



Noregs miljø- og
biovitenskaplege
universitet

Masteroppgåve 2023 30 stp
Fakultet for realfag og teknologi

Avgjerdsgrunnlag for moglege innføring av husvassmålalarar i Bergen kommune

A decision basis for potential introduction of
residential water meters in Bergen

Eivind Toft
Vann- og miljøteknikk

Forord

Denne masteroppgåva markerer slutten på mastergraden min ved linja vann- og miljøteknikk ved Noregs miljø- og biovitenskaplege universitet (NMBU). Oppgåva er skriva i godt samarbeid med Bergen Vann våren 2023 og omfattar 30 studiepoeng.

Gjennom mine 5 år på Ås har eg hatt mange fag og fordjupa meg i fleire ulike tema. Det er spesielt vassforbruk og vassdistribusjonsnett som har vekka mi interesse. I samband med kommunikasjon mellom meg, rettleiarar ved NMBU og Bergen Vann, kom me våren 2022 fram til dette temaet for ei masteroppgåve. Hushaldningsforbruk og spørsmål knytt til vassmålarar er spennande tema med mange ulike sider som eg har fått fordjupa meg i gjennom våren 2023.

Tusen takk til fleire tilsette i Bergen Vann for både gode råd og svar på spørsmål i samband datagrunnlaget og arbeid med masteroppgåva. Vidare vil eg utbringe ein ekstra stor takk til min hovudrettleiar ved NMBU, Ulf Rydningen, og mine to side-rettleiarar Vegard Nilsen ved NMBU og Zlatko Cemalovic i Bergen Vann for god og motiverande rettleiing.

Til slutt vil eg takke venner, kollektivet, familien og ikkje minst medstudentar på lesesalen for god støtte og motivasjon gjennom arbeid med masteroppgåva.

Eivind Toft

Ås, Mai 2023

Samandrag

Denne masteroppgåva skal vere eit bidrag til og grunnlag for ei mogeleg avgjerd om å innføre husvassmålalar i Bergen kommune. I hovudplanen punkt 6.4.2.1, står det at ein bør «...utrede sammenhengen mellom merkostnader og merarbeid i forhold til forventet reduksjon i vannforbruk ved innføring av husvannmålere som grunnlag for beslutning om eventuell innføring av husvannmålere i Bergen kommune» (Bergen Vann, 2018). Målet med masteroppgåva er å analysere nærmare kva forbruket hjå private abonnentar med og utan vassmålalar er, for å finne ut kor stor ein eventuell reduksjon i vassforbruk kan vere, dersom ein innfører krav om vassmålalar hjå alle private i kommunen.

Norsk Vann anbefalte i 2016 gjennom rapport B20 (Sivertsen & Bomo, 2016) norske kommunar å nytte eit hushaldningsforbruk på 140 liter per person per døgn (l/p/d), medan hovudplanen til Bergen kommune frå 2016-2026 opererer med 150 l/p/d og hovudplanen frå 2015-2024 opererte med 160 l/p/d (Bergen Vann, 2018). Alle næringsbygg i Bergen har installert vassmålalar, men det er berre ein liten del private som har installert vassmålalar.

I dag er Bergen Nord (Åsane-Arna) delt inn i fleire ulike målesoner, der det er målingar på vassforbruk i kvar sone i sanntid. I denne masteroppgåva er sonevassmålalar etablert mellom 2019 og 2020 nytta for å analysere forbruk i fira soner med ulik storleik i Bergen Nord. Tre av fire soner har vist seg å ha forskjellige, men gode tal som ein stole på. Ut i frå desse tala er det estimert eit tal på hushaldningsforbruk for heile Bergen kommune på 135 l/p/d med usikkerheitsmargin frå 135-148 l/p/d.

På bakgrunn av data frå husvassmålalar i Bergen, som viser eit snittforbruk på 125 l/p/d, og intervju med kommunar med god vassmålardekning, er det kome fram til at ein reduksjon på minimum 10 l/p/d og maks 23 l/p/d er realistisk for dei private som får installert vassmålalar. Det bør likevel gjerast ein grundigare usikkerheits-analyse før Bergen kommune tek ei avgjerd. Det er nemleg ikkje observert nokon fallande trend i hushaldningsforbruk hjå det vesle utvalet av private med installert vassmålalar i perioden mellom 2011-2022. Vidare er dei økonomiske forholda for abonnenten knytt til frivillig innføring av husvassmålalar i dag, og potensielle krav til vassmålalar, vurdert. Det har vist seg lite gunstig å installere vassmålalar i dag med mindre ein har eit over gjennomsnittleg stort areal og bur få personar saman, har svært lite vassforbruk eller ikkje bruker bustaden deler av året.

Oppgåva har også undersøkt andre nærståande spørsmål. Vassforbruket i varmeperiodar, spesielt i eine- og tomannsbustad-strøk, har vist seg å auke med ca. 10 % samanlikna med perioden før varmeperioden, noko Bergen Vann kan planlegge for ved framtidige varmeperiodar. Vidare er næringsforbruket i sin heilheit analysert, noko som har vore mogeleg på bakgrunn av krav til vassmålalar hjå alle næringsverksemdar. Analysen viser ein tydeleg trend der næringskategorien som heilheit, og dei fleste underkategoriane har hatt ein nedgang i vassforbruk per målar. Det er også analysert vassforbruk hjå abonnentar med installert vassmålalar under nedstenging pga. Covid-19 restriksjonar. Denne analysen viste ein tydeleg auke i vassforbruk som følgje av auka tid heime med heimeskule og heimekontor, medan ei av sonene viste ein auke på 15 % frå 2019 - 2020.

Satsinga til Bergen Vann fram til no for å redusere vassproduksjonen på vassbehandlingsanlegga (VBA), som har vore lekkasjereduksjon, har vist seg å vere ein god prioritering. Ein moglegheit som bør vurderast er å sette krav til vassmålalar i nye bustadar, medan krav om at alle private må installere vassmålalar vil vere vanskeleg å forsvare reint økonomisk og fagleg.

Summary

This master's thesis will contribute to and provide a basis for a potential decision to introduce residential water meters for all households in Bergen municipality. Chapter 6.4.2.1 of the municipal sub-plan for water supply states that "the correlation between different additional costs and workload and the expected reduction in water consumption because of the implementation of household water meters, should be investigated as a basis for deciding whether to require implementation of residential water meters in Bergen municipality or not" (Bergen Vann, 2018). An important part of this master's thesis is to make an analysis of the water consumption among private households, with and without residential water meters, in order to determine the potential reduction in water consumption that could be achieved, if a requirement for water meters is introduced for all households in Bergen municipality.

Norsk Vann, which is the national interest organization for the water industry, has since 2016 used a household consumption estimate of 140 litres per person per day (l/p/d). On the other hand Bergen municipality's main plan for 2016-2026 estimates 150 l/p/d, and the 2015-2024 main plan estimates 160 l/p/d (Bergen Vann, 2018), p. 29). Although all businesses and industry in Bergen have water meters installed, only a small percentage of private households have them installed.

The Bergen Nord district is divided into several district metered areas (DMA), each with real-time monitoring of the water consumption. Through this master's thesis, DMA water meters which were established in 2019 and later, were used to study water consumption in four different DMAs in Bergen Nord. Three of the DMAs, with varying sizes and population, had reliable data. Based on the data from those 3 DMAs, an estimated household consumption of 135 l/p/d, with an uncertainty range of 135 to 148 l/p/d, was calculated for the entire Bergen municipality.

Data from residential water meters in Bergen, together with results from a literature review and interviews, showed an average consumption of 125 l/p/d without uncertainty analysis. Accordingly, it was calculated that a reduction of 10 to 23 l/p/d for private households switching from estimated to metered consumption, is realistic. Economic factors related to the voluntary choice of installing water meters, and potential requirements from the municipality for their installation, were evaluated. The results are that installing water meters today is not advantageous, unless the household has few people and an area above average, extremely low water consumption, or is not inhabited for large parts of the year.

Other topics covered in this thesis include water consumption in households during heat waves, particularly in detached households with a garden, which has been shown to increase by over 10 % compared to a period before the heat wave. Bergen municipality can plan for this for future heat waves. Additionally, the overall water consumption in business and industry was analysed, which was made possible by the requirement for water meters for all industry. A clear trend indicated a significant decrease in water consumption per water meter across most of the different industry categories.

An analysis has been conducted on water consumption in households with installed residential water meters during lockdowns associated with Covid-19. This analysis has showed a clear increase in the average water consumption because of more time at home, with one of the DMAs showing a 15 % increase from 2019 to the first pandemic year 2020.

Bergen Vann's investments in reducing water production at water treatment plants, with a focus on reducing leaks, has so far been a good priority. One possibility that should be considered is to not require residential water meters in existing households, but only in new household. That is easier to justify economically both for the people of Bergen and Bergen Vann.

Innholdsforteikning

FORORD	II
SAMANDRAG	III
SUMMARY	IV
INNHALDSFORTEIKNING	V
FIGURAR	VI
TABELLISTE	VIII
1 INTRODUKSJON	1
1.1 MÅL OG FORSKINGSSPØRSMÅL	2
1.2 AVGRENSING	2
2 BAKGRUNN	3
2.1 NORSKE TAL FOR VASSFORBRUK	3
2.2 HUSVASSMÅLARAR	3
2.3 SONEVASSMÅLARAR	5
2.4 LEKKASJEMENNGDE	6
2.5 INNRAPPORTERING TIL SSB OM SPESIFIKK VASSFORBRUK I NORGE	8
2.6 PRISNIVÅ PÅ VA-GEBYR I NORSKE KOMMUNAR	11
2.7 GEBYRREGULATIV FRÅ 1990 TALET FOR FAKTURERING AV VASSFORBRUK	12
2.8 ENDRING I FORBRUK FOR ABONETAR SOM FÅR INSTALLERT VASSMÅLAR	12
2.9 BERGEN KOMMUNE SITT VASSDISTRIBUSJONSNETT OG HUSHALDNINGSFORBRUK	13
3 METODE	14
3.1 UTVELJING AV SONER	14
3.2 PRESENTASJON AV DEI 4 ULIKE SONENE	16
3.3 DATAINNSAMLING	23
3.4 ANALYSE AV SONEVASSMÅLINGAR	25
3.5 STUDERE TIDSSERIER OVER VASSFORBRUK FRÅ MÅLARAR INSTALLERT BÅDE HJÅ PRIVATE OG NÆRING	27
3.6 SAMANHENG MELLOM VARME- OG KULDEPERIODAR, VASSPRODUKSJON- OG FORBRUK	29
3.7 DAGENS REKNESTYKKE VED INSTALLASJON AV HUSVASSMÅLAR	30
3.8 ERFARINGSHENTING FRÅ ANDRE KOMMUNAR	31
3.9 KOSTNAD OG NYTTE VED INNFØRING AV VASSMÅLARAR	32
4 RESULTAT OG DISKUSJON	33
4.1 HUSHALDNINGSFORBRUK HJÅ PRIVATE HUSSTANDAR UTAN HUSVASSMÅLAR I DEI SONENE SOM ER ANALYSERT	33
4.2 EVENTUELL ENDRING I VASSFORBRUK HJÅ PRIVATE SOM HAR INSTALLERT HUSVASSMÅLAR	40
4.3 ANDRE SIDESPRANG I MASTEROPPGÅVA: VASSPRODUKSJON, COVID-19, NÆRING OG VARME- OG KULDEPERIODAR	45
4.4 FORDELAR OG ULEMPER KNYTT TIL AUKA UTPLASSERING AV HUSVASSMÅLARAR I BERGEN	51
5 KONKLUSJONAR	56
5.1 VIDARE ARBEID	56
REFERANSAR	57
VEDLEGG A. DATA OM SONENE	59
VEDLEGG B. VARME- OG KULDEPERIODAR MED FORBRUK I SONER OG PRODUKSJON	64
VEDLEGG C. DATA FRÅ VASSMÅLARAR HJÅ PRIVATE OG NÆRING, VASSPRODUKSJON OG ANNA	66

Figurar

FIGUR 1: MEKANISK HUSVASSMÅLAR (ØWRE-JOHANSEN, 2023).....	4
FIGUR 2: DIGITAL HUSVASSMÅLAR (JANSSEN, 2019).	5
FIGUR 3: EI SKISSA OVER EIT VASSDISTRIBUSJONSNETT. SONENE VERT AVGRENSA AV STENGTE VENTILAR OG SONEVASSMÅLARAR. PÅ FIGUREN AVGRENSAR DEI GRÅ LINJENE DEI ULIKE SONENE (FERRARI ET AL., 2014).....	5
FIGUR 4: SONEVASSMÅLER MED DIVERSE EKSTRAUTSTYR, SOM EKSEMPELVIS KONVERTERER MÅLT VASSMENGD TIL SIGNALER. (WITZØE, 2023).	6
FIGUR 5: LITE LOKK PÅ GATEPLAN I CALIFORNIA DER VASSMÅLAREN ER MONTERT (OLIVENHAIN, 2023).....	7
FIGUR 6: VASSMÅLAREN Plassert på overgangen mellom privat og offentlig vassleidningar (OMWD) i California (OLIVENHAIN, 2023).....	8
FIGUR 7: HUSHALDNINGSFORBRUK I NORSK KOMMUNAR SORTERT I STIGANDE REKKEFØLGJE UT IFRÅ KVA HUSHALDNINGSFORBRUK DEI RAPPORTERER OM. EI SØYLE REPRESENTERER EIN KOMMUNE (SSB, 2023A).....	9
FIGUR 8: HUSHALDNINGSFORBRUK I NORSKE KOMMUNAR MED MINDRE ENN 80 % VASSMÅLARDEKNING I 2021 (SSB, 2023A).....	9
FIGUR 9: HUSHALDNINGSFORBRUK I NORSKE KOMMUNAR MED MINST 80 % VASSMÅLARDEKNING I 2021. (SSB, 2023A)	10
FIGUR 10: VA-GEBYR I NORSKE KOMMUNAR I 2023 DER KVAR SØYLE REPRESENTERER EIN AV DEI 325 KOMMUNANE SOM HAR OPPGIT TALA. MERK AT ALLE TALLA ER EKSKLUDERT MEIRVERDI AVGIFT (MVA). TALA PÅ MEDIAN OG GJENNOMSNIITT ER IKKJE VEKTA MED TANKE PÅ TAL PÅ INNBYGGARAR PER KOMMUNE.	11
FIGUR 11: PRIVATE EINEBUSTADER PÅ VOSS HAR REDUSERT VASSFORBRUKET FRÅ ÅR 1992-2000. SAMSTUNDES HAR TALET PÅ VASSMÅLARAR GÅTT OPP. TALA ER BASERT PÅ INTERVJU MED DEI SOM JOBBAR I VOSS KOMMUNE I DENNE PERIODEN.	13
FIGUR 12: SKJERMUTKLIPP FRÅ DATAPROGRAMMET TIL BERGEN VANN: KEYZONES I ENVIDAN PORTAL. KARTET VISER EIN OVERSIKT OVER SONENE RUNDT DRIKKEVASSKJELDA JORDALSVATNET. DEI ULIKE FARGANE SKIL SONENE FR KVARANDRE.	15
FIGUR 13 KART OVER BERGEN NORD MED ALLE DEI 4 SONENE OG BERGEN SENTRUM MARKERT.....	16
FIGUR 14: SONE NO04_08 MARKERT MED RAUD STREK RUNDT SONA OG TILSTØYTANE SONER UTANOM.	17
FIGUR 15: TEIKNFORKLARINGAR TIL KARTA I FIGUR 14-FIGUR 18. MERK AT VM, ER EI FORKORTING FOR (SONE)VASSMÅLAR, MEDAN SVA OG SVH ER STENGTE VENTILAR. DEN MØRKE OG LYSE BLÅFARGEN VISUALISERER OFFENTLEGE- OG PRIVATE VASSLEIDNINGAR.	18
FIGUR 16: KART OVER SONE NO05_02. KRYSSA ER STENGTE VENTILER	19
FIGUR 17: KART OVER SONE NO07_04	20
FIGUR 18: KART OVER SONE NO12_05.....	22
FIGUR 19: UTKLIPP FRÅ EXCEL-DOKUMENT MED FOKUS PÅ SONE NO07_04. DET VERT VIST FRAM DATA FRÅ STARTEN AV FEBRUAR 2021.	25
FIGUR 20: VASSFORBRUKET EIT HEILT DØGN I EIN TILFELDIG VALT KVARDAG I 2022. SIDAN DET ER 1440 MINUTT/SØYLER ER DET VANSKELEG Å SJÅ DEN MINSTE VERDIEN MED DENNE OPPLØYSINGA. EIN GÅR UT I FRÅ AT ALT UNDER MNF KLOKKA 02:12 ER LEKKASJAR, SOM ER MARKERT I FIGUREN. DERMED ER DET GJENNOMSNIITT MINUS MNF SOM VERT DET SPESIFIKKE HUSHALDNINGSFORBRUKET, MARKERT I FIGUREN SOM FORBRUK.....	26
FIGUR 21: HUSHALDNINGSFORBRUK I DEI ULIKE SONENE VHA. SONEVASSMÅLINGAR. SIDAN EIN I ANALYSEN ANTEK AT INNVEDIG HUSINSTALLASJON ER 100 % TETT, NOKO SOM SANNSYNLEGGVIS IKKJE STEMME, SÅ ER DEI REELLE TALLA PÅ HUSHALDNINGSFORBRUK TRULEG LITT HØGARE. NETTOPP DETT ER VERT Å NEMNE SIDAN MNF I ANALYSEN BESTÅR AV SMÅ INNANDØRS DRYPPLEKKASJAR SOM EKSEMPELVIS RENNANDE SISTERNE. ÅR 2020 I SONE NO12_05 OG SONE NO05_02 INNEHOLD BERRE TALMATERIALE FRÅ EIT HALVT ÅR, MEDAN SONE NO12_05 IKKJE ER REPRESENTATIV.	33
FIGUR 22: SPESIFIKK HUSHALDNINGSFORBRUK I SONE NO04_08 I EIN PERIODE PÅ 2 MÅNADAR I STARTEN AV 2022.	36
FIGUR 23: GJENNOMSNIITTSFORBRUKET PER DØGN ØVST OG ULIKE MNF-VERDIAR HENTA FRÅ ULIKE INTERVALL. DATA ER HENTA FRÅ SONE NO04_08 I FRÅ JANUAR OG FEBRUAR 2022.	36
FIGUR 24: SUM FORBRUK FOR EINEBUSTADER INSTALLERT MELLOM 2012 OG 2016. DEN STIPLA GRØNE LINJA ER TRENDLINJE FOR ALLE MÅLINGANE. FØRSTE ÅR MED DATA ER SOM REGEL IKKJE HEILE ÅR MED MÅLINGAR.	41
FIGUR 25: GJENNOMSNIITTELEG FORBRUK FOR ALLE EINEBUSTADER MED INSTALLERT VASSMÅLAR MELLOM 2012 OG 2016. DEN STIPLA GRØNE LINJA ER EI TRENDLINJE FOR ALLE SNITT VERDIAR. FØRSTE ÅR MED DATA ER SOM REGEL IKKJE HEILE ÅR MED MÅLINGAR.....	41
FIGUR 26: VA-GEBYR ÅRET FØR INSTALLERT VASSMÅLAR MED STIPULERT FORBRUK ER VIST MED BLÅ SØYLER , MEDAN FØRSTE ÅRET MED VASSMÅLAR I 2014 OG MÅLT FORBRUK ER VIST MED ORANSJE SØYLER(BERGEN VANN, 2023).	42
FIGUR 27: SUM NÆRINGSFORBRUK OG SNITT NÆRINGSFORBRUK FRÅ 2011-2022.	46

FIGUR 28: SNITT FORBRUK I ULIKE UNDERKATEGORIER AV NÆRING.	47
FIGUR 29: GJENNOMSNIITTEG VASSPRODUKSJON VED JORDALSVATNET VBA I M ³ / DØGN OG PROSENT AV DAGAR I PERIODEN MED MAKS TEMP PÅ OVER 20 °C. OBS, Y-AKSEN BYRJAR PÅ 9500 M ³ /DØGN, OG IKKJE 0, FOR Å TYDELEGGJERE FORSKJELLANE.	48
FIGUR 30: VASSFORBRUK I SONE NO04_08 KOMBINERT MED PROSENT AV DAGANE I PERIODEN MED 20 °C MAKSTEMPERATUR.	49
FIGUR 31: TO VARMEPERIODANE I SONE NO04_08 (TIL VENSTRE I FIGUR) OG NO05_02 (TIL HØGRE). VASSFORBRUKET I VARMEPERIODANE ER REPRESENTERT I ORANSJE SØYLER. DEI BLÅ SØYLENE VISER KOR MANGE PROSENT LÅGARE HUSHALDNINGSFORBRUKET (L/P/D) VAR I PERIODEN FØR VARM.P, MEDAN DEI GRÅ SØYLENE VISER KOR MYKJE LÅGARE VASSFORBRUKET VAR I SNITTET AV ANDRE ÅR I FORHOLD TIL VARM.P.....	50
FIGUR 32: UTKLIPP FRÅ DATASJØEN TIL BERGEN VANN DER EIN HENTAR INN MINUTTDATA. UNDER BOKSEN TAG(S) STÅR ID-EN TIL SONEVASSMÅLAREN SOM FØRER VATN INN TIL SONE NO04_08. (BERGEN KOMMUNE, 2023A).....	59
FIGUR 33: SONE NO04_08: PERSONAR PER BUSTAD OG PROSENTFORDELING AV BUSTADKATEGORIER I SONA.....	59
FIGUR 34: SONE NO05_02 PERSONAR PER BUSTAD OG PROSENTFORDELING AV BUSTADKATEGORIER I SONA	60
FIGUR 35: SONE NO07_04: PERSONAR PER BUSTAD OG PROSENTFORDELING AV BUSTADKATEGORIER I SONA.....	60
FIGUR 36: SONE NO12_05: PERSONAR PER BUSTAD OG PROSENTFORDELING AV BUSTADKATEGORIER.	61
FIGUR 37: BERGEN KOMMUNE: PERSONAR PER BUSTAD OG PROSENTFORDELING AV BUSTADKATEGORIER I HEILE BERGEN KOMMUNE	61
FIGUR 38: ÅSANE BYDEL SOM ER EIN STOR DEL AV BERGEN NORD, DER TRE AV SONENE LIGG. FIGUREN VISER PERSONAR PER BUSTAD OG PROSENTFORDELING AV BUSTADKATEGORIER	62
FIGUR 39: LENGDE OG ALDER PÅ DEI ULIKE VA-LEIDNINGANE I SONENE.	62
FIGUR 40: LENGDE OG SNITT DIMENSJON AV BÅDE PRIVATE OG KOMMUNALE VA-LEIDNINGAR I SONENE.	63
FIGUR 41: LENGDE PÅ PRIVATE STIKKLEIDNINGAR I DEI ULIKE SONENE (M/BUSTAD). I TILLEGG VISER DEN HØGRE Y-AKSEN KOR STOR PROSENTDEL SOM ER PRIVATE LEIDNINGSMETER AV TOTALEN I SONA.....	63
FIGUR 42 GJENNOMSNIITTEG VASSPRODUKSJON I HEILE BERGEN KOMMUNE OPPGITT I M ³ / DØGN OG PROSENT AV DAGAR I PERIODEN MED MAKS TEMP PÅ OVER 20 °C. OBS, Y-AKSEN BYRJAR PÅ 70000 M ³ /DØGN VASSPRODUKSJON OG IKKJE 0 FOR TYDLEGARE Å SJÅ FORSKJELLANE.....	64
FIGUR 43: MIDDELTEMPERATUREN VED FLORIDA METROLOGISTASJON I BERGEN I DEI TRE PERIODANE	64
FIGUR 44: KULDEPERIODEN I BERGEN FRÅ DEN 01.01.21-15.02.2021. SJÅ KULDEPERIODEN I ÅR NUMMER 3 MED SPESIFIKK FORBRUK PÅ 166 L/P/D SAMANLIKNA MED SAME PERIODE DEI ANDRE ÅRA UTAN TILSVARANDE KULDEPERIODE. FIGUREN VISER EIN AUKE I BÅDE SPESIFIKK FORBRUK OG LEVERT VATN TIL SONE NO04_08 I KULDEPERIODEN.....	65
FIGUR 45: VASSFORBRUK I BERGEN KOMMUNE MÅLT I M ³ /VASSMÅLAR/ÅR. SOM EIN KAN SJÅ ER DET EI RELATIVT FLAT LINEÆR GRAF PÅ ALLE PRIVATE VASSMÅLARAR SOM HAR VORE I DRIFT (OGSÅ FØR 2011).....	66
FIGUR 46: VASSPRODUKSJON OG VASSFORBRUK HJÅ PRIVATE, NÆRING OG ALLE VASSMÅLARAR I BERGEN , DER ALLE TAL ER I TUSEN M ³ /ÅR	67
FIGUR 47: VASSPRODUKSJON I MILL.M ³ /ÅR PÅ HØGRE Y-AKSE OG FORBRUK MED LINJEDIAGRAM I TI TUSEN M ³ /ÅR PÅ DEN VENSTRE Y-AKSEN. EIN KAN SJÅ AT VASSPRODUKSJONEN SAMLA SETT HAR GÅTT NED I BERGEN, OG DET SAME HAR DET TOTALE FORBRUKET (PRIVATE, NÆRING, KOMBINERT OSV.), TIL TROSS FOR FLEIRE INSTALLERTE MÅLARAR. FOR PRIVATE HAR TOTALFORBRUKET GÅTT GRADVIS OPP I DENNE PERIODEN SOM KAN FORKLARAST MED STØRST PROSENTVIS AUKE I TAL NYE MÅLARAR SAMANLIKNA MED NÆRING OG TOTALT	67
FIGUR 48: VA-GEBYR FOR DEI 27 EINEBUSTADANE SOM INSTALLERTE VASSMÅLAR I 2016. DEI BLÅ SØYLENE ER VA- GEBYR ÅRET FØR INSTALLERT VASSMÅLAR, OG DEI ORANSJE ER FØRSTE ÅRET MED VASSMÅLAR (BERGEN VANN, 2023).	68

Tabelliste

TABELL 1: PARAMETER SOM BØR TAKAST MED I BEREKNINGA KNYTT TIL LEKKASJENIVÅ I KOMMUNANE.(MALM, 2018)	7
TABELL 2: OVERSIKT OVER DEI ULIKE KATEGORIANE AV KOMMUNAR BASERT PÅ VASSMÅLARDEKNING. I DESSE DATA ER DET IKKJE TEKE OMSYN TIL TALA PÅ INNBYGGARAR I DEI ULIKE KOMMUNANE (SSB, 2023B).	10
TABELL 3: SONE NO04_08 MED TALET PÅ PERSONAR PER BUSTAD FOR DEI ULIKE BUSTADKATEGORIANE.	18
TABELL 4: SONE NO05_02 MED TALET PÅ PERSONAR PER BUSTAD FOR DEI ULIKE BUSTADKATEGORIANE	19
TABELL 5: SONE NO07_04 MED TALET PÅ PERSONAR PER BUSTAD FOR DEI ULIKE BUSTADKATEGORIANE	21
TABELL 6: SONE NO12_05 MED TALET PÅ PERSONAR PER BUSTAD FOR DEI ULIKE BUSTADKATEGORIANE	21
TABELL 7: ULIKE KATEGORAR AV VASSMÅLARAR I BERGEN KOMMUNE. TIL INFO ER DET 454 VASSMÅLARAR SOM TIDLEGARE HAR VORE I DRIFT, MEN SOM PER 1.1.2023 ER NEDLAGT ELLER UTE AV DRIFT.	27
TABELL 8: VISUALISERING AV VASSMÅLARKALKULATOREN SINE DEFINISJONAR AV LÅGT MIDDELS OG HØGT FORBRUK.	31
TABELL 9: RELEVANT INFORMASJON FRÅ DEI ULIKE SONER SOM ER MED PÅ Å FORKLARE SKILNADANE I HUSHALDNINGSFORBRUK.	34
TABELL 10: UTRERNA VASSFORBRUK OG DERMED LEKKASJAR I SONE NO04_08 VED BRUK AV ULIKE INTERVALL.	37
TABELL 11: KATEGORIANE AV BUSTADER BRUKER IFØLGJE VASSMÅLARAR I BERGEN FOR 2022, I TILLEGG TIL EIT VEKTA GJENNOMSNITT PÅ BAKGRUNN AV TAL PÅ MÅLARAR OG PÅ BAKGRUNN AV BUSTADKATEGORAR.	37
TABELL 12: HUSHALDNINGSFORBRUK OPPGITT AV KOMMUNAR TIL KOSTRA OG SSB I 2021, SAMANLIKNA MED TALA OPPGITT I INTERVJU.	38
TABELL 13: PERSONAR /BUSTAD I BERGEN KOMMUNE. BLIR NYTTA SOM GRUNNLAG I VEKTING.	40
TABELL 14: INNSPARING VED MÅLT REALISTISK HUSHALDNINGSFORBRUK FOR TO ULIKE KATEGORAR, SOM ER BLOKKLEILEGHEIT OG EINE- OG TOMANNSBUSTAD. (BERGEN VANN, 2023).....	43
TABELL 15: BAKGRUNNSINFORMASJON TIL BÅDE BLOKKER OG EINEBUSTADER.....	52
TABELL 16: BUSTADBLOKKER, REKNESTYKKE	53
TABELL 17: REKNESTYKKE FOR EINEBUSTADER I BERGEN.....	53
TABELL 18: REDUSERTE UTGIFTER SOM FØLGJE AV REDUKSJON I FORBRUK OG KOSTNADAR VED VASSMÅLARAR OG TILSETTE. VED EVENTUELL INNØRING AV VASSMÅLAR HJÅ ALLE PRIVATE I BERGEN KOMMUNE. ALLE TAL I TABELLEN ER I MILLIONAR KRONER-	54

1 Introduksjon

Vatn er ein viktig ressurs og er grunnlaget for alt liv. FN har utarbeida 17 berekraftsmål, der nummer 6 forpliktar land i verda å sikre at alle har tilgang på reint drikkevatt innan 2030 (FN-sambandet, 2023). I Norge har dei aller fleste tilgang på reint og godt drikkevatt, enten gjennom kommunal vassforsyning eller private drikkevasskjelder. Mange tek tilgangen på reint vatn for gitt, og er ikkje bevisst på sitt eiga forbruk. Med tanke på klimaendringar som tørkeperiodar etterfølgt med store flaumar kan dette bli ein utfordring. Vassparingstiltak som miljøtiltak er i denne samanhengen vert å nemne.

Bergen kommune sin hovudplan for vassforsyning frå 2019 til 2028 (Bergen Vann, 2018), er eit nyttig verktøy for Bergen Vann, og seier noko om kva kommunen bør fokusere på i ein 10-årsperiode. I denne planen står det under punkt 6.4.2.1 om generelle tiltak at Bergen Vann skal: «Utrede sammenhengen mellom merkostnader og merarbeid i forhold til forventet reduksjon i vannforbruk ved innføring av husvannmålere som grunnlag for beslutning om eventuell innføring av husvannmålere i Bergen kommune.». Denne «forventa reduksjonen» i vassforbruk har å gjere med at ein går over til å betale for det faktiske forbruket, og dermed blir meir bevisst og klarer å redusere sitt eiga vassforbruk. I denne planen står det også litt om erfaringar knytt til vassforbruk frå andre kommunar med vassmålar.

I dag er usikkerheita i hushaldningsforbruket hjå private abonnentar stor. Kommunane i Norge har god kontroll på kor mykje vatn som blir reinsa og sendt ut på drikkevassnettet, medan dei har mindre kontroll på fordelinga av forbruk og lekkasjar. Norsk Vann har gjennom rapport B20 (Sivertsen & Bomo, 2016) mellom anna på bakgrunn av erfaringar og data frå kommunar med god dekning av husvassmålarar, anbefalt norske kommunar å nytte eit spesifikk netto hushaldningsforbruk på 140 liter per person per døgn (l/p/d). Hushaldningsforbruk av vatn er ofte svært vanskeleg å måle utan at ein har god dekning av vassmålarar. Hovudplanen for vassforsyning i Bergen kommune 2019-2028 opererer med 150 l/p/d og hovudplanen frå 2015-2024 opererte med 160 l/p/d (Bergen Vann, 2018).

I Bergen kommune har dei i staden fokusert på auka inndeling i mindre lekkasje soner, for å effektivisera lekkasjedeteksjonen og dermed redusere vassproduksjonen. I Bergen Nord, som ligg i Åsane-Arna bydel, har Bergen Vann sidan starten i 2019 etablert og fortetta eksisterande soneinndeling med ytterlegare 30 nye soner. Denne soneinndelinga fungerer primært bra for å finne lekkasjar, men kan også nyttast som utgangspunkt for forenkla analyse av hushaldningsforbruket i soner, som vil vere fokus i denne masteroppgåva. Denne masteroppgåva skal også handle om korleis ein kan estimere og rekne ut det faktiske netto hushaldningsforbruket i Bergen ved hjelp av sonevassmålarar.

1.1 Mål og forskings spørsmål

Det overordna målet med denne masteroppgåva er gjennom fleire analysar å kartlegge nærmare kva det spesifikke hushaldningsforbruket i Bergen kommune kan vere, hjå abonnentar med og utan husvassmålar. Gjennom tilgang til sonevassmålingar frå ulike soner i Bergen Nord dei siste par åra, i tillegg til vassmålaravlesing frå alle Bergen sine vassmålarar, vil ein kunne komme nærare eit tal på hushaldningsforbruk hjå private husstandar i Bergen, og kor stor reduksjon ein kan forvente ved innføring av husvassmålarar. Ved hjelp av det same datamaterialet skal ein også analysere varmeperiodar sin påverknad på hushaldningsforbruket i form av auka hagevatning, i tillegg til kuldeperiodar med frosttapping av vassrør, og til slutt Covid-19 pandemien sin påverknad på vassforbruket hjå både private og næring i Bergen. Ein skal også analysere trendar i både vassproduksjon hjå VBA og i vassforbruk hjå næring i Bergen kommune frå 2011-2022.

1.1.1 Forskingsspørsmål 1:

Kva er det spesifikke hushaldningsforbruket i dei utvalde sonene med sonevassmålingar i Bergen Nord?

1.1.2 Forskingsspørsmål 2:

Kan ein sjå ein nedgang i vassforbruk hjå husstandar etter dei har installert husvassmålar?

1.1.3 Forskingsspørsmål 3:

Kva er gjennom analysen mogleg å seie om forventa reduksjon i totalt vassforbruk dersom ein innfører/krevjar husvassmålarar hjå private abonnentar i Bergen kommune?

1.2 Avgrensing

- Ein vil sjå på trendar i vassforbruk hjå ulike kategoriar både næring og private, men ikkje nytte avansert statistikk for å vurdere trendane.
- Det blir antekt at funksjonen og tilstanden til sonevassmålarane er ok, i tillegg til at sambandet og datasjødata med tanke på nøyaktigheitsgrad osv. er ok. Ei avansert usikkerheits analyse er difor ikkje ein del av denne oppgåva
- Denne masteroppgåva vil heller ikkje ta for seg dei etiske problemstillingane som ein kan sjå for seg ved fjernavlesne husvassmålarar. Det vert erkjent at data frå digitale fjernavlesne husvassmålarar kan reknast som personvernart, og ein går difor ikkje inn på dei juridiske utfordringane.

2 Bakgrunn

2.1 Norske tal for vassforbruk

Sjølve bakgrunnen for denne masteroppgåva er at Bergen Vann ynskjer betre kunnskap og oversikt over hushaldningsforbruket. Med hushaldningsforbruk så meiner ein den delen av vassforbruket som vert nytta innanfor ein hushaldning, også kalla bueining. Dette vassforbruket kan delast opp i personleg hygiene, klesvask, oppvask, toalettspyling, mat og drikke og anna forbruk. Denne type analyse på detaljnivå av vassforbruk er i liten grad gjennomført i Norge. Norsk vann gjennomførte ein liknande analyse av vassforbruk i soner skildra i rapport B20 (Sivertsen & Bomo, 2016), men utanom dette er deler av masteroppgåva her nybrottsarbeid. Det unike med denne masteroppgåva er m.a. at ein kombinerer relevant info om hushaldningsforbruk frå sonevassmålarar og husvassmålarar. Den same data vert nytta til sjå på samanhengar mellom varme- og kuldeperiodar, Covid-19, og vassproduksjon frå vassbehandlingsanlegget (VBA) i Bergen Nord. Vidare er det gjennomført erfaringshenting frå intervju knytt til andre kommunar som har gjennomført installasjon av husvassmålarar.

Før ein går over til dette er det ein del introduksjon og informasjon som er viktig når det gjeld lesing av denne masteroppgåva. Temaet om vassforbruk i hushaldningar er forska ein del på tidlegare. Endringa i det spesifikke hushaldningsforbruket ved innføringa av husvassmålarar er tidlegare studert av Bomo og Schade(2015, p. 180), Vråle og Dupont (2012) og Kristoffersen(Kristoffersen, 1994). Bomo et.al fant ut at innføringa av husvassmålarar i nokre europeiske land førte til ein reduksjon av normalforbruket som varierte mellom 11 og 23 prosent. Kristoffersen (1994, p. 55) anslo at innføringa av husvassmålarar i Moss kommune førte til ein tydeleg nedgang i forbruket, på opptil 25-30 prosent reduksjon av det maksimale døgnforbruket om sommaren.

Norsk Vann sin rapport B20 (Sivertsen & Bomo, 2016), estimerer hushaldningsforbruket til å vere 140 l/p/d. Fleire kommunar i landet baserer seg på denne anbefalinga i dag. Likevel kan ein kan sjå i Figur 7, at dei fleste kommunar estimerer eit høgare tal enn det Norsk Vann anbefalar. Det er berre 43 av 356 kommunar som rapporterte om eit forbruk på 140 l/p/d eller mindre. I rapporten til Norsk Vann, tok dei m.a. utgangspunkt i to soner i Molde kommune, då det vart rekna ut spesifikk forbruk. Bergen Vann sine egne vurderingar gjort i samband med hovudplanarbeid har kome fram til 150-160 l/p/d (Bergen Vann, 2018).

Fordelane med bruk av vassmålarar er diskutert av Kjonerud og Moen (1994, p. 61), som nemner at «Man vil lettere kunne beregne svinn og lokalisere lekkasjer på ledningsnett, som ellers ikke er synbare». Videre nemner dei forventede reduksjon av vassforbruk indirekte vil «føre til reduksjon i kloakkmengden og redusere kostnader for rensing av ledningsnett»(Kjonerud & Moen, 1994).

2.2 Husvassmålarar

Ein husvassmålar kan enten vere analog med ein mekanisk oppbygging som ikkje krevjar straum, eller den kan vere digital og er avhengig av straumtilkopling. Tidlegare har analoge husvassmålarar vore mest vanleg, medan det i dei seinare åra har vorte meir utbreidd med digitale vassmålarar.

2.2.1 Analoge mekaniske husvassmålalar

Ein mekanisk vassmålar som ein kan sjå på Figur 1, fungerer ved å registrere volumet av vatn som strøymer gjennom den. Vanlegvis består denne målarane av ein røyrforma eining med enten turbin eller impellor inne i røyrret. Når vatnet strøymer gjennom eininga, så roterer turbinen eller impelloren proporsjonalt med mengda vatn som strøymer gjennom.

Vidare er turbinen eller impelloren kople til eit teljeverk som registrerer talet på rotasjonar. Dette telverket konverterer talet på rotasjonar til ein numerisk verdi som vert vist på ein skala på utsida av vassmålarane. Desse målarane blir som regel avlesne ein gong i året av abonnenten, og sendt inn til kommunen som SMS. Det er berre talla framfor komma, som skal verte lese av og ikkje dei med raud bakgrunn. Feil avlesing av abonnenten er ein av feilkjeldene ein kan oppdage.

Fordelen med ein mekanisk vassmålar er at den ikkje treng straum eller batteri, og kan dermed fungere kontinuerleg utan vedlikehald. Desse målarane er som regel i drift i mellom 10 -14 år før kommunen skiftar dei ut.



FIGUR 1: MEKANISK HUSVASSMÅLAR (ØWRE-JOHANSEN, 2023).

2.2.2 Digitale vassmålalar

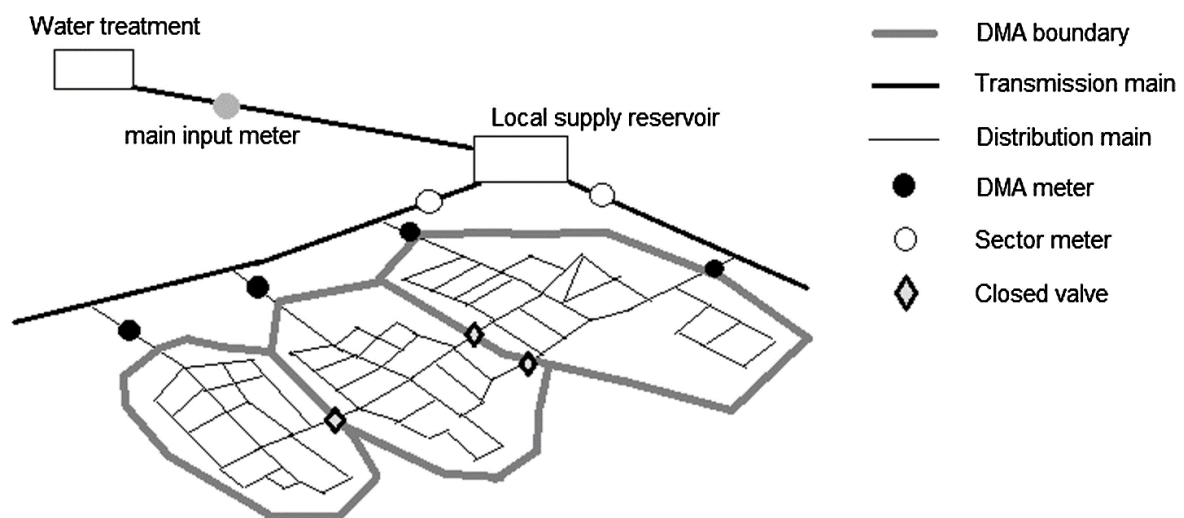
Det finst ulike typar digitale husvassmålalar, med funksjon og utsjånad. På bilete under kan ein sjå korleis innsnevringa inne i målarane der sjølve målinga vert teke. Det er i dag fjernavlesingsmetodar med tovegskommunikasjon, slik at ein ikkje fysisk treng å lese av vassmålarane ein gong i året. Desse moderne målarane kan ha nedre målegrense ned mot 1 liter per time. Eigaren av vassmålar kan med desse målarane få opptil timesoppdatering eller døgnoppdatering på sitt eige vassforbruk. Ved overgang frå analog vassmålar til smart målar, kan potensielt kommunar og vassverkeigarar spare store summer på administrasjon årleg. Dersom ein har avanserte lydloggarar kople saman med digital vassmålar med lang rekkevidde frå hus, kan ein oppdage lekkasjar fort på den private stikkleidningen.



FIGUR 2: DIGITAL HUSVASSMÅLAR (JANSSEN, 2019).

2.3 Sonevassmålarar

Ein sonevassmålar målar vatn inn eller ut frå eit avgrensa geografisk område valt på bakgrunn av vassleidningsdata.



FIGUR 3: EI SKISSA OVER EIT VASSDISTRIBUSJONSNETT. SONENE VERT AVGRENSA AV STENGTE VENTILAR OG SONEVASSMÅLARAR. PÅ FIGUREN AVGRENSAR DEI GRÅ LINJENE DEI ULIKE SONENE (FERRARI ET AL., 2014).

Sonevassmålarar er ofte installert for å kunne drive med lekkasjesøk i sonene, og for kunne overvake og kontrollere vassforbruket. Sonevassmålarane gjev gode moglegheiter å kunne identifisere lekkasjar eller andre uregelmessige svingingar i vassforbruk raskt, ved minutt til minutt oppdatering av forbruk i sonene. Dette kan igjen vere ein økonomisk innsparing, ved at lekkasjar blir fiksa mykje tidlegare og reinsa drikkevatt ikkje renn ut i grunnen i like stor grad.

Storleiken på dei ulike sonene i norske kommunar varierer stort på bakgrunn av fleire faktorar som økonomi, geografi og viljen til å prioritere lekkasjereduksjon på vassdistribusjonsnettet. Det er ofte

gunstig å jobbe for å få meir finmaska soneinndeling der det da blir færre bueiningar per sonevassmåling. Dette er for å få betre oversikt over kvar eventuelle lekkasjar kan oppstå.



FIGUR 4: SONEVASSMÅLER MED DIVERSE EKSTRAUTSTYR, SOM EKSEMPELVIS KONVERTERER MÅLT VASSMENGDE TIL SIGNALER. (WITZØE, 2023).

2.4 Lekkasjemengde

Norsk Vann er den nasjonale interesseorganisasjonen for vassbransjen, og går ut i frå at det gjennomsnittlege lekkasjetapet av drikkevatt i Norge er 30 % (Norsk Vann, 2023). Dette talet er sannsynlegvis høgare, m.a. sidan dei fleste kommunane ikkje har innført krav om vassmålarar hjå private. Vidare har Norge eit mål om å nå mindre enn 20 % lekkasjetap innan 2030 (Vann, 2017).

Lekkasjar i det norske vass- og avlaupsnettet fører kvart år til store mengder tapt vatn, og dermed auka vasskostnader for kommunar og til slutt forbrukarar. Videre seier berekraftsstrategien at 20 % ikkje er absolutt, og at kvar kommune må sette seg eigne mål ut frå eigen situasjon og lokale forhold. Det er langt frå sikkert at prosent (%) er den beste måten å illustrera lekkasjetap på. Ein måleining for lekkasjetap som er nytta meir i det siste er $m^3/km/døgn$, som då speglar betre både store kommunar i utstrekning på vassrør, men også dei små (Langeland & Rostad, 2021).

Bruk av smarte vassmålarar hjå private hushaldningar ved hovudstoppekrana kan bidra til enklare lekkasjesøk på dei private stikkleidningane. Ein kan dermed få ein indikasjon på at det kan vere ei lekkasje på gang dersom ein har akustiske loggar knytt til den smarte vassmålararen. Videre må lekkasje reparasjon sjåast på som ei vektsskål som vist i Tabell 1 der både kostnader ved å ha lekkasjar og fikse lekkasjar vert sett opp mot kvarandre.

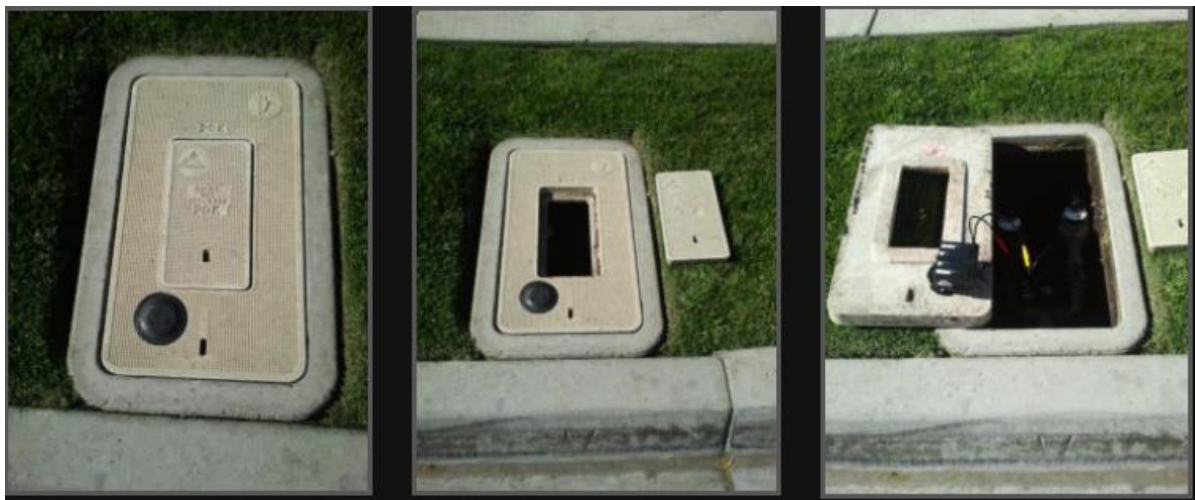
TABELL 1: PARAMETER SOM BØR TAKAST MED I BEREKNINGA KNYTT TIL LEKKASJENIVÅ I KOMMUNANE. (MALM, 2018)

Kostnader for å leite etter vasstap/forbetre leidningsnett.	Kostnader ved å ha vasstap
Måleutstyrs kostnader	Kostnader for ny vasskjelde
Personalkostnader	Vasstapskostnader
Kostnader for tidlegare utskifting av leidningar	Kostnader for akutte reparasjonar
Kostnader for tidlegare utskifting av leidningar.	Kostrepprasjonar pga. tidlegare utskifting
Samfunnskostnader	Samfunnskostnader

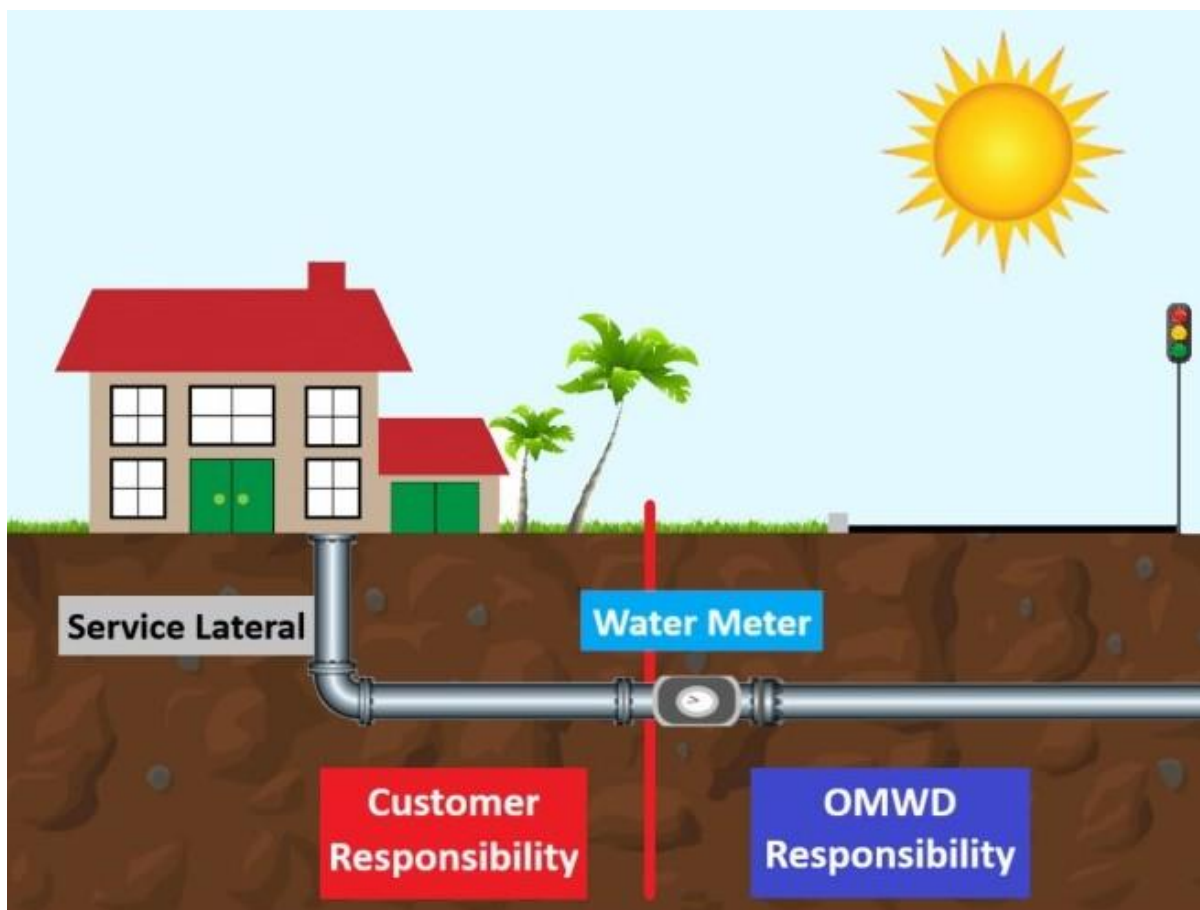
Ut i frå Tabell 1 kan ein sjå at det ikkje er eit eintydig svar for alle kommunar kva som er den beste løysinga med tanke på korleis ein skal forholde seg til deteksjon av lekkasjar på private stikkledning. Ulik geografisk plassering med forskjellig klima og store variasjonar i tilgangen på vatn, er faktorar den kvar enkelte kommune bør vurdere når det gjeld eigne lekkasjar.

Husvassmålalar hjelper for å finne nøyaktig hushaldningsforbruk, men ikkje nødvendigvis på å lokalisere kvar lekkasjane oppstår. I Norge er det mest vanlege at husvassmålaren er montert inne i bueininga ved hovudstoppekrana. Det er dermed vanskeleg å finne ut om lekkasjane oppstår på den private stikkledningen eller på den kommunale vassleidningen. Dersom ein installerer husvassmålalar og eventuelt måler ein nedgang i hushaldningsforbruk, så hjelper ikkje det på reduksjon av lekkasjar. Det fører derimot berre til ein reduksjon av total vassproduksjon ved VBA.

Skulle husvassmålalar likevel hjelpe meir på lekkasjedeteksjon, burde dei i hovudsak vore installert nærmare gata, slik ein til dømes har gjort det i California i USA.



FIGUR 5: LITE LOKK PÅ GATEPLAN I CALIFORNIA DER VASSMÅLAREN ER MONTERT (OLIVENHAIN, 2023).



FIGUR 6: VASSMÅLAREN Plassert på overgangen mellom privat og offentlig vassleidningar (OMWD) i California (Olivenhain, 2023).

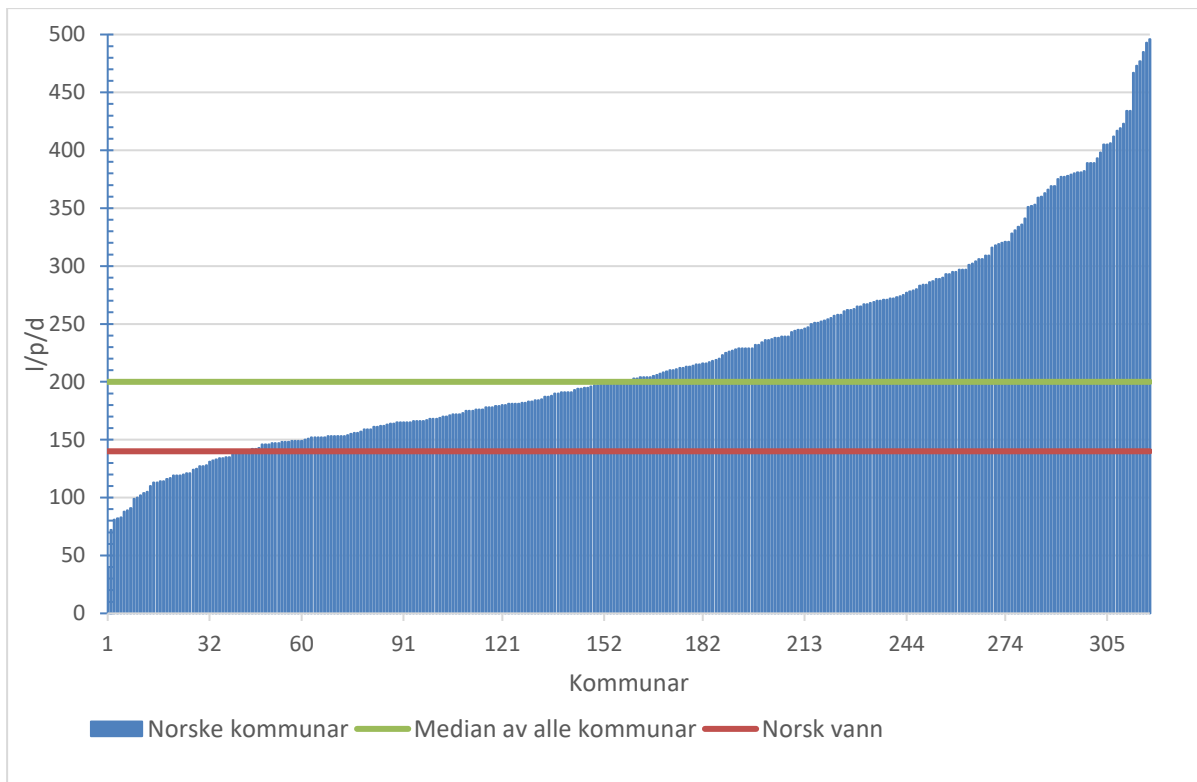
Dersom husvassmålaren er plassert på gata der huseigaren har tilgang, så kan huseigaren på bakgrunn av observert høgare forbruk, sjølv finne ut om ei eventuell vasslekkasje har oppstått på privat eller offentlig vassleidning. Når huseigar har skrudd av hovudstoppekrana inne og slått av all vassforbruk, ville ein liten raud sirkulær lekkasje-detektor på husvassmålaren bevege seg ved eventuell lekkasje, sjå Figur 1.

Likevel tek den norske debatten om bruk av smarte vassmålalarar utgangspunkt i at vassmålalarar installerast inne i bustad slik som i dag. Utfordringar med å plassere husvassmålalarar på gata er mellom anna at i Norge ligg VA-leidningane relativt djupt nede i grøfta for å unngå frost, noko som vil krevje nye kummar til dei smarte vassmålalarane.

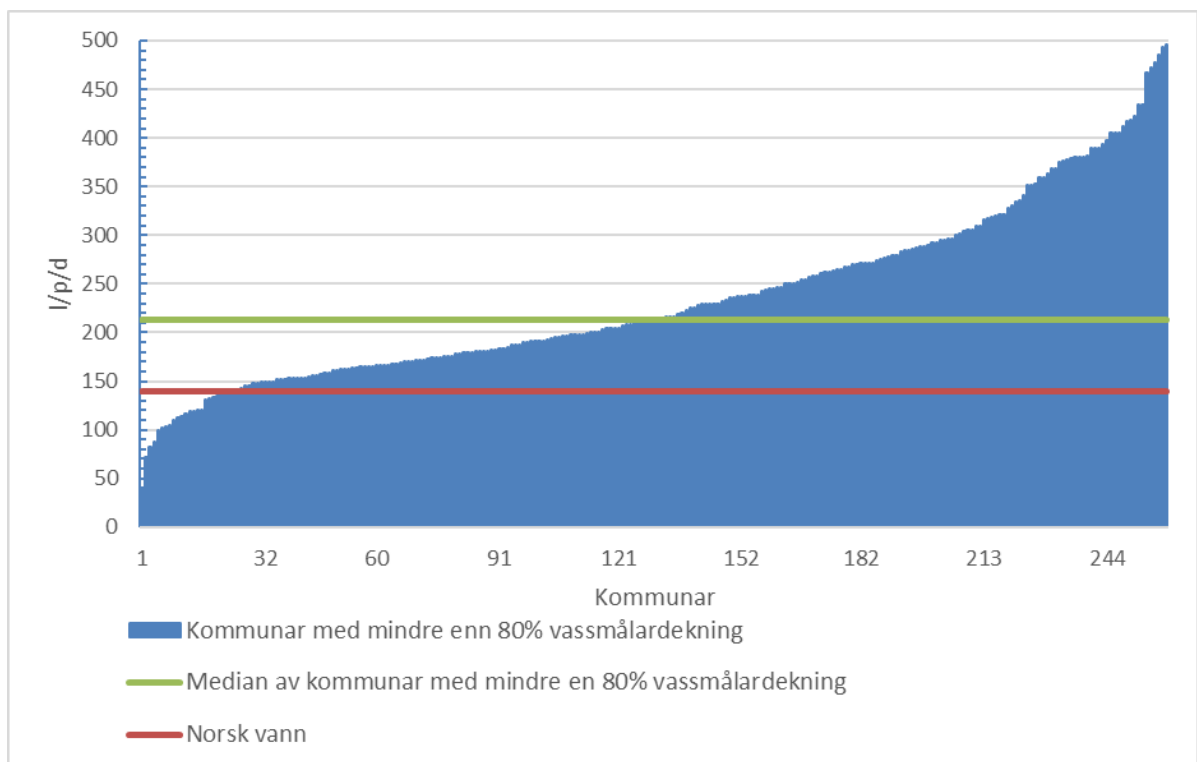
2.5 Innrapportering til SSB om spesifikk vassforbruk i Norge

Ein studie frå NMBU slår fast at norske kommunar mest sannsynleg rapporterer om eit høgare vassforbruk hjå private enn kva som er reelt. (Elvestad, 2019). I 2021 var det berre 1/5 (67 av 356 kommunar) av kommunane i landet som hadde minst 80 % vassmålardekning på husstandane. (SSB, 2023a)

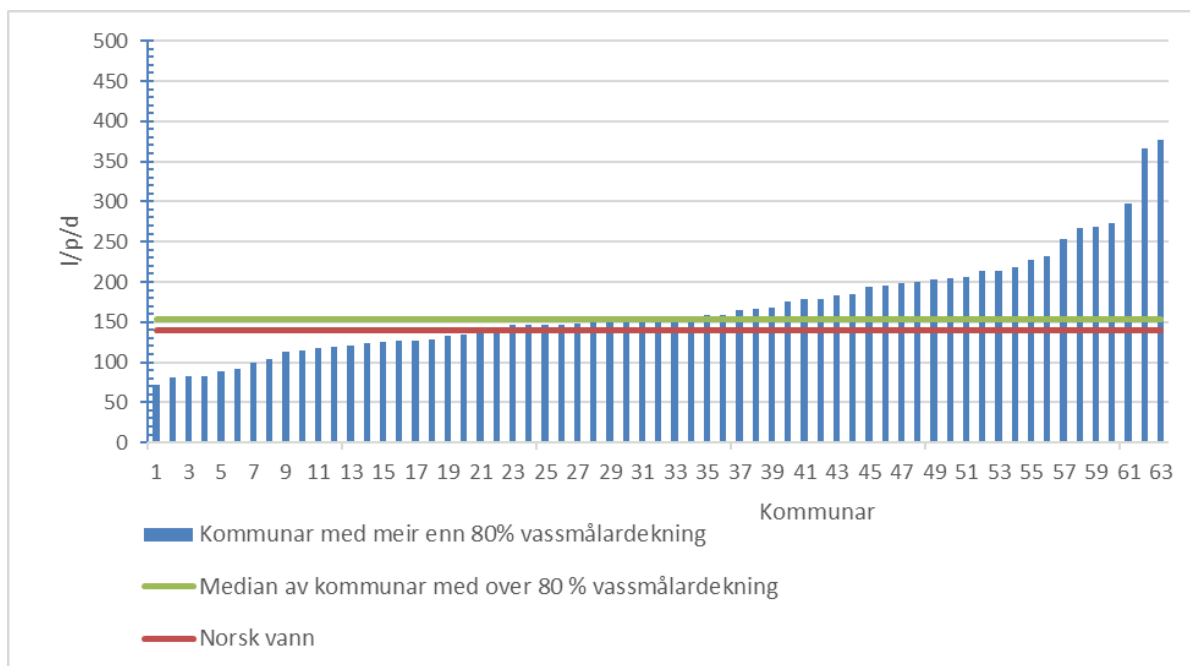
Det er vidare stor skilnad i kva den enkelte kommune oppgjer som spesifikk forbruk, når dei årleg rapporterer til mattilsynet, som igjen blir publisert i Kommune-Stat-Rapporteringa, KOSTRA (SSB, 2023b). Sjø Figur 7 der kvar søyle representerer ein norsk kommune.



FIGUR 7: HUSHALDNINGSFORBRUK I NORSK KOMMUNAR SORTERT I STIGANDE REKKEFØLGJE UT IFRÅ KVA HUSHALDNINGSFORBRUK DEI RAPPORTERER OM. EI SØYLE REPRESENTERER EIN KOMMUNE (SSB, 2023A).



FIGUR 8: HUSHALDNINGSFORBRUK I NORSKE KOMMUNAR MED MINDRE ENN 80 % VASSMÅLARDEKNING I 2021 (SSB, 2023A).



FIGUR 9: HUSHALDNINGSFORBRUK I NORSKE KOMMUNAR MED MINST 80 % VASSMÅLARDEKNING I 2021. (SSB, 2023A)

Frå Figur 9 kan ein tydeleg sjå at dei dei kommunane med ein høg vassmålardekning rapporterer om eit mindre hushaldningsforbruk enn dei kommunane med ein låg dekning på vassmålarar. Det er også tydeleg ut i frå søylene og tala under at det er ganske få kommunar som har ei høg vassmålardekning i kommunen.

TABELL 2: OVERSIKT OVER DEI ULIKE KATEGORIANE AV KOMMUNAR BASERT PÅ VASSMÅLARDEKNING. I DESSE DATA ER DET IKKJE TEKE OMSYN TIL TALA PÅ INNBYGGARAR I DEI ULIKE KOMMUNANE (SSB, 2023B).

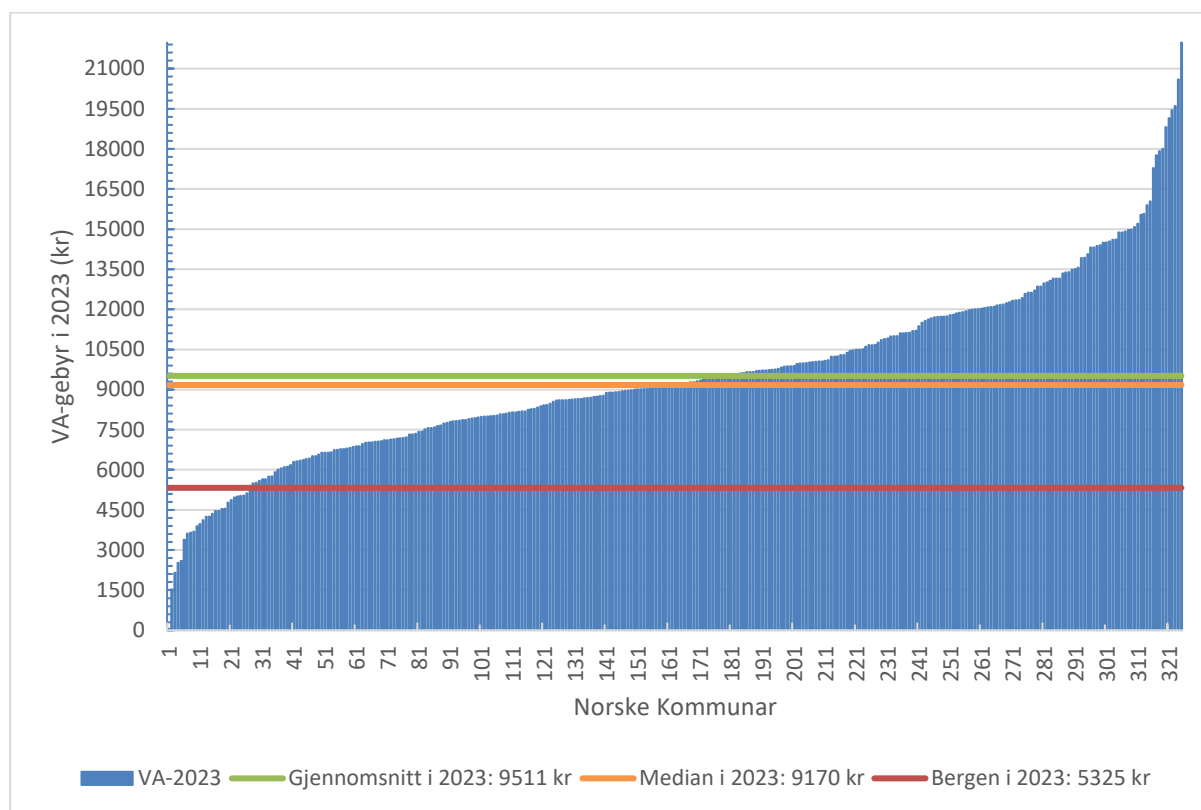
Hushaldningsforbruk i Norske kommunar i 2021 med:	Gjennomsnitt (l/p/d)	Median (l/p/d)
Minst 80 % vassmålardekning	168	153
Mindre enn 80 % vassmålardekning	235	213
Alle kommunar	223	200

Frå Figur 7 ser ein at det er stor skilnad i kva dei ulike kommunane rapporterer om hushaldningsforbruk. Det er ikkje teke omsyn til folketalet i kvar av kommunane når gjennomsnittstal og median er rekna ut. Den kommunen som rapporterte om lågast forbruk er Nærøysund kommune med 40 l/p/d, medan Vang Kommune rapporterte om 496 l/p/d i 2021 (SSB, 2023b). Denne store variasjonen gjev grunnlag for å kunne tvile på om alle forbrukstala er riktige. Det er ifølge masteroppgåva til Elvestad stor grunn til å tru at fleire kommunar er dårlege på å skilje mellom næring- og hushaldningsforbruk (Elvestad, 2019). Sidan dei kommunane med låg vassmålardekning på under 80 % oppgjer dei høgaste tala, er det grunnlag for å tru at ikkje tala er heilt korrekte. Det er svært sannsynleg at ikkje alle kommunar har kontroll på kor mange personar som er knytt til kvar

vassmålar, og at dei difor ikkje baserer seg direkte på vassmålarane i innrapporteringa. Når ein veit kva det faktiske forbruket er, kan ein lettare finne ut av kva som er lekkasje i ulike former. Dersom ein ikkje kjenner det faktiske forbruket kan det vere ein tendens at nokre kommunar pyntar på lekkasjetalet, ved at ein setter det spesifikke hushaldningsforbruket veldig høgt, som igjen fører til at lekkasjetalet vert lågare og ser betre ut.

2.6 Prisnivå på VA-gebyr i Norske kommunar

Prisane på vatn og avlaup variera mykje ut i frå kva kommune i Norge ein oppheld seg. For å kunna samanlikna talla frå alle kommunane, tek ein utgangspunkt i årlege VA-gebyr for ein standard bustad på 120 m² der alle tala er ekskl. mva. Dei kommunale VA-gebyra knytt til VA i 2023 strekte seg frå 57 kroner i Karasjok kommune til 21966 kroner i Flesberg kommune. Gjennomsnittleg er gebyra på 9511 kr i 2023 som ein kan sjå i Figur 10, noko som betyr at gebyra i snitt auka med 13 % på to år sidan 2021. Bergen kommune på si side ligg under snittet med eit VA-gebyr på 5325 kroner i 2023.



FIGUR 10: VA-GEBYR I NORSKE KOMMUNAR I 2023 DER KVAR SØYLE REPRESENTERER EIN AV DEI 325 KOMMUNANE SOM HAR OPPGITT TAL. MERK AT ALLE TALLA ER EKSKLUDERT MEIRVERDIAVGIFT (MVA). TALA PÅ MEDIAN OG GJENNOMSNIITT ER IKKJE VEKTA MED TANKE PÅ TAL PÅ INNBYGGARAR PER KOMMUNE.

Det er forventingar i bransjen at prisane på VA-gebyra kjem til å stige også dei kommande åra. Dette har fleire samansette grunnar som renteaukingar, auka straumutgifter, og nødvendige oppgraderingar på det norske VA-nettet. Den norske VA-sektoren har som kjent eit enormt vedlikehaldsetterslep og investeringsbehov, der nye krav til reinsing av avlaupsvatn kjem i tillegg. Sintef og Norconsult utførte ein rapport på oppdrag for Norsk Vann, der dei skreiv følgjande: «Kommune-Norge må investere rundt 332 milliarder kroner i vann- og avløpsnettet de to neste tiårene, ifølge en ny utredning. Konsekvensene av å ikke følge anbefalingene kan bli drastiske.» (Bruaset, 2021).

2.7 Gebyrregulativ frå 1990 talet for fakturering av vassforbruk

Det er ulike måtar å fakturere drikkevatn på, noko som kjem fram frå av Loven -ref. Forskrift om kommunale VA-gebyr: (Miljøverndepartementet, 2004). Grunnlaget for VA-gebyret er sjølvkostprinsippet, som kort forklart betyr at abonnentane sammen skal finansiere utgiftene til drikkevatn og avlaup. Det står følgjande i paragraf 4 frå same lov om årsgebyr: «Årsgebyret skal enten beregnes på grunnlag av målt eller stipulert vannforbruk Det stipulerte forbruket skal i størst mulig grad tilsvare reelt forbruk.»

Standardpraksis blant norske kommunar er å ha eit abonnentsgebyr, som er eit fast ledd berekna på bakgrunn av bruksareal som alle abonnentar må betale. Det faste leddet er med å dekke relevante kostandar knytt til drift og vedlikehald av det kommunale VA-nettet. Deretter er det to alternativ for å rekne ut den variable delen av VA-gebyret på:

- 1) Målt forbruk over vassmålar.
- 2) Stipulert (anteke) forbruk berekna på grunnlag av bruksarealet på bueininga.

Under den sistnemnte forma tek ein som regel ikkje omsyn til tal på personar i bueininga. Faktura blir ofte sendt ut ein gong i året. Dersom ein vert fakturert på bakgrunn av målt vassforbruk, må ein enten sende inn vassmålarartal til kommunen, eller så blir det automatisk sendt gjennom ein fjernavlesen vassmålar.

Både kommunane og private har gjennom lova ein lovheimel til å kunne krevje vassmålar, der årsforbruk og VA-gebyr vert berekna etter. Dei fleste kommunane i landet har krav til vassmålarar hjå næring, men berre ein brøkdelen har komme med same krav til dei private. Av dei 63 kommunane med høg vassmålardekning som ein kan sjå i Figur 9, har nokre innført krav til alle privat må ha vassmålar. Andre kommunar derimot har oppnådd høg vassmålardekning gjennom frivillige insentiv, som gjer at det økonomisk lønner seg for abonnenten å installere vassmålar.

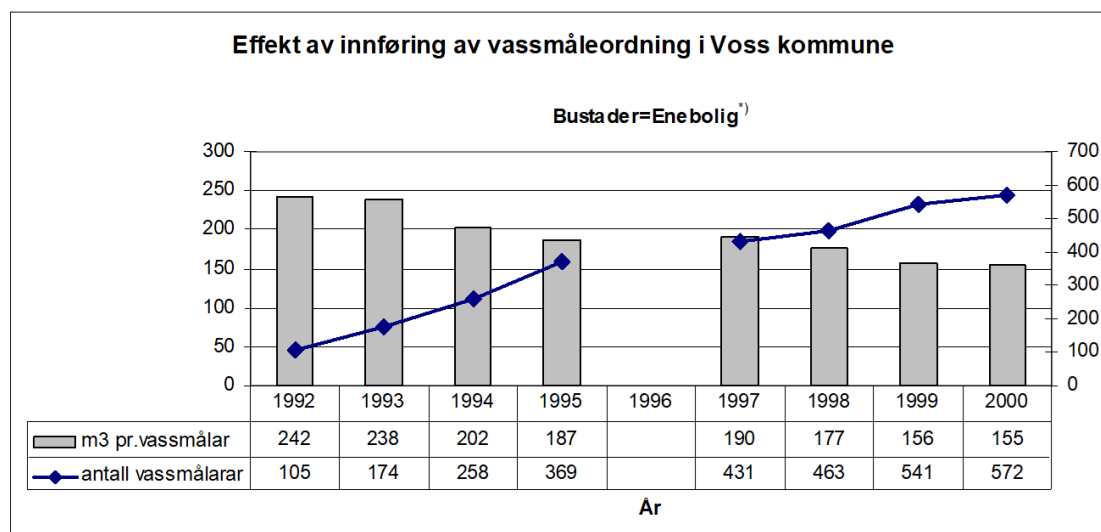
2.8 Endring i forbruk for abonentar som får installert vassmålar

Abonentar som får installert vassmålarar går som regel over frå fakturering basert på eit stipulert vassforbruk til fakturering av det målte faktiske vassforbruket. Folk reagerer ulikt på forskjellige pris og fakturerings metodar, som for eksempel hyppigare VA-faktura som blir sendt fleire gonger i året eller kvar månad, i staden for ein gong årleg. Nokre blir då meir bevisste og klarar å redusere hushaldningsforbruket noko. Dette blir godt skildra i masteroppgåva «Smart water meters in Swedish households» (Ekstrom, 2021).

Majoriteten av dei som får installert vassmålar, får tilbake ein meir nøyaktig tal på deira faktiske vassforbruk, noko som igjen kan føre til ei endring i vaner og åtferd når det gjeld vassforbruk. Abonnentane blir gjerne meir bevisste på kor mykje vatn dei nyttar og tek då ulike grep for å redusere forbruket. Dette kan igjen føre til ein reduksjon i hushaldningsforbruket, og dermed lågare VA-gebyr for abonnenten.

Ei anna erfaring som er vert å nemne er Voss kommune si innføring av vassmålarar på 1990-talet. I Voss kommune vart det konkludert med at dei private som fekk installert vassmålar, til saman reduserte hushaldningsforbruket med over 35 % i løpet av tiårs perioden. Der hadde dei i tillegg eit

testområde utan vassmålarmed omtrent 35 % høgare forbruk enn dei med installert vassmålar. Det same testområdet hadde i same perioden uendra vassforbruk.



FIGUR 11: PRIVATE EINEBUSTADER PÅ VOSS HAR REDUSERT VASSFORBRUKET FRÅ ÅR 1992-2000. SAMSTUNDES HAR TALET PÅ VASSMÅLARAR GÅTT OPP. TALA ER BASERT PÅ INTERVJU MED DEI SOM JOBBA I VOSS KOMMUNE I DENNE PERIODEN.

Elles har også Moss kommune hatt gode erfaringar med innføring av husvassmålalar. «Etter hvert som målerne ble montert ble det registrert markant nedgang i forbruket» (Kristoffersen, 1994). Andre erfaringar dei har gjort seg er at hushaldningsforbruket om sommaren har gått meir ned enn på vinteren, som kan forklarast med at den unødvendige delen av hagevatninga er fjerna. Denne nedgangen i forbruket i Moss førte til at VBA i Moss kunne bli bygd med mindre kapasitet og til ein lågare pris en først anteke.

2.9 Bergen kommune sitt vassdistribusjonsnett og hushaldningsforbruk

Bergen kommune er Norges nest største by der det per 3 kvartal 2022 var 288841 innbyggjarar (sentralbyrå, 2023). Bergen Vann produserer i dag vatn i heile Bergen i tillegg til deler av nabokommunen Bjørnafjorden. Bergen kommune rapporterte til KOSTRA og SSB at hushaldningsforbruket var 157 l/p/d i 2022. Det er totalt sett 3934 vassmålalar i drift i Bergen i dag, der 445 vassmålalar hjå private, 1711 hjå næring og 232 kombinerte vassmålalar knytt til både næring og private i Bergen per 31.12.22.

Bergen Vann har dei siste åra hatt stor fokus på aktiv lekkasjekontroll gjennom sonevassmålingar i både i Bergen nord (Åsane og Arna bydel) og i Bergen sør(Fana-Kokstad). Prosjektet med etableringa av 33 sonevassmålalar i Bergen nord er ferdig, medan eit tilsvarande prosjekt i sone sør med 43 sonevassmålalar føregår, der det per mars 2023 står igjen 10 stykk. Kvar sonevassmålar må etablerast i kummer, som må kunne styrast for å kunne drive med overvaking av vassforbruket, noko som fører til ein totalsum utan mva. på 7 millionar kroner i Bergen nord og 11 millionar kroner i Bergen sør. Driftskostnadar knytt til straum og kommunikasjon på 2000 kroner per sonevassmålar årleg, i tillegg til innkjøp eller etablering av ny rammeavtale med lekkasjesøkeprogram må takast med i reknestykket. I tillegg til å forenkle lekkasjedeteksjonen, kan desse data nyttast til å rekne ut hushaldningsforbruket i ulike soner, noko som er sjølve bakgrunnen for akkurat denne masteroppgåva.

3 Metode

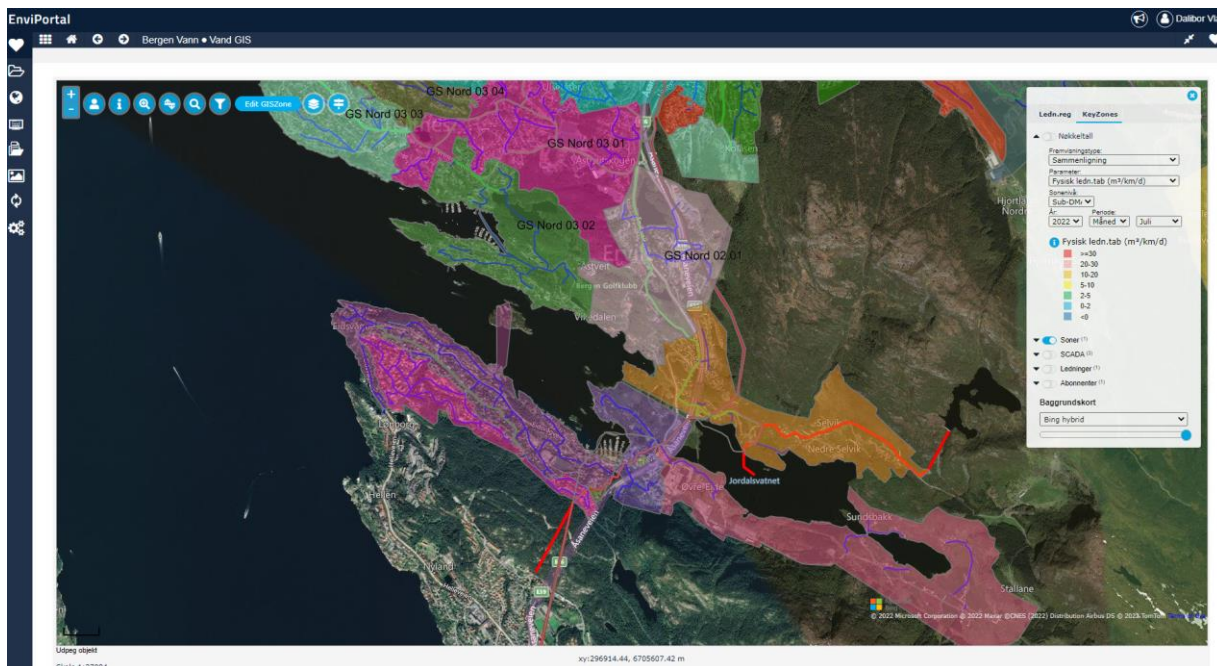
Som skildra tidlegare tek hovuddelen i denne masteroppgåva utgangspunkt i leidningsnettmodell med GIS-data i tillegg til sonevassmålarata frå datasjøen til Bergen kommune. I dette kapittelet vert det skildra korleis sjølv utveljinga av gunstige soner for analyse av hushaldningsforbruket vart gjort. Vidare er relevant info om dei ulike sonene presentert kvar for seg, før framgangsmåten og Excel dokumentet med all relevant informasjon blir skildra. Det vert vist korleis minste nattforbruk forkorta MNF vert henta, og korleis Geografisk informasjonssystem data forkorta GIS blir nytta. Relevant informasjon som er skildra og kan påverke vassforbruket er Covid19-restriksjonar, varme- og kuldeperiodar i tillegg til spyling av leidningar.

Den neste delen av metodekapittelet skildrar data frå hovudkategoriane av vassmålarar installert i Bergen kommune, som er private og næring. I delen om vassmålarata frå private og næring blir underkategoriar presentert og framgangsmåten for analyse forklart. Framgangsmåten til korleis ein regner ut VA-avgifter no, og eit reknestykke for ei eventuell framtidig vassmålarinnføring vil presenterast. Til slutt vil ein skildre metoden ein nytta i intervjuet med ulike kommunar, for å stille dei viktige spørsmåla.

3.1 Utveljing av soner

Det vart lagt eit grundig arbeid i utveljinga av fire soner. Det var mange aktuelle soner å velje mellom, men på bakgrunn av fleire kriterier og diverse omsyn vart det i dialog med Bergen Vann valt ut fire soner. Grunnen til at ein leita etter soner frå Bergen nord, som ligg rett nord for Bergen sentrum, er m.a. på bakgrunn av store utgifter til å pumpe vatn, og eit godt utbygd soneinndelingssystem. Råvasskjelda i Bergen nord heiter Jordalsvatnet, og ligg saman med Jordalsvatnet VBA, berre 15 meter over havet. Mesteparten av vatnet må dermed pumpast, sidan abonnentane ligg høgare i terrenget.

For å forklare valet av soner til analyse i denne masteroppgåva, er det nødvendig å forklare korleis sonesystemet i Bergen er bygd opp. Bergen Nord som omfattar Åsane og Arna bydelar, er per januar 2023 delt opp i 12 hovudsoner og 47 soner med ulik storleik, som ein kan sjå i Figur 12. Nokre soner har berre ein sonevassmålarar kopla til, medan andre har opptil fleire. For å unngå feilkjelder som om sonevassmålarane måler vatn inn eller ut av sona der det var fleire sonevassmålarar, var det mest hensiktsmessig å velje dei sonene som berre hadde ein sonevassmålar kopla til. Utgangspunktet var då 10 soner av interesse. Sidan sonevassmålarane vart installert og satt i drift i tur og orden på ulike tidspunkt mellom 1.1.2019 til 2021, så referer ein i teksten under til ordet: perioden, som den tida den enkelte vassmålar vart satt i drift og fram til 1.1.2023.



FIGUR 12: SKJERMUTKLIPP FRÅ DATAPROGRAMMET TIL BERGEN VANN: KEYZONES I ENVIDAN PORTAL. KARTET VISER EIN OVERSIKT OVER SONENE RUNDT DRIKKEVASSKJELDA JORDALSVATNET. DEI ULIKE FARGANE SKIL SONENE FR KVARANDRE.

3.1.1 Kriteria for val av soner

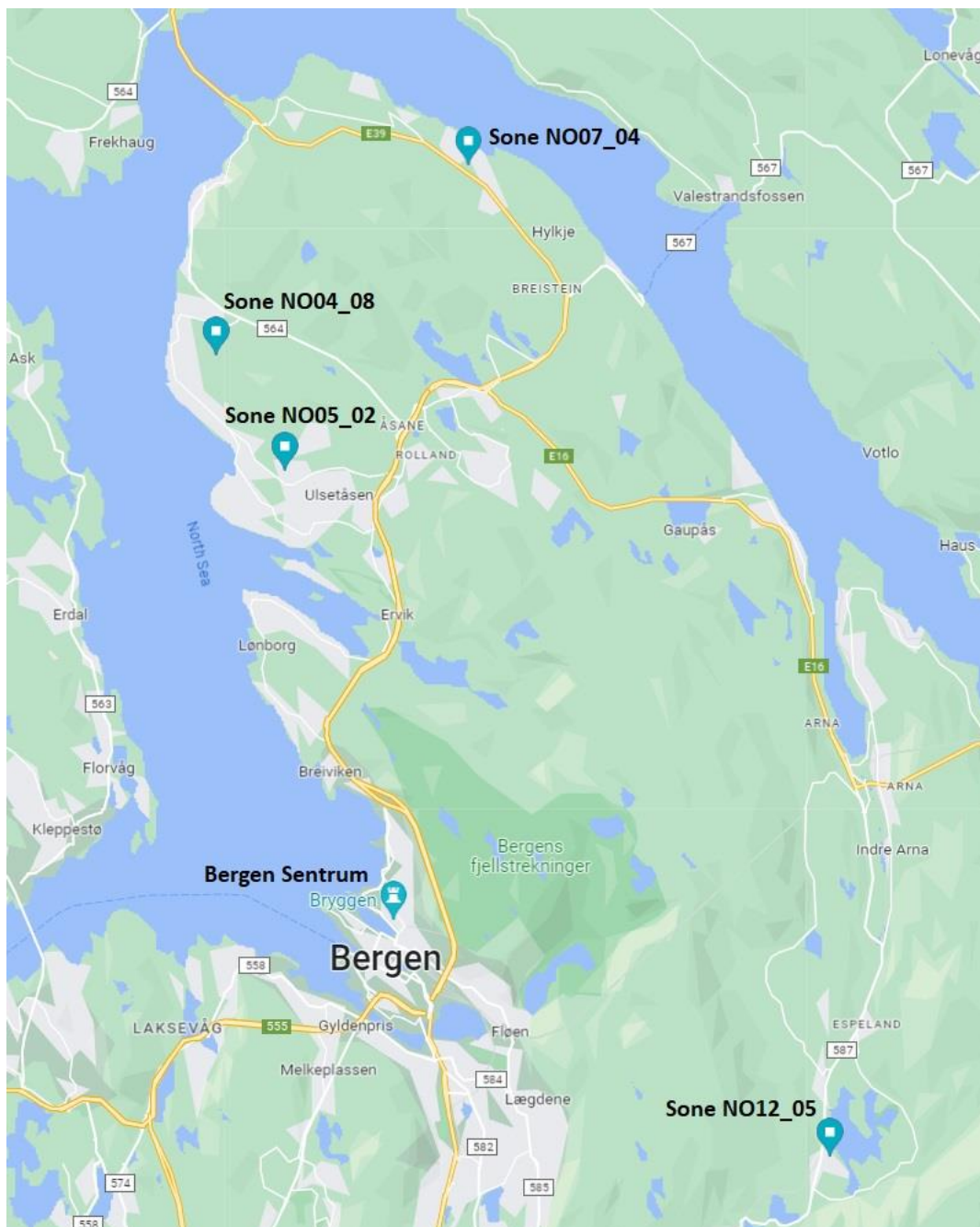
Det neste steget var å utarbeide ei liste med ulike kriterium for val av soner til analyse.

Kriteria er som følger:

- Det bør vere ei kompakt og oversiktleig sone som hovudsakleg har private abonnentar, og så få som mogeleg næringsbygg.
- Det bør vere ei fast og stabil sone med tilnærma uendra tal på bueiningar og abonnentar i sona i heile perioden.
- Helst ingen større næringsforbrukarar som til dømes kjøpesenter og bedrifter med nattarbeid og eller anleggsaktivitet.
- Lite eller ingen spyling og driftsforbruk i regi av Bergen Vann i denne perioden.
- Sone bør overvakast med kunn 1 stykk vassmålar, og det bør vere ei lukka sone med oversiktleige strømningsforhold.
- Det bør vere gode kontinuerlege dataseriar med god datakvalitet og 1 min verdjar gjennom heile perioden.
- Rimeleg forhold mellom utstrekning av privat leidningsnett og det kommunale leidningsnett i sona

Vidare vart det gjennomført ein meir presis analyse av dei 10 sonene opp mot kriteria ovanfor, med særskild fokus på datakvalitet og måleseriar. I den prosessen vart i tillegg 3 nye soner foreslått og analysert, m.a. for å få meir diversitet i form av storleik, utstrekning og talet på personar i sona. Det vart observert at ikkje alle sonene kunne levere tilstrekkeleg gode dataseriar, sidan dei hadde større og mindre brot i måleserien. Under kjem ein presentasjon av dei sonene det vart valt å gå vidare med.

3.2 Presentasjon av dei 4 ulike sonene



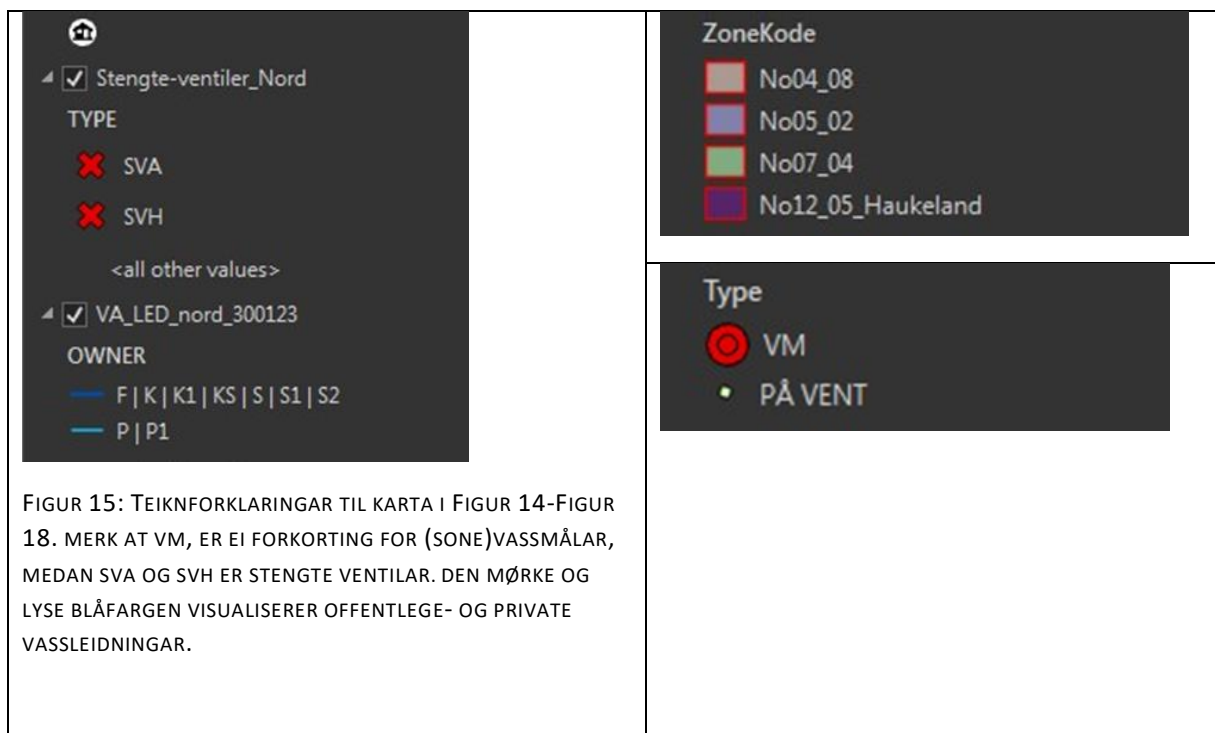
FIGUR 13 KART OVER BERGEN NORD MED ALLE DEI 4 SONENE OG BERGEN SENTRUM MARKERT.

3.2.1 Sone NO04_08, Skinnflorbakkane

Dette er ei lita sone i Bergen Nord med 216 innbyggjarar i 2022, der største delen er utbygd frå 2008 til 2011. Kjenneteikn på denne sona er at den er relativt ny og inga næringsbedrifter. På mange måtar er dette ei sone der krava til sonene er oppfylt. Her er det både einbustader, tomannsbustader og rekkehus. Det er vanskeleg å anslå ei aldersfordeling i denne sona, men sannsynlegvis mange barnefamiljar, på bakgrunn av hustype og barnevennlege hagar, i tillegg til eit skilt i gata der det står: «Vis hensyn, barn leker».



FIGUR 14: SONE NO04_08 MARKERT MED RAUD STREK RUNDT SONA OG TILSTØYTANE SONER UTANOM.

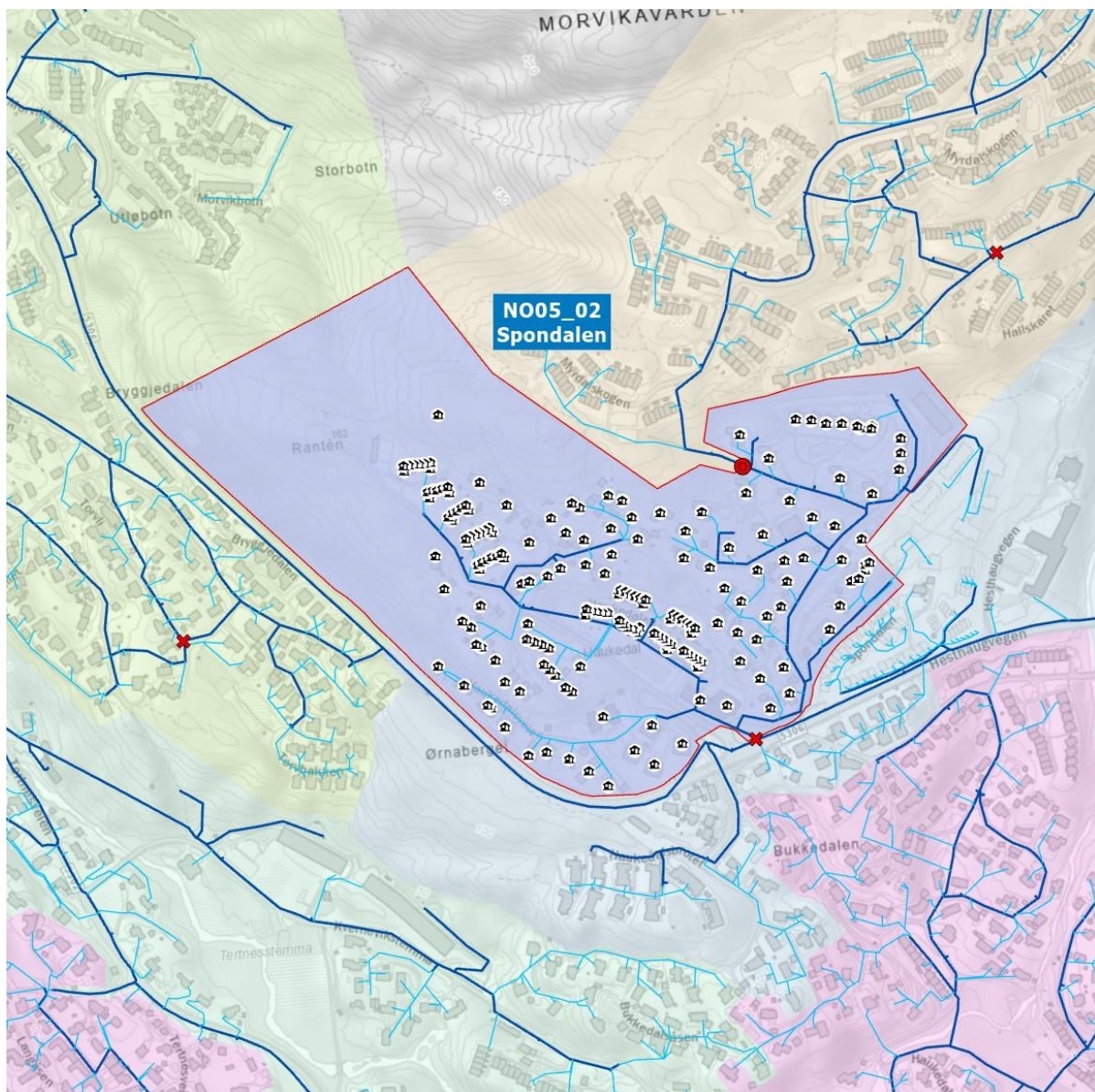


TABELL 3: SONE NO04_08 MED TALET PÅ PERSONAR PER BUSTAD FOR DEI ULIKE BUSTADKATEGORIANE.

Sone NO04_08	Personar	Bustader	Personar/bustad
Einebustad	59	16	3.69
Tomannsbustad	119	28	4.25
Rekkehus, kjedehus, andre småhus	38	20	1.90
Bustadblokk	-	-	-
Anna bustadbygg	-	-	-
Totalt	216	64	3.38

3.2.2 Sone NO05_02, Spondalen

Denne sona ligg i Bergen Nord, men har til forskjell frå Sone NO04_08 ein betydeleg annleis samansetning av bueiningar. I denne sona var det 873 innbyggjarar i 2022, og sona består av mange bustadblokker og rekkehus. I denne sona er det både ein butikk og ein barnehage, der dette forbruket er trekt frå totalen for å få mest mogeleg riktig hushaldningsforbruk. I denne sona er det totalt 4 blokker og ein einebustad som er kopla på privat målar.



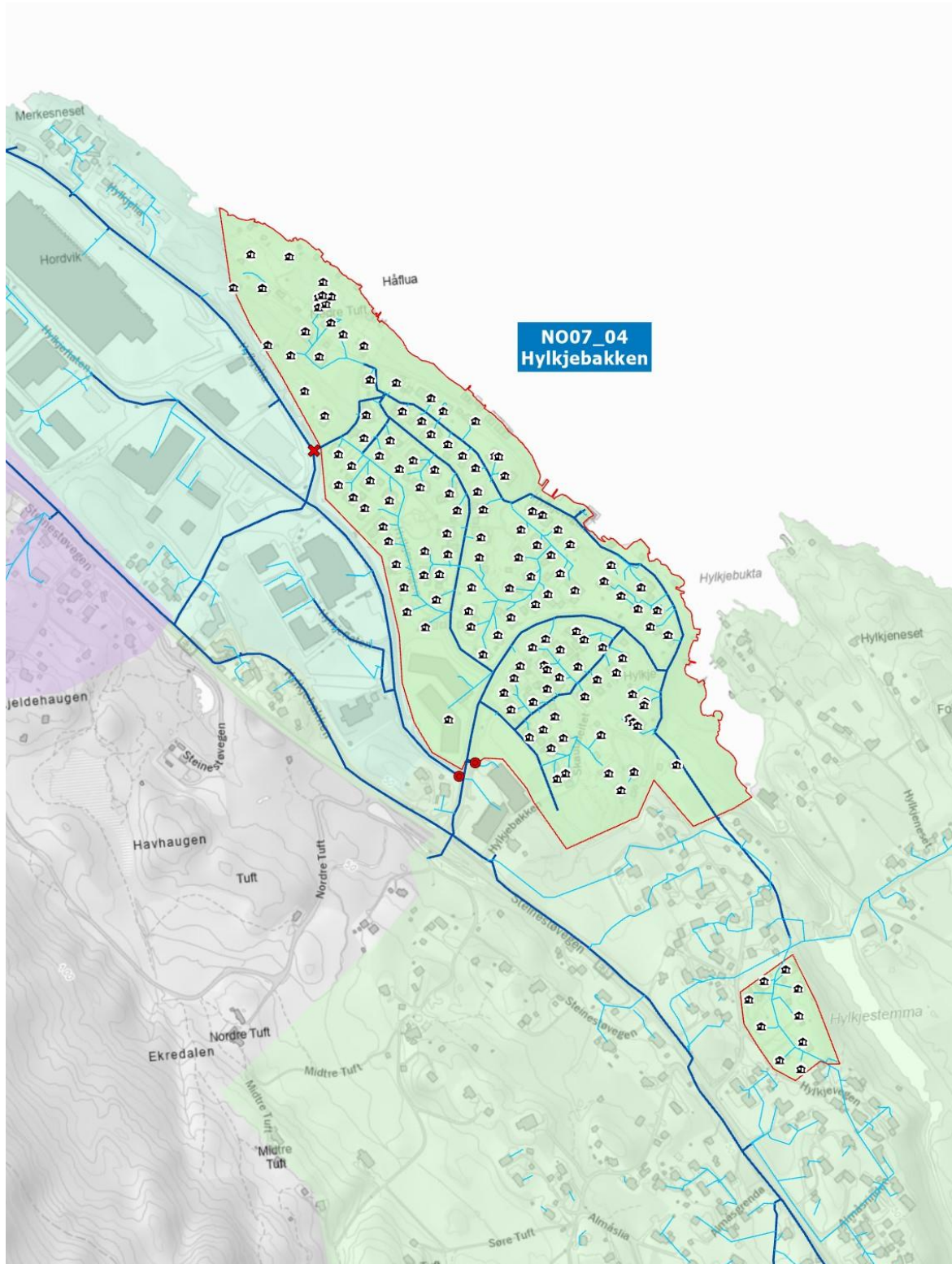
FIGUR 16: KART OVER SONE NO05_02. KRYSSA ER STENGTE VENTILER

TABELL 4: SONE NO05_02 MED TALET PÅ PERSONAR PER BUSTAD FOR DEI ULIKE BUSTADKATEGORIANE

Sone NO05_02	Personar	Bustader	Personar/bustad
Einebustad	173	68	2.54
Tomannsbustad	37	20	1.85
Rekkehus, kjedehus, andre småhus	211	85	2.48
Bustadblokk	452	243	1.86
Anna bustadbygg	-	-	-
Totalt	873	416	2.10

3.2.3 SoneN007_04 Hylkebakken

Denne sona ligg heilt nord i Bergen kommune, og inneheld både ein kommunal vasspost, eit par forretningsbygg og ein daglegvarebutikk. Andre kjenneteikn er at eit stort fleirtal av dei 476 innbyggjarane i sona bur i einbustader.



FIGUR 17: KART OVER SONE NO07_04

TABELL 5: SONE NO07_04 MED TALET PÅ PERSONAR PER BUSTAD FOR DEI ULIKE BUSTADKATEGORIANE

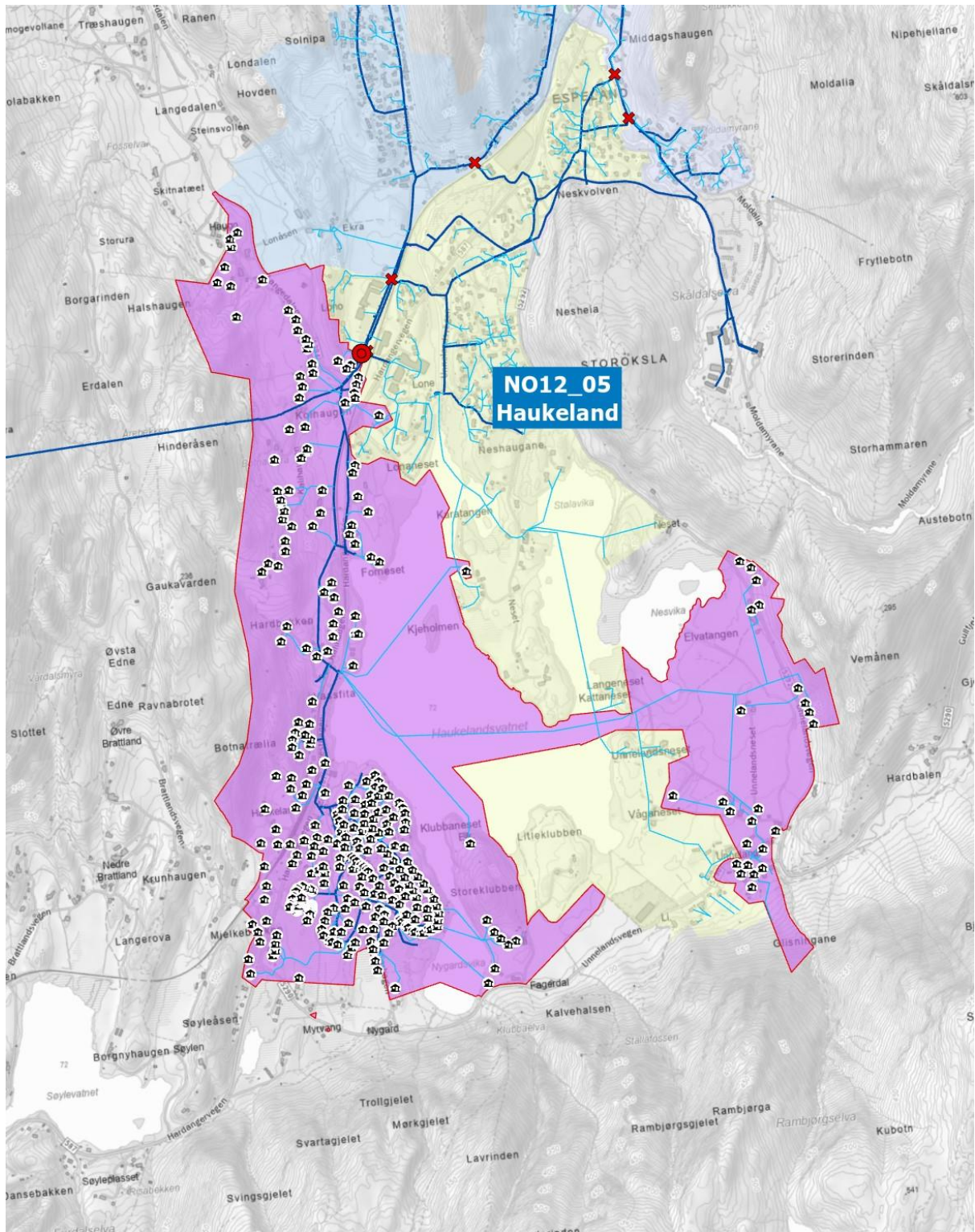
Sone NO07_04	Personar	Bustader	Personar/bustad
Einebustad	454	170	2.67
Tomannsbustad	13	6	2.17
Rekkehus, kjedehus, andre småhus	9	3	3.00
Bustadblokk	-	-	-
Anna bustadbygg	-	-	-
Totalt	476	179	2.66

3.2.4 Sone NO12_05, Haukeland

Denne sona kan ikkje vere representativ til analyse av spesifikt forbruk hjå private, sidan det er stor del lekkasjar og illegalt forbruk i denne sona. Vidare så består denne sona hovudsakleg av private vassleidningar, som fører til at Bergen Vann dermed ikkje drifter og vedlikehald sona. Denne sona vart teke med for å synleggjere utfordringane som Bergen kommune står ovanfor, når det gjeld utbering av lekkasjar på det private stikkleidningsnett. Det er særleg aktuelt då det er lange private og fellesleidningar, som mest sannsynleg er drifta dårleg med tanke på vedlikehald. Det er elles den største av dei 4 sonene i folketal, med sine 899 innbyggjarar i 2022.

TABELL 6: SONE NO12_05 MED TALET PÅ PERSONAR PER BUSTAD FOR DEI ULIKE BUSTADKATEGORIANE

Sone No12_05	Personar	Bustader	Personar/bustad
Einebustad	675	267	2.53
Tomannsbustad	132	46	2.87
Rekkehus, kjedehus, andre småhus	72	36	2.00
Bustadblokk	-	-	-
Anna bustadbygg	-	-	-
Totalt	879	356	2.47



FIGUR 18: KART OVER SONE NO12_05

3.3 Datainnsamling

3.3.1 Data frå sonevassmålarar

All data ein valte å nytte til sonevassmålingsanalysen vart henta frå databasen til Bergen kommune, også kalla: Datasjøen Lundegårdsvann. Der kan ein skrive inn nummeret til sona, intervalla for start og sluttdato, i tillegg til val av enten minutt eller timeverdi.

Figur 32 i vedlegg kan ein sjå korleis minuttdata vart henta og bestilt, før det vart automatisk prosessert og sendt tilbake i ei lang CSV-fil (komma, separert, fil) i løpet av ein time. Deretter nytta ein Excel med pivottabell og filter funksjon frå minst til størst, for å finne dei minste verdiane, altså MNF-verdiane til kvart døgn i alle åra. Dersom minste MNF- verdi var ein null verdi, eller unormalt mykje lågare enn nest minste verdi, valde ein å sjå vekk i frå desse verdiane. For å finne det gjennomsnittlege vassforbruket kvart døgn (Q snitt) i sonene, nytta ein funksjonen gjennomsnitt av dei 1440 verdiane som tilsvara alle minuttane i eit døgn, som alle hadde i eininga m^3/time . Ved å gonge med 24 kunne kan ein også lett få døgnforbruket til sona. Det er i denne samanhengen viktig å presisere at forbruket i sona vert målt ein gong kvart minutt ved hjelp av sonevassmålarane, som dermed for eksempel er $0,11 \text{ m}^3/\text{min}$, som automatisk blir gonga med 60 og omgjort til $6,9 \text{ m}^3/\text{time}$.

Viktige forutsetningar ein må gjere for å kunne rekne seg fram til spesifikk hushaldningsforbruk er at alle installasjonar i huset etter stoppekran er tette. Det betyr at dersom det i praksis er drypplekkasjar som rennande sistene, små lekkasjar i kjeller etter stoppekran, så kunne den faktiske minste nattforbruk MNF vore lågare. Vidare ville det reelle vassforbruket bli høgare, delt på like mange innbyggjarar, som då ville gitt eit litt høgare spesifikk hushaldningsforbruk. Til slutt kan ein nemne at det då mest sannsynleg ville vore drypplekkasjar som sistene osv. på dagtid også, som kanskje ville jamna ut den usikkerheita. Målarusikkerheita til sonevassmålararen er viktig å nemne i denne samanhengen, der alle målarane skal måle nøyaktig ned til ein svært låg verdi, noko som er testa. Målararen i sone NO04_08 har litt større usikkerheit til seg enn dei andre tre.

3.3.2 Meteorologiske data for vinter og sommardagar

I det store Excel-dokumentet er det egne kolonnar som viser om det er sommar- eller vinterdagar på dei aktuelle dagane. Grunnen til at denne informasjonen blir notert, er at det på desse dagane kan vere unormalt høgt vassforbruk. Ved å notere desse dagane kan ein ha kontroll på desse spesielle dagane og dermed unngå ei stor feilkjelde.

For å finne ut når det var sommar - eller vinterdagar, var det i første omgang nødvendig å hente inn meteorologiske data. Sidan sonene som vert analysert ligg i Bergen nord, var det ynskjeleg å hente inn data frå den målestasjonen som sannsynlegvis stemmer best overeins med forholda i sonene. Florida målestasjon ligg 12 meter over havet like vest for Store Lungegårdsvannet i Bergen sentrum. Målestasjonen vart oppretta i november 1949, og måler både, temperatur, nedbør, snødjupn og vind. Avstand i luftlinje er 14 km mellom Florida målestasjon og sone NO07_04, som er den sona som ligg lengst unna målestasjonen. Sidan det ikkje finst andre pålitelege målestasjonar nærmare, er det vurdert at desse måledata er representative for alle sonene.

Når det kjem til å definisjonen av ein sommardag, så er det i følgje Store Norske Leksikon ein dag med maksimumstemperatur over $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (Sivle, 2019). I Norden nyttar ein derimot ei grense på $20 \text{ }^\circ\text{C}$ makstemperatur, som ein definisjon på ein nordisk sommardag. Då det viste seg å vere eit lite utval av dagar med over $20 \text{ }^\circ\text{C}$, har ein i denne oppgåva valt å innføre Bergensk sommardag, som er

makstemperatur over 15 °C. Ein har samtidig filtrert vekk dei varmedagane der det regna meir enn 0,5 mm, då det på desse dagane mest sannsynleg ikkje er behov for hagevatning.

På den andre sida av celsiuskalaen har vi kuldegradene. I denne oppgåva er vinterdagar definert som dei dagane det er makstemperatur på under 0 °C. Denne definisjonen er brukt for å finne ein eventuell korrelasjon mellom vinterdagar med frosttapping av kran og auka vassforbruk.

Frosttapping av vatn frå vasskran vert ofte gjort på eldre vassrøyr som er dårleg isolert, for å hindre at vatnet frys i røyra. Det er ikkje nødvendigvis størst sjanse for frosne røyr berre det vert under 0 °C, sjansen er moglegvis større når det har vore kuldeperiode og plutselig blitt litt varmare igjen. Det vart berre observert ein vinterdag i 2019 på Florida stasjon, medan det i starten av 2021 var ein lengre kuldeperiode på same stasjon.

3.3.3 Covid-19 restriksjonar

Dagar med Covid-19 restriksjonane vert notert for å ha oversikt over potensielle dagar med unormalt vassforbruk. Både lokale og nasjonale råd og retningslinjer knytt til pandemien er blitt henta og notert. Det er sannsynleg at folk brukte meir vatn i bueiningane då dei hadde heimekontor og heimeskule, noko som vert studert i denne oppgåva. Data knytt til Covid-19 restriksjonar er også relevant for å kunne analysere trendar i næringsforbruk.

3.3.4 Brannutrykkingar og spyling i sonene

Det er nyttig å notere eventuelle brannutrykkingar både med og utan brannforløp, sidan dette kan ha ført til unormalt vassforbruk i dei ulike sonene. Alle utrykkingane til Bergen brannvesen blir loggført, der sjansen for at brannvesenet har henta vatn frå hydrantane i dei ulike sonene er til stades. Brannvesenet i Bergen har derimot ikkje loggar for om dei brukte vatn frå hydrant eller ei under utrykking. Som regel har dei fulle tankar når dei rykk ut frå stasjonane. Likevel er dei type utrykkingar som potensielt kan bruke vatn frå sona blitt notert etter kontakt med Bergen brannvesen.

Frå Figur 19 kan ein sjå korleis ein brannutrykking i sona den 14.02.2021 er markert. Vassforbruket den 14.02.2021 var ikkje nemneverdig større en dei andre dagane, og ein kan dermed anta at brannvesenet ikkje nytta vatn frå hydrantar. Vassmålarata frå den dagen vart dermed beholdt.

Anna type unormalt vassforbruk som vert notert er gjeldande dagar med spyling av vassleidningane. Spylinga tek ofte mellom 30-60 minutt, og vert gjort for å unngå at det byrjar å gro og samle seg avleiringar på innsida av røyrveggen. Under spylinga oppnår vatnet i vassleidningane så stor hastigheit at vatnet tek med seg avleiringar på innsida av røyrveggen. Ventilarn i vasskummane vert opna før spyling, og vatnet blir deretter spylt ut frå ein annan kum så lenge at vatnet blir heilt klart. Bergen Vann har gode planar for spyling, der eksempelvis ei sone har 5-årsfrekvens og ei anna 2-årsfrekvens for når det vert gjennomført spyling. Bergen Vann sine planar for spyling er laga ut i frå erfaring og behov. Deretter er dei systematisert i ulike kategoriar for kor hyppig dei treng spylast.

3.3.5 Trekke frå Næring og industri

Resterande forbruk av vatn som ikkje har noko med hushaldningsforbruket, vert trekt i frå. Eksempelvis vert kombinasjonsbygg som typisk inneheld både ei bedrift og leilegheiter trekt i frå, då ein ikkje har eigen vassmålar på leilegheitsdelen av bygget. Det var svært få kombinasjonsbygg i dei utvalde sonene, sidan sjølve sonene mellom anna vart valt på bakgrunn av relativt lite ordinær industri og næring.

3.3.6 Data med 6. min- og 1.timesintervall

Det er også henta inn verdier med 6- minuttintervall frå scada-systemet til Bergen Vann, som blir kalla Cactus. Desse verdiane er henta inn frå same tidsperiodar som 1- minuttintervalla og 1- timesintervalla frå datasjøen. Verdiane frå 1- timesintervalla er grovare enn 6- minuttintervalla som igjen er grovare enn 1- minuttintervalla. For å tydeleggjere forskjellane med dei ulike intervalla, vert det vist fram skilnadane i hushaldningsforbruk ein får ved å nytte den same metoden på dei ulike datasetta.

Usikkerheit knytt til måletype og skalleringsgrad frå Cactus (6 min) og Datasjøen (1 min og 1 time) er viktig å få framheva. Storleiken på usikkerheita kan vere vanskeleg å estimere. Ulike typar målarar kan medføre usikkerheit i ulike retningar, enten negativt eller positivt (Malm, 2018). Det er heller ikkje sikkert at målarane kan skilje på marginale små skilnader. Norske kommunar har gjennom Norsk Vann tilgang på både enkle og meir avanserte datasett for å gjennomføre usikkerheits analysar. Usikkerheita til dei ulike sonevassmålarane er funne ved hjelp av databladet som følger med sonevassmålarane, tabellverdier og minste observerte MNF-verdi. I sone NO04_08 er det nytta ein sonevassmålar med namn: Enderess Hauser med nominell diameter på 150 mm, medan dei andre sonene nyttar ein enda meir nøyaktig sonevassmålar fabrikk Waterflux med sensor IFC 300 med nominell diameter på 100 og 150 mm.

3.4 Analyse av sonevassmålingar

3.4.1 Analyse gjennom Excel dokument

For å systematisere data var det nødvendig å ha eit godt system med ulike Excel ark for kvar sone. Her er eit utklipp frå sone NO07_04 frå februar 2021. Sidan eininga for vassforbruk i utgangspunktet er gitt i m³/time, blir verdiane gonga med 24 for å få døgnverdier oppgitt i m³/døgn.

Dato, OBS ik	Dag nr.	2021									
		Q snitt. døgn		MNF/"0"-forbruk		Q _{snitt} kl. 01.00-04.00	MNF/"0" kl. 01.00-04.00	Sjekk	Sommerdager 15+	Vinterdager 0-	Restr. pga. covid?
		m ³ /time	m ³ /døgn	m ³ /time	m ³ /døgn	m ³ /time	m ³ /time	MNF	(1=ja/blank=nei)	(1=ja/blank=nei)	(1=ja/blank=nei)
01.feb	32	7,2	172,4	4,7	112,5	5,0	4,7				1
02.feb	33	7,2	173,1	4,7	112,5	5,0	4,7			1	1
03.feb	34	6,4	154,1	4,7	112,5	5,0	4,7			1	1
04.feb	35	7,7	185,3	4,4	106,7			OBS!		1	1
05.feb	36	7,1	170,4	4,8	116,0	5,2	4,8	OBS!		1	1
06.feb	37	7,3	174,7	4,8	116,0	5,3	4,8			1	1
07.feb	38	8,2	195,7	4,8	115,3	5,5	4,8	OBS!		1	1
08.feb	39	7,8	188,3	5,5	131,3	5,8	5,5			1	1
09.feb	40	7,9	188,6	5,3	127,8	5,6	5,3			1	1
10.feb	41	7,8	187,0	5,3	127,8	5,8	5,3			1	1
11.feb	42	7,8	186,5	5,2	125,4	5,6	5,2			1	1
12.feb	43	7,5	179,4	5,2	124,2	5,8	5,5	OBS!		1	1
13.feb	44	7,4	176,5	4,9	118,4	5,5	4,9				1
14.feb	45	7,8	188,4	5,2	124,2	5,7	5,2		Brann i hus		1
15.feb	46	7,4	178,6	5,1	123,1	5,4	5,1				1
16.feb	47	7,4	177,5	5,1	123,1	5,4	5,1				1
17.feb	48	7,3	174,7	4,8	116,0	5,1	4,8				1
18.feb	49	7,1	171,1	4,7	112,5	5,0	4,7				1
19.feb	50	7,4	176,7	4,8	114,9	5,1	4,8				
20.feb	51	7,5	180,2	4,7	112,5	5,4	4,7				

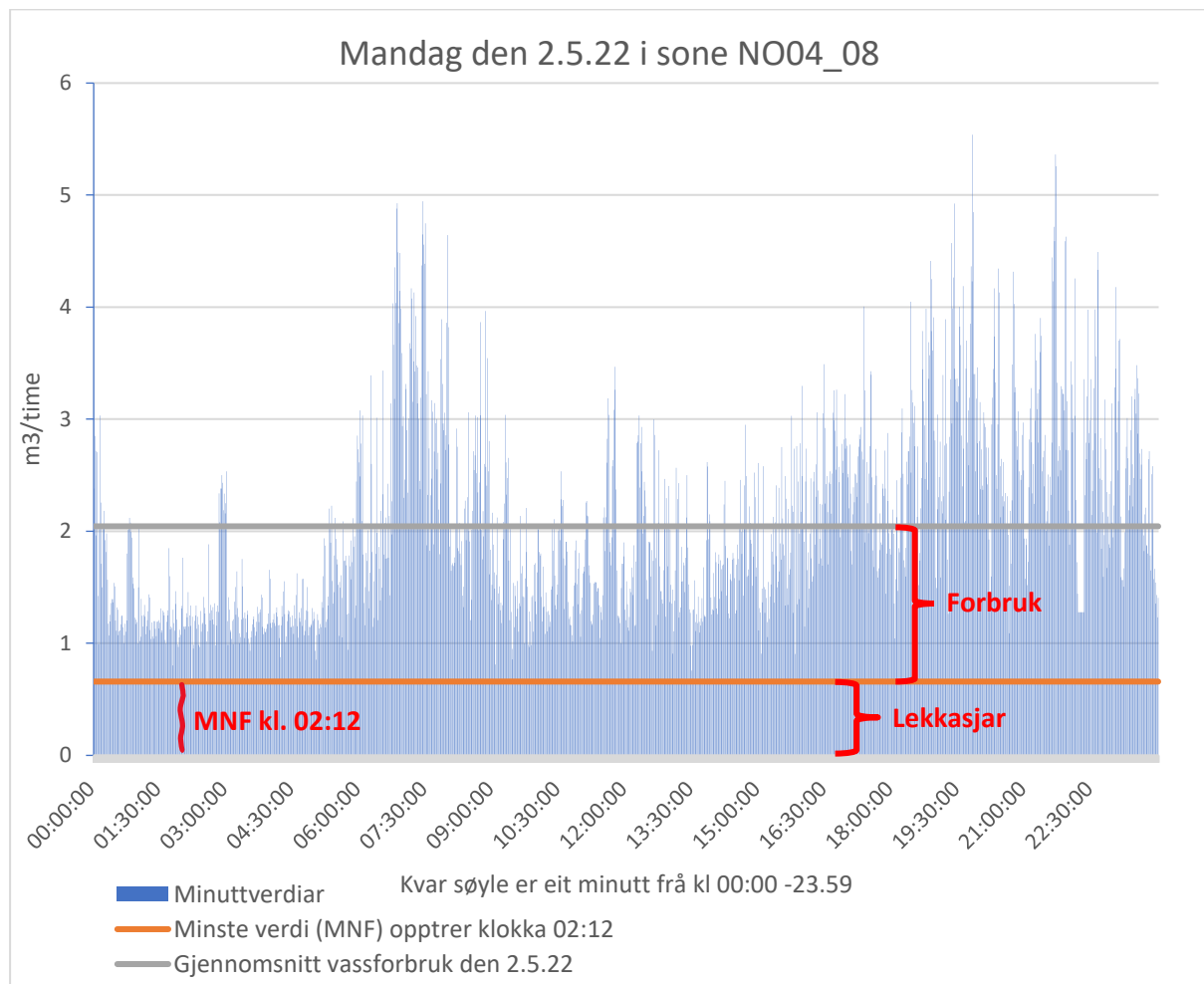
FIGUR 19: UTKLIPP FRÅ EXCEL-DOKUMENT MED FOKUS PÅ SONE NO07_04. DET VERT VIST FRAM DATA FRÅ STARTEN AV FEBRUAR 2021.

Minste nattforbruk vil med stor sannsyn opptre når det er lite aktivitet på nattetid, og etter erfaring oftast mellom kl. 01:00 – 04:00. Av den grunn er det blitt oppretta ei kolonne med filtrerte MNF-verdier frå kl. 01:00 – 04:00 kvart døgn. Dersom MNF kl.01:00-03:59 er større enn MNF kl. 00:00-

23.59, så gjev det: OBS! under Sjekk-kolona. På den måten kan ein sjekke om MNF er hamna på formiddagen, noko som kan vere feil.

I kolonnane til høgre i Figur 19 er både vinterdagar og Covid-19 restriksjonar markerte. Til info var det ein lengre kuldeperiode i Bergen i starten av 2021 fram til den 13 februar, og Covid-19 restriksjonar med eit såkalla «Bergensutbrot» den 7. februar 2021.

3.4.2 Visualisering av eit døgn med analyse



FIGUR 20: VASSFORBRUKET EIT HEILT DØGN I EIN TILFELDIG VALT KVARDAG I 2022. SIDAN DET ER 1440 MINUTT/SØYLER ER DET VANSKELEG Å SJÅ DEN MINSTE VERDIEN MED DENNE OPPLØYSINGA. EIN GÅR UT I FRÅ AT ALT UNDER MNF KLOKKA 02:12 ER LEKKASJAR, SOM ER MARKERT I FIGUREN. DERMED ER DET GJENNOMSNIITT MINUS MNF SOM VERT DET SPESIFIKKE HUSHALDINGSFORBRUKET, MARKERT I FIGUREN SOM FORBRUK.

I dei aller fleste tilfelle var den minste verdien MNF på nattetid, slik som i dette eksempelet. Det var forventa, då sjansen for at folk nyttar vatn til hushaldningsforbruk kvart minutt heile natta er lågare enn på dagtid

3.5 Studere tidsseriar over vassforbruk frå målarar installert både hjå private og næring

Hovudformålet med denne analysen er retta mot forskingsspørsmål 2, som handlar om å analysere vassforbruket hjå dei private som har installert husvassmålar, for å sjå om det nedgang i hushaldningsforbruk. Eit sidespor i denne samanheng er å analysere vassforbruk hjå næring i Bergen kommune, for å sjå om det er nokre trendar i vassforbruk over tid. Vidare er det interessant å sjå om tørkesommaren 2018 og Covid-19 pandemien har resultert i tydelege utslag i vassforbruket hjå både næring og private.

3.5.1 Grunnlag

I denne delen har ein fått tilgang på eit datasett med alle vassmålarane i Bergen kommune som har vore i drift i perioden 01.01.1991- 01.01.2023. Av desse data er det notert årsforbruk for kvar målar frå 2011 og framover, som betyr att all målardata før 2011 ikkje er registrert. Det er lagt ned ein del resursar frå Bergen Vann si side å kople informasjon frå GIS data om type bygg, bueining og folketal, og så knytte det mot gard, bruksnummer og vassmålar-ID med vassmålaravlesingar. All data som potensielt kan koplast direkte mot personar vart fjerna grunna personvernomsyn. Vassmålarane er difor kopla mot ulike hovudkategoriar og underkategoriar som vist i Tabell 7. Målaravlesinga vert gjennomført i løpet av september kvart år, noko som betyr at det nødvendigvis ikkje er nøyaktig eittårsintervall mellom avlesingane.

TABELL 7: ULIKE KATEGORAR AV VASSMÅLARAR I BERGEN KOMMUNE. TIL INFO ER DET 454 VASSMÅLARAR SOM TIDLEGARE HAR VORE I DRIFT, MEN SOM PER 1.1.2023 ER NEDLAGT ELLER UTE AV DRIFT.

Hovudkategoriar vassmålarar	Forkorting	Forklaring	Tal på vassmålarar i Bergen i drift per 1.1.2023
Private	P	Private abonnenter, hus, blokker osv.	499
Næring	N	All type næringsverksemd, butikkar, verkstad osv.	2688
Kombinert: Næring og Private	K	Dette er kombinasjonsbygg som typisk inneholder butikk i 1. etasje og bustaddel i etasjane ovanfor, utan vassmålar mellom	238
Offentleg Kommunal	O	Typisk barneskule, rådhus, barnehage osv.	398
Brakkerigg	B	Blir satt i drift på ein stad midlertidig.	46
Fylke	F	Fylkeskommunale bygg osv.	65
Statleg	S	Statlege bygg osv.	136
Totalt sett	T	Summerer opp alle målarar	4070

3.5.2 Val av måte til å visualisera trendar

Ein er i hovudsak ute etter å finne trendar hjå ulike kategoriar private og forskjellig type næring. Sidan det i løpet av perioden mellom 2011-2023 er blitt installert mange nye vassmålar, er ikkje nødvendigvis totalforbruk kvart år den beste måten å visualisere trendar i forbruk på. I analyse av

trender er det valt å nytte formelen som reknar ut gjennomsnittsförbruk per målar per år, også kalla «arimetisk middelverdi».

3.5.3 Datavask

For å kunne få ein mest reel analyse av det faktiske förbruket i ulike kategoriar er det viktig å reinske dokumentet i størst mogeleg grad for feil. Eit eksempel på dette er null-verdiar (0) i måleseriane, noko som betyr at vassmålaren er registrert i systemet, men utan registrert förbruk. Desse null-verdiane er blitt gjort om til tomme celler, for at ikkje den arimetiske middelverdien skal bli for låg og dermed feil. I tillegg er nokre svært låge målte verdiar frå det første året med drift i vassmålaren, gjort om til tomme celler. Desse små verdiane betyr som regel at målaren vart installert seint på året, og at dett ikkje var eit fullt år med vanleg förbruk.

Videre vart dei vassmålaren med minus-verdiar (-) enten sletta heilt, eller gjort om slik at det blir mest mogeleg riktig. Minus verdiar i datasettet betyr at det det eit tidlegare år har vore manglande målaravlesing, og at det det vart anteke/ stipulert eit förbruk som grunnlag for VA-faktura basert på tidlegare årsverdiar. Då det derimot til slutt vart gjennomført ein målaravlesing, viste det seg at tidlegare anteke/stipulerte förbruk var for lågt, og abonnenten har til gode pengar visualisert med ein minus-verdi i reknearket.

For å gjere vassmålarseriar med ein minus-verdi mest mogeleg riktig, går ein tilbake og reknar ut eit gjennomsnitt av året med minusverdi og 2, 3, eller 4 år før minus verdien. Eksempelvis så har dei tre åra under blitt summert opp, og delt på tre:

$$(56 + 64 + -5) / 3 = 38,3.$$

Dermed får vassmålarserien i eksempelet ovanfor registrert ein meir riktig serie, der alle tre åra viser 38.3 m³/år, samanlikna med ein serie med store variasjonar og ein plutselig minusverdi. På ei anna side får ein nødvendigvis ikkje målt ein evt. nedgang i vassförbruk på denne måten. Av kapasitetsomsyn er det valt å ikkje finne gjennomsnitt av alle seriane med minus-verdi, men også slette nokre seriar med minus-verdiar.

3.5.4 Private delt inn i ulike kategoriar

Hovudformålet med analysen av private vassmålaren og underkategoriar er å finne ut om forskingsspørsmål 2 stemmer. Dersom forskingsspørsmål 2 stemmer, vil sannsynlegvis resultata vise ein nedgang i förbruk spesielt i løpet av 1-3 år. I denne samanhengen er det berre relevant å analysere dei private bustadane som har installert vassmålar i 2011 eller seinare, sidan ein ikkje har data for målaravlesingar før 2011. Gjennom denne metoden ser ein i tillegg i tur og orden på vassmålaren installert hjå einebustader i 2012, 2013 2014, 2015 og 2016. Dette er den sikraste metoden for å «unngå å blande pærer og eple» (Cemalovic Zlatko, 2023) , når ein skal finne ut om det er ein eventuell nedgang i hushaldningsförbruk.

For å kategorisere dei ulike bustadkategoriane nytter ein den same inndelinga som SSB bruker i dei periodevise folketeljingane. Dei private bustadane blir kategorisert etter følgjande underkategoriar:

- Einebustader
- Tomannsbustader
- Rekkehus, kjedehus og andre småhus
- Bustadblokk
- Anna bustadbygg

Ein vil i tillegg vise alle private vassmålarar for å sjå om det er nokre trendar totalt sett. Da er alle vassmålarane med uavhengig av om dei er installert i eksempel 1995, 2012, 2015 osv. Dette betyr at utvalet er rimeleg lite i starten før det blir fleire og fleire målarar etter kvart som tida går.

3.5.5 Næring delt inn i ulike kategoriar

All Næring har i Bergen krav om å få installert vassmålar, m.a. på bakgrunn av rettferdigheit og at det er svært vanskeleg å estimere/anta vassforbruk i ulike bedrifter og forskjellig type industri. Den første registrerte vassmålararen vart satt i drift den 01.01.1991, før dei nye har komme etter kvart. All næring betaler VA-gebyr på bakgrunn av faktisk vassforbruk, noko ein gjennom analysen kan finne svar på om har gjeve resultat i vassreduksjon. Ein tek i analyse av næring med alle målarar, også dei som er installert før 2011, som er det første året ein har dataserie frå.

Under er det blitt delt opp i ulike underkategoriar av næring etter anbefaling frå Bergen Vann. Val av underkategoriar vart m.a. gjort på bakgrunn av kva kategoriar det var mest interessant å sjå Covid-19 påverknaden av.

- Hotel, restaurant, kino, Kafé og pensjonat
- Butikk og forretning
- Barnehage, barneskule, ungdomskule, universitet og høgskule
- Bensinstasjon
- Sjukehus, legevakt, sjukeheim og klinikk
- Fabrikkar og anna industri
- Verkstadar
- Bryggeri

3.6 Samanheng mellom Varme- og kuldeperiodar, vassproduksjon- og forbruk

Gjennom denne masteroppgåva er det arbeidd med å analysera vassforbruket i både varmeperiodar og i lengre kuldeperiodar. Varmeperiodane vert analysert for å finne tal på kor mykje auke i vassforbruk og dermed vassproduksjon ein kan forvente som følgje av hagevatning og utandørs vasking i varmeperiodar. Kuldeperiodane vert analysert for å finne ut kor mykje hushaldningsforbruket vert påverka av frosttapping av kranvatn for å unngå at vatn i røyra fryr. Denne data er samanlikna med vassproduksjon frå Jordalen VBA i sone nord, og vassforbruk i sone NO04_08 og NO05_02.

3.6.1 Varmeperiode

I tidlegare varmeperiodar i Bergen er det blitt observert at vassproduksjonen har auka såpass mykje at driftspersonale måtte utsette spyling og vedlikehald av røyr, for å ha nok vatn til abonnentane. Sannsynlegvis er grunnen til det auka vassforbruket at folk vatnar hagen, fyller basseng med vatn eller vaskar bil og hus i dei områda med hageflekkar i Bergen. Det var ein relativt dårleg sommar i 2021 og spesielt 2022 med lite hagevatning, noko som ein tek omsyn til i analysen.

Ved å rekne på produksjonstal frå Jordalen VBA, og samanlikne med vassforbruket i sone NO04_08 og NO05_02 i dei same varmeperiodane, kan ein nærme seg eit tal på forventta auke i vassforbruk i

framtidige varmeperiodar. Ein har valt å fokusere på tre varmeperiodar som blir samanlikna med både trevekeperioden før varmeperioden, og med gjennomsnittet av same vekene i dei andre åra. Dei tre varmeperiodane ein har valt å fokusere på er:

- Veke 21-23 i 2018
- Veke 24-26 i 2020
- Veke 21-23 i 2021

Ein byrjar med å analysere data frå vassproduksjon frå Jordalen VBA og Bergen kommune frå 2017-2020, som ein har fått etter førespurnad til Bergen Vann. På bakgrunn av vedlikehald og unormal produksjon på Jordalen VBA i 2021 og 2022 er desse data utelat, medan data frå heile Bergen kommune for 2021 og 2022 var vanskeleg å oppdrive. Det er på bakgrunn av at sonene ein analyserer er tilknytt Jordalen VBA, mest hensiktsmessig å nytte seg av data derifrå. Ein testar om det er noko korrelasjon mellom vassproduksjon Jordalen VBA og vassforbruk i dei to sonene som har sonemålingsdata frå 2020, som er NO04_08 og NO05_02. Utgangspunktet for denne analysen er det same datagrunnlaget som i sonevassmålingane, der ein kan rekne seg ut til kva det spesifikke hushaldningsforbruket i dei to sonene er i løpet av varmeperiodane periodane før varmeperiodane.

Til informasjon hadde fleire kommunar i landet utfordringar med låg fyllingsgrad i vassmagasina under tørkesommaren i 2018, som ein analyserer i denne oppgåva. Bergen kommune har derimot ikkje hatt problem med tørke etter magasinaukinga i Gullfjellet for nokre år sidan der dei hadde ei: «heving av vasspeilet på 13 til 15 meter og vil gi oss et tilleggsmagasin på seks millioner kubikk, sier Sekse» (Svendsen, 2012). Det er viktig å ha i menta at med klimaendringar og auka ekstremvær med tørkesomrar i framtida, likevel kan føre til sterkt reduserte nivå i drikkevasskjeldene i både Bergen og omkringliggjande kommunar.

3.6.2 Kuldeperiode

Det var berre ein lengre kuldeperiode i den fireårsperioden ein har sonevassmålardata frå. Denne perioden var frå 01.01.2021- 14.02.2021, og vart vidare samanlikna med dei same 45 dagane i 2019, 2020 og 2022 i sone NO04_08.

3.7 Dagens reknestykke ved installasjon av husvassmålar

På nettsidene til Bergen kommune ligg det ein vassmålar kalkulator som abonnentar kan teste for å finne ut om det økonomisk lønner seg med vassmålar (Bergen kommune, 2023b). Kommunen har også eit eige dokument som skildrar korleis reknestykket er bygd opp med ulike eksempel (Bergen Vann, 2023). Det er interessant å finne ut når det lønner seg for einebustadar å gå frå årsgebyr ved stipulert forbruk, til årsgebyr med målt forbruk med husvassmålar.

Dette reknestykket vert i denne masteroppgåva testa på eit utval av dei einebustadane som installerte vassmålar i 2014 og 2016, for å få ein peikepinn på kor mykje den økonomiske innsparinga var kvart år for den enkelte bueining/abonnent.

3.7.1 Framgangsmåte

For å kunne rekne ut årsgebyr med målt forbruk må ein vite kor mange personar det skal bu i bueininga, kor stort bruksareal det er og kva forbruket er i m^3 /år det siste året. Det går ann på vassmålar kalkulatoren å anta eit lågt, middels eller høgt forbruk.

TABELL 8: VISUALISERING AV VASSMÅLARKALKULATOREN SINE DEFINISJONAR AV LÅGT MIDDELS OG HØGT FORBRUK.

Forbruk	m ³ /person/år	l/p/d
Lågt	50	137
Middels	60	164
Høgt	70	192

Abonnementdelen av VA- gebyret er standard og like stort, uavhengig om ein har målt eller stipulert forbruk. Abonnentsdelen vert rekna ut som bruksareal på bueininga (m^2) * 15,19 kr/ m^2 . Det er derimot forbruksgebyret som er ulik for dei to metodane.

Ved stipulert forbruk antek ein at talet på kvadratmeter på bueininga, eks. 120 (m^2) * 1,3 (m^3/m^2), tilsvara eit stipulert årsforbruk på 156 m^3 /år, som igjen er 427 liter/bueining /dag. I resultatdelen vert det presentert data for når det lønner seg å installere vassmålar med tal frå 2023.

3.8 Erfaringshenting frå andre kommunar

Gjennom arbeidet med denne masteroppgåva er de blitt intervjuet fleire kommunar som i dag har ein høg grad av vassmålardekning på over 90 % av abonnentane. Når det er snakk om private vassmålarar i denne samanhengen meiner ein analoge vassmålarar som blir avlesne frå 1-3 gonger i året. Her blir VA-avgifta berekna ut i frå det faktiske hushaldningsforbruket. Kommunar ein har vore i kontakt med er Drammen, Asker, Haugesund, Trondheim, Moss og Melhus. Utgangspunktet for desse intervjuet var m.a. å få meir kunnskap knytt til forskingsspørsmålet om det er ein haldningsendring med nedgang i forbruk hjå dei private som får installert vassmålar.

Denne delen av masteroppgåva byrja ved e-post-kommunikasjon og deretter nokre telefonsamtalar for å finne ut kven i dei ulike kommunane som hadde den kunnskapen ein er ute etter. Vidare vart det gjennomført intervju via Teams i løpet av februar-mars 2023. Dei same spørsmåla ein har stilt alle kommunane er følgjande:

1. Kor stor vassmålardekning har de i kommunen per dags dato? (100 %, 70 % ?)
2. Er det krav eller ei til innføring?
3. Kva bakgrunn til innføringa av vassmålarar?
4. Har de observert at forbruket av vatn går ned?
5. Dersom "JA" på spørsmål nr 4, skjer haldningsendringa over minst 5 år?
6. Har de noko statistikk eller historikk på data om vassforbruk hjå private rett før innføringa ?
7. Driv de med systematisk innhenting av vassmålarata?
8. Kven er det som finansierer installasjonen av vassmålarane?
9. Kven eig og driv vedlikehald av vassmålarane?
10. Kva er det spesifikke hushaldningsforbruket hjå private (l/p/d, 2022 tal) ?
11. Andre kommentarar?

Vurderingar som vart gjort i samband med intervjuet var om ein skulle ta opptak av samtalen via Teams eller ei. Vurderinga var at det moglegvis hadde vorte litt hemmande for intervjuobjekta med opptak av samtalen, og att ein ikkje hadde turt å prate fritt. Vidare vart det bestemt at ein noterte viktige funn/ punkter frå intervjuet.

Intensjonen med intervjuet var å først berre nemne hovudtema for intervjuet, slik at intervjuobjekta ikkje fekk tid til å diskutere svar med kollega først. Deira første tankar knytt til spørsmåla var fint å få fram, så vart det i ettertid nødvendig å hente inn supplerande informasjon knytt til spørsmål som intervjuobjekta ikkje hadde kontroll på ståande fot, som til dømes kva den nøyaktig vassmålardekning i den enkelte kommune er.

3.9 Kostnad og nytte ved innføring av vassmålalarar

For å kunne rekne ut kostnadane, og sjå på nytta ved å innføra krav til vassmålalarar i Bergen, bør ein kunne rekne seg fram til ein potensiell nedgang i vassforbruk. For å kunne gjere nettopp det, bør ein nærme seg eit best mogeleg tal på kva hushaldningsforbruket i dei utvalde sonene er per dags dato. Ein bør også rekne ut kva hushaldningsforbruket er hjå dei private i Bergen med vassmålalarar per dags dato.

For å kunne begge desse talla, er det nødvendig med eit vektgjennomsnitt som speglar befolkninga og fordelinga av ulike typar bueiningar i Bergen i dag. Denne formelen vert nytta når ein ynskjer å kombinere gjennomsnittsverdiar frå utval av den same populasjonen med ulike storleikar på utvala. Denne formelen vert nytta for å finne dei to ulike tala for spesifikk forbruk i Bergen.

$$X = \frac{\sum (m_1 \cdot w_1 + \dots + m_n \cdot w_n)}{\sum (w_1 + \dots + w_n)}$$

Der m = tal til vekting, som vil vere hushaldningsforbruk til ulike kategoriar bueiningar i denne oppgåva, eks Blokk og einebustad. Vidare vil w , vere sjølvvekt, som vert i prosent i denne masteren, eksempelvis prosent personar som bur i einebustad eller blokk, og X vert det nye vektta talet på hushaldningsforbruk. Bokstaven n er så mange tal ein nyttar i vekting.

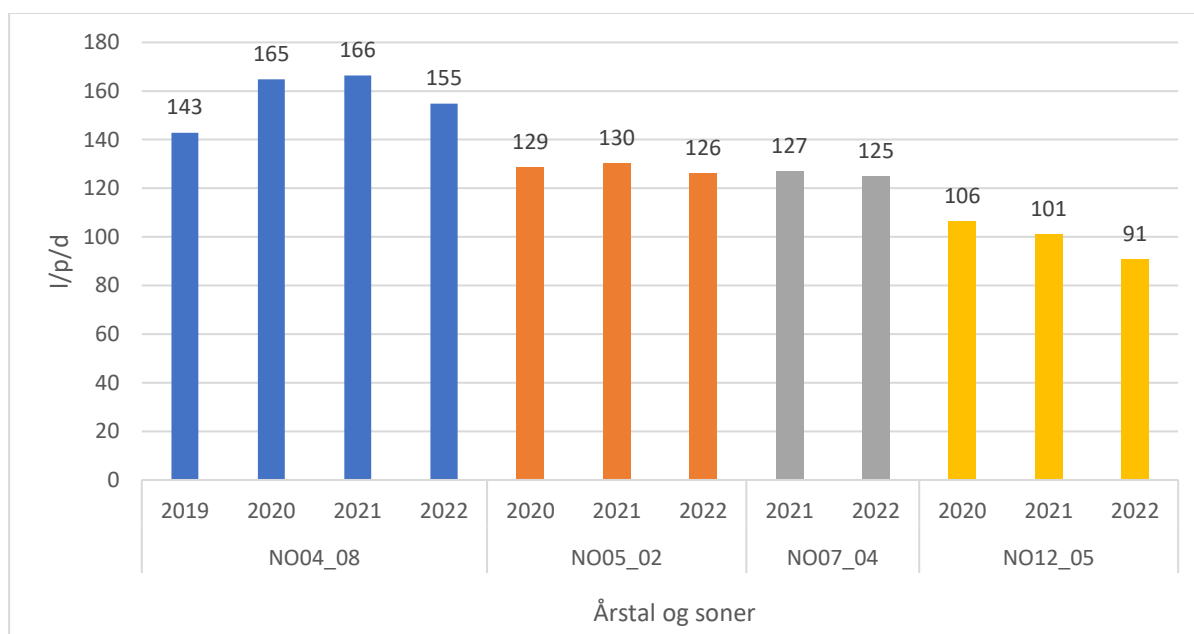
4 Resultat og Diskusjon

I dette kapittelet blir resultatene frå analysen framstilt og diskutert. Både grafar og figurar frå både sonevassmålingar, private vassmålarar og næringsvassmålarar vert kommentert og diskutert. Interessante sidesprang som eksempelvis korleis varmeperiodar og Covid-19 har påverka vassforbruket vert presentert. Til slutt vil ein komme fram til eit reknestykke som viser om det lønner seg eller ei å innføre husvassmålarar, på grunnlag av forventa nedgang i vassforbruk.

4.1 Hushaldningsforbruk hjå private husstandar utan husvassmålar i dei sonene som er analysert

4.1.1 Sonevassmålingar frå 4 soner i Bergen Nord

Gjennom analyse av sonevassmålingar mellom 2-4 år for dei 4 ulike sonene er ein kommen fram til følgjande spesifikke tal på hushaldningsforbruk som ein kan sjå i Figur 21.



FIGUR 21: HUSHALDNINGSFORBRUK I DEI ULIKE SONENE VHA. SONEVASSMÅLINGAR. SIDAN EIN I ANALYSEN ANTEK AT INNVENDIG HUSINSTALLASJON ER 100 % TETT, NOKO SOM SANNSYNLEGVIS IKKJE STEMME, SÅ ER DEI REELLE TALLA PÅ HUSHALDNINGSFORBRUK TRULEG LITT HØGARE. NETTOPP DETT ER VERT Å NEMNE SIDAN MNF I ANALYSEN BESTÅR AV SMÅ INNANDØRS DRYPPLEKKASJAR SOM EKSEMPELVIS RENNANDE SISTERNE. ÅR 2020 I SONE NO12_05 OG SONE NO05_02 INNEHOLD BERRE TALMATERIALE FRÅ EIT HALVT ÅR, MEDAN SONE NO12_05 IKKJE ER REPRESENTATIV.

På Figur 21 kan ein sjå dei ulike sonene satt saman i rekkefølge ut i frå kva målingane viser. Det er som ein kan sjå Tabell 9 store skilnader i sonene si utstrekning i tillegg til lengde og alder på leidningane og samansetninga av bustadkategoriar.

TABELL 9: RELEVANT INFORMASJON FRÅ DEI ULIKE SONER SOM ER MED PÅ Å FORKLARE SKILNADANE I HUSHALDNINGSFORBRUK.

	NO04_08	NO05_02	NO07_04	NO12_05
Tal personar i 2022	216	873	476	891
Snittforbruk av år med måleverdiar (l/p/d)	157	128	126	99
Måleusikkerheit ved MNF (+-)	7.5 %	2.40 %	3.10 %	2.40 %
Tal på personar per buening	3.38	2.10	2.66	2.47
Del Eine- og tomannsbustad/ bustadblokk, rekke- og kjedehus	69 %/ 31 %	21 %/ 79 %	98 %/2 %	90 %/ 10 %
Snitt alder privat stikkleidningar (år)	13	31	19	25
Lengde private stikkleidningar (m)	842	2316	3662	14987
Lengde kommunale leidningar (m)	315	2027	2327	5382

Tabell 9 samlar relevant informasjon om dei ulike sonene, medan andre grafar som viser viktig info og samanhengar kan ein finne i Vedlegg A. I Vedlegg A viser Figur 39 lengde og alder på leidningane, medan Figur 40 viser lengde og snitt dimensjonar på VA-leidningane, og Figur 41 viser lengde på private leidningar i meter per bustad og prosentdel private leidningar av totalen.

4.1.2 NO04_08, Skinnflorbakkane

Befolkningsdata som grunneigendom, adresse og bygningsregisteret (GAB) stemmer bra med dei faktiske tilhøve. Alderen på leidningane er ganske låg med ein snittalder av både private og offentlege leidningar på 14 år. På ei anna side er talet på person/bustad i snitt 3,38, noko som er det høgaste av dei ulike sonene.

Ei usikkerheit til denne sona er at det er ein annan type sonevassmålar i denne sona enn i dei andre. Den berekna måleusikkerheita ved MNF er rekna ut til å vere +5-10 %, noko som kan føre til nokre unøyaktige verdiar. Ein vel å stole bra på data frå denne kompakte sona, m.a. sidan det er kort lengde på leidningsnett og fordi MNF- verdiane har vore relativt jamne over fleire år.

4.1.3 NO05_02, Spondalen

Dette er ei sone der 79 % av befolkninga bur i enten bustadblokk, rekkehus og kjedehus, som dermed er ei representativ sone med tanke på denne type kategori. Alderen på dei private stikkleidningane er 31 år, som dermed er eldst av dei ulike sonene. I denne sona er det også færre private hagar, og ein går utifrå at det er mindre hagevatning samanlikna med sone NO04_08.

4.1.4 NO07_04, Hylke

Dette er ei sone heilt nord i Bergen med ganske homogen samansetning av einebustader. Datakvaliteten var god og måleusikkerheita var på 3,1 %, noko som er relativt lite. Dette er dermed ei svært representativ sone for denne type busetnad.

4.1.5 NO12_05 Haukeland

Dette er ei sone som ikkje er representativ, og ein vel difor å operera vidare med dei 3 andre sonene. Denne sona var eigentleg ikkje med i starten av analysen, men blei tatt med nettopp for å teste om «magefølelsen» -driftserfaringar Bergen Vann hadde knytt til lekkasje, på privat og felles privat

leidningsnett, var rette. Sona består i stor grad av lange private stikkleidningar som totalt sett er nesten 15 km lange. Snitt alder på dei private stikkleidningane med registrerte tal er 25 år, medan ein manglar tal på 40 % av dei private leidningane. På bakgrunn av dei kommunale leidningane i sona med ein total lengde på 5382 meter, og alder på 37 år, i tillegg til manglande data på privat leidningsnett, er det rimeleg å anta at snitt alderen på dei private stikkleidningar er ein del høgare enn 25 år. I dette tilfellet hadde det på bakgrunn av stor forskjell i lengde på stikkleidningane, kanskje vore betre å rekne alder per meter privat stikkleidning.

Dei private eigarane av stikkleidningane driv som regel ikkje med det same vedlikehaldet av stikkleidningane, som kommunen gjer på dei kommunale leidningane. I sone NO12_05 kan ein observere høge «stabile» tal på MNF som betyr ein kontinuerleg høg lekkasjedel i heile sona, noko som fører til at usikkerheita til desse resultatane er store. Vidare er dette ei stor sone med over 899 innbyggjarar i 2022, der usikkerheita til nettopp kor mange som bur der også er til stades.

4.1.5 Diskusjon rundt dei tre gjenværande sonene: NO04, NO05 og NO07

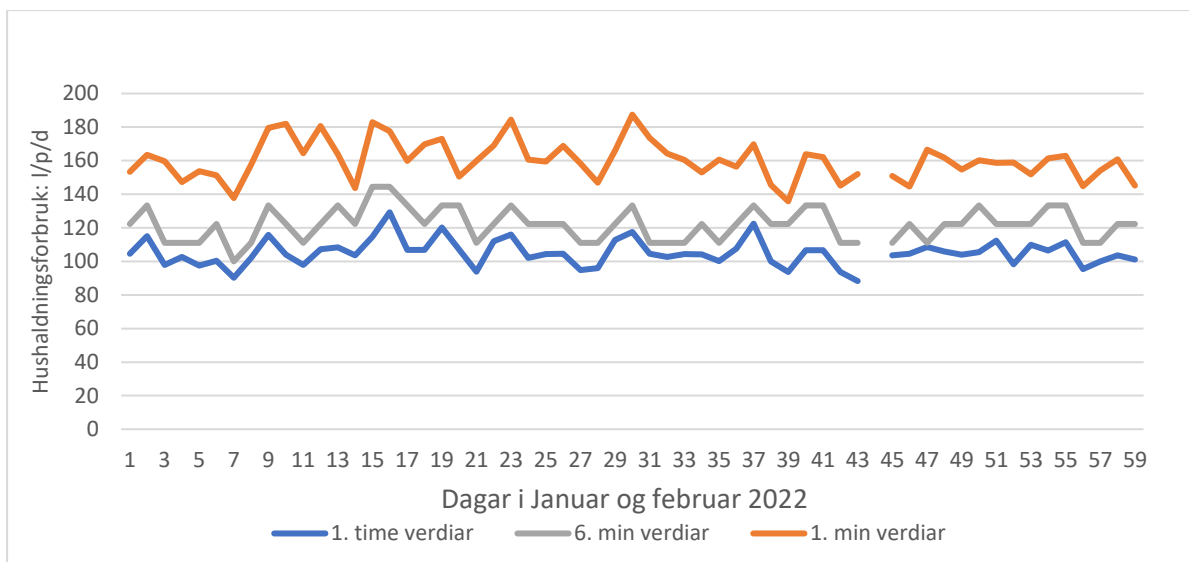
Forskjellane i lengde og alder på leidningane, i tillegg til befolkningstal og fordelinga av bustadkategori, er utvilsamt med på å forklare skilnadane på hushaldningsforbruk i dei tre gjenværande sonene. Ein kan sjå spesielt tydeleg på sone NO04_08, at forhold som Covid-19 påverkar resultatane, ved at det var litt høgare forbruk i 2020 og 2021 med Covid-19-restriksjonar samanlikna med 2019 og 2022. Det optimale hadde eigentleg vore å gjennomført denne analysen om ca. 5 år, for å få gode samanhengande talmateriale frå «normale år» utan Covid-19.

Ein har ikkje fått tak i data som vert rekna som personopplysningar knytt til yrke, interesser og alder til befolkninga i dei ulike sonene. Gjennom ein anonym analyse kunne det vore interessant å finne ut om det er skilnad i hushaldningsforbruk i ulike befolkningsgrupper. Å analysere informasjon knytt til inntekt og fokus på sparing av straum og varmtvatn i blokkleilegheiter, samanlikna med einebustader, kunne også vore interessant. Ein kunne vidare testa meir inngåande om einebustader sløser meir med vatn enn blokkleilegheiter.

Det er viktig å framheve at netto (minste) spesifikt hushaldningsforbruk som vist i Figur 21 legg til grunn at innvendig husinstallasjon er 100 % tett. Det betyr at ein i denne delen går ut i frå at det er dråpelekkasjar internt i bustadane lik 0 l/s, noko som truleg ikkje er tilfellet. Med andre ord er det reelle spesifikke forbruket mest sannsynleg litt høgare enn det Figur 21 viser. I den samanheng er usikkerheita og eventuelle feil ved sonevassmålarane og datasjøen vert å trekke fram.

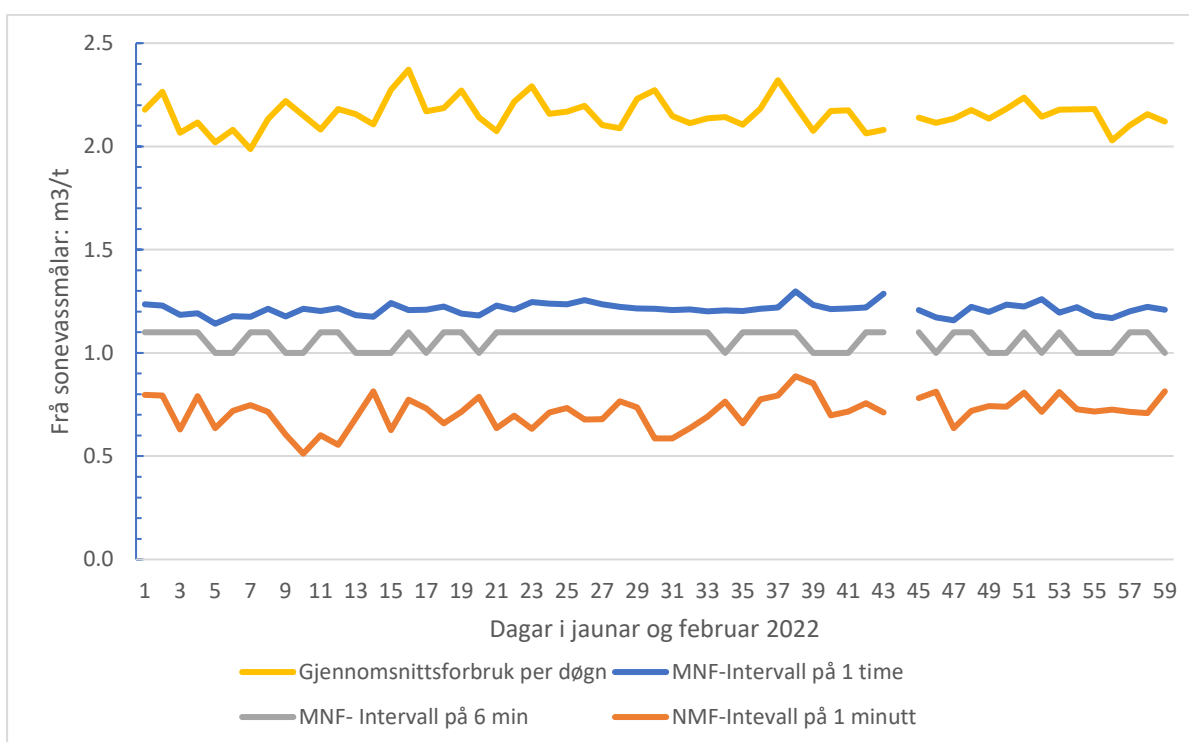
4.1.6 Kvaliteten på data med: 1 timeintervall, 6- og 1 minuttintervall

Ved analyse av data med 1 timeintervall, 6- og 1 minuttintervall frå sone NO04_08 t er det interessant å sjå på skilnaden i talmateriala. Data er henta frå januar og februar 2022, som var ein tilfeldig utvalt periode med.



FIGUR 22: SPESIFIKK HUSHALDNINGSFORBRUK I SONE NO04_08 I EIN PERIODE PÅ 2 MÅNADAR I STARTEN AV 2022.

Frå Figur 22 kan ein sjå at det manglar data frå dag nummer 44. Den dagen var det brannutrykking i sona, i tillegg til eit usannsynleg høgt målt forbruk vassforbruk, som førte til at data vart kutta ut.



FIGUR 23: GJENNOMSNIITTSFORBRUKET PER DØGN ØVST OG ULIKE MNF-VERDIAR HENTA FRÅ ULIKE INTERVALL. DATA ER HENTA FRÅ SONE NO04_08 I FRÅ JANUAR OG FEBRUAR 2022.

Gjennomsnittsforkbruket per døgn er det same for dei ulike metodane, sidan alle talla kjem frå det same datagrunnlaget, sjå FIGUR 23. På ei anna side kan ein sjå tydeleg at MNF- verdiane vert ulike på bakgrunn av ulikt intervall. Skilnaden i MNF mellom 6 og 1 minuttintervalla, er større enn skilnaden mellom 6 minutt- og 1 timeintervalla. Sjansen for at ingen av dei 216 innbyggjarane i sone NO04_08 bruker vatn i eit av dei 1440 minuttintervalla i døgnnet, er større enn at dei ikkje bruker vatn i løpet av dei 240 stykk 6 minuttsintervalla og 24 stykk timesintervall i løpet av eit døgn.

TABELL 10: UTREKNA VASSFORBRUK OG DERMED LEKKASJAR I SONE NO04_08 VED BRUK AV ULIKE INTERVALL.

	Heile 2022: l/p/d	Januar og Februar: l/p/d	Snitt lekkasjar i Januar og Februar
1. min verdiar	155	160	33 %
6. min verdiar	118	122	49 %
1. time verdiar	101	105	56 %

I denne oppgåva vert det nytta så lite intervall som mogeleg ved bruk av minstenattforbruksmetoden, for å finne det spesifikke hushaldningsforbruket i kvar sone. Når ein stolar på sonevassmålarane er det mest riktig å bruke det minst mogeleg intervallet i berekningane. På ei anna side kan timesverdiar fjerne støy, småfeil og gi meir stabile tal over lengre periodar. Frå Tabell 10 kan ein sjå korleis det berekna hushaldningsforbruket, og dermed lekkasjetalet vert i den same sona ved bruk av ulike intervall. Det er til dømes lite sannsynleg at lekkasjane er 56 % i denne sona, som talla frå 1 timeintervalla viser, medan ein lågare lekkasje prosent er meir sannsynleg.

4.1.7 Hushaldningsforbruk frå husvassmålarar i Bergen i 2022

Tala ein kjem fram til i Tabell 11 er basert på at det er gjennomført ein reinsking av data som enten viser urealistisk høge eller låge tal, eller har feil og manglar ved seg.

TABELL 11: KATEGORIANE AV BUSTADER BRUKER IFØLGJE VASSMÅLARAR I BERGEN FOR 2022, I TILLEGG TIL EIT VEKTA GJENNOMSNIITT PÅ BAKGRUNN AV TAL PÅ MÅLARAR OG PÅ BAKGRUNN AV BUSTADKATEGORIAR.

	Gjennomsnittsförbruk l/p/d	Tal på vassmålarar	Prosent bustad i kategori /av totalen
Einebustader	125	179	25 %
Tomannsbustader	98	17	8 %
Rekkehus, kjedehus, andre småhus	110	11	17 %
Bustadblokk	135	85	46 %
Anna bustadbygg	75	12	4 %
Sum		301	100 %
Vekta gjennomsnitt på bakgrunn av tal målarar	124	-	-
Vekta gjennomsnitt på bakgrunn ulike bustadkategoriar i Bergen	123	-	-

Det spesifikke vassforbruket hjå private abonnentar med installert vassmålar i Bergen kommune i 2022 er 124 l/p/d basert på dei 301 av 445 vassmålarar. For einebustader i Bergen kommune med installert vassmålar var det eit stort sprik i kva det spesifikke hushaldningsforbruket viste i 2022. Det er dermed gjort ein vurdering der at ein her teke vekk dei 10 høgaste og 10 lågaste verdiane hushaldningsforbruk. Gjennomsnittsverdien av alle dei 179 einebustadane var 125 l/p/d.

Ein har valt å ekskludere like mange av dei låge som av dei høge verdiane. Det er fleire grunnar til at ein har valt å ekskludere dei lågaste verdiane. Ein grunner at det sannsynlegvis er registrert eit feil tal på personar knytt til kvar måla. Forklaringar på det kan vere at barna er vaksne og flyta ut, men

framleis folkeregistrert i bustaden, eller at det er ein utleigebustad med varierende tal på bebuarar i løpet av året. Andre grunnar kan vere at huset ikkje vore i normal bruk det siste året, der det eksempelvis har vore pensjonistar på lange ferie eller at huset har vore til sals.

Den største feilkjelda er som regel kor mange personar som er knytt til kvar vassmålar. Denne feilmarginen vert naturlegvis størst i bustadblokkene med potensiale for feil innbyggartal. Det gjennomsnittleg hushaldningsforbruk i blokk er 135 l/p/d, noko som er det største talet av alle kategoriane. Her har ein kontrollert og retta på dei vassmålarane som først låg i øvre sjikt i hushaldningsforbruk. I dei aller fleste tilfelle var det registrert for få personar per målar, som dermed verkeleg trakk opp forbruket per person. Av tidsomsyn og potensielt mykje ekstraarbeid vart det bestemt å ikkje gå gjennom heile serien for å rette opp talet på personar. Usikkerheita til bustadblokker er dermed til stades, med sannsynlegvis eit litt lågare reelt tal en det som står i Tabell 11. Vidare burde ein nytta eit gjennomsnittsforkbruk over dei 3 siste åra, for å justere for årsvariasjonar. Dette vart forsøkt gjennomført, men på grunn av datakvalitet og usikkerheit til det faktiske befolkningstalet knytt til kvar målar i 2020 og 2021, vart det valt å berre nytte tal frå 2022. År 2020 og 2021 var på ei anna side påverka av nedstengning av samfunnet som følgje av Covid-19, som også påverka hushaldningsforbruket

Dei 301 private vassmålarane som resultatata i denne analysen tek utgangspunkt i, utgjer 0,4 % av potensielt 75400 nye vassmålarar dersom det vert krav til dette i Bergen Kommune. Talet på personar per buening for alle dei med vassmålar i Bergen på 1,67, noko som er ein del lågare enn snittet i Bergen kommune på 2.03. Av den grunn er det nødvendigvis ikkje sikkert at resultatet på 124 l/p/d er representativt for heile Bergen kommune.

4.1.8 Erfaringar frå andre kommunar knytt til hushaldningsforbruk

Etter intervju med andre kommunar over 89 % vassmålardekning, har ein komme fram till tala ein kan sjå i Tabell 12. (Div. kommunar, 2023)

TABELL 12: HUSHALDNINGSFORBRUK OPPGITT AV KOMMUNAR TIL KOSTRA OG SSB I 2021, SAMANLIKNA MED TALA OPPGITT I INTERVJU.

	Tal oppgitt til KOSTRA og SSB i 2021: l/p/d	Tal oppgitt i intervju: l/p/d
Drammen	125	132
Haugesund	153	100-110
Trondheim	165	165
Moss	142	142
Melhus	134	134
Asker	138	138

På spørsmål om kva hushaldningsforbruket er i dei kommunane som vart intervjuet, svarta 4 av 6 kommunar det same talet som dei rapporterte til KOSTRA og SSB i 2021, sjå Tabell 12. Desse kommunane har installert vassmålarar på ulike måtar og over periodar med ulik lengde. Nokre har

hatt frivillig innføring, medan andre har hatt krav til innføring av vassmål. Som ein kan sjå på Tabell 12, så rapporterer Drammen kommune om det lågaste hushaldningsforbruket av kommunane.

Det er i denne samanheng rimeleg å anta at pålegg/ tvungen innføring av vassmålalar hjå private over tid vil medføra maks same utfall som Drammen. Lågare tale en det Drammen rapporterer, som er 125 l/p/d er lite sannsynleg.

4.1.9 Diskuter spesifikk forbruk i forhold til nasjonale tal og anna litteratur

Norsk vann sitt rådgjevande tal på hushaldningsforbruk som er 140 l/p/d jf. rapport B20 (Sivertsen & Bomo, 2016), er m.a. basert på dei kommunane med gode vassmålardata som rapporterte til KOSTRA. Rapport B20 seier bl.a. at analysedata i grunnlaget var relativt avgrensa og har anbefalt å følgje opp rapporten med ytterlegare kartlegging og utredning. Denne masteroppgåva har vist at det er eit stor spenn i kva kommunar med god vassmålardekning på over 80 % rapporterer som hushaldningsforbruk når dei rapporterer inn til KOSTRA.

Det har vist seg tidkrevjande å hente inn data frå vassmålalar og kople det opp mot tal på bueiningar og abonnentar. Dette er delvis på bakgrunn av at den enkelte husvassmålar er kopla opp mot gard og bruksnummer, og ikkje adresse. Medan SSB sine tal for innbyggjarar er kopla opp mot adresse. Av den grunn har det teke tid å finne ut om ein vassmålar måler vatn for fleire omkringliggjande adresser. Dersom både noverande og framtidige husvassmålalar skal vere med på å gi gode nasjonale tal for vassforbruk, bør ein sjå litt større på kva ein kan oppnå ved vassmålaren. Ein vassmålar bør vere kopla opp mot både gard og bruksnummer, i tillegg til adresse. Dette bør gjerast slik at når nye tal frå folkeregisteret kjem, så blir det automatisk kopla. I denne samanheng har ingen av dei kommunane ein har intervjuet avsette resursar som følgjer opp og oppdaterer utviklinga i spesifikk forbruk hjå private abonnentar med installert vassmålar.

4.1.10 Estimert hushaldningsforbruk i Bergen kommune

For å finne eit tal for hushaldningsforbruk i Bergen, har ein valt dele inn i dei to kategoriane, eine- og tomannsbustader på den eine sida og bustadblokk, rekkehus og kjedehus på den andre sida. Frå sonevassmålingane har ein valt å nytte sone NO04_08 og NO07_04 som representative soner for eine- og tomannsbustader, medan ein nyttar sone NO05_02 med snitt forbruk på 128 l/p/d som representativ sone for bustadblokk, rekkehus og kjedehus i Bergen kommune. Snittet av dei to sonene NO04_08 og NO07_04, vert nytta for å finne eit tal for eine- og tomannsbustader.

$$\frac{(157.2+126)}{2} = 141.6 \text{ l/pe} \cdot d$$

Ein ser frå Tabell 13 når ein legg saman kategoriane at 41 % av befolkninga bur i eine- og tomannsbustader medan 59 % av befolkninga bur i enten bustadblokk, rekkehus eller kjedehus.

$$\frac{([141.6 \cdot 0.41] + [128 \cdot 0.59])}{0.41 + 0.59} = 133.6 \text{ l/pe} \cdot d$$

I reknestykka ovanfor, og tidlegare i masteroppgåva har ein gått ut ifrå at røyr og installasjonar innomhus er tett, med null lekkasje etter hovudstoppekrana. I denne analysen tek ein utgangspunkt i at MNF berre består av lekkasjar (vasstap) som høyrer til kommunalt leidningsnett og private utomhus stikkleidningar før hovudstoppekrana.

Ein vel derfor å runde 133,6 opp til 135 l/p/d, for å ta omsyn til nettopp dette, utan gjennomført usikkerheit analyse. Målarusikkerheit i denne samanhengen er på +10 %, som var det sonevassmålaren i sone NO04_08 maksimalt kunne vere. Dette betyr at talet kan ligge mellom 125 og 148 l/p/d. Hushaldningsforbruket for heile Bergen kommune vert dermed sannsynlegvis rundt Norsk Vann sin anbefaling på 140 l/p/d (Sivertsen & Bomo, 2016), og kan vere opp mot 150 l/p/d , som Bergen Vann estimerte i hovudplanen (Bergen Vann, 2018).

Som vist i Tabell 11 Tabell 12 var det vekta snittet for vassmålartvalet (301 stk. av potensielt 75400 nye vassmålalar = 0,4 %) i Bergen kommune 124 l/p/d, der det ikkje er gjennomført usikkerheits berekning. Dette utvalet består i stor grad av hus med stort areal og færre bebuarar per buening enn gjennomsnittet i kommunen, dvs. dei fleste som høyrer til dette utvalet har økonomisk gevinst i vassmålalininstallasjon, ref. kapittel 4.2.2. Drammen kommune med 97,4 % vassmålardekning opererer med talet 125 l/p/d. Ein legg vidare til grunn at kunnskapen knytt til hushaldningsforbruk i Drammen er høg, og at tal frå Bergen sannsynlegvis ikkje vil vere lågare, dvs. ein eventuell reduksjon i vassforbruk hjå private i Bergen ikkje vil gå under nivået som Drammen kommune rapporterer om. Vidare går ein ut i frå at usikkerheita eigentleg er lågare enn +10%, då det ut i frå ein graf i eit datablad var vanskeleg å lese av denne usikkerheita nøyaktig. Dette fører likevel til ein mogeleg reduksjon frå mellom 135-148 l/p/d til 125 l/p/d, som vil vere på mellom 10 l/p/d- 23 l/p/d.

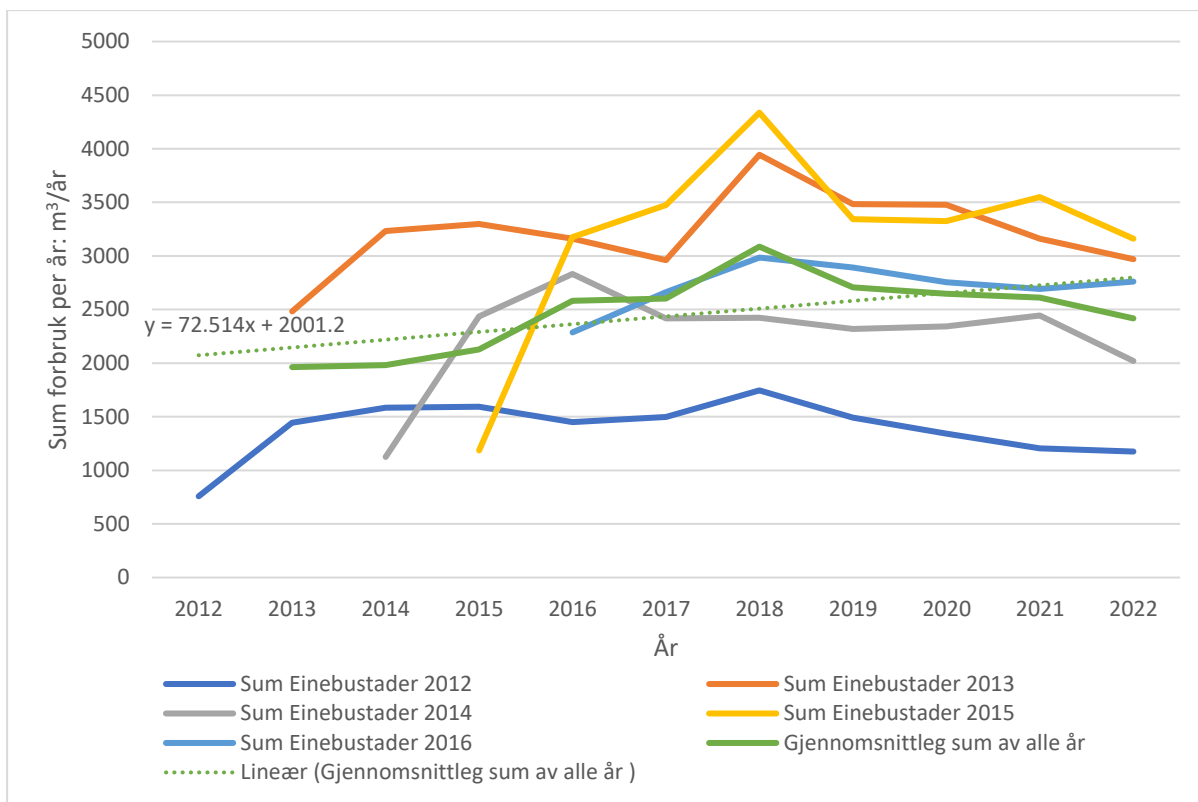
TABELL 13: PERSONAR /BUSTAD I BERGEN KOMMUNE. BLIR NYTTA SOM GRUNNLAG I VEKTING.

	Prosent personar i kategori /av totalen	Prosent bustad i kategori /av totalen	Personar/bustad
Einebustad	31 %	25 %	2,54
Tomannsbustad	9 %	8 %	2,52
Rekkehus, kjedehus, andre småhus	20 %	17 %	2,36
Bustadblokk	37 %	46 %	1,61
Anna bustadbygg	3 %	4 %	1,25
Bergen kommune totalt	100 %	100 %	2,03

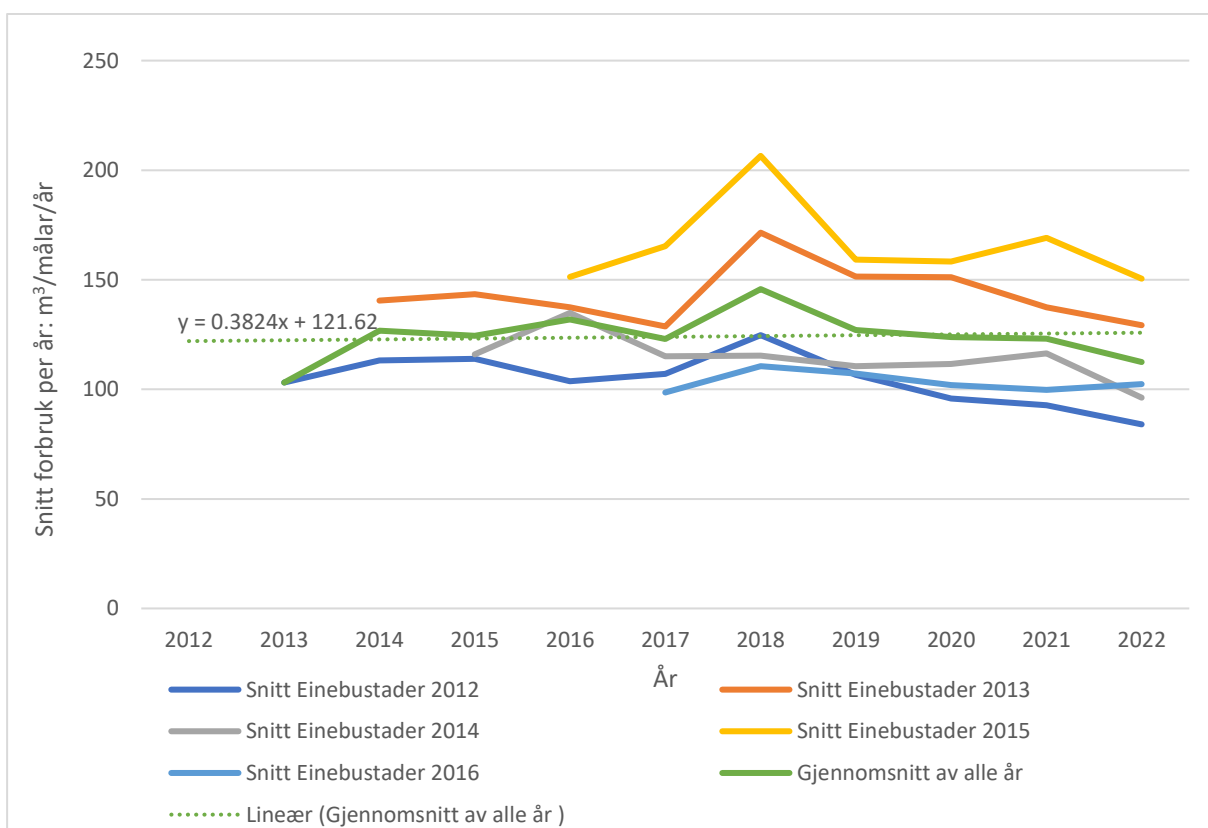
4.2 Eventuell endring i vassforbruk hjå private som har installert husvassmålar

4.2.1 Resultat frå husvassmålalar i Bergen kommune

Figur 24 og Figur 25 viser to ulike måtar å visualisera resultatata frå einebustad kategorien, gjennom både summen av forbruket kvart år og snitt forbruk per målar per år. For alle private i Bergen er talet på vassforbruk per målar per år tilnærma uendra, som ein kan sjå i Figur 45 i Vedlegg C, gjennom ei lineær vassrett stipla linje.



FIGUR 24: SUM FORBRUK FOR EINEBUSTADER INSTALLERT MELLOM 2012 OG 2016. DEN STIPLA GRØNE LINJA ER TRENDLINJE FOR ALLE MÅLINGANE. FØRSTE ÅR MED DATA ER SOM REGEL IKKJE HEILE ÅR MED MÅLINGAR.



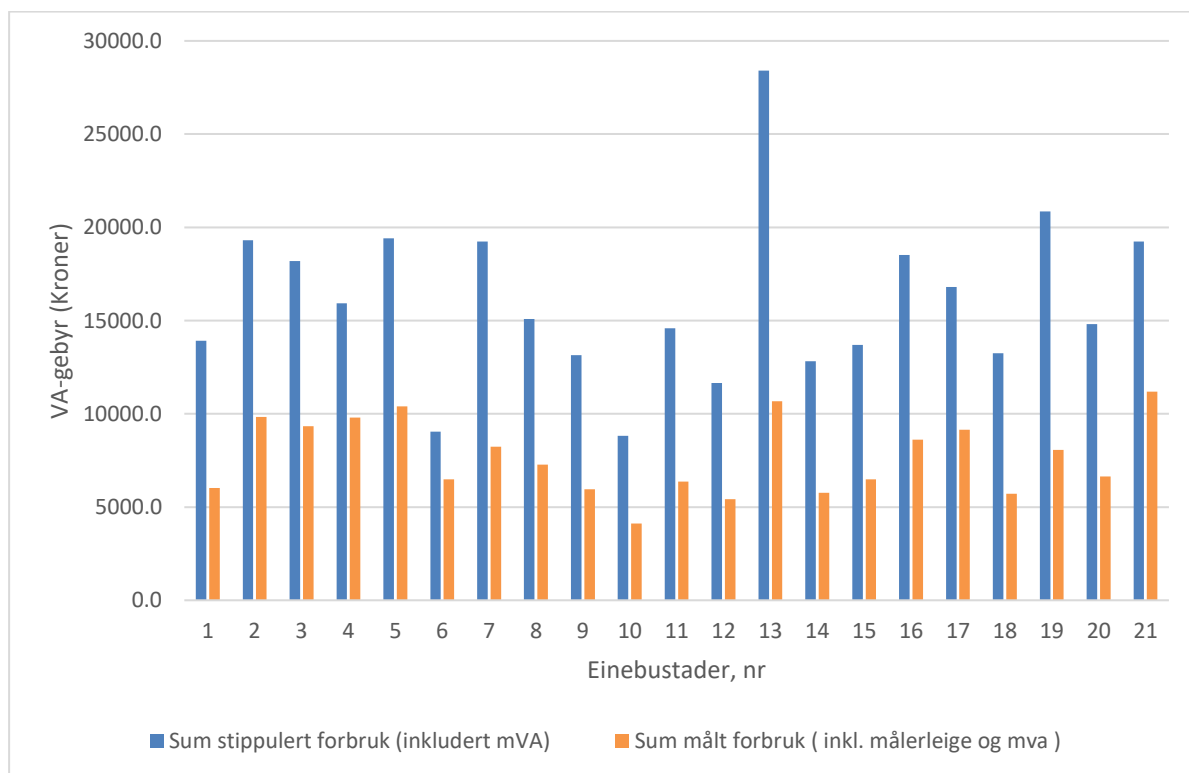
FIGUR 25: GJENNOMSNI TTLEG FORBRUK FOR ALLE EINEBUSTADER MED INSTALLERT VASSMÅLAR MELLOM 2012 OG 2016. DEN STIPLA GRØNE LINJA ER EI TRENDLINJE FOR ALLE SNITT VERDIAR. FØRSTE ÅR MED DATA ER SOM REGEL IKKJE HEILE ÅR MED MÅLINGAR.

Ovanfor kan ein sjå gjennomsnittsforkbruket per målar per år for dei einebustadane som installerte vassmålar i åra 2012-2016. Ein kan her sjå ein topp i forkbruket i 2018, for nesten alle linjediagram. Grafane ser elles veldig flate ut, og har ikkje ein tydeleg nedgang i starten.

Det auka vassforkbruket hjå einebustadane i 2018, er sannsynlegvis knytt til hagevatning, badebasseng og vask under tørkesommaren. Vidare er vassmålar data frå Bergen kommune hovudsakleg basert på manuell avlesing ein gong i løpet av september månad. Av den grunn speglar data frå 2011-2022 ikkje nødvendigvis nøyaktig eit år. Data frå det første året med drift, der målarane var installert på ulike datoar, er det knytt stor usikkerheit til. Feil i målaravlesing og innsending av tal kan også førekomme.

4.2.2 VA-gebyr for private med overgang frå stipulert til målt forbruksgebyr

Det utvalet av private ein har analysert på bakgrunn om det er noko endring i vassforkbruk, har vist seg å ha ein flatt forkbrukkurve. For å kunne komme nærmare ein forklaring på kvifor resultatata ikkje har vist ein nedgang i forkbruk etter ein har installert vassmålar, har ein valt å fokusere på to tilfeldig valde år i perioden mellom 2011 og 2018. Åra som vart valt for å analysere med fokus på endring i VA-gebyr, var 2014 og 2016. Det er i denne samanhengen relevant å nemne at talla er basert på 2023 tal og kroneverdi henta frå Bergen Vann, og utvalet i denne analysen er einebustader. Tala er ikkje prisjustert for 2014 eller 2016 tal for VA-gebyr.



FIGUR 26: VA-GEBYR ÅRET FØR INSTALLERT VASSMÅLAR MED STIPULERT FORBRUK ER VIST MED BLÅ SØYLER , MEDAN FØRSTE ÅRET MED VASSMÅLAR I 2014 OG MÅLT FORBRUK ER VIST MED ORANSJE SØYLER (BERGEN VANN, 2023).

Figur 26 viser at samlege einebustader som fekk installert vassmålarar i 2014 sparte pengar på å gå over til målt forkbruk. Gjennomsnittleg sparte dei 8343 kroner. Gjennomsnittsarealet på desse einebustadane var 289 kvadratmeter, noko som er ein god del større enn landssnittet på einebustad som er antatt å vere ca. 159 m².

Einebustadane med vassmålarar frå 2016 i Figur 48 i vedlegg viser at desse 27 einebustadane i snitt har spart 7610 kr berre ved å gå frå stipulert forbruk på bakgrunn av areal til målt forbruksgebyr første året. Snitt areal for desse husa er 293 kvadratmeter, noko som også er godt over snittet for einbustadar i Bergen. I snitt var nedbetalingstida av vassmålararen for einebustadane litt under 2 år. Alle utan om einebustad nr. 27 sparte det inn første året med å gå over til husvassmålar. Til informasjon så reduserte einebustad nr. 27 vassforbruket i år nummer 2, og sparte meir da.

4.2.3 Når det lønner seg å installere vassmålar for dei tre sonene

Tabell 14 viser ulike eksempel på når innbyggjarane i sone NO04_08, NO05_02 og NO07_04 sparer pengar årleg på å gå over frå stipulert til målt forbruk, ved ulike bruksareal og tal personar per bueining. Det er i denne samanhengen viktig å nemne at i dette reknestykket er det for enkelheit skuld nytta same pris på målarleige for både einebustadar og leilegheiter, noko som ikkje nødvendigvis er tilfellet. Prisen på sjølve vassmålar pluss installasjonen er i snitt ligg på 10000 kroner. Dette er ikkje teke med i dette reknestykket. Ein nyttar eit hushaldningsforbruk på 128 l/p/d for typiske bustadblokker med bruksareal på 50 m², medan eine- og tomannsbustader med bruksareal på 100 m² og større, nyttar ein eit forbruk på 142 l/p/d.

TABELL 14: INNSPARING VED MÅLT REALISTISK HUSHALDNINGSFORBRUK FOR TO ULIKE KATEGORiar, SOM ER BLOKKLEILEGHEIT OG EINE- OG TOMANNSBUSTAD. (BERGEN VANN, 2023)

Bruksareal, (m ²)	Tal på personar	Hushaldningsforbruk, (l/p/d)	Sparer per år, (kr)
50	1	128	-187
50	2	128	-1498
100	1	142	1498
100	2	142	47
150	2	142	1871
150	3	142	421
150	4	142	-1029
200	2	142	3695
200	3	142	2245
200	4	142	795
280	3	142	5164

Som ein kan sjå i Tabell 14, så lønner det seg å vere få personar og ha eit stort bruksareal dersom ein skal gå over til målt forbruk. Sidan vassmålar og installasjon ikkje er teke med i reknestykket, betyr det at det tek 2 år før investeringa lønner seg for den mest gunstige eksempelet med eit areal på 280 m² og 3 personar. For alle andre eksempel tek det lengre tid. For dei eksempla med minustal i høgge kolonne, så lønner det seg aldri med noverande modell.

Ein fullstendig analyse av VA-gebyr for husstandar før og etter innføringa av vassmålarar, kunne vore interessant for å underbygge denne forklaringa. Etter vurdering med fleire i Bergen Vann knytt til gjennomføring av ein slik analyse er dette så tydeleg at det ikkje er nødvendig å gjennomføre. Likevel er ei mindre utval einebustader som har installert vassmålar i 2014 og 2016 testa ut i denne samanhengen, sjå Figur 48. Det viser seg tydeleg at arealet på desse bustadane er stort og at desse har spart store summar kvart år på å gå over til forbruksstyrt gebyr.

Sidan det i Bergen er frivillig å installere vassmålarar, har sannsynlegvis dei aller fleste som har valt å installere vassmålarar grundig vurdert kostnadane først. Kan henda at sidan alle dei som allereie har

installert vassmålarar sparte mykje med ein gong, m.a. på grunn av eit lågare tal på personar per bueining enn resten av Bergen, er vidare insentiv for å redusere vassforbruk ikkje til stades eller fokusert på.

Denne type analyse av VA-gebyr før og etter vassmålar kunne heller vore interessant å gjennomføre i nokre kommunar som i løpet av ein kort periode har innført krav om vassmålarar. Denne type data har ein ikkje fått tilgang til gjennom denne masteroppgåva. Om den enkelte husstand sparer pengar på installasjon av vassmålar dersom det er krav til vassmålar, er dermed usikkert og sannsynlegvis varierende ut i frå både areal, faktisk forbruk og tal på personar i husstanden.

4.2.4 Erfaringar frå andre kommunar knytt til endring i forbruk hjå private

Dei fleste kommunane ein har intervjuar har ei oppleving at den totale vassproduksjonen er stabil eller har gått ned til tross for auka befolkningsvekst tilknytt VBA. Dei fleste kommunane har også ei oppleving, og vil tru at hushaldningsforbruket av vatn har gått nedover etter innføringa av vassmålarar. Ingen av kommunane ein intervjuar hadde gode tal på kva hushaldningsforbruket faktisk var før vassmålar innføringa, og fleire av kommunane byrja med aktiv lekkasjesøk på same tid som vassmålarinnføringa. På bakgrunn av desse punkta var det dermed vanskeleg å vite om nedgangen i vassproduksjon skuldast reduksjon i hushaldningsforbruk, eller lekkasjereduksjon.

Drammen kommune nemner at nedgangen i vassproduksjon hovudsakleg skuldast lekkasjereduksjon, og har ikkje trua på stor endring i hushaldningsforbruk som følgje av vassmålarinstallasjon (Div. kommunar, 2023). På ei anna side har Haugesund kommune erfart at hushaldningsforbruket har gått ned. Dette er likevel ikkje direkte målingar, men på bakgrunn av gode erfaringar. Det ser ut til at ingen av dei andre kommunane har resursar til å årleg analysere utviklinga av spesifikk forbruk hjå private med installert vassmålar.

4.2.6 Diskusjon av tal på vassforbruk hjå private med installert vassmålar

Vassmålaradata frå 2011-2022, sjå Figur 45 viser at hushaldningsforbruket hjå private med vassmålar er ein ganske lineær graf. Der er vassforbruk talla oppgitt i $\text{m}^3/\text{vassmålar}/\text{år}$, som er ein god måte å framstille endringa på, sidan ein ikkje har tilgang på nøyaktig befolkningstal knytt til vassmålarane i Bergen kvart år sidan 2011.

Sidan forbruket er relativt jamt er det grunn til å tru at dei abonnentane i Bergen kommune som per dags har installert vassmålar ikkje er så bevisst på forbruket sitt, eller ikkje har noko motivasjon til å redusere forbruket. Ein kan vidare anta at innsparinga frå å gå frå arealbassert stipulert forbruk til betaling på bakgrunn av faktisk forbruk er relativt stor. Dermed er kanskje motivasjonen til å ytterlegare redusere forbruket svekka.

Gjennom denne analysen av private vassmålarane i Bergen kommune, er det viktig å notere seg at sidan det er frivillig innføring av vassmålarar er det ulike grunnar til at abonnentar vel å gjere det. Dei private som har fått tak i vassmålar i Bergen kommune kan hovudsakleg delast inn i to kategoriar. Den første kategorien er dei som har eit normalt vassforbruk men eit veldig stort bruksareal på bueininga, som t.d. ei stor garasjeloftstove, ein stor einebustad eller eit stort felles parkeringsanlegg som vert rekna som bruksareal. Den andre kategorien er abonnentar som brukar svært lite vatn, og har normalt areal på bustaden. Dette er for eksempel eldre par som er pensjonistar og reiser til eks. Spania eller bur på hytta halve kalenderåret, og dermed bruker lite vatn.

Vidare så har Bomo og Schade (2015, p. 181) funne ut at bueiningar med ein eller få personar har eit høgare spesifikt vassforbruk enn bueiningar med fleire personar. Dette er vanskeleg å seie noko

sikkert om på bakgrunn av resultat frå denne masteroppgåva, men gjennomsnittleg tal på personar per bueining for dei private med vassmålar i Bergen var 1,67, noko som er lågare enn tal frå både Bergen kommune og Norge. På ei anna side kan ein rekne med at i det store bilete vil dette sannsynlegvis jamne seg ut. Videre fant den same artikkelen, (Bomo & Schade, 2015) ut at til trass for at det totale vassforbruket aukar som følge av auka befolkningsvekst, er trenden at det spesifikke hushaldningsforbruket går svakt nedover. Den same trenden med jamn liten nedgang kan ein sjå i Figur 45 i vedlegg for private målt i vassforbruk per målar per år.

4.3 Andre sidesprang i masteroppgåva: Vassproduksjon, Covid-19, næring og varme- og kuldeperiodar

Det vert i første omgang analysert påverknaden Covid-19 hadde på privat vassforbruk i kapittel 4.3.1, medan pandemien sin påverknad på vassforbruk hjå næring vert analysert i kapittel 4.3.3. Dei andre tema knytt til straumpris, vassproduksjon og varme- og kuldeperiodar vert også analysert.

4.3.1 Covid-19 og heimekontor påverknad på vassforbruk

Ein kan sjå ein generell oppgang i hushaldningsforbruket i sone NO04_08 frå 2019-2020 på 15 %. I same sone er det ein nedgang i forbruk frå 2021-2022 på 7 %, sjå Figur 21. Hjå dei private med installert vassmålar kan ein også sjå ein oppgang i forbruk frå 2019- 2020, med tilsvarende nedgang frå 2021-2022, som korrelerer bra med Covid-19 og nedstenging i samfunnet.

Eksempelet frå sone NO04_08 viser tydeleg korleis auka bruk av heimekontor, heimeskule, reiserestriksjonar osv., har påverka hushaldningsforbruket i Bergen. Ein av grunnane til auka hushaldningsforbruket kan vere auka bruk av sanitæranlegg og hushaldningsapparat. Samstundes kan også auka bruk av fritidsbustad og hytter vere med å redusere vassforbruket i Bergen. Enkelte periodar i 2020 var det likevel restriksjonar knytt til å reise på hytta, dersom den låg i ein annan kommune. Denne effekten kom tydeleg fram på hushaldningsforbruket i sone NO4_08 i påskeferien 2020 med reiserestriksjonar, samanlikna med påskeferien i 2021 med markant lågare forbruk.

Vidare kan den auka bevisstheita om hygiene og smittevernstiltak ha ført til auka hushaldningsforbruk, grunna hyppigare reingjering og handvask. Det er vidare grunn til å tru at den endelege effekten av pandemien knytt til hushaldningsforbruk hjå private i Bergen er avhengig av fleire ulike faktorar som endring i arbeidsmønster, befolkningsendring, åtferd og vaner. Dette er vanskeleg å bekrefte sidan ein ikkje har gjennomført intervju av private og statistisk testa om det er noko tydeleg endring i t.d. vaner og åtferd.

4.3.2 Høge straumprisar og endring i vassforbruk

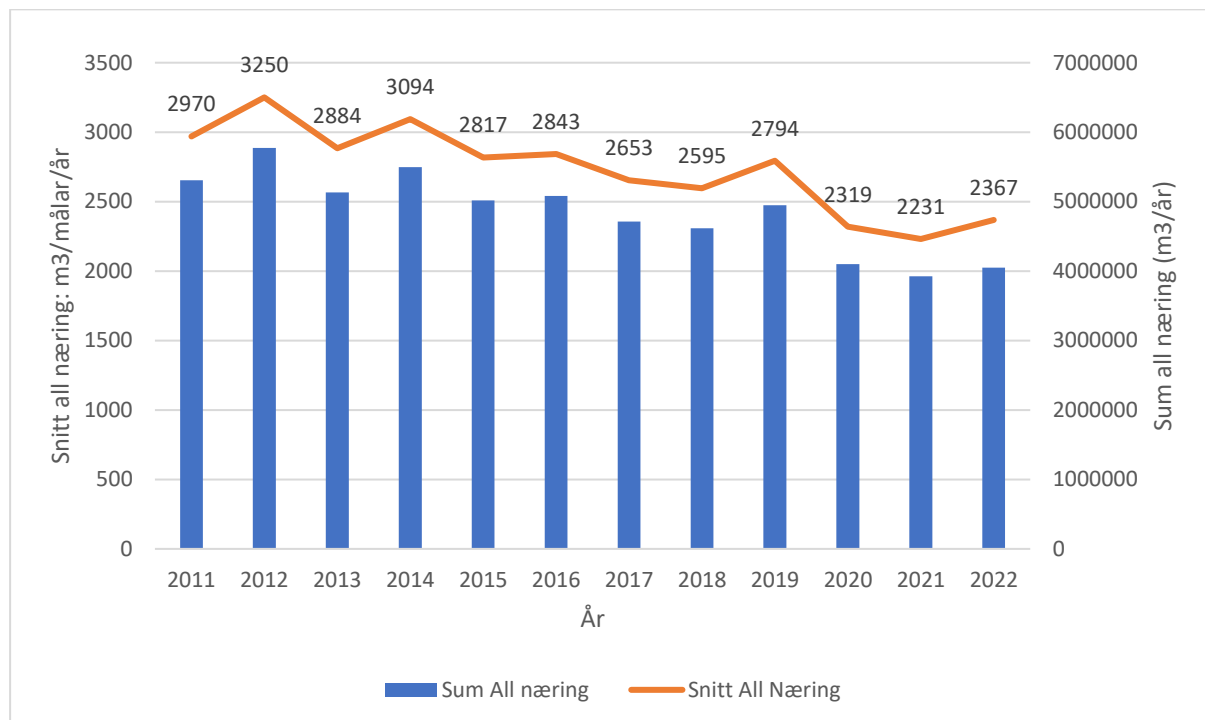
For å analysere høge straumprisar sin påverknad på vassforbruket, er det valt å fokusere på hausten 2022 frå 1 august til 31 desember, då straumprisane var svært høge i Bergen. Det gjennomsnittlege hushaldningsforbruket frå 01.08.22-31.12.22 i sone NO04_08 i løpet av dei tre åra med «normal» straumpris var 157,3 l/p/d, medan det frå 01.08.22-31.12.22 i 2022 var 153,4 l/p/d. Dett fører til ein nedgang på 2,5 % og 3,9 l/p/d.

Denne nedgangen i hushaldningsforbruk kan ha samanheng med meir bevisstheit knytt til bruk av varmtvatn som dusj og badekar i eit økonomisk perspektiv. Kan hende abonnentar kjøpte seg stramsparande varmtvassbedrar som slår seg av og på etter når straumprisen er billigast, sidan varmtvassbedrar etter billader har mest forbruk av straum i hus. Nye vaskemaskiner og

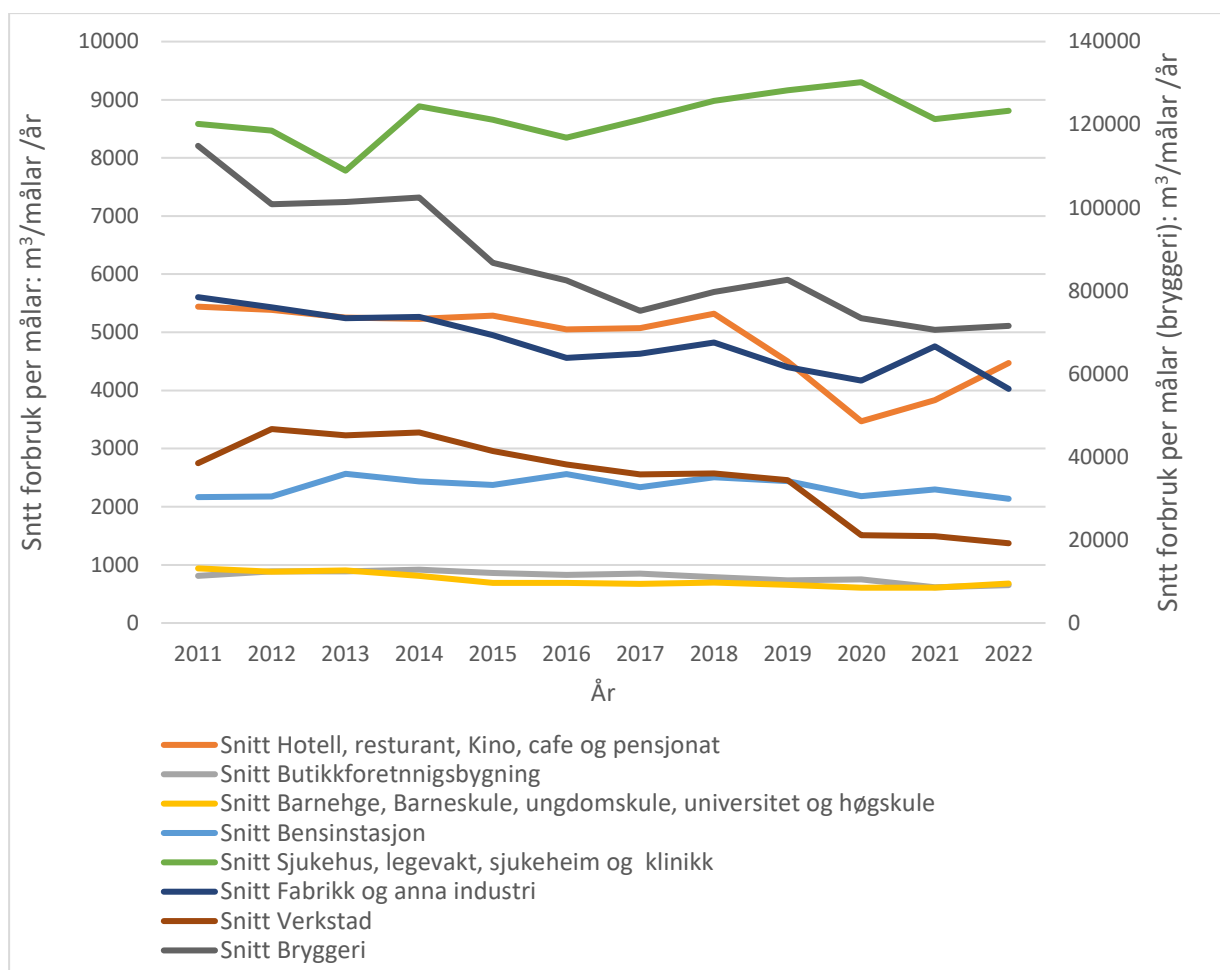
oppvaskmaskiner med mindre vassforbruk og nyare toalett med redusert vassmengd, kan vere nokre av årsakene til nedgangen i hushaldningsforbruk.

Likevel er det vanskeleg å konkludere noko knytt til korrelasjonen mellom vassforbruk og straumpris i Bergen basert på dette utvalet og perioden. Noko av nedgangen kan skuldast høge straumprisar, men det er sannsynlegvis langt ifrå einaste grunn. Folk var ikkje på heimekontor og heimeskule i like stor grad i 2022 med auka vassforbruk i heimen, samanlikna med 2020 og 2021. Andre faktorar som dårleg vær og mindre behov for hagevatning i 2022 kan vere med å forklare denne nedgangen.

4.3.3 Endring i næringsforbruk



FIGUR 27: SUM NÆRINGSFORBRUK OG SNITT NÆRINGSFORBRUK FRÅ 2011-2022.



FIGUR 28: SNITT FORBRUK I ULIKE UNDERKATEGORIER AV NÆRING.

Figur 27 viser at hovudkategorien næring har hatt ein nedgang i forbruk både totalt sett kvart år, og i snitt vassforbruk per målar per år. Ein kan også sjå frå andre tabellar at dei andre underkategoriane av næring har hatt ein nedgang i snitt vassforbruk per målar per år sidan 2011. Det er som ein kan sjå i Figur 28 tydeleg at det er skilnad i aktivitetsnivået hjå dei ulike kategoriane i dei to åra 2020 og 2021 under Covid-19 pandemien. Reiselivsnæringa og underhaldningsbransjen har tydeleg opplevd ein reduksjon i vassforbruk grunna redusert aktivitet. Det kan også gjelde også verkstad.

Det er tydeleg at koronapandemien har ført til endringar i vassforbruk både hjå private omtalt i kapittel 4.3.1, men også hjå næringssektoren. Fleire bedrifter har vore heilt eller delvis stengt, medan endringar i konsumvarer har ført til at vassforbruket har gått ned. Fleire av underkategoriane hadde ein nedgang i vassforbruk frå 2019-2020, og spesielt tydeleg var det i underkategorien: hotell, restaurant, kino, kafé og pensjonat. På ei anna side har underkategorien: sjukehus, legevakt, sjukeheim og klinikk hatt ein auke i snitt forbruk per målar, mest sannsynleg grunna auka hygienisk oppmerksomheit og generelt meir aktivitet. Den store hovudtrenden for heile næringssektoren i Bergen kommune ser ut til å vere ein reduksjon i forbruk i perioden 2011-2023, både i snittforbruk per målar og sum forbruk kvart år.

4.3.4 Samanheng mellom Varme- og kuldeperiodar, vassproduksjon- og forbruk

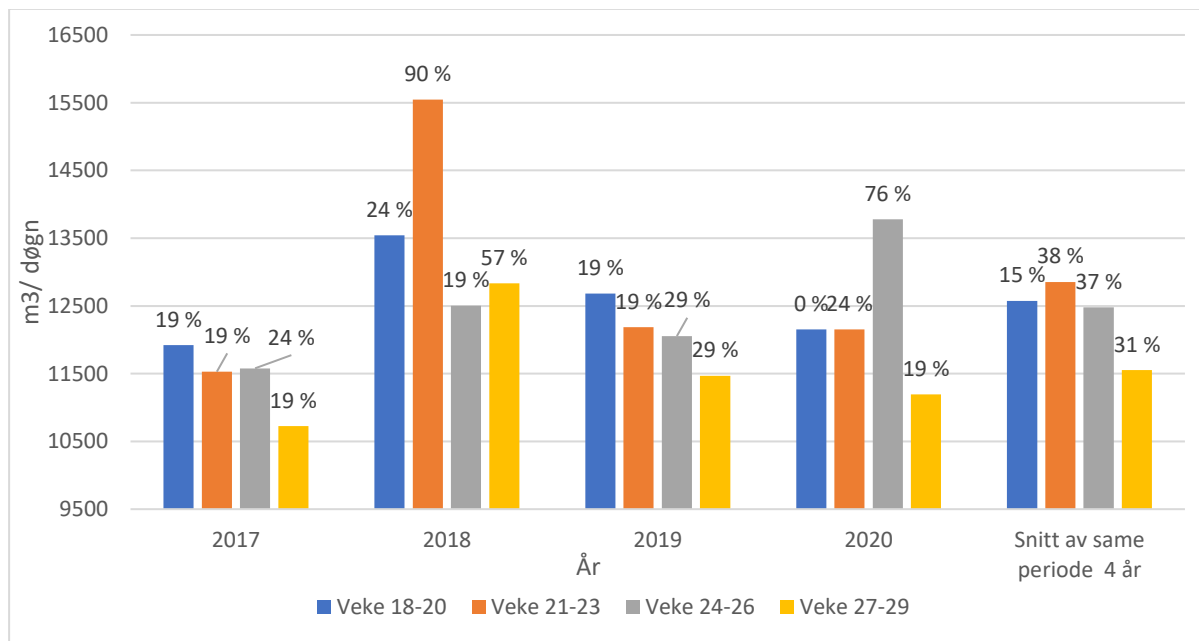
Her vert det fokusert på samanheng mellom varmeperiodar med hagevatning, kuldeperiode med frosttapping, og vassproduksjon ved Jordalsvatnet VBA, i tillegg til vassforbruk ulike soner.

Hovudformålet med denne delanalysen er å finne ut kor mykje ein kan forvente få måtte auke vassproduksjon ved Jordalsvatnet VBA, når det er meldt ein lang og stabil varmeperiode i Bergen. Mykje av denne auken vil sannsynlegvis vere i form av meir hagevatning, bassengfylling, og bilvask/husvask. Tidlegare har Bergen Vann opplevd at dei måtte utsette vedlikehald av vassnettet for å ha nok vatn til forbruker. Ein fokuserer på ein varmeperiode kvart år i dei tre ulike åra: 2018, 2020 og 2021.

På ei anna side vil ein fokusere på den einaste lengre kuldeperioden som er registrert i frå 2019-2022, som er frå 01.01.2021-15.02.2021. Her vil ein sjå om det er noko utslag på vassforbruket i form av frosttapping, der abonnentane let vatnet i vasken renne litt for å unngå at røyra frys.

Vassproduksjon Jordalsvatnet VBA og sommardagar

Vassproduksjonen med vatn frå Jordalsvatnet vert levert til sone NO04_08, NO05_02 og NO07_04 og er difor relevant å samanlikne med forbruket i desse sonene. Datagrunnlaget frå Jordalsvatnet VBA er bra frå 2017-2020, som ein kan sjå i Figur 29. På ei anna side var produksjonen i åra 2021 og 2022 i denne samanhengen irrelevant, sidan det var vedlikehald og unormal produksjon ved Jordalsvatnet VBA. I vedlegg kan ein sjå Figur 42 som viser vassproduksjonen for heile Bergen kommune, som har ein liknande utforming som Figur 29 for Jordalen VBA.



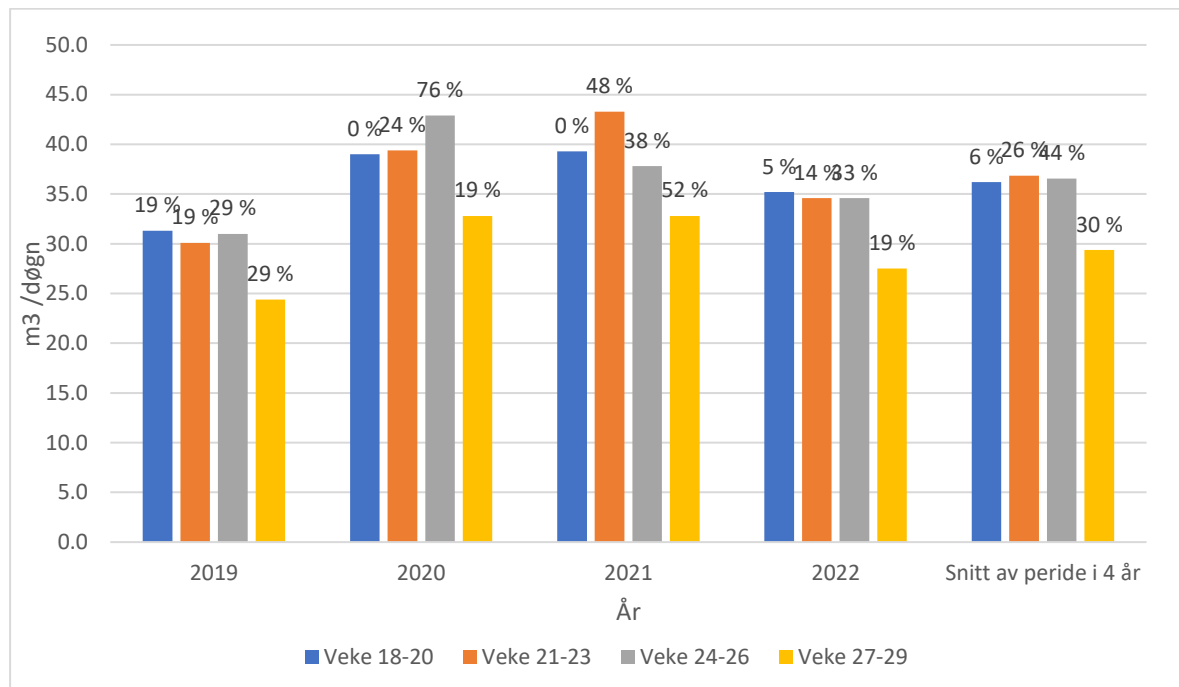
FIGUR 29: GJENNOMSNTTLIG VASSPRODUKSJON VED JORDALSVATNET VBA I M³/DØGN OG PROSENT AV DAGAR I PERIODEN MED MAKSTEMP PÅ OVER 20 °C. OBS, Y-AKSEN BYRJAR PÅ 9500 M³/DØGN, OG IKKJE 0, FOR Å TYDELEGGJERE FORSKJELLANE.

Makstemperatur på 20 °C per dag er den nordiske definisjonen på sommartemperatur. Tidlegare i denne oppgåva er det nytta makstemperatur på 15 °C som eigen definisjon på sommartemperatur i Bergen. Sidan sommaren 2018 og 2020 var spesielt fine somrar i Bergen har ein difor valt å nytta den nordiske definisjonen. Som ein kan sjå frå Figur 29 var det 90 % sommardagar i varmeperioden i 2018, samanlikna med 38 % sommardagar i den same perioden dei tre andre åra.

Vassforbruk i Sone NO04_08 og sommardagar

For å framstille vassforbruket på sonenivå knytt til fine sommardagar i Bergen, er det m.a. på bakgrunn storleik valt å fokusere på sone NO04_08, med eit lite sideblikk på sone NO05_02. Sidan

sonevassmålingane først starta i 2019 i sone NO04_08, har ein ikkje data over vassforbruket i varmeperioden i veke 21-23 i 2018. Fleire varmerecordar vart knust sommaren 2018, som ein tydleg kan sjå utslag av i Figur 25 på gjennomsnittsförbruket per målar per år hjå einebustader med installert vassmålar i perioden mellom 2012 og 2016 i Bergen. På ei anna side har ein data frå varmeperiodane både i 2020 og 2021 for sone NO04_08 og NO05_02.

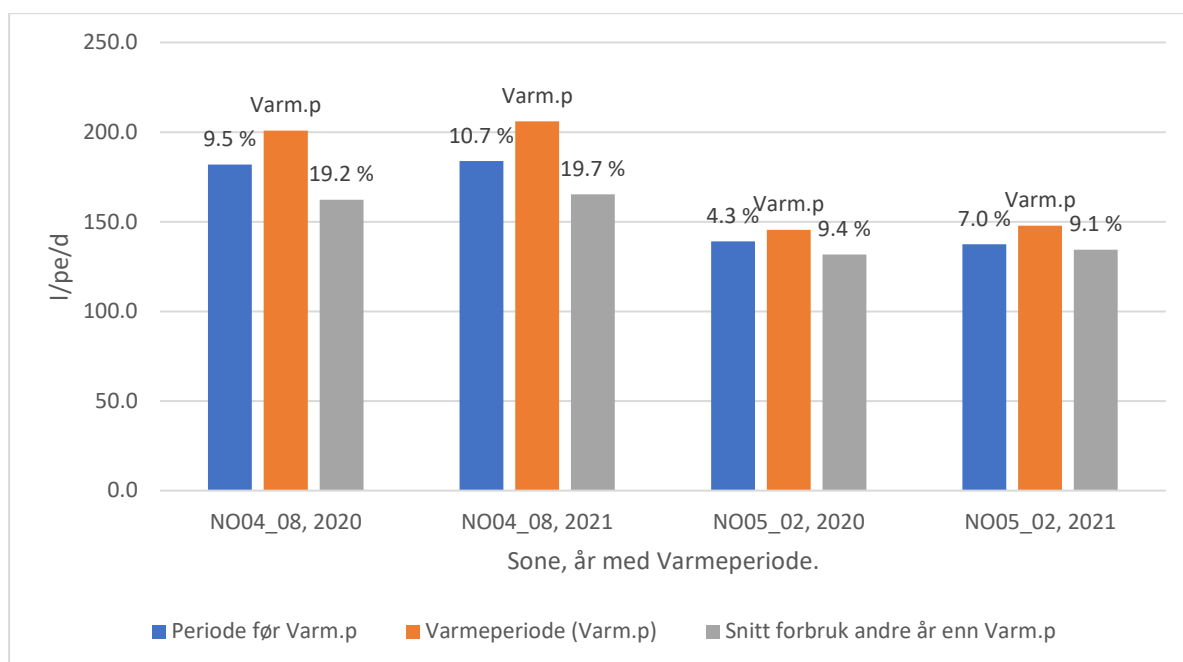


FIGUR 30: VASSFORBRUK I SONE NO04_08 KOMBINERT MED PROSENT AV DAGANE I PERIODEN MED 20 °C MAKSTEMPERATUR.

På Figur 30 ser ein vassforbruket i sone NO04_08 sortert etter vekennummer. Fellesferien i perioden 2019-2022 var frå veke 28-30, og dekker dermed ca. 2/3 delar av dei gule søylene frå veke 27-29. Dette kan vere med å forklare at forbruket er lågare ved dei gule søylene, trass stor prosentdel sommardagar med over 20 °C. Ein stor del av befolkninga er i denne perioden i mindre eller større grad reist på ferie, noko som naturlegvis dreg ned forbruket.

Sidan dei to Varmeperiodane (Varm.p) korrelerer ganske bra med starten av veke 24 til slutten av veke 26 i 2020 og veke 21-23 i 2021, blir tallane ganske sikre. Tal frå sone NO04_08 viser at perioden før Varm.p hadde eit 8,2 % lågare vassforbruk enn Varm.p i 2020, og 9,2 % lågare i 2021. Samstundes viser snitt av dei same tre vekene i dei 3 åra utanom det året med varmeperiode at forbruket er 19,7 % og 19,9 % lågare enn sjølve varmeperioden.

Når ein tek omsyn til nøyaktig start på varmeperioden når folk byrjar å bruke unormalt mykje vatn til vatning av hage osv. får ein ganske like resultat som tidlegare. Når ein nemner snitt av andre år er det viktig å nemne at 2020 og 2021 var påverka av Covid-19 og at skilnaden mest sannsynleg vart litt større enn den elles ville vore.



FIGUR 31: TO VARMEPERIODANE I SONE NO04_08 (TIL VENSTRE I FIGUR) OG NO05_02 (TIL HØGRE). VASSFORBRUKET I VARMEPERIODANE ER REPRESENTERT I ORANSJE SØYLER. DEI BLÅ SØYLENE VISER KOR MANGE PROSENT LÅGARE HUSHALDNINGSFORBRUKET (L/P/D) VAR I PERIODEN FØR VARM.P, MEDAN DEI GRÅ SØYLENE VISER KOR MYKJE LÅGARE VASSFORBRUKET VAR I SNITTET AV ANDRE ÅR I FORHOLD TIL VARM.P.

Figur 31 ovanfor viser at det vassforbruket i sone NO04_08 var 9,5 % og 10,7 % lågare i Perioden før Varm.p samanlikna med Varm.p. Gjennomsnittsforkbruket dei 3 andre åra er 19,2 % og 19,7 % lågare enn Varm.p, noko som stemmer bra samanlikna med resultat frå Figur 30.

Som ein kan sjå frå Figur 31, er sone NO05_07 tatt med til høgre i figuren. Denne sona har ein ikkje tal frå 2019 medan måleserien byrja i mai 2020. Av den grunn var ein heldig å få med både periode før Varm.p og Varm.p for 2020. Sone NO05_02 er ei større sone en NO04_08 i både befolkning og areal og har ein stor grad av bustadblokker på 58 % av alle bueiningar. I ei erfaringsinnhenting om hushaldningsforbruk står det at leilegheiter i blokker generelt har eit lågare vassforbruk og spesielt i varmeperiodar på grunn av auka utandørs bruk (Bomo & Schade, 2015), side 180. Dette kan igjen vere med på å forklare at skilnadane på perioden før Varm.p og Varm.p var såpass lita på 4,3 % og 7,0 %.

Påverknaden som bustadkategori gjer på hushaldningsforbruk i varmeperiodar kjem difor tydeleg fram. Ei sone dominert av einestader og tomannsbustadar med hagar, samanlikna med sone dominert av bustadblokker med færre hagar er difor tydeleg.

Val av referanseperiode var litt utfordrande. Skal ein velgje ein periode 3 veker før, eller tre veker etter varmeperioden. Eksempelvis var veke 21-23 ein fin referanseperiode i 2020 med tanke på hagevatning. Dersom det er eit år med fleire fine varmeperiodar osv. slik det var i 2018, er det ikkje sikkert val av referanseperiode vert heilt rett.

Resultata viser ein tydeleg oppgang i vassproduksjon i varmeperiodar i Bergen frå dei åra med normal produksjon på VBA. Dermed kan Bergen Vann planlegge auka produksjon dei kommande somrane, spesielt når dei ser på langtidsvarsla i vèrmeldinga at det er meldt strålende vær og sommar i Bergen.

Liknande erfaringar som i Bergen er gjort i enkelte av dei andre kommunane ein har intervjuet med høg vassmålardekning. Ein av dei kommunane nemnte at nabokommunane utan vassmålarar hadde auka vassforbruk i varmeperiodar, medan kommunen som vart intervjuet hadde ein svak nedgang eller tilnærma uendra forbruk i same varmeperiode. Tala frå alle husvassmålarane i Bergen kommune viser også ein stor auke i vassforbruk i 2018, samanlikna med andre år. Her er det viktig å nemne at ein berre har årsverdiar pga. ein målaravlesing i året, men tendensen er likevel klar.

Feilkjelder i denne samanhengen er mellom anna at det i år 2020 frå veke 11-26 var full nedstenging av samfunnet pga. Covid19. Av den grunn kan denne perioden ikkje nødvendigvis nyttast som representativ statistikk i forhold til vassproduksjon på Jordalsvatnet VBA, då ein del store næringsbedrifter i stor grad ikkje hadde normal produksjon. På ei anna side er denne perioden ypparleg for å tydeleggjere utslaget av varmeperiode, i forhold til hagevatning spesielt i Sone NO04_08. Merk at i 2021 og 2022 var det ikkje normal produksjon på Jordalen VBA på grunn av vedlikehald osv., og dermed utelat ein desse åra frå analysen.

Vidare er den perioden ein har valt å samanlikna med vassforbruket i Varmeperioden, ikkje nødvendigvis er den beste. På ei anna side er det endringar i hushaldningsforbruk frå ein tre-vekseperiode til ein annan, ein vil fokusere på. Det er ikkje nødvendigvis betre å bruke eit gjennomsnittsforkbruk av tidlegare år som samanlikningsgrunnlag, slik som også er litt vurdert.

Kuldeperiode.

Den største kuldeperioden som er registrert i løpet av desse 4 åra var frå 1.1.2021-15.2.2021. Denne perioden er samanlikna med dei tilsvarende periodane i dei andre åra i datamaterialet. Figur 44 i vedlegg viser ein auke i både levert vatn til sona og spesifikk forbruk.

I den same perioden var det også restriksjonar som følgje av Covid-19, noko det ikkje var i dei andre åra i same periode med unntak av deler av januar 2022. Ei anna feilkjelde er at denne sona sannsynlegvis ikkje er like aktuell for analyse av forbruk i kuldeperiode med tanke på frosttapping, sidan røyra i denne sona er berre i snitt er 14 år gamle.

4.4 Fordelar og ulemper knytt til auka utplassering av husvassmålarar i Bergen

4.4.1 Erfaringar med husvassmålarar frå andre kommunar

Nokre av kommunane som vart intervjuet nemnte at innføringa av vassmålarar førte til ein positiv effekt, ved at dei kunne utsette ein planlagt oppdimensjonering og utbygging av VBA, medan ein anna kommune kunne unngå å bygge nytt VBA. Kommunane hadde merka nedgang i vassproduksjon, men kunne ikkje bekrefte kor stor del som skuldast nedgang i hushaldningsforbruk, og kva som skuldast lekkasjereduksjon (Div. kommunar, 2023).

På spørsmål om bakgrunn for innføringa av vassmålarar, så var råvassressursane i fokus hjå to andre kommunar. Den eine hadde opplevd for stor tapping av drikkevasskjelda og den andre hadde også lite tilgang på vatn. Ein siste kommune fekk fram at kommunen hadde godt med vatn, men vil ha kontroll på vassforbruket, og la vekt på rettferdig ordning for forbrukarar. Rettferdigheit knytt til at ein betaler for det faktiske hushaldningsforbruket, i tillegg til ein motivasjon til å ikkje sløse med vatnet, var viktig i følgje eit par kommunar.

4.4.2 Søkelys på Bergen sin situasjon i dag

Bergen kommune har per i dag verken utfordringar med dårleg tilgang til råvassressursar eller for dårleg dimensjonering og kapasitet på VBA og leidningsnett, slik nokre av kommunane i intervju hadde. I Bergen kommune har sonevassmålingar og arbeid med lekkasjereduksjon vore i fokus for å redusere vassproduksjonen.

På bakgrunn av denne masteroppgåva har ein sett at nettopp vassforbruket i sone NO04_08 går opp med ca. 10 % frå perioden før varmeperioden til varmeperioden, med tilsvarende auke i vassproduksjon ved Jordalsvatnet VBA. Utan vassmålarar har ikkje forbrukar ein ytre økonomisk motivasjon til å spare på vatnet. Vatn er derimot ikkje ein mangelvare i Bergen, og med forventa klimaendringar vil det bli endå meir regn og tilgang på råvatn i Bergen i framtida.

Ein kombinasjon mellom å krevje vassmålar til alle private og ikkje gjere noko, kan vere å krevje vassmålar på alle nye private bygg i Bergen kommune. På den måten er det utbyggjar som tek seg av installasjonen utan ekstra store administrasjonskostnader, og Bergen Vann får eit betre datagrunnlag for å rekne ut eit framtidig hushaldningsforbruk.

4.4.3 Reduksjon i vassforbruk og økonomiske følger

I denne delen fokuserer ein på kva ulik reduksjon i spesifikk hushaldningsforbruk påverkar både det VBA kan redusere i vassproduksjon og kva den enkelte bueining vil spare på å redusere forbruket. Utgangspunkta er tre alternativ med ulik forbruksreduksjon på 10, 20 og 50 l/p/d, der det første og andre alternativt i følge denne masteroppgåva er mest reelt. Eksempelvis vil ein reduksjon frå 135-125 l/p/d, tilsvare ein potensiell reduksjon på 10 l/p/d.

TABELL 15: BAKGRUNNSINFORMASJON TIL BÅDE BLOKKER OG EINEBUSTADER

	Blokker	Einebustadar
Tal potensielt nye målarar	5752	35821
Snitt pris per vassmålar i kategori	15 000 kr	10 000 kr
Pris målarleige per år /vassmålar (inkl. mva.)	1 650 kr	700 kr
Den totale prisen på installasjonane av vassmålarar	86 280 000 kr	358 210 000 kr
Total pris for målarleige per år	9 490 800 kr	25 074 700 kr
Forbruksgebyr (kr/ m ³)	28 kr	28 kr
Tal på Personar/ blokk	17.5	-
Tal på Personar/ bueining (av blokker i Bergen)	1.6	-
Tal på Bueining/ blokk	11.0	-
Tal på personar/ bueining (einebustad)	-	2.03

Den gjennomsnittlege prisen per vassmålar inkl. installasjonskostnader er for bustadblokker 15000 kr, og einebustader 10 000 kr i Bergen kommune. Installasjonskostnader vil variere ut i frå om det er ein normal installasjon som er lett å gjennomføre, eller om det er eldre hus med vanskeleg tilgang på røyr og dermed betydeleg dyrare installasjon. Opplysningar frå intervju med andre kommunar viser lågare vassmålarprisar, noko som kan forklarast med ulike krav til oppheng og installasjon av vassmålar. Bergen kommune har mellom anna krav til ein rustfri installasjon der ein har stoppekran både før og etter vassmålararen, noko som lettar vedlikehald og utskifting av vassmålar.

På bakgrunn av tal og type bustader i Bergen, som eksempelvis om blokker er seksjonert og ei, har det blitt anslått at ein vil kunne trenge 58 000 vassmålarar (Bergen Vann, 2018), side 33. Etter nyare

utrekningar viser det seg at det ny talet vil vere ca. 75 400 vassmålarar dersom ein innfører krav til vassmålarar hjå private i Bergen.

TABELL 16: BUSTADBLOKKER, REKNESTYKKE

	Potensiell reduksjon i spes. forbruk (l/p/d)		
	Alternativ A	Alternativ B	Alternativ C
Reduksjon i spesifikk hushaldningsforbruk, (l/p/d)	10	20	50
Reduksjon i spesifikk hushaldningsforbruk, (m ³ /pe/år)	3.7	7.3	18.3
Reduksjon per blokk med felles vassmålar, (m ³)	64.0	128.0	320.0
Innsparing per år forbruksgebyr, (kr)	1 796 kr	3 593 kr	8 982 kr
VBA slepp produsere, (m ³ /år)	368113	736227	1840567
Reduksjon av forbruksgebyr, (kr)	10 332 945 kr	20 665 889 kr	51 664 723 kr
Til saman sparar alle blokker i Bergen, (kr/år)	842 145 kr	11 175 089 kr	42 173 923 kr
Kvar blokk sparar årleg, (kr/år)	146 kr	1 943 kr	7 332 kr
Kvar bueining i blokk sparar årleg, (kr/år)	13 kr	177 kr	669 kr
Nedbetalingstid, (år)	1 123	85	22

Dette er dei beste talla og informasjonen ein per dags dato har fått tilgang til. Dette reknestykket er basert på at alle blokkene skal ha vassmålar på hovudinntaket, altså med felles vassmålar til heile blokka. VBA i kommunen slepp å produsere frå 368 113- 1 840 567m³/år avhengig av ulik reduksjon hjå blokkene. Som ein kan sjå frå Tabell 16, så tener kvar bueining i blokkene minimalt eks. installasjonskostnadene på 15000 kr. Nedbetalingstida er frå 22 år og oppover avhengig av forbruksreduksjon.

TABELL 17: REKNESTYKKE FOR EINEBUSTADER I BERGEN

	Alternativ A	Alternativ B	Alternativ C
Reduksjon i spesifikk hushaldningsforbruk, (l/p/d)	10	20	50
Reduksjon i spesifikk hushaldningsforbruk, (m ³ /pe/år)	3.65	7.3	18.25
Reduksjon per einebustad, (m ³ /år)	9.27	18.54	46.36
Innsparing per år forbruksgebyr, (kr)	260 kr	520 kr	1 301 kr
VBA slepp produsere, (m ³ /år)	332096	664193	1660482
Reduksjon av forbruksgebyr, (kr)	9 321 949 kr	18 643 897 kr	46 609 743 kr
Til saman sparar alle einebustader i Bergen, (kr/år)	- 15 752 751 kr	-6 430 803 kr	21 535 043 kr
Kvar bueining sparar årleg, (kr/år)	- 439.76 kr	- 179.53 kr	601.18 kr
Nedbetalingstid, (år)	-	-	16.63

Bueininga må redusere forbruket med 27 l/p/d for at gebyret skal vere tilsvarende arealbasert. Dette er ekskludert installasjonskostnadar. Med berre ein reduksjon på 10 l/p/d, så betaler kvar bueining /einebustad 440 kroner meir kvart år samanlikna med arealbassert stipulert forbruk. Dette er også eks. installasjonskostnadar. Ved ein meir usannsynleg reduksjonen på 50 l/p/d, så vil dei etter 17 år betale tilsvarende forbruksgebyr som dei gjer på areal. Årsaka til denne lange nedbetalingstida er at vassmålarinstallasjon kostar 10000 kr per stk. Ein har ikkje rekna direkte på tomannsbustadar og rekkehus, men ein antek likevel eit ganske liknande reknestykke.

Dersom ein skulle klare å redusere hushaldningsforbruket med 50, 20 eller 10 l/p/d, vil det ikkje nødvendigvis føre til tilsvarande reduksjon i vassproduksjon. Sannsynlegvis vil ein måtte gjennomføre hyppigare spyling av vassrøyra grunna mindre vasstransport. Det vil også sannsynlegvis føre til auka utgifter til spyling og vedlikehald av vassleidningar, grunna meir stillstand av vatn i vassleidningane. I den samanhengen har Bergen kommune per dags dato høg spyletakt og gode planar som følgje av den gode soneinndelinga med fleire enderøyr enn før. Så kan det diskuteras om ein reduksjon i 50, 20 eller 10 l/p/d vil kunne føre til store ekstrautgifter for Bergen kommune.

Eit usvart spørsmål i denne samanhengen er kva denne reduksjonen i vassforbruk og dermed vassproduksjon vil utgjere i kroner og øre. Eit VBA har både faste og variable kostnader til vassproduksjon, og det er dei variable kostandane som utgjør den minste delen. Vidare vil det vere nødvendig å finne ut om prisen per kubikkmeter vatn vil auke eller vere på same nivå som i dag etter ein slik reduksjon i vassproduksjon. Det er i denne samanhengen viktig å påpeike at reknestykka er basert på 2023 tal for kubikkmeterpris på vatn. Dersom vass-prisen i framtida vil variere og på same måte som straumprisen vil nok insentiva til å spare meir vatn vere til stades.

På ei anna side vil i Bergen Vann måtte auke bemanninga frå 2 til ca. 10 tilsette som jobbar med vassmålarar dagleg, på bakgrunn av erfaringar frå andre kommunar med liknande innføring av vassmålarar. Ein slik potensiell innføring vil etter alt å døme krevje meir oppfølging og saksbehandling, enn det dagens system krevjar. Denne ekstra oppfølginga vill sannsynlegvis måtte vare i ein lengre overgangsperiode. Ut ifrå eit estimat vil dei potensielt 8 nye tilsette til saman føre til auka lønnskostnader på 6,4 millionar kroner årleg, sjå Tabell 18

TABELL 18: REDUSERTE UTGIFTER SOM FØLGJE AV REDUKSJON I FORBRUK OG KOSTNADAR VED VASSMÅLARAR OG TILSETTE. VED EVENTUELL INNFØRING AV VASSMÅLAR HJÅ ALLE PRIVATE I BERGEN KOMMUNE. ALLE TAL I TABELLEN ER I MILLIONAR KRONER-

	Kostnadsbyrde for kommunen	Kostnadsbyrde for abonnentar			Sluttsum
	Reduksjon i variable kostnader ved VBA for kommunen	Lønn til 8 nye tilsette i Bergen vann	Pris 75400 nye vassmålarar/ 10 års levetid	Auka utgifter til spyling drift	Totale utgifter per år
10 l/p/d reduksjon og 1 kr per m ³	1.06	6.40	75.4	uvisst	-80.74
10 l/p/d reduksjon og 2 kr per m ³	2.11	6.40	75.4	uvisst	-79.69
23 l/p/d reduksjon og 1 kr per m ³	2.43	6.40	75.4	uvisst	-79.37
23 l/p/d reduksjon og 2 kr per m ³	4.85	6.40	75.4	uvisst	-76.95

Her er det tydeleg at det er abonnentane som tapar på ein slik innføring av vassmålarar. Det er klart verdien av å betale for det faktiske forbruket er vanskeleg å måle i kroner og øre, men spørsmålet er om det er vert mellom 77 og 81 millionar kroner kvart år totalt sett, noko ein ikkje går meir inn på i denne oppgåva. Bergen Vann på si side får ein innsparing på mellom 1-5 millionar kronar per år avhengig av ulik reduksjon i forbruk og pris per kubikkmeter vatn. Betre kontroll på eventuelle lekkasjane på stikkeleidningsnettet er også ein positiv følgje som potensielt kan føre til ytterlegare reduksjon i vassproduksjon, og dermed potensielt redusere dei variable kostandane ved VBA.

Å gjennomføre krav om å installere private vassmålarar vil krevje ein vesentleg endring i gebyrforskrifta: Forskrift om krav om vassmålarar under bruk. Vidare vil dette krevje eit nytt og betre system for databehandling. Dette vil sannsynlegvis føre til auka kostnad for kommunen, som igjen vil føre til at nedbetalingstida blir lengre. (fiskeridepartementet, 2023)

Kommunal klagenemnd vil på si side måtte bruke meir tid på VA-klagesaker. Det blir klaga i større grad på VA-gebyr med målt forbruk, samanlikna med stipulert forbruk. Det kan forklarast ved at når først bruksarealet er registrert og ein har rekna ut stipulert forbruk, så er det lite forbruker kan klage på. Ein vassmålar kan derimot vise feil og kan dermed lettare å klagast på.

Det har vist seg frå intervjuet knytt til spørsmålet om vassmålarinnføring i kommunar, at det er svært viktig å analysere, og finne ut kva bakgrunnen for innføringa er. Er det berre reduksjon i vassproduksjon og energibruk knytt til distribusjonsnett som er i fokus, eller er hovudmålet å spare vatn for å unngå å bygge ut vassbehandlingsanlegg. Dersom hovudgrunnen for innføring av vassmålarar berre er økonomisk innsparing for abonnenten, så viser reknestykket at det ikkje er store gevinsten, og tek lang tid før det lønner seg med ein reduksjon på 50 l/p/d. Det lønner seg heller ikkje med ein reduksjon på mellom 10-23 l/p/d, som er mest sannsynleg.

5 Konklusjonar

Det spesifikke hushaldningsforbruket i dei utvalde sonene med sonevassmålingar var varierende, m.a. på bakgrunn av karakter, utforming og demografi. Sone NO04_07 med eit fleirtal av eine- og tomannsbustadar hadde eit snittforbruk frå år 2019-2022 på 157 l/p/d, medan sone NO07_04, som også har fleirtal einebustader hadde eit snittforbruk på 126 l/p/d. Sone NO05_02 med eit fleirtal av blokkleilegheiter hadde eit forbruk på 128 l/p/d. Desse tala i tillegg til befolkningsdata for heile Bergen kommune, la grunnlaget for eit vekta gjennomsnittleg forbruk på 135 l/p/d for heile Bergen kommune. Med ein målarusikkerheit på +10 %, vert intervallet mellom 135 og 148 l/p/d, som omfattar Norsk Vann sitt anbefalte tal på 140 l/p/d.

På bakgrunn av datagrunnlaget frå Bergen Vann, kan ein ikkje sjå ein nedgang i vassforbruk hjå husstandar etter dei har installert husvassmålalar. Her har ein testa både om det er trendar samla hjå alle private med installert vassmålalar mellom 2011 og 2022, og testa bustadkategorien einebustadar for seg etter kva år mellom 2012 og 2016 målarane var installert. Dei med installert vassmålalar har større areal på huset og færre buande personar per bueining enn gjennomsnittet i kommunen, der resultatene har vist at dei fleste som høyrer til utvalet har hatt ein økonomisk gevinst i å installere vassmålalar. Frå intervjuar med kommunar med god vassmålalardekning har det komme tydeleg fram at det har vore ein nedgang i total produksjon på VBA, medan ein ikkje med sikkerheit kan seie kor mykje som skuldast lekkasjereduksjon og reduksjon i hushaldningsforbruk.

Forventa reduksjon i totalt vassforbruk er på minst 10 l/p/d, til maks 23 l/p/d dersom ein innfører/krevjar husvassmålalar hjå private abonnentar i Bergen. Tala er basert på ein reduksjon frå mellom 135-148 l/p/d, og ned til 125 l/p/d, som er det vekta snittet for private husvassmålalar i Bergen kommune. For dette vekta snittet er det ikkje gjennomført ein usikkerheits-analyse, men derimot vurdert at tal frå Bergen ikkje vil gå under nivået som Drammen kommune rapporterer om, der vassmålalardekninga er svært høg. Ein forenkla økonomisk analyse viser at ved ein reduksjon på mellom 10-23 l/p/d vil krav til innføring av vassmålalar ikkje lønne seg økonomisk for private abonnentar i Bergen.

5.1 Vidare arbeid

For å få eit sikrare svar på kva hushaldningsforbruket er i Bergen kommune, kunne det vore nyttig å samanlikne fleire nye soner i Bergen, med same framgangsmåte som i denne masteroppgåva. Ein burde gjennomføre ei usikkerheits-analyse for dei ulike verdiane av hushaldningsforbruk, som inkludera å sjekke om talet på registrerte personar per husstand stemmer, og om nokre av bueiningane vert nytta som hytte.

Vidare kunne det vore interessant å sjå på plassering av husvassmålaren, der ein for eksempel plasserer målaren i ein kum på overgangen mellom offentleg og privat leidning under norske forhold. Dermed kan ein få meir utbytte av ein vassmålalar i form av betre lekkasjedeteksjon, på offentleg leidning, noko ein kunne inkludert i reknestykket om det lønner seg økonomisk med vassmålalar.

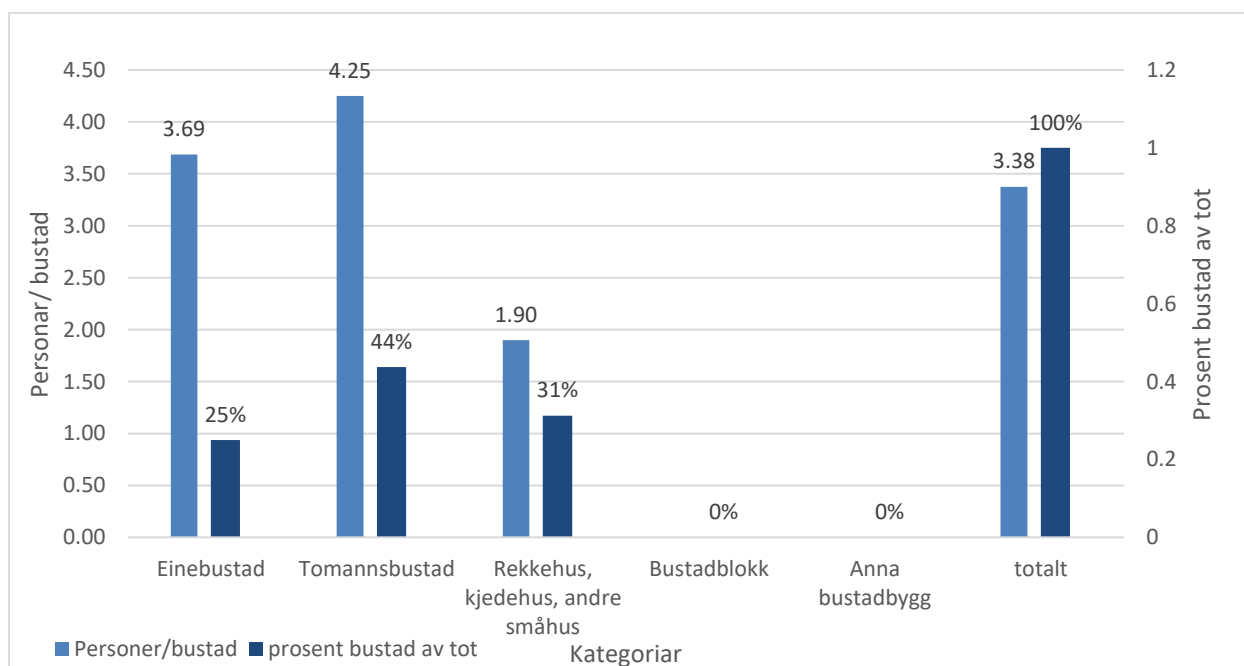
Referansar

- Bergen kommune. (2023a). *Bestilling av Sensordata*
<https://data.bergen.kommune.no/vannogavlop/bestilling>
- Bergen kommune. (2023b). *Vannmålerkalkulator: Lønner det seg med vannmåler?*
<https://www.bergen.kommune.no/innbyggerhjelpen/vannmalerkalkulator?resultat=eyJb3N0V2l0aE1ldGVyIjoiMy4zNzUsODMiLCJjb3N0V2l0aG91dE1ldGVyIjoiMy43MTcsMjMiLCJzYXZpbmdzIjoiMzQxLDQwIiwicHJvZml0YWJsZSI6dHJ1ZSwidXNhZ2UiOiJMQUVZUUiwiYXJlYSI6NjcsIm51bWJlck9mUGVvcGxIjoxfQ==>
- Bergen Vann. (2018). *Hovedplan for vannforsyning 2019-2028*.
- Bergen Vann. (2023). *Utregning av årsgebyr med eller uten måler 2023*.
- Bomo, A.-M., & Schade, M. (2015). Vannforbruk i husholdninger. En erfaringsinnhenting. *VANN*, 50(2), 174-182.
- Bruaset, S. (2021). VA-infrastrukturen utgått på dato: Må oppgraderes for enorme beløp.
<https://www.sintef.no/siste-nytt/2021/va-infrastrukturen-utgatt-pa-dato-ma-oppgaderes-for-enorme-belop/>
- Cemalovic Zlatko. (2023). «unngå å blande pærer og epler» In E. Toft (Ed.).
- Div. kommunar. (2023). *Intervju av andre kommunar med spørsmål om vassforbruk og husvassmålarar* [Interview].
- Ekstrom, E. (2021). *Smart Water Meters in Swedish Households: The Enablers and Barriers for a Large-Scale Implementation* KTH]. Stockholm
- Elvestad, H. G. (2019). *Behovet for vannmålere på vandistribusjonsnettet, med fokus på Horten kommune* Norwegian University of Life Sciences, Ås]. Brage.
- Ferrari, G., Savic, D., & Becciu, G. (2014). Graph-Theoretic Approach and Sound Engineering Principles for Design of District Metered Areas. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 140(12).
[https://doi.org/doi:10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000424](https://doi.org/doi:10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000424)
- Kapittel 3 – Krav til vannmålere under bruk, (2023).
<https://lovdata.no/pro/#document/LTI/forskrift/2022-11-16-2111>
- FN-sambandet. (2023). *Reint vatn og gode sanitærforhold*. <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/rent-vann-og-gode-sanitaerforhold?lang=nno-NO>
- Janssen, E. (2019). *AxFlow Iperl* <https://www.axflow.com/nb-no/bransjer/dokumentasjon-litteratur-og-kundereferanser/kundereferanser/2019/bergen-satser-pa-iperl>
- Kjonerud, P., & Moen, A. D. (1994). Erfaringer ved bruk av vannmålere i Drammen. *VANN*, 29(1), 58-71.
- Kristoffersen, O. (1994). Vil husvannmålere i fremtiden bli brukt til avregning av vann- og kloakkutgifter? *VANN*, 29(1), 54-57.
- Langeland, T. J., & Rostad, M. (2021). Tilstandsvurdering av kommunale vann- og avløpstjenester. *bedre Vann*, 44.
- Malm, A. (2018). *Beregning av bærekraftig lekkasjenivå 239/2018* (Norks Vann Rapport, Issue.
- Forskrift om kommunale vann- og avløpsgebyrer, (2004).
<https://lovdata.no/dokument/SFO/forskrift/1995-01-10-70>
- Norsk Vann. (2023). *Lekkasjer*. <https://norskvann.no/ledningsnett-og-teknologi/lekkasjer/>
- sentralbyrå, S. (2023). Bergen Vestland In.
- Sivertsen, E., & Bomo, A. M. (2016). *Rapport B20* (Norske tall for vannforbruk med fokus på husholdningsforbruk, Issue.

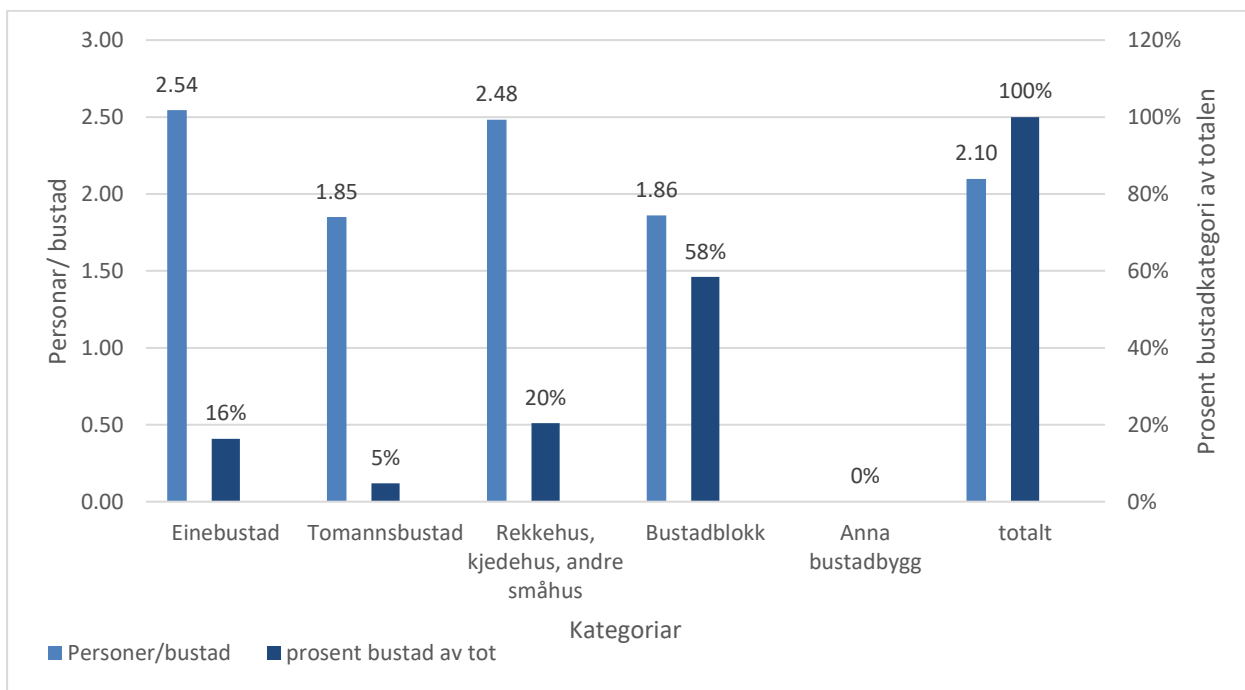
- Sivle, A. D. (2019). Sommerdag (i meteorologien). In *SNL*.
- SSB. (2023a). *Andel av husholdningsabonnentene som har installert vannmåler (prosent)*.
<https://www.ssb.no/statbank/table/13143/tableViewLayout1/>
- SSB. (2023b). *Estimert gjennomsnittlig husholdningsforbruk per tilknyttet innbygger per døgn (l/pers/døgn) (liter)*.
<https://www.ssb.no/statbank/table/11787/tableViewLayout1/>
- Svendsen, R. H. (2012). Nytt damanlegg på fjellet skal sikre Bergen mot tørkeperiode. *NRK*.
<https://www.nrk.no/vestland/nytt-damanlegg-pa-gullfjellet-1.7982586>
- Vann, N. (2017). *Nasjonal bærekraftstrategi for vannbransjen Norsk Vann*.
https://norskvann.no/wp-content/uploads/baerekraftstrategi_2017.pdf
- Vråle, L., & Dupont, R. A. (2012). Spesifikt vannforbruk i Sydsjøen - Røyken 1981 og 2010. *VANN*, 47(2), 170-181.
- Witzøe, M. (2023). *Axflow simens strans f m magflow* <https://www.axflow.com/nb-no/katalog/produkter/flow-og-mengdemalere/elektromagnetiske-malere/siemens-mag-5100w-mag-50006000>
- Øwre-Johansen. (2023). Mekanisk vannmåler Picoflux S110 EFK. Kaldtvann. In.

Vedlegg A. Data om sonene

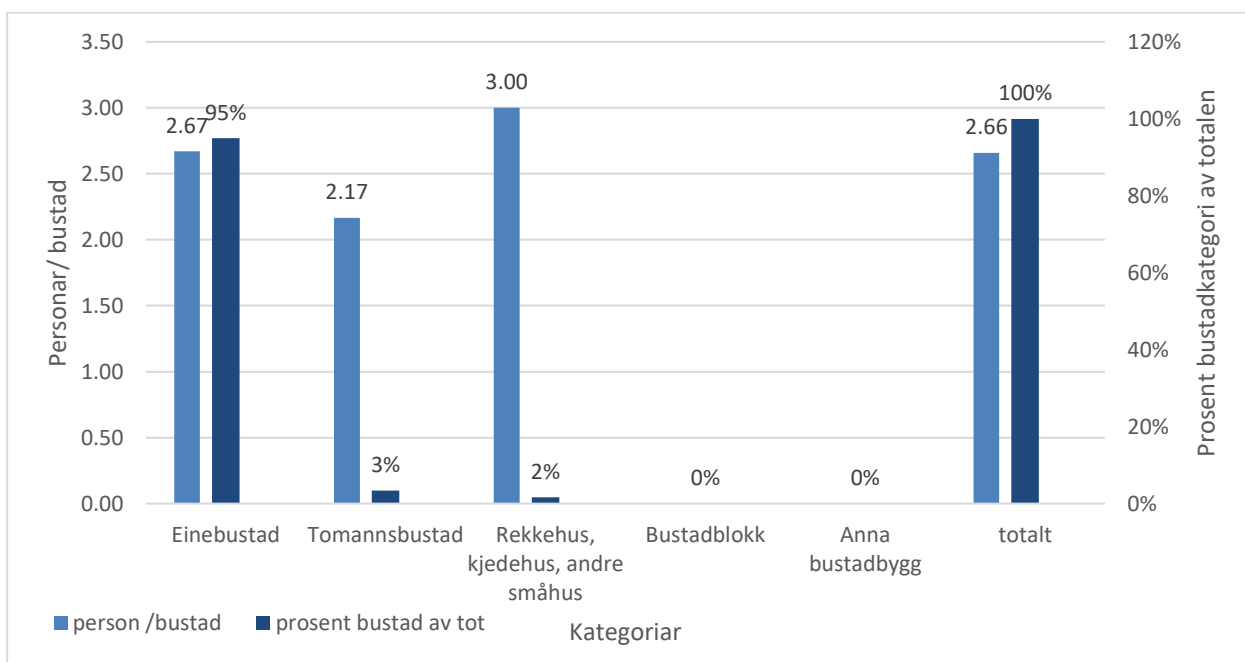
FIGUR 32: UTKLIPP FRÅ DATASJØEN TIL BERGEN VANN DER EIN HENTAR INN MINUTTDATA. UNDER BOKSEN TAG(S) STÅR ID-EN TIL SONEVASSMÅLAREN SOM FØRER VATN INN TIL SONE NO04_08. (BERGEN KOMMUNE, 2023A)



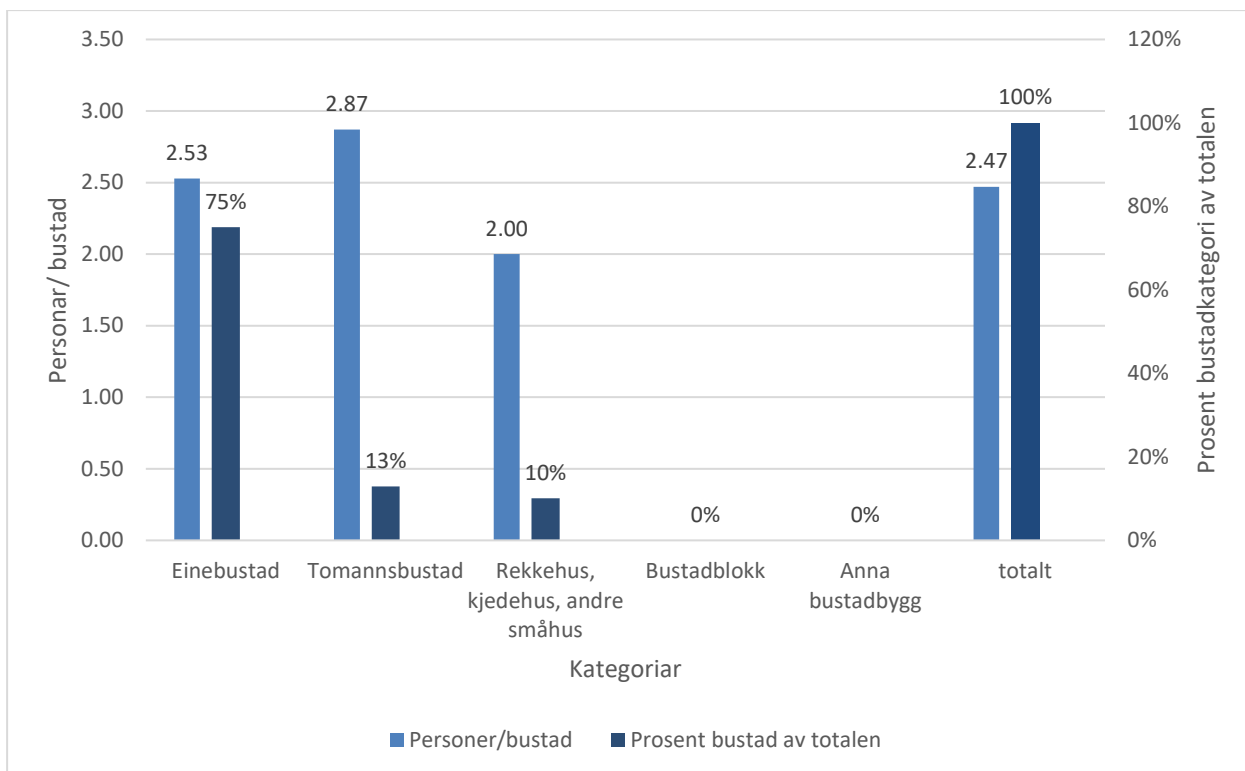
FIGUR 33: SONE NO04_08: PERSONAR PER BUSTAD OG PROSENTFORDELING AV BUSTADKATEGORIAR I SONA



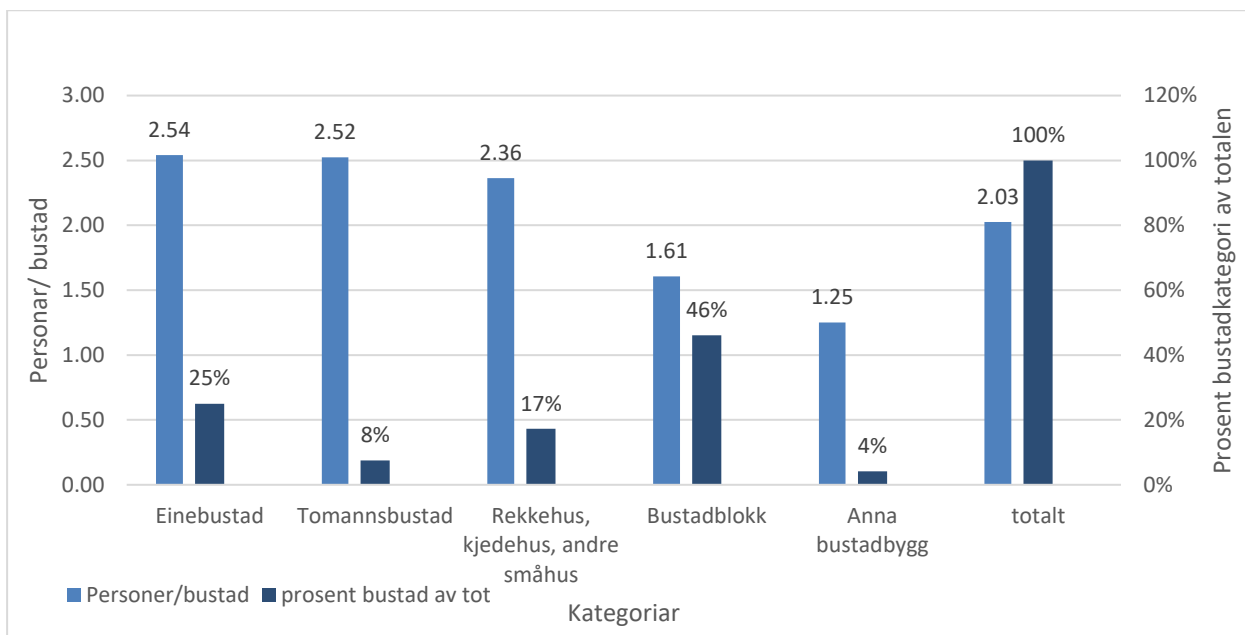
FIGUR 34: SONE NO05_02 PERSONAR PER BUSTAD OG PROSENTFORDELING AV BUSTADKATEGORIER I SONA



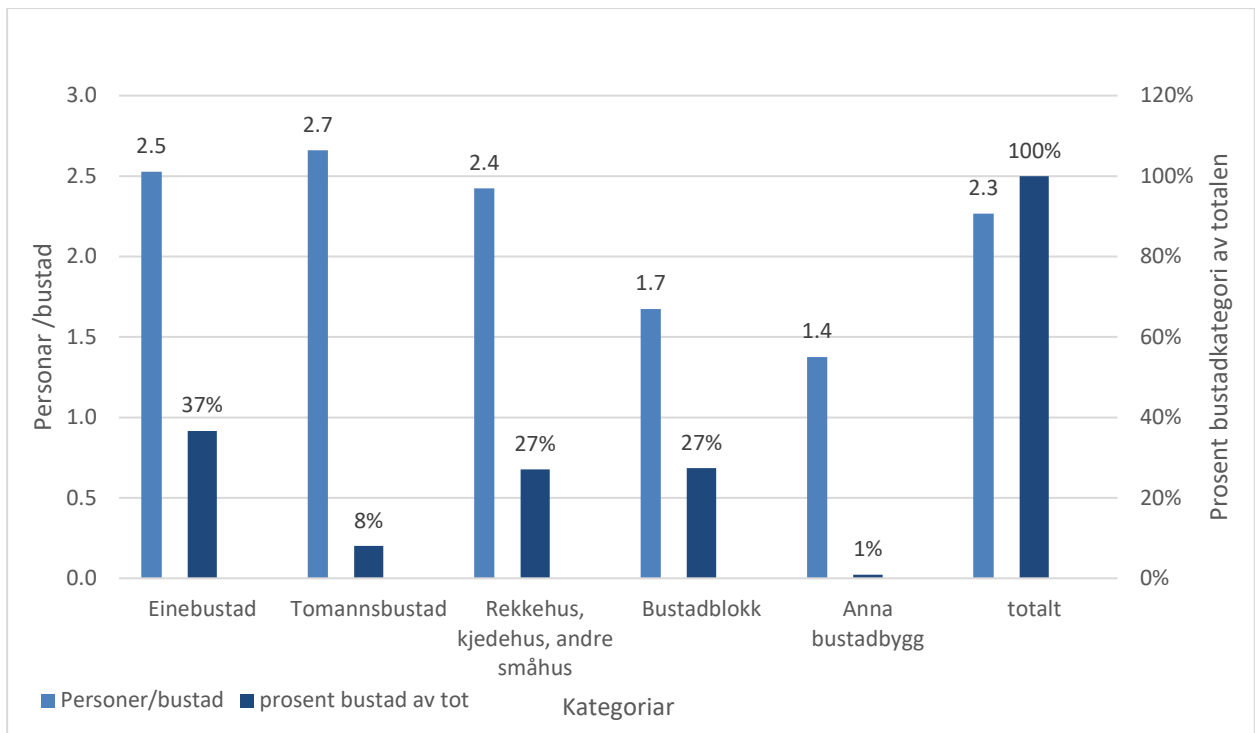
FIGUR 35: SONE NO07_04: PERSONAR PER BUSTAD OG PROSENTFORDELING AV BUSTADKATEGORIER I SONA



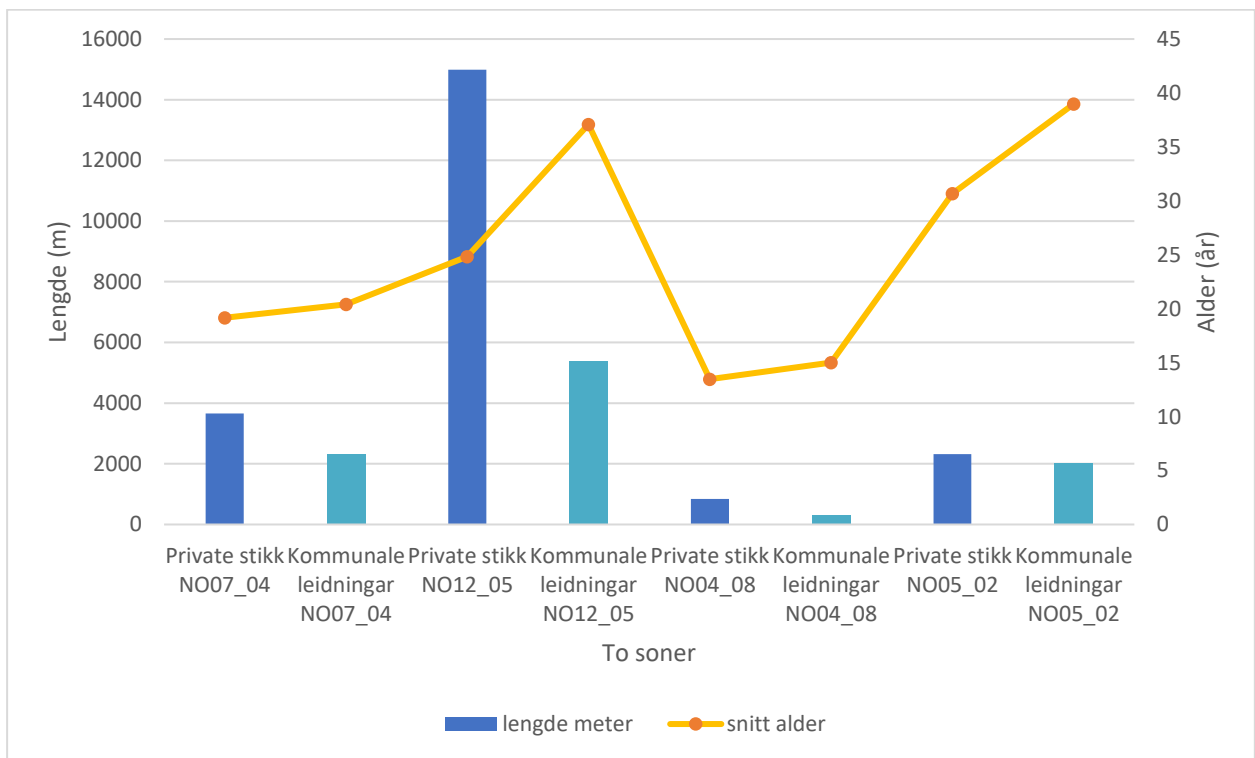
FIGUR 36: SONE NO12_05: PERSONAR PER BUSTAD OG PROSENTFORDELING AV BUSTADKATEGORIER.



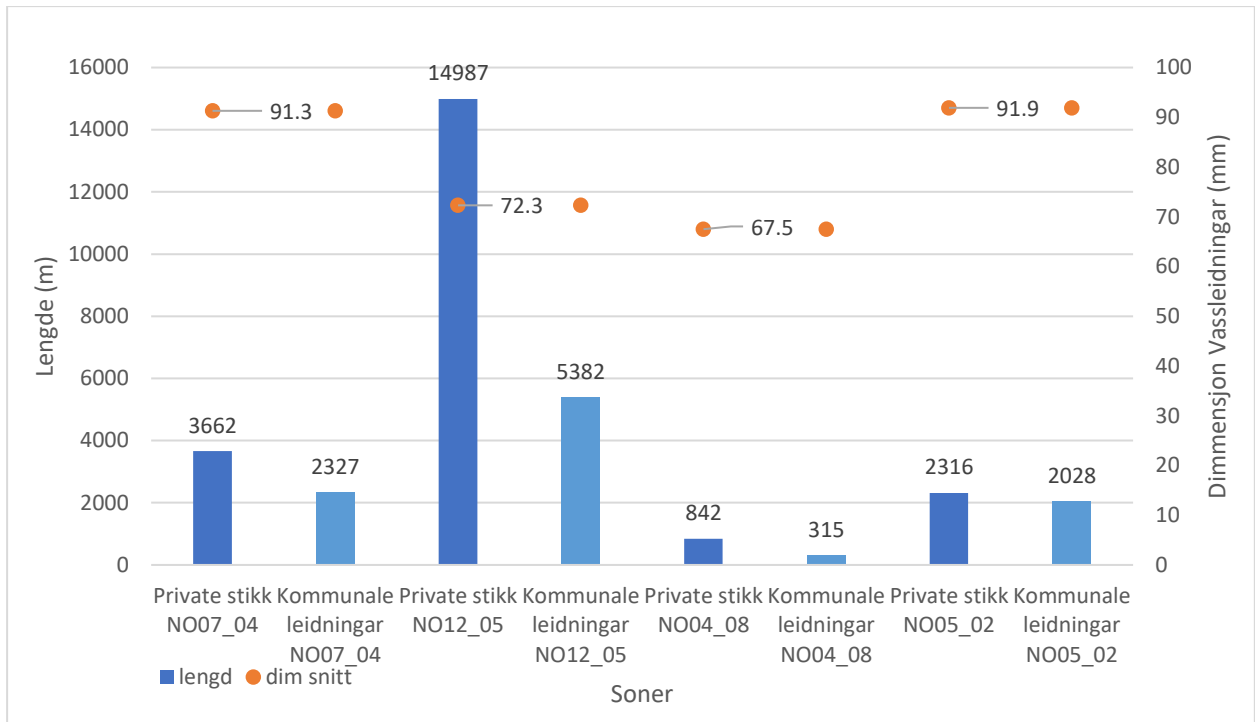
FIGUR 37: BERGEN KOMMUNE: PERSONAR PER BUSTAD OG PROSENTFORDELING AV BUSTADKATEGORIER I HEILE BERGEN KOMMUNE



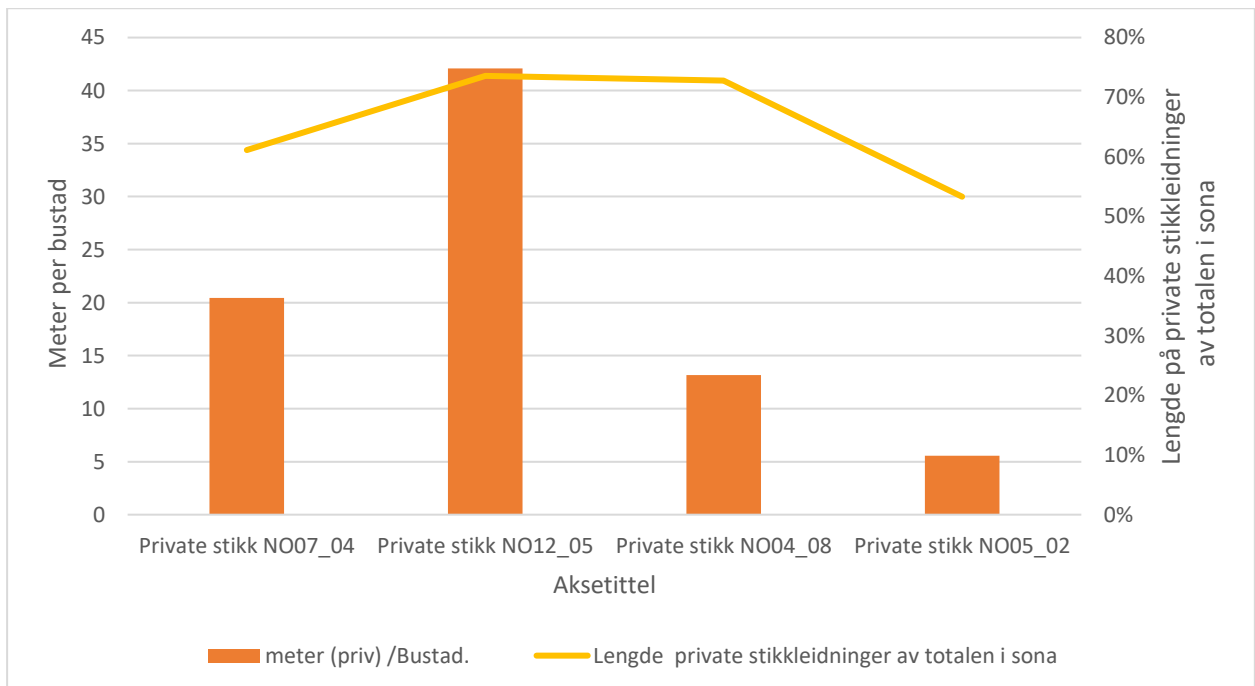
FIGUR 38: ÅSANE BYDEL SOM ER EIN STOR DEL AV BERGEN NORD, DER TRE AV SONENE LIGG. FIGUREN VISER PERSONAR PER BUSTAD OG PROSENTFORDELING AV BUSTADKATEGORIAR



FIGUR 39: LENGDE OG ALDER PÅ DEI ULIKE VA-LEIDNINGANE I SONENE.

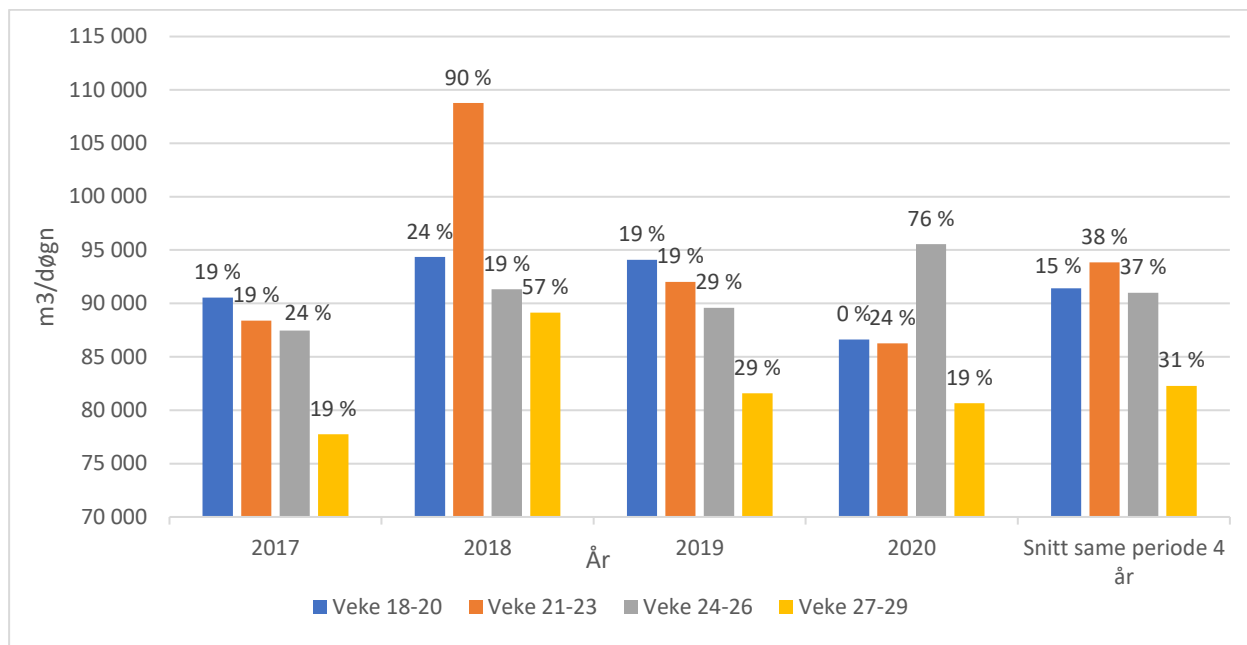


FIGUR 40: LENGDE OG SNITT DIMENSJON AV BÅDE PRIVATE OG KOMMUNALE VA-LEIDNINGAR I SONENE.

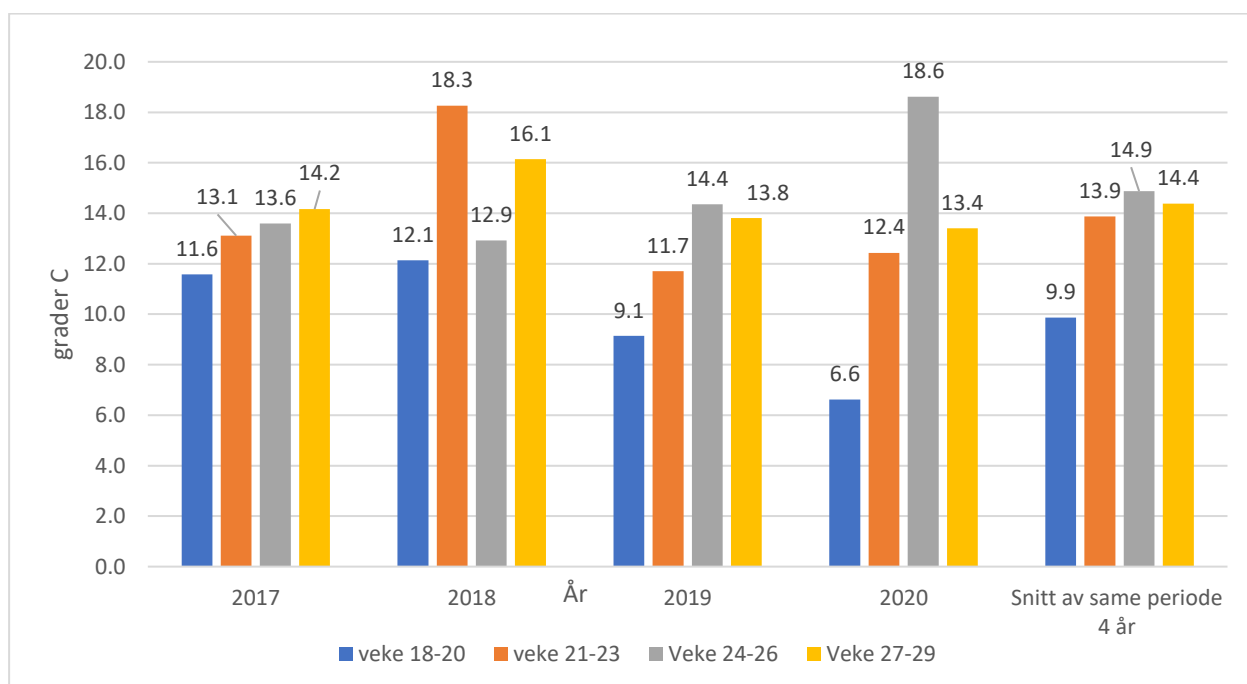


FIGUR 41: LENGDE PÅ PRIVATE STIKKLEIDNINGAR I DEI ULIKE SONENE (M/BUSTAD). I TILLEGG VISER DEN HØGRE Y-AKSEN KOR STOR PROSENTDEL SOM ER PRIVATE LEIDNINGSMETER AV TOTALEN I SONA.

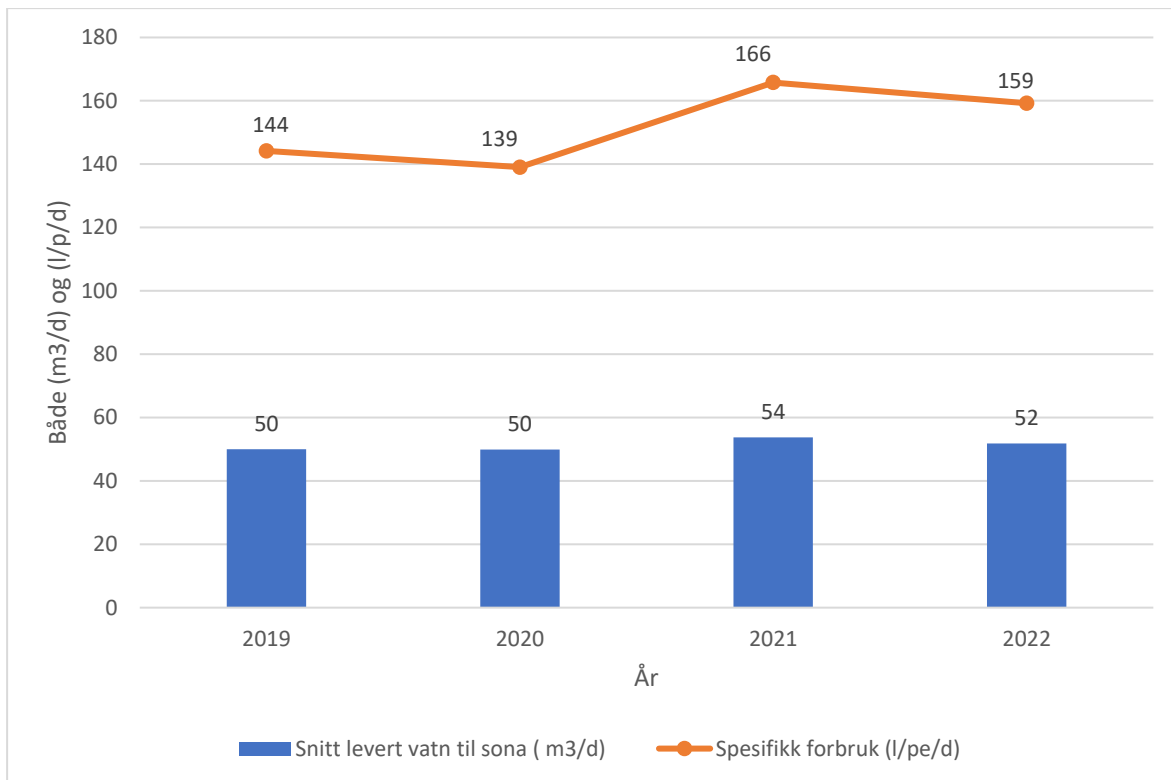
Vedlegg B. Varme- og kuldeperiodar med forbruk i soner og produksjon



FIGUR 42 GJENNOMSNITTLIG VASSPRODUKSJON I HEILE BERGEN KOMMUNE OPPGITT I M³/ DØGN OG PROSENT AV DAGAR I PERIODEN MED MAKS TEMP PÅ OVER 20 °C. OBS, Y-AKSEN BYRJAR PÅ 70000 M³/DØGN VASSPRODUKSJON OG IKKJE 0 FOR TYDLEGARE Å SJÅ FORSKJELLANE.

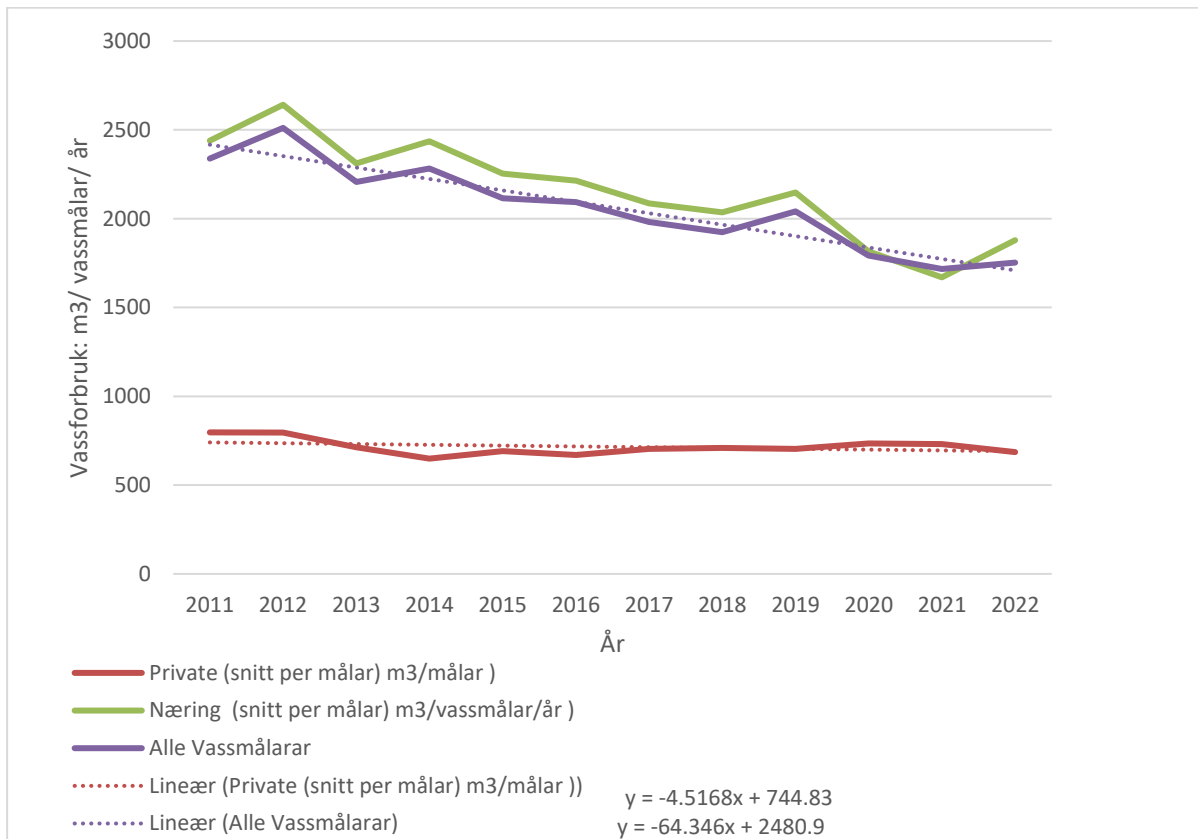


FIGUR 43: MIDDELTEMPERATUREN VED FLORIDA METROLOGISTASJON I BERGEN I DEI TRE PERIODANE

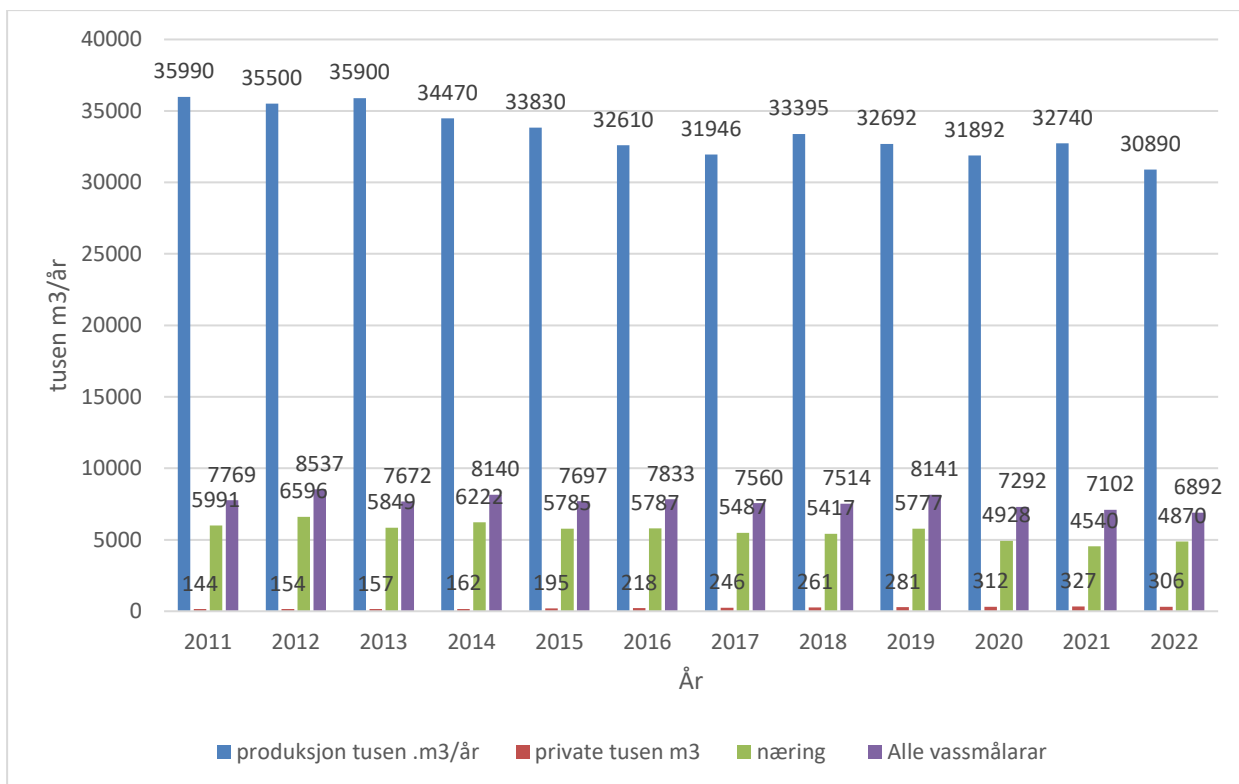


FIGUR 44: KULDEPERIODEN I BERGEN FRÅ DEN 01.01.21-15.02.2021. SJÅ KULDEPERIODEN I ÅR NUMMER 3 MED SPESIFIKK FORBRUK PÅ 166 L/P/D SAMANLIKNA MED SAME PERIODE DEI ANDRE ÅRA UTAN TILSVARANDE KULDEPERIODE. FIGUREN VISER EIN AUKE I BÅDE SPESIFIKK FORBRUK OG LEVERT VATN TIL SONE NO04_08 I KULDEPERIODEN.

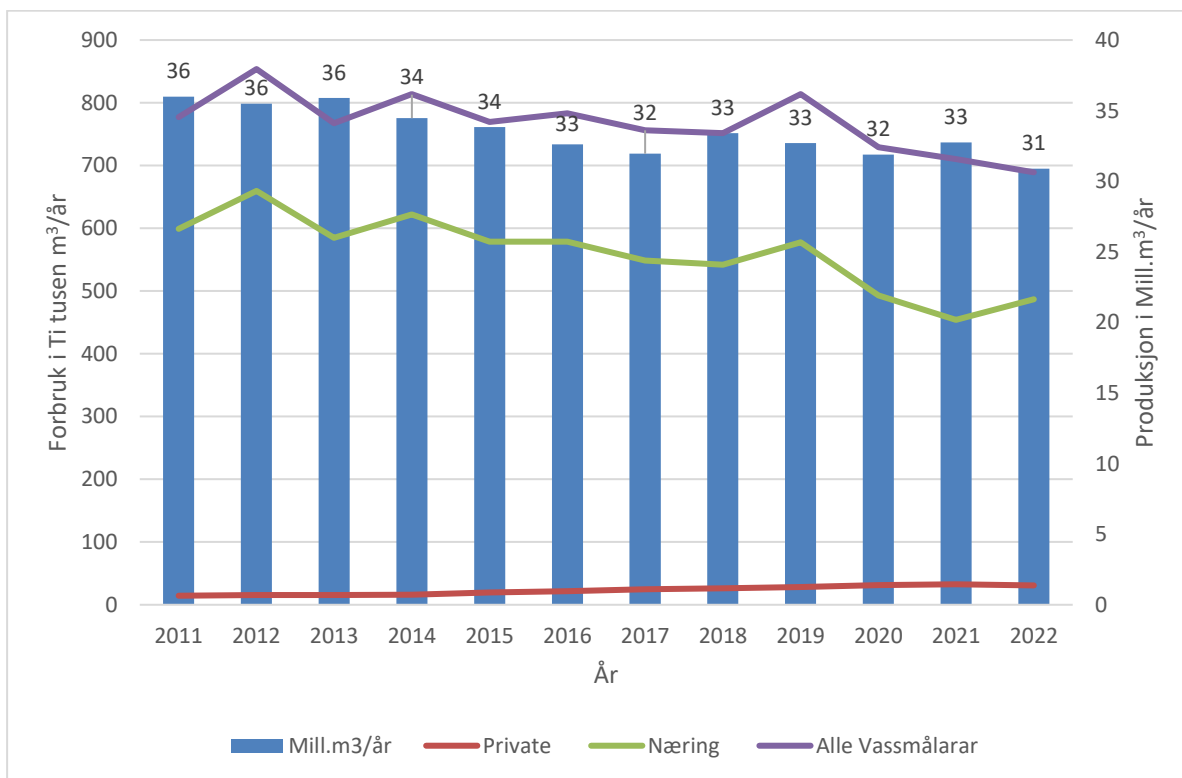
Vedlegg C. Data frå vassmålarar hjå private og næring, vassproduksjon og VA-gebyr



FIGUR 45: VASSFORBRUK I BERGEN KOMMUNE MÅLT I M³/VASSMÅLAR/ÅR. SOM EIN KAN SJÅ ER DET EI RELATIVT FLAT LINEÆR GRAF PÅ ALLE PRIVATE VASSMÅLARAR SOM HAR VORE I DRIFT (OGSÅ FØR 2011)

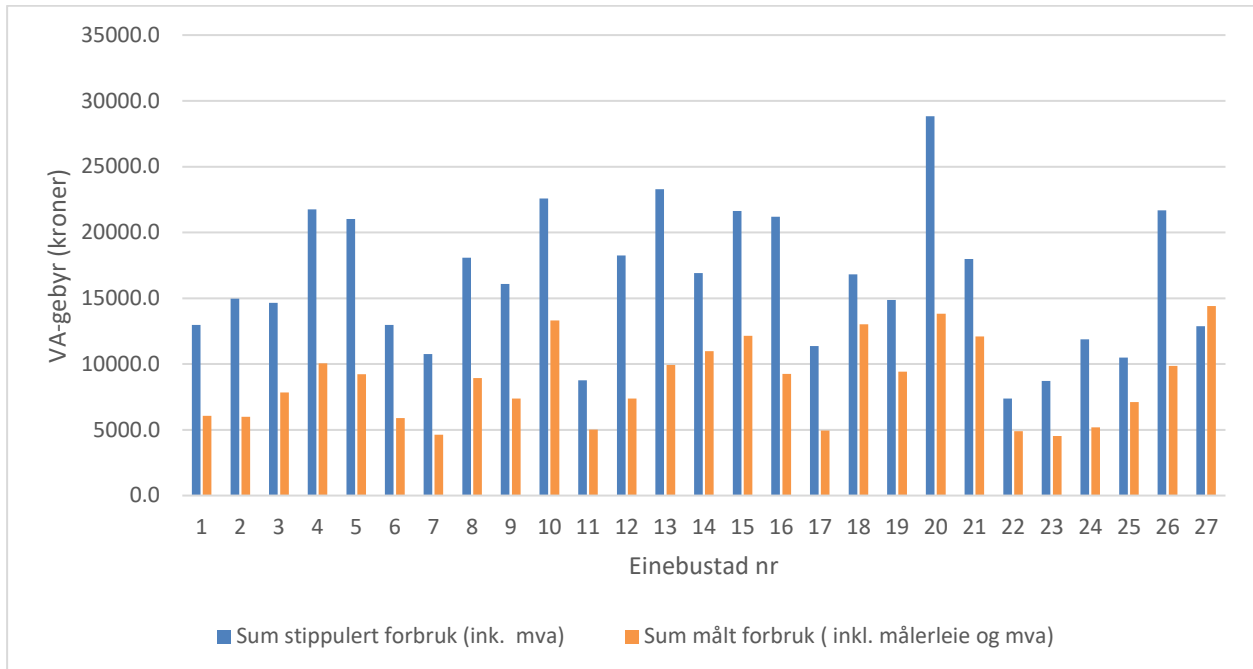


FIGUR 46: VASSPRODUKSJON OG VASSFORBRUK HJÅ PRIVATE, NÆRING OG ALLE VASSMÅLARAR I BERGEN , DER ALLE TAL ER I TUSEN M³/ÅR



FIGUR 47: VASSPRODUKSJON I MILL.M³/ÅR PÅ HØGRE Y-AKSE OG FORBRUK MED LINJEDIAGRAM I TI TUSEN M³/ÅR PÅ DEN VENSTRE Y-AKSEN. EIN KAN SJÅ AT VASSPRODUKSJONEN SAMLA SETT HAR GÅTT NED I BERGEN, OG DET SAME HAR DET TOTELE

FORBRUKET (PRIVATE, NÆRING, KOMBINERT OSV.), TIL TROSS FOR FLEIRE INSTALLERTE MÅLARAR. FOR PRIVATE HAR TOTALFORBRUKET GÅTT GRADVIS OPP I DENNE PERIODEN SOM KAN FORKLARAST MED STØRST PROSENTVIS AUKE I TAL NYE MÅLARAR SAMANLIKNA MED NÆRING OG TOTALT



FIGUR 48: VA-GEBYR FOR DEI 27 EINEBUSTADANE SOM INSTALLERTE VASSMÅLAR I 2016. DEI BLÅ SØYLENE ER VA- GEBYR ÅRET FØR INSTALLERT VASSMÅLAR, OG DEI ORANSJE ER FØRSTE ÅRET MED VASSMÅLAR (BERGEN VANN, 2023).



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway