanse dusjkraner].

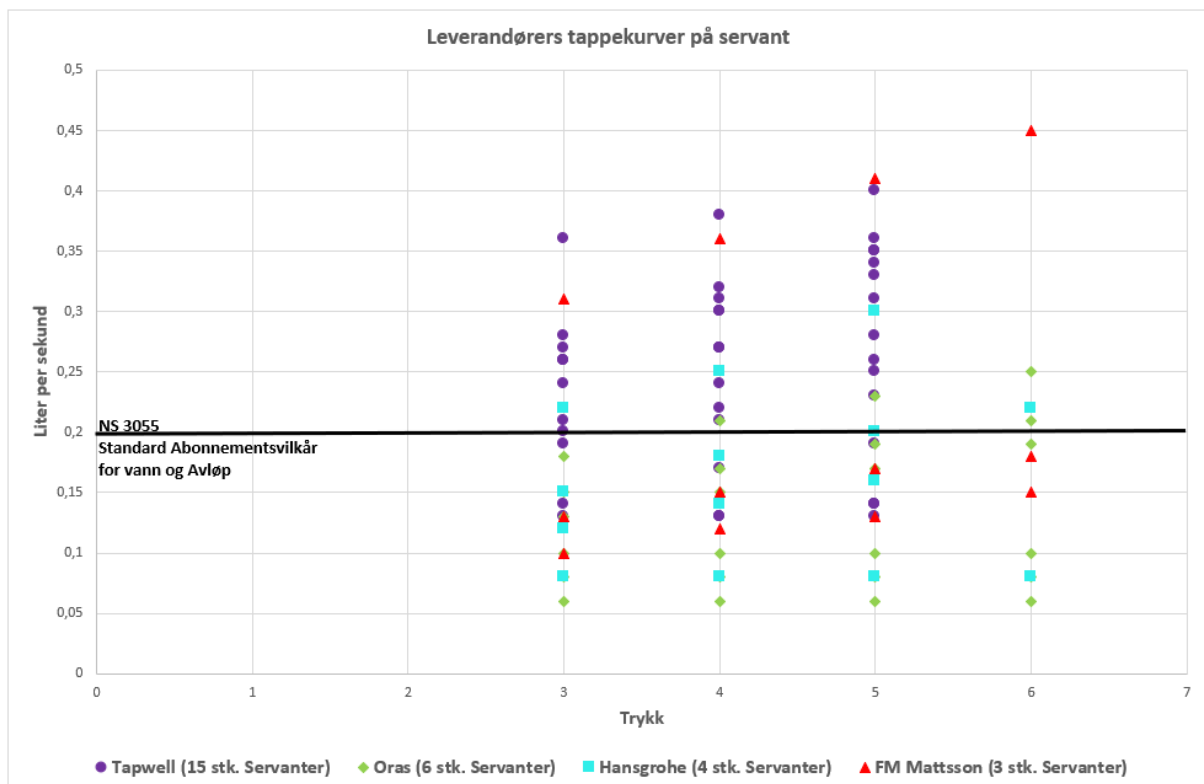
Dusj i full åpen stilling for kaldt og varmt vann. Det kan sees av figur 18 at varmtvann ligger 0,07 l/s, og kaldtvann ligger 0,12 l/s over det som er angitt i *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp og NS 3055* [3] [4].



Figur 18 Kaldt- og varmtvann for maks vannmengde på dusjarmaturer [3] [4].

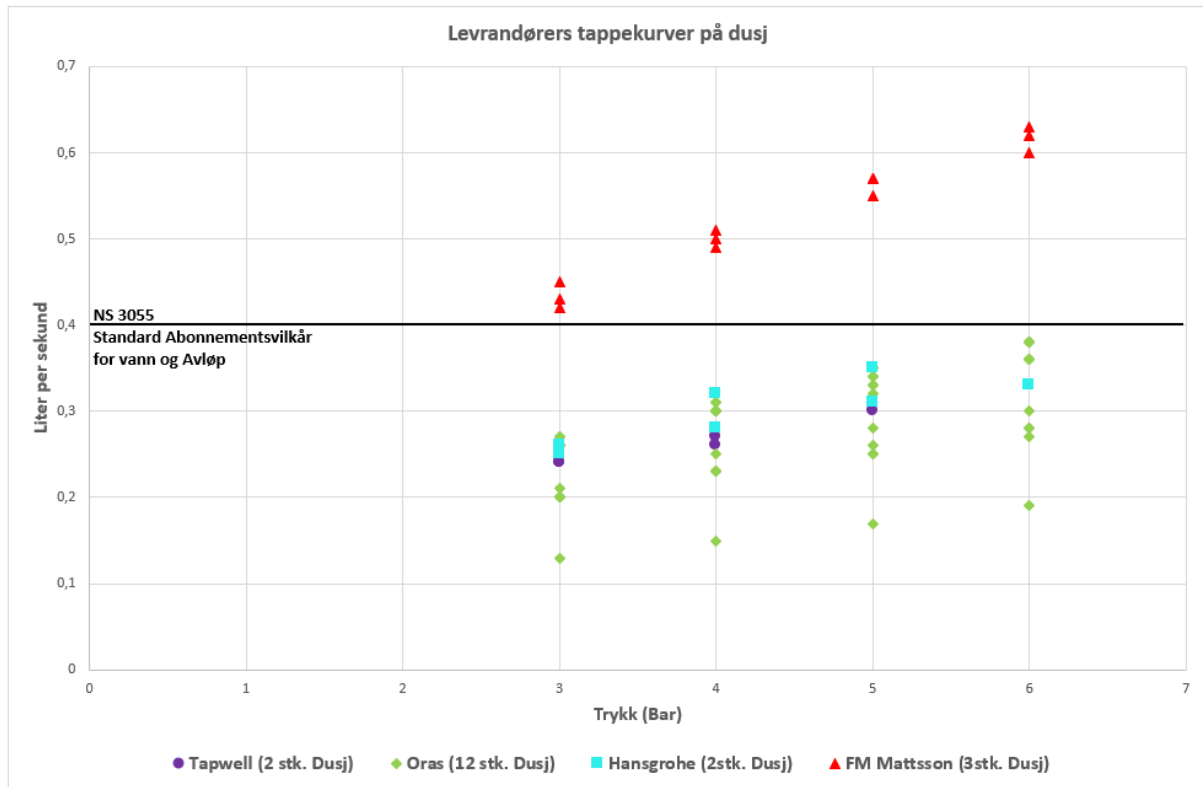
5.1.4 Leverandør av servant- og dusjbatteri

Servantbatterienes tappekurver fra leverandører der det er tatt forskjellige servantbatterier fra de forskjellige leverandørene. Servantbatteriene som er fra samme leverandør har fått samme farge og symbol. Av figur 19 fremgår det stor variasjon fra leverandør til leverandør. Det er også stor variasjon på vannmengde for servantbatteriene som kommer fra samme leverandør. Ytterpunktene er FM Mattsson Rogen med 0,45 l/s ved 6 bar og minste er Oras Saga 3904F med 0,06 l/s ved 6 bar. Den svarte linjen viser vannmengde oppgitt i *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp og NS 3055* [3] [4]. Tallverdier på hver enkelt kran med navn kan finnes i vedlegg 4. Det kan også sees hvordan et trykktapsdiagram fra en leverandør ser ut i vedlegg 6.



Figur 19 Vannmengde oppgitt av leverandør på servantkraner. Tallverdiene er hentet fra leverandørens hjemmeside [3] [4] [8.1 referanse servantkraner].

Figur 20 viser dusjbatterienes tappekurver fra leverandører. De som er fra samme leverandør har fått samme farge og symbol. Det fremgår at FM Mattsson ligger over oppgitte mengde fra *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp og NS 3055*, mens resterende leverandører ligger under. Det er også satt inn en svart linje for oppgitt vannmengde i *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp og NS 3055* [3] [4]. Tallverdier på hver enkelt kran med navn kan finnes i vedlegg 5.

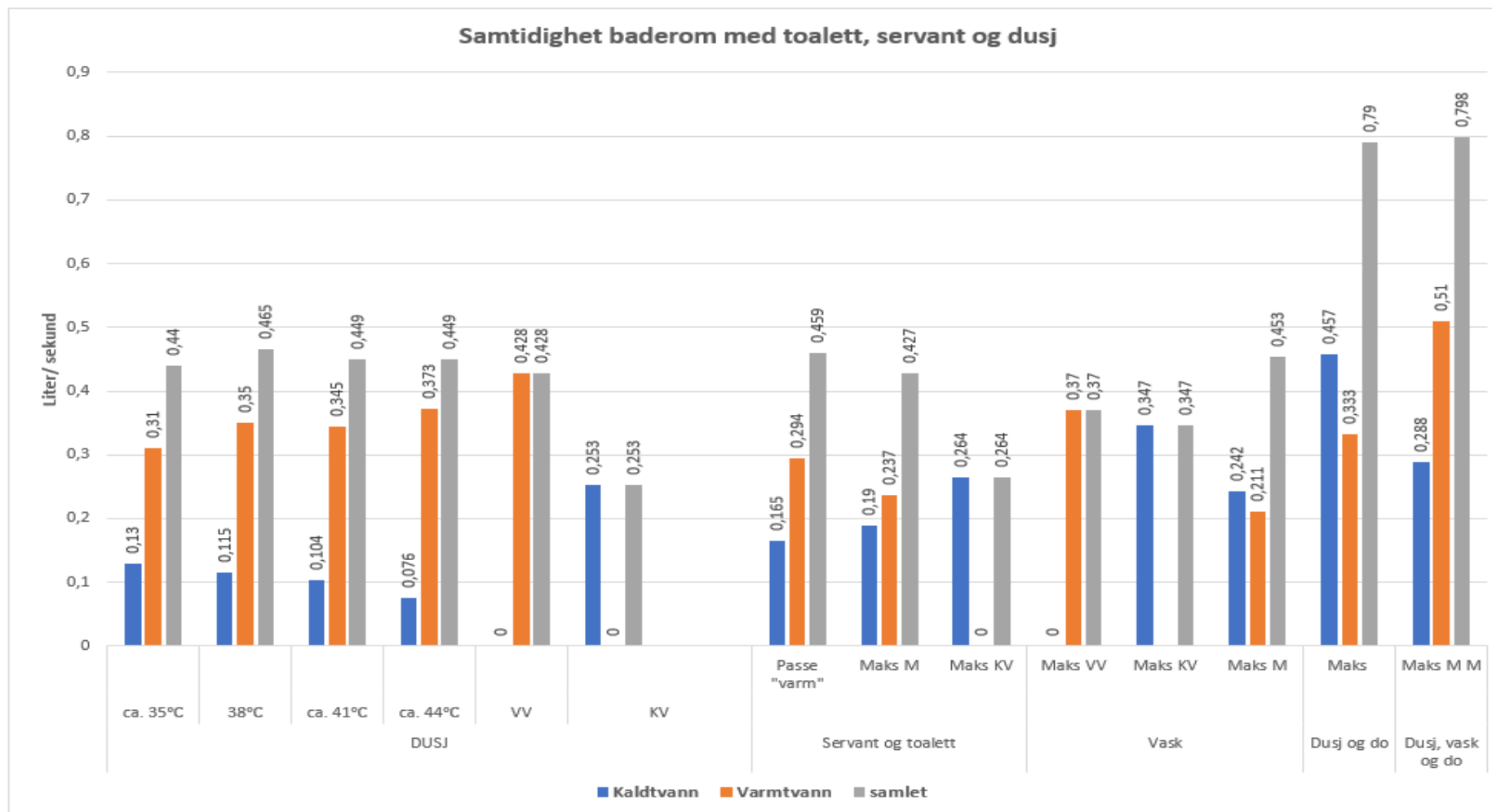


Figur 20 Vannmengde oppgitt av leverandør for dusjkraner. Tallverdiene er hentet fra leverandørenes hjemmeside [3] [4] [8.2 referanse dusjkraner].

5.2 Samtidighet

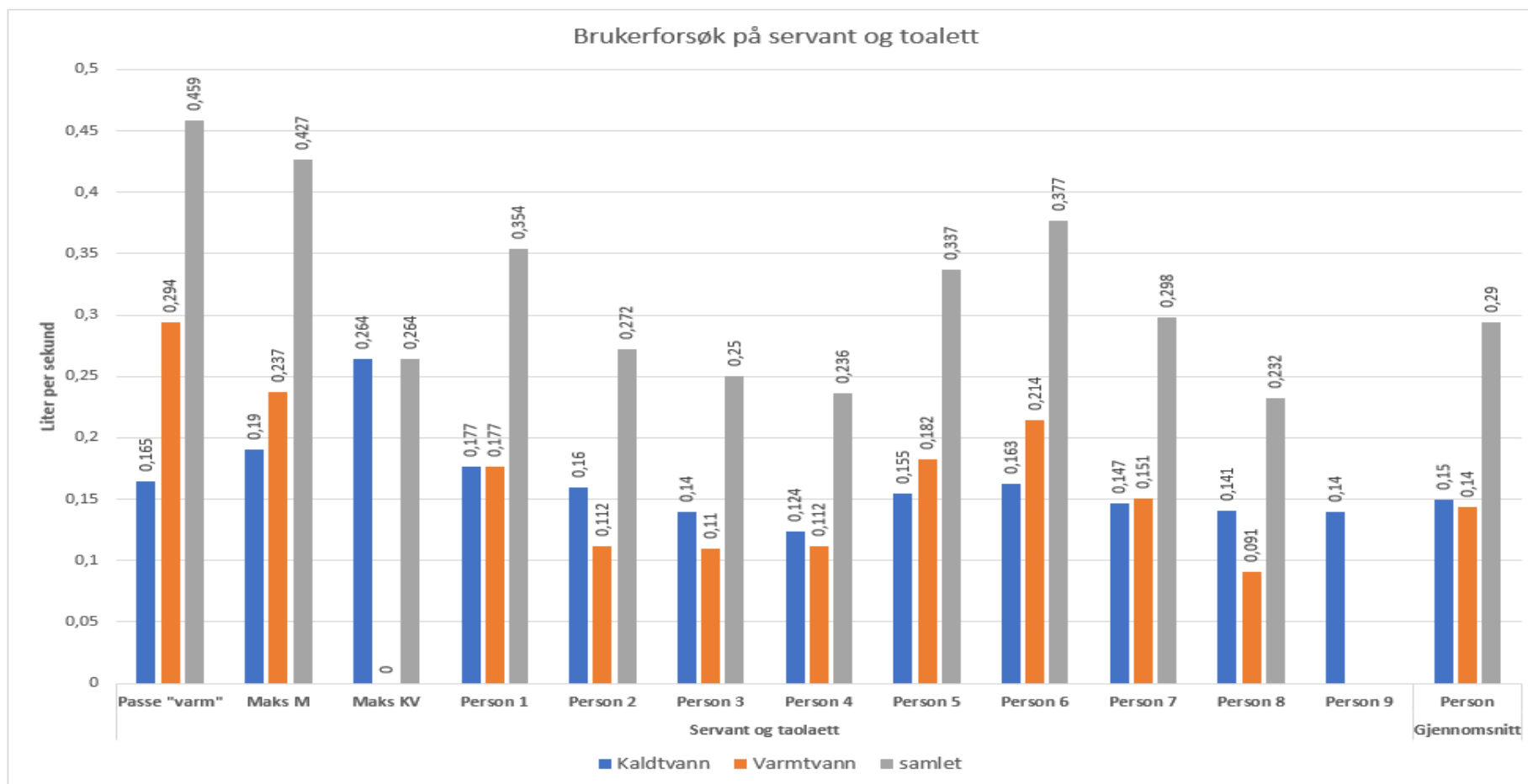
Forsøket på samtidighet ble gjort på et baderom i fjerde etasje på Bevegelsessenteret. Dette badet hadde en servant, en dusj og et vegghengt toalett med utenpåliggende cisterne. Servantbatteriet på vasken var et Oras Safira. Dusjarmaturet var av typen Oras Nova og toalettet Porsgrund Trevi Basic.

Figur 21 viser høyest samtidig vannmengde målt både på kaldt- og varmtvann i full åpen stilling for de forskjellige bruksituasjonene. «Passe varm» i grafen er midt mellom helt varm og midtstillingen på servanten. Maks M vask viser at det blir brukt 0,45 l/s samlet.



Figur 21 Samtidighet baderom med toalett, servant og dusj (egenprodusert).

Resultatene fra brukerforsøket, i tillegg til målt kaldtvann og midtstilling i full åpen stilling. Det fremgår at gjennomsnittet ved bruk av servant og toalett ble 0,15 l/s for kaldtvann og 0,14 l/s for varmtvann. Dette gir en samlet verdi på 0,29 l/s. «Passe varm» i grafen er midt mellom helt varm og midtstillingen på servanten. På testperson 9 skrudde flow-måleren seg av slik at det ikke ble noe måling på varmtvann (figur 22).



Figur 22 Brukerforsøk med toalett og håndvask med forskjellige personer (egenprodusert).

Tabell 6 viser utregnet vanntemperatur for de forskjellige personene som vasket hendene under brukersforsøket. Det ble benyttet formel 2 til å regne seg frem til temperaturene. Der gjennomsnittstemperaturen for personene var 51°C. Temperaturene i tabell 6 er beregnet med utgangspunkt i de målte verdiene på kaldt- og varmtvann før forsøket. Disse var henholdsvis 12°C og 60°C for kaldt- og varmtvann.

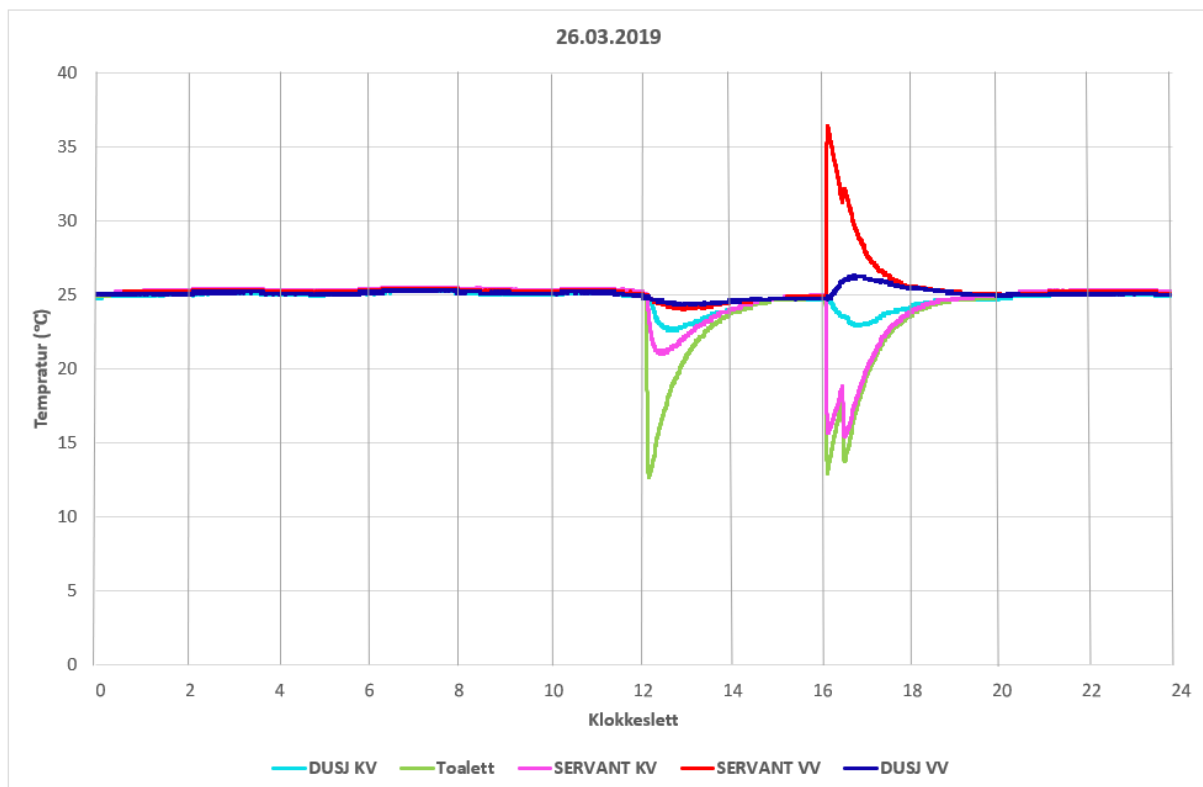
Tabell 6 Temperatur på testpersoner fra figur 22 (egenprodusert).

Testpersoner	Temperatur vann servant (°C)
Person 1	48
person 2	46
person 3	51
Person 4	56
Person 5	51
Person 6	51
Person 7	52
Person 8	49
Gjennomsnitt	51

5.3 Brukerhyppighetsforsøk

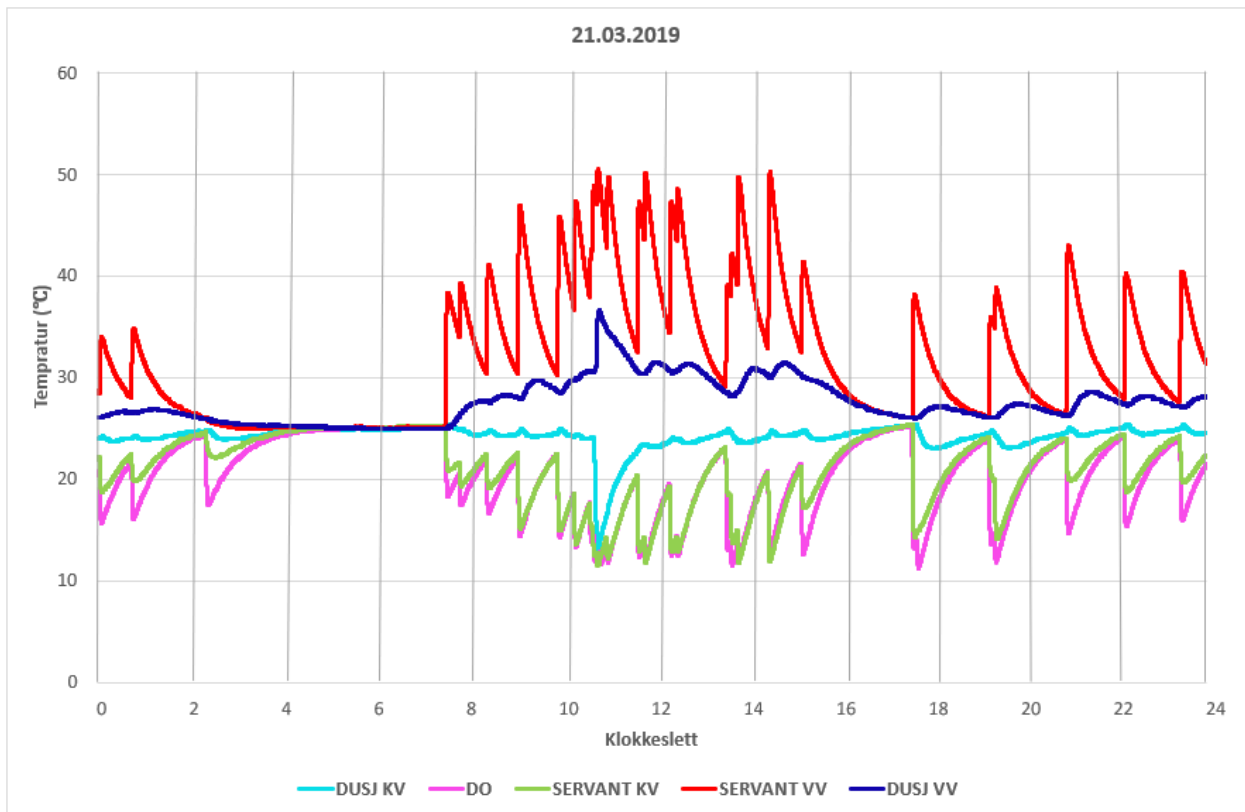
Alle dagene som ble logget ligger i vedlegg 7, men det var bare figur 23 og 24 som er blitt brukt videre i rapporten.

Figur 23 viser en dag det var lite aktivitet. Grafen viser at badet kun ble benyttet i tidsrommet 12:00 -16:00. I dette tidsrommet ble servant benyttet 2 ganger og toalett 3 ganger. De linjene som går ned viser når kaldtvann blir brukt mens de linjen som går opp viser når varmtvann er i bruk. Hver linje viser bruk av enten kaldt eller varmt vann på et utstyr.



Figur 23 Brukerhyppighet på baderom 26.03.2019 med minst aktivitet (egenprodusert).

Figur 24 viser den dagen med mest aktivitet. Grafen viser at badet ble benyttet i tidsrommene 00:00-03:00 og 07:00-24:00. I disse tidsrommene ble servanten benyttet 23 ganger, toalettet ble brukt 24 ganger og dusjen ble benyttet 1 gang. De linjene som går ned viser når kaldtvann blir brukt mens de linjene som går opp viser når varmtvann er i bruk. Hver linje viser bruk av enten kaldt eller varmt vann på et utstyr.



Figur 24 Brukerhyppighet på baderom 21.03.2019 med høyest aktivitet (egenprodusert).

6 Diskusjon

6.1 Betragtning av tappekurver

Figur 19 og 20 viser at det er store differanser i vannforbruk mellom de ulike armaturene. Vannforbruket øker med trykket for alt utstyr, utenom berøringsfrie servanter. Forskjell grunnet trykk er liten sammenlignet med differansen mellom de forskjellige armaturene. For eksempel er differansen mellom den dusjen som bruker mest og minst vann på 0,5 l/s; 1870 Oras Vega eco med 0,13 l/s (3 bar) bruker minst vann og Siljan 9000 e bruker mest med 0,63 l/s (6 bar) [8.2 referanse dusjkraner].

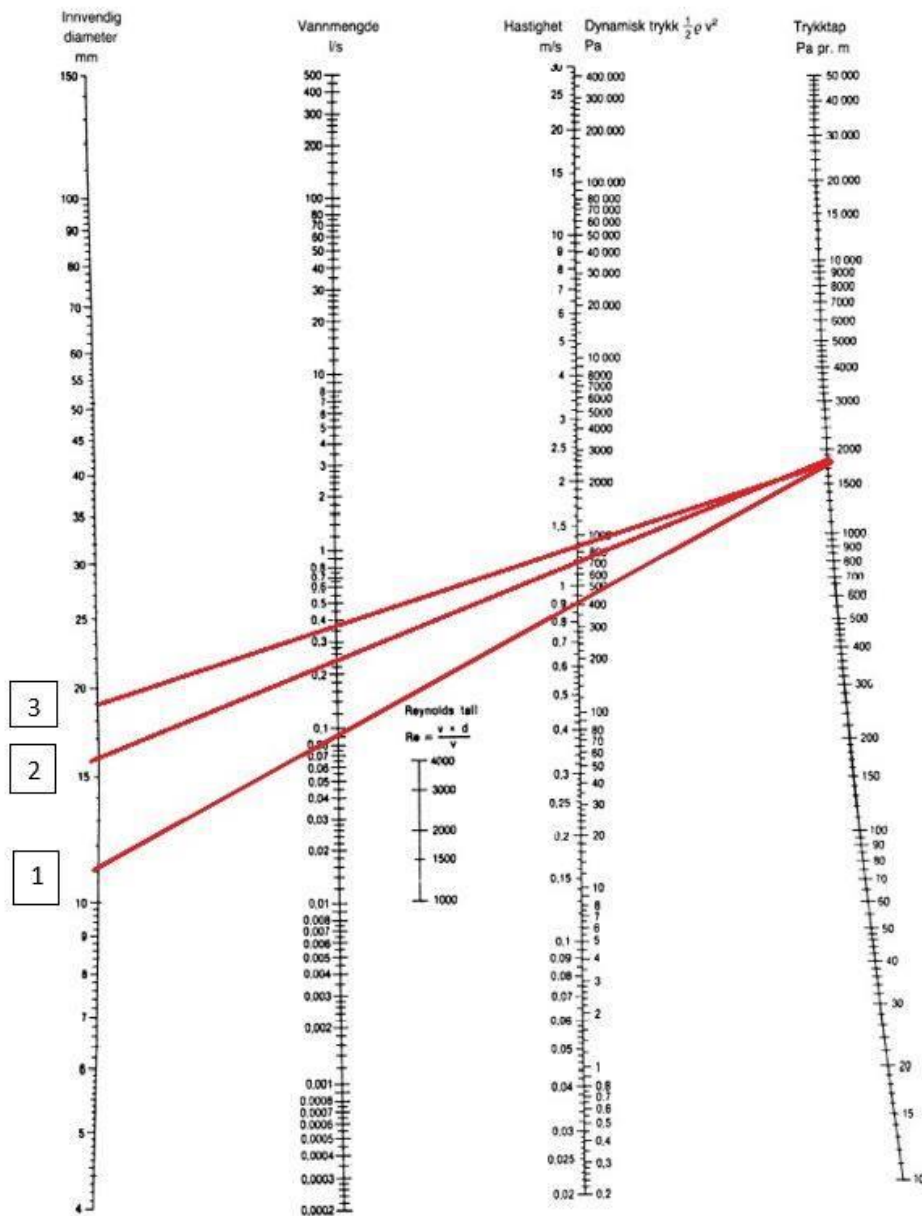
Gjennomsnittlig vannforbruk for de forskjellige produktene stemmer også godt overens med verdiene fra normalvannmengdene. Av vedlegg 4 og 5 fremgår det at gjennomsnittlig vannforbruk for servanter ved 4,5 bar er 0,22 l/s, og dusjer ved 4,5 bar er 0,33 l/s. Det gjør at normalvannmengdene kan brukes til å dimensjonere med et godt resultat i mange tilfeller, men ikke alltid.

Som nevnt bruker dusjen med høyest vannforbruk 0,63 l/s (6 bar) og den med minst 0,13 l/s (3 bar) [8.2 referanse dusjkraner]. For servanter bruker Oras Saga 3904F minst med 0,06 l/s (3 bar) og FM Mattsson Rogen mest med 0,45 l/s (6 bar) [8.1 referanse servantkraner]. Ved bruk av formel 1 ble maks samtidighet utregnet for to tilfeller hvor det ene badet har de produktene som bruker minst, og det andre badet de som bruker mest vann. Da blir samtidighet på 0,12 l/s for kaldtvann og 0,09 l/s for varmtvann for de produktene som bruker minst. For de produktene som bruker mest, blir utregnet samtidighet på 0,42 l/s for kaldtvann og 0,40 l/s for varmtvann. I begge tilfellene er det antatt et vannforbruk på 0,1 l/s kaldtvann for toalett. I tillegg til at forholdet mellom kaldt- og varmtvann er slik som i normalvannmengdene (altså 50/50) [3].

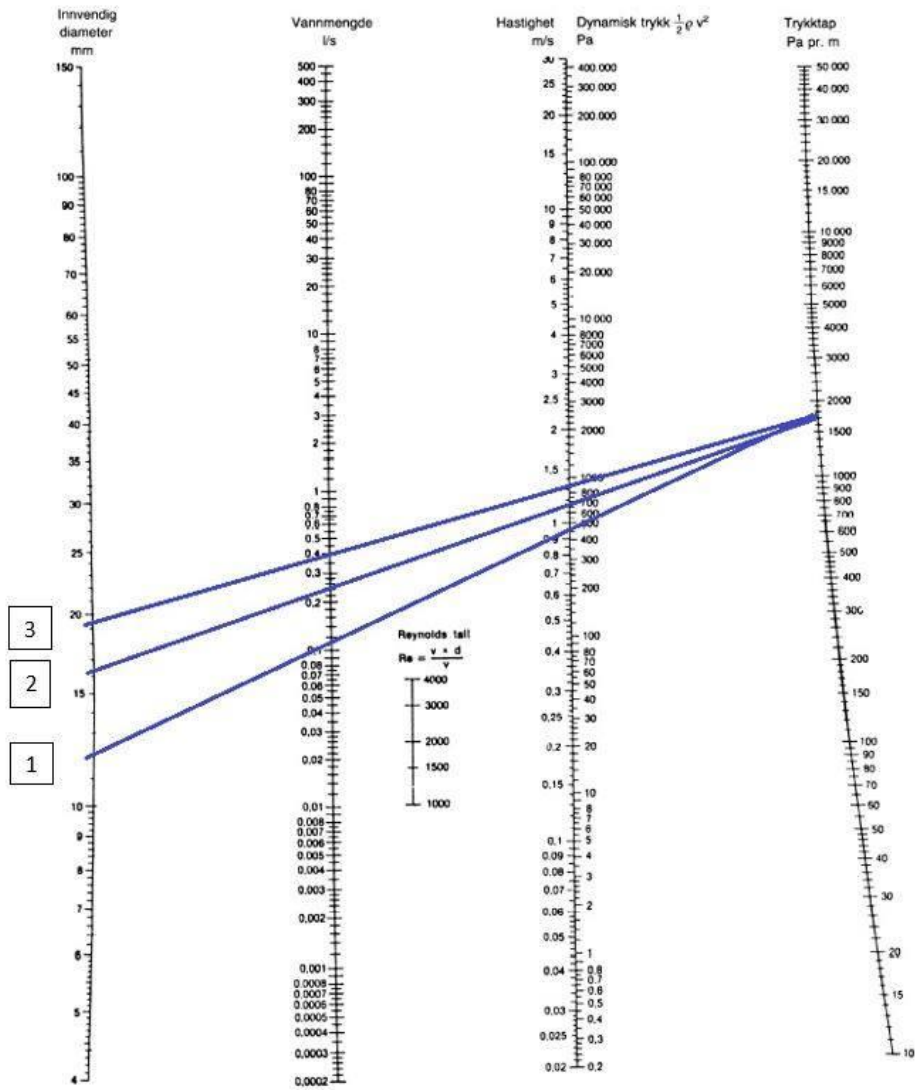
Av tabell 3 kan det sees at minste innvendig diameter for badet med lavest samtidighet var 8 millimeter for varmtvann og 10 millimeter for kaldtvann. For det baderommet med høyest samtidighet var innvendig diameter på 12,6 millimeter for varmtvann og 15,6 millimeter for kaldtvann. Det er altså to standarddimensjoner i forskjell på både kaldt- og varmtvann fra de produktene som bruker minst, til de produktene som bruker mest vann. Ved slavisk bruk av normalvannmengdene blir samtidigheten for kaldtvann på 0,27 l/s og 0,25 l/s for varmtvann [4]. Dette tilsvarer en innvendig diameter på 12,6 millimeter for både kaldt og varmt vann.

Her er det altså potensiale for feildimensjonering ved bruk av den forenklete metoden hvis det ikke tas hensyn til produktene som skal installeres.

Det samme fremgår ved bruk av trykktapsdimensjonering. Der sees det av figur 25 at ved bruk av 2 kPa/m og de utregnede vannmengdene blir det forskjellig innvendig diameter ved avlesning av nomogram. Ved innsetting av de samme maks samtidighetene blir minste innvendig diameter på varmtvann henholdsvis 12, 16 og 19 millimeter. For kaldtvann gir avlesning innvendig diameter på 13, 16 og 19 mm fra figur 26. I dette eksemplet er ikke de nøyaktige verdiene viktig, men det at det faktisk blir forskjell på de innvendige diameterne.



Figur 25 Avlesning av innvendig diameter for varmtvann ved innsetting av 2 kPa/m og maks samtidig vannmengde funnet for baderom med de produktene som brukte minst (1) og mest vann (3), samt slavisk bruk av normalvannmengdene (2). Dette nomogramet gjelder for kobberør [4].



Figur 26 Avlesning av innvendig diameter for kaldtvann ved innsetting av 2 kPa/m og maks samtidig vannmengde funnet for baderom med de produktene som brukte minst (1) og mest vann (3), samt slavisk bruk av normalvannmengdene (2). Dette nomogramet gjelder for kobberør [4].

6.2 Trykkets innvirkning på vannforbruk med hensyn på dimensjonering

I vannforbruksforsøket utført på de tre byggene viste resultatene at ved høyere trykk brukte tappevannsutstyret mer vann ved full åpen stilling. For servantene ble det målt vannforbruk helt opp til 0,4 l/s. Dette er det dobbelte av vannmengden som oppgis for servanter i normalvannmengdene i *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp* og NS 3055 [3] [4]. Vannmengden som oppgis for servanter i normalvannmengdene er 0,1 l/s kaldtvann, og 0,1 l/s varmtvann [3]. Av tappekurvene til produsentene fremgår det at gjennomsnittlig vannforbruksøkning er 0,05 l/s per 2 bar for servanter. Dermed er det potensiale for feildimensjonering hvis det ikke tas hensyn til trykket i forkant av tappepunktet. Dette vil gjelde for både den forenklete metoden og trykktapsdimensjonering, da begge metodene baserer seg på maks samtidig vannmengde.

Brukerforsøket gruppen utførte ved håndvask i servanter med 0,4 l/s viser at det er uhensiktsmessig å bruke så mye vann. Ved denne innstillingen spruter det vann utover hele rommet, og det er lite trolig at utstyret brukes ved denne innstillingen. Brukeren vil altså selv regulere vannmengden etter preferanse. Derfor vil trykk i forkant av servanten være mindre avgjørende for selve vannforbruket, gitt at den ønskede vannmengden er tilgjengelig i vasken.

I denne oppgaven er det ikke gjort forsøk av stort nok omfang til å gi sikre tall for vannforbruk i servanter, men tendensen er klar. Under brukerforsøket for maks samtidighet var det ingen av de 9 brukerne som valgte å benytte servanten i full åpen stilling. Trykket i forkant var på 4,5 bar. Maks tilgjengelig vannmengde i midtstillingen var 0,45 l/s under brukerforsøket. Servanten hadde henholdsvis 0,24 l/s kaldtvann og 0,21 l/s varmtvann tilgjengelig. Vannmengden som ble benyttet under forsøket var mellom 0,091 l/s og 0,214 l/s for varmtvann, og mellom 0,02 l/s og 0,077 l/s for kaldtvann. Brukeren med høyest totalt vannforbruk brukte 0,27 l/s tilsammen. Dette framgår av figur 21 og 22, hvor kaldtvannet er utregnet ved å trekke fra det målte vannforbruket til toalettet.

I henhold til produsentens tappekurve vil servanter av denne typen gi 0,18 l/s for midtstillingen (Oras Safira) ved 3 bar [8.1 referanse servantkraner]. Gruppen var i etterkant av forsøket i kontakt med leverandør for å identifisere servanten, og skaffe tappekurven til den. Det er en såpass vesentlig forskjell mellom målt vannmengde og oppgitt verdi fra leverandør at det trolig skyldes annet enn målefeil. Tappekurven oppgir en vannmengde på 0,22 l/s ved 4,5 bar [8.1 referanse servantkraner], mens målt mengde var 0,35 l/s i vannforbruksforsøket.

Etter samtale med leverandør konkluderte gruppen med at dette avviket kunne skyldes at perlatoren til servanten var demontert under forsøket (Snorre Westrum, Oras, e-post samtale, 7.5.2019).

Til tross for dette ble servanten målt til 0,45 l/s i brukerforsøket for full åpen midtstilling. Under brukerforsøket var perlatoren innskrudd, men målingen ble allikevel høyere enn den i vannforbruksforsøket. De store forskjellene mellom målingene og tappekurven gjør det dermed vanskelig å kommentere noe konkret om vannforbruket ved full åpen stilling. Her må det gjøres nye forsøk med perlator montert. Uavhengig av dette fremgår det av resultatene at ingen av forsøkspersonene benyttet seg av servanten i full åpen stilling. Da flow-målerne stemte godt overens med hverandre under kalibreringen er det valgt å stole på de målte vannmengdene for den enkelte bruker. Det er ved full åpen stilling at resultatene skurrer, uten at gruppen har klart å redegjøre for hvorfor på en tilfredsstillende måte.

Det gjennomsnittlige vannforbruket var 0,18 l/s for brukerne av servant. Økt trykk vil dermed ikke ha stor innvirkning på vannforbruk, da tappekurven oppgir at tilgjengelig vannmengde over 4,5 bar er 0,22- 0,25 l/s. Ved 3 bar er servanten oppgitt til å gi 0,18 l/s. Det gjennomsnittlige vannforbruket vil dermed synke ned til 0,16 l/s ved 3 bar. Utreget ved å ta utgangspunkt i at de forsøkspersonene som benyttet mer enn 0,18 l/s, benytter 0,18 l/s (hele den tilgjengelige vannmengden) når ønsket mengde ikke er tilgjengelig.

Trykket i forkant av tappepunktene vil spille en rolle for vannforbruket hvis vannmengde tilgjengelig er under gjennomsnittlig ønsket vannmengde ved lavt trykk. Av tappekurvene fremgår det at et fåtall armaturer ligger betraktelig under 0,18 l/s ved 3 bar.

For berøringsfrie servanter spiller ikke trykket noen rolle med hensyn på vannforbruk. Disse gir konstant vannmengde uavhengig av trykket i forkant av tappepunktet, både i henhold til produsentenes tappekurver og forsøk utført.

Oppgitte og målte verdier for berøringsfrie servanter er fra 0,05 l/s til 0,12 l/s [8.1 referanse servantkraner]. Det vil si mellom en fjerdedel og ca. halvparten av vannmengden oppgitt for servanter i normalvannmengdene. Slavisk bruk av normalvannmengdene ved installasjon av berøringsfrie servanter vil dermed kunne føre til overdimensjonering.

For toalettet vil derimot trykket være en større faktor for vannforbruk, da brukeren selv ikke regulerer vannmengden. Dermed vil to identiske toaletter få forskjellig vannmengde i

etterkant av nedskylling basert på trykket i forkant av tilkoblingen. Dette underbygges av resultatene fra vannforbruksforsøket. De fleste toalettene som ble målt var fra 0,07 l/s til 0,12 l/s, med en liten økning i vannforbruk ved økende trykk. Resultatene viser at økningen i vannforbruk som skyldes trykkendring vil være fra 0,01 til 0,03 l/s per bar. Denne økningen vil være neglisjerbar ved beregning av maks samtidighet.

For dusj gir økt trykk større vannmengde, men i denne oppgaven er det ikke gjort brukersøk på vannforbruk i dusj. Det er dermed valgt å se på dusj ved full åpen stilling. I vannforbruksforsøket var det kun mulig å måle vannforbruk på dusj i én etasje. Dermed ble det kun målt vannforbruk for dusjer med 4,8 bars trykk.

Av produsentenes tappekurver fremgår det at den gjennomsnittlige dusjen bruker 0,34 l/s - 0,38 l/s med 4-5 bar trykk tilgjengelig [8.2 referanse dusjkraner]. Dette stemmer godt overens med verdien på 0,4 l/s som er oppgitt i normalvannmengdene [3], samt målingene gjennomført i vannforbruksforsøket hvor vannforbruket lå mellom 0,331 l/s og 0,357 l/s. Det bør bemerkes at det er store forskjeller på de enkelte produktene. Variansen mellom de forskjellige dusjene i henhold til produsentenes tappekurver ved 5 bar ligger på 0,4 l/s. For å få nøyaktig dimensjonering vil det dermed være kritisk å innhente informasjon om produktene som skal installeres.

6.3 Maks samtidighet baderom

Maks samtidighet for et baderom med toalett og servant utregnet ved bruk av formel 1 og normalvannmengdene til å være 0,26 l/s [3]. På baderommet som ble tildelt var det en Oras Safira (servantbatteri) som er oppgitt til 0,22 l/s ved 4,5 bars trykk [8.1 referanse seervantkraner]. Utregning med denne verdien og 0,115 l/s målt for toalettet, gir en maks samtidig vannmengde på 0,28 l/s. Servanten på baderommet ble målt til 0,35 l/s i midtstillingen i full åpen stilling. Som nevnt ble det store avviket mellom verdien oppgitt av leverandør og den målte vannmengden undersøkt, uten å finne en tilfredsstillende forklaring.

Ved forsøket gjort for servant i full åpen midtstilling i etterkant av toalettbruk ble det målt en maks samtidig vannmengde på 0,43 l/s. Det var altså stor forskjell på den målte verdien, og den utregnede verdien ved bruk av normalvannmengdene. Ved bruk av de målte vannmengdene ble utregnet samtidighet 0,40 l/s. Forsøksresultatene indikerer altså at formelen for maks samtidighet samsvarer godt med den målte samtidigheten. Dermed blir det korrekt utregnet samtidighet for baderom, men det betinger riktige inngangsverdier.

Målingene som ble foretatt på personell og pasienter ved St. Olavs viser at den maksimale oppnåelig vannmengden ikke har stor betydning for vannforbruket. Den gjennomsnittlige vannmengden ved bruk av servant og toalett under forsøket var 0,29 l/s, da den gjennomsnittlige brukeren ikke benyttet seg av servanten i full åpen stilling. Den totale vannmengden brukt avviker dermed kun 0,03 l/s fra den beregnede mengden ved bruk av normalvannmengdene. Til tross for dette benyttet 3 av 8 brukere seg av vannmengder på henholdsvis 0,377 l/s, 0,354 l/s og 0,337 l/s. Disse verdiene er betraktelig over maks samtidighet med utgangspunkt i normalvannmengdene. I dette tilfellet er det utfordrende å trekke en bastant slutning fra de gjennomførte forsøkene, da antall brukere burde vært høyere for et bedre beregningsgrunnlag.

Ved å gi et toalettrom med servant og toalett en samlet normalvannmengde på 0,29 l/s, blir utregnet maks samtidig vannmengde på 0,39 l/s for to toalettrom. Da de brukerne som brukte mest vann brukte 0,337 - 0,377 l/s, kan utregnet maks samtidig vannmengde bli noe lite. Ved en utregning med få baderom bør det derfor tas hensyn til de som bruker mest vann. Ved utregninger for flere rom er det bedre å benytte den gjennomsnittlige verdien.

Som nevnt er ikke det utførte forsøket beskrevet i denne rapporten av stort nok omfang til å kunne med sikkerhet tallfeste gjennomsnittlig vannforbruk. Uavhengig av dette vil det være gunstig å ha tall på gjennomsnittlig ønsket vannmengde for å kunne dimensjonere mest mulig korrekt. Denne verdien kunne fungert som en slags normalvannmengde for et toalettrom. For større bygg med mange toalettrom hvor det er rimelig å anta tilfeldig bruk av utstyr, kan denne verdien benyttes som en normalvannmengdeverdi.

Et annet interessant funn fra brukersforsøket var den store forskjellen på mengden varmt- og kaldtvann brukt. I normalvannmengdene er en servant oppgitt til å bruke 0,1 l/s for kaldtvann og 0,1 l/s for varmtvann [3]. Resultatene viser derimot at det ble brukt mer varmt enn kaldt vann. Den største mengden varmtvann benyttet var 0,214 l/s, mens brukeren som brukte mest kaldtvann kun benyttet 0,06 l/s.

Forholdet mellom kaldt- og varmtvann avhenger av temperaturen brukeren ønsker. Under forsøket hadde servantens kaldt- og varmtvann henholdsvis temperaturene 12 og 60 °C. Det kan sees av resultatene at gjennomsnittlig ønsket temperatur var 51 °C, og varierte mellom 46-56 °C. Forsøket ble utført i perioden 18.03.2019 til 25.03.2019 og ved kaldere utetemperaturer ville kaldtvannet hatt lavere temperatur og dermed må det brukes enda mer varmtvann for å oppnå ønsket temperatur.

Ved dimensjonering vil det dermed være gunstig å ha kjennskap til tur-temperaturen til varmt- og kaldtvann, da de som benytter seg av utstyret vil regulere vannet til ønsket temperatur. Med kjennskap til dette kan vannforbruk bestemmes på henholdsvis kaldt- og varmtvann ut fra forholdet mellom temperaturene. Det samme forholdet vil også gjenspeiles i vannforbruket for dusj.

Ved bruk av toalett kan det antas at brukeren vasker hendene i etterkant av toalettbesøket. Dette underbygges av resultatene i brukerhyppighetsforsøket, hvor det kun er et fåtall tilfeller av toalettbruk uten håndvask.

Fra personell på St. Olavs ble gruppen fortalt at disse tilfellene trolig skyldtes at pasienten ikke var i stand til å komme seg ut av sengen. Dermed ble urin og ekskrementer fraktet til toalettet av personell ved St. Olavs. Pasientene benyttet istedenfor våtservietter som erstatning for håndvask.

Tilfellene hvor maks samtidighet inntreffer er når alle pasientene er i stand til å benytte baderommet på vanlig vis. Det er dermed naturlig å se på disse to apparatene som ett utstyr ved en maks samtidighets beregning. Ved samme logikk kan det antas at dusj, servant og toalett ikke benyttes samtidig. Brukerhyppighetsforsøket viser at dusj og toalett ble benyttet samtidig kun én gang på 10 dager, mens samtlige utstyr aldri var i bruk samtidig. Dette betyr at det er kun nødvendig å ta hensyn til det som bruker mest vann av enten dusj eller servant og toalett.

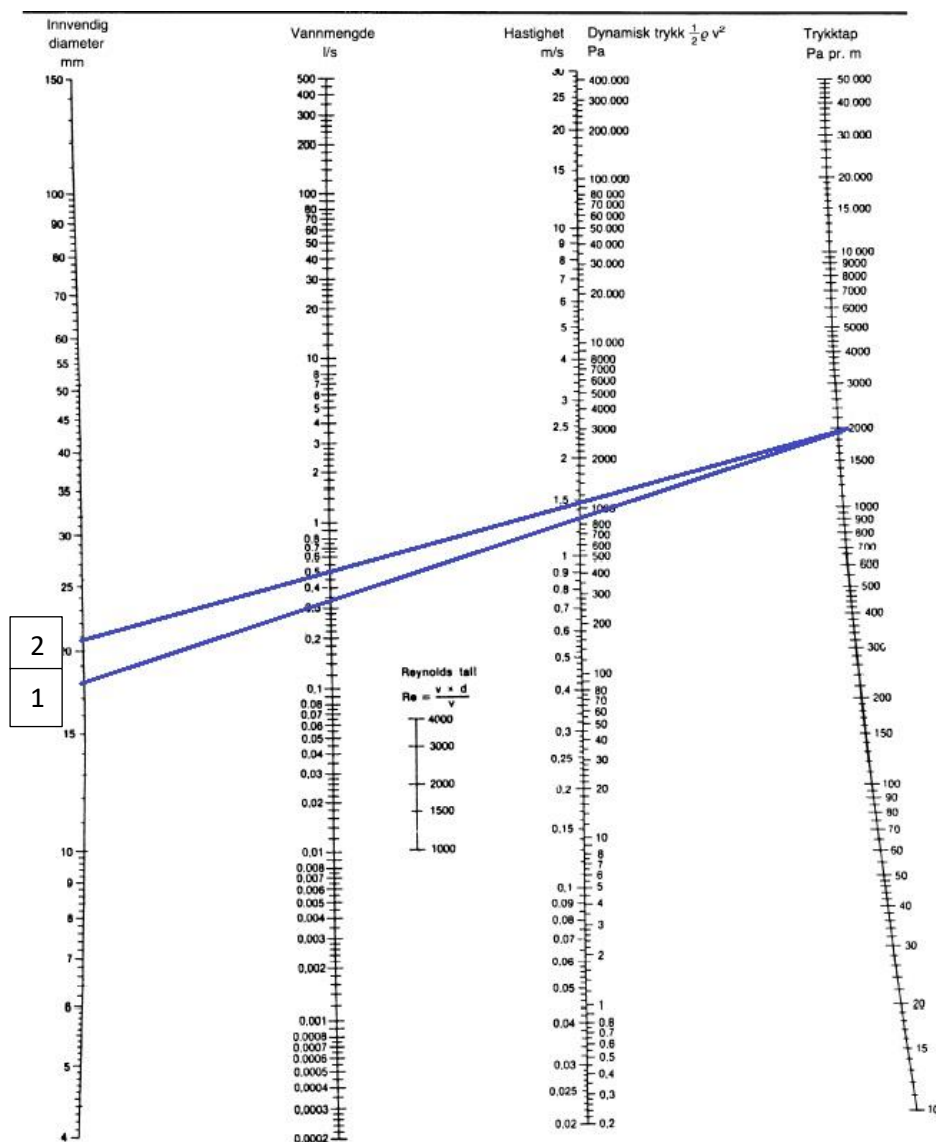
I 4. etasje på Bevegelsessenteret, hvor målinger for samtidighet og bruksmønster ble gjennomført, befant det seg tolv identiske baderom som var fordelt på to fordelingsledninger. Samtlige har et toalett, en servant og en dusj. Ved utregning basert på normalvannmengdene og tilfeldig bruk blir maks samtidig vannmengde 0,49 l/s for kaldtvann og 0,44 l/s for varmtvann utregnet for 6 av 12 baderom [3].

Regnes det med den brukssituasjonen som bruker mest vann, er det dusj som benytter mest varmtvann med et vannforbruk på 0,243 l/s. Da utregnet med 0,33 l/s avlest for 4,5 bar fra tappekurven til Oras Nova [8.2 referanse dusjkraner], en ønsket temperatur på 45 °C og antatt kaldt- og varmtvann på henholdsvis 4 og 60°C(vedlegg 3). Dette gir en maks samtidighet på 0,448 l/s. For kaldtvann fremgår det av brukerforsøket at høyeste forbruk er når servant og toalett brukes. Benyttelse av den høyest målte kaldtvannverdien i brukerforsøket (0,177 l/s) gir maks samtidighet på 0,35 l/s kaldtvann. Gruppen velger å sette inn den høyeste målte verdien for brukssituasjon 1 på grunn av lite utvalg i forsøket. Bruk av det gjennomsnittlige tallet funnet i forsøket ville ført til en enda mindre samtidighet på kaldtvann. Hensikten er å

viser at ved å betrakte det høyeste tallet får man allikevel en mindre mengde enn ved bruk av normalvannmengdene.

I dette tilfellet er det kun avvik i vannmengden for kaldtvann. Differansen utgjør en dimensjonsstørrelse ved benyttelse av den forenklete metoden. Fra 18 millimeter for 0,49 l/s, ned til 15 millimeter for 0,35 l/s (tabell 3).

Det samme går igjen ved trykktapsdimensjonering. Ved bruk av 2 kPa/m som ønsket trykktap kan det sees av figur 27 at nødvendig innvendig diameter blir på ca. 21 og 18 mm for kaldtvann.



Figur 27 Avlesning av innvendig diameter for kaldtvann ved innsettning av 2 kPa/m og maks samtidig vannmengde funnet ved hjelp av normalvannmengdene (2) og den alternative metoden (1). Dette nomogramet gjelder for kobberør [4].

Resultatet fra regneeksemplet over er på ingen måte direkte overførbart til andre situasjoner, men kun ment å illustrere mulige forskjeller i utregnet maks samtidig vannmengde. Ved bruk av tappekurver og verdier på tur-temperaturer for kaldt- og varmtvann, og ved å kun se på den brukssituasjonen som benytter mest vann, vil det i noen tilfeller bli et stort nok avvik fra normalvannmengdene til at dimensjonen endres. Som på kaldtvann i eksemplet over. Å dimensjonere på denne måten krever sikrere tall på gjennomsnittlig ønsket vannmengde og temperatur i servant og dusj enn det gruppen har oppnådd i det gjennomførte forsøket.

6.4 Gjennomsnittlig vannforbruk per sengeplass

Gjennomsnittlig vannforbruk per sengeplass på sykehus er oppgitt til 650 l/døgn i *Rørhåndboka Fagdel 2019*. [7, s. 27] I 4. etasje på Bevegelsessenteret hvor brukerhyppighetsforsøket er utført, er hvert bad tilknyttet to sengeplasser, altså er forventet gjennomsnittlig vannforbruk på disse baderommene 1300 l/døgn. Av personell på St. Olavs ble det opplyst at rommet valgt ut for brukerhyppighetsforsøket var det rommet med desidert høyest vannforbruk. Dette til tross for at det kun er tilknyttet ett soverom, var det også tilknyttet et medikamentrom som førte til hyppig bruk av badet. Dermed ble det tillatt i dette forsøket å se vannforbruket opp mot gjennomsnittlig forbruk for to sengeplasser. Den dagen rommet var mest brukt viser figur 24 at toalettet ble brukt 24 ganger. Det ble dusjet én gang og servanten ble benyttet 23 ganger

I følge Dalseg tar det 40 sekunder å utføre en tilfredsstillende håndvask [15]. Ved å benytte gjennomsnittlig vannforbruk i servant fra brukersforsøket blir utregnet vannforbruk 7,2 L per håndvask. Det totale vannforbruket ble utregnet med utgangspunkt i gjennomsnittlig vannforbruk fra brukersforsøket på 0,18 l/s, og gange det opp med 40 sekunder. Hvert toalettbesøk tilsvarte 6,0 L. Dermed tilsvarete hvert av de 24 toalettbesøkene et vannforbruk på 13,2L hver. Altså tilsvarte dette et vannforbruk på 316,8 L totalt for den 21. mars 2019. I tillegg til dette kommer vannforbruk for dusjen, den ble benyttet en gang. For å samsvare med forventet mengde i henhold til *Rørhåndbok Fagdel-2019* skulle det altså benyttes 983,2 L i dusjen [7].

I vannforbruksforsøket er dusjene installert i 4. etasje målt til å være 0,33-0,36 l/s. Om det regnes med den høyest målte verdien kan det altså dusjes i 45 minutter og 30 sekunder før forventet vannmengde i henhold til *Rørhåndboka* er oppnådd.

Det var flere dager i perioden hvor målingene viste at det var betraktelig mindre vann som ble brukt. Av figur 23 for 26. mars 2019 fremgår det at bruken var vesentlig mindre. Toalettet ble brukt 3 ganger og servanten to ganger. Altså ble det kun benyttet 32,4 L for toalett og servant. Det kan dermed antas at vannforbruket ikke samsvarer med verdien oppgitt i *Røhåndboka* for gjennomsnittlig vannforbruk per sengeplass. Av det gjennomførte forsøket samsvarer ikke den oppgitte verdien med det reelle vannforbruket i 4. etasje på Bevegelsessenteret [7].

6.5 Revit

BIM-modellering blir stadig mer brukt i byggebransjen. MagiCAD for Revit er et program som brukes til å både tegne og dimensjonere tappevann. Ved bruk av funksjonen «domestic water sizing» kan et tappevannsannlegg dimensjoneres automatisk. Dette gjøres ved å fortelle programmet vannmengdene for de enkelte produktene. «Domestic water sizing» benytter seg så av et ønsket trykktap til å dimensjonere anlegget. Dermed vil det bli tilsvarende feildimensjonering i MagiCAD for Revit som ved bruk av trykktapsmetoden når normalvannmengdene brukes slavisk [16].

7 Konklusjon

Normalvannmengdene oppgitt i *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp* og *NS3055* er fortsatt relevante i 2019, men må ansees som forhåndstall som kan gi et godt utgangspunkt for en maks samtidighetsberegning. I rapporten fremgår det at slavisk bruk av normalvannmengdene kan føre til feildimensjonering. Det vil alltid gi mer presise resultater å benytte produsentenes verdier oppgitt i tappekurvene.

For servanter har resultatene fra forsøkene vist at det ikke er den maksimale vannmengden en servant gir som definerer vannforbruket, men den vannmengden brukeren selv ønsker. Så lenge den ønskede vannmengden er tilgjengelig i servanten vil ikke vannforbruket øke over denne verdien. Dermed spiller trykket i forkant av servantene en mindre rolle for vannforbruket. I de fleste tilfeller er det derfor ikke nødvendig å ta hensyn til trykket i forkant av servantene for en maks samtidighetsberegning.

For toalett viser målingene utført at det økte vannforbruket ved trykkøkning er neglisjerbar for maks samtidighetsberegninger. Derimot er økningen i vannmengde for dusj stor nok til at den bør tas hensyn til ved dimensjonering.

Et annet interessant funn i brukersforsøket var at forholdet mellom kaldt- og varmtvann benyttet i servanter avviker fra verdiene oppgitt i normalvannmengdene. Forholdet mellom kaldt- og varmtvann vil variere ut fra tur-temperaturene i fordelingsledningene.

I rapporten er også maks samtidighet for baderom målt og beregnet. For dimensjonering av fordelingsledninger tilknyttet slike rom vil det være mer nøyaktig å dimensjonere basert på den brukssituasjonen som benytter mest kaldt- og varmtvann, da dette bedre vil representere det reelle forbruket i motsetning til slavisk bruk av normalvannmengdene.

7.1 Veien videre

Konklusjonen i denne rapporten bør i ettertid utfordres. Forsøket utført på personell og pasienter på St. Olavs hadde for lite utvalg til å gi sikre tall på gjennomsnittlig vannforbruk i servanter. Det ville vært interessant å utføre et større forsøk med mange flere brukere for å oppnå sikre tall på gjennomsnittlig vannforbruk og ønsket temperatur. Disse verdiene vil kunne være til stor hjelp for bestemmelse av maks samtidig vannmengde og danne et bedre grunnlag for fremtidig tappevannsdimensjonering. I tillegg til å være et godt verktøy for å estimere forholdet mellom kaldt- og varmtvann.

Tilsvarende brukerforsøk ville vært interessant for dusj. Selv om gruppen tror at det er mindre variasjoner mellom personer på dusj. Denne oppfatningen bør undersøkes nærmere, da det av produktene undersøkt var dusjen som hadde størst økning av vannforbruk ved økende trykk.

Vannforbruksforsøket i denne oppgaven hadde en svakhet da perlatoren var demontert under målingene. Hvis vannforbruksforsøket hadde blitt utført med perlator innskrudd, ville resultatene bedre reflektert den reelle maksimale tilgjengelige vannmengden ved full åpen stilling.

For brukerhyppighetsforsøket er det også ønskelig å få flere målinger over en lengre tidsperiode. Ut fra resultatene i denne rapporten kan det virke som at dusj og toalett svært sjeldent brukes rett etter hverandre, men for å kunne si dette med større sikkerhet bør det gjennomføres flere målinger.

I denne rapporten er det gjennomført målinger for maks samtidig vannmengde på baderom, med hensikt å undersøke utregningsmetoden opp mot målte verdier. Formelen har stemt godt overens for et enkeltstående baderom. Det ville vært interessant å måle maks samtidig vannmengde for en hel etasje og sjekket denne verdien opp mot utregnet verdi gitt av formelen for maks samtidighet i *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp* og *NS 3055* [3] [4].

8 Referanser

- [1] Den nordiske komitè for bygningsbestemmelser. Underlag för utarbetande av vattenregulativ. NKB-skrift nr. 12. NKB. 1969
- [2] Kommuneforlaget AS. Administrative Bestemmelser Standard abonnementsvilkår for vann og avløp. 2. utg. Oslo: Kommuneforlaget AS; 2017
- [3] Kommuneforlaget AS. Tekniske Bestemmelser Standard abonnementsvilkår for vann og avløp. 2. utg. Oslo: Kommuneforlaget AS; 2017
- [4] Norsk Standard. NS 3055. Dimensjonering av ledninger for vann- og avløpsanlegg i bygninger [internett]. Oslo: NS; 1989 [hentet 14. mars 2019]. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=133346>
- [5] SINTEF. Byggforskserien standard nr. 553.116. *Dimensjonering av rør for tappevann i bygninger*. SINTEF; 2017 [hentet 14. mars 2019]. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/547/dimensjonering_av_roer_for_tappevann_i_bygninger
- [6] Cengel YA, Boles MA. Energy, energy transfer, and general energy analysis. I: Cengel YA, Boles MA, red. Thermodynamics an engineering approach, seventh edition. New York: McGraw-Hill; 2011. s. 51-111
- [7] Teksle B, Kronstad BØ, Andersen M, Larmerud O, Holmskog S, Jansen S. Rørhåndboka Fagdel-2019. Oslo: VVS Foreningen/Skarland Press AS; 2018
- [8] Tapwell [Internett]. [hentet 21. januar 2019]. Tilgjengelig fra: <https://www.tapwell.no/>
- [9] Oras [Internett]. [hentet 22. januar 2019]. Tilgjengelig fra: <https://www.oras.com/no/produkter/produkt-kategorier/>
- [10] Hansgrohe [Internett]. [hentet 21. januar 2019]. Tilgjengelig fra: <http://www.hansgrohe.no/>
- [11] Gustavsberg [Internett]. [hentet 21. januar 2019]. Tilgjengelig fra: <https://www.gustavsberg.com/no/>

[12] FM Mattsson [Internett]. [hentet 22. januar 2019]. Tilgjengelig fra:

<https://www.fmmattsson.com/no/vare-produkter/>

[13] IFØ Geberit group [Internett]. [hentet 18. mars 2019]. Tilgjengelig fra:

<https://www.ifosanitar.no/>

[14] Porsgrund Geberit group [Internett]. [hentet 18. mars 2019]. Tilgjengelig fra:

<https://www.porsgrundbad.no/>

[15] Dalseg E. Slik vasker du hendene [Internett]. Oslo: DinSide; 2013 [20. desember 2016; 10. mars 2019]. Tilgjengelig fra: [https://www.dinside.no/bolig/slik-vasker-du-](https://www.dinside.no/bolig/slik-vasker-du-hendene/61304733)

[hendene/61304733](https://www.dinside.no/bolig/slik-vasker-du-hendene/61304733)

[16] 3.11 Sizing of water systems [Internett]. Progman Ltd; 2016 [23. mars 2019]. Tilgjengelig fra: [https://help.magicad.com/mcrev/2016.11-UR-](https://help.magicad.com/mcrev/2016.11-UR-1/EN/3_11_sizing_of_water_systems.html?ms=AwEBAAAAAAAAgQAoC&st=MA%3D%3D&sct=NzY%3D&mw=MjQw)

[1/EN/3_11_sizing_of_water_systems.html?ms=AwEBAAAAAAAAgQAoC&st=MA%3D%3D&sct=NzY%3D&mw=MjQw](https://help.magicad.com/mcrev/2016.11-UR-1/EN/3_11_sizing_of_water_systems.html?ms=AwEBAAAAAAAAgQAoC&st=MA%3D%3D&sct=NzY%3D&mw=MjQw)

8.1 Referanse Servantkraner

Navn på leverandør	Navn servantbatteriet	andre detaljer	URL Link/ kontaktperson firma	Dato informasjon var hentet
Tapwell	EVO 071		Ingard B. Bjerke, Tapwell (e-post)	21.01.2019
	EVO070		Ingard B. Bjerke, Tapwell (e-post)	21.01.2019
	EVO080		Ingard B. Bjerke, Tapwell (e-post)	21.01.2019
	LES 081		Ingard B. Bjerke, Tapwell (e-post)	21.01.2019
	LEA 878		Ingard B. Bjerke, Tapwell (e-post)	21.01.2019
	VLV 065		Ingard B. Bjerke, Tapwell (e-post)	21.01.2019
	MI 071	KROM	Ingard B. Bjerke, Tapwell (e-post)	21.01.2019
	ELY 071	KROM	Ingard B. Bjerke, Tapwell (e-post)	21.01.2019
	BR 071	KROM	Ingard B. Bjerke, Tapwell (e-post)	21.01.2019
	DOM 071		Ingard B. Bjerke, Tapwell (e-post)	21.01.2019
	DOM 186		Ingard B. Bjerke, Tapwell (e-post)	21.01.2019
	SK 075	KROM	Ingard B. Bjerke, Tapwell (e-post)	21.01.2019
	BOX 006		Ingard B. Bjerke, Tapwell (e-post)	21.01.2019
	RIN 081		Ingard B. Bjerke, Tapwell (e-post)	21.01.2019
	RIN 071		Ingard B. Bjerke, Tapwell (e-post)	21.01.2019
Oras	Optima 2210F		https://www.oras.com/datasheet/2710F/no	22.01.2019
	Optima 1714F	Berøringsfri	https://www.oras.com/datasheet/1714F/no	22.01.2019
	Vega eco 1810F		https://www.oras.com/datasheet/1810F/no	22.01.2019
	Vega 1810F		https://www.oras.com/datasheet/1810F/no	22.01.2019
	Inspera 3010F		https://www.oras.com/datasheet/3010F/no	22.01.2019
	Saga 3904F		https://www.oras.com/datasheet/3904F-104/no	22.01.2019
	Safira 1010F-J-01		Simen Grong, Oras (e-post)	11.04.2019
	Electra 6100		https://www.oras.com/datasheet/6100/no	13.03.2019
	Electra 6174		Simen Grong, Oras (e-post)	18.03.2019

Navn på leverandør	Navn servantbatteriet	andre detaljer	URL Link/ kontaktperson firma	Dato informasjon var hentet
Hansgrohe	AXOR Citterio E		http://www.hansgrohe.no/articledetail-axor-citterio-e-1-greps-servantarmatur-90-med-apen-bunnventil-36102000.html?fsid=&pageid=&q=AXOR%20Citterio%20E#l=product-variant	21.01.2019
	AXOR Urquiola		http://www.hansgrohe.no/articledetail-axor-urquiola-1-greps-servantarmatur-130-med-opploeftventil-11020000.html?fsid=&pageid=&q=AXOR%20Urquiola%20#l=product-variant	21.01.2019
	AXOR Starck Organic		http://www.hansgrohe.no/articledetail-axor-starck-organic-servantarmatur-80-med-apen-bunnventil-12011000.html?fsid=0x00007621&pageid=&q=AXOR%20Starck%20Organic	21.01.2019
	AXOR Starck servant		http://www.hansgrohe.no/articledetail-axor-starck-1-greps-servantarmatur-100-med-apen-bunnventil-10003000.html?fsid=&pageid=&q=AXOR%20Starck%20servant	21.01.2019
FM Mattsson	9000 E		https://www.fmmattsson.com/ResourceFiles/Documents/79750.pdf	22.01.2019
	Garda		https://www.fmmattsson.com/ResourceFiles/Documents/128285.pdf	22.01.2019
	Rogen	2 greps	https://www.fmmattsson.com/ResourceFiles/Documents/121310.pdf	22.01.2019
Gustavsberg	Nautic		https://www.gustavsberg.com/fileadmin/uploads/Citat/Flow_Diagram/FlowChart_NauticWashbasinMixer.pdf	11.04.2019

8.2 Referanse Dusjkraner

Navn på leverandør	Navn dusjbatteri	URL Link/ kontaktperson firma	Dato informasjon var hentet
Tapwell	BOX 368	Ingard B. Bjerke, Tapwell (e-post)	21.01.2019
	BOX 015	Ingard B. Bjerke, Tapwell (e-post)	21.01.2019
Oras	Optima eco 7160	https://www.oras.com/datasheet/7160/no	22.01.2019
	Optima 7160	https://www.oras.com/datasheet/7160/no	22.01.2019
	Safira 1055	https://www.oras.com/datasheet/1055/no	22.01.2019
	Safira eco 1055	https://www.oras.com/datasheet/1055/no	22.01.2019
	Safira eco 1070	https://www.oras.com/datasheet/1070/no	22.01.2019
	Safira 1070	https://www.oras.com/datasheet/1070/no	22.01.2019
	Safira 1095	https://www.oras.com/datasheet/1095/no	22.01.2019
	Vega eco 1870	https://www.oras.com/datasheet/1870/en	22.01.2019
	Vega 1870	https://www.oras.com/datasheet/1870/en	22.01.2019
	Cubista 2870	https://www.oras.com/datasheet/2870/no	22.01.2019
	Saga 3970	https://www.oras.com/datasheet/3970/no	22.01.2019
	Electra 6180	https://www.oras.com/datasheet/6180/no	22.01.2019
	Nova 7462	https://www.oras.com/datasheet/7467/no	22.01.2019
Hansgrohe	AXOR Citterio	http://www.hansgrohe.no/articledetail-axor-citterio-showerpipe-med-1-greps-armatur-og-hodedusj-180-1jet-39620000.html?fsid=&pageid=&q=AXOR%20Citterio	21.01.2019
	AXOR Starck	http://www.hansgrohe.no/articledetail-axor-starck-1-greps-dusjarmatur-med-rundt-grep-10611000.html?fsid=&pageid=&q=AXOR%20Starck	21.01.2019
FM Mattsson	Siljan	https://www.fmmattsson.com/ResourceFiles/Documents/111191.pdf	22.01.2019
	Siljan 9000 E etgreps	https://www.fmmattsson.com/ResourceFiles/Documents/89265.pdf	22.01.2019
	Siljan 9000 E	https://www.fmmattsson.com/ResourceFiles/Documents/89265.pdf	22.01.2019

8.3 Referanse Toalett

Navn på leverandør	Navn toalett	URL Link/ kontaktperson firma	Dato informasjon var hentet
IFØ	Sign 6894	https://www.ifosanitar.no/produkter/toaletter-bideer-og-urinaler/vegghengte/ifo-sign-vegghengt-toalett-6894/29870/	18.04.2019
Porsgrund	Trevi Basic 35195	Mats Marthins, Geberit (e-post)	27.03.2019
Gustavberg	Nautic 23	Dagfinn Brathen, villery og boch Norge AS (e-post)	27.03.2019
	Nautic 1522	https://www.gustavsberg.com/no/produkter/toalett/vegghengt-toalett/product/GB1115222R1203/vegghengt-toalett-nautic-1522-med-cisterne-hygienic-flush-dobbelspyling-24-l-uten-sete-ceramicplus/	18.04.2019

Normalvannmengder og deres relevans for dimensjonering i 2019

Forfatter og fotograf: Arnulf Snekvik og Ole Martin Jacobsen



Normalvannmengder

Standard abonnementsvilkår for vann og avløp og *NS 3055* oppgir tallverdier for forskjellig sanitærutstyr. Disse verdiene brukes i dag som tall for dimensjonering av tappevannsanlegget. Det som er interessant med tallverdiene er at de ikke er blitt endret siden 1969, men gruppen mente noe måtte være endret på nærmere 50 år.

Dette var noe som virket interessant for Sykehusbygg. I den forbindelse ble gruppen satt i samarbeid med St. Olav hospital for å undersøke om dette kunne stemme.

Vår bakgrunn og kunnskap på temaet

Gruppemedlemmene består av Arnulf Snekvik og Ole Martin Jacobsen som begge avlegger bacheloroppgave i maskinteknikk og produksjon ved NTNU i Trondheim med spesialisering innen VVS-teknikk.

Årsaken til at gruppen ønsket denne problemstillingen var å øke kunnskapen om dimensjonering av tappevann i dag.

Bygg og forsøk

Målinger av vannmengde ble gjennomført på St. Olavs hospital. Her fikk gruppen tildelt tre bygg av forskjellig byggeår; Kunnskapscenteret (2013), Bevegelsessenteret (2009) og Kvinne-Barn-Senteret (2005). Dette for å se om det var noe forskjell på sanitærutstyr fra 2005 til 2013.

Forsøk på samtidighet og bruksmønster på badrom med toalett, servant og dusj ble gjennomført i 4. etasje på Bevegelsessenteret.

Gjennomføring av målinger

Alle målingene som ble gjennomført tok for seg vannmengde og trykk på forskjellige servantkraner, dusjkraner og toaletter. Dette ble så sammenlignet mot hva leverandøren selv mente at kranene skulle levere av vannmengde, og hva *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp* og *NS 3055* oppgir. Toalettene var ikke mulig å finne vannmengde fra leverandørene på, da leverandør kun oppgir hva cisternen rommer av volum.

Forsøk gjort på samtidighet ble utført ved at gruppen selv lagde to brukersenarioer der vannmengden ble målt med flow-måler på både kaldt- og varmtvann. Det ble også testet tilfeldige brukere som var pasienter eller jobbet på Bevegelsessentret. Dette ble testet i senarioet bruk av toalett og håndvask.

Forsøk for bruksmønster på bad ble gjort ved å montere en temperaturlogger på alle rør i rørene som går ut til vært enkelt utstyr. Dette ble gjort på både kaldt- og varmtvann, for å kartlegge bruksmønster på badrommet. Forsøket ble brukt til å undersøke om oppgitt vannforbruk per sengeplass på sykehus fra *Rørhåndboka fagdel 2019* samsvarer med det reelle forbruket.

Diskusjon

De gjennomførte målingene for vannmengde viste at flere servanter lå over tallverdiene oppgitt i *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp* og *NS 3055*, mens flesteparten av toalettene og dusjkranene lå noe under. Ved test på brukere under forsøk for samtidighet viste det seg at ingen av forsøkspersonene benyttet hele den tilgjengelige vannmengden i servanten.

Resultater for målinger av det reelle vannforbruket per sengeplass på Bevegelsessenteret var lavere enn verdien oppgitt

i *Rørhåndboka Fagdel 2019*, viste det seg at det reelle vannforbruket på Bevegelsessenteret var noe lavere. Forsøkene var ikke av stort nok omfang til å gi sikre resultater, men det kan sees antydninger til at det var noe forskjell.

Konklusjon

Normalvannmengdene er fremdeles relevante i 2019, men bruk av leverandørens oppgitte vannmengder til sanitærutstyr vil gi bedre og mer nøyaktig dimensjonering.

Normalvannmengdene 1969 (NKB-Skrift nr. 12, s 27)

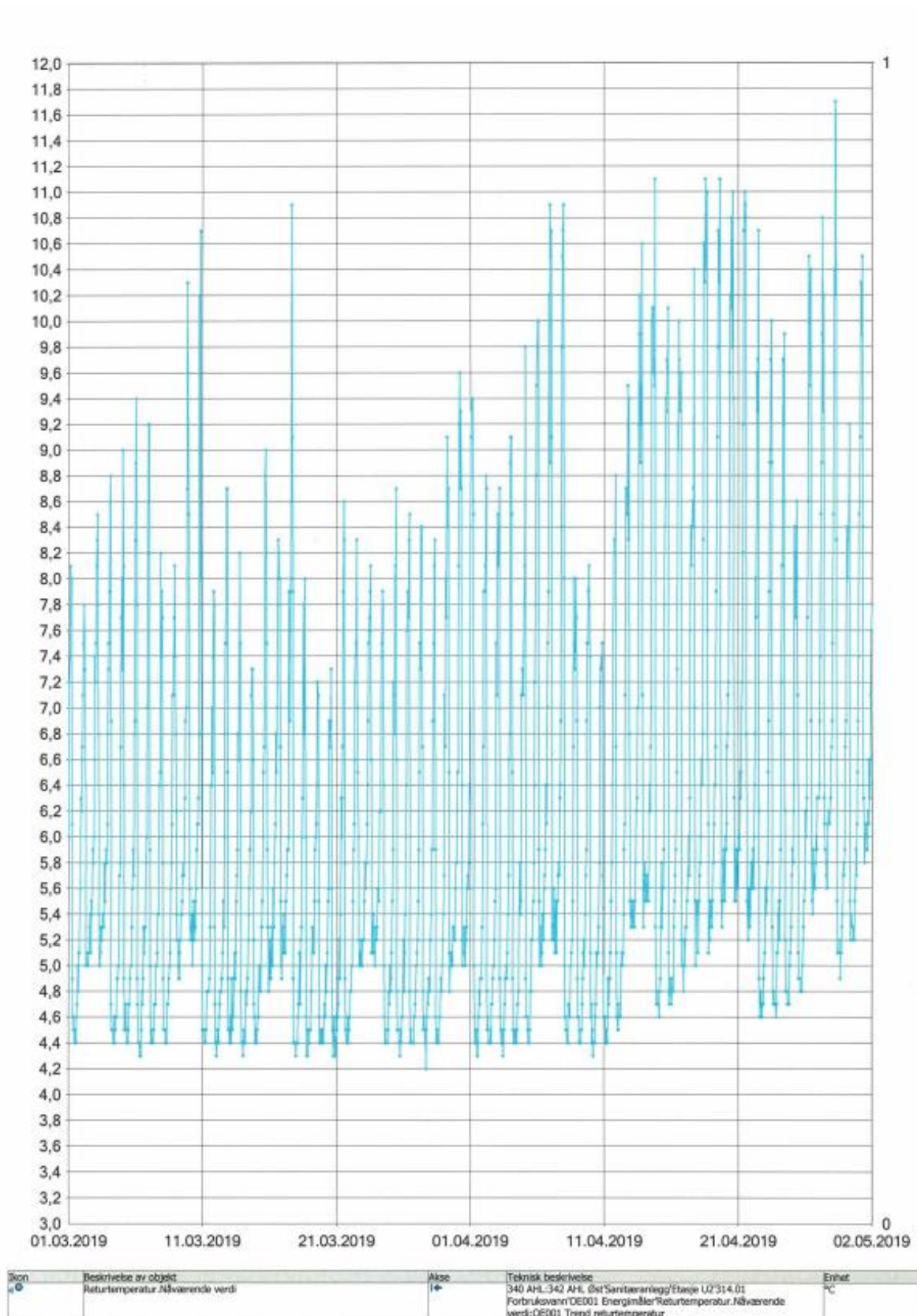
Typ av vattenuttag	Normflöde i l/s		Anm.
	Kall	Varm	
Badkar	0,4	0,4	
Dusch	0,2	0,2	
Tvättstall	0,1	0,1	
Disklåda	0,2	0,2	
Klosett	0,1	—	
Bidé	0,1	0,1	
Mindre tvättmask.	0,2	—	Alt. 0,2 l/s for varmvatten
Større -	0,4	—	- 0,4 l/s - -
Diskmaskin	—	0,2	- 0,2 l/s - kallvatten
Veggvattenpost	0,2	—	
Spolventil for wc	1,5	—	Betr. samtidighet se tab. 205 Spolventil godtas endast i skolor, sjukhus o d
Sammankopplade tappventiler for tvättrænna eller tvättstall i industrier, bad o d	0,03	0,03	Vid addition av flera normflöden sætts samtidighetsfaktorn = 1,0 se vidare tab. 205
Promenaddusch	0,1	0,1	
Apparatur i industri m m	enligt beräkning		

Vid tillämpning av tabellen beaktas følgende:

- 1) For varje enskilt vattenuttag godtas ett flöde ned till 70% av normflödet. År denna avvikelse utnyttjad for øversta vattenuttag godtas att flödet i nedersta vattenuttag blir 150%, vilket med hænnsyn till fordeling og ljudnivå år största godtagta flöde såvida særskilda åtgärder ej vidtas. Vid addition av normflöden for att beräkna belastningen i fordelningsledning får dessa avvikelser inte utnyttjas.
- 2) Vid ventil med anordning for omstilling av vattenflödet till alternativa utlopp medrænksas vid dimensionering endast flödet till det största av utloppen.
- 3) For apparat utan egen anslutning till vatteninstallation og där vatten sålunda uttas via annat vattenuttag sætts normflödet lika med noll. Exempel hærpå utgör disk- og tvättmaskin anslutna med slang till disklådsblandare o d. Betræffande kopplingsledning inom samma utrymme, se figur 204.
- 4) For varje lægenhet, småhus o d godtas en summa av anslutna normflöden av 1,6 l/s (varmt og kallt vatten) åven om en summering av normflöden enligt ovan skulle ge større værde.

Tabell 203. Normflöden for enskilda vattenuttag.

Temperatur på kaldtvannsinntak fra SD-anlegg St. Olavs Hospital



Figur II Kaldtvann temperatur inn til St. Olavs hospital. Hentet fra SD- anlegget til AHL bygget

Tallverdier fra Leverandørers tappekurver for servantarmaturer

Tabell 1 Tallverdier for figur 19 [8.1 referanse servantkraner]

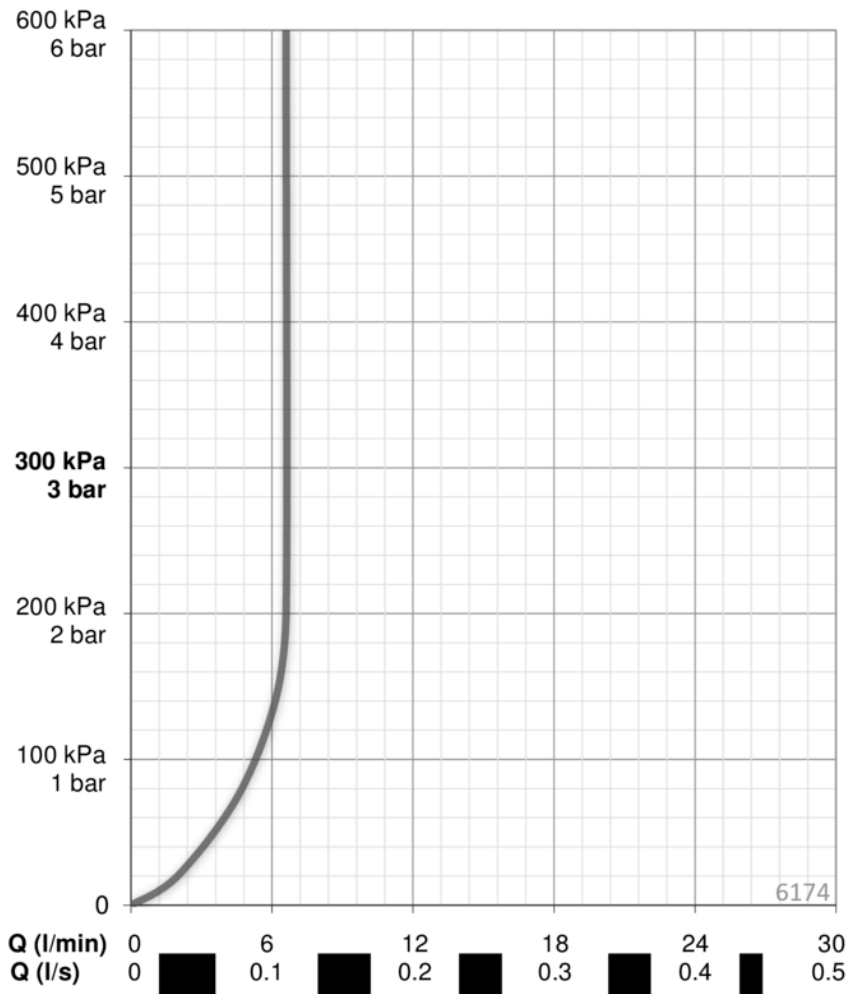
Servantarmaturer						
Navn på leverandør	Navn servantbatteriet	andre detaljer	Trykk			
			3 Bar	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Tapwell	EVO 071		0,12 l/s	0,13 l/s	0,14 l/s	
	EVO070		0,13 l/s	0,13 l/s	0,13 l/s	
	EVO080		0,14 l/s	0,14 l/s	0,14 l/s	
	LES 081		0,2 l/s	0,22 l/s	0,25 l/s	
	LEA 878		0,15 l/s	0,17 l/s	0,19 l/s	
	VLV 065		0,36 l/s	0,38 l/s	0,4 l/s	
	MI 071	Krom	0,22 l/s	0,24 l/s	0,26 l/s	
	ELY 071	Krom	0,22 l/s	0,27 l/s	0,33 l/s	
	BR 071	Krom	0,24 l/s	0,27 l/s	0,31 l/s	
	DOM 071		0,26 l/s	0,3 l/s	0,35 l/s	
	DOM 186		0,19 l/s	0,21 l/s	0,23 l/s	
	SK 075	Krom	0,27 l/s	0,31 l/s	0,35 l/s	
	BOX 006		0,21 l/s	0,25 l/s	0,28 l/s	
	RIN 081		0,26 l/s	0,3 l/s	0,34 l/s	
	RIN 071		0,28 l/s	0,32 l/s	0,36 l/s	
Oras	Optima 2210F		0,15 l/s	0,17 l/s	0,19 l/s	0,21 l/s
	Optima 1714F	Berøringsfri	0,08 l/s	0,08 l/s	0,08 l/s	0,08 l/s
	Vega eco 1810F		0,13 l/s	0,15 l/s	0,17 l/s	0,19 l/s
	Vega 1810F		0,18 l/s	0,21 l/s	0,23 l/s	0,25 l/s
	Inspera 3010F		0,1 l/s	0,1 l/s	0,1 l/s	0,1 l/s
	Saga 3904F		0,06 l/s	0,06 l/s	0,06 l/s	0,06 l/s
Hansgrohe	AXOR Citterio E		0,15 l/s	0,18 l/s	0,2 l/s	0,22 l/s
	AXOR Urquiola		0,22 l/s	0,25 l/s	0,3 l/s	
	AXOR Starck Organic		0,08 l/s	0,08 l/s	0,08 l/s	0,08 l/s
	AXOR Starck servant		0,12 l/s	0,14 l/s	0,16 l/s	
FM Mattsson	9000 E		0,1 l/s	0,12 l/s	0,13 l/s	0,15 l/s
	Garda		0,13 l/s	0,15 l/s	0,17 l/s	0,18 l/s
	Rogen	2 greps	0,31 l/s	0,36 l/s	0,41 l/s	0,45 l/s
Gjennomsnitt			0,18 l/s	0,20 l/s	0,23 l/s	

Tallverdier fra Leverandørers tappekurver for dusjarmaturer

Tabell II Tallverdier for figur 20 [8.2 referanse dusjkraner]

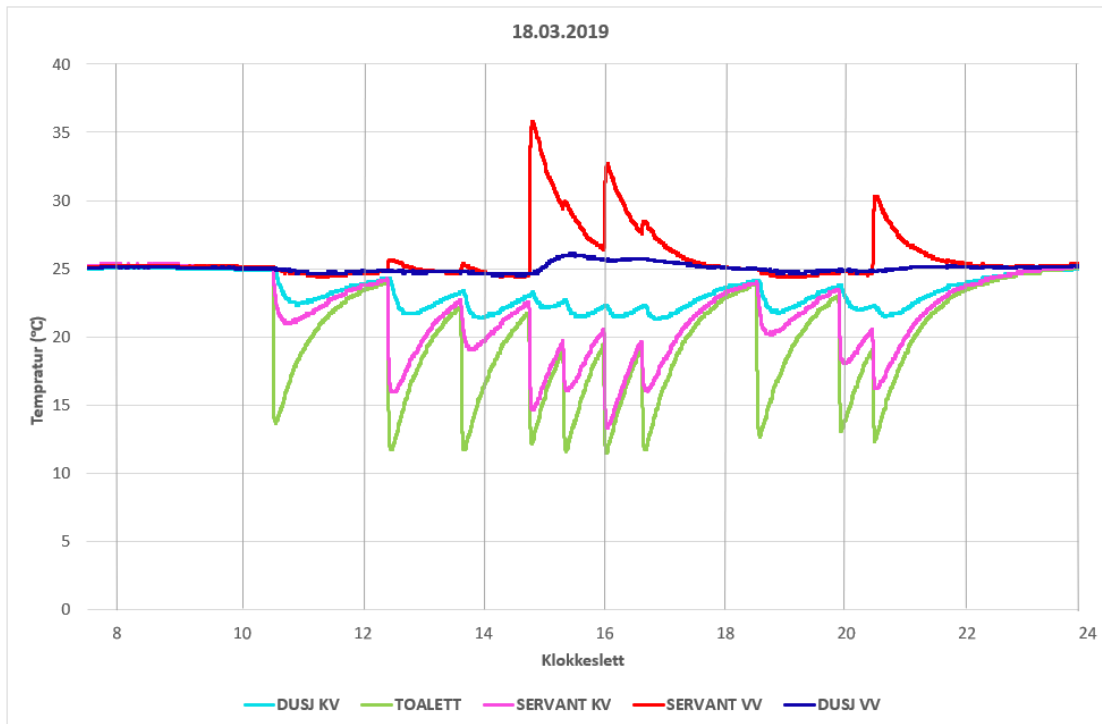
Dusjarmaturer					
Navn på leverandør	Navn servantbatteriet	Trykk			
		3 Bar	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Tapwell	BOX 368	0,24 l/s	0,27 l/s	0,31 l/s	
	BOX 015	0,24 l/s	0,26 l/s	0,3 l/s	
Oras	Optima eco 7160	0,21 l/s	0,25 l/s	0,28 l/s	0,3 l/s
	Optima7160	0,26 l/s	0,3 l/s	0,34 l/s	0,38 l/s
	Safira 1055	0,26 l/s	0,3 l/s	0,33 l/s	0,36 l/s
	Safira eco 1055	0,2 l/s	0,23 l/s	0,26 l/s	0,28 l/s
	Safira eco 1070	0,2 l/s	0,23 l/s	0,25 l/s	0,27 l/s
	Safira 1070	0,26 l/s	0,3 l/s	0,32 l/s	0,36 l/s
	Safira 1095	0,26 l/s	0,3 l/s	0,34 l/s	0,38 l/s
	Vega eco 1870	0,13 l/s	0,15 l/s	0,17 l/s	0,19 l/s
	Vega 1870	0,26 l/s	0,3 l/s	0,33 l/s	0,36 l/s
	Cubista 2870	0,27 l/s	0,31 l/s	0,35 l/s	0,38 l/s
	Saga 3970	0,27 l/s	0,31 l/s	0,35 l/s	0,38 l/s
	Electra 6180	0,2 l/s	0,23 l/s	0,25 l/s	0,28 l/s
	Hansgrohe	AXOR Citterio	0,25 l/s	0,28 l/s	0,31 l/s
AXOR Starck		0,26 l/s	0,32 l/s	0,35 l/s	
FM Mattsson	Siljan	0,42 l/s	0,49 l/s	0,55 l/s	0,6 l/s
	Siljan 9000 E etgreps	0,45 l/s	0,51 l/s	0,57 l/s	0,63 l/s
	Siljan 9000 E	0,43 l/s	0,5 l/s	0,57 l/s	0,62 l/s
Gjennomsnitt		0,27 l/s	0,31 l/s	0,34 l/s	0,38 l/s

Eksempel på tappekurve for servantarmatur

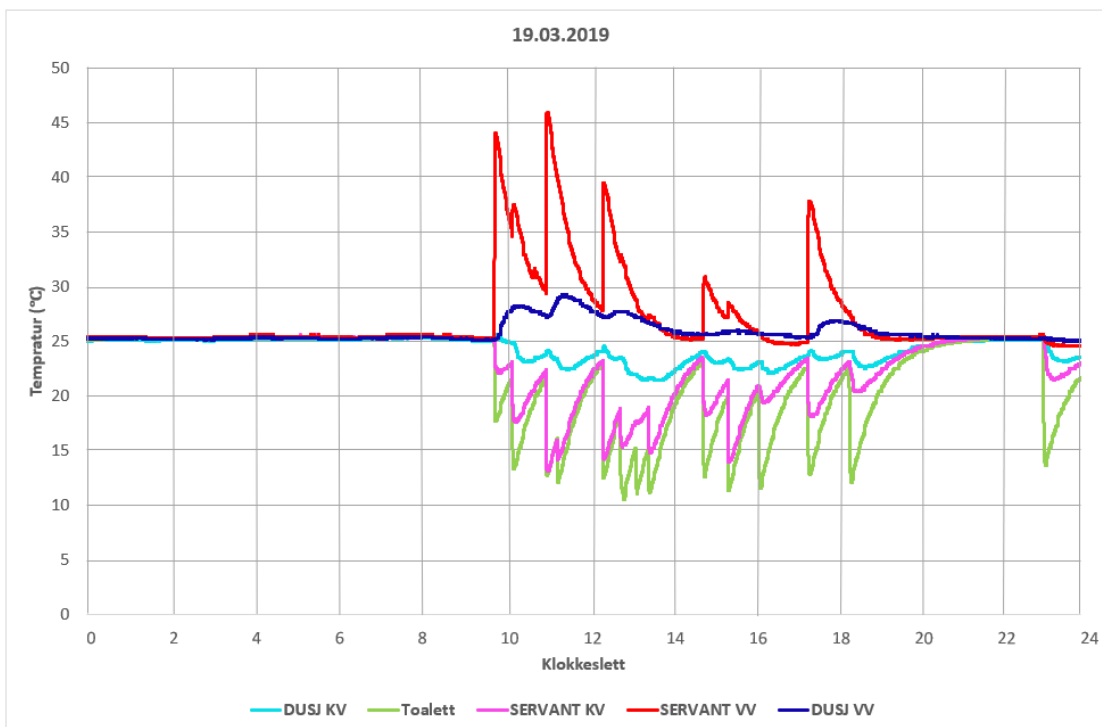


Figur III Trykktapsdiagram Oras Electra 6174 [8.1 referanse servantkraner]

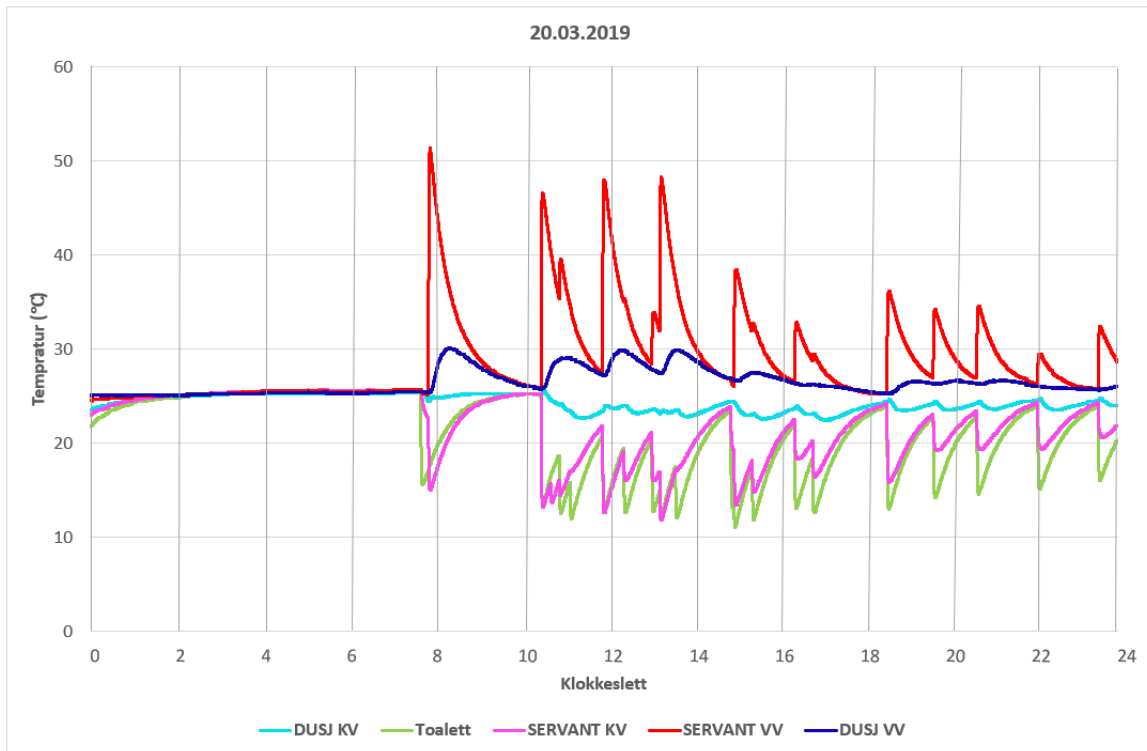
Brukerhyppighetsforsøk



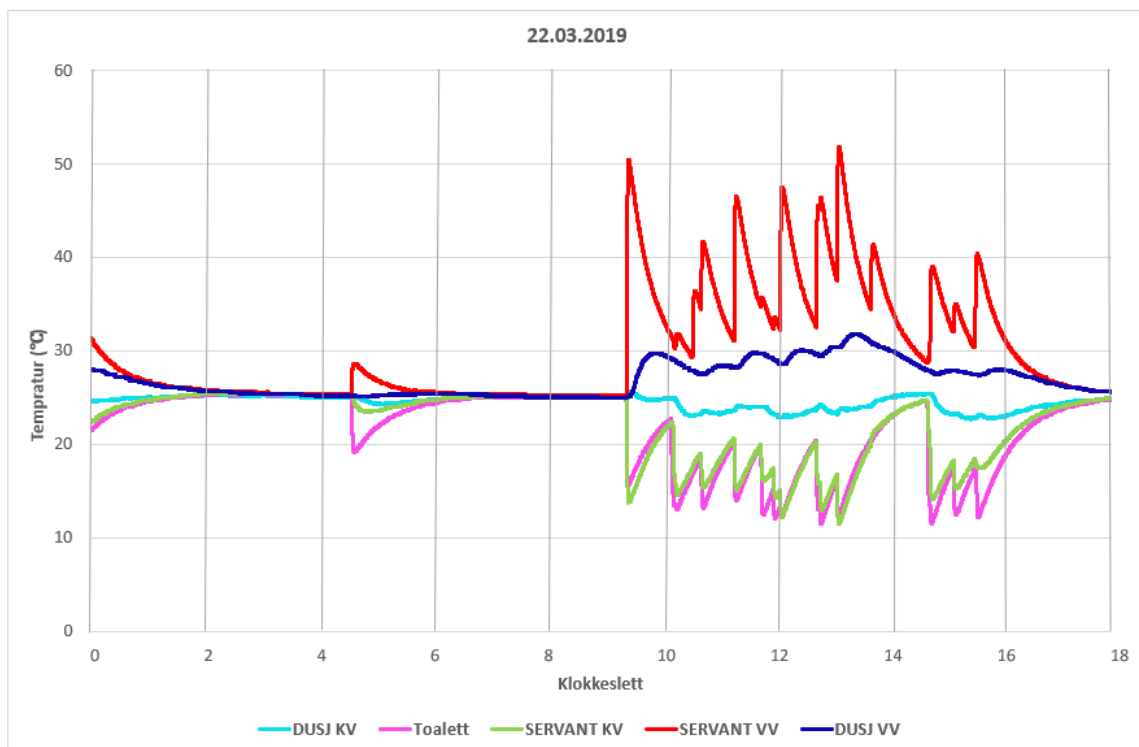
Figur IV Brukerhyppighetsforsøk 18.3.2019



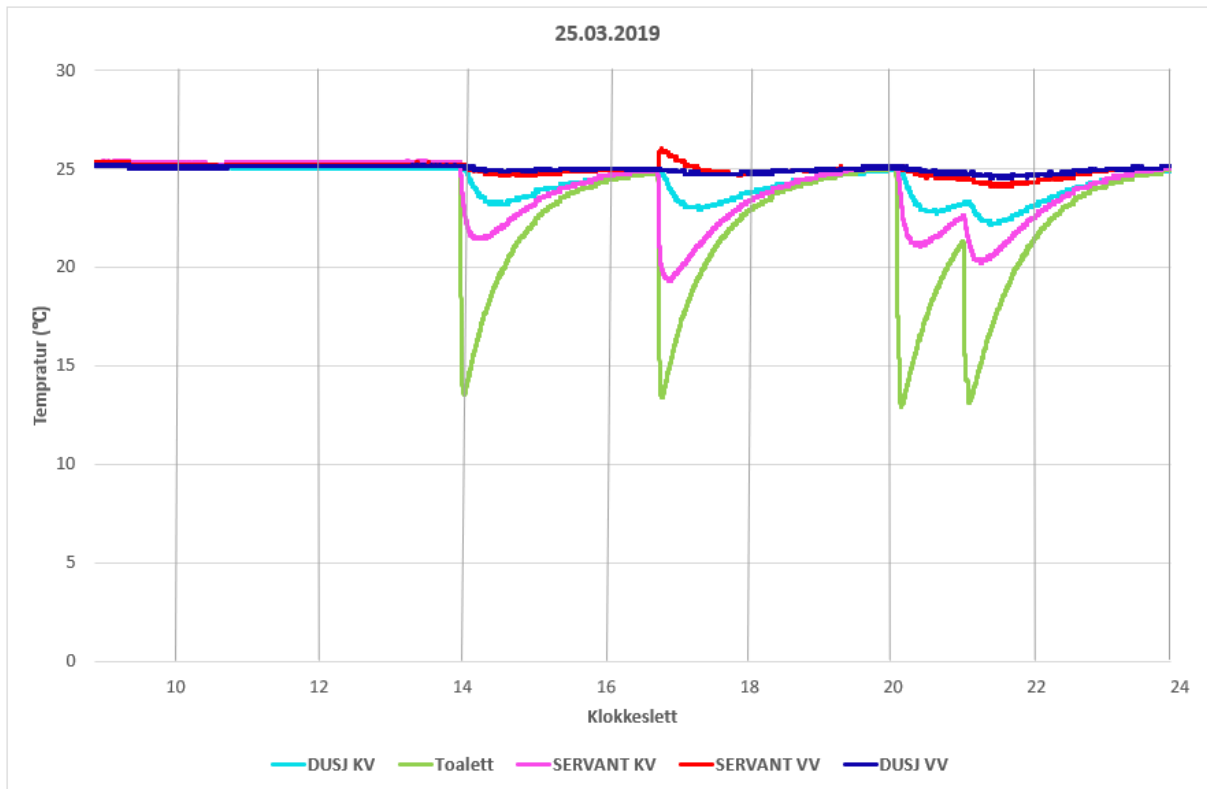
Figur V Brukerhyppighetsforsøk 19.3.2019



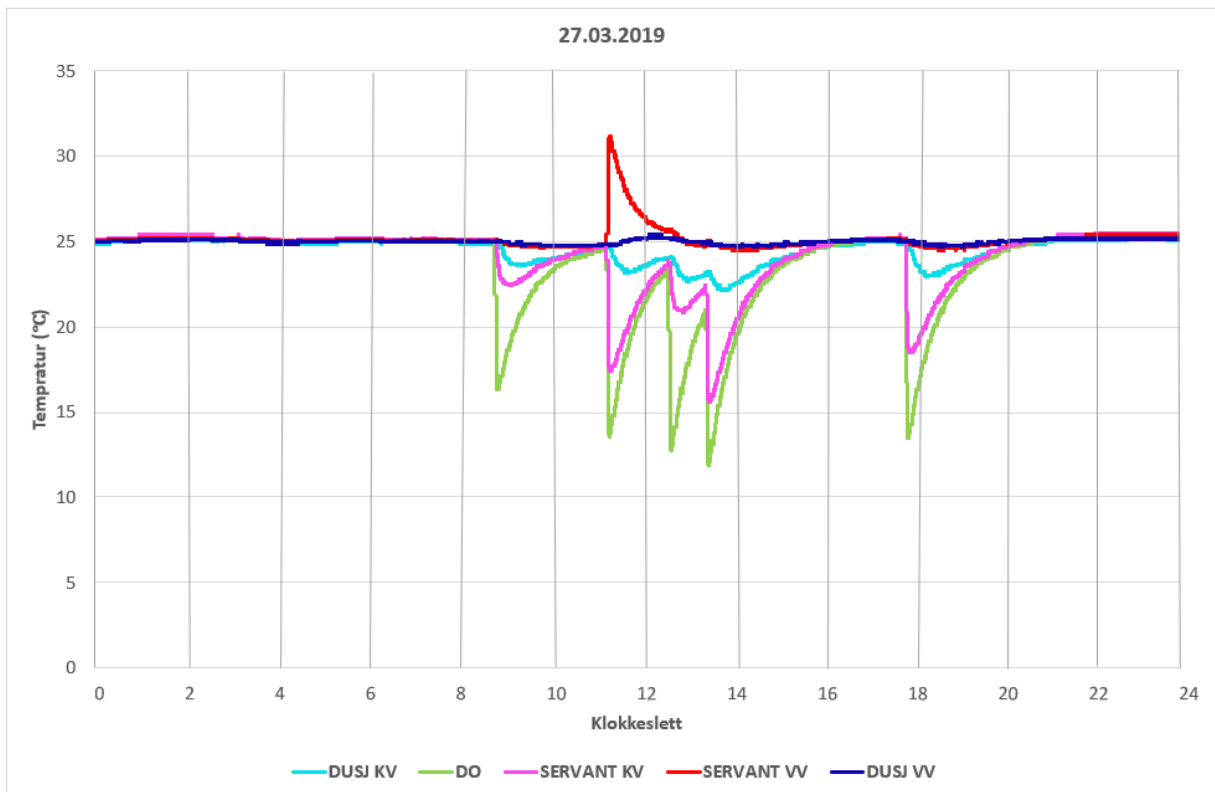
Figur VI Brukerhyppighetsforsøk 20.3.2019



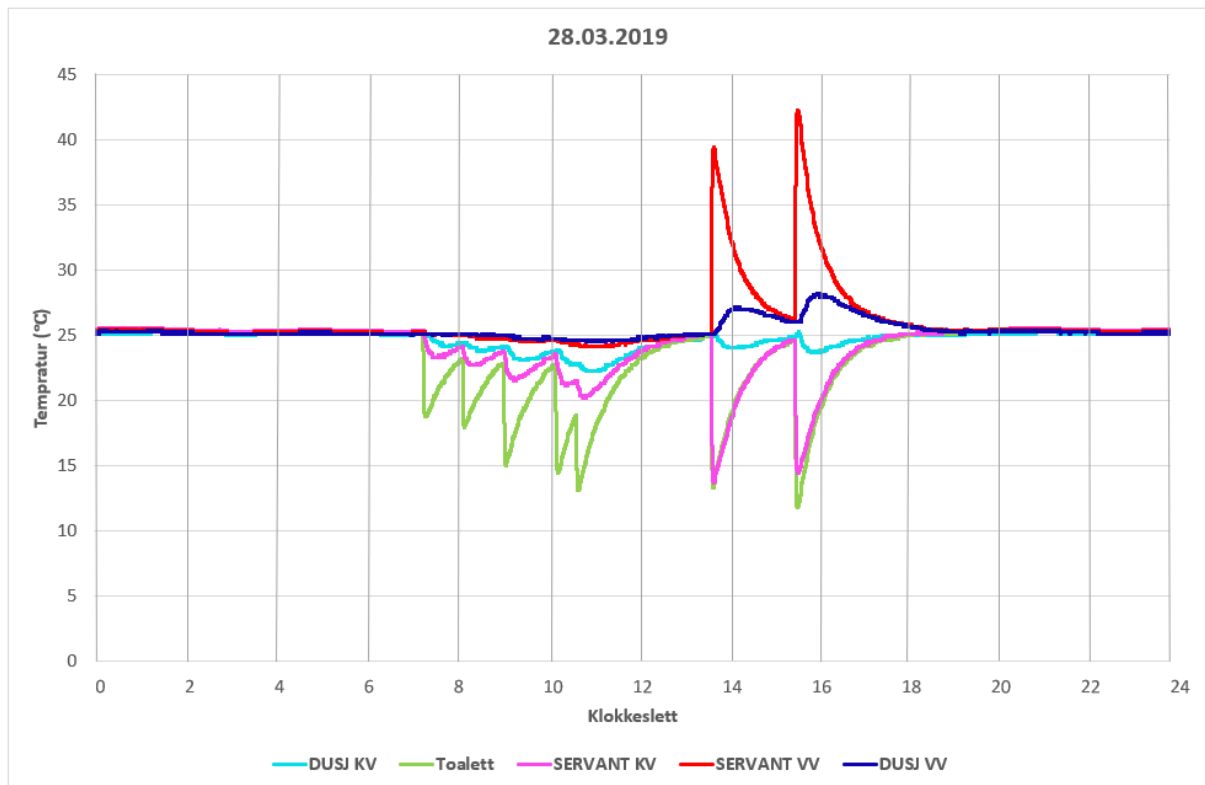
Figur VII Brukerhyppighetsforsøk 21.3.2019



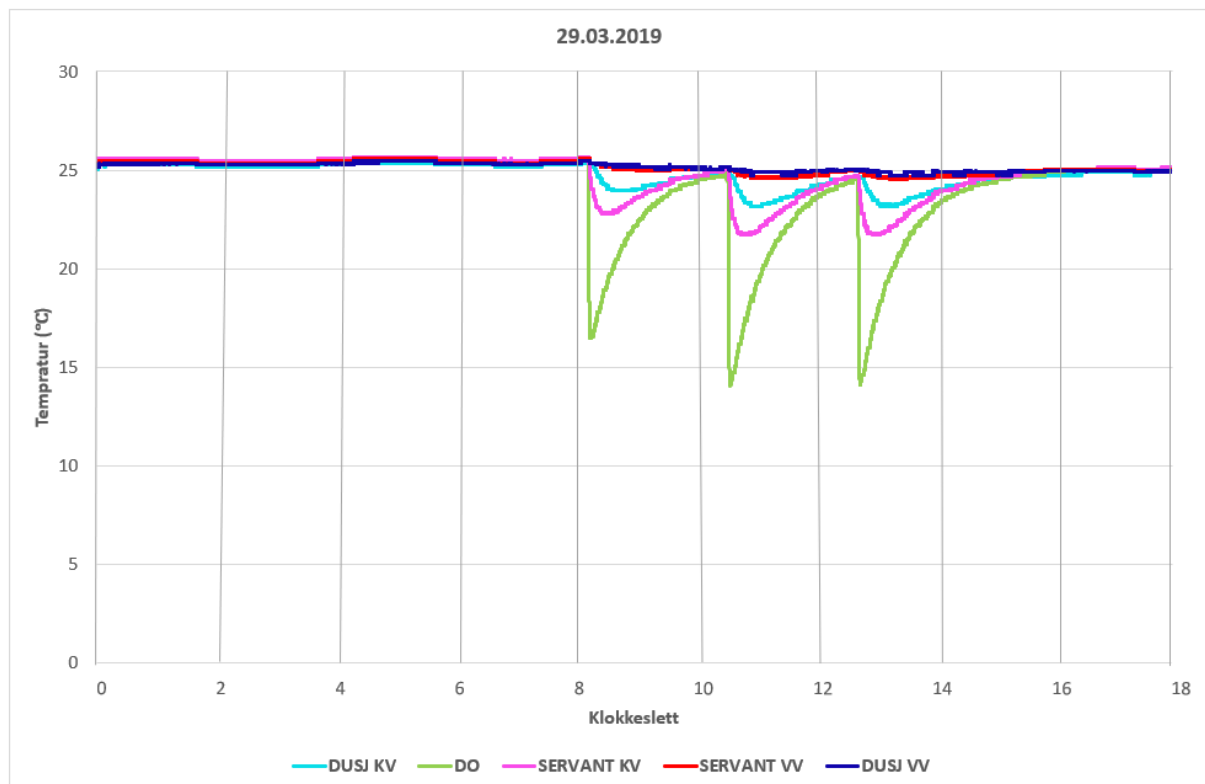
Figur VII Brukerhyppighetsforsøk 25.3.2019



Figur IX Brukerhyppighetsforsøk 27.3.2019



Figur X Brukerhyppighetsforsøk 28.3.2019



Figur XI Brukerhyppighetsforsøk 21.3.2019

Måleresultat fra Kunnskapsenteret

Tabell III Måleresultat fra Kunnskapsenteret (egenprodusert) [8.3 referanse toalett]

Dato	Start tid	Etasje	Rom nummer	Batteri type og navn	Posisjon	Temperatur °C	Trykk bar	Volum l	Tid s	Vannmengde l/s
28.feb	10:46	U1	423.u1.009	Gustavsberg, Nautic	KV, Max	8	6,2	8	29,5	0,271
					KV, Normal		6,2	8	56,2	0,142
					M, Max	9	6,2	8	24,2	0,331
					M, Normal		6,2	8	56,2	0,142
					VV, Max	57	6,2	8	24,2	0,331
					VV, Normal		6,2	6	72	0,083
				Gustavsberg, Nautic 23		6,2	6	31	0,194	
28.feb	11:33	U1	423.u1.006	Gustavsberg, Nautic	KV, Max	5	6,0	10	35,3	0,283
					KV, Normal		6,0	6	28,4	0,211
					M, Max	8	6,0	8	26,5	0,302
					M, Normal		6,0	6	28,1	0,214
					VV, Max	60	6,0	8	29,5	0,271
					VV, Normal		6,0	6	43,2	0,139
				Gustavsberg, Nautic 23		6,0	6	31,2	0,192	
28.feb	13:14	2	423.02.008	Gustavsberg, Nautic	KV, Max	6	5,2	8	31	0,258
					KV, Normal		5,2	6	57	0,105
					M, Max	18	5,2	8	31,1	0,257
					M, Normal					
					VV, Max	58	5,2	8	31,5	0,254
					VV, Normal		5,2	6	61	0,098
				Gustavsberg, Nautic 1522	Stor		5,2	4	47	0,085
					liten		5,2	2	24,8	0,081

Dato	Start tid	Etasje	Rom nummer	Batteri type og navn	Posisjon	Temperatur °C	Trykk bar	Volum l	Tid s	Vannmengde l/s			
28.feb	13:20	2	422.02.002	Gustavsberg, Nautic	KV, Max	7	5,2	8	30	0,267			
					KV, Normal		5,2	6	47	0,128			
					M, Max	16	5,2	8	29	0,276			
					M, Normal		5,2	6	71	0,085			
					VV, Max	59	5,2	8	32,8	0,244			
					VV, Normal		5,2	6	90	0,067			
			422.02.002A	Gustavsberg, Nautic 1522	Stor		5,2	4	46,4	0,086			
					Liten		5,2	2	25,2	0,079			
			422.02.002B	Gustavsberg, Nautic 1522	Stor		5,2	4	47,8	0,084			
					Liten		5,2	2	25,7	0,078			
28.feb	14:00	4	423.04.014	Gustavsberg, Nautic	KV, Max	10	4,2	8	34,4	0,233			
					KV, Normal		4,2	6	50,6	0,119			
					M, Max	17	4,2	8	29,3	0,273			
					M, Normal		4,2	6	46,7	0,128			
					VV, Max	55	4,2	8	34,6	0,231			
					VV, Normal		4,2	6	63	0,095			
			Gustavsberg, Nautic 1522	Stor		4,2	4	50,4	0,079				
				Liten		4,2	2	26,4	0,076				
			02.mar	13:20	4	423.04.011	Gustavsberg, Nautic	KV, Max	13	4,8	8	33	0,242
								KV, Normal		4,8	6	44	0,136
M, Max	16	4,8						8	28,5	0,281			
M, Normal		4,8						6	51,3	0,117			
VV, Max	58	4,8						8	33	0,242			
VV, Normal		4,8						6	55	0,109			
Gustavsberg, Nautic 23		4,8				6	35,5	0,169					

Måleresultat for Kvinne-Barn-Senter

Tabell IV Måleresultat fra Kvinne-Barn-Senter (egenprodusert) [8.3 referanse toalett]

Dato	Start tid	Etasje	Rom nummer	Batteri type og navn	Posisjon	Temperatur °C	Trykk bar	Volum l	Tid s	Vannmengde l/s
02.mar	14:07	1	243.01.019	Oras Safira	KV, Max	18	5,8	8	25,5	0,314
					M, Max	30	5,8	8	20	0,400
					VV, Max	63	5,8	8	26,5	0,302
				Porsgrunn Trevi Basic			5,8	6	50	0,120
02.mar	14:28	1	243.01.017	Oras Safira	KV, Max	11	6,0	8	24,8	0,323
					M, Max	31	6,0	8	22,1	0,362
					VV, Max	64	6,0	8	28,1	0,285
				Porsgrunn Trevi Basic			6,0	6	48,8	0,123
02.mar	14:55	3	243.03.009	Oras Safira	KV, Max	21	5,2	8	28	0,286
					M, Max	32	5,2	8	23,3	0,343
					VV, Max	62	5,2	8	28,8	0,278
				Porsgrunn Trevi Basic			5,2	6	49,5	0,121
02.mar	15:26	3	243.03.016	Oras Safira	KV, Max	11	5,1	8	26,4	0,303
					M, Max	31	5,1	8	22,6	0,354
					VV, Max	58	5,1	8	27,7	0,289
				Porsgrunn Trevi Basic			5,1	6	49,2	0,122

Dato	Start tid	Etasje	Rom nummer	Batteri type og navn	Posisjon	Temperatur °C	Trykk bar	Volum l	Tid s	Vannmengde l/s
17.mar	12:40	1		Oras Electra 6174	M	19	5,75	4,5	48	0,094
					M	27	5,75	4	39	0,103
					M	20	5,75	4,1	43	0,095
					M	18	5,75	4	38	0,105
					KV	20	5,75	4	42	0,095
					KV	21	5,75	2	21	0,095
					KV	18	5,75	4	38	0,105
					KV	14	5,75	4	37	0,108
					VV	29	5,75	4	42	0,095
					VV	26	5,75	4	40	0,100
					VV	20	5,75	4	39	0,103
					VV	23	5,75	4	35	0,114

Måleresultat for Bevegelsessenteret

Tabell V Måleresultat fra Bevegelsessenteret (egenprodusert) [8.3 referanse toalett]

Dato	Start tid	Etasje	Rom nummer	Batteri type og navn	Posisjon	Temperatur °C	Trykk bar	Volum l	Tid s	Vannmengde l/s
03.mar	14:30	4	311.04.044	Oras Safira	KV, Max	12	4,5	8	31,6	0,253
					M, Max	32	4,5	8	23,4	0,342
					VV, Max	61	4,5	8	29,4	0,272
				IFØ Sign	Stor		4,5	4	43,3	0,092
					Liten		4,5	2	30	0,067
				Oras Nova (Dusj)	KV, Max	12	4,5	8	24,1	0,332
					M, Max	35	4,5	8	24,2	0,331
VV, Max	51	4,5	8		32,2	0,248				
03.mar	15:54	4	311.04.018A	Oras Nova (Dusj)	KV, Max	16	4,8	8	27,3	0,293
					M, Max	34	4,8	8	23,5	0,340
					VV, Max	60	4,8	8	32,1	0,249
				IFØ Sign	Stor		4,8	4	39	0,103
					Liten		4,8	2	21	0,095
03.mar	15:30	4	311.04.014	Oras Electra 6100(berøringsfri)	M	34	4,8	6	57,6	0,104
17.mar	14:02	4	311.04.018A	Oras Safira	KV	20	4,8	8	22,5	0,356
					M	35	4,8	8	24,1	0,332
					VV	61	4,8	8	27,1	0,295
				Oras Nova	KV	15	4,8	8	24,1	0,332
					M	38	4,8	8	23,4	0,342
					VV	60	4,8	8	31,1	0,257
17.mar	14:02	4	311.04.004A	Oras Nova	KV		4,8	8	24,1	0,332
					M		4,8	8	21,9	0,365
					VV		4,8	8	26,1	0,307

Dato	Start tid	Etasje	Rom nummer	Batteri type og navn	Posisjon	Temperatur °C	Trykk bar	Volum l	Tid s	Vannmengde l/s
17.mar	14:51	4	311.04.001A	Oras Nova	KV		4,8	8	24	0,333
					M		4,8	8	23,9	0,335
					VV		4,8	8	29,5	0,271
17.mar	14:57	4	311.04.004A	Oras Nova	KV		4,8	8	25	0,320
					M		4,8	8	22,4	0,357
					VV		4,8	8	28,4	0,282